

# KOMANDA LANCA VARAŽDIN – CENTAR DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA HIDROELEKTRANAMA NA RIJECI DRAVI

Miljenko Brezovec – Darko Kuća – Goran Bužić – Mirjana Slunjski, Varaždin

UDK 621.311.21:621.398  
STRUČNI ČLANAK

Komanda lanca Varaždin je centar iz kojeg se provodi daljinski nadzor i upravljanje s tri postojeće hidroelektrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj. U ovom radu dan je pregled računarske opreme za daljinski nadzor i upravljanje u realnom vremenu i telekomunikacijskih sustava koji omogućavaju kvalitetnu komunikaciju s elektranama i drugim centrima. Opisane su i funkcije operativnog vođenja i neka iskustva stečena u dosadašnjem radu.

**Ključne riječi:** lanac hidroelektrana, daljinsko vođenje, optimizacija.

## 1. UVOD

Komanda lanca Varaždin (KLV) je centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi pod direktnom nadležnošću Nacionalnog dispečerskog centra. Probni rad započeo je u kolovozu 1998. godine te se od tada vođenje pogona hidroelektrana Varaždin, Čakovec i Dubrava provodi daljinski s jednog mjesta.

Kroz funkcije operativnog vođenja (funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije) ostvaruju se sljedeći osnovni zadaci Komande lanca Varaždin:

- povećanje proizvodnje električne energije optimizacijom korištenja voda,
- povećanje pogonske spremnosti agregata planiranjem termina i trajanja poslova održavanja,
- sigurno provođenje velikih vodnih valova kroz sustav HE.

## 2. RAČUNARSKA OPREMA CENTRA

Računarsku opremu centra čini računarski sustav za upravljanje i automatizaciju SINAUT Spectrum (SIEMENS) čiji se rad zasniva na operativnom sustavu UNIX. Hardware centra (slika 1) čine računala Sun SPARC ULTRA 1 kao poslužitelji i Sun SPARC ULTRA 2 kao radne stanice. Komunikacija između podsustava (poslužitelji, radne stanice, vremenski sustav) ostvarena je dvostrukim Ethernet LAN-om s brzinama prijenosa 10, odnosno 100 Mbit/s, a temelji se na modelu otvorenih sustava (OSI - *Open System Interconnection*). Operacije prilikom uspostave i raskida veze, formatiranja podataka, osiguranja sučelja između aplikacija i mrežnog komunikacijskog procesa

i sl., obavlja programski paket pod nazivom SOFTBUS. Oko takve programske sabirnice sagrađen je ukupni sustav koji se može podijeliti na sljedeće cjeline:

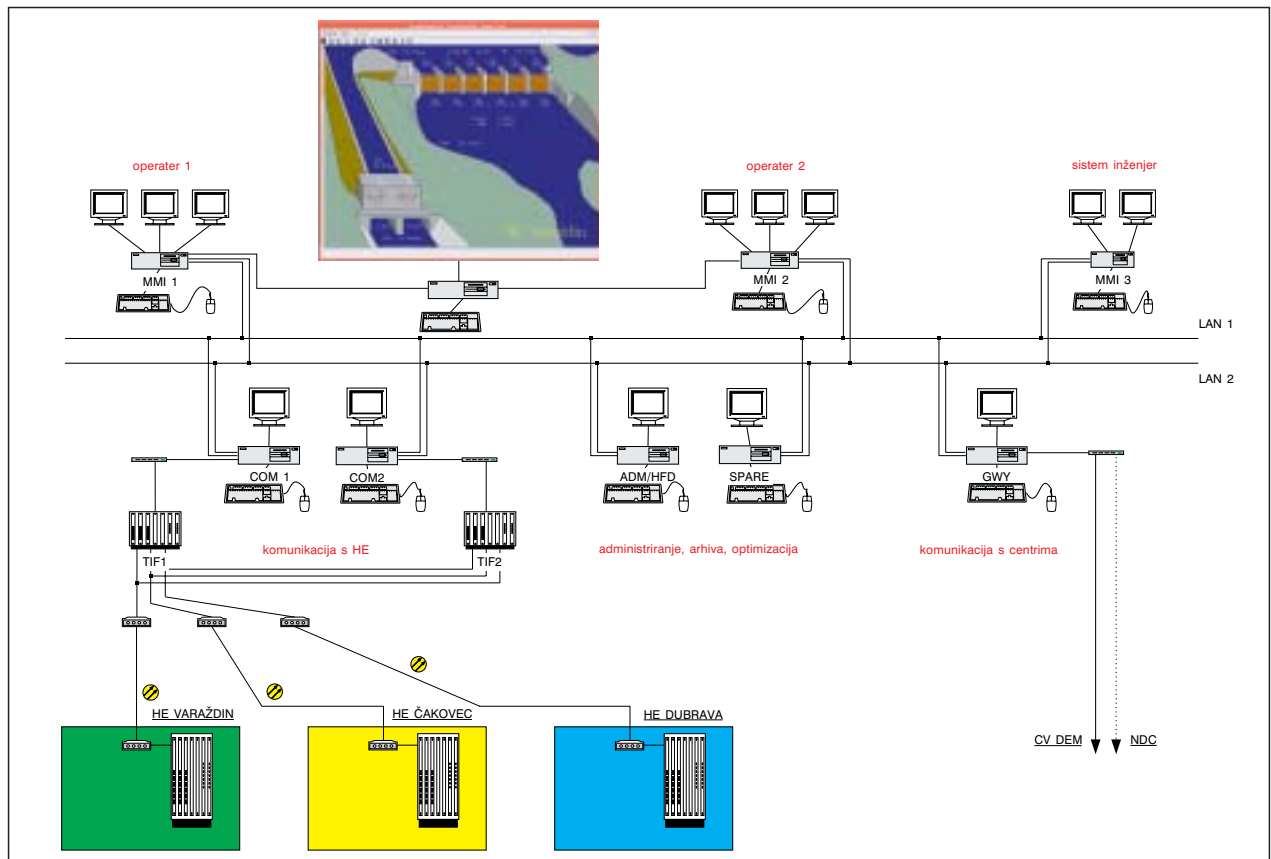
- podsustav za prikupljanje i obradu podataka,
- podsustav za optimiranje, arhiviranje i administraciju statičke baze podataka,
- podsustav točnog vremena,
- podsustav za komunikaciju s drugim centrima,
- sučelje čovjek-računalo.

Glavne prednosti ovako koncipiranog sustava su sljedeće:

- računala na bazi RISC arhitekture procesora i SCSI sabirnice osiguravaju velike brzine izvođenja,
- operativni sustav UNIX osigurava stabilnost i sigurnost te neophodnu višezadačnost,
- grafički standard s Motif ili OPEN LOOK sučeljem i X-Windows sustavom osigurava potpuno grafičko sučelje,
- raspodjelom zadataka na više računala osigurava se odvojenost programa koji izvršavaju SCADA funkcije neophodne za nadzor i upravljanje od programa koji troše puno procesorskog vremena, a nisu nužni za samo upravljanje (programi za optimiranje, arhiviranje itd.),
- modularni koncept osigurava jednostavnu nadogradnju sustava bez potrebe za promjenom programskog paketa.

### 2.1. Podsustav za prikupljanje i obradu podataka

Podsustav za prikupljanje i obradu podataka (DAS - *Data Acquisition Subsystem*) čine dva istovjetna bloka koji se sastoje od poslužitelja za prikupljanje i obradu



Slika 1. Shematski prikaz računarske opreme Komande lanca Varaždin

podataka (COM/DS - *Communicator/Data Server*) i telekomunikacijskog međusklopa (TIF - *Telecontrol Interface*) za vezu s daljinskim stanicama (RTU - *Remote Terminal Unit*) smještenim na hidroelektranama. Funkcije podsustava za prikupljanje i obradu podataka su:

- razmjena podataka s daljinskim stanicama,
- predobrada podataka (provjera vjerodostojnosti podataka, veličine promjene i dr.),
- obrada podataka (provjera limita, izračun srednjih vrijednosti, provjera mrtve zone i dr.),
- nadzor upravljanja,
- distribucija informacija prema ostalim korisnicima,
- privremeno arhiviranje podataka (podaci za arhiviranje mogu neko vrijeme biti spremljeni u međuspremniku ukoliko podsustav za arhiviranje nije u funkciji),
- automatsko izdavanje zahtjeva za ponovni prijenos podataka u slučaju privremenog prekida komunikacija s daljinskim stanicama.

Kako su navedene funkcije nužne za rad sustava, na podsustav za prikupljanje i obradu podataka nameću visoki zahtjevi u pogledu raspoloživosti tako da postoje dva identična bloka od kojih je jedan aktivan, a drugi je tzv. vruća rezerva (*hot standby*).

U takvoj koncepciji oba bloka vrše prihvata i obradu podataka, ali je samo aktivni blok zadužen za izdavanje

komandi i raspodjelu informacija. Zadatak bloka u rezervi je nadzor rada aktivnog bloka i preuzimanje svih njegovih funkcija u slučaju pojavljivanja bilo kakvih problema. Tako je ostvarena brzina uspostavljanja svih kritičnih funkcija podsustava za prikupljanje i obradu podataka unutar samo nekoliko sekundi.

## 2.2. Podsustav za administriranje, arhiviranje i optimiranje

Ovaj podsustav se sastoji od dva poslužitelja - administrator (*ADM/HFD - Administrator/Historical and Future Data*) i rezerva (*SPARE*), čije su glavne funkcije:

- administriranje statičke baze podataka,
- distribucija baze podataka na ostale podsustave,
- obrada, arhiviranje i administriranje procesnih podataka,
- priprema arhivskih podataka za prikaz,
- optimiranje.

Navedene funkcije mogu obavljati oba poslužitelja, a kako njihove funkcije nisu kritične za vođenje procesa preuzimanje se ostvaruje unutar nekoliko minuta.

Funkcija optimiranja zapravo je pridružena funkcija ovog podsustava, jer kod većih sustava postoji poseban poslužitelj za funkcije regulacije proizvodnje i planiranja (*GCS - Generation Control and Scheduling*).

### 2.3. Podsustav točnog vremena

Kako bi se određene funkcije odvijale istodobno u svim dijelovima sustava potreban je signal apsolutnog vremena. Za sinkronizaciju vremena u sustavu Komanda lanca Varaždin koristi se *GPS (Global Positioning System)* sustav točnog vremena. Signal sa satelita provodi se pomoću antena do odgovarajućih GPS dekodera koji ga s vrlo velikom preciznošću pretvaraju u trenutno lokalno vrijeme.

Podsustav točnog vremena sastoji se od GPS antene, GPSDEC dekodera te SICLOCK TM prijenosnika. Po jedna antena i dekodera smješteni su na svakoj hidroelektrani i spojeni su na daljinsku stanicu preko koje se prenose svi podaci u centar. U samoj Komandi lanca nalazi se antena, dekodera i 2 SICLOCK TM prijenosnika, po jedan za svaki LAN. Preko LAN-a sinkroniziraju se svih poslužitelja u sustavu, tako da se u mrežu u intervalima od 1 minute odašilje signal o stvarnom vremenu.

U slučaju ispada GPS sustava, ulogu sinkronizacije preuzima SICLOCK TM prijenosnik, a u slučaju njegovog ispada tu ulogu preuzima sam COM/DS poslužitelj koji tada šalje vremenske telegrame svim poslužiteljima u sustavu.

### 2.4. Podsustav za komunikaciju s drugim centrima

Podsustav za razmjenu podataka s drugim centrima predstavlja posebni poslužitelj GWY (*Gateway*) preko kojeg se ostvaruje veza između sustava SINAUT Spectrum i telekomunikacijskih prijenosnih puteva prema drugim centrima.

### 2.5. Sučelje čovjek–računalo

Sučelje čovjek–računalo sačinjavaju radne stanice (MMI - *Man Machine Interface*) koje omogućavaju nadzor i upravljanje procesom. U KL Varaždin sučelje čovjek–računalo čine dvije radne stanice s po tri 20" monitora (operatorska mjesta), jedna radna stanica s dva 20" monitora (mjesto administratora sustava) i video projektor (RSP - *Rear Screen Projection*) koji omogućava prikaze na zidnom zaslonu. RSP prikaz se koristi na isti način kao i monitori radnih stanica pri čemu operater može tipkom na zaslonu birati da li će koristiti monitore ili RSP prikaz. Sve funkcije koje se mogu ostvariti pomoću monitora mogu se na isti način realizirati i preko RSP prikaza.

U sustavu SINAUT Spectrum RSP predstavlja X-terminal spojen s radnim stanicama. Zaslon na zidu se sastoji od 4 modula od kojih je svaki individualan projekcijski sustav s rezolucijom 1280 x 960 pixela. Svaki modul zidnog zaslona se sastoji od iluminacijske jedinice, tamne komore i zaslonskog dijela. Zaslon ima mogućnost prikaza S-VHS signala što omogućava video nadzor objekata i postrojenja pomoću udaljenih kamera (npr. za praćenje manipulacija preljevnim poljima brana).

## 3. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAVI

### 3.1. Povezivanje KLV s hidroelektranama

Povezivanje centra s hidroelektranama ostvareno je svjetlovodnim kablovima približne dužine oko 0.5 km prema HE Varaždin, 22 km prema HE Čakovec i 42,5 km prema HE Dubrava. Veze između telekomunikacijskih međusklopova u centru i daljinskih stanica na elektranama u početku su realizirane jednomodnim svjetlovodnim vlaknima u point-to-point konfiguraciji (po jedno vlakno za svaki smjer prijenosa) s modemima na svakom kraju. Nedavnom instalacijom uređaja za svjetlovodno povezivanje na PP HE Sjever (fleksibilni multipleksori, digitalni prospojnicu, sinkroni multipleksori, optički linijski terminali), omogućeno je prebacivanje cjelokupnog telekomunikacijskog prometa na svjetlovođe. Na taj način su iz uporabe eliminirani modemi, a svjetlovodna vlakna koriste se znatno efikasnije (po paru svjetlovodnih vlakana prenosi se cjelokupni telekomunikacijski promet namijenjen određenoj lokaciji).

Svjetlovodno povezivanje realizirano je u SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) tehnologiji prijenosa, s prstenastom arhitekturom mreže na nacionalnoj razini, kako bi se ostvarili i rezervni spojni putevi, a time i vrlo visoka pouzdanost i raspoloživost veza. S obzirom na nemogućnost potpunog zatvaranja SDH prstena sjeverozapadne Hrvatske (u kojem se nalazi i KLV) radi nepostojanja svjetlovodne dionice TS Nedeljanec – HE Varaždin, započela je izgradnja usmjerene radiorelejne veze na dionici HE Varaždin – AR Ivanščica i dalje prema NDC Zagreb, koja će omogućiti zatvaranje prstenaste strukture (slika 2). Prstenasta struktura predstavlja optimalno rješenje, jer omogućuje ostvarenje alternativnog spojnog puta za svaki glavni spojni put, što je od osobitog značenja u slučaju kvara na glavnom spojnog putu.

Na svakoj elektrani nalazi se daljinska stanica RTU SINAUT LSA (SIEMENS) koja je pomoću svjetlovoda povezana s telekomunikacijskim međusklopom (TIF) u centru. Za prijenos podataka koristi se standardni telekomunikacijski protokol IEC 870-5. Svaka informacija u RTU ima pridruženu strukturnu adresu koja odgovara njenoj pridruženoj tehnološkoj adresi u TIF-u. Daljinska stanica sastoji se od modula koji su podijeljeni u grupe za postavne vrijednosti, komande, stanja, alarme, impulsna brojila, digitalna mjerenja i analogna mjerenja. Veze od lokalnog sustava upravljanja, odnosno od odvojenih releja i pretvarača, prema modulima daljinskih stanica izvedene su žičano. Rezolucija očitavanja podataka na ulazu u RTU je 8 ms, što znači da brže promjene u procesu neće biti detektirane.

Prijenos podataka odvija se spontano, tako da se podaci prenose u računarski centar samo u slučaju promjene, čime se izbjegava nepotrebno opterećenje komunikacijskih puteva i povećava brzina prijenosa podataka. Podaci se prenose sa i bez pridruženog stvar-

nog vremena. Podaci bez pridruženog stvarnog vremena imaju viši prioritet prijenosa od podataka s pridruženim stvarnim vremenom te se koriste u grafičkim prikazima u poradi nadzora i upravljanja. Podaci s pridruženim stvarnim vremenom su nižeg prioriteta i ulaze direktno u arhive. U ovu grupu podataka spadaju isključivo alarmi i poruke o promjenama stanja elemenata.

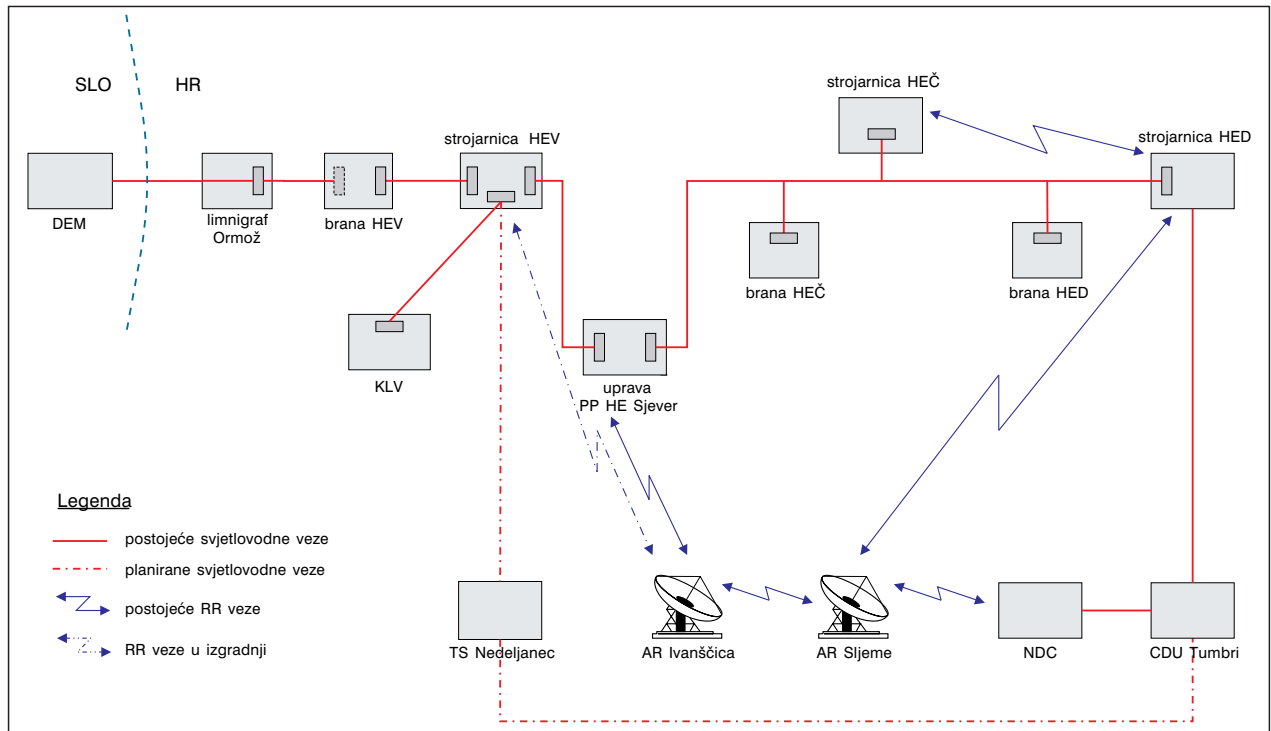
Maksimalna brzina prijenosa koju podržavaju telekomunikacijski međusklopovi iznosi 19,2 kbit/s, dok je zbog željene redundancije u prijenosnim putevima stvarna brzina prijenosa 9,6 kbit/s.

### 3.3. Povezivanje KLV s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a

Sustav SINAUT Spectrum pruža mogućnost arhiviranja raznih vrsta podataka koji se pohranjuju na poslužiteljima ADM/HFD i SPARE, u 2 baze podataka:

- bazu arhivskih podataka (HFD - *Historical and Future Data*),
- bazu planova (SCHED) programa za optimizaciju HYS.

Kako se poslužitelji ADM/HFD i SPARE nalaze na procesnom LAN-u, a postoji potreba da podaci budu



Slika 2. Shematski prikaz telekomunikacijskih sustava

### 3.2. Povezivanje KLV s ostalim centrima

Direktne veze Komanda lanca Varaždin s ostalim centrima predviđene su pomoću ELCOM veze bazirane na ELCOM-90 protokolu koji je standardiziran za komunikaciju između upravljačkih centara i omogućuje razmjenu podataka preko paketskih mreža zasnovanih na TCP/IP i X.25 protokolima. Za sada je ostvarena direktna veza svjetlovodnim prijenosnim putevima s CV DEM (*Center vođenja, Dravske elektrarne Maribor*). Na taj način dobivaju se vrlo vrijedni podaci o protocima uzvodnih hidroelektrana u realnom vremenu koji su osnovni preduvjet za kvalitetno vođenje i planiranje pogona. Na sličan način mogla bi se ostvariti i veza s Nacionalnim dispečerskim centrom. Prosljeđivanje satnih podataka o protocima u centar Hrvatskih voda također je automatizirano, ali se zbog nedostatka potrebne infrastrukture odvija putem elektronske pošte.

vidljivi i drugim korisnicima i službama na HEP-ovom poslovnom LAN-u, postavljen je poslužitelj za vezu poslovnog i procesnog sustava. Operativni sustav na tom poslužitelju je također UNIX, a za ostvarivanje prijenosa podataka instaliran je sljedeći software:

- Samba (omogućava vezu MS Windows – UNIX),
- Apache Web Server,
- posebni programi koji služe kao interface između SPECTRUM sustava i aplikacija koje korisnicima omogućavaju pregled podataka.

Prijenos podataka iz sustava SINAUT Spectrum provodi se ciklički ili na zahtjev korisnika. Ciklički prijenos podataka koristi se za automatiziranu pohranu podataka u Excel tablice pomoću Visual Basic programa. Tako je ostvareno arhiviranje podataka iz sustava SINAUT Spectrum i na poslovnoj mreži HEP-a u identičnom obliku kako se arhiviraju podaci iz pogonskih lista. Direktni pristup podacima u sustavu

SINAUT Spectrum omogućen je preko intranet poslužitelja, pri čemu su napravljene posebne aplikacije za prikaz tablica u HTML obliku kako bi se mogle pregledavati pomoću Internet Explorera.

Osim pristupa arhiviranim podacima ostvarena je i komunikacija za prijenos trenutnih podataka iz sustava SINAUT Spectrum (podaci se osvježavaju svakih 5 sekundi) čime je omogućeno praćenje rada lanca hidroelektrana ovlaštenim korisnicima i putem osobnog računala na poslovnoj mreži HEP-a. Trenutni podaci prenose se iz COM/DS poslužitelja koji se nalazi u *stanby* modu čime se znatno smanjuje opterećenje sustava. Prijenos podataka do korisnika provodi se posredno tako da se podaci čitaju i spremaju na poslužitelj za prijenos podataka odakle se zatim proslijeđuju do korisnika. Prijenos podataka aktivan je samo u slučaju da neki od korisnika pristupa trenutnim podacima na poslužitelju za prijenos podataka čime se izbjegava nepotrebno opterećenje COM/DS poslužitelja. Trenutni podaci također su dani u HTML obliku tako da se mogu pratiti pomoću Internet Explorera.

#### 4. PRILAGOĐENJE POSTROJENJA ZA DALJINSKO VOĐENJE

Sve tri hidroelektrane koncipirane su tako da se njima može daljinski upravljati, a kako su građene u raznim vremenskim periodima opremljene su opremom različitih generacija. Za potrebe daljinskog vođenja iz KLV bilo je potrebno izvesti prilagođenje postojeće opreme, u prvom redu lokalnih procesnih informatičkih sustava. Postojeću opremu lokalnih procesnih informatičkih sustava za nadzor i upravljanje (koja je bazirana na sustavima upravljanja tvrtke ABB) instalirala je tvrtka KONČAR.

Na HE Varaždin i HE Dubrava instalirani su sustavi ProMaster na kojima je uz povezivanje na daljinske stanice trebalo napraviti određene zahvate na konfiguraciji i programskoj podršci. Opseg zahvata na HE Varaždin bio je nešto veći jer nisu postojale neke funkcije kao što je grupno upravljanje, a zamjenjena je i sigurnosna automatika preljevnih polja brane. Osim toga bile su potrebne određene promjene u krugovima upravljanja i rekonstrukcija mjernog sustava na brani. Lokalni procesni informatički sustav na HE Čakovec bio je sustav starije tehnologije (DS8) pa je tijekom 1999. godine zamijenjen novim suvremenim sustavom ABB Advant OCS kojeg je instalirala tvrtka KONČAR. Na HE Čakovec također su bili potrebni i dodatni zahvati na sustavu upravljanja hidromehaničkom opremom brane.

#### 5. FUNKCIJE KOMANDE LANCA

Centri daljinskog nadzora i upravljanja općenito imaju sljedeće funkcije:

- funkcije operativnog vođenja,
- funkcije izvještavanja,
- komunikacijske funkcije,
- hidrološko i energetsko planiranje,

- funkcije koordinacije održavanja,
- studijske i edukacijske funkcije.

U nastavku su opisane funkcije operativnog vođenja Komande lanca Varaždin koje se dijele na funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije proizvodnje, kao i neka dosadna iskustva.

##### 5.1. Funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu (SCADA)

Komanda lanca Varaždin kao suvremeni centar vođenja omogućava provođenje sljedećih SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) funkcija:

- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka o mjeranjima iz pogona, ali i drugih centara upravljanja (CV DEM),
- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka s brojila,
- prikupljanje i arhiviranje alarma i poruka o promjenama stanja i ostalim pogonskim događajima,
- prosljeđivanje određenih informacija i podataka u nadređeni centar (NDC), te centar gospodarenja vodama (Hrvatske vode, Vodnogospodarski odsjek Varaždin),
- nadzor stanja opreme i objekata,
- daljinsko upravljanje postrojenjima hidroelektrana zadavanjem postavnih vrijednosti ili naloga za uključenje/isključenje, pokretanje/zaustavljanje agregata i sl.,
- tablični i grafički prikaz arhiviranih podataka.

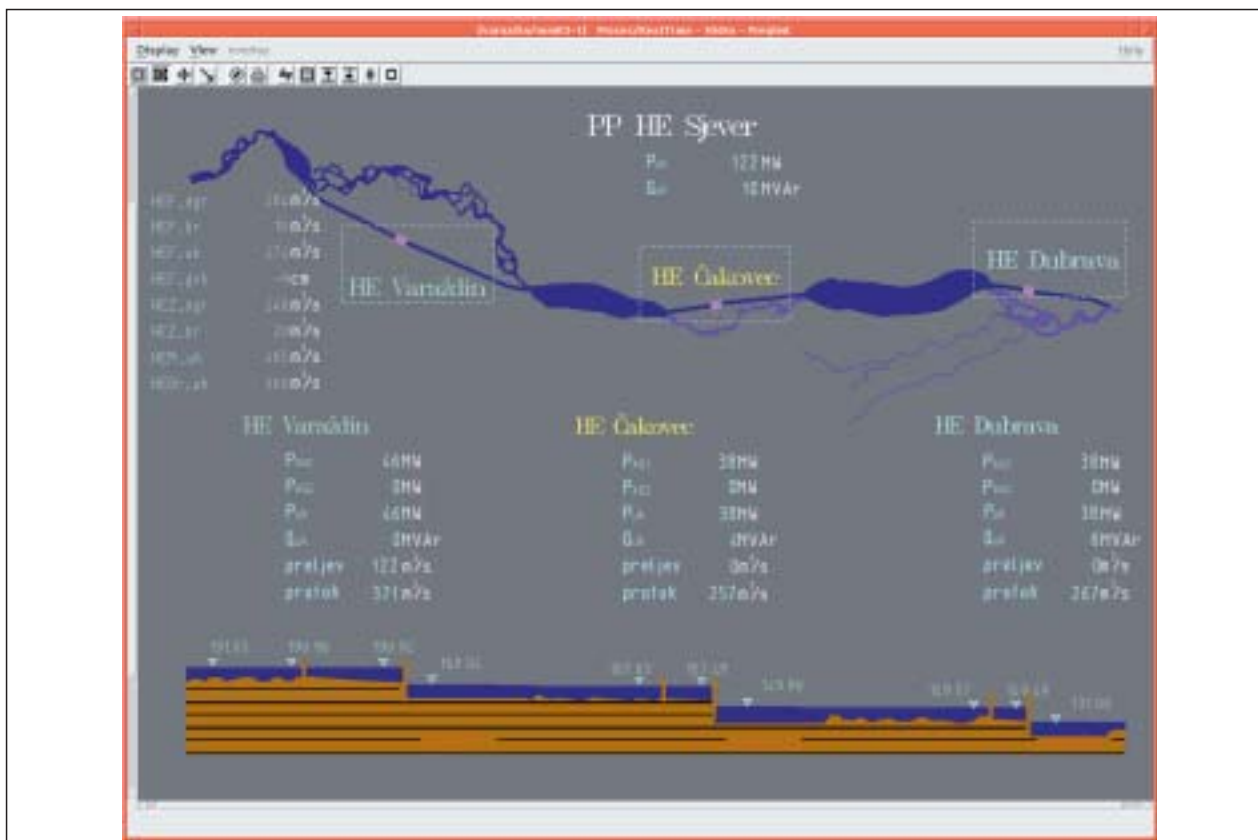
Na zaslonima radnih stanica (MMI - *Man Machine Interface*) mogu se u realnom vremenu dobiti svi potrebni podaci o trenutnom stanju svih objekata i postrojenja sustava. Podaci se nalaze u grafičkim prikazima koji vrlo vjerno prikazuju dijelove promatranog sustava odnosno procesa. Grafički prikazi s podacima o mjerenjima u realnom vremenu podijeljeni su u više razina, od onih koji sadrže osnovne podatke o sustavu u cjelini (slika 3), prema onima koji sadrže detaljnije podatke o pojedinima dijelovima sustava:

- postrojenja strojarnice i brane,
- agregati,
- preljevna polja brane,
- postrojenja 110 kV (slika 4),
- postrojenja 35 i 0,4 kV.

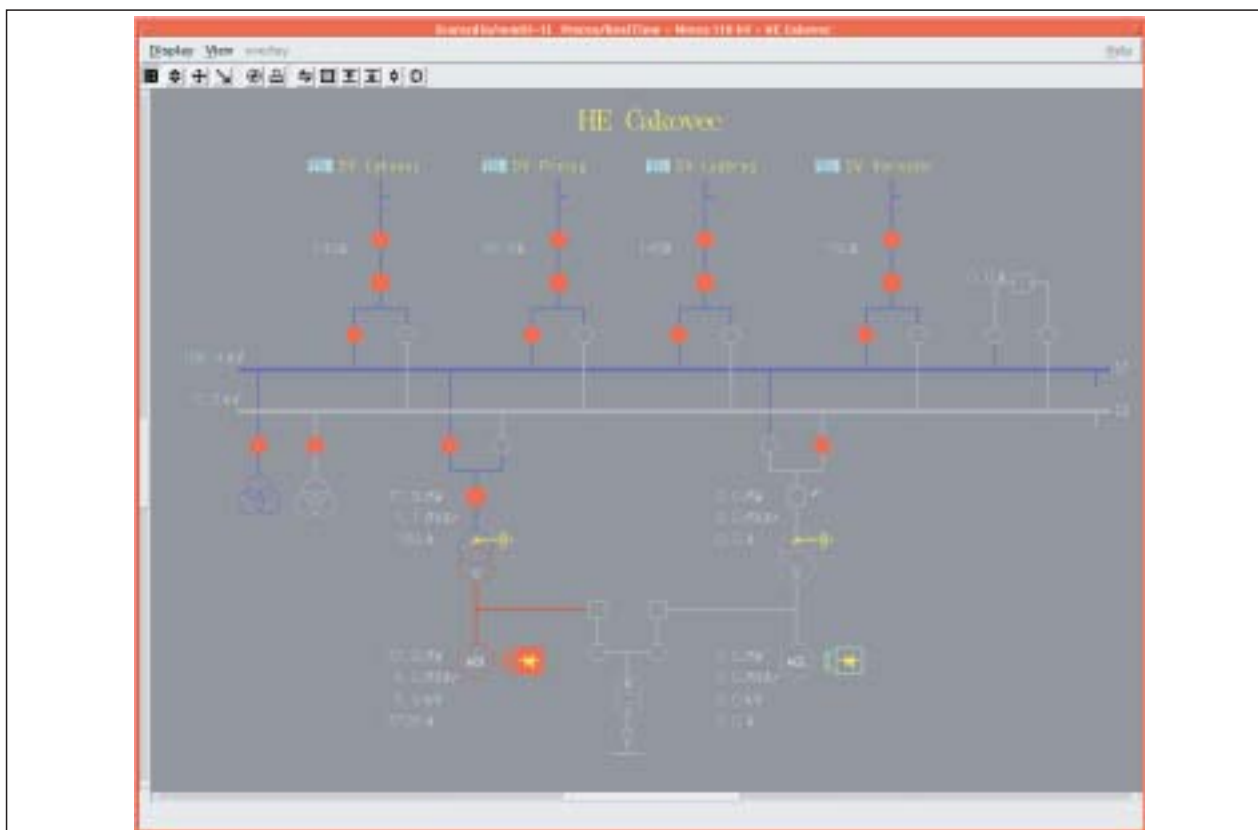
Potpuni pregled nad trenutnim stanjem sustava kao i nad događajima koji su se dogodili proteklih sati ili dana omogućavaju nadzorne liste:

- lista događaja,
- liste alarma (6 odvojenih lista s alarmima različitih prioriteta),
- lista dozvola za rad,
- lista zabrana upravljanja,
- lista elemenata čiji podaci se ne obrađuju.

Poruke i promjene stanja koje zahtijevaju potvrđivanje dojavljuju se vizualnim (treperenje) i odgovarajućim zvučnim signalom.



Slika 3. Grafički prikaz lanca HE u sustavu SINAUT Spectrum



Slika 4. Grafički prikaz postrojenja 110 kV HE Čakovec u sustavu SINAUT Spectrum

Grafički prikazi omogućavaju pored kompletnog nadzora stanja sustava i daljinsko upravljanje postrojenjima. Pomoću upravljačkih programa omogućeno je slanje komandi (naloga) za promjenu statusa i postavnih vrijednosti. Tako se ostvaruje upravljanje prekidačima i rastavljačima te aktiviranje programa za pokretanje i zaustavljanje agregata. Upravljanje prekidačima i rastavljačima može biti pojedinačno (uključenje/isključenje pojedinog elementa) ili slijedno (niz uključenja odnosno isključenja prema odgovarajućem redoslijedu - npr. prebacivanje napajanja kod dvostrukih sabirnica). Zadavanjem postavnih vrijednosti ostvaruje se daljinsko upravljanje agregatima i hidromehaničkom opremom brana. Za svaku HE mogu se zadati sljedeće postavne vrijednosti:

- djelatna snaga agregata 1 (MW),
- djelatna snaga agregata 2 (MW),
- ukupna djelatna snaga elektrane (MW) (grupno upravljanje),
- ukupna jalova snaga elektrane (MVA<sub>r</sub>) (grupno upravljanje),
- ukupni protok elektrane (m<sup>3</sup>/s),
- ukupni preliv preko brane (m<sup>3</sup>/s),
- otvor zaklopke svakog prelivnog polja,
- otvor segmenta svakog prelivnog polja.

Sigurnost upravljanja ostvaruje se kroz zaštitu od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka, zaštita od neovlaštenog upravljanja i zaštita od pogrešnog upravljanja.

Zaštita od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka potrebnih za ispravan rad sustava ostvarena je uporabom UNIX operativnog sustava tj. primjenom korisničkog imena i lozinke.

Zaštita od neovlaštenog upravljanja ostvarena je na sličan način - administrator sustava određuje grupu funkcija koje može izvršavati pojedini korisnik, te ograničava pristup pojedinim funkcijama i područjima upravljanja za svaku radnu stanicu u skladu s namjennom pojedinog radnog mjesta.

Zaštita od pogrešnog upravljanja provedena je pomoću tabela odluke za svaki element u procesu upravljanja. Svaki nalog koji izdaje operater prolazi provjeru kroz uvjete u tabeli odluke te se ovisno o trenutnom stanju procesa omogućava ili odbacuje njegovu izvršenje. Osim se što onemogućava pogrešno upravljanje, operater tijekom manipulacije dobiva i obavijesti o uvjetima koji moraju biti ispunjeni da bi se nalog prosljedio u proces. Tabele odluke kreira administrator baze podataka prema propisanom načinu upravljanja pojedinim elementima ili grupama elementa.

## 5.2. Funkcije optimiranja

Optimizacijom rada lanca hidroelektrana nastoji se kroz planiranje rada ostvariti povećana proizvodnja električne energije uz jednaku količinu raspoložive vode, odnosno uz jednak dotok u sustav.

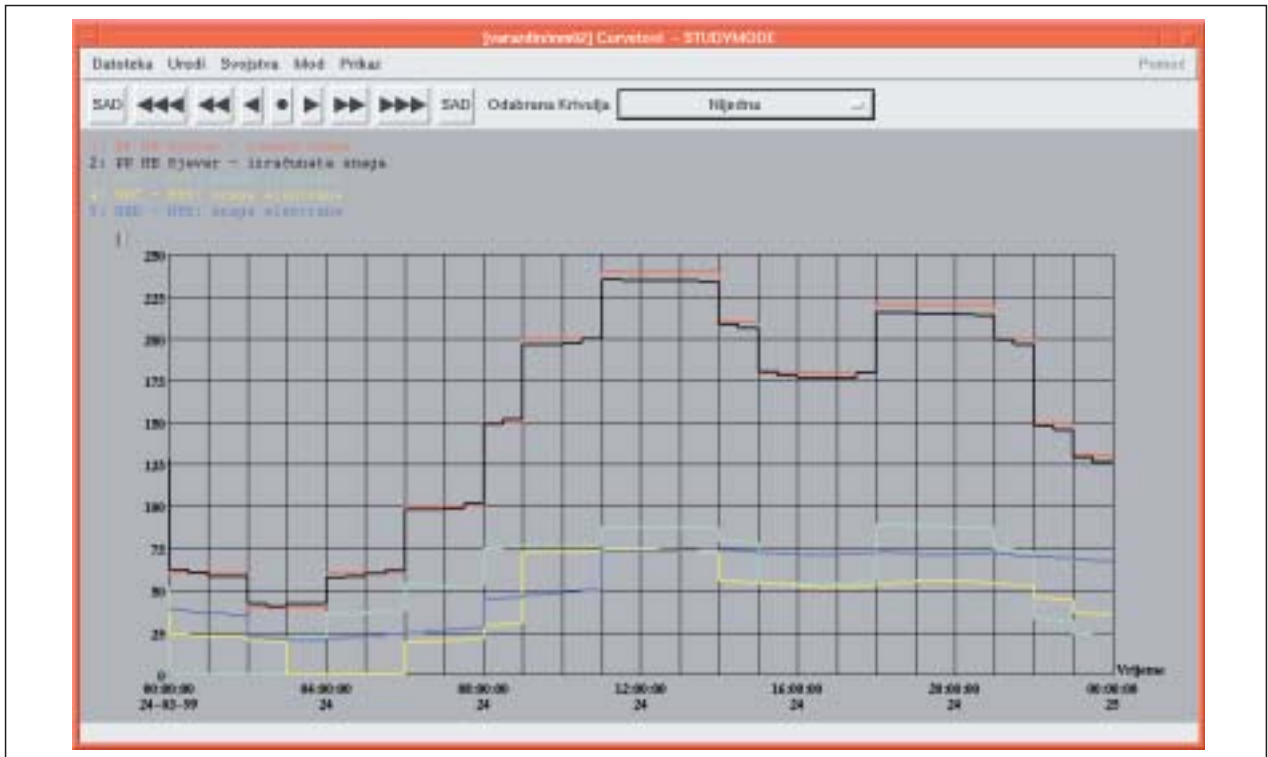
Planiranje proizvodnje, odnosno optimiranje rada provodi se pomoću programa "Hydro Scheduling" (HYS). Vremenski korak proračuna je pola sata, a planski period može biti do tjedan dana. Najčešće se koriste planski period "od sada do kraja dana" ili "od sada do kraja sljedećeg dana" za izradu izvršnih planova te "od kraja dana do kraja sljedećeg dana" za izradu temeljnih planova. Program se prema potrebi (u slučaju promjena ulaznih podataka ili odstupanja stvarnih vrijednosti od izračunatih) pokreće ručno u bilo kojem trenutku, a postoji i mogućnost cikličkog ili automatskog pokretanja proračuna.

Ulazni podaci su općenito planirani zahtjev snage i planirani dotoci. Uz te podatke uključuju se i podaci o raspoloživosti i ograničenjima agregata, te željenim razinama odnosno ograničenjima koja se odnose na akumulacije. Kao rezultat proračuna (slika 5) dobivaju se snage agregata, preliv preko brane, protoci kroz kanale i stara korita, razine u akumulacijama i odvodnim kanalima (za svaki vremenski interval od pola sata). Nakon pokretanja proračuna operateri kontroliraju rezultate i potvrđuju postavne vrijednosti ili pokreću novi proračun s promijenjenim parametrima (kazneni faktori, vrsta ograničenja, dozvoljena odstupanja i sl.). Potvrđene postavne vrijednosti (za 6 sati unaprijed) svakih pola sata automatski se šalju u SCADA-u i dalje proces. Za svaku elektranu šalju se 4 postavne vrijednosti:

- snaga agregata 1 (MW),
- snaga agregata 2 (MW),
- snaga elektrane (MW),
- ukupni preliv preko brane (m<sup>3</sup>/s).

Preračunavanje ukupnog prelijeva na položaje zaklopki i segmenata izvodi se pomoću lokalnih sustava.

Lanac hidroelektrana može se naći u različitim pogonskim situacijama kada ciljevi i kriteriji optimizacije mogu biti različiti. Osnovni način rada lanca HE u normalnim uvjetima je **rad prema planu**. Funkcija cilja u programu optimizacije u ovom slučaju je minimizacija protoka. NDC na osnovi postojećeg optimizacijskog postupka na razini cijelog EE sustava i podataka kojima raspolaže računa planiranu snagu hidroelektrana na Dravi za određeni planski period (u pravilu za sljedeći dan). Od centra upravljanja hidroelektranama na Dravi u Sloveniji (CV DEM) dobivaju se planirani protoci posljednje elektrane (HE Formin) koji su rezultat sličnog proračuna. Za određivanje ukupnog dotoka potrebno je izraditi i plan međudotoka (Dravinja, Pesnica). S tim podacima o planiranoj zahtijevanoj snazi i očekivanim dotocima pokreće se proračun. U slučaju da je proračun neizvediv tj. da se uz postojeća ograničenja i planirane dotoke ne može ostvariti zahtijevana snaga potrebno je promijeniti neke od ulaznih podataka. Ako izračunati planovi snage odstupaju od zahtijevane snage potrebno ih je uskladiti s NDC-om.



Slika 5. Prikaz rezultata proračuna programa HYS

U slučaju da se zbog povoljnih energetskih prilika u sustavu ne postavlja određen zahtjev na snagu, može se prijeći u **rad prema dotoku** tako da se proizvede maksimalna moguća energija s obzirom na dotoke. Funkcija cilja za ovaj način rada je maksimizacija proizvedene energije. Ovaj način rada ima prvenstveno studijsko značenje te može poslužiti za određivanje maksimalne moguće proizvodnje u planskom periodu uz definirane željene razine u akumulacijama na kraju planskog perioda.

Kod velikih dotoka prioritetni zadatak KLV postaje provođenje vodnog vala kroz lanac HE. U takvim slučajevima koristi se **zaštita od poplava** kao način rada u kojem je funkcija cilja maksimizacija protoka, a kriterij optimizacije su željene razine u akumulacijama.

Trenutni zahtjevi za određenu snagu (prisilno vođenja iz NDC-a) provode se direktnim upisivanjem postavnih vrijednosti u SCADA-i pri čemu se moraju blokirati postavne vrijednosti iz HYS-a koje se šalju svakih pola sata (ako su potvrđene). U slučaju takvih kraćih ili dužih odstupanja od plana radi se replaniranje tj. pokreće se proračun s promijenjenim ulaznim podacima.

## 6. ZAKLJUČAK

Podaci koji se prikupljaju, obrađuju i arhiviraju u Komandi lanca Varaždin omogućavaju znatno bolji nadzor nad lancem hidroelektrana, a razmjenom kvalitetnih podataka i informacija ostvaruje se bolja

suradnja i koordinacija s Nacionalnim dispečerski centrom i centrom vođenja uzvodnih elektrana (CV DEM). Daljinskim nadzorom i upravljanjem postignut je značajan napredak u vođenju pogona, pri čemu optimizacija i planiranje proizvodnje rezultiraju povećanom proizvodnjom energije i smanjenjem broja uključenja i isključenja agregata, a koordinacija i točno planiranje termina i trajanja poslova održavanja povećanjem pogonske spremnosti. Povezivanjem s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a ovlaštenim korisnicima omogućeno je praćenje arhivskih pa i trenutnih podataka putem osobnog računala.

## LITERATURA

- [1] SINAUT Spectrum "Spectrum Base", Siemens No. ED07-E-1.3, 1997.
- [2] SINAUT Spectrum "Statement of Work", Siemens No. TD00-HEP KL Varaždin, 1997.
- [3] SINAUT Spectrum "System Overwiev", Siemens No. TD01-HEP KL Varaždin, 1997.
- [4] SINAUT Spectrum "Hardware", Siemens No. TD02-HEP KL Varaždin, 1997.
- [5] SINAUT Spectrum "Hydro Scheduling", Siemens No. TD21-HEP KL Varaždin, 1997.
- [6] "Dokumentacija za traženje ponuda za opremu i radove računarskog sustava Komande lanca i centra daljinskog upravljanja Varaždin", Elektroprojekt, Zagreb 1994.
- [7] B. PREMER, G. DUJMOVIĆ, B. HORVAT, D. MAGIĆ, M. STOLNIK, J. SABOLEK, G. VRBANEC: "Prilagođenje sustava upravljanja HE Varaždin i HE Du-



brava radi daljinskog vođenja iz Komande lanca Varaždin”, Treći simpozij o vođenju elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 1998.

- [8] B. HORVAT, G. DUJMOVIĆ, G. BARBARIĆ, M. KUHTIĆ, B. PREMER, Ž. LOGARIĆ, G. VRBANEC, T. PINTARIĆ: "Potpuno automatizirano upravljanje i nadzor postojenja na brani HE Čakovec", Četvrti simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 2000.

Wasserkraftwerke im Schwellbetrieb geleitet wird. In diesem Artikel ist eine Übersicht, sowohl der in der Realzeit dem Steuern und der Aufsicht dienenden Computertechnik, als auch der Verbindung mit den Kraftwerken und anderen Zentren dienenden Fernmeldeanlagen, gegeben. Beschrieben ist auch die Rolle der operativen Führung, und einige Erfahrungen aus dem bisherigen Betrieb.

#### **VARAŽDIN CHAIN COMMAND – REMOTE CONTROL CENTRE AND MANAGEMENT OF HYDRO POWER PLANTS ON THE DRAVA RIVER**

Varaždin Chain Command is a centre from which remote control is realised as well as the management of three existing hydro power plants on the Drava River in Croatia. This work gives an overview of computer equipment for remote control including real time management and telecommunication systems that enable good communication with plants and other centres. Operation management functions as well as some experiences gathered so far are described.

#### **DIE DER FERNAUFSICHT UND -STEUERUNG DIENENDE SCHWELLBETRIEBSWARTE KROATISCHER WASSERKRAFTWERKE AM FLUSS DRAU "VARAŽDIN-CENTAR"**

Schwellbetriebswarte "VARAŽDIN-CENTAR" ist jene Leitstelle aus welcher die Fernaufsicht und Fernbedienung dreier im kroatischen Teil des Flusses Drau bestehenden

Naslov pisaca:

**Miljenko Brezovec, dipl. ing.  
Darko Kuča, dipl. ing.  
Goran Bužić, dipl. ing.  
Mirjana Slunjski, dipl. ing.  
HEP PP HE Sjever – Varaždin  
42000 Varaždin, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2002-02-13.