

# PROCESNI SUSTAV U NDC-U

Gordana Donković, Zagreb

UDK 621.31:621.398  
PREGLEDNI ČLANAK

Opisana je organizacija programskih komponenti i protok podataka koji predstavljaju platformu za upravljanje elektroenergetskim sustavom. Dan je pregled osnovnog sustava za nadzor i upravljanje u stvarnom vremenu, podsustava sekundarne regulacije snage i frekvencije te podsustava za dispečersku analizu mreže.

**Ključne riječi:** elektroenergetski sustav, sustav daljinskog vođenja, sekundarna regulacija snage i frekvencije, procesno računalo PDP, sustav za nadzor i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu SCADA, konverter izlaznih podataka KIP.

## 1. UVOD

Zbog postizanja Y2K kompatibilnosti cjelokupne računalske i programske opreme Nacionalnog dispečerskog centra (NDC) izvršena je tijekom druge polovice 1999. godine promjena sklopovske i programske potpore sustava za nadzor i upravljanje EES-om. Zamjenu je bilo potrebno provesti uz zadržavanje veze sa svim vanjskim sustavima koji su bili povezani na prethodnu opremu: sekundarna regulacija snage i frekvencije, dispečerska analiza mreže (DAM) i izvještajnim sustavom poslovne informatike, te zadržati ili povećati funkcionalnost sustava i osigurati operativnost u prijelaznom razdoblju uz minimalno narušavanje raspoloživosti sustava. U NDC-u je bila instalirana "unikatna" programska platforma francuskog isporučitelja - tvrtke SODETEG T. A. I.

Instaliranjem novog SCADA sustava (*engl. Supervisory Control And Data Acquisition* = sustav za prikupljanje procesnih podataka te nadzor i upravljanje EES-om u realnom vremenu) PROZA 11D/R, proizvođača Končar KET Zagreb, postignuto je: izjednačavanje sklopovske i programske opreme NDC-a s onom u prijenosnim i distribucijskim dispečerskim centrima; eliminiranje ograničenja prijašnjeg sustava glede broja elemenata baze podataka te osiguranje potpore u redovitoj eksploataciji i dodavanju novih cjelina bez obzira na tehnologiju opreme.

SCADA sustav PROZA 11D/R u NDC Zagreb omogućava vođenje elektroenergetskog sustava (EES), te brzo i potpuno informiranje o svim događajima u procesu. Komunikacijske funkcije podrazumijevaju u prvom redu razmjenu podataka s procesom uz osiguravanje točnosti prikupljenih poda-

taka upravljačkih signala, pravodobnog prijenosa i mehanizama zaštite. Komunikacija s procesom ostvaruje se preko FEP (*engl. front-end processor*) računala s CDU-ovima, koji komuniciraju s daljinskim stanicama (DAS). U CDU su implementirani postupci komuniciranja s mrežom daljinskih stanica, kao i postupci komuniciranja s drugim centrima (računalska mreža). Uz podatke iz procesa koji se prikupljaju preko DAS-ova, te FEP-a u CDU, u NDC-u postoje podaci o stanju SDV-a (sustav daljinskog vođenja).

Zbog specifičnosti upravljačkih i komunikacijskih funkcija sustav u NDC-u je podijeljen u:

- upravljački računalni sustav
- podsustav komunikacije čovjek - sustav
- komunikacijski podsustav.

U NDC Zagreb postoji veza SCADA sustava PROZA 11D/R i sljedećih sustava koji koriste podatke u stvarnom vremenu, ostvarena preko konvertera izlaznih podataka (KIP):

- sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije
- dispečerska analiza mreža (DAM)
- PROZA OPEN sustav.

### 1.1. SCADA sustav PROZA 11D/R

**Upravljački računalni sustav** sastoji se od procesnih računala PDP 11/94 proizvodnje DEC, SAD u dvostrukoj konfiguraciji. Implementirani sustavi: operacijski sustav RSX11-M i sustav za vođenje procesa u stvarnom vremenu PROZA 11D/R - SCADA, predstavljaju kompletnu programsku potporu za rad sustava.

**Podsustav komunikacije čovjek-sustav** sastoji se od dva dvostruka i jednog jednostrukog upravljačkog

mjesta. Dvostruka upravljačka mjesta smještena su u dispečerskoj prostoriji, a jedno jednostruko mjesto instalirano je u prostoriji za edukaciju. Svako je mjesto opremljeno: osobnim računalom s ugrađenim programskim emulatorom semigrafičkog terminala, prikaznom jedinicom (2 monitora 20"), alfanumeričkom tipkovnicom i mišem.

**Komunikacijski podsustav** sadrži opremu za komunikaciju s drugim čvorovima računalne mreže.

### 1.2. Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije

Ovaj sustav se sastoji od slijedećih cjelina:

- sustava za komunikaciju čovjek-sustav
- uređaja regulatora.

Komunikacija čovjek-sustav odvija se na stroju koji je upravljačko mjesto SCADA sustava PROZA 11D/R. Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije u području komunikacije čovjek-sustav sastoji se od dvostruke konfiguracije računala sa SCADA sustavom PROZA R/F (tzv. ASR1 i ASR2 računala), NCM računala (*engl. Network Communication Module*) za vezu sustava PROZA R/F s MS Windows okruženjem za prikazno-upravljački dio sustava sekundarne regulacije snage i frekvencije koji je instaliran na upravljačkim mjestima SCADA sustava. Proizvođač ovog programskog sustava je Konačr KET Zagreb.

### 1.3. Dispečerska analiza mreže (DAM)

Dispečerska analiza mreže je programski sustav za analizu elektroenergetskih mreža, prilagođen dispečerskim potrebama. Proizvođač programskog sustava je Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku u suradnji s tvrtkom Iskra SYSEN d.o.o. Zagreb. Izvorni mjerni podaci i podaci uklopnog stanja EES-a prikupljaju se u procesnom računalu PDP-11 i prenose se putem serijske veze na računalo - konverter iz izlaznih podataka (KIP), koje podatke iz SCADA sustava PROZA 11D/R konvertira u format podataka prepoznatljiv sustavu DAM. Programski sustav DAM omogućava procjenu stanja mreže, računanje tokova snaga i analizu sigurnosti N-1. Sva mjerenja, uklopna stanja i svi rezultati proračuna prikazuju se pomoću grafičkog modela mreže, a podaci o vodovima, transformatorima i ostalim objektima u stanici (rastavljači, prekidači, sabirnice) nalaze se u *Raima* bazi podataka.

### 1.4. PROZA Open sustav

Za obradu podataka izvan stvarnog vremena instaliran je PROZA Open sustav. Sustav sklopovski sadrži komunikacijski server (KOM), mrežni poslužitelj (Novell NetWare ver. 5.0) i radnu stanicu. Komunikacijski server komunicira serijskom linijom s računalom za konverziju podataka (KIP) i dobiva od njega podatke stvarnog vremena iz SCADA sustava PROZA 11D/R.

Podaci se s KIP-a šalju na komunikacijski server, koji uz obrade mjerenja, pohranjuje podatke u bazu podataka na mrežnom poslužitelju. Na radnoj stanici su instalirani programi za obradu podataka i kreiranje izvješća. Platforma na kojoj je razvijen PROZA OPEN sustav čine Novell Netware 5.0 mrežni operacijski sustav i Borland PARADOX v. 4.5. relacijska baza. Proizvođač ovog programskog sustava je Konačr KET Zagreb.

### 1.5. Konverter izlaznih podataka (KIP)

Izvoz podataka iz SCADA sustava PROZA 11D/R prema ostalim podsustavima koji koriste podatke stvarnog vremena riješen je instalacijom posebnog komunikacijskog računala, tzv. konvertera izlaznih podataka - KIP. KIP je povezan serijskom RS232 vezom s PDP računalom, i osigurava prijenos procesnih podataka za programski sustav DAM, sustav PROZA OPEN i sekundarnu regulaciju snage i frekvencije.

### 1.6. Sustav za prijenos mjerenja nezavisno od SDV-a

U NDC-u Zagreb koristi se sustav daljinskog vođenja (SDV) u kojeg se uvode informacije o stanju EES-a iz većine elektroenergetskih postrojenja. Zbog zahtjeva za visokom raspoloživošću mjerenih veličina, osim postojećeg SDV-a uvodi se i jedan redundantni sustav za prikupljanje i prijenos mjerenja. Realizacija sustava je predviđena u dvije etape: u prvoj etapi realiziraju se mjerenja snage na vodovima razmjene i hidroelektranama koje se uključuju u sustav sekundarne regulacije (implementirano u NDC-u i u fazi je ispitivanja), a u drugoj etapi preostali dio sustava. Proizvođač ovog sustava je Konačr INEM Zagreb.

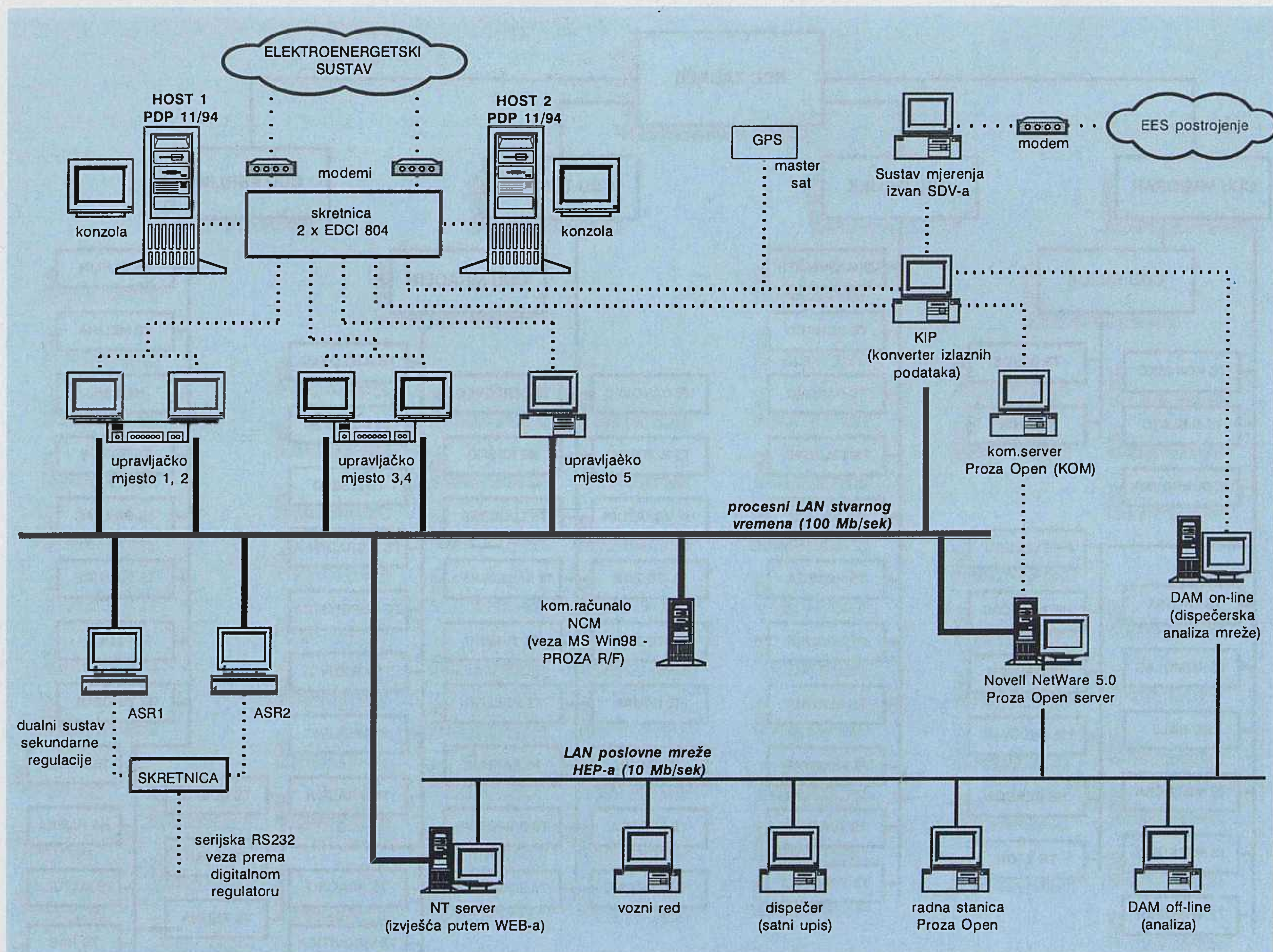
U elektroenergetskom postrojenju je lokalna jedinica (LPJ) koja prikuplja mjerne veličine i prosljeđuje podatke područnom komunikacijskom koncentratoru (PKK) koji šalje podatke u glavni komunikacijski koncentrator (GKK) smješten u NDC-u Zagreb. GKK je PC računalo s MS Win NT 4,0 operacijskim sustavom koje prosljeđuje podatke u sustav sekundarne regulacije preko konvertera izlaznih podataka (KIP).

Konfiguracija računalne opreme u NDC-u Zagreb prikazana je na slici 1.

## 2. SCADA SUSTAV PROZA 11D/R

### 2.1. Programska potpora sustava PROZA 11D/R

SCADA sustav PROZA 11D/R u NDC Zagreb omogućava vođenje elektroenergetskog sustava u stvarnom vremenu. PROZA 11D/R podržana je operacijskim sustavom RSX 11M. To je višekorisnički operacijski sustav DIGITAL-ovih računala serije PDP-11. Osnovu sustava čini skup programa trajno smještenih u memoriji računala u vrijeme njegova rada, dok se veći broj dodatnih funkcija realizira



Slika 1. Konfiguracija mreže računala u NDC-u Zagreb

izvođenjem programa koji su trajno smješteni na disku, a u memoriju se pune po pozivu. Komunikacija među programima vrši se pomoću programskih zahtjeva. PROZA 11D/R podržava funkcije prikupljanja, primarne obrade, prikaza i upravljanja. Sustav podržava uključivanje različitih korisničkih programa i izgrađen je od nezavisnih programskih modula. Modularnost, kao i mehanizmi vođenja kroz program omogućuju jednostavno generiranje i inicijalizaciju sustava.

Komunikacija operatera sa sustavom definirana je kroz niz određenih pravila, a ona omogućuju obavještanje operatera, prikaz podataka i intervencije u procesu. Operater komunicira sa sustavom preko upravljačkog mjesta. Zbivanja u procesu mogu se dokumentirati na pisaču, no u NDC-u je pohranjivanje listi događaja riješeno arhiviranjem listi na KIP-u (konverter izlaznih podataka). Komunicira se putem nekoliko tipova dijaloga i dva režima rada: vođenje i planiranje.

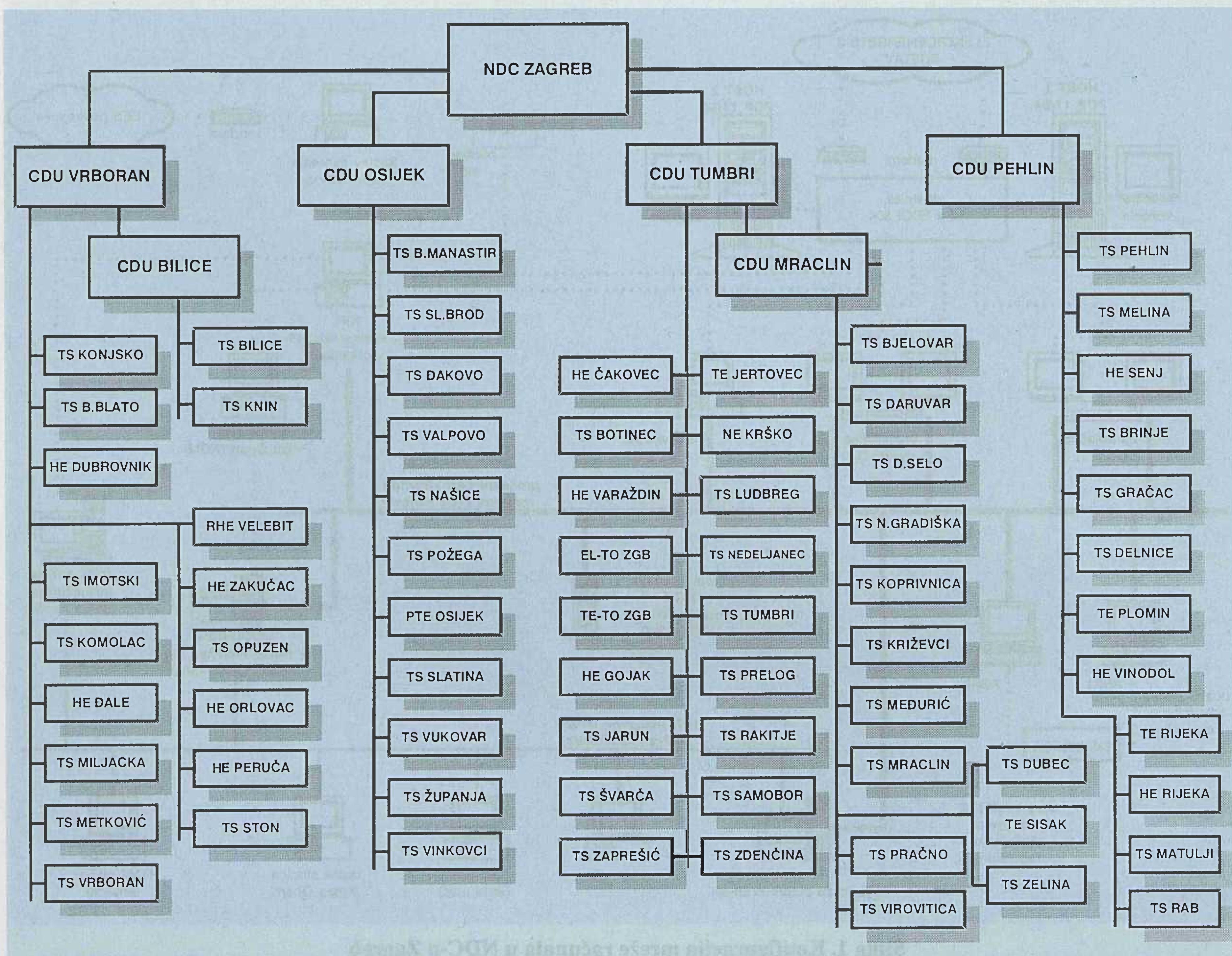
### 2.1.1. Razmjena podataka CDU - NDC

Razmjena podataka ostvaruje se između CDU-ova i NDC-a prema slici 2. Komunikacija s daljinskim stanicama vrši se preko FEP računala u CDU-ovima. Daljinske stanice se grupiraju i svaka grupa je preko

sustava veza i skretnica vezana na jednu komunikacijsku jedinicu. Svaka komunikacijska jedinica komunicira nezavisno. Razmjena podataka s daljinskim stanicama vrši se po *SINDAC* (engl. *System for Integrated Network Dispatch And Control*) komunikacijskom protokolu koji određuje tipove poruka, kriterije prijenosa i postupke u slučaju kvarova i smetnji. U sve čvorove računalne mreže implementirani su programi za međuračunalsku komunikaciju. Pravci te komunikacije su slijedeći:

- CDU Mraclin - CDU Tumbri, CDU Tumbri - NDC
- CDU Bilice - CDU Vrboran, CDU Vrboran - NDC
- CDU Pehlin - NDC
- CDU Osijek - NDC.

Komunikacija se vrši pod kontrolom DDCMP fizičkog protokola, a razmjena podataka određena je mrežnim protokolom. DDCMP protokol se brine o zaštiti poruka te ispituje ispravnost primljenih poruka, a mrežni protokol usmjeruje poruke, određuje tip poruka i kriterij prijenosa. U međuračunalskoj komunikaciji razmjenjuju se podaci iz procesa, upravljački signali, vremenska sinkronizacija, raspodjela nadležnosti i sl. Uz procesne podatke koji se prikupljaju u CDU-ovima i prosljeđuju u NDC, u NDC-u postoje podaci o stanju SDV-a.



Slika 2. SDV Hrvatske

**Procesni podaci** uvode se u sustav preko podsustava DAS-ova (daljinskih stanica) i FEP računala u CDU-ovima prosljeđuju u NDC. Uvedeni su sljedeći tipovi procesnih podataka:

- digitalne indikacije (položaj aparata, zaštite, alarmi): jednostruke, dvostruke signalizacije
- analogna mjerenja (napon, snaga, frekvencija): jednosmjerna, dvosmjerna
- impulsna mjerenja energije
- digitalna mjerenja (položaj regulacione preklopke)
- komande.

U NDC se prenose:

- informacije iz svih vodnih polja 400 kV i 220 kV te vodnih polja 110 kV međudržavne i međuregionalne razmjene koji su nužni dispečerima zbog cjelovitog pregleda energetske prilike u mreži 110 kV, te dvije vrste grupnih alarma;
- uklopna stanja svih aparata na spojnima poljima 400 kV, 220 kV i 110 kV, te dvije vrste grupnih alarma;
- uklopna stanja prekidača i sabirničkih rastavljača s primara i sekundara na transformatorskim poljima 400 kV, 220 kV i 110 kV, te četiri alarma;
- mjerenja radne i mjerenja jalove snage;

- informacije iz generatorskog polja 400 kV i 110 kV (digitalne indikacije, analogna mjerenja, impulsna mjerenja radne i jalove snage svakog generatora na pragu elektrane);
- uklopna stanja sabirničkih i sekcijских rastavljača na sabirnicama 400 kV, 220 kV i 110 kV;
- mjerenja napona na sabirnicama;
- opća globalizacija (signal: lokalno upravljanje, daljinsko upravljanje).

**Podaci o stanju SDV-a** predstavljaju čitav niz kontrolnih informacija potrebnih za ispravan rad sustava i ispravnu razmjenu procesnih podataka. Većinu SDV podataka sustav dobiva analizom razmjene podataka, dok neki elementi SDV-a, u prvom redu računalski sustavi, imaju ugrađenu dijagnostiku.

Analiziraju se sljedeći elementi SDV-a:

- dualni rad računalskog sustava
- dualni rad međuračunalske veze
- međuračunalske komunikacijske jedinice
- međuračunalska komunikacija HOST NDC - FEP NDC
- komunikacijske jedinice za vezu DAS - FEP
- daljinska stanica i veza stanica - FEP
- jedinica za izbor prijenosnog puta.

### 2.1.2. Funkcije SCADA sustava u NDC-u

Funkcije NDC-a moguće je podijeliti na:

- upravljačke i nadzorne funkcije,
- prijenos podataka iz vanjskog EES-a u NDC,
- sinkronizacija vremena,
- izvoz podataka stvarnog vremena u ostale podsustave.

Vođenje EES-a Hrvatske organizirano je na više hijerarhijskih nivoa (TS, CDU, NDC) što uz pretpostavku uske međusobne koordinacije, zahtijeva i jasno definira opseg operativne nadležnosti pojedinih razina. Međutim, to podrazumijeva mogućnost brze i pouzdane preraspodjele nadležnosti kada to pogonske prilike i okolnosti zahtijevaju. Nadležnost je inicijalno pridjeljena CDU-u, a u slučaju kvara automatski se prenosi u NDC. CDU i u normalnim pogonskim prilikama može predati nadležnost NDC-u na zahtjev dispečera. Putem upravljačkog dijela komunikacije čovjek-sustav, ostvaruju se sljedeće funkcije:

- obrada, prikaz i nadzor analognih, digitalnih i impulsnih mjerenja;
- signalizacija uklopnih stanja aparata;
- signalizacija prorada zaštita i ostalih alarmnih stanja u EES-u i SDV-u;
- tretiranje pojedinih događaja i prelazak pragova mjerenja kao alarm i/ili kvar;
- daljinsko upravljanje dvopoložajnim aparatima (ako NDC ima nadležnost);
- distribucija točnog vremena unutar SDV-a;
- sudjelovanje u razmjeni nadležnosti;
- nadzor pripadnog SDV-a;
- funkcije planiranja (on-line promjene parametara i konstantni sustav).[1]

Prikupljanje podataka iz daljinske stanice izvodi se paralelno preko svih komunikacijskih jedinica na razini CDU-a, a zatim preko FEP računala prosljeđuju u NDC. Prikupljaju se procesni podaci (digitalni signali, analogna, digitalna i impulsnja mjerenja) i podaci o stanju SDV-a (stanje daljinskih stanica, prijenosnih puteva i komunikacijskih jedinica). Svi procesni podaci osim impulsnih mjerenja prenose se spntano. Za digitalne signale i mjerenja prenosi se svaka **promjena** stanja. Analogna mjerenja se prenose u slučaju kad se njihova vrijednost promijeni iznad iznosa mrtve zone. Energetska mjerenja prenose se u određenim periodičkim razmacima. Upravljanje procesom izvodi se preko dvopoložajnih aparata. Dvopoložajnim aparatima upravlja se jednostrukim impulsnim signalima. Distribucija poruka s procesnim podacima u različite centre obrade (CDU, NDC) vrši se na temelju podataka o sklopovskoj konfiguraciji daljinskih stanica i logičke povezanosti DAS-ova s pojedinim centrima obrade. Nakon procesnih podataka dobivenih iz različitih DAS-ova na isti format, adresnom dijelu poruke dodaje se još broj stanice koja je poslala poruku, broj komunikacijske jedinice na koju je vezana stanica i

broj računalnog čvora. Time se dobija **jedinstvena adresa** za bilo koji procesni podatak unutar kompletne mreže računala SDV-a koji se naziva **ključ podataka**.

Vremenski vezane funkcije čine posebnu cjelinu programskog sustava, a odnose se na:

- vremensku sinkronizaciju sata u računalima
- vremensku sinkronizaciju satova realnog vremena u daljinskim stanicama
- pokretanje prikupljanja (zamrzavanja) vrijednosti akumuliranih impulsnih veličina (iz CDU-ova).

Vremenska sinkroniziranost satova u svim računalima povezanim u mrežu predstavlja jedan od osnovnih preduvjeta za ispravno nadziranje procesa pomoću informacijskog sustava. Računala su povezana sa stabilnim satom koji je satelitski sinkroniziran (GPS, *engl. Global Position System*), a na izlazu daje na serijskom portu (RS 485) apsolutno vrijeme i bežnaponski kontakt sa sinkro impulsima. Sustav za očitavanje točnog vremena ima funkciju automatskog upisa vremena kod pokretanja računala. Time se izbjegava pogreška upisa operativnog osoblja.

Veza između PDP 11/94 računala i konvertera izlaznih podataka (KIP) prema vanjskoj mreži računala ostvarena je serijskom asinkronom vezom, brzine prijenosa 9600 b/sek. Gubitak informacija pri prijenosu onemogućen je odgovarajućim komunikacijskim protokolom. Na KIP-u postoje programski moduli zaduženi za komunikaciju prema SCADA računalu: komunikacijski program (driver) koji obavlja osnovni nivo komunikacije i priprema cjelovite, ispravne poruke dobivene od PDP 11/94; i modul za održavanje baze podataka koji svaku primljenu poruku pohranjuje na jedno ili više mjesta u memorijskoj bazi. Zadaća komunikacijskog programa na KIP-u je uspostavljanje i održavanje komunikacije prema PDP 11/94, prikupljanje i prepoznavanje poruka koje stižu od PDP 11/94, te odašiljanje poruka namijenjenih sustavima DAM, PROZA OPEN i sekundarna regulacija snage i frekvencije.

### 2.2. Sklopovska konfiguracija NDC-a

Centralna jedinica je konfigurirana kao dvostruki računalni sustav DEC-ovog procesnog računala PDP 11/94. Rad dvostrukih računala osniva se na principu "vodeći - prateći" u modu vruće rezerve. Vodeći računalni sustav u potpunosti upravlja radom SDV-a, a međuračunalnom komunikacijom neprekidno održava istovjetnost baze podataka i internih programskih stanja s pratećim računalom. Računala stalno ispituju međusobnu ispravnost, a u slučaju kvara prateće preuzima ulogu vodećeg. Sve podatke vodeće i prateće računalo razmjenjuju brzom interprocesorskom vezom kapaciteta kanala 2 Mb/sek. Konfiguracija HOST računala sastoji se od:

- upravljačkog (HOST) računalnog dijela;
- podsustava komunikacije čovjek-sustav;
- komunikacijskog podsustava.

Izvršeno je udvostručenje kritičnih prijenosnih puteva, računalskih sustava (HOST računalo PDP 11/94), komunikacijskih jedinica te medija komunikacije čovjek-sustav (upravljačko-prezentacijskih mjesta). Svako PDP 11/94 računalo opremljeno je s:

- centralnom procesorskom jedinicom (16-bitni proces) na kojoj su 2 MB operativne memorije
- satom realnog vremena KW 11-P
- fiksnom disk jedinicom kapaciteta 512 MB, SCSI tipa
- magnetooptičkim diskom 3,5" kapaciteta 230 MB, SCSI tipa
- alfanumeričkim konzolnim videoterminalom s matičnim pisačem za servisne potrebe tip VT220/FX300
- asinkronim 16-linijskim multiplekserom tipa DHU11-V brzine prijenosa do 14,4 kb/sek
- jedinicom za međuračunalsku komunikaciju.[1]

Značajka arhitekture računalskih sustava je sustav dvosmjernih asinkronih sabirnica UNIBUS koji povezuje sve jedinice sustava.

Dodirnu točku SDV-a i operativnog osoblja (dispečera) predstavlja podsustav komunikacije čovjek-sustav. Funkcije koje ostvaruje ovaj podsustav su: prezentacija trenutnog stanja EES-a i SDV-a, upozoravanje operatera na događaje u sustavu i njihovo dokumentiranje te izvršavanje operativnih zahvata dispečera. Komunikacija operatera sa sustavom vrši se putem dva pogonska upravljačka mjesta, i jednog edukacijskog upravljačkog mjesta. Svako upravljačko mjesto opremljeno je osobnim računalom s ugrađenim programom za emulaciju terminala na MS Windows platformi ("Semulwin 95"); 2 color 20" monitora, tipkovnicom i mišem. Svako upravljačko mjesto spojeno je s PDP računalom preko serijske RS232 veze i razmjenjuju podatke brzinom od 9600 b/sek.Š1Ć

Za razmjenu podataka NDC-a s pripadnom mrežom FEP računala u CDU-ovima koristi se vlastiti sustav veza Hrvatske elektroprivrede i sustav veza HT-a. Brzina prijenosa podataka između daljinskih stanica i komunikacijskog podsustava FEP-a iznosi 200 b/sek ili 600 b/sek. Za razmjenu se koriste VF, UKV i kabelske veze. Sinkroni komunikacijski međuskopovi DMC 11 smješteni su u okvirima računala PDP 11/94 i kabelima su spojeni na komunikacijske skretnice EDCI 302 odnosno EDCI 104 u DS-8 komunikacijskom podsustavu. Skretnice se vezuju na uređaje radio veze preko sinkronih modema IBM 3863. Brzina komunikacije na vezama NDC - CDU Pehlin, NDC - CDU Vrboran i NDC - CDU Pehlin je 2400 b/sek, a na vezi NDC - CDU Tumbri je 4800 b/sek.

### 3. KONVERTER IZLAZNIH PODATAKA (KIP)

#### 3.1. Sklopovska konfiguracija KIP-a

Konverter izlaznih podataka je računalo na kojem se nalazi paralelna baza podataka SCADA sustava PROZA 11D/R, a zadaća mu je da istodobno proslijedi

podatke iz stvarnog vremena svim drugim sustavima kojima su ti ili dio tih podataka potrebni. KIP je povezan serijskom RS232 vezom s PDP računalom, i osigurava prijenos procesnih podataka za programski sustav DAM, sustav PROZA Open, sekundarnu regulaciju snage i frekvencije te za izvoz podataka na WEB server.

KIP je jedno od četiri računala na procesnoj mreži NDC-a koja imaju instaliran QNX operativni sustav. Ostala tri računala su: serveri za sekundarnu regulaciju snage i frekvencije u dual modu ("vodeći - prateći"): ASR1 i ASR2; komunikacijsko računalo za vezu Proza R/F sustava i MS Windows okruženja: NCM (*engl. Network Communication Module*); vidi sliku 1.

Lokalna računalna mreža u NDC-u podijeljena je u dva dijela: procesna mreža (100 Mb/sek) na kojoj se nalaze sva upravljačka mjesta, KIP, računala sekundarne regulacije; i poslovna mreža HEP-a (10 Mb/sek) na kojoj su WEB server, DAM računala i ostali korisnici. Na pojedinim točkama (računalima) mreže se "dodiruju" zbog izvoza podataka iz jedne mreže u drugu, ali kontrolom i dozvolom pristupa osigurana je zaštita podataka.

#### 3.2. Programska potpora na KIP-u i opis podataka

Program baze podataka (*KIP\_db*) je glavni programski modul KIP-a kojem je zadaća da prihvaća svaku novu vrijednost elemenata iz PROZA 11D/R sustava, provodi primarnu obradu podataka, pohranjuje u memorijske strukture i potom prosljeđuje podatak drugim sustavima formiranjem poruke u formatu prilagođenom baš za taj sustav i stavlja u odgovarajući rep. Drugi način isporuke podataka je na diskretan zahtjev drugog sustava: program za komunikaciju s drugim sustavom dobije od njega zahtjev i prosljedi ga programu baze podataka *KIP\_db*, na što će on formirati poruku od elemenata koji se definiraju baš za taj sustav. Programska podrška KIP-a sastoji se od nekoliko programskih modula:

- Program *KIP\_in*) dobiva na komunikacijskom portu poruke od PDP računala.
- Program za vezu s DAM sustavom (*KIPtoDAM*) komunicira putem serijskog porta koristeći "master-slave" protokol IEC 60870. DAM strana je master, a KIP strana slave. Program *KIPtoDAM* sluša zahtjeve DAM strane, te na svaki zahtjev daje odgovor. Na početku komunikacije DAM traži verziju baze, te ako je različita od njegove, zahtijeva se prijenos svih opisa elemenata (signala, mjerenja i regulatora) s pripadajućim brzim ključevima. Nove-promijenjene vrijednosti signala, mjerenja i regulatora, program *KIPtoDAM* dobiva od programa baze podataka *KIP\_db* u tri repa.
- Program za vezu s PROZA OPEN sustavom distribuiran je na tri lokacije (računala): na samom KIP računalu, zatim na komunikacijskom serveru (tzv. KOM) i na Novell serveru. PROZA OPEN sustav

- služi za pohranjivanje i prikazivanje trenutnih i povijesnih podataka PROZA 11D/R sustava.
- Program za izvoz podataka proizvodnje (*KIPtoWEB*) omogućava nekim korisnicima izvan procesnog sustava predočavanje dijela procesnih podataka kao što je trenutna proizvodnja električne energije na pojedinim agregatima elektrana. Na KIP-u je dignut protokol TCP/IP i ftp server, pa računalo na kojem se nalazi WEB server periodički uzima putem ftp protokola datoteku s trenutnim vrijednostima proizvodnje i prezentira korisnicima.
  - Program za arhiviranje listi (*Klista*) prima sa serijskog porta KIP-a poruka sa PDP računala, eliminira znakove za kontrolu pisača i pohranjuje poruke u datoteku.

Na KIP-u još postoje: program za nadgledanje rada KIP-a: *KIPmon*, program za provjeru baze podataka *KIPview*, program za sinkronizaciju vremena sa GPS-a: *Kgpsclock* i drugi.

Tokove podatka na ulazu i izlazu KIP-a najbolje ilustrira slika 3. Komunikacijske veze između KIP-a i ostalih računala prikazane su na slici 4.

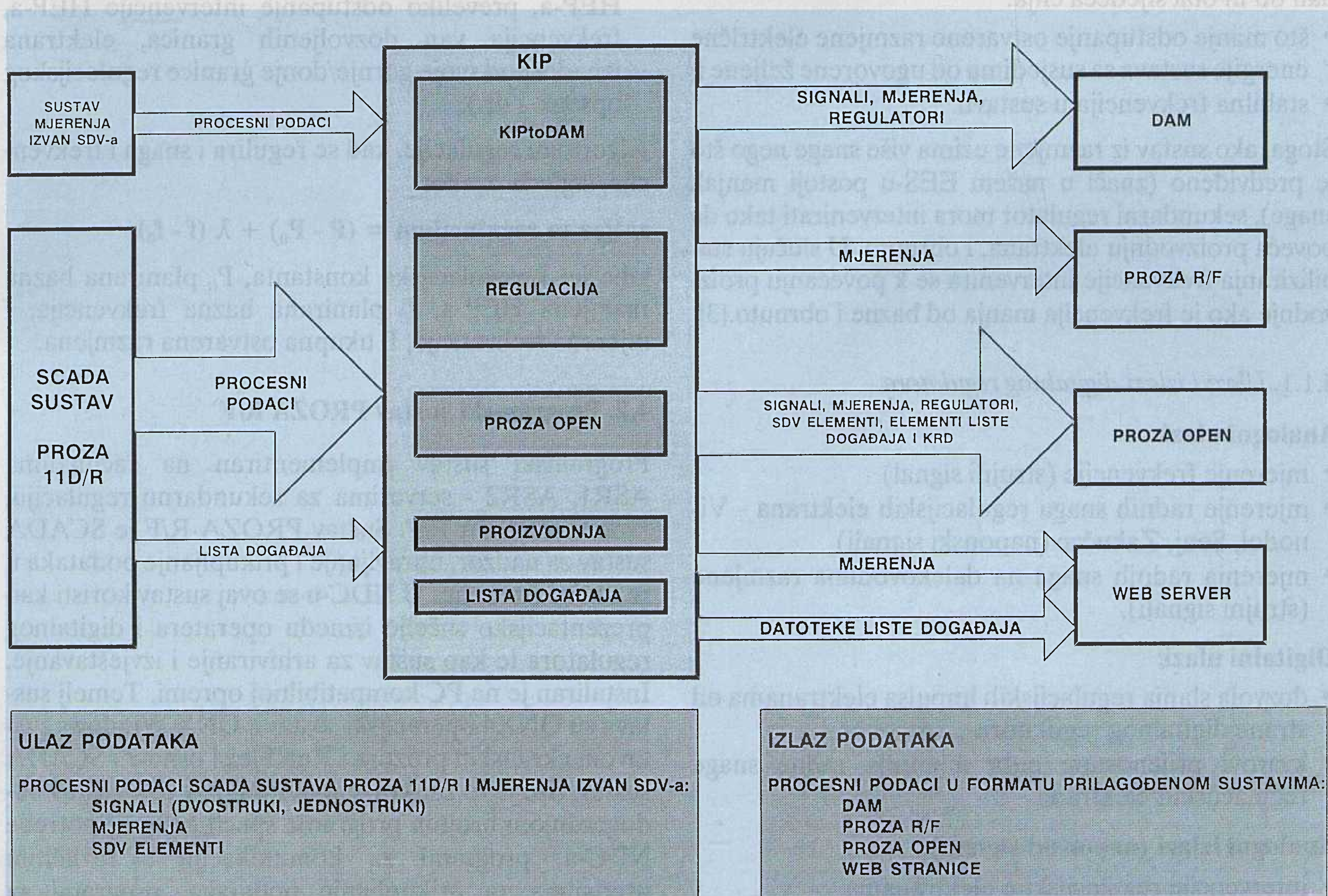
#### 4. SUSTAV SEKUNDARNE REGULACIJE SNAGE I FREKVENCIJE

Sustav sekundarne regulacije snage i frekvencije sastoji se od dva logički odvojena sustava:

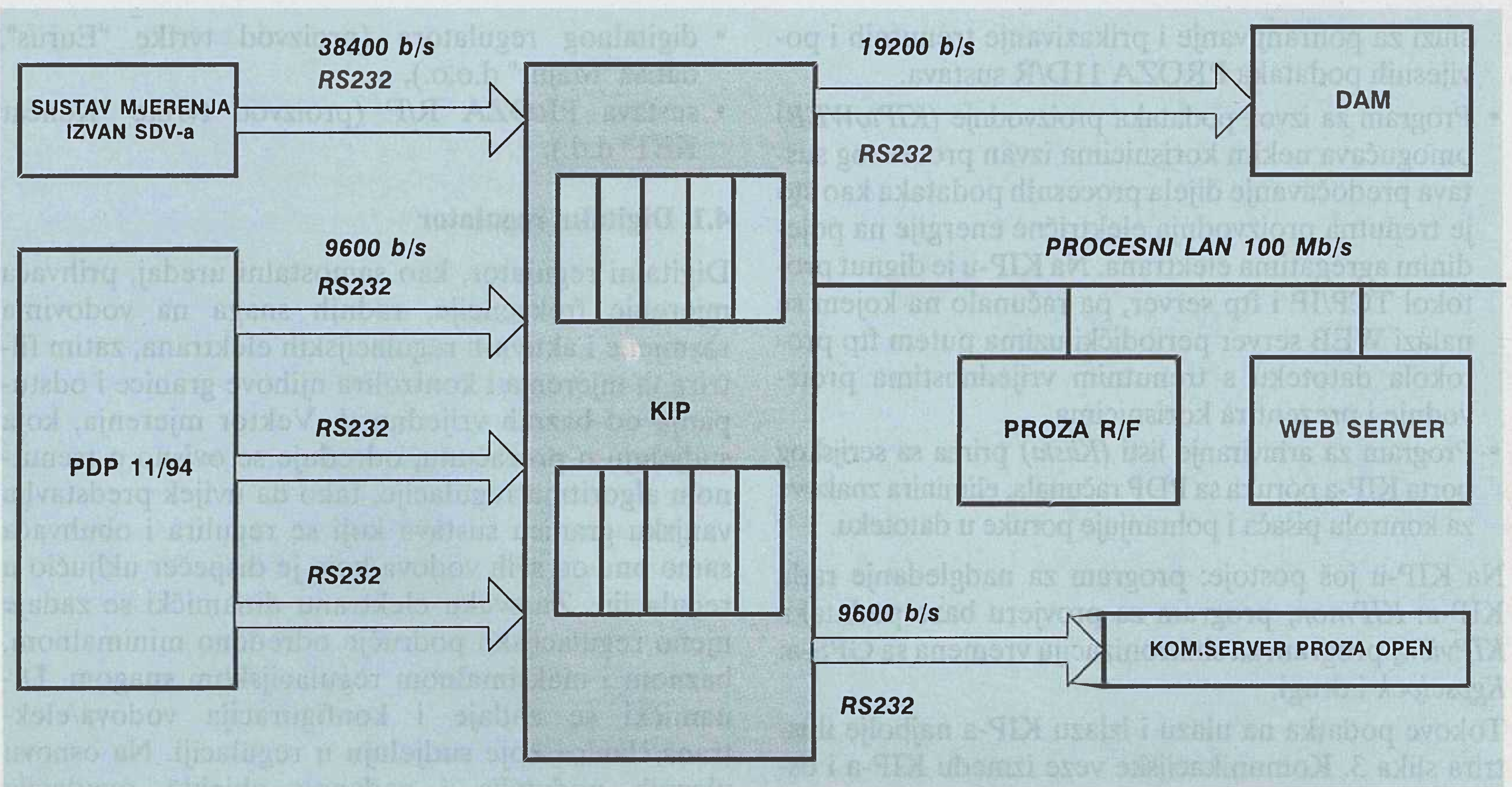
- digitalnog regulatora (proizvod tvrtke "Eurus", danas "Majur" d.o.o.),
- sustava PROZA R/F (proizvod tvrtke "Končar KET" d.d.).

##### 4.1. Digitalni regulator

Digitalni regulator, kao samostalni uređaj, prihvaća mjerenje frekvencije, radnih snaga na vodovima razmjene i aktivnih regulacijskih elektrana, zatim filtrira ta mjerenja i kontrolira njihove granice i odstupanja od baznih vrijednosti. Vektor mjerenja, koja sudjeluju u proračunu, određuje se ovisno o trenutnom algoritmu regulacije, tako da uvijek predstavlja vanjsku granicu sustava koji se regulira i obuhvaća samo one od svih vodova koje je dispečer uključio u regulaciju. Za svaku elektranu dinamički se zadaje njeno regulacijsko područje određeno minimalnom, baznom i maksimalnom regulacijskom snagom. Dinamički se zadaje i konfiguracija vodova/elektrana/članica koje sudjeluju u regulaciji. Na osnovu ulaznih podataka i zadanog objekta regulacije (frekvencija i/ili razmjena), izračunava se i integrira u vremenu intervencija za cijeli sustav. Intervencija sustava, odnosno zahtjev za regulacijom, se zatim raspodjeljuje na sve elektrane koje trenutno sudjeluju u regulaciji (šalju im se regulacijski impulsi "više-niže"). Intervencija sustava predstavlja ili samo odstupanje snage razmjene sustava ili samo odstupanje frekven-



Slika 3. Tokovi podataka u KIP-u



Slika 4. Komunikacijske veze KIP – drugi sustavi

cije sustava ili sumarno oba odstupanja ovisno o tome da li se regulira samo razmjena, samo frekvencija ili oboje.

Zadatak sekundarne regulacije je da uravnoteži proizvodnju regulacijskih elektrana tako da se postignu jedan od ili oba sljedeća cilja:

- što manje odstupanje ostvarene razmjene električne energije sustava sa susjedima od ugovorene željene i
- stabilna frekvencija u sustavu.

Stoga, ako sustav iz razmjene uzima više snage nego što je predviđeno (znači u našem EES-u postoji manjak snage), sekundarni regulator mora intervenirati tako da poveća proizvodnju elektrana, i obrnuto. U slučaju stabiliziranja frekvencije intervenira se k povećanju proizvodnje ako je frekvencija manja od bazne i obrnuto.[3]

#### 4.1.1. Ulazi i izlazi digitalnog regulatora

##### Analogni ulazi:

- mjerenje frekvencije (strujni signal)
- mjerenje radnih snaga regulacijskih elektrana - Vinodol, Senj, Zakućac (naponski signali)
- mjerenja radnih snaga na dalekovodima razmjene (strujni signali).

##### Digitalni ulazi:

- dozvola slanja regulacijskih impulsa elektranama od strane digitalnog regulatora
- kvarovi prijenosnog puta mjerenja radne snage regulacijskih elektrana.

##### Analogni izlazi (naponski signali):

- intervencije regulacijskim elektranama
- intervencija HEP-a
- razmjena HEP-a.

##### Digitalni izlazi:

- regulacijski impulsi "više" i "niže" elektranama koje sudjeluju u regulaciji
- indikator smjera regulacije "više" i "niže" za HEP
- alarmi (preveliko odstupanje snage razmjene HEP-a, preveliko odstupanje intervencije HEP-a, frekvencija van dozvoljenih granica, elektrana iznad/ispod svoje gornje/donje granice regulacijskog opsega, i dr.).

Algoritam regulacije, kad se regulira i snaga i frekvencija, izgleda ovako:

$$\text{zatjev za regulacijom} = (P - P_0) + \lambda (f - f_0)$$

gdje je:  $\lambda$  regulacijska konstanta,  $P_0$  planirana bazna razmjena HEP-a,  $f_0$  planirana bazna frekvencija,  $f$  mjerena frekvencija,  $P$  ukupna ostvarena razmjena.

#### 4.2. Programski sustav PROZA R/F

Programski sustav implementiran na računalima ASR1, ASR2 - serverima za sekundarnu regulaciju, zove se PROZA R/F. Sustav PROZA R/F je SCADA sustav za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka u realnom vremenu. U NDC-u se ovaj sustav koristi kao prezentacijsko sučelje između operatera i digitalnog regulatora te kao sustav za arhiviranje i izvještavanje. Instaliran je na PC kompatibilnoj opremi. Temelj sustava su QNX4 operacijski sustav s QNX Windows sustavom ekranskih prozora i RealFlex4 osnovni SCADA sustav. Sve je to zaokruženo u PROZA R/F sustav nadogradnjom brojnih programa specifičnim za potrebe NDC-a: programi za komunikaciju s različitim uređajima za prikupljanje podataka, programi za bilježenje kronologije procesa, programi za manipuliranje arhiviranim listama i izvještajima, te prijevodi



većine tekstova s kojima se operater susreće na hrvatski jezik. PROZA R/F omogućava definiranje i održavanje podataka poslanih iz procesa, povijesno praćenje procesnih podataka, kreiranje grafičkih prikaza postrojenja i procesa kao i definiranje i izdavanje izvještaja.

Sve funkcije PROZA R/F sustava, uključujući i promjene elemenata u bazi podataka, mogu se obavljati za vrijeme rada sustava (on-line), neovisno o prikupljanju podataka i osnovnim obradama. Skupovi procesa odvijaju se istodobno (što omogućuje višezadačni rad QNX-a) i utječu jedan na drugi samo kad je to određeno programskom logikom. Većina procesa djeluje asinkrono, tj. obrada se pokreće nekim događajem, tako da nema bespotrebnog kontinuiranog opterećenja sustava.

Funkcije PROZA R/F mogu se podijeliti na:

- prikupljanje procesnih podataka i njihova primarna obrada (postoje 3 vrste procesnih podataka: statusne veličine, analogne veličine i brojlila)
- formiranje izvedenih, tj. izračunatih podataka i reakcija na alarme
- upravljanje procesnim elementima
- obradu kronoloških podataka (spremanje u tzv. *Raima* bazu podataka)
- liste alarma i događaja (spremaju se poruke o promjenama stanja elemenata, rezultatima upravljanja, ručnim upisima, zbivanjem u mreži i sl.)
- vremensko praćenje podataka (spremanje podataka u povijesnu bazu)
- obrade trendova (grafičko praćenje nekog mjerenja u vremenu) i generiranje izvještaja
- zahvate u bazi podataka: dodavanje novih elemenata ili promjene postojećih
- izvoz podataka na druge platforme (npr. izvoz podataka na MS Windows platformu: Excel, Access i sl.).

S vremenskog aspekta funkcije PROZE R/F sustava mogu se podijeliti na funkcije:

- **nadzora** - odvijaju se u sadašnjosti - nadzor proizvodnje, razmjene, regulacije i nadzor sustava
- **planiranja** - za budućnost - kreiranje voznog reda i primjena voznog reda na regulaciju
- **dokumentiranja** - prate povijesne podatke iz prošlosti - nastajanje, pristup i pohrana dokumenata.[4]

#### 4.2.1. ONX operacijski sustav

ONX RTOS (real time) operacijski sustav je 32-bitni operacijski sustav za osobna računala sa certificiranom POSIX kompatibilnošću, što znači da u potpunosti odgovara standardu za operacijske sustave stvarnog vremena. Omogućava obrade u stvarnom vremenu zbog visoke brzine odziva na događaje. Podržava višezadačni i višekorisnički rad s razinama prioriteta (vrijeme procesora se pridjeljuje procesima s višim prioritetom). Za visoku brzinu obrada, važna je i činjenica

da se svi pokrenuti procesi mogu smjestiti u RAM memoriju u svoje zaštićeno područje (za razliku od operacijskih sustava koji koriste i virtualnu memoriju na tvrdom disku, što usporava izmjene procesa). Zbog ovih svojstava QNX-a, PROZA R/F ima mogućnost obrade više desetaka tisuća procesnih elemenata bez gubitka na brzini. Propusnost događaja i alarma koji pristižu u sustav je 100-200 u sekundi.Š2Ć

#### 4.2.2. Mrežni sustav: Fleet i TCP/IP

Operacijski sustav QNX pruža transparentnost lokalne mreže, tj. vidljivost cjelokupnog file sustava čvora na bilo kojem drugom čvoru. To svojstvo je inherentno operacijskom sustavu i ostvaruje se zaštićenom *Fleet* protokolom. Svaki čvor je na neki način server svih svojih podataka drugim čvorovima, naravno uz sigurnost pristupa svakoj pojedinoj datoteci i procesu. Četiri čvora predstavljaju već spominjana četiri računala: ASR1, ASR2, NCM i KIP. Inherentnost *Fleet* protokola osigurava najveću moguću brzinu povezivanja procesa i izvršavanja mrežnih poslova.[2]

U skladu s POSIX standardom, potpuno je podržan TCP/IP protokol. Vodeće PROZA R/F računalo može služiti kao TCP/IP server, pa je time osigurana otvorenost sustava za dohvat arhivskih datoteka i ostalih dokumenata koji nastaju tijekom redovitog rada. Osim toga omogućen je i obosmjerni prijenos podataka: na nivou datotečnog sustava i na nivou komunikacije između procesa.

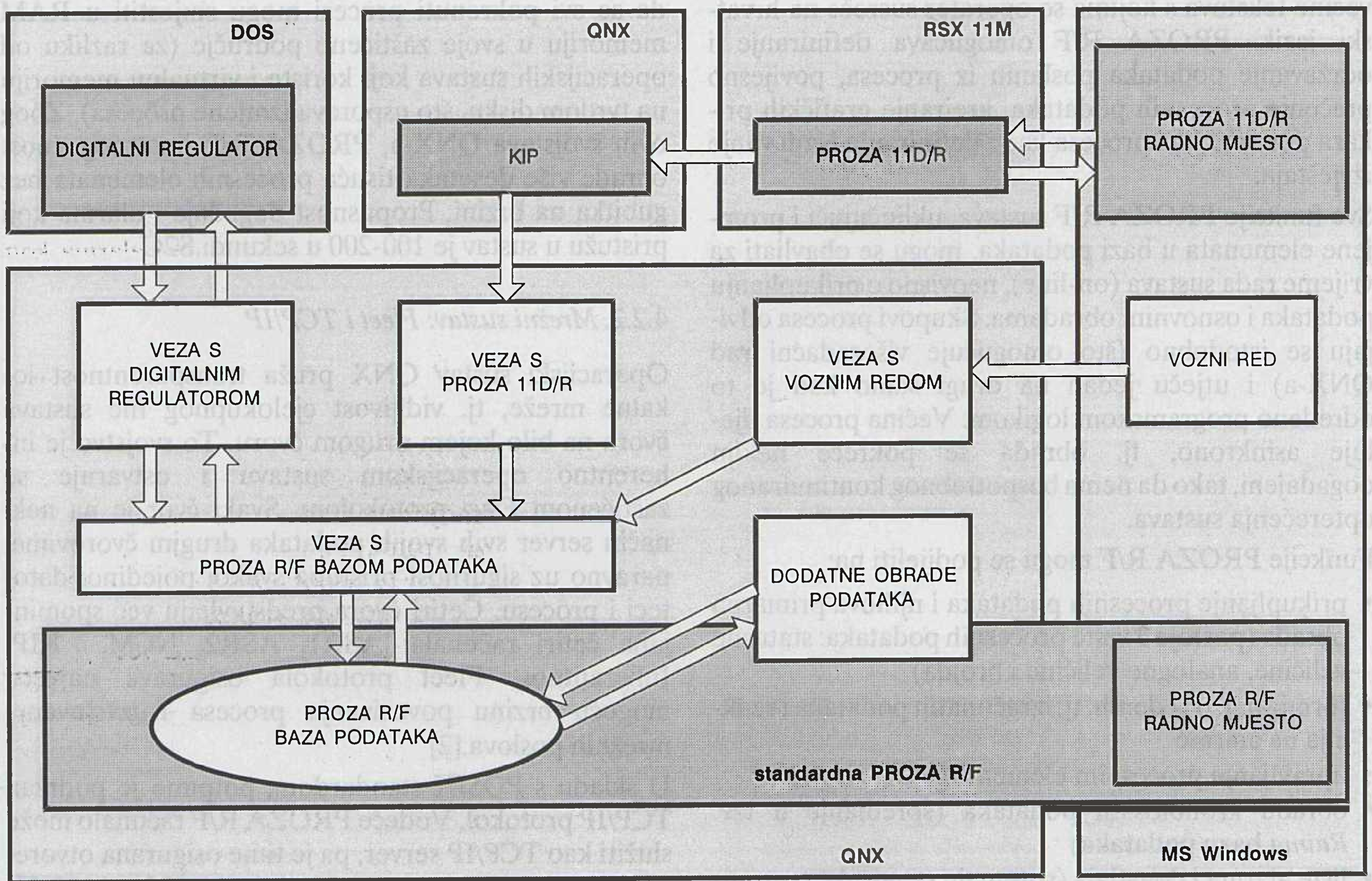
Kombiniranjem oba opisana protokola: *Fleet-a* za vezu prema PROZA R/F SCADA-e i TCP/IP za povezivanje s vanjskim svijetom (tj. drugim lokalnim mrežama), iskorištena su najbolja svojstva tih protokola i uz to potpuno osiguran procesni dio od utjecaja ostalih protokola s kojima eventualno dijeli istu fizičku mrežu.

#### 4.2.3. Opis programskih komponenti

Slika 5 prikazuje organizaciju programskih komponenti u sustavu PROZA R/F.

Za potrebe sekundarne regulacije razvijena je dodatna programska potpora koja osigurava **prijam podataka** iz PROZA 11D/R SCADA sustava preko konvertera izlaznih podataka (KIP). Od ulaznih podataka PROZA R/F koristi procesne podatke, odnosno mjerenja snage generatora i mjerenja snage na vodovima razmjene. Ta mjerenja služe za: prikaz na slikama, kao argumenti izračuna složenih mjerenja i/ili nadomjesna mjerenja za algoritam regulacije (umjesto onih dobivenih preko digitalnih regulatora).

**Vozni red** za regulaciju se kreira i modificira programom, izvan sustava PROZA R/F, koji se aktivira na PROZA 11D/R upravljačkom radnom mjestu u MS Windows okruženju. Vozni red predstavlja tablicu od 24 retka, svaki redak odgovara jednom satu u danu, a stupci sadrže sve potrebne podatke za planiranje rada



Slika 5. Organizacija programskih komponenti u sustavu sekundarne regulacije

regulacije. Nakon pokretanja omogućava se izbor datuma i dohvat i pregled datoteka za izabrani datum, ili se kreira nova datoteka ukoliko već ne postoji. Nakon dovršenih upisa/izmjena voznog reda datoteka se kopira na trenutno vodeće PROZA R/F računalo (ASR računalo). Satno planirane vrijednosti iz voznog reda se prosljeđuju u bazu podataka sustava i u digitalni regulator. Primjena voznog reda na regulaciju aktivira se na dva načina: automatski u svaki puni sat ili komandom dispečera za učitavanje voznog reda.

Digitalni regulator, u sklopu svojih funkcija, osim autonomnih mogućnosti za parametrisiranje i prikaz rezultata, komunicira s vodećim PROZA R/F (ASR1) računalom. S tom svrhom programski dio PROZA R/F za komunikaciju s digitalnim regulatorom, preko serijske veze, periodički razmjenjuje parametre i rezultate regulacije i povezuje regulator s ostalim dijelovima sustava (ekranskim prikazima na radnom mjestu dispečera, podsustavom za vozni red, podsustavom za izvještavanje).

Svi programi koji povezuju PROZA R/F sustav s ostalim podsustavima trebaju svoje primljene podatke pohraniti u bazu podataka ili dohvatiti iz nje vrijednosti. Programi pohranjuju podatke tako da ih prosljede programu "agentu" koji ih tada sprema u odgovarajuće elemente baze podataka.

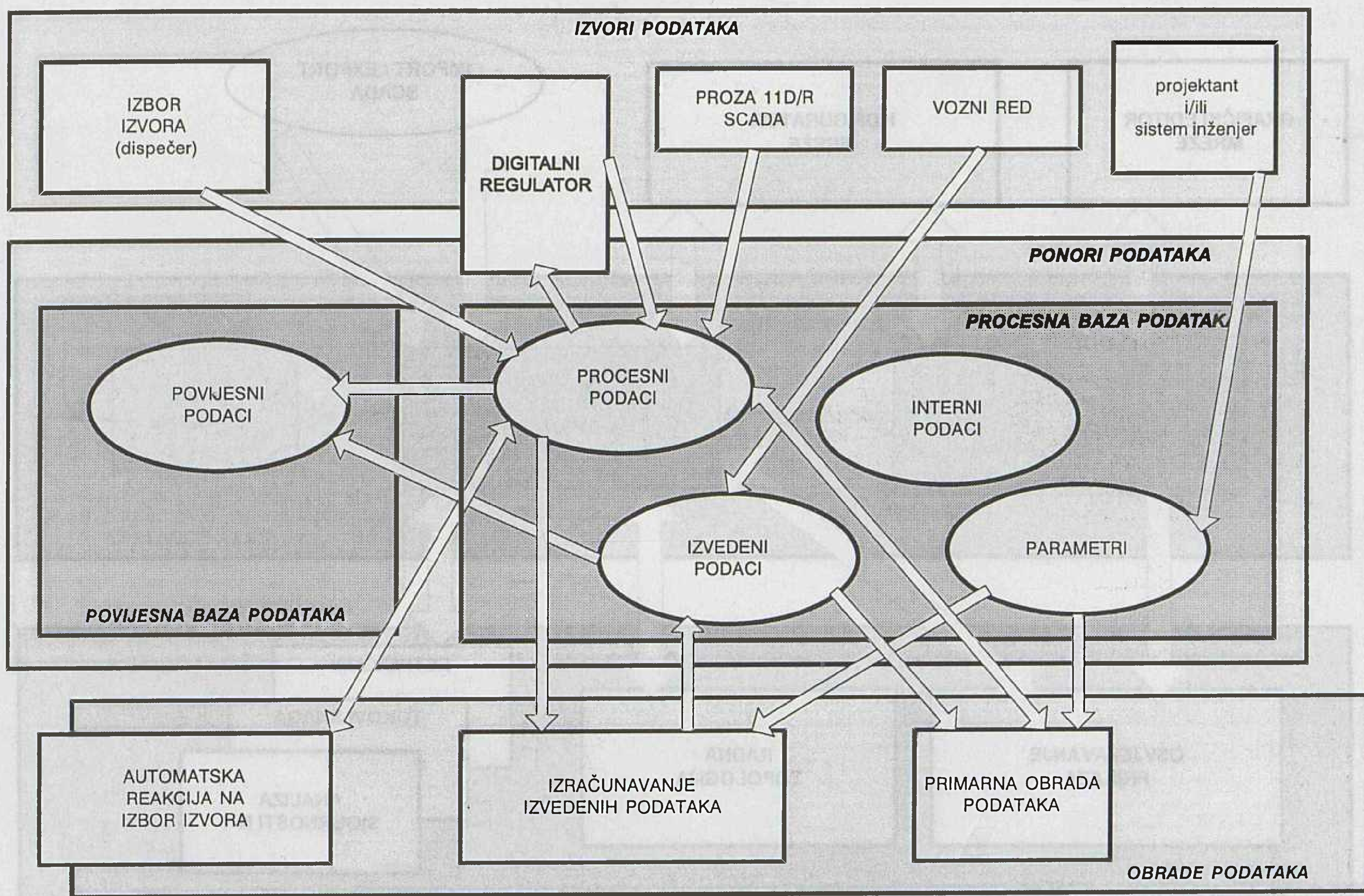
Postoje i programi za dodatne obrade podataka: izračunavanje ukupnih snaga elektrana, satni prikaz ukupno ostvarene razmjene HEP-a, odstupanja razmjene i računanje srednje snage razmjene i sl.

#### 4.2.4. Opis podataka

Podaci u sklopu PROZA R/F sustava mogu se podijeliti na sljedeće glavne tipove:

- **procesni** podaci (tj. podaci stvarnog vremena) - trenutne vrijednosti i stanja realnih procesnih elemenata koji se mijenjaju dinamički u skladu s promjenama u procesu. Izvor za procesne podatke može biti: "ASR" - digitalni regulator, "PDP" - PROZA 11 D/R SCADA sustav preko KIP-a te "SM" sustav mjerenja izvan SDV-a;
- **izvedeni** podaci (tj. složeni ili izračunati podaci) - trenutne vrijednosti rezultata analiza i izračuna izvedenih iz procesnih i ostalih izvedenih podataka koji se mijenjaju dinamički u skladu s rezultatom. Za izvedene podatke jedini izvor je vozni red;
- **povijesni** podaci (tj. podaci s vremenskom dimenzijom) - pohranjeni uzorci procesnih i izvedenih podataka u nekom trenutku ili vremenskom intervalu, jednom kad nastanu ne mijenjaju se;
- **parametri** - podaci koji definiraju način prijama, obrade i pohrane svih procesnih, izvedenih i povijesnih podataka u sustavu, nastaju i mijenjaju se isključivo za vrijeme projektiranja i razvoja sustava;
- **interni** podaci (tj. pomoćni i sistemski podaci) - trenutne vrijednosti elemenata koji služe za nadzor rada samog sustava i mijenjaju se u skladu s radom sustava.[4]

Slika 6 pokazuje tipove, izvore i ponore podataka vezanih uz sekundarnu regulaciju.



Slika 6. Tipovi i organizacija protoka podataka u sekundarnoj regulaciji

## 5. DISPEČERSKA ANALIZA MREŽE (DAM)

### 5.1. Uvod

Dispečerska analiza mreže (DAM) je složeni programski sustav koji služi za analizu elektroenergetskih mreža. Sastoji se od baze podataka i grafičkog korisničkog sučelja. Izvorni mjerni podaci i podaci uklopnog stanja iz EES-a prikupljaju se u procesnom računalu PDP-11/94 i prenose se putem serijske RS232 veze u računalo - konverter izlaznih podataka (KIP) i dalje u lokalnu mrežu. Taj prijenos omogućava novi komunikacijski modul program *KIP2PC*. Programski sustav DAM omogućava procjenu stanja mreže, računanje tokova snage i analizu sigurnosti N-1. Sva mjerenja, uklopna stanja, položaji regulacijskih preklopki na transformatoru i svi rezultati proračuna prikazuju se pomoću grafičkog modela mreže, a podaci o vodovima, transformatorima i ostalim objektima u stanici (rastavljači, prekidači, sabirnice) nalaze se u *Raima* bazi podataka.[5]

Strojnu opremu DAM sustava čine dva računala (vidi sliku 1.):

- mosno (bridge) računalo na kojem se prikupljaju podaci iz KIP-a, periodički računa estimacija i pohranjuju stanja mreže (arhiva) - sve to u realnom vremenu tzv. on-line računalo,
- radna stanica tj. off-line računalo na kojem se može izvoditi studijska analiza mreže (proračun tokova snaga, analiza sigurnosti N-1) na osnovi pohranjenih podataka.

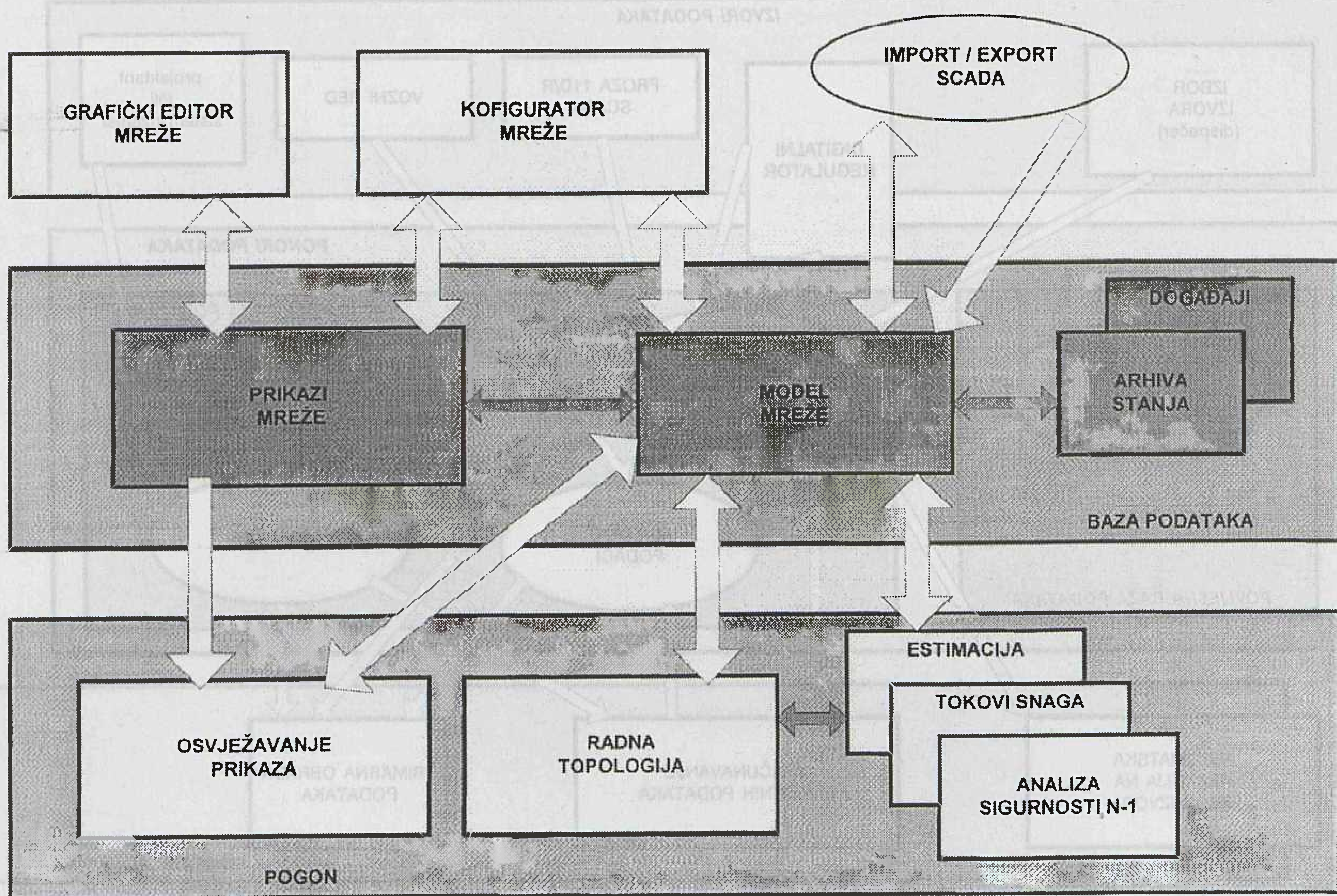
### 5.2. Programska struktura DAM sustava

DAM je programski sustav implementiran u MS Windows okruženju kao MDI aplikacija (*engl. Multiple Document Interface*) što znači da se komunikacija između korisnika i sustava DAM odvija preko većeg broja otvorenih dijalog prozora. Sastoji se iz više modula (programa) pisanih u objektno orijentiranom C++ programskom alatu. Topologiju i grafički prikaz rezultata izvodi program *NETSY*, dok procjenu stanja (*engl. estimation*) vrši program *ESTHER*. Rezultati *ESTHER*-a omogućavaju računanje tokova snaga uz eventualnu promjenu uklopnog ili pogonskog stanja mreže. Proračun tokova snaga i analiza sigurnosti N-1 izvodi se pomoću programa *SIDECA*. Prijenos podataka iz SCADA sustava preko KIP računala omogućava komunikacijski modul - program *KIP2PC*.

#### 5.2.1. Program NETSY

Slika 7 prikazuje strukturu *NETSY* programa.

*NETSY* koristi mrežnu bazu podataka s prikazima mreže i modelom mreže međusobno povezanim. Dinamički podaci o uklopnom stanju prekidača i rastavljača te mjerenja preuzimaju se iz *PROZA 11D/R SCADA* sustava. Program određuje topološku povezanost mreže, te stvara uvjete za proračun mreže. Prikaz mreže je organiziran u više slojeva (*engl. layers*) koji se međusobno preklapaju kao prozirne folije, a generira se crtanjem pomoću grafičkog editora mreže.



Slika 7. Programska struktura DAM paketa

Grafički editor posjeduje gotove simbole za pojedine objekte mreže (prekidač, rastavljač, vod i sl.). Crtanjem se automatski formira topološka povezanost objekata. Svakom objektu mreže može biti pridruženo više dinamičkih podataka koji mogu biti:

- prikazani i osvježavani na prikazu,
- modificirani/upisani od operatera,
- rezultati proračuna,
- primljeni iz SCADA sustava povezanog na NETSY.

Visokonaponska energetska mreža je prikazana u vektorskoj grafici u boji s podacima:

- jednopolna shema stanice
- mrežna shema koja sadrži više jednopolnih ili bloh shema stanica povezanih vodovima i transformatorima
- globalni prikaz mreže.

**Model mreže** je slika mreže u bazi podataka i sadrži:

- parametre objekata mreže
- strukturu mreže
- topološke odnose među objektima
- dinamičke podatke (ručno upisane, primljene iz SCADA sustava ili izračunate)
- uklopna stanja
- numeričke veličine
- promjena boje čvorova u ovisnosti o statusu čvora i topološkoj povezanosti.

Model mreže nastaje iz prikaza pomoću konfiguratora mreže koji se brine o konzistenciji podataka. Objekti u modelu mreže povezani su s prikazima mreže. Jedan te isti objekt u modelu mreže može biti prikazan na više prikaza. Do podataka o objektu mreže može se doći preko prikaza objekta ili direktno iz konfiguracije preko dijaloga. Na zahtjev operatera, mogu se generirati niz izvješća o strukturi mreže koji čine dokumentaciju mreže u obliku popisa objekata s podacima o topološkim vezama među njima.

Konfigurator mreže automatski iz crteža mreže formira **potencijalnu topologiju**. Ona definira kako su objekti mreže međusobno povezani. Kompletna povezanost mreže definirana je: potencijalnom topologijom stanica i potencijalnom topologijom mreže. Potencijalna topologija stanice nastaje iz crteža **jednopolne sheme stanice** i definira kako su međusobno povezani **čvorovi stanice** (vanjski priključci, sabirnice, uzemljenja) s **aparatom** u stanici. Potencijalna topologija mreže definira povezanost **polova** mrežnih objekata (vodova, transformatora i regulacijskih transformatora) s **vanjskim priključcima** stanica. Naprimjer, jedno postrojenje (220/110 kV) sadrži u NETSY-modelu mreže dvije VN stanice (220 kV i 110 kV) - jednopolne sheme - povezane transformatorom 220/110 kV.

Za razliku od potencijalne topologije koja je fiksna, **radna topologija** mreže ovisi o uklopnim stanjima apa-

rata u stanicama i mijenja se promjenom uklopnog stanja. Radna topologija definira kako su polovi vodova i transformatora međusobno povezani unutar stanice zbog uključenosti nekih aparata (prekidača, rastavljača). Grupa čvorova stanice međusobno električki povezanih zbog uključenosti aparata čini **mrežni čvor**. Ako takav čvor sadrži i vanjske priključke na koje su spojeni polovi vodova i transformatora (preko potencijalne topologije mreže), tada su i ti polovi spojeni na taj mrežni čvor. Kako se uklopna stanja preuzimaju u realnom vremenu iz SCADA sustava, tada NETSY paket radnu topologiju mreže izračunava također u realnom vremenu spontano kod promjene uklopa.[5]

### 5.2.2. Proračuni mreže ugrađeni u DAM paket

U programski paket DAM implementirana su tri osnovna proračuna nužna za kvalitetno vođenje pogona i analizu rada EES-a:

- procjena (estimacija) stanja mreže - program *ESTHER*
- proračun tokova snage - program *SIDECA*
- analiza sigurnosti N-1 - program *SIDECA*.

Program *ESTHER* za proračun koristi ulazne podatke: primljena uklopna stanja aparata, NETSY određenu radnu topologiju, primljena mjerenja djelatnih i jalovih snaga u granama i napone čvorišta. Na temelju tih podataka izračunava u realnom vremenu (on-line mod rada), najvjerojatnije tokove snaga, pronalazi eventualne greške u mjerenjima, odbacuje ih te metodom minimalnog kvadrata odstupanja od mjerenih veličina određuje naponske prilike u mreži. Iz naponskih prilika slijede tokovi snaga po granama i snage u čvorištima. Izlazni rezultati estimacije (snage opterećenja po čvorištima i naponi generatorskih čvorišta) osnova su za određivanje opterećenja u čvorištima. Program *ESTHER* se izvršava ciklički svake dvije minute i nakon svake promjene uklopnog stanja mreže. Period izvršenja se zadaje parametarski i može se po potrebi mijenjati. Rezultati programa za estimaciju stanja prikazuju se na grafičkom prikazu mreže, a pogrešna mjerenja označena su crvenom bojom. Rezultati estimacije se, zajedno s uklopnim stanjem mreže, pohranjuju na on-line računalu i mogu se koristiti u daljnjim analizama mreže u off-line modu rada.

Na temelju rezultata estimacije moguće je izvesti proračun tokova snaga i analizu sigurnosti N-1. Ti proračuni izvode se na off-line računalu. Ulazni podaci za proračun tokova snaga su podaci spremljeni na on-line DAM računalu kao arhivni file-ovi i mogu se dohvatiti putem lokalne mreže. *SIDECA* je program za proračun tokova snaga. Rezultati proračuna tokova snaga daju se u dijalog prozoru, prikazuju se na grafičkom prikazu mreže i mogu se po potrebi arhivirati i koristiti za neke druge analize.

Analiza sigurnosti N-1 određuje stupanj sigurnosti EES-a na temelju stanja nastalog ispadom jednog ele-

menta EES-a (vod, transformator ili agregat). Izbor elemenata pripremljenih za isključenje zadaju se prema pragu opterećenja ili prema unaprijed zadanoj listi isključenih vodova, transformatora ili generatora. U slučaju preopterećenja u mreži (snage grana veće od graničnih ili naponi čvorišta izvan propisanih granica) za pretpostavljene ispade formira se lista preopterećenih elemenata i dodatno se ti elementi na grafičkom prikazu mreže označavaju drugom (ljubičastom) bojom. Takvom analizom dispečer je u mogućnosti predvidjeti neka karakteristična stanja u mreži, isplanirati akcije koje će poduzeti u takvim prilikama i u stvarnoj situaciji brzo donijeti kvalitetnu odluku.

### 5.2.3. Komunikacija KIP - DAM

Komunikacija je razvijena kao zasebni programski modul *KIP2PC* napisan u MS Visual C ++ programskom alatu.[6]. Za komunikaciju između KIP-a i DAM-a koristi se "master-slave" protokol IEC 60870. On-line DAM računalo je "master" strana, a KIP je "slave" strana protokola te komunikacija započinje provjerom da li se KIP odaziva. Zbog konzistentnosti podataka u KIP-u i DAM-u potrebno je provjeriti veziju baze u KIP-u. Ako je verzija baze na KIP-u promijenjena, u DAM se prenosi baza podataka s ključevima mjerenja, signalizacije i regulatora. Time je osigurana sinkronizacija s bazom u KIP-u. Zbog optimizacije opterećenja komunikacije u svakom ciklusu se prenose samo **promjene** mjerenja, signala i regulatora.

## 6. PROGRAMSKI SUSTAV PROZA OPEN

Programski paket PROZA OPEN povezuje SCADA sustav (PROZA 11D/R) implementiran na PDP računalima, s mrežom osobnih računala (PC računala) i prezentira podatke potrebne za analize i izvještavanje izvan stvarnog vremena. Na ovaj način SCADA sustav je otvoren prema mreži osobnih računala i omogućena je izvedba različitih korisničkih aplikacija i naknadnih obrada arhivskih podataka iz stvarnog vremena. Sustav PROZA OPEN se koristi u Prijenosima HEP-a, a za potrebe NDC-a razvijene su dodatne aplikacije.

Sustav sklopovski sadrži komunikacijski server (KOM), mrežni poslužitelj (Novell NetWare ver. 5.0) i radnu stanicu. Komunikacijski server komunicira serijskom linijom s računalom za konverziju podataka (KIP) i dobiva od njega podatke stvarnog vremena iz SCADA sustava PROZA 11D/R. Podaci se s KIP-a šalju na komunikacijski server, koji uz obrade mjerenja, pohranjuje podatke u bazu podataka na mrežnom poslužitelju. Na radnoj stanici su instalirani programi za obradu podataka i kreiranje izvještaja. Platforma na kojoj je razvijen PROZA OPEN sustav čine Novell Netware 5.0 mrežni operacijski sustav i Borland PARADOX v.4.5 relacijska baza.

PARADOX je relacijska baza podataka. Podaci su pohranjeni u tablice koje sadrže retke i stupce. Pri tom

redak označava jedan zapis (jedno mjerenje, jedan element KRD liste i sl.), a stupac je polje u tom zapisu. PARADOX je baziran na MS Windows okruženju pa čini vrlo ugodnu grafičku radnu okolinu.

Funkcije programskog paketa PROZA OPEN mogu se podijeliti na: osnovne funkcije, aplikacije, funkcije održavanja sustava.[7] Osnovne funkcije i funkcije održavanja sustava su nezavisne od korisnika. U okviru osnovnih funkcija moguće je dohvaćati, prikazivati i pretraživati liste događaja i mjerenja, pojedinim zapisima dodavati komentare, kreirati izvješća i ispisivati ih na pisaču, zapisivati komentare globalnog značenja, modificirati tekstove ključeva signala, mjerenja, brojeva i SDV elemenata i pregledavati parametre sustava. Moguće je podatke, osim putem izvješća prezentirati i grafički - raznim dijagramima.

Podaci koji se prenose i pohranjuju na file serveru, nalaze se u PARADOX tablicama i logički su podijeljeni u cjeline: procesni ključevi i tekstovi, trenutne vrijednosti, arhivske vrijednosti i obrađene vrijednosti. U okviru funkcija za održavanje sustava moguće je arhivirati podatke (komprimirati ih), spremati na drugi medij (tj. raditi "backup" podataka) i pregledavati parametre sustava.

## 7. ZAKLJUČAK

Procesni sustav u Nacionalnom dispečerskom centru je vrlo složen i opsežan. Sastoji se od programskih modula razvijenih pomoću različitih programskih alata i implementiranim na različitim platformama (operacijskim sustavima). Sklopovska oprema je također raznolika. To zahtijeva razvoj dodatnih rutina za povezivanje komponenti procesnog sustava: prilagodbu formata podataka, komunikacijskih protokola te stručnu obuku korisnika sustava (operatera, administratora, sistem-inženjera).

Podaci koji pristižu u NDC (mjerenja, signalizacije i dr.) trebaju biti stalno dostupni i sa što manje odstupanja u mjerenju. Točnosti ulaznih podataka u procesni sustav NDC-a trebalo bi posvetiti više pažnje u budućnosti (ulaganje u kvalitetniju mjernu opremu, poboljšanje kvalitete prijenosnih veza) jer se samo na osnovi točnih i konzistentnih podataka može sigurno upravljati EES-om.

Raznolikost programskih alata (sistemskih i korisničkih) i novi zahtjevi svih korisnika procesnog sustava (u NDC-u i izvan njega) traže kontinuirano osuvremenjivanje postojećeg i izgradnju novog sustava procesne informatike, kao dijela informacijske tehnologije HEP-a, sukladno programu restrukturiranja poslovnog sustava HEP-a.

### Popis kratica korištenih u tekstu:

- NDC nacionalni dispečerski centar
- EES elektroprivredni sustav
- SDV sustav daljinskog vođenja
- CDU centar daljinskog upravljanja

- DAS daljinska stanica
- FEP *Front End Processor*, komunikacijsko računalo u CDU-ovima
- SCADA *Supervisory Control And Data Acquisition*; sustav za prikupljanje podataka, nadzor i upravljanje EES-om u realnom vremenu
- KIP konverter izlaznih podataka
- DAM dispečerska analiza mreže
- ASR računalo za sekundarnu regulaciju snage i frekvencije
- NCM *Network Communication Module*, računalo za vezu QNX - MS Windows platforma
- KOM komunikacijski server za Prozu Open

## LITERATURA

- [1] "SCADA sustav PROZA 11D/R", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0001, Končar KET, Zagreb 2000.
- [2] "Konverter izlaznih podataka", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0002, Končar KET, Zagreb 2000.
- [3] V. ZADRAVEC: "Tehnički opis digitalnih regulatora za sekundarnu regulaciju frekvencije i snaga razmjene u EES HEP", Eurus, Zagreb 1993.
- [4] "Sekundarna regulacija snage i frekvencije", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0003, Končar KET, Zagreb 2000.
- [5] "Programski paket NETSY V 2.0", upute za rukovanje, Iskra SYSEN d.o.o., Zagreb 1996.
- [6] B. KAJGANIĆ, A. BARTA: "Opis komunikacije KIP - DAM", Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Zavod za visoki napon, Zagreb 2000.
- [7] "Programski sustav PROZA OPEN", tehnička dokumentacija br. 8340-56-00-0004, Končar KET, Zagreb 2000.

## NDC PROCESS SYSTEM

The paper describes the organisation of programme components together with data flows that make a platform for electric power system control. An overview of the basic system for control and management in a real time is given, as well as a subsystem of secondary power and frequency regulation and a subsystem for the dispatchers' network analysis.

## VERFAHRENSGEFÜGE IM HAUPTLASTVERTEILER

Im Artikel werden die Steuerungsplattform des Stromversorgungssystems darstellende Gestaltung von Programmbestandteilen und der Datenfluß beschrieben. Gegeben ist die Übersicht des Grundgefüges der Überwachungs- und Steuerungsanlage in der Echtzeit, des Teilsystems der sekundären Leistung/Frequenz - Regelung und des Teilsystems für die Untersuchung der Lastverteilung.

Naslov pisca:

**Gordana Donković, dipl. ing.**  
**Hrvatska elektroprivreda d.d.**  
**Sektor za vođenje**  
**i gospodarenje EES-om**  
**Ulica grada Vukovara 37**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2000-01-17.