Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko

TOMAŽ KOLARIČ

SISTEM NEO 3000, NAPRAVA FPC 620 IN PILOTSKI PROJEKT RP BALOS

DIPLOMSKO DELO UNIVERZITETNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc. dr. Boštjan Murovec, univ. dipl. inž. el.

Ljubljana, 2011

Zahvala

Zahvalil bi se doc. dr. Boštjanu Murovcu za mentorstvo, strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi podjetju Iskra Sistemi, d. d. in vsem sodelavcem ki so mi na kakršen koli način pomagali ter omogočili izvedbo projekta.

Zahvala gre še moji družini, dekletu in prijateljem za vso njihovo spodbudo ter podporo v času študija.

Povzetek

V distribucijskih in industrijskih elektroenergetskih omrežjih je v zadnjem času čutiti velik napredek pri razvoju sistemov za zaščito in vodenje. Enega izmed novih sistemov na tem področju, z delovnim imenom NEO 3000, so razvili v podjetju Iskra Sistemi. Ta je rezultat prizadevanj za doseganje večje funkcionalnosti predvsem na nivoju postaje, enostavnejšega razvoja aplikacij, izboljšanja fleksibilnosti sistemov in manjše odvisnosti od posameznih komponent. Sistem NEO 3000 se ponaša z uvedbo trinivojske arhitekture, ki uvaja mrežne tehnologije svetovnega spleta in tako povezuje sisteme vseh postaj v enoten sistem. Arhitekturo prilagaja novim standardom, predvsem pa pripravi na podporo standarda IEC 61850.

Sestavni del sistema NEO 3000 je naprava za zaščito in vodenje FPC 620. Osnova vsake naprave FPC 620 so zaščitne funkcije, ki so jim dodane funkcije lokalne avtomatike in vodenja. Ker se na različnih tipih elektroenergetskih omrežij uporabljajo različne vrste zaščitnih funkcij, je naprava FPC 620 zasnovana tako, da pokrije večino teh primerov in povsem konkurira novim napravam drugih proizvajalcev.

Podjetje za distribucijo električne energije Elektro Gorenjska, d. d. in podjetje za avtomatizacijo procesov Iskra Sistemi, d. d. sta leta 2005 podpisali dogovor o izvedbi pilotskega projekta Instalacija sistema zaščite in vodenja NEO 3000 v RP Balos. S tem dogovorom je bila po zgledu drugih razvitih držav vpeljana praksa tesnejšega sodelovanja med domačimi elektrodistribucijskimi podjetji in dobavitelji opreme za elektroenergetske sisteme, kar omogoča uvedbo novih in boljših tehnoloških rešitev.

Ključne besede:

NEO 3000, FPC 620, elektroenergetska omrežja, zaščitne funkcije, vodenje, pilotski projekt

Abstract

The distributional and industrial power networks have recently been exposed to a great progress in the development of systems for protection and management. One of the new systems in this area was developed by Iskra Sistemi and carries a draft title NEO 3000. The system is the result of efforts to achieve greater functionality, in particularl on the level of station, a more simple development of applications, enhanced flexibility of the systems and less dependence on individual components. NEO 3000 boasts with three tier architecture, which introduces the network technology from the world wide web and connects systems of all stations within a single system. It also adjusts the architecture to new standards, especially preparing it for the support of the IEC 61850 standard.

The FPC 620 device is a component of the NEO 3000 intended to protect and manage distributional and industrial power networks. The key features of each FPC 620 device are the protection functions with guiding functions and local automation added. Since the various types of power networks use different types of protection functions, the device FPC 620 is designed to cover the majority of these functions and effectively compete with new devices of other manufacturers.

In the year 2005, company for distribution of electrical energy Elektro Gorenjska and company for automatization processes Iskra Sistemi signed an agreement to develop a pilot project: Installation of system for protection and management, NEO 3000 in RP Balos. The realization of the agreement followed the practice of other developed countries. Its main goal was to achieve new and better technological solutions by closer cooperation between domestic power-distributional companies and power system equipment suppliers.

Key words:

NEO 3000, FPC 620, power networks, protection functions, management, pilot project

Kazalo vsebine

KAZALO SLIK ..... **IIX**

KAZALO TABEL ..... **X**

SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV ..... **XI**

1 UVOD **1**

2 SISTEM NEO 3000 ..... **3**

2.1 RAZVOJNI NAČRTI ISKRA SISTEMI, D. D. 3
2.2 PREDHODNIKI SISTEMA NEO 3000 4
2.2.1 NEO 1000 4
2.2.2 NEO 2000 4
2.2.3 NEO 3000 4
2.2.4 Arhitektura sistema NEO 3000 5
2.2.5 Komponente sistema NEO 3000 7
2.2.5.1 Periferna HAND enota 11
2.2.5.2 MIND enota 13
2.2.5.3 LDU enota 14
2.2.5.4 SOUL komunikacijske enote 15
2.2.6 Skalabilnost sistema NEO 3000 17
2.2.6.1 Skalabilnost strojne opreme 17
2.2.6.2 Skalabilnost programske opreme 17

3 NAPRAVA FPC 620 ..... **19**

3.1 ZGRADBA NAPRAVE FPC 620 20
3.1.1 Strojna oprema 20
3.1.1.1 Mehanski sistem 20
3.1.1.2 Moduli strojne opreme 20
3.1.2 Programska oprema 25
3.2 FUNKCIJE 25
3.2.1 Zaščita 26
3.2.2 Nadtokovna zaščita 26
3.2.3 Kratkostična zaščita 27
3.2.4 Zemeljskostična nadtokovna zaščita 27
3.2.4.1 Tretja stopnja zemeljskostične zaščite z DVN fukcionalnostjo 27
3.2.5 Zunanja zaščita 28
3.2.6 Podnapetostna zaščita U< 28
3.2.7 Prenapetostna zaščita U > 28
3.2.8 Zemeljskostična prenapetostna zaščita UE> 29
3.2.9 Frekvenčna zaščita f< / f> 29
3.2.10 Zaščita z negativnim zaporedjem (I2) 29
3.2.11 Termična zaščita (TOP) 29
3.2.12 Relejska in optična signalizacija 29
3.2.13 Kontrola izklopnih tokokrogov KIT (ang.: Trip Circuit Supervision) 30
3.2.14 Avtomatski ponovni vklop APV 30
3.2.15 Komanda za izklop po zaščiti ter izvajanje vklopno izklopnih komand 31
3.2.16 Vodenje, zajem in izračun 32

3.2.17 Podatkovna baza RT ... 35
3.3 DELO Z NAPRAVO ... 36
3.3.1 Povezava z napravo ... 37
3.3.2 Uporabniški vmesnik iClient ... 37
3.3.2.1 Delovno okno ... 38
3.3.3 Lokalni upravljalni panel LDU ... 39
3.3.3.1 Opis strojnih elementov ... 39
3.3.3.2 Osnovna stran ... 41
3.3.3.3 Komande ... 42
3.3.3.4 Alarmi in dogodki ... 42
3.3.3.5 Analogne meritve ... 43
3.3.3.6 Digitalni vhodi ... 43
3.4 KOMUNIKACIJE ... 43
3.4.1 Komunikacijski vmesniki s konektorji HW ... 43
3.4.2 SCU820 Komunikacijski sistem ... 45
3.4.2.1 Nastavitve in sodelujoči moduli ... 45
3.4.2.2 Atomična baza ... 47
3.4.2.3 RTDB gonilnik ... 47
3.4.2.4 Standardni gonilniki komunikacije ... 47
3.4.2.5 Fizični vmesniki (Adapters) ... 48
3.4.2.6 Modul Event ... 48
3.5 PRIKLJUČITEV ... 50

4 IZVEDBA PILOTSKEGA PROJEKTA INSTALACIJA SISTEMA ZAŠČITE IN VODENJA NEO 3000 V RP BALOS ... 51

4.1 KRONOLOGIJA ... 51
4.2 REALIZACIJA PROJEKTA ... 52
4.2.1 Izdelava projektne dokumentacije in spiskov signalov za sekundarno opremo ... 52
4.2.2 Parametriranje in testiranje opreme v tovarni ... 53
4.2.3 Izdelava sistema za lokalno daljinsko vodenje (lokalna SCADA) ... 54
4.2.3.1 Programska oprema ... 54
4.2.3.2 Opis delovanja ... 57
4.2.3.3 Splošni opis delovanja aplikacije SCADA ... 59
4.2.4 Testiranje sistema SCADA in opreme v tovarni ... 72
4.2.5 Montaža in povezava opreme ter testiranje sistema na objektu ... 72
4.2.6 Usposabljanje kadra ... 74

5 ZAKLJUČEK ... 75

6 LITERATURA ... 77

IZJAVA ... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

Kazalo slik

Slika 1 – Prikaz arhitekture sistema NEO 3000 ... 6
Slika 2 – Komponente sistema NEO 3000 ... 8
Slika 3 – Komunikacija med glavnimi enotami sistema NEO 3000 ... 10
Slika 4 – Primer HAND periferne enote ... 12
Slika 5 – Blok shema povezave med MIND in HAND enoto ... 14
Slika 6 – Primer MIND enote ... 14
Slika 7 – LDU enota ... 15
Slika 8 – Primer uporabe programa SCADA ... 16
Slika 9 – GPS sprejemnik ure realnega časa ... 16
Slika 10 – Koncept delovanja NEO 3000 ... 18
Slika 11 – Okvirna struktura realizacije strojne opreme ... 21
Slika 12 – Blok shema povezav modulov FPC 620 ... 25
Slika 13 – Diagram modulov vodenja ... 35
Slika 14 – Glavno okno iClienta ... 38
Slika 15 – Videz LDU 900 na napravi FPC 620 ... 40
Slika 16 – Prikaz ob zagonu panela in uspešni vzpostavitvi komunikacije ... 41
Slika 17 – Primer osnovne slike ... 42
Slika 18 – Prikaz stanj digitalnih vhodov ... 43
Slika 19 – Videz konektorjev na modulu UART+ETH ... 44
Slika 20 – Videz konektorjev na modulu RS 485+FO ... 45
Slika 21 – Medsebojno povezovanje objektov ... 46
Slika 22 – Tipična priključitev naprave ... 50
Slika 23 – Spiski podatkov ... 53
Slika 24 – Gonilnik IE4 ... 55
Slika 25 – EVENT2-SQD ... 56
Slika 26 – Program Liste ... 57
Slika 27 – Program Database Manager ... 58
Slika 28 – Program Workspace ... 58
Slika 29 – Zaslon 20 kV stikališča ... 60
Slika 30 – Zaslon 20 kV stikališča z alarmnimi okni ... 61
Slika 31 – Zaslon pomožnih naprav ... 62
Slika 32 – Slika sistema NEO 3000 ... 63
Slika 33 – Glava slike ... 63
Slika 34 – Okno za Preklop vodenja 1 ... 64
Slika 35 – Okno za Preklop vodenja 2 ... 64
Slika 36 – Okno za Preklop vodenja 3 ... 64

Slika 37 – Tipke za preklop med zasloni 64
Slika 38 – Zbirno okno alarmov 65
Slika 39 – Grafi meritev za celico 66
Slika 40 – Meni števcev 67
Slika 41 – Števci Zaščit za celico 68
Slika 42 – PQM za celico 68
Slika 43 – Podrobnejši PQM za celico 69
Slika 44 – Komandno okno odklopnika 70
Slika 45 – Poročila - izbira 71
Slika 46 – Funkcionalni preizkusi 73

Kazalo tabel

Tabela 1: Gradniki 22
Tabela 2: Seznam in pomen tipk 40

Seznam uporabljenih simbolov

A/D	analogno/digitalni
ADSL	asimetrična digitalna naročniška linija (Asymmetric Digital Subscriber Line)
AI	analogni vhod (Analog Input)
AM	analogna meritev (Analog Measurement)
APV	avtomatski ponovni vklop (ARC Automatic ReCloser)
BS	informacija o poziciji (Bit Status)
BUS	vodilo
CAU	računalnik polja (Control and Acquisition Unit)
CB	odklopnik (Circuit Breaker)
CEP	prilagojena vgrajena platforma (Customized Embedded Platform)
CPU	centralna procesna enota (Central Proces Unit)
DBC	dvobitna komanda (Double Bit Command)
DBI	dvobitni vhod (Double Bit Input)
DCF	distribuirana koordinacijska funkcija (Distributed Coordination Function)
DCV	daljinski center vodenja
DI	digitalni vhod (Digital Input)
DM	meritve in normalizirane vrednosti
DNP	distribuiran omrežni protokol (Distributed Network Protocol)
DO	digitalni izhod (Digital Output)
DSP	procesor za digitalno obdelavo signalov (Digital Signal Procesor)
DVN	detekcija visokoohmske napake
EES	elektroenergetski sistem
FPC	naprava za zaščito in vodenje vodov (Feeder Protection Control)
FPGA	programirljiva matrika logičnih vrat (Field Programmable Gate Array)

GPRS	splošna paketna radijska storitev (General Packet Radio Service)
GPS	sistem globalnega določanja položaja (Global Positioning System)
GSM	globalni sistem za mobilne komunikacije (Global System for Mobile Communications)
HAND	enota na nivoju polja (Highpower Acquisition Node Device)
HMI	vmesnik človek-stroj (Human Machine Interface)
HRE	dogodki visoke resolucije (High Resolution Events)
HTTP	protokol za prenos podatkov po spletu (HyperText Transfer Protocol)
I/O	vhod/izhod (input/output)
IEC	mednarodne elektrotehniške komisije (International Electrotechnical Commission)
IED	inteligentna elektronska naprava (Inteligent Electronic Device)
IP	omrežni protokol (Internet Protocol)
ISDN	integrirane storitve preko digitalnega omrežja (Integrated Services Digital Network)
IT	integrirane vsote
KIT	kontrola izklopnih tokokrogov
LAN	lokalno omrežje (Local Area Network)
LDU	lokalna prikazovalna enota (Local Display Unit)
LED	svetleča dioda (Light-Emitting Diode)
L/R	lokalno/daljinsko (Local/Remote)
MCE	programski paket proizvajalca Iskra Sistemi
MIND	glavna inteligentna naprava (Main Intelligent Node Device)
MIPS	milijon navodil na sekundo (Million Instructions Per Second)
NEO	nadzor energetskih omrežij
NTP	omrežni časovni protokol (Network Time Protocol)
OSI	odprt sistem za medomrežno povezovanje (Open System Interconnection)

PDB	procesna baza (Process Database)
PCI	periferna enota medomrežne povezave (Peripheral Component Interconnect)
PQM	meritve kvalitete energije (Power Quality Measurment)
PZI	projekt za izvedbo del
RISC	mikrokrmilnik z manjšim naborom ukazov (Reduced Instruction Set Computer)
RS	priporočeni standard (Recommended Standard)
RP	razdelilna postaja
RTDB	podatkovna baza realnega časa (Real Time Database)
RTP	razdelilna transformatorska postaja
SAC	obdelava podatkov (Scan Alarm and Control)
SAS	avtomatiziran sistem za transformatorsko postajo (Substation Automation Systems)
SBC	enobiten ukaz (Single Bit Command)
SBI	enobitni vhod (Single Bit Input)
SCADA	programska oprema za vodenje in nadzor (Supervisory Control and Data Aquisition)
SCU	sistemsko komunikacijsko vozlišče (System Communication Unit)
SIB	procesorski vmesnik za povezavo procesov
SN	srednja napetost
SOE	dogodek visoke resolucije (Sequence of Event)
SOUL	enota na postajnem nivoju (Station Operation Unit Layer)
TCP	protokol za nadzor prenosa (Transmission Control Protocol)
THD	meritev harmonične distorzije (Total Harmonik Distorsion)
TMV	temeljni modul vodenja
TRMS	prava vrednost meritve (True Root Mean Square)

UART	univerzalni asinhroni sprejemnik/oddajnik (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
UMTS	univerzalni sistem za mobilne telekomunikacije (Universal Mobile Telecommunications System)
USB	univerzalno serijsko vodilo (Universal Serial Bus)
UTP	prenosni protokol (Micro Transport Protocol)
WAN	širokopasovno omrežje (Wide Area Network)
WD	zaščitni modul (Watch Dog)

1 Uvod

Podjetje Iskra Sistemi (prej Iskra Sysen) deluje na področju zaščite, vodenja in komunikacij v elektroenergetiki [1]. Na tem področju ima že 50-letno tradicijo in se uspešno kosa z mednarodno konkurenco na svetovnih trgih. Podjetje trži specializirane mikroprocesorske sisteme za zaščito in vodenje elektroenergetskih sistemov, katerih strojna ter programska oprema sta v celoti plod domačega znanja, naprave pa so večinoma v celoti izdelane v samem podjetju ali pri domačih kooperantih.

V zadnjih letih se je na področju mikroprocesorjev zgodil ogromen tehnološki napredek. Iz 8-bitnih procesorjev so se razvile 16-, potem 32- in nato še 64-bitne arhitekture. V procesorskih integriranih vezjih se združuje vse več procesorjev, zato vezja postajajo zelo kompleksne komponente. Tako so se procesorske moči na tem področju dvignile z reda 1 MIPS (Million Instructions Per Second) do 10 MIPS pred desetimi leti na današnjih 100 MIPS do 1000 MIPS. Frekvence urinega takta procesorjev so se dvignile za 10- do 1000-krat, kar zahteva drugačno arhitekturo vezij, drugačna orodja za njihovo oblikovanje in popolnoma nove metode ter orodja za preizkušanje.

S podrobno analizo dogajanja na področju informacijskih tehnologij, strojne opreme, opreme zaščite in vodenja elektroenergetskega sistema ter pomanjkljivosti obstoječih sistemov so tudi v podjetju Iskra Sistemi predstavili pomembno novost. Zasnovali so novo arhitekturo sistema za zaščito in vodenje elektroenergetskih objektov, NEO 3000. Sistem so zasnovali na treh ravneh, kar se trenutno ocenjuje kot najsodobnejša arhitektura na svetu.

V diplomski nalogi je predstavljen omenjeni sistem za vodenje in nadzor NEO 3000. Posebna pozornost je posvečena napravi za zaščito in vodenje FPC 620, ki izhaja iz družine naprav tega sistema. Praktični del naloge pa zajema opis postopka realizacije pilotskega projekta z uvedbo novega sistema NEO 3000 in uporabe FPC 620 na objektu RP Balos za potrebe podjetja Elektro Gorenjska, d. d.

2 Sistem NEO 3000

2.1 Razvojni načrti Iskra Sistemi, d. d.

Pri odločitvah o naslednikih produktov uspešne vendar počasi zastarele starejše platforme je imelo podjetje v mislih predvsem zamenjavo obstoječih tehnologij z novejšimi in bolj naprednimi, modularno zgradbo programske opreme in večjo fleksibilnost do končnih partnerjev [1]. Tako so že pred leti zasnovali novo produktno platformo z imenom NEO 3000.

Z leti razvoja povsem novih modularnih gradnikov (zaščitni algoritmi, komunikacijski protokoli, ostali gradniki programske opreme) nove platforme NEO 3000 so v letu 2009 na podlagi razvitih gradnikov dopolnili in dokončali razvoj produkta zaščitnega releja FPC 620. Ta poleg novo razvitih zaščitnih funkcij vsebuje tudi povsem nove funkcije vodenja in lokalne avtomatike.

Sredi leta 2008 so vzporedno z razvojem modula vodenja in zaščite FPC 620 nadaljevali z razvojem ostalih produktov sistema NEO 3000. Tako so v letu 2009 na osnovi razvitih gradnikov dokončali razvoj še dveh produktov iz družine NEO 3000. Prvi je modul vodenja in nadzora distribucijskega omrežja CAU 360, ki bo v bližnji prihodnosti modificiran tudi za uporabo kot računalnik polja. Produkt je bil dopolnjen s funkcijami na zahtevo tajskega kupca in ga v večji količini kosov tudi dobavljajo. Drugi produkt iz te družine pa je protokol konverter SCU 820, ki je nameščen v RP Balos in deluje kot nekakšen komunikator med napravami, nameščenimi na tem objektu in daljinskim centrom vodenja.

Zavedajo se, da brez dobrega sodelovanja in upoštevanja zahtev domačih kupcev ne morejo ohranjati prepoznavnosti med proizvajalci sistemov vodenja in zaščite. Prav sodelovanje strokovnjakov Elektro Gorenjske pri pilotskem projektu RP Balos jim je omogočilo, da so opremo, ki je bila razvita in testirana v laboratorijskih pogojih, preizkusili in prilagodili okoliščinam v realnem okolju. V RP Balos so poleg ostale opreme vgrajeni moduli vodenja in zaščite FPC 620, moduli vodenja in nadzora CAU 360 in komunikacijsko vozlišče SCU 820, ki so osnovni elementi sistema NEO 3000.

2.2 Predhodniki sistema NEO 3000

2.2.1 NEO 1000

V zgodnjih 90-ih je na trg prišel sistem NEO 1000, ki je predstavljal enega prvih distribuiranih sistemov vodenja razdelilnih in transformatorskih postaj na svetu [1]. Omogočal je funkcije vodenja na osnovi numerične tehnologije in je s tem pripomogel k intenzivnejši uvedbi numerične tehnologije v slovensko distribucijo in korak naprej v tehnološkem razvoju. Serijo NEO 1000 so predstavljale naprave z imenom TMV serije 1000 in so vsebovale samo funkcije zajema ter vodenja.

2.2.2 NEO 2000

Po nekaj letih je sledil sistem NEO 2000. V ta sistem je bila poleg vodenja integrirana tudi zaščita [1]. Kasneje so uvedli tudi PQM funkcije. Sistem je v primerjavi s predhodnikom podpiral več komunikacijskih protokolov in bil na sploh močneje komunikacijsko podprt. Ni več potreboval merilnih pretvornikov in ločilnih relejev,omogočal pa je vključevanje komponent tretjih proizvajalcev, daljinski nadzor in parametriranje vseh v sistem vključenih komponent. Do danes je doživel mnogo funkcionalnih izboljšav in pokriva vso potrebno funkcionalnost za zaščito in vodenje sodobnih RTP. Predstavniki te serije so bile naprave FPC5xx in CAU3xx.

2.2.3 NEO 3000

Sistem NEO 3000 predstavlja nov mejnik v razvoju sekundarne opreme [2]. Postavlja višje standarde prilagodljivosti sistema za zaščito in vodenje postaj, uporablja sodobna orodja, ki prispevajo k odprtosti sistema, funkcionalnosti, boljšemu vzdrževanju in manjšim vzdrževalnim stroškom.

Poglavitna konceptualna vodila pri načrtovanju sistema so bila:

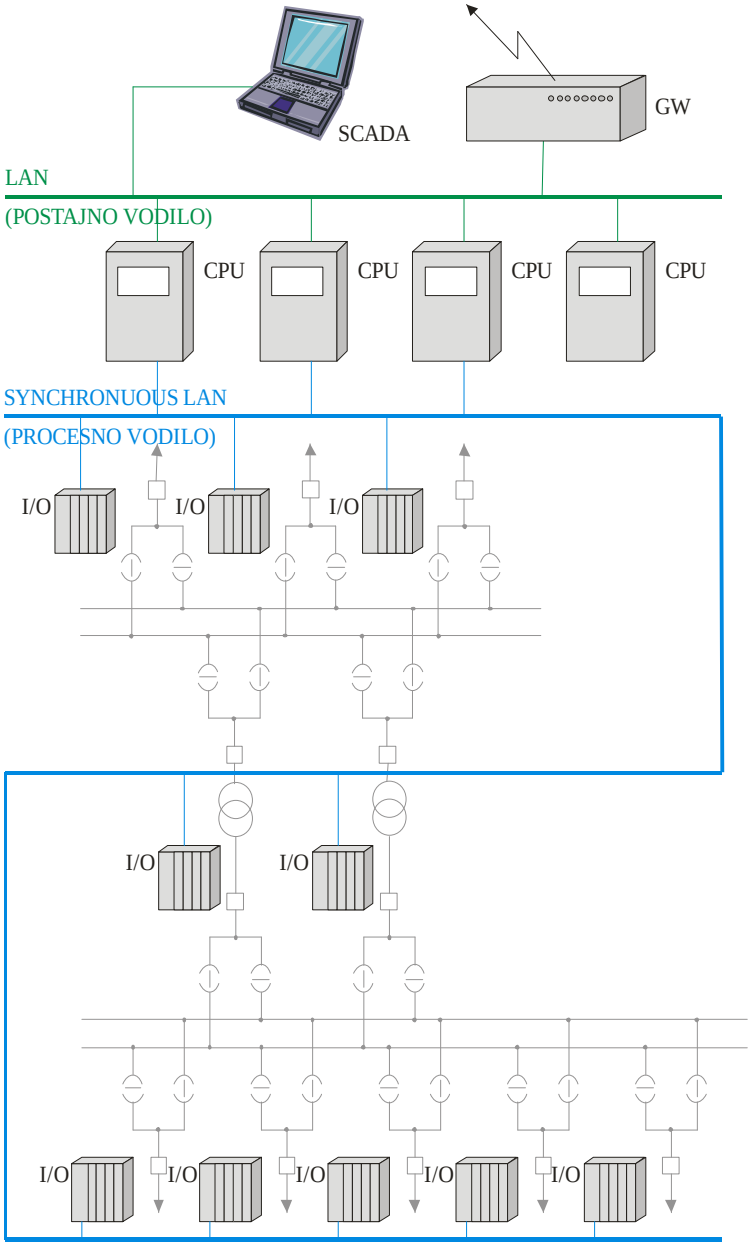
- povečanje procesne moči,
- izboljšanje fleksibilnosti in skalabilnosti,
- zmanjšanje števila procesnih enot v celotnem sistemu in fizična ločitev perifernih ter procesnih enot,
- izboljšana diagnostika,
- zmogljiva nadzorna orodja,
- uporaba ethernet omrežja za komunikacijo in upravljanje s sistemom,

- izdelava zmogljivih orodij za upravljanje sistema ob uporabi sodobnih spletnih tehnologij,
- nadaljnje povečanje redundance in posledično razpoložljivosti sistema,
- zmanjšanje ožičenja,
- doseganje večje funkcionalnosti predvsem na nivoju postaje,
- uvedba trinivojske arhitekture v komunikaciji,
- prilagajanje arhitekture na prihajajoče standarde, predvsem na standard IEC 61850 in
- znižanje investicijskih in vzdrževalnih stroškov.

2.2.4 **Arhitektura sistema NEO 3000**

Razvoj sistema je narekoval uporabo trinivojske arhitekture (slika 1), kjer ločimo:

- **postajni nivo** (Station Level),
- **nivo polja** (Bay ali Unit Level) in
- **procesni nivo** (Process Level).



Slika 1 – Prikaz arhitekture sistema NEO 3000

Na ravni vhodno-izhodne enote (procesni nivo) se zajamejo fizični signali iz procesa in pripravijo za nadaljnjo uporabo [2]. Za to pripravo pa se ne uporabljajo procesorji, temveč konfigurabilna logična vezja (FPGA), kar je novost,ki močno poveča robustnost enot.

FPGA – programirljiva matrika logičnih vrat (ang. *Field Programmable Gate Array*), je integrirano vezje, sestavljeno iz matrike logičnih blokov. Vsak blok je neodvisno vezje z znanimi vhodi in izhodi ter neko znano funkcionalnostjo. Vsak posamezni blok je napisan in testiran samostojno. Bloki se lahko povezujejo med seboj in tako tvorijo nov blok z novo ali razširjeno funkcionalnostjo ter lastnimi vhodi in izhodi. Ta vezja omogočajo zahtevno predprocesiranje signalov ter vzporedno obdelavo podatkov, ki poveča učinkovitost in hitrost.

Ker je vsak element strukture uporabljen za natančno določeno operacijo, je tudi testiranje bolj učinkovito, saj ni nikakršne soodvisnosti med posameznimi opravili, kot to velja pri procesorjih.

Za povezavo med procesnim nivojem in nivojem polja skrbi visokozmogljivo časovno deterministično vodilo, zasnovano na tehnologiji optičnih vlaken. Prav to je tudi odločilna komponenta, ki omogoča spremembo arhitekture in posledično nove rešitve.

Nivo polja z bistvenim povečanjem procesne moči prevzame dodatne naloge komunikacije z lokalnim sistemom vodenja SCADA in s centrom vodenja. Postajni nivo se dejansko zlije z omrežjem celotnega podjetja in postane integralni del omrežja, namenjenega vodenju objektov. To je vezano na gradnjo novega digitalnega komunikacijskega omrežja v elektroenergetskem sektorju, kar omogoča prehod iz pretežno serijskih komunikacijskih povezav na novo omrežje, zasnovano na internetni tehnologiji. Tudi zasnova projektnega okolja temelji na filozofiji prave internetne aplikacije, kjer za vzdrževanje zadostuje običajni spletni brskalnik.

Z uporabo nove arhitekture določena naprava ni več vezana na posamezno polje. Hkrati je s sistemom postajnega in procesnega vodila zagotovljena sistemska redundanca, kar povečuje razpoložljivost sistema, sistem pa je prilagojen prihodnjemu priključevanju neposredno na primarno opremo. Programska oprema je prenosljiva in neodvisna od strojne opreme. Za centralne procesne enote (CPU) so uporabljeni standardni produkti, torej cenejša namenska strojna oprema, kar zniža investicijske stroške. Tako se kupec sedaj lahko odloči za nakup celotnega sistema, ali le programske oziroma strojne opreme ali celo različnih komponent strojne oziroma programske opreme. Uporabljeni procesorji po moči za nekaj razredov presegajo prejšnje (NEO 2000) in omogočajo večjo funkcionalnost celotne naprave, ki jo zagotavlja predvsem večje število zaščitnih funkcij v eni napravi.

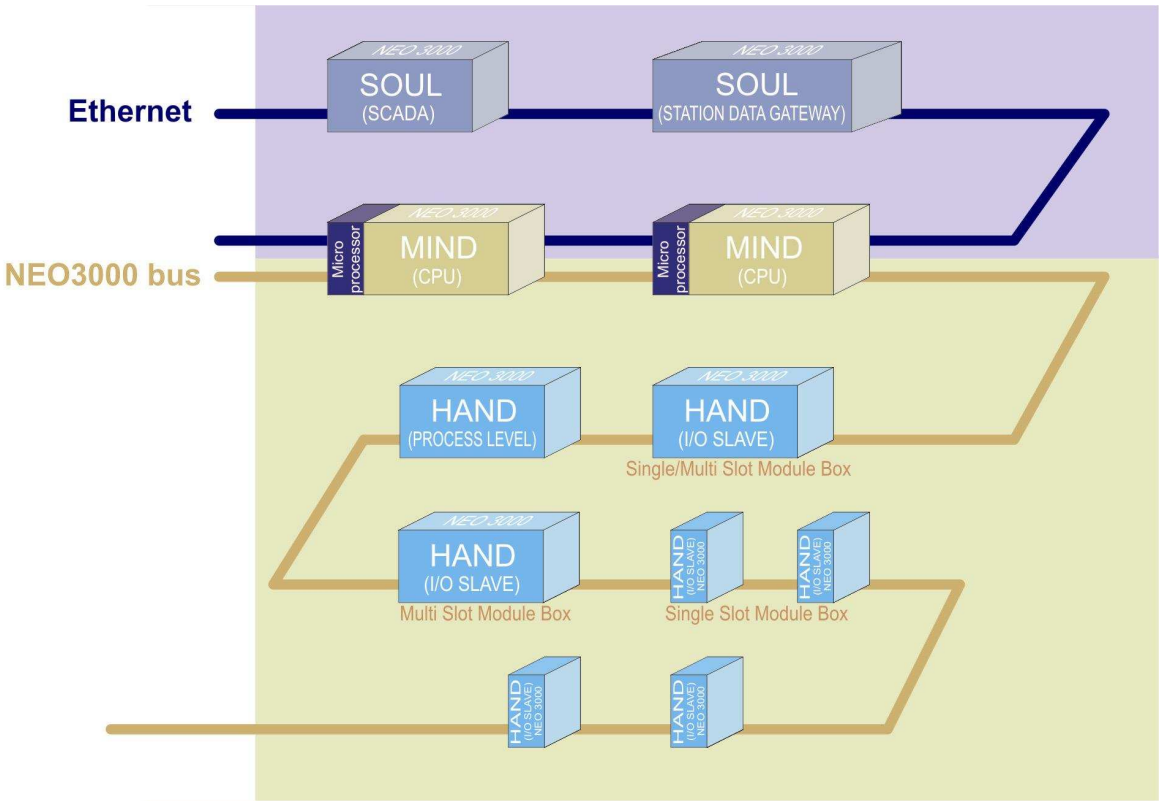
Pričakovati je, da se bodo nove rešitve na trgu uveljavile prav zaradi prednosti, ki jih prinašajo uporabniku. Gre za redundanco na nivoju polja, manj potrebnega ožičenja, lažje in cenejše vzdrževanje, izmenljivost naprav različnih proizvajalcev, neodvisnost strojne in programske opreme, možnost uporabe nenamenske strojne opreme, boljša konkurenčnost na trgu sekundarne opreme in čedalje nižje cene sistemov ob čedalje boljši zmogljivosti.

2.2.5 **Komponente sistema NEO 3000**

Sistem NEO 3000 je sestavljen iz naslednjih komponent (slika 2):

- uporabniških enot **SOUL** (Station Operation Unit Layer),

- obdelovalnih enot **MIND**-*master* (Main Intelligent Node Device) in
- in zajemalnih enot **HAND**-*slave* (Highpower Acquisition Node Device).



Slika 2 – Komponente sistema NEO 3000

SOUL enote na postajnem nivoju predstavljajo funkcije prenosnega omrežja. Tipični predstavniki so SCADA, usmerjevalniki (ang. *gateway*) in požarni zidovi, GPS in DCF sprejemniki. SOUL naprave so preko etherneta povezane z MIND napravami na nivoju polja.

MIND enote na nivoju polja vsebujejo obširne nadzorne in zaščitne funkcije ter lahko upravljajo z več polji hkrati (redundanca). Njihova bistvena lastnost je velika procesna moč.

Koncept omogoča prenos podatkov v realnem času med I/O enoto HAND, locirano neposredno ob primarni opremi, in CPU enoto MIND. Možno je pokrivanje več polj z eno CPU enoto, omogočena pa je tudi redundanca na nivoju več polj v postaji. Sistem je mogoče tudi enostavno nadgrajevati.

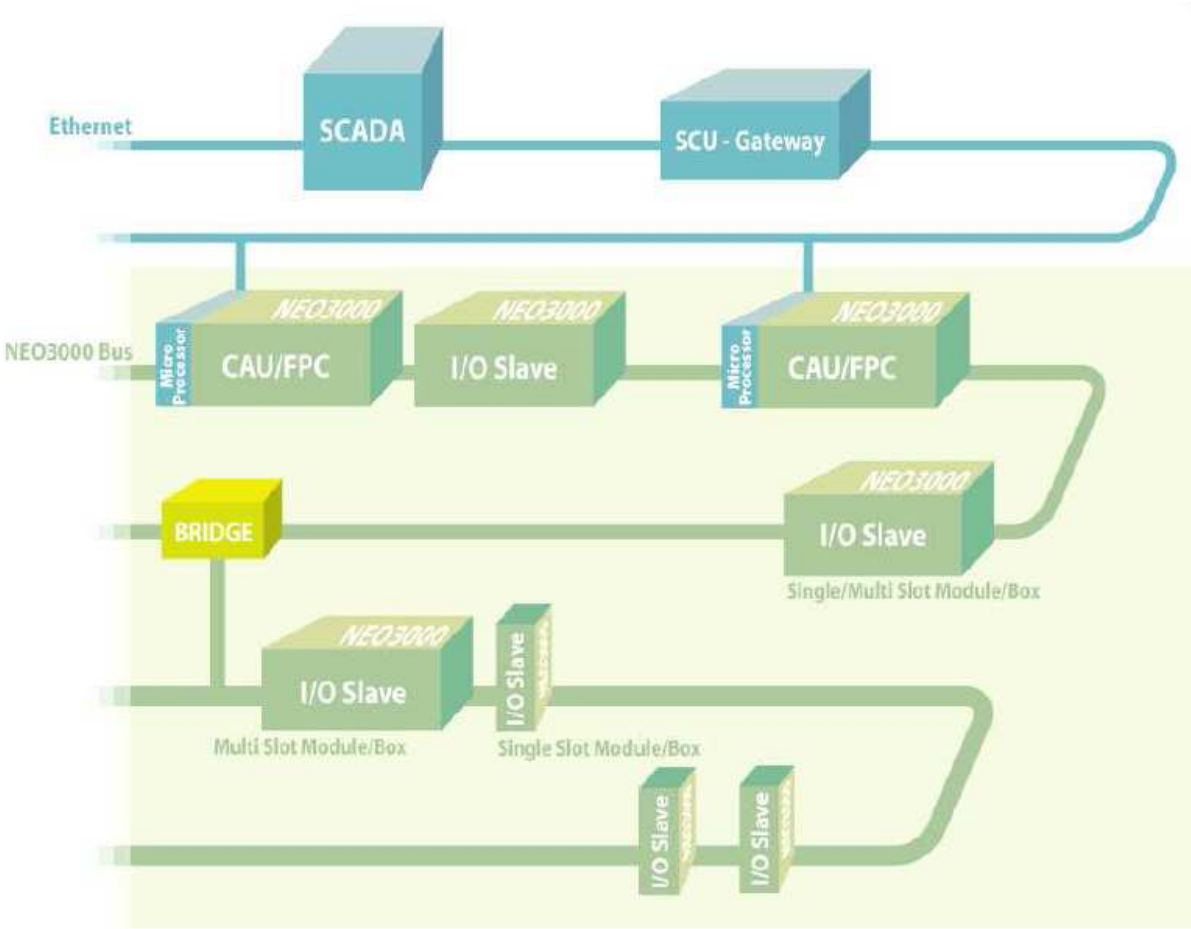
HAND enote služijo za predprocesiranje vseh potrebnih vhodnih signalov, kot so na primer A/D pretvorbe, računanje faznega kota, filtriranje in enostavno zajemanje ter oddajanje binarnih signalov. Nove I/O enote so v sistem zaščite in vodenja uvedle nov način razmišljanja in so le še korak stran od združitve primarne opreme s sekundarno.

Ključne enote sistema NEO 3000 so:

- postajni računalnik s SCADA in HMI,
- usmerjevalnik, komunikator za klasične enote in požarni zid,
- komunikacijsko omrežje postajnega nivoja, ki je hkrati tudi povezava s centrom vodenja,
- naprave nivoja polja (lahko imajo integrirane tudi vhodno-izhodne enote),
- komunikacijsko omrežje na nivoju procesa,
- inteligentne vhodno-izhodne enote in
- klasične IED enote, ki se v sistem povezujejo prek obstoječih serijskih povezav.

Usmerjevalnik skrbi za urejanje prometa postaje z zunanjim svetom (center vodenja, center vzdrževanja, druga mesta v omrežju) [3]. Požarni zid je možnost za zagotavljanje dodatne varnosti pri dostopanju do postaje, ko za varnost znotraj omrežja ni poskrbljeno na višjem nivoju. Komunikator služi priključevanju klasičnih IED enot, ki podpirajo le klasične načine komunikacije (IEC 60870-5-103, NEO, Modbus, DNP ...) Enota je osnovana na že dobro preizkušenih proizvodih, kot sta SCU 810 in izpeljanka SCU 820.

Komunikacijsko omrežje postajnega nivoja povezuje naprave na nivoju polja (SCADA, HMI in komunikator), razširi in v celoto se zlije tudi z WAN omrežjem podjetja . Kot fizični medij se uporablja ethernet z zmogljivostjo 10/100 Mbit/s, pri čemer se uporabljajo internetne tehnologije TCP/IP in protokol IEC 60870-5-104. Obstaja možnost povezave z javnim internetnim omrežjem, omogočena pa je tudi tako imenovana komunikacija točka-točka (ang. *peer to peer*) med napravami in aplikacijami na nivoju celotne postaje (slika 3) in tudi z drugimi postajami.



Slika 3 – Komunikacija med glavnimi enotami sistema NEO 3000

Ethernet je dominantna mrežna tehnologija za pisarniška in domača okolja [4], ki je cenovno ugodna in vnaša večjo stabilnost v celoten sistem, zato se njena uporaba povečuje tudi v industrijskih okoljih in tako tudi v SAS (ang. *Substation Automation Systems*). Kljub temu, da ethernet mreže niso bile razvite posebej za SAS, je prilagajanje ethernet tehnologij okolju v EES lažje in cenejše kot razvoj nekega novega sistema. Poleg tega se ethernet tehnologije kažejo kot najboljša možnost izbire glede na znana performančna merila, saj omogočajo implementacijo prednosti tako zvezdastih kot vodilnih omrežij ter omogočajo odpravo bistvenih slabosti le-teh.

Bistvene prednosti etherneta:

- nizka cena zaradi razširjenosti. Izdelki se proizvajajo v velikih serijah, veliko število konkurenčnih pa podjetij vpliva na to, da je ethernet izredno cenovno privlačen,
- dopušča možnost uporabe različnih prenosnih medijev na fizičnem nivoju (žica, optika, radijski prenos),
- možna je uporaba obstoječe poslovne mrežne infrastrukture in interneta,

- omogoča velike hitrosti prenosov (10/100 Mbit in v zadnjem času 1-Gbitna hitrost prenosa podatkov),
- široka dostopnost opreme – vsa potrebna povezovalna oprema, kot so mrežni delilniki (ang. *hub*), preklopniki (ang. *switch*), kabli, usmerjevalniki (ang. *router*), je enostavno dostopna s strani različnih ponudnikov in
- ethernet je najbolj uporabljeno lokalno omrežje na svetu.

Protokol TCP/IP – predstavljata protokol IP, ki je definiran na omrežni plasti referenčnega modela OSI in TCP. Ta je definiran na prenosni plasti referenčnega modela OSI [4]. Oba skupaj definirata osnovni komunikacijski jezik za delo v omrežju internet, uporablja pa se tudi kot komunikacijski jezik v zasebnih omrežjih (intranet, extranet).

- **IP** (ang. *Internet Protocol*) **–** ko podatki potujejo v drugo omrežje, jih je treba pravilno usmerjati. Protokol IP poskrbi za naslavljanje paketov, ki potujejo med omrežji. Pakete, opremljene z naslovi IP, vozliščne naprave (usmerjevalniki) usmerjajo k ciljnemu naslovu.
- **TCP** (ang. *Transmission Control Protocol*) **–** ta sloj razbije sporočilo na več manjših delov in jih oštevilči [4]. Na sprejemni strani ponovno sestavi pakete v pravilnem vrstnem redu in ugotavlja, če je pri prenosu prišlo do napak. Analogija s poštno storitvijo: namesto, da bi poslali celo knjigo naenkrat, jo razdelimo na kose, liste oštevilčimo (TCP) in pošljemo vsak list v svoji ovojnici z naslovom (IP).

2.2.5.1 Periferna HAND enota

Trenutna izvedba pokriva potrebe po vhodih in izhodih na vhodno-izhodnem nivoju. Glede na potrebe so možni različni tipi HAND enot (slika 4), ki so nameščene v notranjosti celice, in sicer na vrtljivem okviru omare ali na montažni plošči v omari. HAND enote v samostojnem režimu delovanja izvajajo tudi preproste zaščitne algoritme, kar pripomore k večji zanesljivosti prenosa, saj je podatkovni prenos zaradi korekcijskih algoritmov manj občutljiv na motnje pri fizičnem prenosu. Vsako periferno enoto zazna več procesnih enot, kar omogoča izvedbo konfiguracije v visoki pripravljenosti (ang. *hot standby*) ali skupinsko konfiguracijo (ang. *clusters*) in posledično večjo razpoložljivost sistema.

Slika 4 – Primer HAND periferne enote

V HAND enoto je možna vključitev do 8 različnih kartic. Programska oprema pokriva 16 različnih tipov razširitvenih kartic in 16 različnih izvedb. Kartice delujejo na način 'vključi in zaženi' (ang. *Plug & Play*), javljajo se glavni enoti in se prikažejo v spominski sliki.

Trenutno so realizirani štirje različni tipi kartic:

- **DI** – 24 digitalnih vhodov,
- **DI-DO** – poleg 24 vhodov še 8 statusnih izhodov za prikaz delovanja, alarmov in zaščit,
- **DO-DC/DC** – združeni izhodi ter napajalni del in
- **AI** – 16 analognih vhodov, ki vsebuje tudi procesorski in komunikacijski del.

AI kartica torej predstavlja inteligentni del enote, zasnovane na osnovi FPGA vezja. Omogoča pa sočasnost:

- zajemanja vhodnih veličin,
- obdelave veličin (PQM funkcija, izračun fazorjev …),
- izvrševanja ukazov (komande),
- komunikacije z MIND enoto v realnem času (ang. *real time*),
- redundantne komunikacije v realnem času z redundantno MIND enoto in
- izvajanje preprostih zaščitnih algoritmov v samostojnem režimu delovanja.

Komunikacija

Standardni protokoli predvsem v industriji (ProfiBus, Can, Sercos, Most, EtherCAT, Ethernet PowerLink) za potrebe sistema bodisi niso imeli ustrezne topologije ali prepustnosti. Težavo je predstavljala tudi odvisnost od proizvajalcev namenskih čipov in konektorjev, mnogokrat pa protokol ni omogočal redundance. Zato se je za komunikacijo razvil nov produkt na osnovi standardnega protokola Modbus. Fizični del sloni na osnovi RS 485, opcijsko pa mogoča tudi povezavo preko optičnih vlaken. Hitrost prenosa dosega 5 Mb/s, v redundanci 2x5 Mb/s.

Redundančni sistem delovanja HAND enote

Redundančni sistem delovanja omogoča sočasno komunikacijo z dvema MIND enotama. Vsi podatki so hkrati na voljo obema. Tako lahko HAND enota izdaja komande:

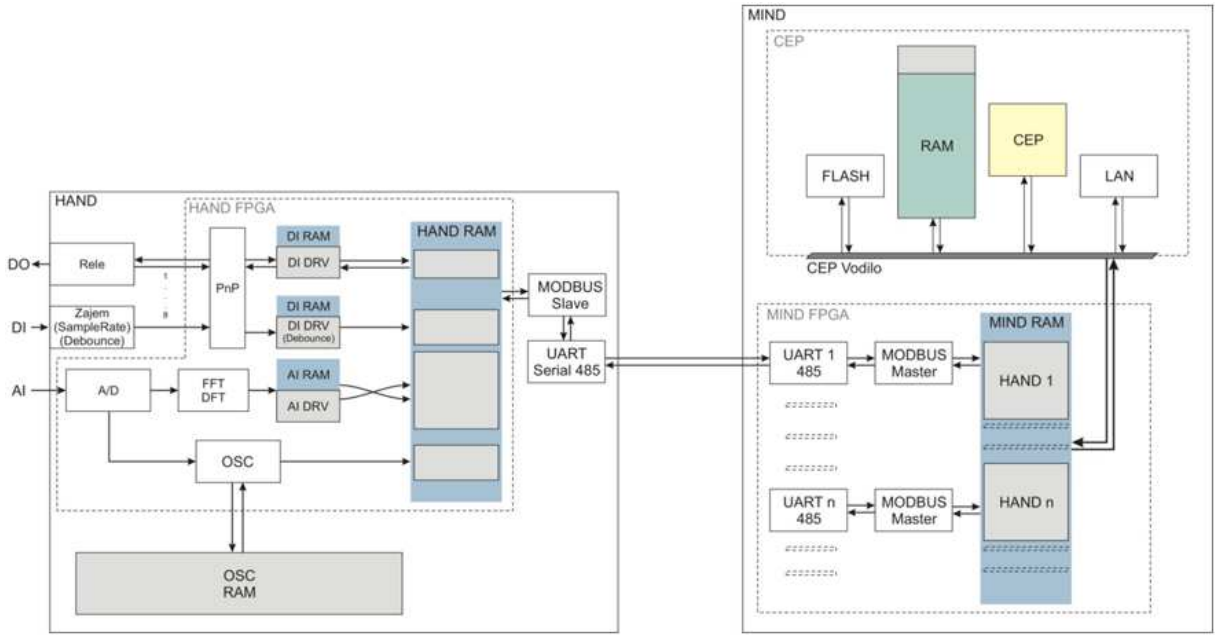
- na zahtevo samo določene MIND enote,
- na zahtevo katerekoli MIND enote,
- na zahtevo obeh MIND enot;

ter izdaja komande s potrditvijo:

- na zahtevo samo določene MIND enote s potrditvijo komande,
- na zahtevo katerekoli MIND enote s potrditvijo komande,
- na zahtevo obeh MIND enot s potrditvijo komande.

2.2.5.2 **MIND enota**

Obdelovalna enota MIND, procesna enota z vgrajeno platformo, predstavlja inteligentni del sistema NEO 3000. Zasnovana je na moderni 32 bitni arhitekturi in vsebuje procesni modul CEP1000 s procesorjem Intel Strong Arm, 206 MHz. Gre za komunikacijski modul, ki komunicira z več HAND enotami. Enoti MIND je omogočen dostop do vodila z razširitvenimi karticami HAND enote (slika 5).



Slika 5 – Blok shema povezave med MIND in HAND enoto

MIND enota komunicira tudi z LDU enoto, ki deluje kot serijski vmesnik med uporabnikom in napravami (HMI). Komunicira tudi z napravami in aplikacijami na postajnem nivoju. MIND enota je nameščena na vrtljivi okvir zaščitne omare (slika 6).

Slika 6 – Primer MIND enote

2.2.5.3 **LDU enota**

LDU enota služi kot serijski vmesnik med uporabnikom in MIND enoto (slika 7). Prikazuje torej sliko polja, listo dogodkov, analogne meritev in alarme ter izdaja komand, podatki iz MIND enote pa se sprotno osvežujejo. Prikaz je mogoč zahvaljujoč grafičnemu

prikazovalniku z 240x128 točkami,ki omogoča grafični prikaz enopolne sheme omrežja, položaja stikalnih in ostalih elementov, analognih in števčnih meritev ter alarmnih stanj.

Komande se izvajajo s pritiskom na eno od desetih tipk na čelni plošči [4]. Te imajo na različnih straneh različno vlogo in omogočajo krmiljenje stikalnih elementov, prehod med posameznimi zaslonskimi slikami ter potrditev prisotnih in nepotrjenih alarmov. LDU enota omogoča tudi nastavitve sistema (jezik, naslov enote …). Komunikacija z MIND enoto je asinhrona serijska komunikacija po standardnem protokolu ModBus, kjer LDU nastopa kot nadrejeni tip naprave. Programska oprema je zapisana v 8-bitnem RISC mikroprocesorju. Nastavitve naprave se izvajajo s pomočjo programskega vmesnika iClient. LDU enota je v integriranem sistemu vgrajena v ohišje naprave, v sistemu NEO 3000 pa se nahaja bodisi na napravi, na vrtljivem okvirju omare, na vratih celice ali na dislocirani lokaciji.

Slika 7 – LDU enota

2.2.5.4 **SOUL komunikacijske enote**

SOUL enote so komponente postajnega nivoja, kot so SCADA, komunikacijski prehodi in požarni zidovi, GPS ali DCF realno časovni sprejemniki itd.

SCADA je program za nadzor in vodenje postaje. Preko SCADE operater pregleduje dogodke, alarme, oscilografijo, izvaja lokalno vodenje postaje, pregleduje meritve itd. SCADA se namesti na postajni računalnik, kjer se hrani tudi zgodovina dogodkov in alarmov (slika 8).

Slika 8 – Primer uporabe programa SCADA

Podatki se prenašajo v center vodenja preko komunikacijskih prehodov, ki so običajno tipa GSM, GPRS ali UMTS na eni strani in LAN ali COM (RS 232) serijski vmesnik na drugi strani. Kjer je prisotna telefonska linija, se uporabljajo tudi ISDN ali ADSL modemi.

GPS ali DCF sprejemniki ure realnega časa se uporabljajo za sinhronizacijo ure v vseh napravah (slika 9), ki podatkom dodajajo časovno značko. Časovna značka je pri podatkih zelo pomembna za kasnejše odkrivanje napak in njihovo sinhronizacijo med podatki različnih postaj na centru vodenja.

Slika 9 – GPS sprejemnik ure realnega časa

2.2.6 Skalabilnost sistema NEO 3000

Skalabilnost sistema omogočata modularna zasnova strojne in programske opreme ter standardni operacijski sistem.

2.2.6.1 Skalabilnost strojne opreme

Zmogljivejša platforma omogoča uporabo večjega in bolj raznolikega nabora perifernih enot, katerih količina je omejena le s procesno močjo (CPU). Izvedba je mogoča s standardnim vodilom ali omreženimi (distribuiranimi) perifernimi enotami. Ker osnovo predstavlja standardni operacijski sistem Linux, ki teče na širokem naboru procesorjev, se procesna moč (CPU) prilagaja funkcionalnemu naboru in obsegu procesa. V primeru, da je na razpolago platforma s standardnimi perifernimi vmesniki (PCI, USB ...), je mogoča tudi uporaba različnih perifernih kartic.

2.2.6.2 Skalabilnost programske opreme

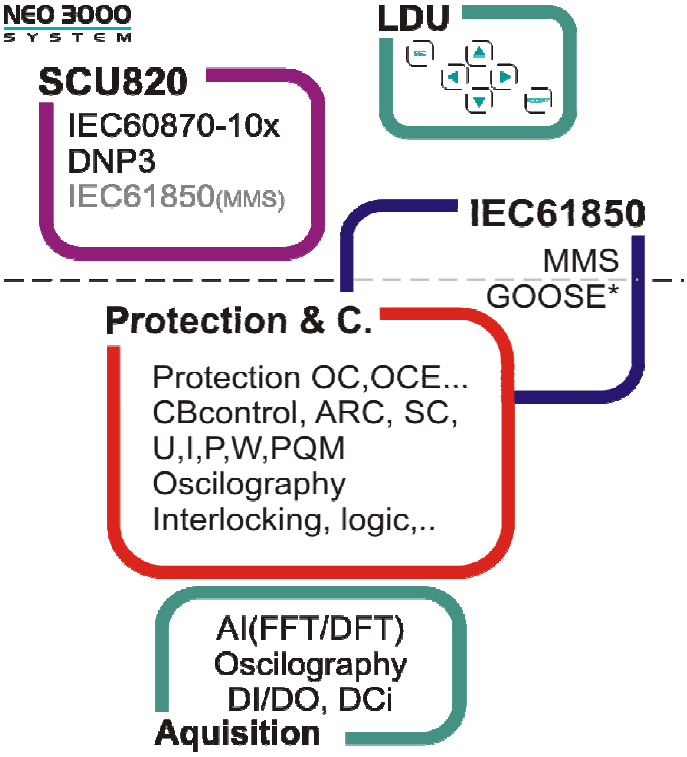
Operacijski sistem omogoča konfiguracijo nabora sistemskih funkcionalnosti (PCI, USB ...) glede na potrebe.

Funkcionalni gradniki NEO 3000 (moduli) so med seboj neodvisni, kar omogoča gradnjo netipskih konfiguracij, ki se sestavljajo glede na zahteve aplikacije. Hkrati je zmogljivost programske opreme omejena le s strojnimi viri (procesna moč, kapaciteta pomnilnika, itd.)

Programska oprema

Programska oprema je popolnoma modularizirana, kar omogoča prilagajanje procesnim potrebam. Dodajanje novih funkcijskih enot v sistem ni pogojeno z zamenjavo strojne opreme, ampak je možen nakup in namestitev oziroma nadgradnja paketov preko spleta. Osnovna sistemska enota torej ni več zaključena naprava (zaščitni rele) ampak funkcijska enota (zaščitna funkcija, komunikacijski gonilnik), ki 'gostuje' na procesni enoti. Hkrati je podatkovni in nadzorni dostop do katerekoli točke v sistemu NEO 3000 mogoč iz katerekoli točke na postajni mreži in po potrebi iz interneta, pri čemer se upoštevajo vsi varnostni mehanizmi dostopa (gesla, digitalni certifikati, dodeljevanje pooblastil za spreminjanje in vpogled v parameterske in procesne podatke ...) SCU 820 (*System Communication Unit*) s širokim naborom komunikacijskih protokolov je integralni del arhitekture NEO 3000. Omogoča tudi podporo modeliranju novih funkcij s paketom MATLAB in predstavlja dobro platformo za implementacijo prihajajočega standarda IEC 61850.

Modularnost strojne in programske opreme ter koncept delovanja naprav sistema NEO 3000 prikazuje slika 10. Vse skupaj je seveda prilagodljivo zahtevam uporabnika.



Slika 10 – Koncept delovanja NEO 3000

3 Naprava FPC 620

Naprava FPC 620 je namenjena zaščiti srednjenapetostnih vodov, uporablja pa se tudi kot rezervna zaščita pri transformatorjih ali visokonapetostnih vodih. Obsega celoten nabor zaščitnih funkcij, funkcij vodenja in lokalne avtomatike[5].

FPC 620 vsebuje nove zaščitne algoritme, ki sicer temeljijo na že preverjenih algoritmih iz prej razvitih zaščitnih naprav z novimi dopolnitvami [6] in konkurirajo algoritmom primerljivih izdelkov ostalih proizvajalcev. Zgodil se je tudi komunikacijski preskok s serijskih komunikacijskih povezav na mrežno komunikacijo (Ethernet, TCP/IP). Ob predpostavki mrežne povezave med posameznimi napravami je bil za komunikacijski prenos uporabljen preizkušen protokol IEC 60870-5-104. Tak sistem je bil nameščen na RP Balos, kjer je uspešno prestal delovanje v realnem okolju in je prvi tovrstni sistem v obratovanju.

Priključitev na sistem NEO 3000 je izvedena preko Ethernet in serijskega komunikacijskega vmesnika (optika ali RS 232), ki sta nameščena na zadnji strani naprave. Vse naprave je mogoče nastavljati s posebnim programom iClient na osebnem računalniku, ki se priključi preko mreže ali direktno na Ethernet vmesnik na čelni plošči.

Naprava FPC 620 je namenjena:

- zaščiti nadzemnih vodov v radialnih omrežjih, ki so ozemljena preko upora in kjer obstaja možnost visokoohmskega zemeljskega stika,
- zaščiti vodov v radialnih omrežjih, ki so ozemljena neposredno; predvsem kot rezervna zaščita,
- zaščiti kabelskih vodov v večjih radialnih omrežjih, ki so ozemljena preko upora in kjer so kapacitivni tokovi primerljivi s tokom zemeljskega stika,
- zaščiti vodov v radialnih izoliranih omrežjih ali v omrežjih, ki so ozemljena preko Petersenove tuljave in kjer je kapacitivni tok v ščitenem vodu bistveno manjši ali primerljiv s kapacitivnim tokom celotnega sistema,
- zaščiti dvosmerno napajanih vodov v omrežjih, ki so ozemljena direktno ali preko upora in
- zaščiti dvosmerno napajanih vodov v izoliranih omrežjih ali v omrežjih, ki so ozemljena preko Petersenove tuljave.

3.1 Zgradba naprave FPC 620

3.1.1 Strojna oprema

Zaradi zahtev po neobčutljivosti na elektromagnetne motnje in galvanski ločitvi vhodnih in izhodnih analognih, digitalnih in komunikacijskih tokokrogov je naprava FPC 620 izdelana kot enotna naprava v modularni izvedbi [7]. Moduli se nahajajo v kompaktnem ohišju sistema NEO 2001, ki je izpeljanka sistema NEO 2000 in je nastal za potrebe azijskega trga.

3.1.1.1 Mehanski sistem

Mehanski sistem (ohišje) naprave FPC 620 je izdelan v dveh različicah, in sicer glede na način montaže [7]. Glede na tip naprave je ohišje primerno za:

- vgradnjo (v omare z vrtljivim okvirjem),
- nadgradnjo (na zadnjo montažno ploščo v omari).

Pri FPC 620 za vgradnjo so priključni konektorji na zadnji strani naprave. Pri različici za nadgradnjo pa so konektorji na spodnji strani naprave. Kartični sistem je izvlačljiv.

3.1.1.2 Moduli strojne opreme

Matična plošča MB_N2K s CPE enoto

Ta modul je namenjen integraciji procesorske enote in vmesnika v eno enoto.

Na njem se nahajajo:

- centralno procesni modul CEP 1100,
- pomožni procesni modul SIB 3000,
- mrežni priključek, speljan na prednjo ploščo,
- kondenzatorsko podprt spomin,
- priključek za LDU 900 enoto,
- priključek za sistemsko vodilo,
- priključek za komunikacijske vmesnike,
- hitro odzivna varnostna enota s časovnikom (WD vezje),
- nizkonapetostni napajalnik za zagotavljanje potrebnih napetosti na tem modulu.

Analogna enota AI DSP in transformatorska vhodna enota TRA

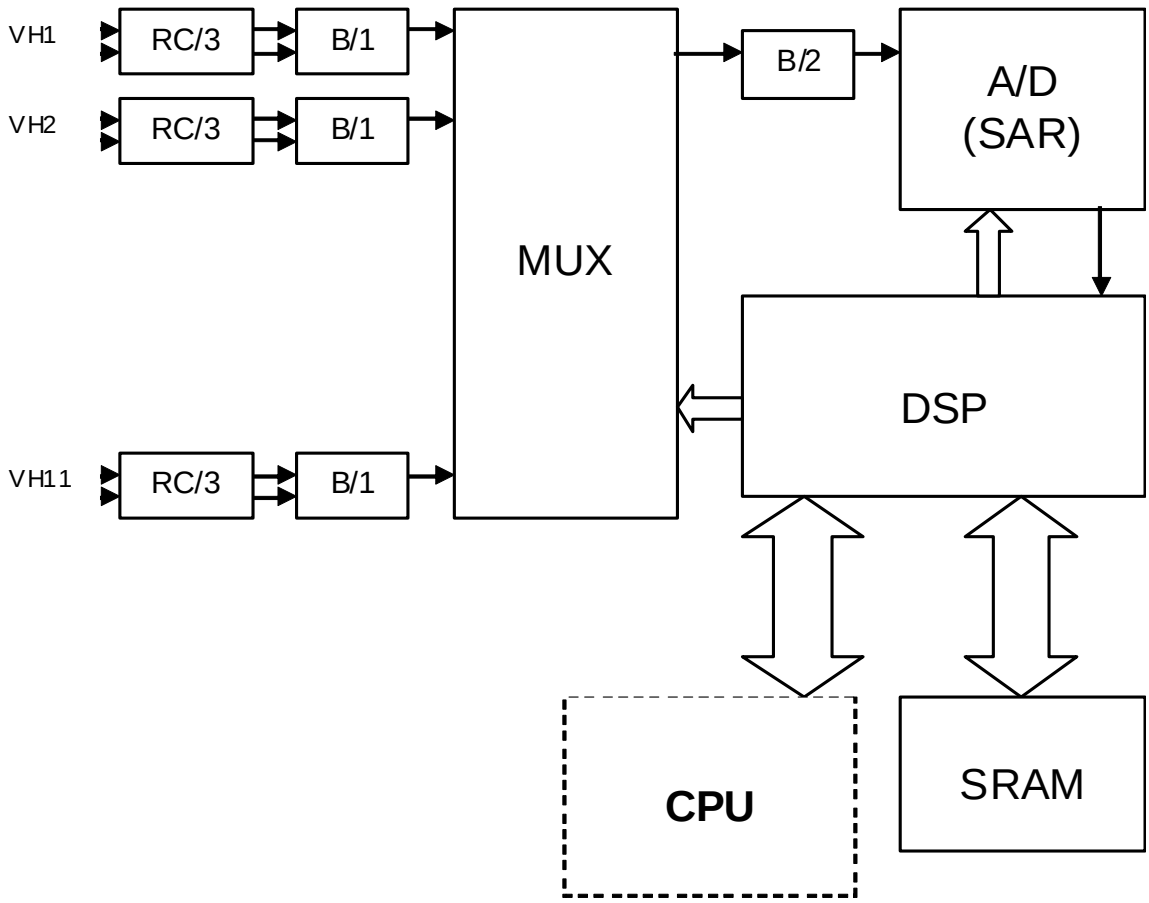
Vhodni DSP modul je namenjen zajemanju analognih meritev. Tu se vzorčijo vhodni analogni signali in se preko A/D pretvornika pretvarjajo v digitalno obliko. Pomembno je, da

se merjene analogne veličine zajamejo in pretvorijo v digitalno obliko s čim manjšo distorzijo oz. spremembo oblike. Za to se uporablja 16-bitni A/D pretvornik.

Osnova modula je DSP (digitalni signalni procesor) z dodatnim zunanjim pomnilnikom in komponentami, ki omogočajo krmiljenje multiplekserja in A/D pretvornika s strani DSP.

Mejna frekvenca nizko prepustnega vhodnega filtra je postavljena okvirno na 1 kHz. Uporabljena je tretja stopnja filtra zaradi preprečevanja prekrivanja spektrov vhodnih signalov (ang. *anti-aliasing*), ki se pojavi zaradi vzorčenja signala.

Okvirno strukturo realizacije strojne opreme prikazuje spodnja slika, pomen posameznih sestavnih komponent pa je opisan v **Error! Reference source not found.**.



Slika 11 – Okvirna struktura realizacije strojne opreme

KOMPONENTA	POMEN
DSP	Procesor za digitalno obdelavo signalov
SRAM	Statičen RAM
A/D (SAR)	A/D pretvornik s postopnim približevanjem
MUX	Analogni multipleksor
B/2	Hiter izravnalnik signalov (buffer 2)
B/1	Izravnalnik signalov (buffer 1)
RC/3	Aktiven RC filter 3. reda

Tabela 1: Gradniki

Frekvenca vzorčenja analognih signalov je 3,2 kHz oziroma 64 vzorcev na periodo omrežne napetosti.

V DSP modulu se izračunavajo osnovne vrednosti kazalcev tokov, napetosti in faznih kotov za potrebe zaščite in funkcij nadzora kakovosti električne energije PQM, ki se nato posredujejo CPU–ju. Posebej se izračunavajo kazalci za potrebe zaščite, kjer je izračun hitrejši, in posebej za PQM.

Transformatorska vhodna enota TRA

TRA je modul, ki je namenjen zajemu, galvanski ločitvi in prilagoditvi nivojev 11-ih analognih vhodov. Le-ti so tokovni, napetostni ali mA tokovne zanke. Vezje vsebuje napetostne in tokovne transformatorje. Tokovni transformatorji imajo nazivno vrednost 1 A oz. 5 AAC, napetostni transformatorji pa 100 V oz. 110 VAC. Število transformatorjev je odvisno od tipa naprave.

Digitalne vhodno izhodne enote in vmesniki

DO8R je modul, namenjen krmiljenju izhodnih bremen. Največkrat so ta bremena tuljave odklopnikov in elektromotorni pogoni ločilk. Modul vsebuje 8 relejskih izhodov. Releji galvansko ločujejo notranjo elektroniko od zunanjih tokokrogov. Kontakti relejev so breznapetostni. Ena enota DO8R vsebuje:

- 6x dvojni normalno odprt kontakt,
- 1x enojni normalno odprt kontakt in
- 1x preklopni kontakt.

DI20 modul je namenjen zajemu 20-ih digitalnih vhodov, kot so položaji odklopnikov, ločilk in podobno. Vhodi so galvansko ločeni od notranje elektronike z optospojniki. Vezje je izdelano za sledeče vhodne napetosti:

- 24 VDC,
- 48 VDC,
- 110 VDC do 125 VDC in
- 220 VDC.

Digitalni vhodi so po vrsti razdeljeni v več skupin:

- 10 digitalnih vhodov,
- 4 digitalni vhodi,
- 4 digitalni vhodi,
- 1 digitalni vhod in
- 1 digitalni vhod.

Vsaka skupina ima en skupni izvod od ostalih pa je galvansko ločena. Skupini 4 in 5 (19. in 20. digitalni vhod) sta opravljata funkcijo nadzora izklopnih tokokrogov (KIT). Če se ju ne potrebuje, sta lahko uporabljeni kot navadna digitalna vhoda.

AI modul je namenjen priklopu merilnih napetosti na napravo. Je vmesnik med zunanjim delom naprave in notranjim TRA vezjem. Vgrajeni varistorji v vezju ščitijo napetostne merilne vhode pred prenapetostnimi špicami.

PS modul se uporablja za priklop napajalne napetosti. Je vmesnik med zunanjim delom naprave in notranjim vezjem DC-DC. Vgrajeni vhodni filtri varujejo napravo pred EMC motnjami in prenapetostnimi špicami. Dodatna naloga tega vezja je zagotavljanje napajalne napetosti +24 VDC za vezje DO8R in zunanjo napravo LDU.

Modul **DIO20/16** se uporablja za zajem stanj na 20-ih digitalnih vhodih ter krmiljenje 8-ih digitalnih izhodov. Enota DIO20/16 je povezana z DI20, na kateri se zajemajo digitalni vhodi, ki se na DIO20/16 filtrirajo in pripravijo za uporabo v sistemu. DIO20/16 je povezana še z enoto DO8R, na kateri so nameščeni releji, ki jih krmili DIO20/16 enota. FPC 620 lahko vsebuje do dve DIO20/16 enoti. Z ostalimi elementi sistema se povezuje preko paralelnega modificiranega Motorolinega I/O vodila, ki je uporabljen v napravi FPC 620.

BUS vodilo je namenjeno povezavi ostalih modulov v delujočo celoto. Preko njega se prenašajo signali za napajanje in krmiljenje vezij.

Napajalna enota DC/DC

DC/DC pretvornik je namenjen napajanju vse internih modulov v FPC 620. Realiziran je v sledečih različicah glede na vhodno napetost:

- 24 VDC (± 20 %),
- 48–60 VDC (± 20 %),
- 110 VDC (± 20%) in
- 220 VDC (± 20 %).

Na izhodu pretvornika so prisotne štiri napetosti:

- +5 VDC za napajanje digitalnih tokokrogov,
- ± 15 VDC za napajanje analognih tokokrogov in
- +24 VDC za napajanje relejskih tokokrogov.

Posamezni izhodi na konektorju imajo svoje mase (DGND, AGND, RGND). Mase med seboj niso galvansko ločene. Izhodni tokokrogi so galvansko ločeni od vhodnega.

Komunikacijski vmesniki

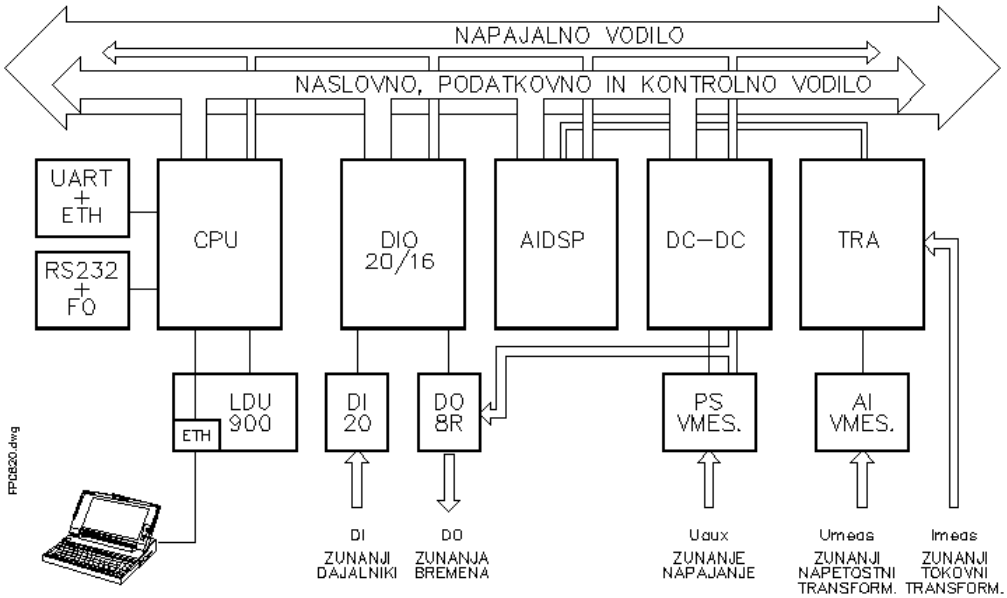
Komunikacijski vmesniki so moduli, ki omogočajo napravi FPC 620 komunikacijo z ostalimi napravami. So vmesni člen med zunanjim svetom in procesorskim vezjem. Komunikacijski vmesniki se nahajajo na zadnji strani naprave (ohišje za vgradnjo) oz. na spodnji strani (ohišje za nadgradnjo). FPC 620 vsebuje do dva komunikacijska vmesnika. UART+ETH vmesnik je vgrajen v vse tipe FPC 620 naprav. Poleg omenjenega vmesnika je lahko v napravo dodan še eden [7]. Na voljo so sledeči tipi dodatnih vmesnikov, na katerih sta po dva vmesnika:

- RS 232 in RS 232,
- RS 232 in FO,
- RS 232 in RS 485,
- FO in FO,
- RS 485 in FO.

Poleg naštetih vmesnikov je na voljo še dodaten Ethernet vmesnik (ang. *Eth1*) na prednji plošči, ki je namenjen nastavljanju naprave.

Ethernet vmesnik na UART+ETH vmesniku (ang. *Eth0*) in prednji Ethernet vmesnik (ang. *Eth1*) sta enakovredna saj je preko obeh mogoče dostopati do naprave. Pri tem so lahko IP naslovi na modulu prednjega vmesnika vseh naprav v postaji enaki. IP naslovi na modulih UART+ETH vmesnikov pa morajo biti na napravah različni.

Blok shema naprave FPC 620 je predstavljena na sliki 12.



Slika 12 – Blok shema povezav modulov FPC 620

3.1.2 **Programska oprema**

Naprave sistema NEO 3000 uporabljajo sočasno večopravilni in večuporabniški operacijski sistem s podporo za izvajanje opravil (aplikacij) v realnem času. Opravila so standardnega in tipa realnega časa (ang. *real time*). Izvajanje slednjih je časovno kritično, zahtevajo pa tudi časovno determinističnost. Tak primer je zaščita in vodenje elektroenergetskih sistemov in industrijskih procesov. Aplikacije standardnega tipa so namenjene podpori komunikacijskih protokolov in upravljanju naprave. Zasnova programske opreme je modularna, z dodajanjem ali odvzemanjem modulov naprava zadosti različnim potrebam naročnika.

3.2 **Funkcije**

Primarni namen naprave FPC 620 je zaščita SN odvoda v distribuciji in industriji. Vsebuje zaščitne funkcije, pa tudi funkcije vodenja in lokalne avtomatizacije [5]. Tako naprava skrbi za celoten nadzor nad vodom, čemur je prirejena tako strojna kot programska oprema.

Napravo poljubno konfiguriramo z orodjem za konfiguriranje in parametriranje iClient. Posamezne funkcijske module lahko multipliciramo, jih povezujemo preko logike in parametriramo.

Funkcije vodenja se prilagajajo zahtevam elektroenergetskega sistema. Posamezne funkcije se omogočijo ali onemogočijo med procesom konfiguriranja naprave. Prilagodljive so tudi interakcije med posameznimi funkcijami.

Nadzor se izvaja preko lokalnega HMI-ja, preko PC-ja z nameščenim orodjem iClient in preko povezave s kontrolnim sistemom transformatorske postaje. Funkcije, kot so meritve, nadzor kakovosti električne energije, nadzor odklopnika in samonadzor, pomagajo uporabniku pri celovitem vodenju elektroenergetskega sistema.

Kot univerzalna naprava za srednjenapetostno stikalno opremo FPC 620 vključuje posebne funkcije za uporabo preko celotnega transformatorskega polja. Taka funkcija je npr. zaščita okvare odklopnika [5].

3.2.1 **Zaščita**

Osnovni namen zaščitnih funkcij je zaščita elektroenergetskega sistema v primeru defektnih stanj, kot so kratki ali visoko-impedančni stiki, upad napetosti, padec frekvence in podobno. V takih primerih mora zaščita hitro in selektivno izločiti okvarjeni del omrežja iz obratovanja.

Glede na meritve analognih vhodov zaščitne funkcije delujejo neodvisno ena od druge.

Zaščitne funkcije se lahko nastavljajo lokalno preko PC-ja z nameščenim orodjem iClient preko mreže s pomočjo sprednjega Ethernet vmesnika. Nastavljanje preko Ethernet vmesnika omogoča daljinsko parametriranje tudi z višjih nivojev vodenja.

Običajno v napravi teče več enakih zaščit z različnimi nastavitvami hkrati, ki so v delovanje vključene neodvisno ena od druge. Treba je paziti, da število zaščitnih funkcij, ki tečejo vzporedno, ne preseže procesne zmogljivosti naprave.

V nadaljevanju je predstavljeno delovanje posameznih zaščit naprave FPC 620.

3.2.2 **Nadtokovna zaščita**

Nadtokovna zaščita je ena osnovnih funkcij zaščitnega releja FPC 620, ki ščiti odvod ali druge elemente elektroenergetskega sistema pred prevelikim tokom v primeru okvar.

Običajno so pri nadtokovni zaščiti konfigurirane tri zaščitne stopnje. V splošnem velja, da je maksimalno število vzporedno aktiviranih zaščitnih funkcij enako trikratni vrednosti vseh zaščitnih funkcij. Ločene zaščitne stopnje nadtokovne zaščite so ustvarjene za vse možne primere okvar, ki se zgodijo na vodu ali drugih elementih EES, torej enofazni, dvofazni, dvojni in trifazni kratki stik. Smerno funkcijo (karakteristiko) je mogoče uporabiti za vsako

stopnjo nadtokovne zaščite ali zemeljske stike. V primeru visokoohmskih zemeljskih stikov občutljivi zemeljskostični nadtokovni zaščiti nastavimo pogojni signal, ki dovoli delovanje zaščite navzdol do 0,5 % nazivnega toka (DVN funkcionalnost). Ta se zajema preko katerega koli zunanjega digitalnega vhoda, ki ga generira občutljiva nadtokovna zaščita v zvezdišču energetskega transformatorja.

3.2.3 Kratkostična zaščita

Tretja stopnja nadtokovne zaščite je pogosto nastavljena na višjo vrednost delovanja (ang. *pickup value*) in na minimalno možno ali kratko časovno zakasnitev. Pogosto jo imenujemo kratkostična zaščita, čeprav je funkcija enaka, kot pri nadtokovni zaščiti.

Namenjena je odkrivanju močnih medfaznih (kratkih) stikov v bližini merjene točke. Take stike je potrebno kar se da hitro odpraviti. Časovna zakasnitev se uporablja predvsem, kadar se pričakuje visok vklopni tok (npr. direktno na srednjenapetostno omrežje priključeni močni motorji, ipd.).

3.2.4 Zemeljskostična nadtokovna zaščita

Namenjena je predvsem odkrivanju zemeljskih stikov na omrežjih, ki so ozemljena preko ozemljitvenega upora, preko dušilke ali pa so izolirana. V takih primerih teče tok okvare, ki je po vrednosti manjši od toka in se pojavlja pri medfaznih okvarah. Iz tega sledi, da je nastavitev zemeljskostične zaščite običajno nižja od nastavitve fazne nadtokovne zaščite.

Posamezne nastavitve vseh treh stopenj so nastavljive medsebojno neodvisno. Vse stopnje podpirajo občutljivo delovanje pri zemeljskostičnih tokovih v območju vse do 0,005 % nazivnega toka.

3.2.4.1 Tretja stopnja zemeljskostične zaščite z DVN fukcionalnostjo

V primeru visokoohmskega zemeljskega stika je zemeljskostični tok premajhen, da bi ga običajna zemeljska zaščita zaznala. Zaradi tega za tretjo stopnjo uporabimo usmerjeno senzitivno zemeljskostično zaščito. Določitev smeri je obvezna, saj se tok okvare, ki ga povzroči visokoohmski zemeljski stik, primerja s kapacitivnimi tokovi, ki so običajni v energetskem sistemu. Tok okvare se od njih loči po smeri pretoka. Tako majhen tok ne predstavlja nevarnosti delovanju EES, lahko pa je nevaren ljudem in živalim na mestu okvare, zato mora biti vod izključen. Časovna zakasnitev je običajno neodvisna od toka okvare in je nastavljena na daljši čas delovanja kot pri prvih dveh stopnjah zemeljskostične zaščite.

3.2.5 **Zunanja zaščita**

Funkcionalnost zunanje zaščite je namenjena priključitvi drugih zunanjih zaščit na digitalni vhod zaščitne naprave preko katere se izvede izklop odklopnika ter APV. Algoritem zunanje zaščite je realiziran podobno kot npr. vse nadtokovne ali napetostne zaščite, vendar je tukaj vhodni podatek aktivno stanje v ta namen parametriranega digitalnega vhoda (DI). Če je stanje vhoda aktivno, se postavi signal za delovanje (ang. *pickup*) zunanje zaščite in algoritem nadaljuje po zakasnitvenem časovnem bloku. V primeru, ko je po končani zakasnitvi signal na vhodu še vedno prisoten, se v napravi aktivira delovanje po zunanji zaščiti.

3.2.6 **Podnapetostna zaščita U<**

Podnapetostna zaščita ščiti električne naprave pred podnapetostjo. Obratovalno stanje je problematično, saj podnapetost lahko povzroči probleme s stabilnostjo sistema. Podnapetostna zaščita deluje pri zaznavanju padca napetosti na daljnovodih in velikih električnih postrojih ter odpravlja nedovoljena stanja elektroenergetskega sistema (preprečitev napetostne nestabilnosti sistema).

Za delovanje podnapetostne zaščite uporabimo navadno tri medfazne napetosti, ki so izračunane iz faznih. Za delovanje se uporabi najmanjša od medfaznih napetosti.

3.2.7 **Prenapetostna zaščita U >**

Prenapetostna zaščita ščiti električne naprave pred prenapetostjo. Obratovalno stanje je problematično, saj prenapetost povzroči npr. težave z izolacijo in podobno. Prenapetostna zaščita je namenjena zaščiti vodov in električnih strojev pred nedovoljenimi prenapetostmi, ki lahko povzročijo preboj izolacije.

Običajno sta pri podnapetostni zaščiti konfigurirani dve zaščitni stopnji. Med njima uporabimo tako napetostno kot časovno stopnjevanje. V primeru večjih prenapetosti uporabimo krajše izklopne čase in obratno.

Za delovanje prenapetostne zaščite uporabimo navadno tri medfazne napetosti, ki so izračunane iz faznih. Za delovanje se uporabi največja od medfaznih napetosti. Po porastu napetosti nad nastavljeno vrednost delovanja in po preteku časovne zakasnitve se zaščita aktivira. Kot nazivno vrednost uporabimo medfazno napetost. Zaščiti nastavimo tudi odpustno vrednost razmerja (ang. *drop-out ratio*), pri kateri zaščita preneha delovati. Zaščita ima neodvisno časovno karakteristiko.

3.2.8 Zemeljskostična prenapetostna zaščita UE>

Zemeljskostična prenapetostna zaščita je namenjena zaznavanju zemeljskih stikov in zaščiti vodov pri zemeljskih stikih predvsem v izoliranih omrežjih. Zemeljskostična napetost se uporablja tudi za ugotavljanje smeri pri občutljivi zemeljskostični pretokovni zaščiti.

3.2.9 Frekvenčna zaščita f</f>

Frekvenčna zaščita zaznava neobičajno visoke ali nizke frekvence v elektroenergetskem sistemu. Kadar frekvenca sega izven dovoljene meje, se sprožijo ustrezne akcije, kot so frekvenčno razbremenjevanje (odklapljanje bremen) ali ločitev generatorja od sistema. Znižanje sistemske frekvence se pojavi, ko se v sistemu pojavi preveliko realno povečanje porabe ali pa se pojavi izpad na generacijskem delu, pri otočnem obratovanju in podobno. Porast frekvence se zgodi, kadar se npr. veliki bloki bremen izklopijo iz sistema ali pride do okvare na generatorskem regulatorju.

Za meritev frekvence, potrebne za delovanje zaščite, je uporabljena fazna napetost UL1, kije na razpolago vsakih 20 ms. Funkcija ima možnost delovanja kot pod- ali nadfrekvenčna zaščita. Običajno nastavimo eno ali dve nadfrekvenčni in eno ali dve podfrekvenčni zaščiti.

3.2.10 Zaščita z negativnim zaporedjem (I2)

Zaščita z negativnim zaporedjem zaznava nesimetrične obremenitve v elektroenergetskem sistemu. Za njeno delovanje je potreben izračun simetrične komponente negativnega zaporedja trifaznega rotirajočega sistema.

3.2.11 Termična zaščita (TOP)

Termična zaščita je namenjena zaščiti vodov, kablov in transformatorjev pred toplotno preobremenitvijo. Modelira se termična slika zaščitenega objekta, pri delovanju pa se upošteva zgodovino obremenitev.

Algoritem izračuna vrednosti temperature naprave iz izmerjenega toka. Porast temperature je izračunan za vsako fazo posebej. Najvišja izračunana temperatura je odločilna za izvajanje zaščite.

3.2.12 Relejska in optična signalizacija

Numerična zaščita in druge funkcionalnosti v napravi FPC 620 posredujejo podatke o svojem delovanju v nizu digitalnih enobitnih spremenljivk organiziranih v 32-bitne registre. Te podatke je možno preko modula za vodenje posredovati nadrejenemu sistemu in/ali realizirati interno signalizacijo. Naprava ima za signalizacijo tri možnosti :

- grafični lokalni LDU panel (prikazovalnik),
- relejsko signalizacijo za izbran dogodek ali
- optično signalizacijo s svetlečimi diodami (LED).

Podatki se podajajopreko komunikacijske pomnilniške slike in se jih povezuje na komunikacijske releje (za SCADA ali za LDU in LED na LDU-ju) ali pa na proste izhodne releje. Signali se ob tem povezujejo še preko modulov za izvajanje logičnih funkcij v bitni aritmetiki. Isto velja za signale, ki jih zajamemo preko zunanjih digitalnih vhodov in jih povezujemo z izhodnimi releji.

3.2.13 **Kontrola izklopnih tokokrogov KIT (ang. *Trip Circuit Supervision*)**

Naprava avtonomno izvaja funkcijo kontrole izklopnih tokokrogov. V ta namen je treba vedno parametrirati dva digitalna vhoda, ki smeta biti zaradi posebnosti v strojni opremi le zadnja dva (19. in 20.), ker imata med seboj ločeno maso. Rezultat nadzora izklopnih tokokrogov je interni digitalni status oziroma alarm. Stanje KIT je normalno, če ima vsaj eden od vhodov vrednost 1. Neregularni stanji sta 00 in 11. Za vsako od teh dveh neregularnih stanj določimo zakasnitev, po preteku katere se sproži alarm.

3.2.14 **Avtomatski ponovni vklop APV**

Približno 85 % okvar na nadzemnih vodih po izkušnjah predstavljajo kratki stiki, ki so po naravi kratkotrajni in izginejo po delovanju zaščite, kar pomeni, da jih lahko ponovno priključimo na omrežje. Ponovna priključitev se izvede po preteku določenega časa (mrtvi čas) preko funkcije APV (avtomatski ponovni vklop). Če okvara po APV ni izginila, bo zaščita ponovno izklopila odklopnik. V mnogo primerih se nastavi več poskusov ponovnih vklopov.

V napravi je realiziran tripolni (ang. *multi-shot*) avtomatski ponovni vklop. Funkcija avtomatskega ponovnega vklopa je vezana na funkcije zaščit, ki so vgrajene v napravo FPC 620.

<u>DELOVANJE APV</u>

Ob zagonu modula, se stanje pripravljenosti APV za delovanje postavi v predhodno stanje.

Pomembna signala, ki vplivata na pravilno delovanje APV sta ročni vklop in ročni izklop. Signala sta posledica operacije komanda za ročni vklop ali ročni izklop odklopnika, ki se izvede preko FPC 620 in/ali pa signala pripeljemo na FPC 620 preko dveh digitalnih vhodov.

3.2.15 **Komanda za izklop po zaščiti ter izvajanje vklopno izklopnih komand**

Vsi zaščitni moduli v napravi FPC 620 ob delovanju postavljajo statusne bite v svojih izhodnih registrih, ki jih s pomočjo orodja za parametriranje, konfiguriranje in nadzor povežemo preko modula CB Control s trip relejem oziroma poljubno nastavljamo in vodimo na različne izhodne signalizacijske točke (LED diode in signalizacijske releje, na LDU in SCADA). To velja tudi za vse druge posamezne funkcije oziroma funkcijske module.

Posamezne funkcije v napravi FPC 620 preko njihovih digitalnih in analognih vhodnih oziroma izhodnih registrov poljubno povezujemo med seboj s pomočjo orodij za nadzor, kofiguriranje in parametriranje .

Na ta način katerikoli funkcijski modul povežemo z katerimkoli zunanjim digitalnim vhodom ali z izhodi notranjih funkcijskih modulov, kot so rezultat programskih blokad, preverjanja sinhronizacije, bitne logike in podobno.

Vklopno komando lahko pošljemo na več različnih načinov, posledično se tudi aktivira interni status tripolni avtomatski ponovni vklop pripravljen (ang. *ARC Ready*):

- lokalno (tipka na celici – mehanski vklop): zaščitna naprava FPC 620 samo zajema status komande,
- lokalno (preko LDU-ja): naprava preko LDU izda komado za vklop odklopnika in jo preko vklopnega releja izvrši,
- daljinsko (SCADA): preko komunikacijskih vmesnikov naprava prejme komado za vklop odklopnika in jo preko vklopnega releja izvrši,
- s pomočjo funkcije tripolnega avtomatskega ponovnega vklopa (APV), zaščitna naprava pošlje preko za to namenjenega vklopnega releja (ang. ARC relay) komando za vklop odklopnika.

Na enak način, kot je izvedena komanda za vklop je izvedena tudi komanda za izklop. Ob prvem delovanju katere od zaščit se aktivira interni status APV prekinjen oziroma definitivni izklop (ang. *definite trip*):

- lokalno (tipka – mehanski izklop): zaščitna naprava FPC 620 samo zajema status komande,
- lokalno (preko LDU-ja): naprava preko LDU izda komando za izklop odklopnika in jo preko izklopnega releja izvrši,
- daljinsko (SCADA): preko komunikacijskih vmesnikov prejme komado za izklop in jo preko izklopnega releja izvrši,

- izklop odklopnika se izvrši po delovanju katere od zaščitnih funkcij preko za to namanjenega izklopnega releja (ang. *trip relay*).

3.2.16 **Vodenje, zajem in izračun**

Funkcije vodenja, zajema in izračuna so poleg zaščite in APV-ja osnovne funkcionalnosti zaščitne naprave. Posamezne funkcije so izvedene v posameznih funkcijskih modulih, ki se jih preko baze podatkov realnega časa (ang. *real time database RTDB*) in atomične baze v SCU modulu smiselno povezuje med seboj s pomočjo orodja iClient. To velja tudi za vse ostale funkcijske module vsebovane v FPC 620.

V funkcijah 'zajem' in 'izračun' se izvaja:

- zajemanje eksternih in internih digitalnih vhodov,
- zajemanje in izračun analognih izmeničnih, enosmernih in PQM meritev,
- izračun faznih moči in izračun moči trifaznega sistema,
- zajem in izračun števčnih meritev preko digitalnih vhodov,
- izračun delovne in jalove energije iz analognih meritev preko izračuna moči,
- zajem absolutnega časa,
- zajem oscilografije …

V funkcijo zajem in izračun spada tudi krmiljenje izhodnega DO modula oziroma posredno tudi izhodnih relejev.

Vodenje izvaja tri pomembne funkcije:

- interna obdelava signalov,
- posredovanje informacij (podatkov) nadrejenemu sistemu in sprejem ter izvedba ukazov,
- neprestano samotestiranje.

Naprava FPC 620 za zajem digitalnih vhodov in krmiljenje izhodov uporablja kartico DIO z enim naslovom in dvema moduloma DI in DO, za zajem analognih veličin pa uporablja kartico AI DSP. V modulu 'zajem in izračun' se preko iClienta parametrirajo vsi potrebni sistemski in specifični parametri za nastavitev modulov DI, DO in DSP.

Interna obdelava signalov

Interna obdelava signalov se izvaja konstantno, ne glede na to, ali naprava komunicira z nadzorno postajo ali ne. V tem procesu se izvaja sledeče:

- obdelava zunanjih in internih digitalnih signalov ter generiranje dogodkov s časom in alarmov,
- posredovanje dogodkov in alarmov na LDU grafični prikazovalnik naprave preko SCU modula z uporabo interne komunikacije. Posredovani podatki se na grafičnem zaslonu prikažejo v obliki liste alarmov, liste dogodkov in alarmov ter animirane sheme stanj preklopnih elementov,
- posredovanje analognih meritev na zaslon naprave na LDU grafičnem prikazovalniku. Posredovani podatki se na grafičnem zaslonu prikažejo v obliki liste meritev,
- posredovanje delovne in jalove moči izračunane iz analognih meritev na zaslon naprave na LDU grafični prikazovalnik naprave preko interne komunikacije,
- komande in relejska signalizacija kot odziv na izbran digitalni vhod – zunanji ali interni. Ta se izvede preko modula za signalizacijo (ang. *pulse signals*) na izbrani izhodni rele. Povezuje pa se jih tudi preko modulov bitne aritmetike,
- LED signalizacija kot odziv na izbran digitalni vhod – zunanji ali interni,
- posredovanje števčnih in statističnih meritev zajetih preko digitalnih vhodov na zaslon na LDU grafičnem prikazovalniku,
- izvajanje nadzora izklopnih tokokrogov in posredovanje nadzora na zaslon na LDU grafičnem prikazovalniku.

Posredovanje podatkov nadrejenemu sistemu in sprejem komand

Vsi podatki, ki se zajemajo ali generirajo v napravi, se lahko posredujejo tudi nadrejenemu sistemu (nadrejeno komunikacijsko vozlišče, SCADA). Zbirajo se v bazi realnega časa in se preko RTDB gonilnika posredujejo komunikacijskemu modulu SCU s komunikacijskim protokolom IEC 870-5-103 ali 104.

FPC 620 sprejema komande iz dveh izvorov – od LDU prikazovalnika in od nadrejenega sistema preko internega komunikacijskega modula SCU s komunikacijskim protokolom IEC 870-5-103 ali 104. Komanda poteka preko RTDB gonilnika v RTDB bazo, od tam pa na module za izvrševanje komand, odvisno od namena in tipa komande. Od teh modulov se komanda posreduje izhodnim relejem. Naprava pošlje nadrejenemu sistemu povratno informacijo o sprejetju komande.

V sklopu vodenja je tudi interna ura. Njena resolucija je 1 ms, sinhronizacija s svetovnim časom pa se vrši iz nadrejenega sistema po komunikacijski liniji. Ta ura je osnova za opremljanje dogodkov s točnim časom nastanka, zato se interne ure na različnih enotah FPC 620 na isti liniji ne razlikujejo za več kot ± 10 ms.

Funkcija vodenja izvaja sledeče naloge:

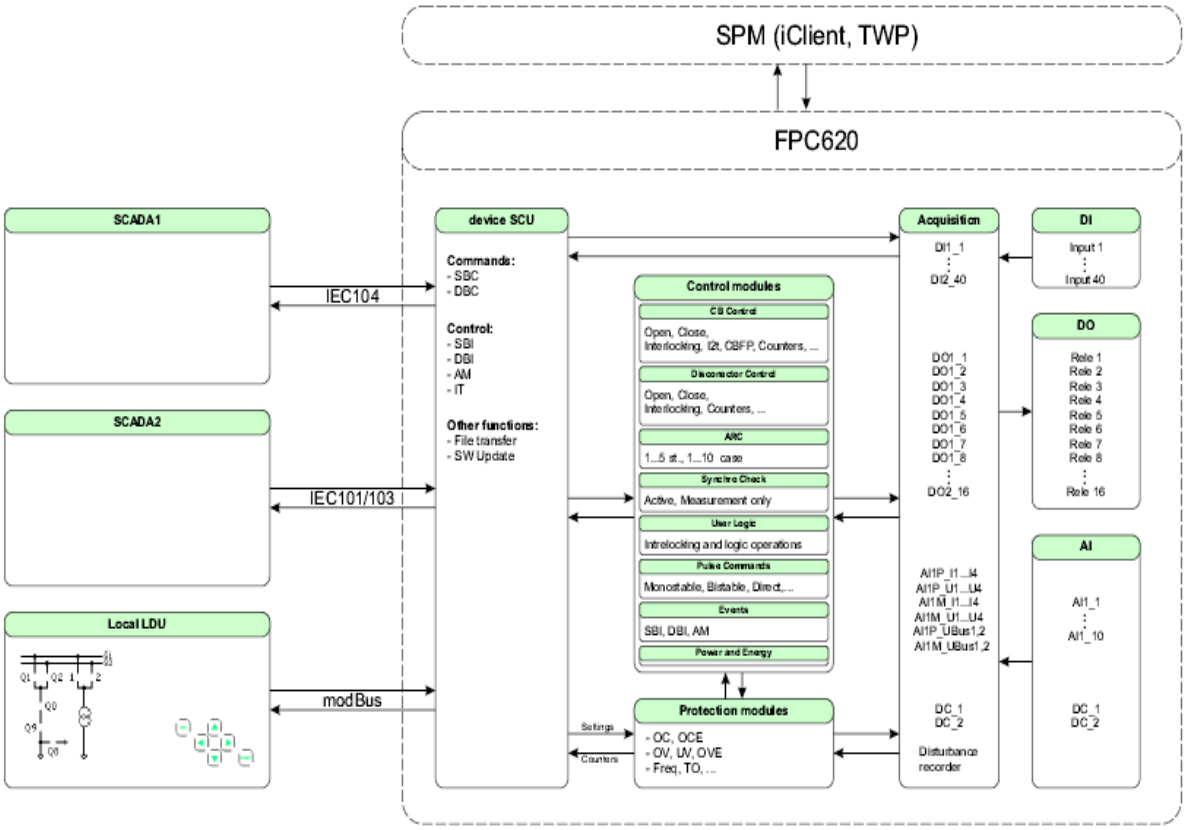
- trip komanda, ki pride iz zaščitnih funkcij, izklopi odklopnik,
- APV komanda, ki pride iz APV funkcije vklopi odklopnik,
- operater lahko preko DI vhoda vklopi ali izklopi stikalo,
- vklop ali izklop stikala se preveri v funkciji za zapahovanje. Če pogoji zapahovanja niso izpolnjeni, obstaja možnost blokiranja komande,
- v funkciji za nadzor odklopnika (ang. *CB control*) so zbrani podatki o stanju odklopnika I2t, število izklopov.

Moduli vodenja

Vodenje sestavljajo naslednji moduli:

- Event – dogodki visoke resolucije – pošiljanje dogodkov s časom iz RTDB v SCU,
- CB control – *disconnector control* (upravljanje in nadzor odklopnika ali ločilke),
- Pulse Signals – izvedba komande (RT) – upravljanje z releji na napravi. Uporablja se pri ostalih komandah, npr. upravljanje stopnje regulacije transformatorja …
- Bit utility (RT) – preproste logične operacije (AND, OR, XOR, NOT, RS). Na primer za združevanje dveh ali več logičnih signalov v logične funkcije,
- User logic – kompleksne logične operacije predvsem za potrebe zapahovanja v celici (*bay interlocking*) v modulih CB control in Disconnector control.

Blok shema povezav glavnih funkcijskih modulov se nahaja na sliki 13.



Slika 13 – Diagram modulov vodenja

3.2.17 **Podatkovna baza RT**

Vsi podatki v napravi se nahajajo v skupni bazi, ki jo imenujemo RTDB (*real time database*) ali RT baza. RT baza je centralni informacijski sistem v napravi, preko katerega prehajajo podatki med različnimi funkcijskimi moduli. Baza vsebuje vse informacije, ki obstajajo v napravi. Vsi funkcijski moduli se nato povezujejo na registre preko svojih vhodov in izhodov.

Na primer: zajemalni modul ACQ zajema vrednosti iz perifernih enot in jih zapisuje v bazo. Modul FCD (ang. *fault current detection*) nato te vrednosti bere iz baze in deluje na njihovi podlagi.

<u>Zgradba in delovanje</u>

Podatki v bazi so organizirani v podatkovne bloke DTBLK…, ki vsebujejo registre REG… Podatkovni bloki vsebujejo smiselno grupirane registre po vrstnem redu. Vrednost registra (VAL) je zapisana kot groba vrednost (ang. *raw value*), iClient pa zna izpisati tudi preračunano vrednost (ang. *calculated value*).

Vsak podatkovni blok ima svoje unikatno ime. Število podatkovnih blokov, ki jih je mogoče dodati, je poljubno, vsakemu pa je treba nastaviti unikaten naslov. Število blokov, za katere se rezervira prostor (ang. *datablock count*) mora biti večje ali enako, kot je največji naslov bloka.

Vsak register in vsak blok ima svoje unikatno ime. Število registrov znotraj bloka, ki se jih lahko doda, je poljubno, vsakemu je treba nastaviti unikaten naslov. Število registrov, za katere se rezervira prostor mora biti večje ali enako, kot je največji naslov registra.

Registri vsebujejo podatke tipa 32-bitno celo število. Register ima ob zagonu naprave privzeto vrednost 0, možno pa je nastaviti poljubno začetno vrednost.

3.3 Delo z napravo

Napravo se upravlja s sodobnim in zmogljivim uporabniškim vmesnikom iClient s pomočjo osebnega računalnika, delovne postaje, priključene neposredno na napravo, ali preko lokalnega omrežja [5]. Nekatere naprave imajo vgrajeno ali dodano še upravljalno ploščo z LCD zaslonom, imenovano LDU. Ta omogoča spremljanje stanja celice, izdajo komand pregledovanje dogodkov, meritev itd.

iClient je osnovan po principu kontekstnega uporabniškega vmesnika, ki se prilagaja izbrani vsebini in tipu uporabnika (več nivojev uporabnikov). Uporablja sodobne gradnike in pristope, kot so: drevesni prikaz strukturiranih podatkov, kontekstni meniji, namigi, dialogi, zavihki, ikone, bližnjice, navigacijska in statusna vrstica ter podpora naprednim akcijam z miško (dvoklik, povleci in spusti ...) Omogoča delo z mapami in datotekami datotečnega sistema naprave in osebnega računalnika, urejanje nastavitvenih datotek (.xml, .xsd, icd, .scd) v različnih pogledih ter datotek drugi tipov.

Pri delu v računalniškem lokalnem omrežju samodejno poišče in označi dosegljive naprave. Omogoča delo z napravo v živo in v nepovezanem načinu z lokalno kopijo ter sočasno delo z več napravami in lokalnimi kopijami. Lokalne kopije so namenjene arhiviranju, restavriranju, naknadnem urejanju in pripravi različic nastavitev ter pregledovanju zajetih podatkov z naprave.

3.3.1 Povezava z napravo

Povezava med napravo in uporabniškim vmesnikom iClient poteka po računalniški mreži. Ethernet. Vmesnik naprave se z mrežnim kablom (568-B/568-B) poveže v mrežno stikalo, kamor je priključen osebni računalnik z uporabniškim vmesnikom iClient. V primeru neposredne vezave, mimo mrežnega stikala, se uporabi križni mrežni kabel (568-A/568-B). Komunikacija poteka po protokolih TCP/IP in HTTP [4].

3.3.2 Uporabniški vmesnik iClient

Sodoben in zmogljiv uporabniški vmesnik iClient je namenjen nastavljanju in upravljanju naprav NEO 3000 s pomočjo osebnega računalnika. Z njim se ustvari in prilagaja nastavitve naprave, pregleduje žive procesne podatke in diagnostične informacije ter izvaja zahteve v zvezi z delovanjem naprave in sistema v katerem deluje [5].

iClient se uporabniku prilagaja glede na trenutno izbrano vsebino. Pri posameznem podatku ali parametru, je uporabniku na voljo prilagojen kontekstni meni in hitri opis – namig. Preglednost je podprta z več načini prikaza, nabor in dostopnost informacij se prilagajata tipu uporabnika. Uporaba bližnjic omogoča hitro in učinkovito delo. Pri predstavitvi vsebin so uporabljene barve, simboli in ikone, ki grafično ponazarjajo pomen in stanje posameznega objekta.

Podprto je sočasno delo z več napravami v računalniški mreži. V izbranem omrežju iClient v danem trenutku samodejno poišče in označi trenutno dosegljive naprave. Na posamezno napravo se lahko prijavi več uporabnikov hkrati.

iClient ima vgrajene naslednje funkcije:

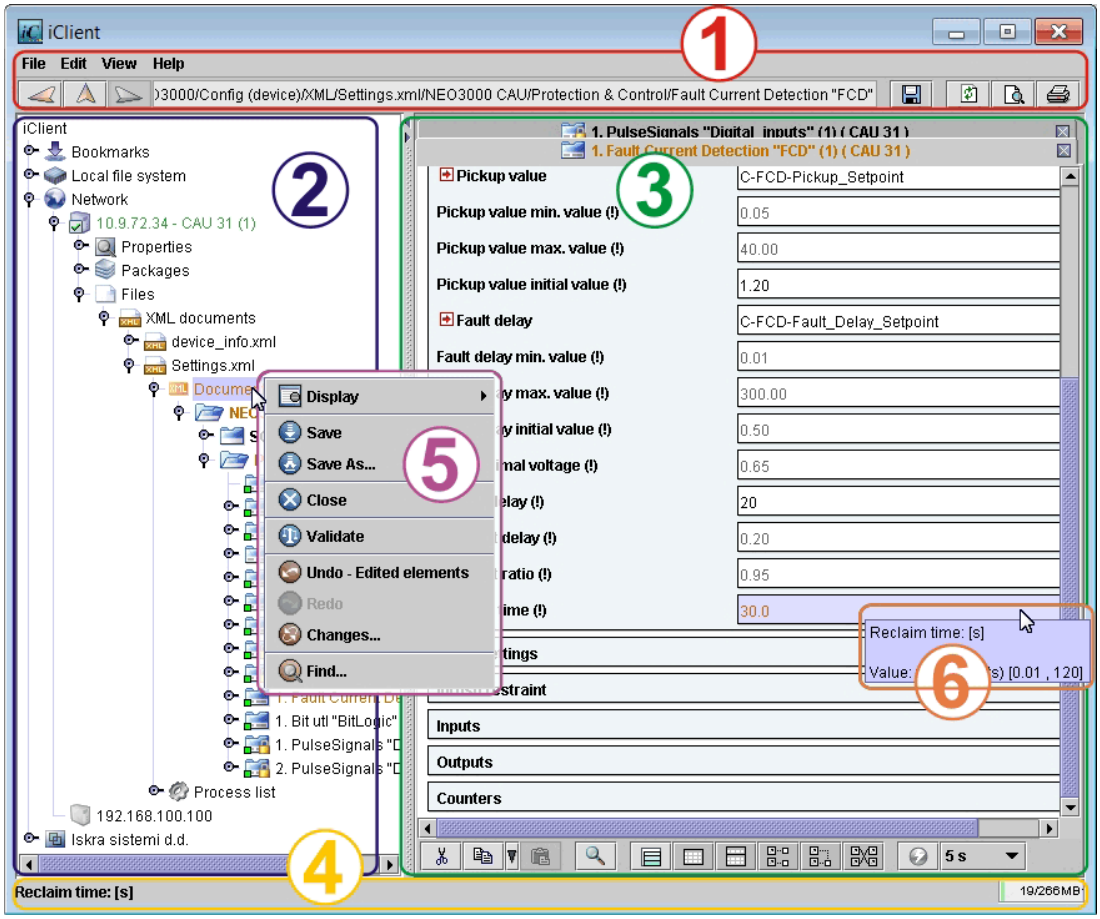
- delo z dokumenti in nastavitvami,
- XML nastavitvene dokumente, osnovane na shemi XSD, prikazane drevesno,
- pregledovanje COMTRADE oscilografskih posnetkov,
- urejanje LDU predlog za prikaz slik in podatkov na zaslonu naprave,
- pregledovanje tekstovnih datotek (.txt, .rtf, tabelarično prikazan .csv in HTML strani),
- pregledovanje slik (GIF, JPEG, PNG in BMP),
- vpogled v žive procesne vrednosti in nastavitve naprave,
- izvajanje vgrajenih komand,
- samodejno iskanje NEO 3000 naprav v podanem omrežju,
- diagnostika naprav,

- možnost sočasne povezave z več napravami in lokalnimi kopijami,
- posodobitev NEO 3000 aplikacij,
- administracija uporabnikov in
- nastavitev povezave z napravo.

3.3.2.1 **Delovno okno**

Okno uporabniškega vmesnika je razdeljeno na štiri področja (slika 14):

1. V zgornjem delu se nahaja glavni meni in navigacijska vrstica z bližnjicami pogosto uporabljenih funkcij.
1. Centralni del sestavljata **projektno drevo** na levi strani in
2. **pregledovalnik vsebine** na desni, med njima se nahaja premičen ločilnik. Pregledovalnik vsebine je v spodnjem delu opremljen z orodno vrstico z orodji, vezanimi na trenutno prikazano vsebino
3. Na dnu se nahaja **statusna vrstica**. Na levi strani je kratek opis objekta ali namig, nad katerimi se trenutno nahaja kazalec miške. Na desni strani je prikazana količina sistemskega pomnilnika, ki ga zaseda aplikacija v primerjavi z razpoložljivim pomnilnikom. V primeru, ko se prikaz obarva rdeče, je treba zmanjšati število odprtih dokumentov.



Slika 14 – Glavno okno iClienta

Uporabniku sta v pomoč še:

4. objektu sproti prilagojen **Kontekstni meni**, sprožen z desnim klikom nad elementom drevesa,
5. **Namig – *tooltip***, ki se za kratek čas pokaže samodejno pri postavitvi kazalca miške nad objekt.

Gradniki projektnega drevesa so v prvem nivoju imenovani razdelki, v naslednjih pa objekti ali splošni elementi. Projektno drevo in pregledovalnik vsebine delujeta usklajeno. Povezava med njima se odraža pri delu v enem ali drugem, na primer pri izbiri objekta v projektnem drevesu se vsebina prikaže v pregledovalniku vsebine, označeno polje povezave v XML dokumentu sproži v projektnem drevesu oznake elementov, na katere se je mogoče povezati, itd. Pri delu z več okni se povezava s projektnim drevesom izhodiščnega okna prekine.

3.3.3 Lokalni upravljalni panel LDU

LDU je namenjen komunikaciji med človekom in napravo oz. sistemom. Deluje le v povezavi z drugo napravo oz. sistemom preko serijske (RS 232, RS 485) ali mrežne komunikacije, v načinu nadrejeni/podrejeni (ang. *master/slave*) [4]. Prikazuje podatke ene naprave in omogoča naslednje funkcije:

- prikaz osnovne strani,
- prikaz vseh meritev in števcev,
- izdajanje komand ter preklop vodenja lokalno/daljinsko,
- potrjevanje prikazov alarmov,
- prikaz liste dogodkov in alarmov,
- nastavljanje (parametriranje),
- prikaz stanja digitalnih vhodov.

3.3.3.1 Opis strojnih elementov

Panel LDU ima spredaj LCD ekran, 13 led diod, 10 tipk in lokalni mrežni priključek. Zadaj je priključen na napravo tipa NEO 3000. Izdelan je v dveh fizičnih različicah, kot samostojna enota ali vgrajena v napravo.

Zaslon

Zaslon je monokromatski LCD z osvetljenim ozadjem s temperaturno kompenzacijo, dimenzij 11x6 cm in omogoča prikaz 240x128 točk oz. 30 x 16 znakov. Posamezni znak vsebuje 8x8 točk. Podpira večjezičnost in izpise po meri uporabnika.

Tipke

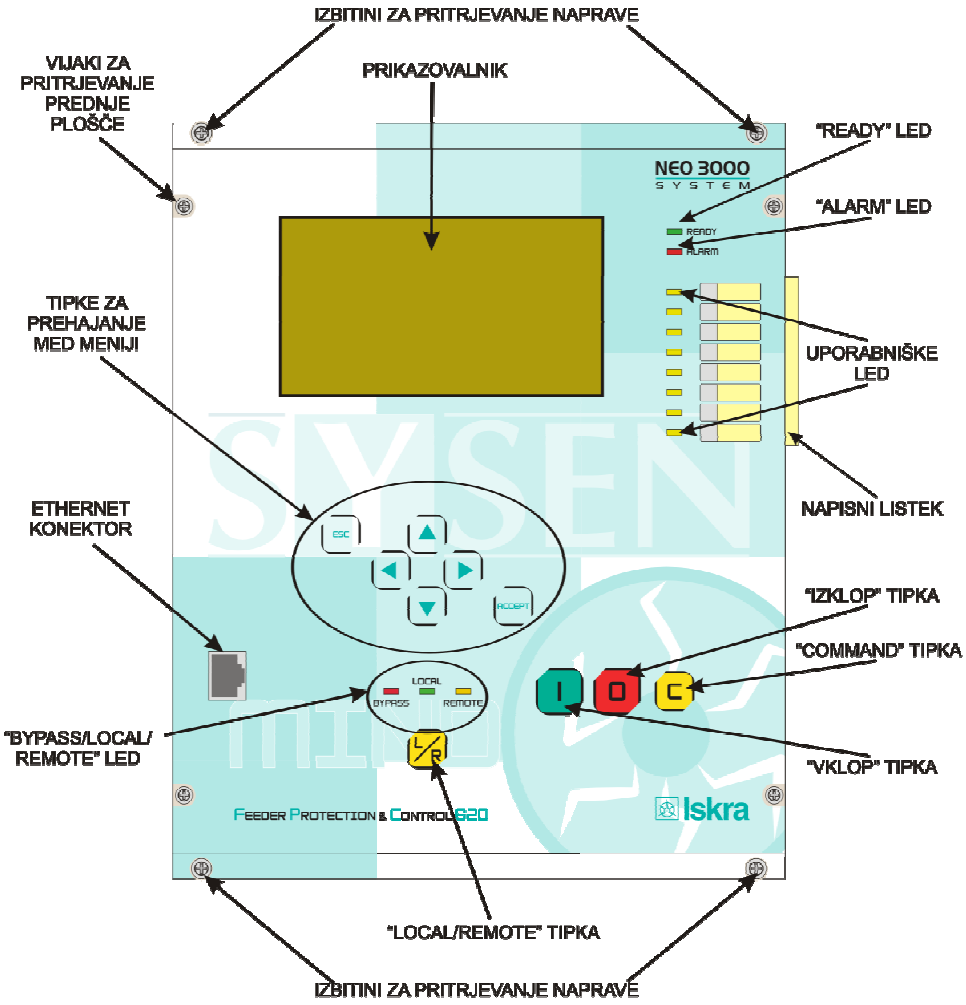
Na čelni plošči je 10 tipk, ki imajo na različnih straneh različno vlogo. Pomen posameznih tipk je opisan v tabeli 2.

◄	Premik levo, en nivo nazaj.	ESC	Izhod iz trenutnega prikaza, preklic operacije.
►	Premik desno, en nivo naprej.	ACC	Potrjevanje izbire, potrjevanje alarmov.
▲	Premik gor.	C	Način za izvedbo komand, izbira komande.
▼	Premik dol, osnovni meni.	I	Komanda za vklop.
L/R	Preklopka načina vodenja lokalno/daljinsko.	O	Komanda za izklop.

Tabela 2 : Seznam in pomen tipk

LED diode

Panel LDU (slika 15) vsebuje 2 sistemski in 8 nastavljivih funkcijskih LED diod ter signalizacijo načina vodenja (sistemske preklopke). Ob okvari, na primer izpadu komunikacije LDU–ja z napravo, vse LED diode ugasnejo.



Slika 15 – Videz LDU 900 na napravi FPC 620

Sistemska preklopka

Tipka L/R in tri LED diode služijo za preklop in indikacijo načina vodenja. LED diode po vrsti so: Lokalno, daljinsko, lokalno brez blokad (ang. *local, remote, bypass*).

Lokalni servisni priključek

Lokalni komunikacijski priključek je tipa ethernet in je namenjen lokalnemu dostopu do naprave, na katero je priključen LDU.

Vklop na napajanje

Ob vklopu naprave na napajanje se na ekranu najprej prikaže logotip proizvajalca (slika 16). V primeru uspešne vzpostavitve komunikacije LDU-ja z napravo NEO 3000, se za kratek čas izpiše IP naslov naprave, sicer pa izpis 'Napaka v komunikaciji!' Nato se naloži parametriran prikaz.

Slika 16 – Prikaz ob zagonu panela in uspešni vzpostavitvi komunikacije

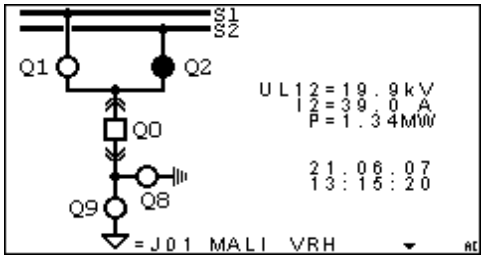
3.3.3.2 **Osnovna stran**

Osnovna stran se po uspešni komunikaciji z napravo, na katero je LDU priklopljen, prikaže kot začetna stran (slika 17). Na osnovni strani se prikazujejo naslednji elementi:

- slepa shema polja oziroma ozadje,
- ime polja,
- animirana stanja elementov (odklopnik, ločilnik ...) in
- osnovne meritve.

Kaj in kje se na ekranu prikazuje, je določeno v nastavitvah. Parametra X, Y sta koordinati, kje na ekranu se pokaže določen element, slika ali besedilo. Slepa shema je bitna slika iz datoteke. Izdelana jez namenskim urejevalnikom slik imenovanim Fast LCD, v obliko, primerno za prikaz, pa se jo po shranjevanju pretvori po priloženih navodilih . Ime polja je besedilo, ki se pokaže na koordinatah X, Y. Datum in čas se prikažeta vsak v svoji vrstici. Datum se prikaže v obliki 'yyyy-mm-dd,' čas pa v obliki 'hh:nn:ss.'

Animirani elementi so ikonam podobne animacije, ki se spreminjajo glede na opazovano vrednost. Tip animiranega elementa določa, za katero vrsto animacije gre. Animirani elementi lahko izvajajo tudi komande. Osnovne meritve običajno prikazujejo najpomembnejše vrednosti v energetski celici ali sistemu.



Slika 17 – Primer osnovne slike

3.3.3.3 **Komande**

Animirani elementi lahko izdajajo komande. To pomeni, da uporabnik preko tipk izda komando za določen animirani element, ki se odrazi kot vpis vrednosti v register. Komande se izvajajo le na animiranih elementih, ki so tako nastavljeni. Komande so onemogočene, če LDU nima pravilnega podatka o vodenju (*local/remote/bypass*).

V komandni način je moč preiti s kratkim pritiskom na tipko C. Prikaže se ozadje, ime polja, animirani elementi in izpisi izvedbe komand na enakih koordinatah kot glavni meni. Če LDU nima podatka o vodenju (lokalno/daljinsko/bypass), se izpiše sporočilo 'Sistemska napaka: Vodenje nedefinirano.'

Komanda ima obliko pulza. Lahko je enobitna ali dvobitna. Enobitna komanda ima vrednost 1, dvobitna pa ima vrednost 01 za izklop in 10 za vklop.

Povratne informacije se izpisujejo z besedilom, definiranim v nastavitvah. Po poteku časovnika se prikaže osnovna slika.

3.3.3.4 **Alarmi in dogodki**

V sistemu ali napravi nekateri podatki predstavljajo alarmna stanja (alarmi), njihove spremembe pa dogodke. Alarmi se prikazujejo na tri različne načine:

- z LED diodami, ki prikazujejo alarme na čelni plošči,
- z listo alarmov, ki prikazuje alarme v obliki seznama na ekranu in
- z listo dogodkov, ki prikazuje dogodke v obliki seznama na ekranu.

3.3.3.5 Analogne meritve

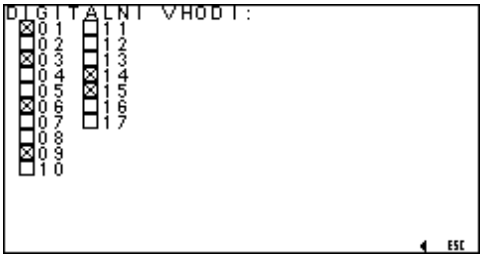
Na strani 'Analogne meritve' se prikazujejo meritve, ki jih meri naprava. Največje število prikazanih meritev na eni strani je 14 v enem stolpcu. Za prikaz analognih meritev so na voljo tri strani, kar skupaj znaša 42 meritev. Prikazovanje strani meritev je krožno.

Običajno se prikazuje osnovne meritve: U_{L1}, U_{L2}, U_{L3}, U_{L12}, I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}, I_e, P, Q in S. Pri nadzoru sinhronizacije (ang. *sinhrocheck*) prikazujemo še obe frekvenci in dodatno medfazno napetost drugega sistema.

Prikazana vrednost vrednosti ima fiksno dolžino, fiksno število decimalnih mest za decimalno vejico in je poravnana na desno. 3,141 s fiksno dolžino 6 in z 2 decimalnima mestoma se na primer prikaže kot3,14.

3.3.3.6 Digitalni vhodi

Stran z digitalnimi vhodi prikazuje stanje na fizičnih digitalnih vhodih naprave (slika 18). Vrednost digitalnega vhoda se pokaže v kvadratku ob številki vhoda. Vrednost 0 je prazen kvadratek, vrednost 1 pa prekrižan. Obliko izpisa določimo s številom stolpcev in vrstic v vsakem stolpcu.



Slika 18 – Prikaz stanj digitalnih vhodov

3.4 Komunikacije

3.4.1 Komunikacijski vmesniki s konektorji HW

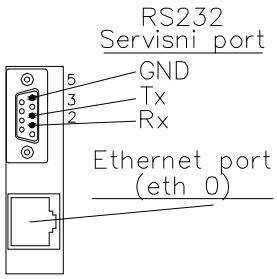
V vsaki napravi FPC 620 se nahaja komunikacijski vmesnik. Gre za tiskano vezje, ki omogoča napravi FPC 620 komunikacijo z ostalimi napravami, in je vmesni člen med zunanjim svetom in procesorskim vezjem [4].

- Ethernet vmesnik omogoča napravi povezavo v ethernet omrežje. Priključek je izveden preko standardnega RJ45 konektorja. Ta vmesnik je namenjen nastavljanju naprave preko ethernet omrežja.

- Servisni vmesnik na UART+ETH vezju, ki je priklopljeno na procesorsko vezje, je tipa RS 232 in deluje v standardnem načinu. Ta vmesnik ni galvansko ločen. Uporablja se za nalaganje osnovne programske opreme na CEP enoto, razhroščevanje in pregled osnovnih podatkov o delovanju naprave.
- RS 232 vmesnik deluje v standardnem načinu in je galvansko ločen od drugega. Največkrat se uporablja za priklop zunanje LDU naprave. Konektor je ženskega tipa DB9. Maksimalna razdalja med napravama je 15 m.
- Optični vmesnik omogoča komunikacijo po optičnih kablih in je tipa multimode. Omogoča priključitev naprave v nadrejeni sistem preko povezave točka-točka. Preko optičnega vmesnika naprava največkrat komunicira s SCADA računalnikom. En vmesnik vsebuje en optični sprejemnik in en optični oddajnik. Logika svetenja optičnega oddajnika je negativna, kar pomeni, da oddajnik sveti, kadar ne oddaja. To omogoča lažjo razlikovanje sprejemnih in oddajnih optičnih kablov.
- Vmesnik RS 485 je galvansko ločen in omogoča priklop na RS 485 vodilo, na katero je priključenih do 32 naprav. Konektor je tipa Phoenix MSTB s tremi kontakti in omogoča priklop žic s pomočjo vijakov. Maksimalna dolžina RS 485 vodila je 1200 m. Dodana stikala so namenjena njegovi terminaciji oz. stabilizaciji. Deluje v načinu half duplex, kar pomeni, da naprava ne more hkrati sprejemati in oddajati. Na omenjenem vodilu sme oddajati le ena naprava na enkrat. To zadovoljuje zahteve 'request-respond' komunikacijskih protokolov.

UART+ETH komunikacijski vmesnik

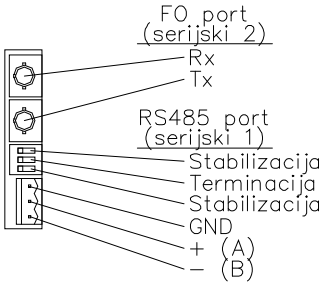
UART+ETH ima dva vmesnika: ethernet in servisni (slika 19).



Slika 19 – Videz konektorjev na modulu UART+ETH

RS 485+FO komunikacijski vmesnik

Vezje ima dva serijska vmesnika: RS 485 in optični (slika 20).



Slika 20 – Videz konektorjev na modulu RS 485+FO

3.4.2 **SCU820 Komunikacijski sistem**

SCU820 je namenjen komunikaciji naprav družine NEO 3000 z nadrejenimi sistemi vodenja ali kot komunikacijski pretvornik [5]. Izvaja se v osnovnem (uporabniškem) delu večopravilnega operacijskega sistema. Sestavi se modularno glede na zahtevano funkcionalnost in opravlja sledeče funkcije:

- omogoča komunikacijo naprave ali pretvorbo protokola po standardih IEC870-5-101, 103,104 in DNP3,
- sinhronizira sistemsko uro po enem od komunikacijskih protokolov ali zunanjim GPS-NTP strežnikom,
- komunicira preko serijskega in mrežnega TCP/IP vmesnika,
- komunikacija podpira pošiljanje enobitnih, dvobitnih stanj in dogodkov, analognih meritev, prejem komand, spontanega pošiljanja sprememb, pošiljanja analognih meritev ter interne indikacije.

Splošen izraz, ki se uporablja za opis podatka v sistemu SCU je objekt. Poleg gole vrednosti ta vsebuje še druge informacije o podatku, ki se prenaša (npr. časovna značka, zastavice, atributi ...) in parametre. Več objektom enakega tipa je mogoče enake parametre nastaviti z uporabo predlog.

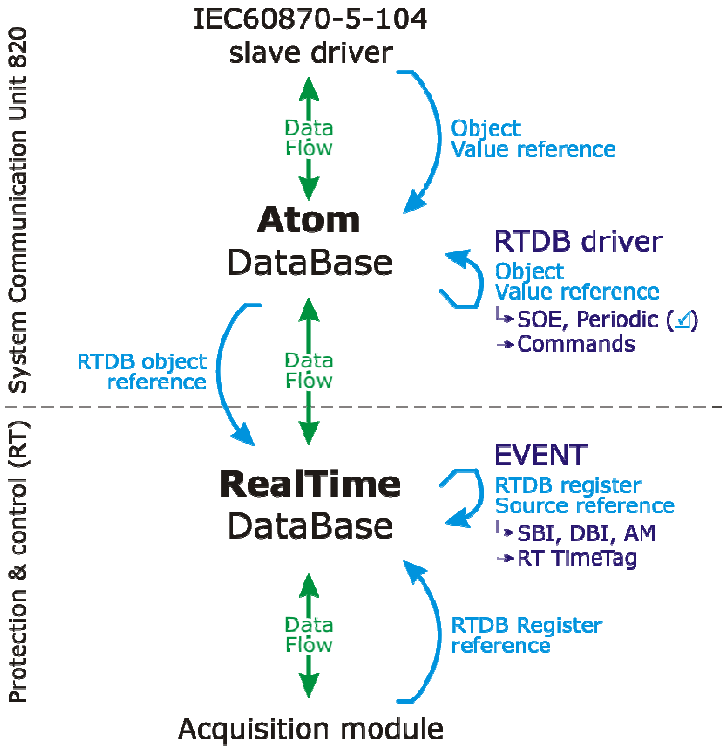
3.4.2.1 **Nastavitve in sodelujoči moduli**

Nastavitve se nahajajo v glavni nastavitveni datoteki (Settings.xml) v razdelku SCU in osnovni konfiguracijski datoteki NEO 3000 aplikacij NEO 3000.conf.

Modulov, ki sodelujejo pri prenosu informacij iz naprave, je več. Vsak opravlja določeno nalogo in prispeva k posredovanju podatkov, zato morajo biti vsi moduli pravilno nastavljeni. Moduli so naslednjih tipov:

- podatkovna baza: atomična baza (ang. *atom base*) je podatkovno skladišče informacij. Trenutne vrednosti so zapisane v enotah, imenovanih Atom,
- gonilniki:
  - RTDB gonilnik omogoča komunikacijo med atomično bazo in bazo realnega časa (RT), sistemom, v katerem se izvajajo zajemalni, izvršilni in zaščitni moduli,
  - IEC870-5-101/103, 104 in DNP3 skrbi za to, da se dogodek iz atomične baze pošlje v nadzorni sistem po komunikacijskem mediju v standardni obliki,
- povezovalni moduli Link,
- gonilnik fizičnega vmesnika Adapter glede na zahtevan komunikacijski medij (serijski ali mrežni vmesnik),
- RT modul Event skrbi za to, da se ob vsaki spremembi vrednosti registra generira dogodek, se opremi s časovno značko in prenese do RTDB gonilnika.

Podatkovne objekte modulov se povezuje posredno preko atomov SCU podatkovne baze. Slednje je nazorno prikazano spodaj (slika 21).



Slika 21 – Medsebojno povezovanje objektov

3.4.2.2 **Atomična baza**

Atomična baza vsebuje vse podatke, pomembne za prenos po komunikaciji v nadrejen sistem vodenja, lokalno upravljalno ploščo LDU ali interno diagnostiko delovanja komunikacijskega sistema. Zgrajena je iz omejenega števila t. i. atomov. Atom med delovanjem nosi trenutno vrednost (stanje) podatka. Ima svoje unikatno ime, ki naj bo enako, kot je ime izvora (npr. ime registra baze RTDB).

Določimo tudi tip atoma:

- digitalni: enobitne ali 32-bitne celoštevilske vrednosti,
- analogni: 64-bitne vrednosti v obliki številke s plavajočo vejico.

3.4.2.3 **RTDB gonilnik**

RTDB gonilnik prejema dogodke iz modula Event, periodično zajema želene vrednosti iz registrov baze RTDB ali pa vanje posreduje komande.

Pri periodičnem zajemanju vrednosti se cikel za posamezen podatek določi z razredom. Ti so označeni s številkami od 1 do 8 (ang. class *1 – class 8*). Navadno se največ podatkov prenaša z normalnim ciklom (npr. 30 s). Temu sta namenjena dva razreda, katerih porazdeljena uporaba razbremeni trenutek osveževanja.

3.4.2.4 **Standardni gonilniki komunikacije**

Komunikacija je v grobem sestavljena iz povezave in aplikativnega dela (po OSI standardu). Povezava skrbi za to, da je med napravo in nadzornim sistemom vzpostavljena pot, ki omogoča pošiljanje podatkov po izbranem standardu (aplikativni del).

Standard določa razne tipe objektov, ki določajo obliko in način prenosa podatkov. Pri nekaterih je mogoče uporabiti predloge skupnih parametrov.

<u>Gonilnik IEC870-5-101/104</u>

Standardni gonilnik je nadrejenega ali podrejenega tipa (ang. *master/slave*). Za delovanje potrebuje ustrezen povezovalni modul (Link), ta pa je odvisen od primernega fizičnega vmesnika (Adapter). Omogoča prenos naslednjih tipov podatkov:

- SBI – enobitna stanja in dogodki,
- DBI – dvobitni statusi in dogodki,
- BS – podatek o poziciji in večbitni podatki,
- DM – meritve in normalizirane vrednosti,

- IT – integrirane vsote,
- AM – analogne meritve,
- SBC – enobitni komande in
- DBC – dvobitni komande.

Način delovanja določimo sami (*controlled* – podrejeni, *controlling* - nadrejeni). Za delovanje v izbranem načinu mora biti povezana odvisnost na ustrezen modul Link z enakimi nastavitvami načina delovanja.

Podatkovni objekti morajo biti povezani na pripadajoče atome. Poimenovani morajo biti z unikatnim imenom, ki je praviloma enak imenu povezanega atoma. Parameter IOA (*information object address*) je unikatna številka objekta – naslov objekta na komunikaciji. Podrobne lastnosti objekta (periodiko, filtriranje dogodkov Event/SOE ...) je mogoče določati specifično za vsak objekt ali skupinsko s pomočjo predlog.

Prejetim komandam je treba določiti, kateremu modulu naj bodo posredovane, in sicer s parametrom 'izvršilec komand (ang. *command executor*), ki se poveže na glavo izvršilnega gonilnika, navadno je to RTDB gonilnik, ki mora prav tako vsebovati nastavitve omenjene komande. Podprta je obdelava eno- in dvo-faznih komand.

3.4.2.5 **Fizični vmesniki (Adapters)**

V tem modulu so zbrani vsi gonilniki za fizične vmesnike, preko katerih lahko naprava komunicira. Vsak vmesnik ima svoje ločene nastavitve:

- serijski vmesniki ali
- TCP/IP vmesniki.

Serijskemu vmesniku se nastavi hitrost, dolžino znaka v bitih in pariteto (ang. *baud rate, data bits, parity*), in sicer enako kot je na strani nadzornega sistema.

Mrežnemu TCP/IP vmesniku se v modulu nastavi IP naslov nadzornega sistema (ang. *IPaddress*) in vrata (ang. *gate*), preko katerih komunicira.

Posamezni mrežni vmesnik na različnih vratih lahko komunicira z več protokoli hkrati.

3.4.2.6 **Modul 'Event'**

Nahaja se v sekciji za zaščito in nadzor (ang. *protection&control*) nastavitvene datoteke in spremlja dogodke v realnem času izvajanja. Ob spremembi vrednosti povezanega RTDB registra dogodek, opremi s časovno značko in prenese v komunikacijski sistem (npr.

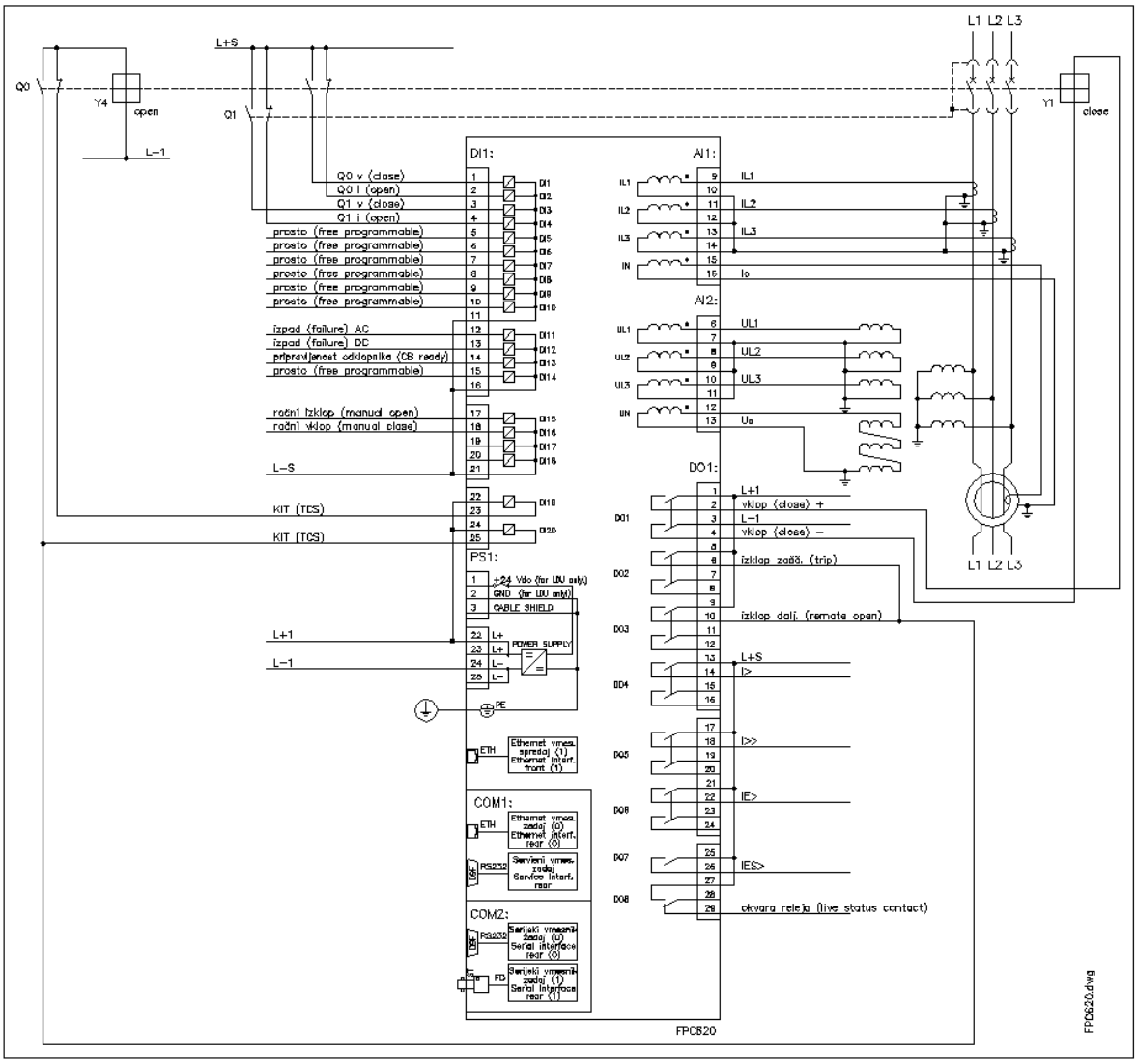
SCU/RTDB gonilnik). Posamezni tip dogodkov se nastavi s posebnim parametrom in zahteva svojo instanco modula:

- Event-SBI_Events – za enobitne dogodke. Enobitni dogodki so namenjeni posredovanju t. i. enopoložajne signalizacije, na primer alarmov,
- Event-DBI_Events – za dvobitne dogodke. Dvobitni dogodki so namenjeni stanju dvopoložajne signalizacije, kot so na primer stanja stikal,
- Event-AI_Events – je namenjen pospeševanju prenosa analognih vrednosti ob prekoračitvah nastavljenega tihega območja.

Časovna značka se ustvari iz povezanih registrov za čas (ang. *time stamp/seconds*, *time stamp / fraction*), ki ga zagotavlja modul za zajem (ang. *aquisition*). Vse instance modulov Event morajo imeti povezana ta dva vhodna registra.

3.5 **Priključitev**

Električno shemo priključitve naprave vodenja in zaščite FPC 620 prikazuje slika 22. Na njej je vidno, kako so postavljeni digitalni in analogni vhodi, digitalni (relejski) izhodi, komunikacijski vmesniki ter napajanje. Postavitev je značilna za vse naprave FPC 620.



Slika 22 – Tipična priključitev naprave

4 Izvedba pilotskega projekta Instalacija sistema zaščite in vodenja NEO 3000 v RP Balos

4.1 Kronologija

Dogovor o izvedbi pilotskega projekta NEO 3000 v RP Balos je bil podpisan maja 2005. Namen projekta je bil testiranje obnašanja novega sistema NEO 3000 v fazi življenjske dobe od začetka izdelave do obratovanja v realnih razmerah. Poudarek naj bi bil na doseganju želenih parametrov sistema v obratovanju, predvsem na področju zanesljivosti in funkcionalnosti. Hkrati je bil namen pilotskega projekta tudi preverjanje sistema z vidika upravljanja, parametriranja in vzdrževanja ter pridobivanje uporabnikovih povratnih informacij in pripomb za izboljšanje uporabnosti.

Leta 2006 je bil izdelan PZI za RP Balos z novimi FPC 620 MIND. Projekt je bil izdelan na način, ki predvideva pričvrstitev FPC 620 MIND na montažne plošče, ki se jih vgradi v vrata celic. V začetku leta 2007 se je izvedlo popolno parametriranje celotnega sistema in montaža na terenu. Sistem se ni izkazal kot dovolj zanesljiv. Pomanjkljivosti so bile očitne v oziru funkcionalnosti (komunikacija z daljinskim centrom vodenja in oscilografija).

V letu 2008 je bilo odločeno, da bo zaradi boljše odpornosti proti motnjam in lažje izdelave v celoti zamenjana vgrajena strojna oprema z novimi FPC 620. Tako so bili aprila leta 2009 v RP Balos nameščeni povsem novi moduli vodenja in zaščite. Zamenjava strojne opreme je zahtevala tudi manjše spremembe v vezavi celic. Skupaj z novo strojno opremo so bile posodobljene tudi vse zaščitne funkcije in dodane nove funkcionalnosti. Za komunikacijo z DCV Elektro Gorenjska pa je bil zaradi zahtevanega protokola IEC 60870 -101 vgrajen SCU 820, ki deluje kot komunikacijsko vozlišče in protokol konverter.

V juliju 2009 so se izvajali testi zaščit, vendar se je izkazalo, da prihaja do težav pri zajemu analognih vhodov, ki se pri laboratorijskih testih v tovarni niso pokazali. V oktobru 2009 je bila nadgrajena programska oprema na vseh napravah, ki so bile vgrajene v RP Balos in tako je bila odpravljena težava pri zajemu analognih vhodov. Konec oktobra in v začetku novembra 2009 so bili izvedeni testi celotne nameščene opreme v RP Balos. Testirano je bilo delovanje zaščit, signalizacija z lokalno SCADA-o in DCV, oscilografije ... Vsi testi so bili

uspešni. S testiranjem smo končali 3. 11. 2009. S tem datumom se je pričela druga faza poskusnega obratovanja opreme.

Do Septembra 2010 ni prišlo do nikakršnega nepravilnega delovanja sistema. Podjetje Elektro Gorenjska d. d. se je tako odločilo tudi za zamenjavo in posodobitev primarne opreme (20 kV celice) v RP Balos. Vgrajena oprema za zaščito in vodenje ter izvedene storitve iz pilotskega projekta so bile posledično prilagojene primarni opremi. Februarja 2011 je bil sistem ponovno testiran in tako spuščen v pogon kot prvi sistem za vodenje in zaščito elektroenergetskih objektov NEO 3000.

4.2 Realizacija projekta

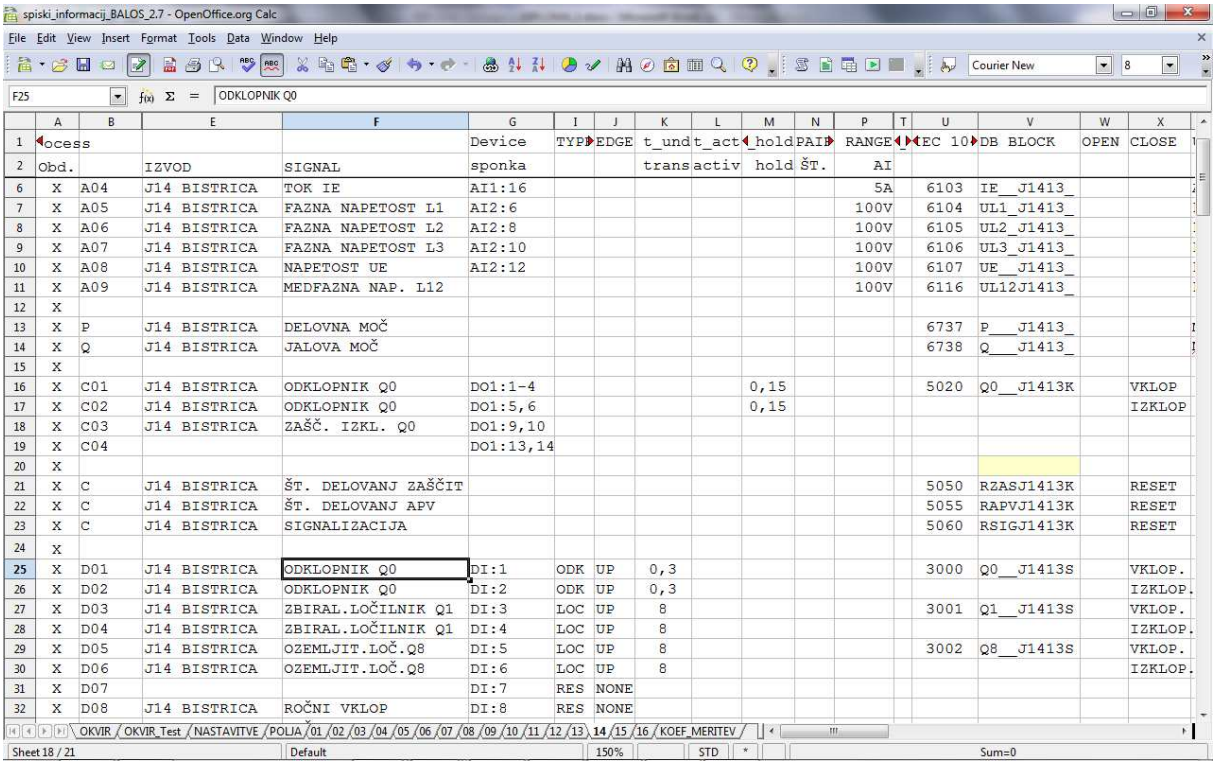
V sklopu pilotskega projekta so bile izvedene sledeče storitve:

- izdelava projektne dokumentacije in spiskov signalov za sekundarno opremo,
- izdelava in montaža opreme tovarni,
- parametriranje opreme,
- izdelava sistema SCADA,
- testiranje sistema SCADA in opreme v tovarni,
- montaža in povezava opreme ter testiranje sistema na objektu,
- usposabljanje kadra.

4.2.1 Izdelava projektne dokumentacije in spiskov signalov za sekundarno opremo

Projektno dokumentacijo za vsak projekt izdela projektant. V projektni dokumentaciji so zajeti vsi podatki o vezavi in delovanju za vsako napravo vodenja posebej. Dokumentacija kasneje predstavlja pomoč pri realizaciji projekta. Te podatke je treba zbrati skupaj v t. i. spiske podatkov.

Spiski podatkov (slika 23) se izdelajo na podlagi omenjene projektne dokumentacije. So največkrat uporabljeni dokument pri izdelavi aplikacije vodenja in osnova za vse nadaljnje projektno delo ter spremljajo projekt od prve do zadnje faze.



	A	B	E	F	G	I	J	K	L	M	N	P	T	U	V	W	X
1	ocess				Device	TYP	EDGE	t_und	t_act	_hold	PAI	RANGE		EC 10	DB BLOCK	OPEN	CLOSE
2	Obd.		IZVOD	SIGNAL	sponka			trans	activ	hold	ŠT.	AI					
6	X	A04	J14 BISTRICA	TOK IE	AI1:16							5A		6103	IE__J1413_		
7	X	A05	J14 BISTRICA	FAZNA NAPETOST L1	AI2:6							100V		6104	UL1_J1413_		
8	X	A06	J14 BISTRICA	FAZNA NAPETOST L2	AI2:8							100V		6105	UL2_J1413_		
9	X	A07	J14 BISTRICA	FAZNA NAPETOST L3	AI2:10							100V		6106	UL3_J1413_		
10	X	A08	J14 BISTRICA	NAPETOST UE	AI2:12							100V		6107	UE__J1413_		
11	X	A09	J14 BISTRICA	MEDFAZNA NAP. L12								100V		6116	UL12J1413_		
12	X																
13	X	P	J14 BISTRICA	DELOVNA MOČ										6737	P___J1413_		
14	X	Q	J14 BISTRICA	JALOVA MOČ										6738	Q___J1413_		
15	X																
16	X	C01	J14 BISTRICA	ODKLOPNIK Q0	DO1:1-4					0,15				5020	Q0__J1413K		VKLOP
17	X	C02	J14 BISTRICA	ODKLOPNIK Q0	DO1:5,6					0,15							IZKLOP
18	X	C03	J14 BISTRICA	ZAŠČ. IZKL. Q0	DO1:9,10												
19	X	C04			DO1:13,14												
20	X																
21	X	C	J14 BISTRICA	ŠT. DELOVANJ ZAŠČIT										5050	RZASJ1413K		RESET
22	X	C	J14 BISTRICA	ŠT. DELOVANJ APV										5055	RAPVJ1413K		RESET
23	X	C	J14 BISTRICA	SIGNALIZACIJA										5060	RSIGJ1413K		RESET
24	X																
25	X	D01	J14 BISTRICA	ODKLOPNIK Q0	DI:1	ODK	UP	0,3						3000	Q0__J1413S		VKLOP.
26	X	D02	J14 BISTRICA	ODKLOPNIK Q0	DI:2	ODK	UP	0,3									IZKLOP.
27	X	D03	J14 BISTRICA	ZBIRAL.LOČILNIK Q1	DI:3	LOC	UP	8						3001	Q1__J1413S		VKLOP.
28	X	D04	J14 BISTRICA	ZBIRAL.LOČILNIK Q1	DI:4	LOC	UP	8									IZKLOP.
29	X	D05	J14 BISTRICA	OZEMLJIT.LOČ.Q8	DI:5	LOC	UP	8						3002	Q8__J1413S		VKLOP.
30	X	D06	J14 BISTRICA	OZEMLJIT.LOČ.Q8	DI:6	LOC	UP	8									IZKLOP.
31	X	D07			DI:7	RES	NONE										
32	X	D08	J14 BISTRICA	ROČNI VKLOP	DI:8	RES	NONE										

Slika 23 – Spiski podatkov

Spiske podatkov se izdela za vsak zajemalni modul – napravo, uporabljeno v sistemu nadzora in vodenja elektroenergetskega objekta. Vsaka posamezna naprava ima svojo priključno shemo in naslovno mapo, ki pove kje se fizično zajemajo posamezni signali. Razporeditev signalov na sami napravi določi že projektant. Pri izdelavi spiskov podatkov smo postavili določena pravila, ki se nanašajo na dolžino opisa signala, ime signala itd.

Opisi signalov za vodenje se pošljejo naročniku v pregled za potrebe uskladitve z aplikacijo v DCV. V primeru kakršnihkoli sprememb se naredi popravke. Ko so opisi potrjeni, predstavljajo osnovo za nadaljnje delo, to je za izvedbo aplikacije SCADA ter vodenja s pomočjo naprav LDU.

4.2.2 **Parametriranje in testiranje opreme v tovarni**

Preden se naprave FPC 620, CAU 360 ter komunikacijsko vozlišče SCU820 po projektu poveže v sistem vodenja NEO 3000, jih je treba sparametrirati, pri čemer so nam v pomoč spiski podatkov, kjer so definirane funkcije vsakega digitalnega in analognega vhoda, izhoda, delovanje zaščit in vseh ostalih funkcij, ki jih podpira posamezna naprava.

Za parametriranje naprav se uporablja uporabniški vmesnik iClient, ki omogoča parametriranje celotne družine naprav NEO 3000. Uporabniški vmesnik in delo z njim je podrobneje opisan že v 3. poglavju (3.3 Delo z napravo).

4.2.3 Izdelava sistema za lokalno daljinsko vodenje (lokalna SCADA)

Na objektu smo postavili postajni računalnik SCADA z monitorjem in tiskalnikom za potrebe lokalnega daljinskega vodenja ter komunikacijskim vozliščem SCU 820, ki omogoča komunikacijo z nadrejenim daljinskim centrom vodenja.

4.2.3.1 Programska oprema

MCE 920 je bil kot programska oprema že del sistema NEO 2000 in je tudi del sistema NEO 3000 [7]. Namenjen je nadzoru in vodenju razdelilnih transformatorskih postaj v elektrodistribuciji.

Osnovne funkcije in značilnosti MCE 920 so prikaz stanja energetskega sistema v realnem času v obliki enopolnih shem, komande z vgrajenimi blokadami, alarmiranje in grupiranje alarmov, značke, dogodki visoke resolucije, številčne meritve energije, statistike delovanja zaščite in odklopnikov, oscilografija, samotestiranje strojne in programske opreme in avtomatični ponovni zagon sistema v primeru nepravilnega delovanja ter ne nazadnje tudi arhiviranje zgodovinskih podatkov v relacijski podatkovni bazi.

Programska oprema sistema MCE 920 je razdeljena v tri osnovne skupine:

Sistemska programska oprema

Osnovni del sistemske programske opreme je operacijski sistem Microsoft Windows 2000 ali Windows XP. Dodatna programska oprema, razvita v podjetju Iskra Sistemi, skrbi za nadzor pravilnega delovanja strojne in programske opreme postajnega računalnika. V primeru ugotovljene nepravilnosti, avtomatsko ponovno zažene postajni računalnik, saj so daljinsko vodeni objekti v elektrodistribuciji predvideni za delovanje brez posadke [7].

Programska oprema SCADA

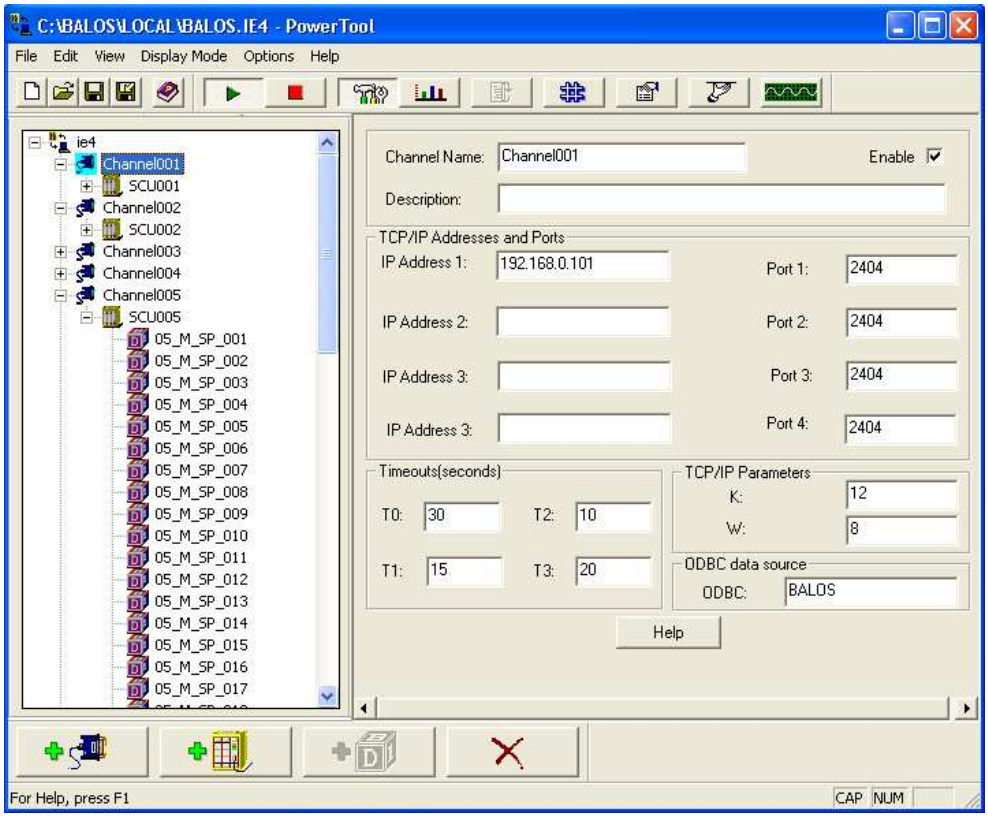
Programska oprema SCADA vključuje funkcije za nadzor in vodenje energetskega sistema v realnem času in jo sestavljajo:

- programski paket Proficy HMI/SCADA (iFix),
- komunikacijski gonilnik IE4,
- zbirka blokov MCE920-PSS,

- aplikacija EVENT2-SQD.

iFix je programska oprema SCADA proizvajalca GE Fanuc [8]. Paket iFix ponuja robustno platformo SCADA, velik nabor možnosti povezovanja, odprto arhitekturo in razširljiv ter porazdeljen model povezovanja v mrežo. Uporablja se v različnih gospodarskih panogah, zato je primeren tako za enostavne aplikacije HMI (*human machine interface*) kot tudi za kompleksne aplikacije SCADA.

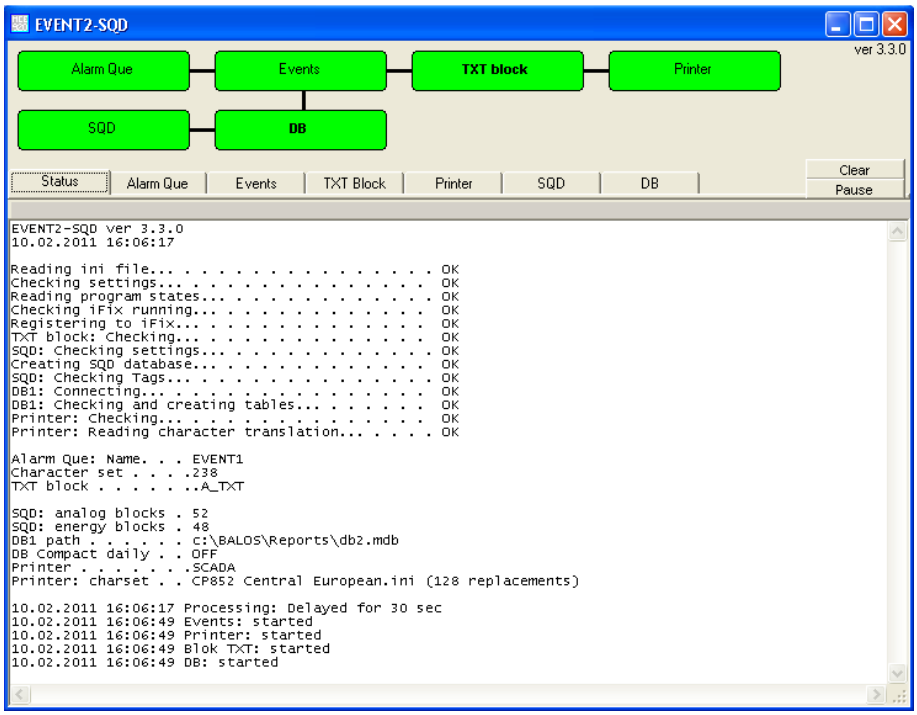
Komunikacijski gonilnik IE4 predstavlja vmesnik med programsko opremo SCADA in napravami za vodenje in zaščito FPC 620 (slika 24). Namenjen je povezavi postajnega računalnika (SCADA) z ostalimi komponentami sistema. Podpira komunikacijski protokol po standardu IEC 60870-5-104 .



Slika 24 – Gonilnik IE4

MCE 920-PSS je zbirka blokov – programskih modulov, namenjenih funkcijam, ki so značilne za elektrodistribucijo. Programska oprema MCE 920-PSS je v iFIX integrirana tako, da projektant sistema na enak način parametrira komponente iFIX in komponente MCE920-PSS programske opreme.

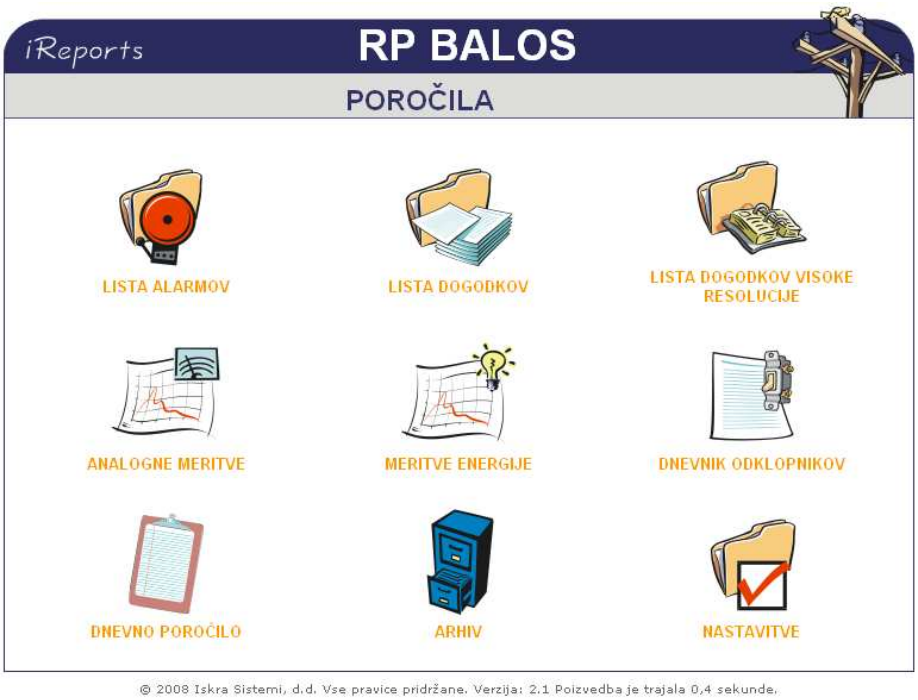
Program EVENT2-SQD obdeluje procesne dogodke iz procesne iFix-ove baze in jih zapisuje v podatkovno bazo, iz katere se kasneje pregleduje in analizira dogodke, ki so nastali v preteklosti (zgodovina). Program (slika 25) je primeren tudi za zapisovanje dogodkov v tekstovni blok, ki na zaslonu v tekstovni obliki prikaže zadnje tri dogodke v sistemu ter zapisovanju dogodkov na tiskalnik.



Slika 25 – EVENT2-SQD

Programska oprema za poročila

Za pregled shranjenih podatkov v relacijski bazi (zgodovina) se uporablja program 'Liste' (Slika 26). Izpis podatkov poteka s pomočjo nastavitev shranjenih v konfiguracijski bazi config.mdb, ki se sestavi in vnese v fazi konfiguriranja sistema.



Slika 26 – Program Liste

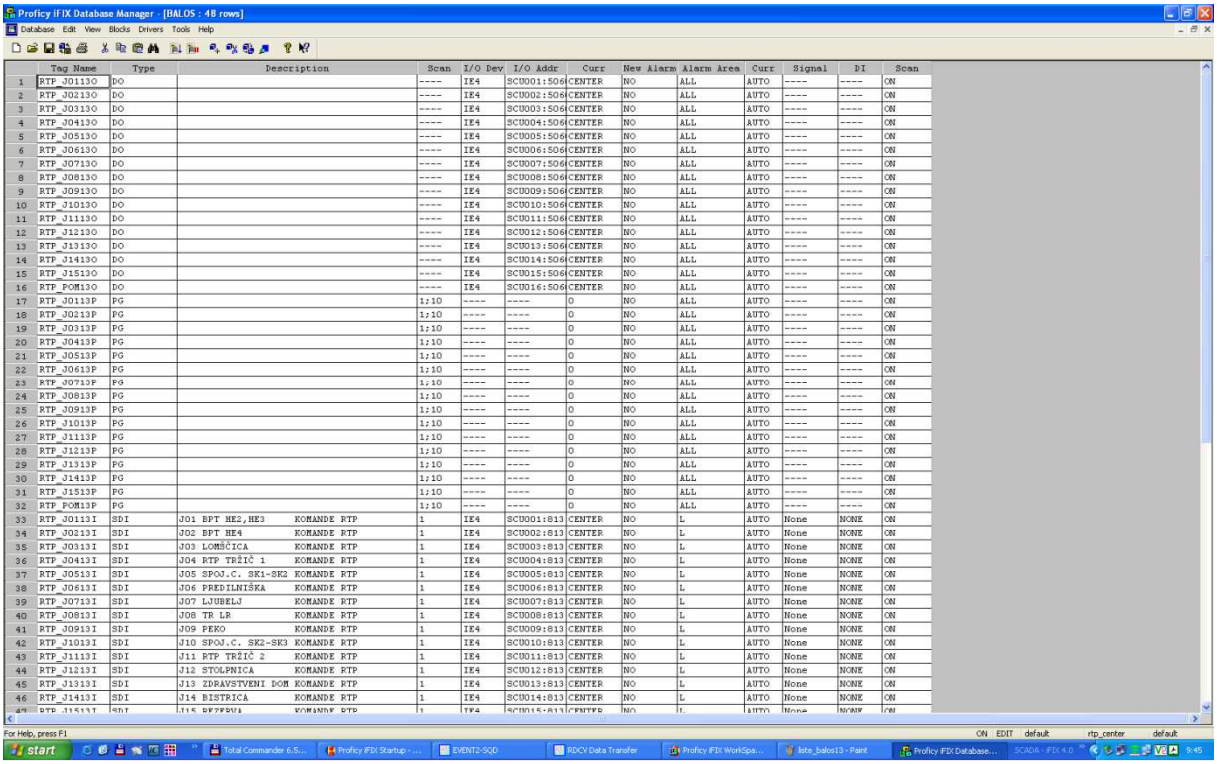
4.2.3.2 **Opis delovanja**

Osnovni del sistema MCE 920 je namenjen zajemanju, obdelavi in ponazoritvi podatkov v realnem času [8]. Prenos podatkov v postajni računalnik poteka preko komunikacijskega gonilnika IE4. Podatki se prenašajo na spremembo in se zapisujejo v komunikacijsko tabelo.

Naslednje opravilo v verigi zbiranja in obdelav podatkov v realnem času je SAC (ang. *scan alarm and control*). Omenjeni podprogram bere podatke iz komunikacijske tabele, nadzoruje, ali so podatki znotraj okvirov alarmnih meja in jih vpisuje v procesno podatkovno bazo.

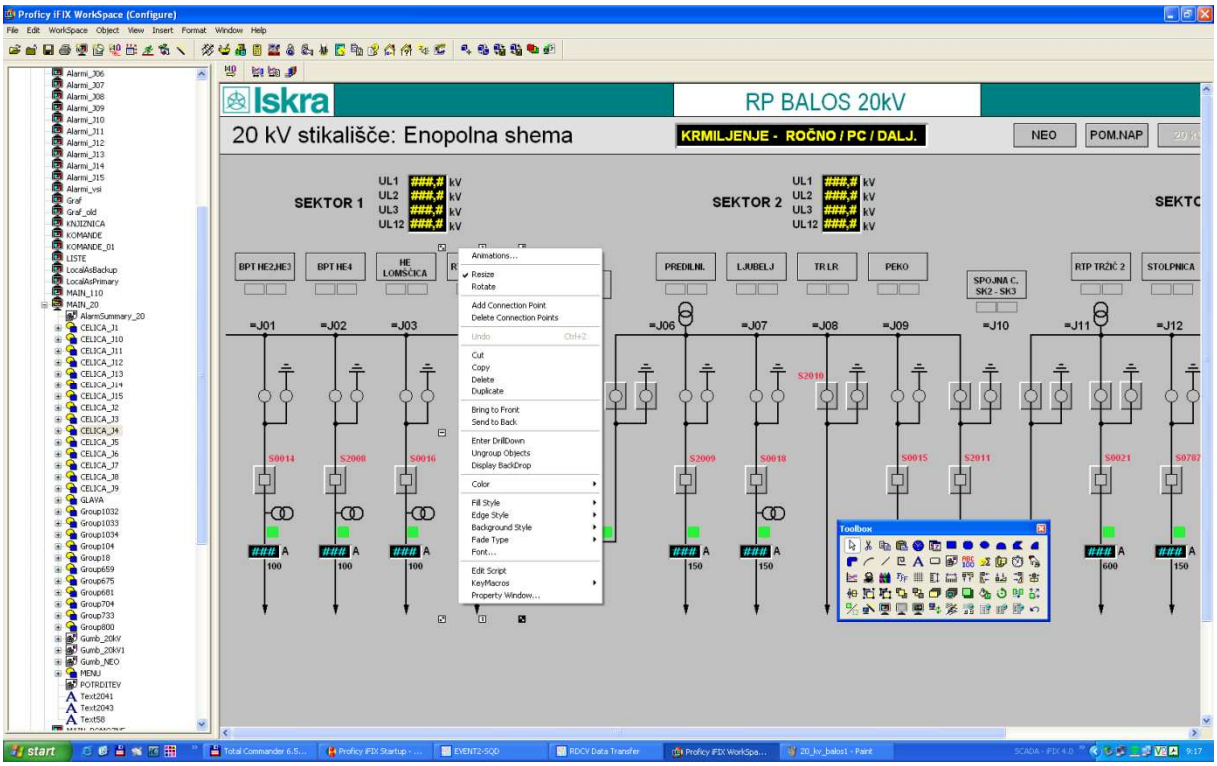
Procesno podatkovno bazo sestavljajo objekti, ki se imenujejo bloki. Bloki obdelujejo procesne vrednosti in nosijo številne podatke o procesni spremenljivki: trenutna vrednost, alarmne meje, opis bloka... V podatkovni bazi je na razpolago več vrst blokov (DI-Digital Input, DO-Digital Output, AI-Analog Input ...). Zgoraj omenjena komponenta MCE 920-PSS je zbirka dodatnih blokov, razvitih v podjetju Iskra Sistemi, ki so namensko narejeni za vodenje elektroenergetskih objektov.

Procesna podatkovna baza se parametrira preko programa Database Manager (slika 27). Rezultat parametriranja se shrani na disku v datoteki s končnico PDB. Poseben program ob zagonu sistema procesno podatkovno bazo prebere z diska in naloži v hitri spomin (RAM) postajnega računalnika, kjer nato poteka tudi obdelava podatkov v realnem času.



Slika 27 – Program Database Manager

Program Workspace (slika 28) je namenjen ponazoritvi podatkov (alarmi, statusi, meritve …) in bere podatke iz procesne podatkovne baze ter jih prikazuje na zaslonu v grafičnih obliki.



Slika 28 – Program Workspace

Procesna podatkovna baza je obenem tudi izvor podatkov za shranjevanje v relacijsko podatkovno bazo db2.mdb, ki je namenjena kasnejšim pregledom in izpisom na zahtevo operaterja. Za vpisovanje podatkov v podatkovno bazo skrbi program EVENT2-SQD.

4.2.3.3 Splošni opis delovanja aplikacije SCADA

SCADA omogoča daljinsko vodenje in nadzor s pomočjo zaslonskih slik, ki se prikazujejo na monitorju SCADA računalnika [10]. Osnovno orodje s katerim se upravlja SCADA sistem je miška.

Zagon aplikacije SCADA je realiziran avtomatsko z vklopom računalnika. Ob vklopu se aplikacija avtomatsko naloži z vsemi potrebnimi programi in se zaključi s prikazom osnovne slike sistema – enopolne sheme. Za pravilno delovanje sistema morajo biti vse ostale naprave sistema vključene v sistem v skladu s projektom in priklopljene na potrebno napajanje.

Procesni zasloni prikazujejo stanje sistema, ki je sestavljen iz statičnega dela, neodvisnega od podatkov iz procesa in dinamičnega dela, ki se spreminja v odvisnosti od procesnih spremenljivk (stanje odklopnikov in ločilnikov, meritve tokov in napetosti) in odstopanj od normalnega procesa (alarmi). Ko nastopi nenormalno stanje je pomembno, da dobi operater dovolj informacij o dogodku, kar mu omogoča pravilno odločanje o morebitnih ukrepih.

Za ponazoritev dinamičnega dela zaslona se uporablja:

- simbole, značilne za različna preklopna stanja stikalnih elementov,
- daljinsko vodene stikalne elemente s tipko, ki odpira komandno okno,
- številčni ali grafični prikazi meritev,
- prikaz stanja nivoja vodenja, status zvočnega signala,
- stanje statističnih števcev ...

V sistemu vodenja in nadzora NEO 3000 RP BALOS ima sistem SCADA več procesnih zaslonov, na katerih je prikazano stanje celotne razdelilne postaje:

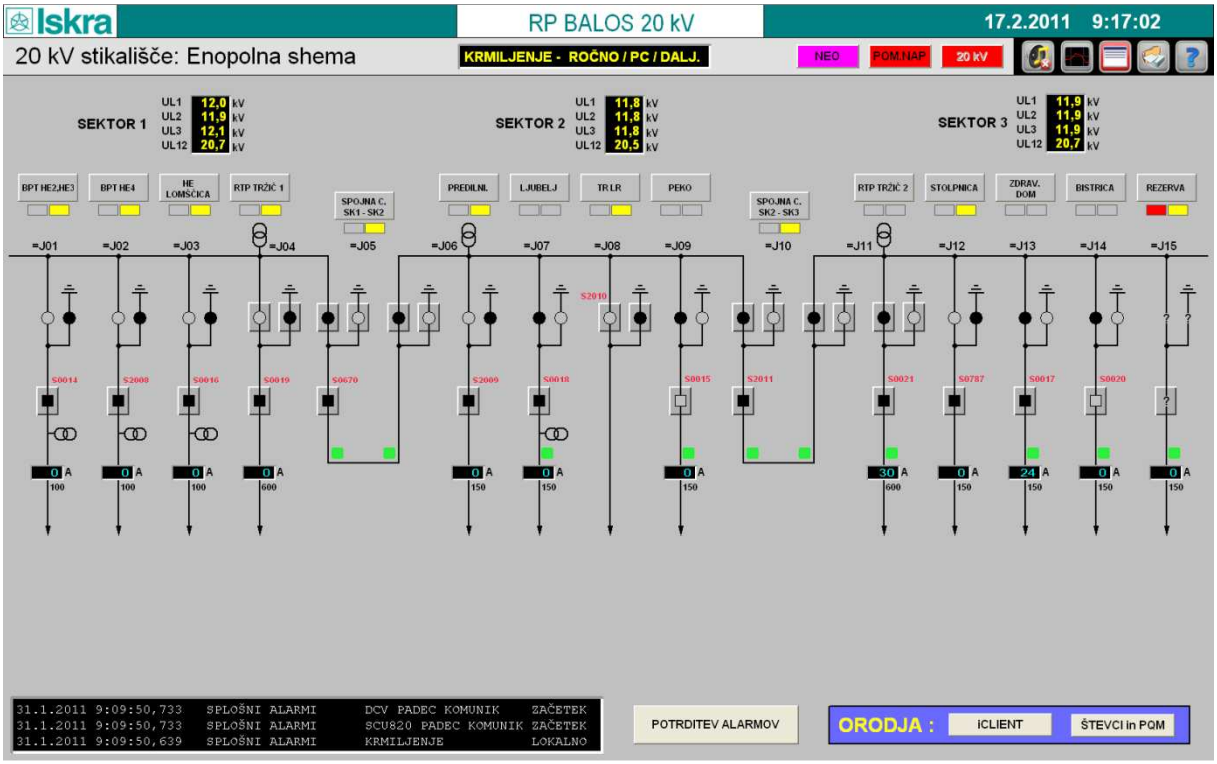
- stikališče 20 kV,
- pomožne naprave,
- zbirno okno alarmov.

<u>20 kV STIKALIŠČE</u>

Procesni zaslon z enopolno shemo 20 kV stikališča (**Error! Reference source not found.** 29) prikazuje vklopna-zklopna stanja odklopnikov ter ločilnikov, meritve tokov, napetosti in

skupinske alarme 20 kV celic od J01 do J15 za vse tri sektorje. Stikališče sestavljata dve spojni celici, ki med seboj povezujeta sektorje, celica transformatorja lastne rabe ter 12 izvodnih celic. Procesni zaslon ponuja in omogoča še ostale funkcije sistema vodenja in nadzora, ki so opisane v nadaljevanju (izvajanje daljinskih komand, prehodi med zasloni ...)

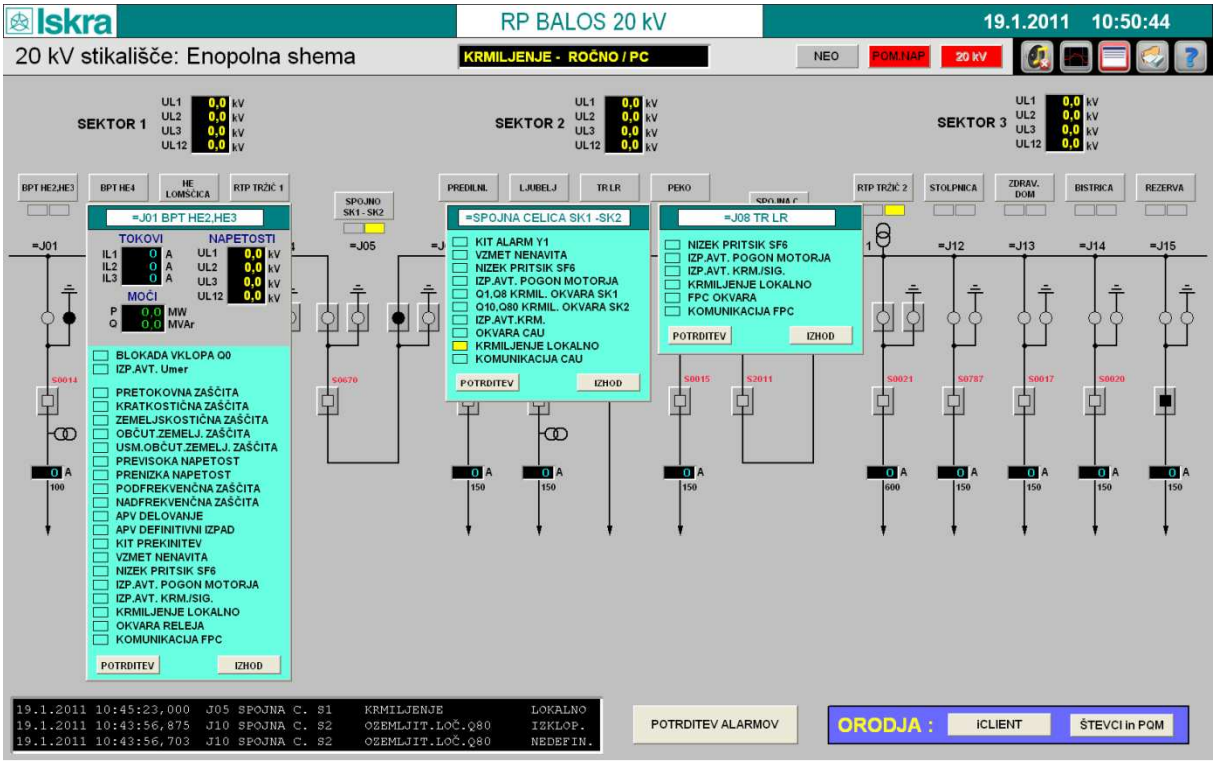
V zgornjem delu procesnih zaslonov je glava slike, opisana v nadaljevanju, v spodnjem delu pa je okno, v katerem so izpisani zadnji trije alarmi. Zapis je sestavljen iz podatkov: datum, ura, ime polja, opis signalizacije (ime) in status alarma.



Slika 29 – Zaslon 20 kV stikališča

Pod tipkami z imenom posameznega odvoda (celice) so v dveh okvirčkih animirani skupinski alarmi odvoda (**Error! Reference source not found.** 30). V levem se prikazujejo pomembnejši alarmi v rdeči barvi v desnem pa manj pomembni alarmi v rumeni barvi. Nepotrjeni alarmi utripajo, potrjeni trajni alarmi pa se prikazujejo v manj živem barvnem odtenku. Posamezne alarme lahko potrdimo, ti pa so nato prikazani v oknih z alarmi posameznega odvoda, ki jih odpremo s pritiskom na tipko z imenom odvoda.

Z miško postavimo kazalec na tipko z oznako odvoda (npr. RTP TRŽIČ 1) in s pritiskom na levo tipko miške odpremo okno alarmov za ta odvod. S pritiskom na tipko POTRDITEV potrdimo hkrati vse alarme tega odvoda, s tipko IZHOD pa okno zapremo.



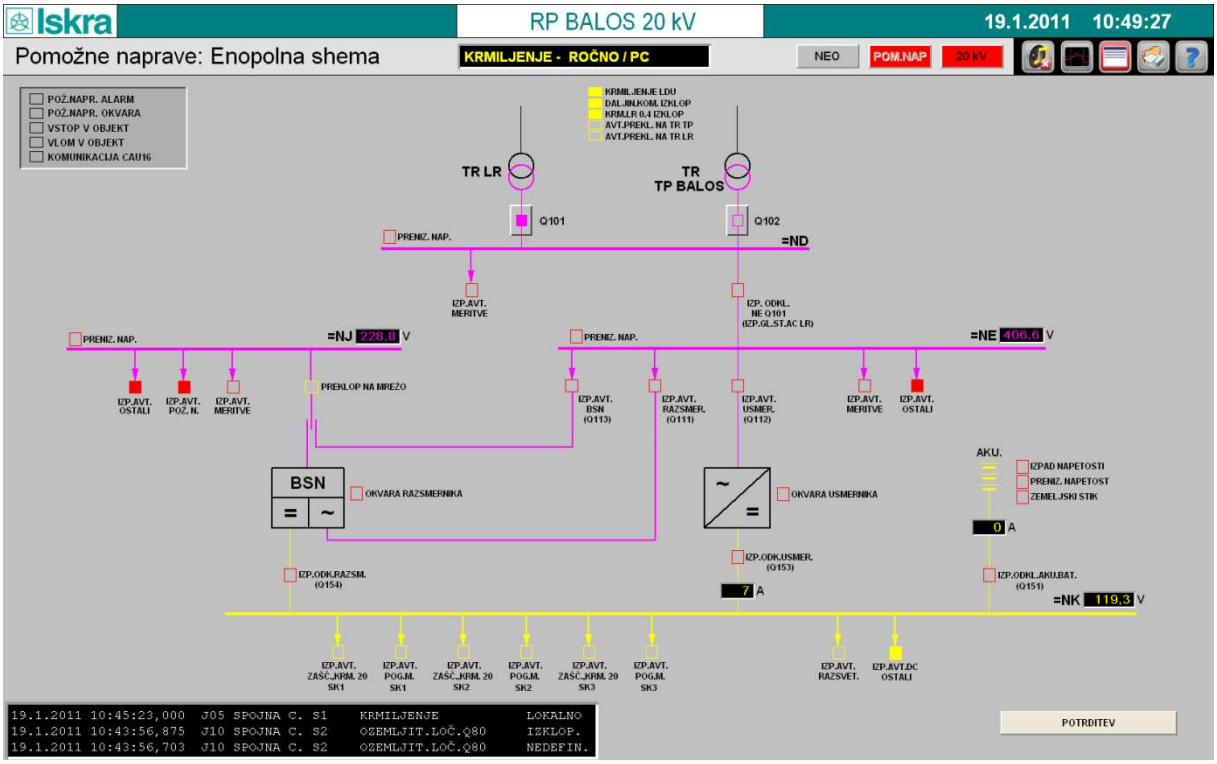
Slika 30 – Zaslon 20 kV stikališča z alarmnimi okni

V alarmnem oknu posameznega 20 kV odvoda ali celice so prikazane tudi meritve tokov, moči ter napetosti, če jih celica vsebuje. V procesnem oknu lahko hkrati odpremo več alarmnih oken. V primeru prehoda na drugi procesni zaslon se odprta alarmna okna avtomatsko zaprejo.

POMOŽNE NAPRAVE

Procesni zaslon z enopolno shemo Pomožnih naprav (slika 31) prikazuje vklopna-zklopna stanja odklopnikov, meritve napetosti in tokov in skupinske alarme pomožnih naprav. Slika predstavlja razvod lastne rabe objekta. Procesni zaslon ponuja in omogoča še ostale funkcije sistema vodenja in nadzora, ki so opisane v nadaljevanju (izvajanje daljinskih komand, prehodi med zasloni …)

Zaslon in alarmi se delijo na del z enosmerno ali usmerjeno (=NK), razsmerjeno (=NJ) in izmenično napetostjo (=ND in =NE). Alarmi se prikazujejo v rdeči ali rumeni barvi, odvisno od njihove pomembnosti. Nepotrjeni alarmi utripajo, potrjeni trajni alarmi pa se prikazujejo v odtenkih manj živih barv. V okvirju levo zgoraj se nahajajo splošni alarmi, ki se nanašajo na celoten objekt. S pritiskom na tipko POTRDITEV potrdimo hkrati vse alarme tega zaslona.



Slika 31 – Zaslon pomožnih naprav

Meritve tokov, napetosti in moči se prikazujejo v okvirjih na črnem ozadju.

Stikalni elementi – odklopniki in ločilniki, ki so daljinsko vodeni, imajo status stanja stikalnega elementa, prikazanega na tipki. Z izbiro in pritiskom na tipko odpremo okno za izvajanje komand (VKLOP/IZKLOP) izbranega elementa.

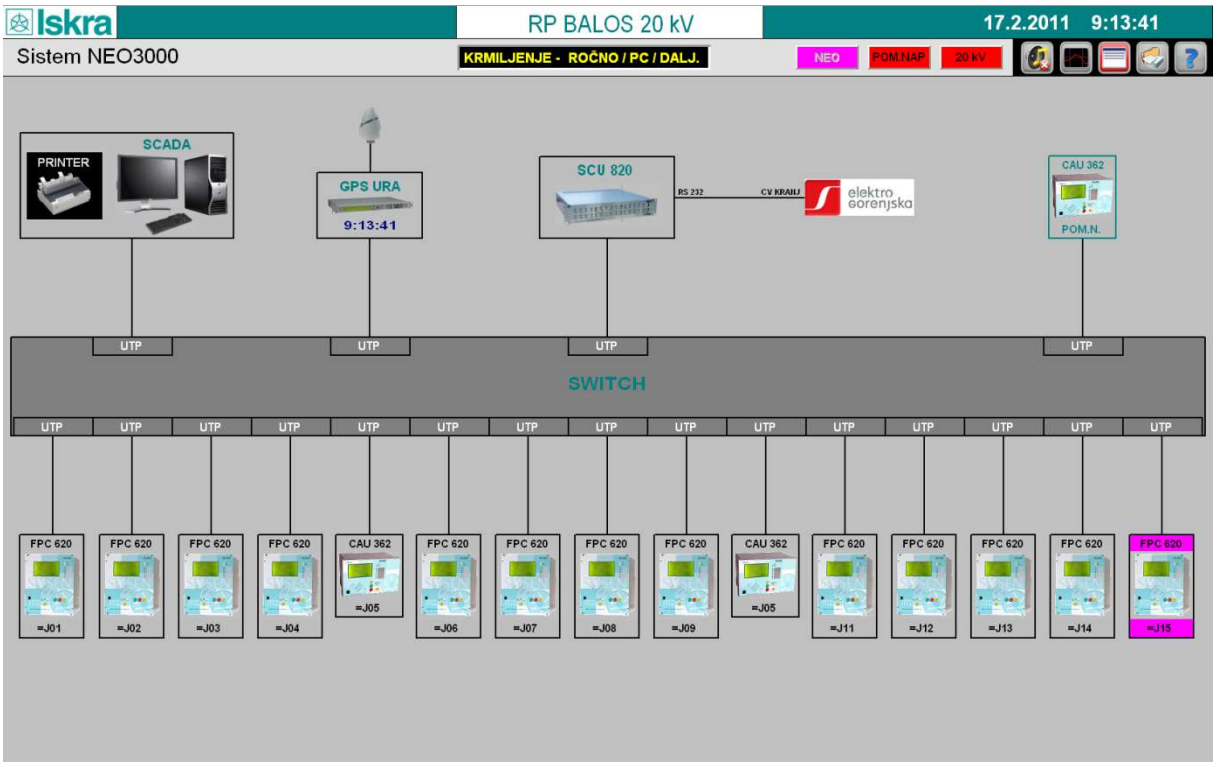
ZASLON NEO 3000

Naprave vodenja in nadzora povezane v sistem vodenja NEO 3000 so prikazane na zaslonu sistema vodenja (**Error! Reference source not found.** 32).V primeru komunikacijskega izpada katere od naprav se del naprave z njenim naslovom obarva vijolično.

Na procesnih zaslonih je prikazan le skupinski alarm izpada komunikacije – tipka NEO 3000 se ob komunikacijskem izpadu katerekoli od naprav obarva vijolično.

Z izbiro in pritiskom tipke NEO 3000 se odpre omenjeni zaslon s shemo celotnega sistema za zaščito, nadzor in krmiljenje. Za zaščito, nadzor in krmiljenje izvodnih celic ter celice lastne rabe so uporabljene naprave družine FPC 62x. Za nadzor in krmiljenje pomožnih naprav ter spojnih celic je uporabljena naprava CAU 36x.

Naprave so preko UTP kablov povezane s komunikatorjem (ang. *switch*), preko njega na lokalni sistem SCADA, ali pa preko komunikacijskega vozlišča SCU 820 v nadrejeni daljinski center vodenja podjetja Elektro Gorenjska d. d.



Slika 32 – Slika sistema NEO 3000

GLAVA NA PROCESNIH ZASLONIH

Na procesnih zaslonih na vrhu se nahaja glava slike (slika 33). V njej se nahaja ime vodenega objekta, ime procesnega zaslona, ki je trenutno odprt, trenutni datum in čas, način vodenja, ki je trenutno omogočeno, tipke za preklop na drugi procesni zaslon in meni z ikonami.

Slika 33 – Glava slike

Na sredini glave je prikazan nivo vodenja, ki je trenutno omogočeno. Nivo vodenja preklapljamo s fizično preklopko v omari vodenja, ki ima tri stanja.

V prvem stanju (slika 34) je vodenje omogočeno samo iz lokalnih panelov na izvodnih celicah in LDU-jev.

Slika 34 – Okno za Preklop vodenja 1

V drugem položaju (**Error! Reference source not found.** 35) je vodenje poleg lokalnih panelov in LDU-jev omogočeno tudi iz lokalnega sistema SCADA.

Slika 35 – Okno za Preklop vodenja 2

V tretjem položaju (slika 36) pa je vodenje poleg prej omenjenih načinov omogočeno tudi iz daljinskega centra vodenja.

Slika 36 – Okno za Preklop vodenja 3

Tipke za preklop med sistemskimi zasloni (slika 36) utripajo v vijolični (NEO) oz. rdeči barvi (POM.NAP. in 20 kV) v primeru, da se na sistemskem zaslonu, za katerega je določena posamezna tipka, pojavi kakršenkoli alarm. Tipka procesnega zaslona, ki je trenutno odprt, je zasenčena in neaktivna (npr. na tej sliki tipka 20 kV).

Slika 37 – Tipke za preklop med zasloni

Razlaga ikon v osnovnem meniju:

- VKLOP in IZKLOP Hupe

- Prikaz grafov (zbirno okno za prikaz grafov)

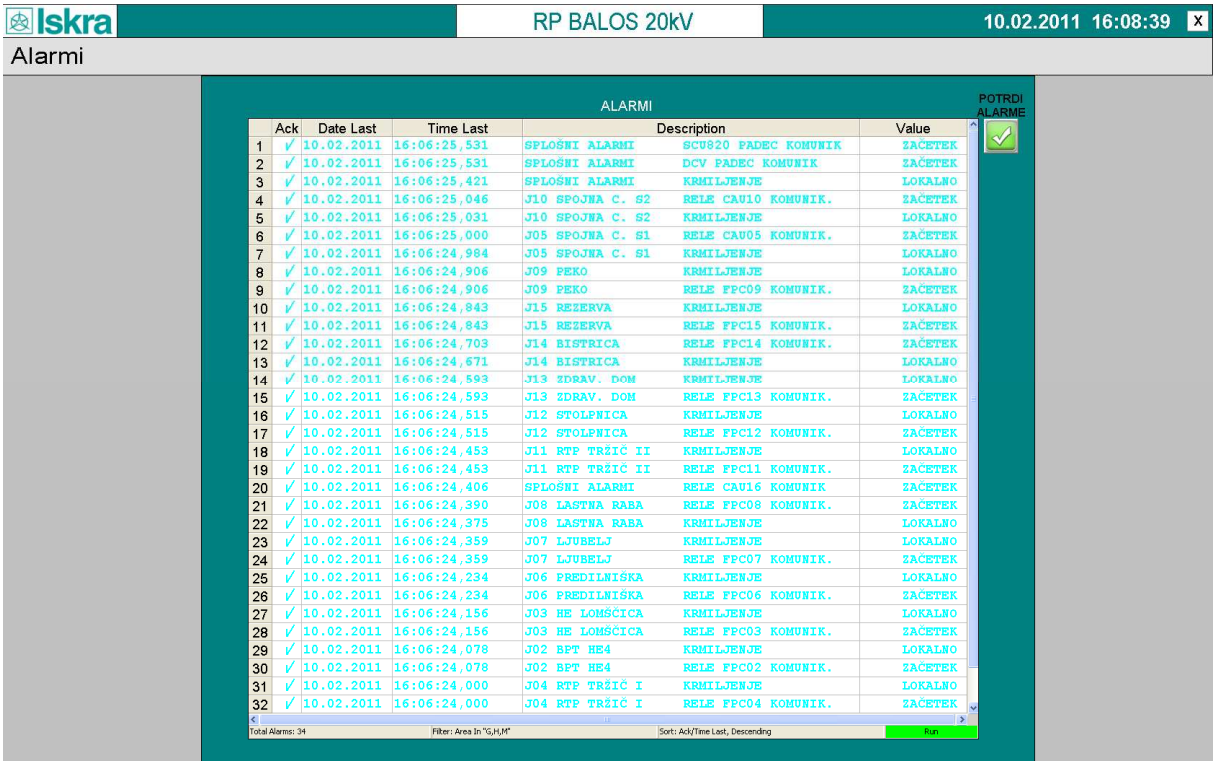
- Prikaz vseh alarmov (zbirno okno alarmov)

- Poročila (LISTE)

- Pomoč

ZBIRNO OKNO ALARMOV

Alarme za celotno postajo preverimo in potrdimo v ZBIRNEM OKNU ALARMOV [10]. Zbirno okno odpremo s pritiskom na ikono v meniju, ki se nahaja v desnem delu glave vsakega procesnega zaslona. Prikaže se okno vseh nepotrjenih in trajnih alarmov (slika 38).



	Ack	Date Last	Time Last	Description	Value
1	✓	10.02.2011	16:06:25,531	SPLOŠNI ALARMI SCU820 PADEC KOMUNIK	ZAČETEK
2	✓	10.02.2011	16:06:25,531	SPLOŠNI ALARMI DCV PADEC KOMUNIK	ZAČETEK
3	✓	10.02.2011	16:06:25,421	SPLOŠNI ALARMI KRMILJENJE	LOKALNO
4	✓	10.02.2011	16:06:25,046	J10 SPOJNA C. S2 RELE CAU10 KOMUNIK.	ZAČETEK
5	✓	10.02.2011	16:06:25,031	J10 SPOJNA C. S2 KRMILJENJE	LOKALNO
6	✓	10.02.2011	16:06:25,000	J05 SPOJNA C. S1 RELE CAU05 KOMUNIK.	ZAČETEK
7	✓	10.02.2011	16:06:24,984	J05 SPOJNA C. S1 KRMILJENJE	LOKALNO
8	✓	10.02.2011	16:06:24,906	J09 PEKO KRMILJENJE	LOKALNO
9	✓	10.02.2011	16:06:24,906	J09 PEKO RELE FPC09 KOMUNIK.	ZAČETEK
10	✓	10.02.2011	16:06:24,843	J15 REZERVA KRMILJENJE	LOKALNO
11	✓	10.02.2011	16:06:24,843	J15 REZERVA RELE FPC15 KOMUNIK.	ZAČETEK
12	✓	10.02.2011	16:06:24,703	J14 BISTRICA RELE FPC14 KOMUNIK.	ZAČETEK
13	✓	10.02.2011	16:06:24,671	J14 BISTRICA KRMILJENJE	LOKALNO
14	✓	10.02.2011	16:06:24,593	J13 ZDRAV. DOM KRMILJENJE	LOKALNO
15	✓	10.02.2011	16:06:24,593	J13 ZDRAV. DOM RELE FPC13 KOMUNIK.	ZAČETEK
16	✓	10.02.2011	16:06:24,515	J12 STOLPNICA KRMILJENJE	LOKALNO
17	✓	10.02.2011	16:06:24,515	J12 STOLPNICA RELE FPC12 KOMUNIK.	ZAČETEK
18	✓	10.02.2011	16:06:24,453	J11 RTP TRŽIČ II KRMILJENJE	LOKALNO
19	✓	10.02.2011	16:06:24,453	J11 RTP TRŽIČ II RELE FPC11 KOMUNIK.	ZAČETEK
20	✓	10.02.2011	16:06:24,406	SPLOŠNI ALARMI RELE CAU16 KOMUNIK	ZAČETEK
21	✓	10.02.2011	16:06:24,390	J08 LASTNA RABA RELE FPC08 KOMUNIK.	ZAČETEK
22	✓	10.02.2011	16:06:24,375	J08 LASTNA RABA KRMILJENJE	LOKALNO
23	✓	10.02.2011	16:06:24,359	J07 LJUBELJ KRMILJENJE	LOKALNO
24	✓	10.02.2011	16:06:24,359	J07 LJUBELJ RELE FPC07 KOMUNIK.	ZAČETEK
25	✓	10.02.2011	16:06:24,234	J06 PREDILNIŠKA KRMILJENJE	LOKALNO
26	✓	10.02.2011	16:06:24,234	J06 PREDILNIŠKA RELE FPC06 KOMUNIK.	ZAČETEK
27	✓	10.02.2011	16:06:24,156	J03 HE LOMŠČICA KRMILJENJE	LOKALNO
28	✓	10.02.2011	16:06:24,156	J03 HE LOMŠČICA RELE FPC03 KOMUNIK.	ZAČETEK
29	✓	10.02.2011	16:06:24,078	J02 BPT HE4 KRMILJENJE	LOKALNO
30	✓	10.02.2011	16:06:24,078	J02 BPT HE4 RELE FPC02 KOMUNIK.	ZAČETEK
31	✓	10.02.2011	16:06:24,000	J04 RTP TRŽIČ I KRMILJENJE	LOKALNO
32	✓	10.02.2011	16:06:24,000	J04 RTP TRŽIČ I RELE FPC04 KOMUNIK.	ZAČETEK

Slika 38 – Zbirno okno alarmov

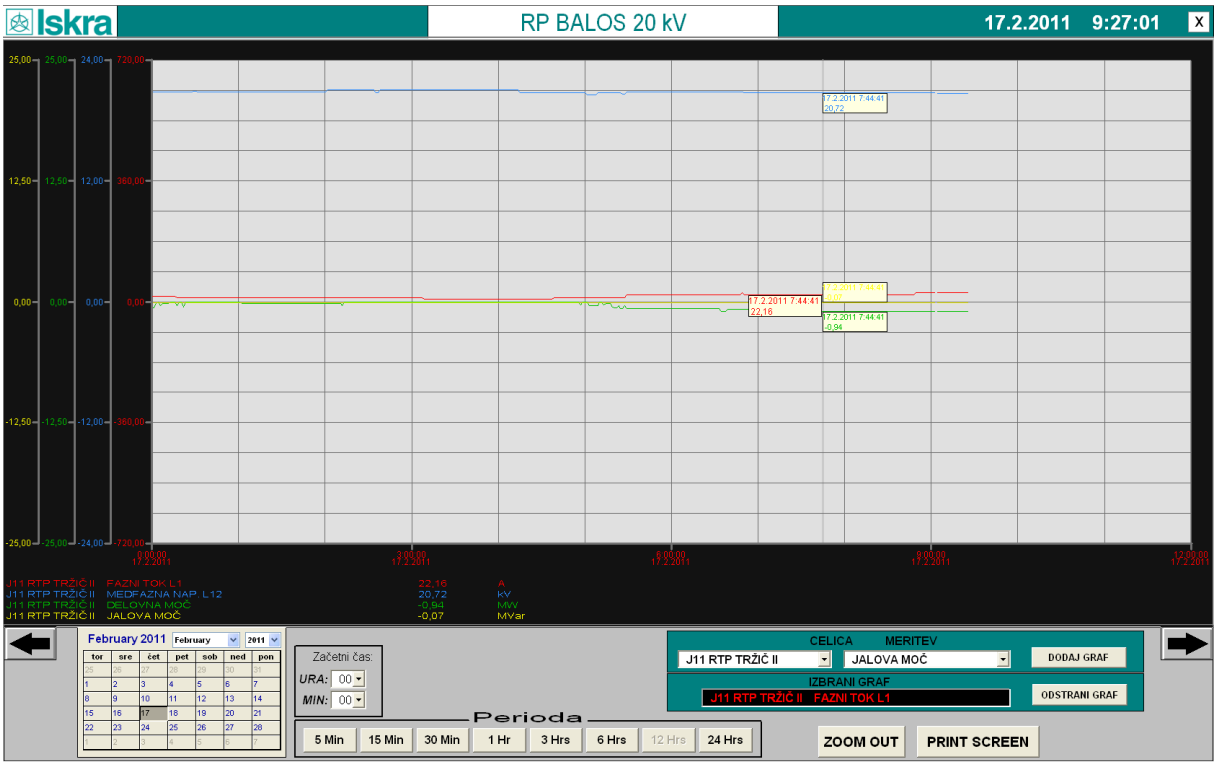
Nepotrjeni alarmi utripajo v rdeči barvi. Potrjeni trajni alarmi so prikazani v modri barvi. Če je alarmov več, kot jih sprejme en ekran, lahko pregledamo ostale alarme s premikom po stolpcu za pregledovanje (na desni strani okna).

Okno alarmov zapremo s pritiskom na tipko "X", ki se nahaja zgoraj v desnem kotu .

Pojav alarma spremlja zvočni signal, če je hupa na postajnem računalniku vklopljena. S potrditvijo vseh alarmov v oknu alarmov posameznega odvoda ali v procesnem zaslonu alarmov zvočni signal preneha. Ob vsakem novem alarmu se zvočni alarm ponovno sproži.

GRAFI

Zbirno okno za prikaz grafov odpremo s pritiskom na ikono v meniju, ki se nahaja v desnem delu glave vsakega procesnega zaslona. Po pritisku na gumb, s katerim izberemo prikaz grafa se nam odpre sledeč zaslon (slika 39). Primer prikazuje grafe za izvod J11 RTP TRŽIČ II.



Slika 39 – Grafi meritev za celico

Na grafu je lahko naenkrat prikazanih največ 9 meritev. Določeno meritev dodamo na graf tako, da izberemo meritev, ki jo hočemo prikazati, in pritisnemo gumb DODAJ GRAF. Postopek za odstranjevanje posamezne meritve je enak, razlika je le v tem, da vedno odstranjujemo trenutno izbrano meritev. Meritev izberemo tako, da kliknemo na želeno meritev na legendi. Izbrana meritev se izpiše poleg gumba ODSTRANI GRAF.

V spodnjem levem kotu zaslona je izpisan datum, za katerega velja prikazani graf. V primeru, da si želimo ogledati potek meritev za nazaj, preprosto kliknemo gumb z oznako meseca ter dneva, katerega potek meritev želimo videti. Poleg tega lahko izberemo tudi uro in minuto začetka prikaza meritev.

V samem zaslonu izberemo tudi časovni interval prikazovanja meritev. Izbiramo lahko med naslednjimi vrednostmi periode:

5 minut, 15 minut, 30 minut, 1 ura, 3 ure, 6 ur, 12 ur in 24 ur.

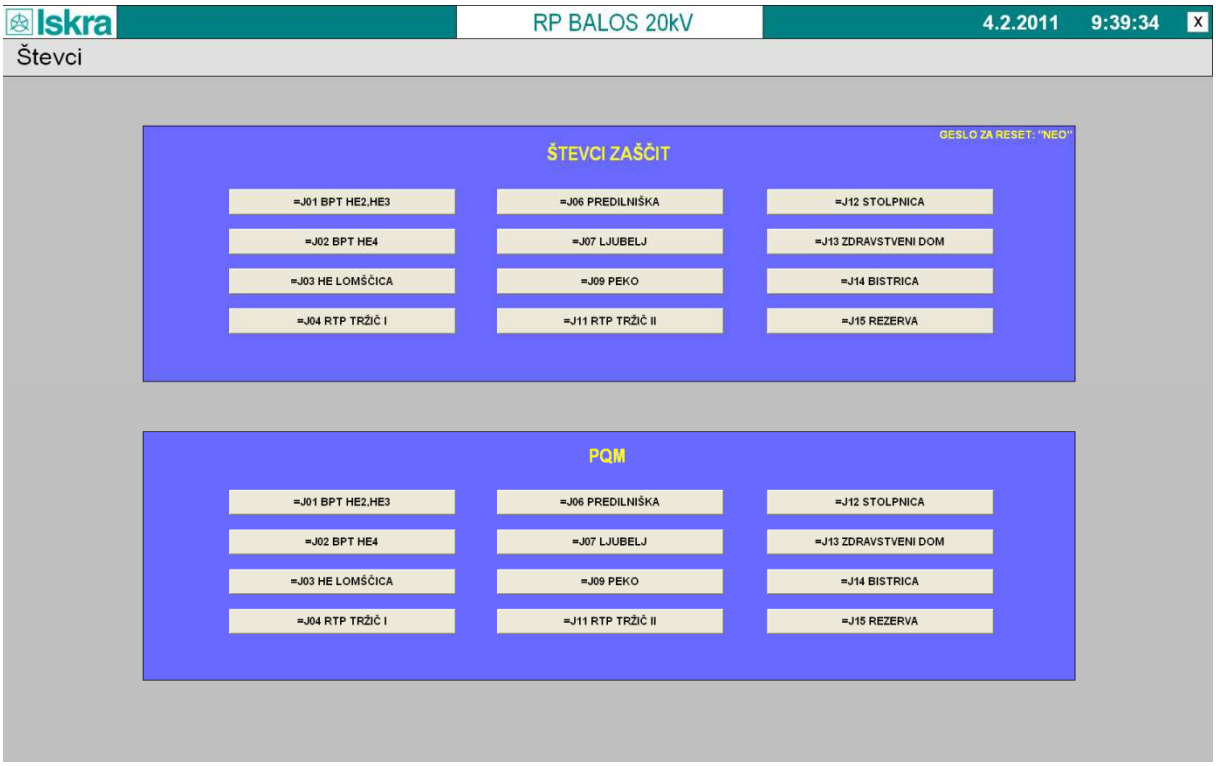
Na zaslonu je prikazana tudi legenda, ki nam omogoča, da takoj razberemo, katero vrednost krivulja predstavlja. Vsaka krivulja je označena z drugačno barvo.

Če kazalec postavimo na vertikalno črto na sredini zaslona in ga potem premikamo levo ali desno, se v kvadratu izpiše dan, mesec, leto in trenutna vrednost posamezne meritve.

Zaslon izpišemo na tiskalnik, če pritisnemo tipko PRINT SCREEN. S pritiskom na tipko "X" zapremo zaslon za prikaz grafov.

<u>ŠTEVCI IN PQM</u>

V oknu ORODJA s pritiskom tipke ŠTEVCI IN PQM se odpre zaslon z menijem tipk za pregled statističnih števcev in za pregled PQM v napravah FPC 620 vgrajenih v posameznih celicah (**Error! Reference source not found.** 40).

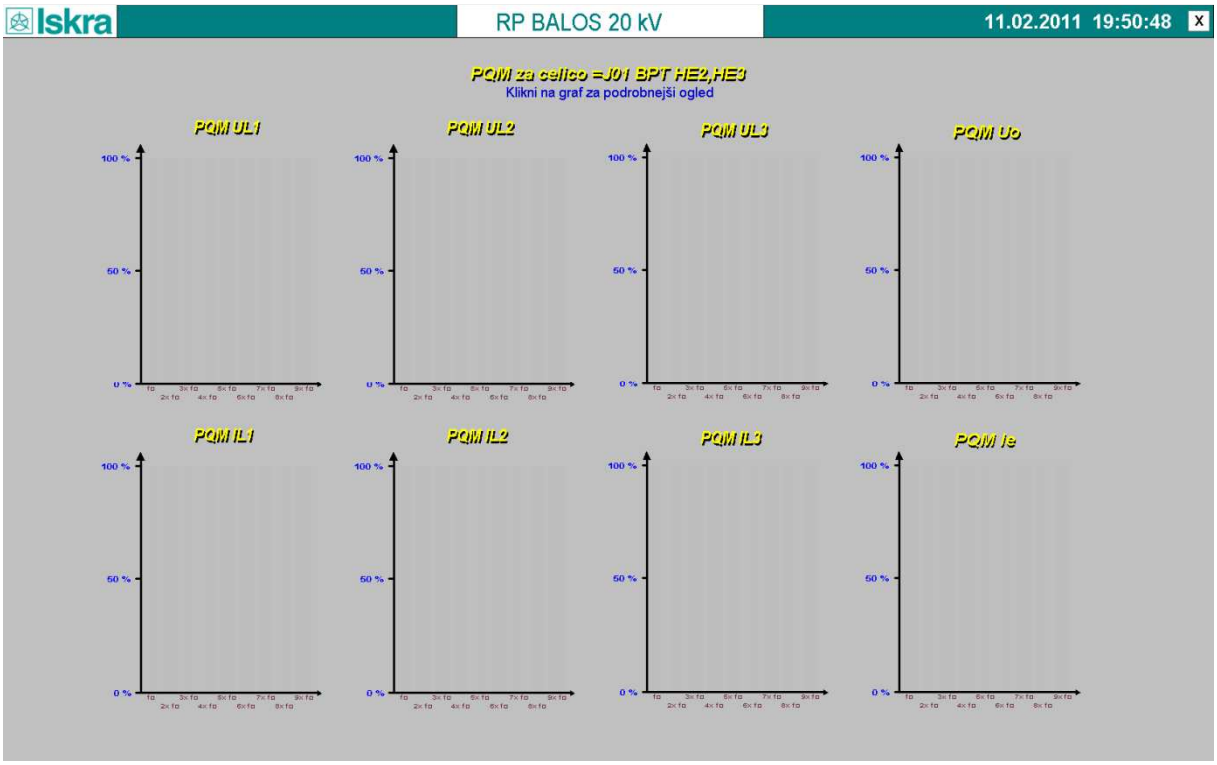


Slika 40 – Meni števcev

Z nadaljnjo izbiro tipke za števce ene od celic se odpre zaslon (**Error! Reference source not found.** 41), ki ponuja stanja statističnih števcev (število delovanj zaščit, APV-jev ...). Omogoča tudi ponastavitev (RESET) delovanja števcev zaščit ali RESET števcev APV-jev na samih zaščitnih napravah. Uspešna izvedba komande zahteva od operaterja poznavanje gesla. Geslo je NEO.

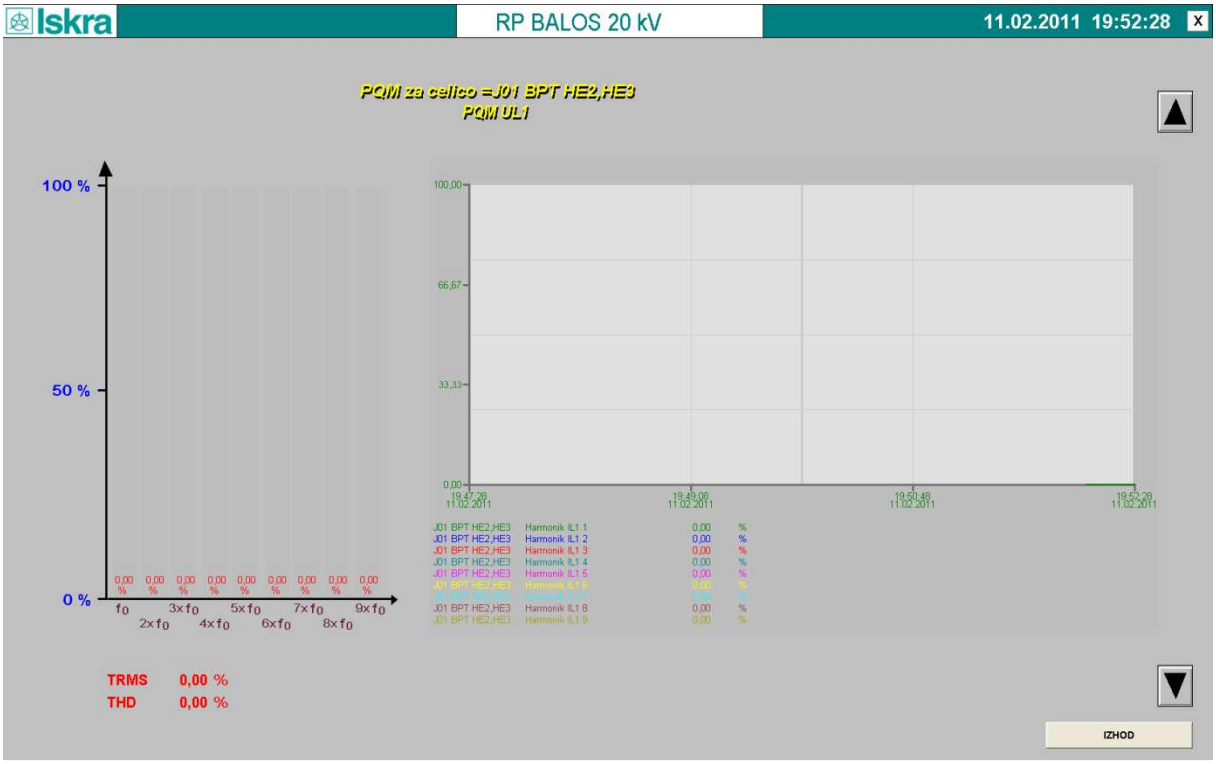
Slika 41 – Števci Zaščit za celico

Z izbiro tipke za PQM ene od celic se odpre zaslon (**Error! Reference source not found.** 42), ki prikazuje grafe prvih devetih harmonikov tokov in napetosti v vseh treh fazah in zemeljske komponente toka ter napetosti.



Slika 42 – PQM za celico

Omogočen je tudi podrobnejši ogled določene meritve s ponovnim pritiskom na njen graf (**Error! Reference source not found.** 43).



Slika 43 – Podrobnejši PQM za celico

Na zaslonu kjer se podrobno prikazuje PQM za določeno meritev se nahaja graf z devetimi harmoniki te meritve, graf s harmoniki v odvisnosti od časa v različnih barvah, TRMS in THD ter dve tipki s katerimi se lahko sprehajamo med podrobnimi prikazi PQM za ostale meritve tokov in napetosti na tem izvodu.

KRMILJENJE

Daljinske komande izvajamo le v posebnih oknih za komande [10]. Hkrati je lahko odprto le eno komandno okno. Okno za izvajanje komand aktiviramo s pritiskom na tipko, na kateri je narisan simbol stanja stikalnega elementa (slika 44).

Komande izvajamo le, če je mesto vodenja, kjer se nahajamo, aktivno in če komanda ni blokirana (zapahovanje).

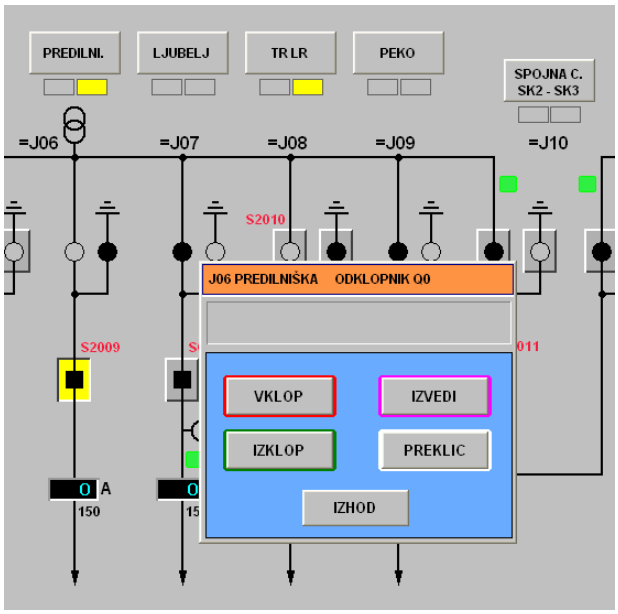
Aktivno mesto – nivo vodenja se izbira s pomočjo lokalne preklopke, ki se nahaja v omari vodenja. Stanje preklopke dejansko določa nivo, s katerega je mogoče izvajati daljinske komande stikalnih elementov energetskega sistema.

KRMILJENJE – ROČNO

Komande stikalnih elementov niso omogočene z lokalnega sistema SCADA niti iz daljinskega centra vodenja, ampak samo iz LDUjev na samih napravah.

KRMILJENJE – ROČNO/PC

Komande stikalnih elementov so poleg LDU-jev omogočene tudi z lokalnega sistema SCADA. Z miško prestavimo puščico na tipko s stikalnim elementom, npr. odklopnik odvoda =J06 in pritisnemo levo tipko na miški. Odpre se okno za komande (**Error! Reference source not found.** 44). Tipka s statusom stikalnega elementa utripa v rumeni barvi vse dokler je odprto okno za komande.



Slika 44 – Komandno okno odklopnika

V zgornjem delu komandnega okna se izpiše ime odvoda in ime stikalnega elementa, na katerem izvajamo daljinsko komando. Pod imenom stikalnega elementa se v oknu izpisuje trenutni status komande.V spodnjem delu okna za komande so tipke za izvajanje komand 'VKLOP', 'IZKLOP', 'IZVEDI' in 'PREKLIC.' Če se pojavi izpis stanja komande 'VODENJE NI LOKALNO!' je komanda blokirana zaradi napačnega stanja preklopke vodenja. Če se pojavi izpis stanja komande 'KOMANDA BLOKIRANA,' je komanda blokiran zaradi neizpolnjenih pogojev za vklop/izklop (zapahovanje). Če želimo npr. izklopiti stikalni element, pa je ta že izklopljen, se pojavi izpis 'ŽE IZKLOPLJEN!' Če je nedefiniran ali v stanju napaka, se pojavi izpis 'NAPAKA ALI NEDEFINIRAN!' Če sploh ni podatka o stanju stikalnega elementa, se pojavi izpis 'NI STATUSA!'

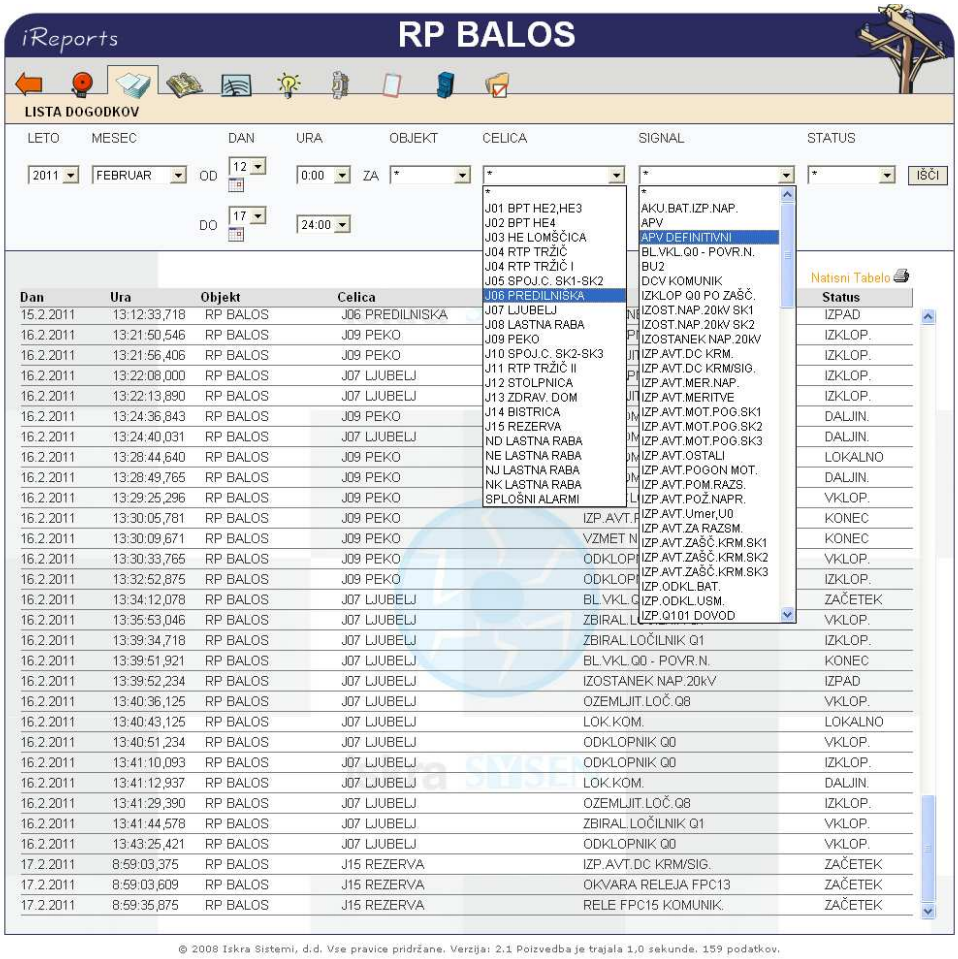
Seznami (Poročila)

Sezname, ki jih uporabljamo za pregled zgodovine oz. analizo časovnih dogajanj v sistemu, odpremo s klikom na ikono LISTE v glavnem meniju. Odpre se zaslon z različnimi

možnostmi izbire. Izbiramo med ogledom alarmov, dogodkov, dogodkov visoke resolucije, arhivom, pregledom meritev, dnevnika odklopnikov ter dnevnega poročila (slika 26).

Sledi izbira LETO, MESEC, DAN, URA, CELICA (posamezni odvodi ali celoten objekt), (časovni interval).

Na desni strani vsakega okna je puščica. Z izbiro puščice in pritiskom leve tipke na miški se prikaže nabor vrednosti, ki jih je za določeno okno mogoče izbrati. Novo vrednost izberemo tako, da z miško pozicioniramo želeno vrednost in pritisnemo levo tipko na miški. Nabor vrednosti v posameznem oknu se zapre, nova vrednost pa se vpiše v oknu na vrhu zaslona. V primeru težav pri prikazu podatkov za tekoči dan se priporoča, da se za ta dan v mesecu izbere in potrdi vrednosti v za to namenjenih oknih (Slika 45)



Slika 45 – Poročila - izbira

S tipko IŠČI je možno nadaljnjo osveževanje podatkov na zaslonu, možen je tudi izpis podatkov na tiskalnik (v ta namen na desni strani zaslona pritisnemo na napis Natisni tabelo).

Funkcija osveževanja zaslonov se izvaja v okviru zahtev, izbranih v oknih za izbor celice, tipa dogodka in časovnega intervala.

V programu se pred prikazom novih zaslonov, osveževanjem podatkov in pred izpisom podatkov na tiskalnik testira, ali so zahtevani podatki na voljo ali ne. Če zahtevanih podatkov ni na voljo, se na zaslonu izpiše NI ZAPISOV.

4.2.4 Testiranje sistema SCADA in opreme v tovarni

Pripravili in sparametrirali smo vse gradnike in elemente sistema vodenja NEO 3000. Sistem se nato poveže in zažene kot celota, čemur sledi testiranje in nadzor sistema.

Preverijo se vse funkcije sistema: alarmi, zaščite, meritve, statusi elementov, daljinske komande, seznami … Pri testiranju se uporablja različna oprema. kot je TEDAM (za simulacijo statusov alarmov in preklopnih elementov sistema) in generatorji tokov in napetosti (OMICRON – preizkus delovanja zaščit, delovnih meritev). Vse se tudi beleži na testne spiske, ki se izdelajo na podlagi spiskov podatkov.

Po opravljenem testiranju običajno sledi Factory Acception Test - FAT. (tovarniški prevzem). Kupec, naročnik:

- opremo vizuelno pregleda, če le-ta ustreza pogodbeni specifikaciji,
- opremo se funkcionalno pregleda po zahtevah investitorja,
- preda se dokumentacijo PZI (Projekt Za Izvedbo) in protokole o tovarniškem preizkušanju,
- dogovori se za rok dostave opreme na objekt.

V primeru pripomb investitorja se napake odpravijo še pred dostavo opreme na objekt.

4.2.5 Montaža in povezava opreme ter testiranje sistema na objektu

Naslednja faza je montaža sistema na objektu (slika 46). Naprave je potrebno montirati po projektu na pripravljena mesta (izvodne celice, spojne celice in celica lastne rabe). Komunikacijsko vozlišče SCU 820, radijska ali GPS ura ter SWITCH pa se običajno nahajajo v omari vodenja.

Pri montaži naprav je največ poudarka usmerjenega na pravilno izvedenih ozemljitvah, ki bistveno vplivajo na delovanje naprave pri učinkih elektromagnetnih sevanj (EMC). Učinki elektromagnetnih sevanj so največji ob defektih, ki se dogajajo v energetskih sistemih (kratki stiki, zemeljski stiki …), zato je pomembno, da naprava v tistem trenutku pravilno deluje.

Treba je poudariti, da morata biti tako vsa ostala oprema na objektu kot tudi sam objekt zgrajena v skladu s predpisi EMC.

Zadnje preizkušanje in nastavljanje potrebnih parametrov pred oživljanjem instaliranega sistema, programske opreme in proizvodov pri naročniku imenujemo spuščanje v pogon.

Preizkušanje se izvaja skladno z zahtevami v tehnični in projektni dokumentaciji. Pri funkcionalnem preizkušanju sodelujejo tudi sistemski inženirji s strani kupca.

V fazi preizkušanja (slika 46) se v sistemu še vedno pojavijo napake, ki so posledica:

- napak, nesporazumov v projektih (napačne žične povezave ….),
- mehanske okvare (odpovedi stikal, slabi kontakti ….),
- napake v SCADI (napačne merilne konstante, opisi alarmov, napačni alarmi, imena celic …)

Slika 46 – Funkcionalni preizkusi

Vse napake, ki se pokažejo in odkrijejo v fazi spuščanja v pogon se odpravlja sproti. Običajno objekt po funkcionalnem preizkusu preide v poizkusno delovanje. V tem obdobju se še vedno odkrivajo napake in pomanjkljivosti, ki se odpravijo v najkrajšem roku.

4.2.6 Usposabljanje kadra

Pred končno predajo objekta – sistema nadzora in vodenja – kupcu se organizira tudi šolanje kadrov, ki bodo z novim sistemom upravljali. Šolanje se izvaja v podjetju in na samem objektu.

Za sistemske inženirje in operaterje se organizira večdnevno usposabljanje. V ta namen se postavi del sistema vodenja in nadzora, ki je enak sistemu na objektu. Šolanje zaobjema vse segmente sistema vodenja in nadzora:

- predstavitev naprav vodenja in zaščit, ter njihovih funkcij,
- parametriranje naprav vodenja in zaščit,
- parametriranje SCADE,
- parametriranje naprav vodenja in zaščit,
- parmetriranje komunikacijskega vozlišča SCU 820,
- Uporaba sistema.

Treba je poudariti, da se usposabljanje kadrov ne preneha v trenutku, ko se objekt končno preda v obratovanje, ampak se dopolnjuje tudi v kasnejšem obdobju, ko se kupca seznanja z vsemi novostmi, ki dopolnjujejo sistem vodenja in nadzora.

5 Zaključek

V Iskra Sistemih nadaljujemo z razvojnimi aktivnostmi na sistemu NEO 3000. Med drugim sta v teku dva razvojna projekta: zamenjava procesne enote CPU z zmogljivejšo in sodobnejšo ter implementacija komunikacijskega protokola IEC 61850. Komunikacijski protokol bo v začetni fazi vključen v zgornji nivo sistema vodenja NEO 3000 (SCADA in komunikacijsko vozlišče), kasneje pa še v module vodenja in zaščite.

Tudi v prihodnosti bodo naši sistemi vodenja in zaščite elektroenergetskih objektov temeljili na lastnih produktih uveljavljenega sistema NEO. Poleg tega pa ostajamo sistemski integratorji opreme tujih dobaviteljev v primeru, ko podjetje ne razpolaga z lastnimi produkti.

6 Literatura

[1] Spletna stran: http://www.iskrasistemi.si/index.php/sl/power, dostopnost preverjena Februarja 2011.

[2] Iskra Sistemi, *NEO 3000 Intoduction*, Iskra Sistemi, 2006.

[3] S. Kovačič, *Komunikacije v avtomatiki*, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2000.

[4] I. Kobal, G. Parkelj, J. Curk, *Komunikacijske zahteve za potrebe nove generacije opreme za zaščito in vodenje elektroenergetskih sistemov*, CIGRE, Velenje, 2005.

[5] D. Končnik, I. Gruden, T. Bastar, *Uporabniški priročnik FPC620*, Iskra Sistemi, 2010.

[6] Iskra Sistemi, *Zaščita & Vodenje vodov FPC 520, Uporabniška navodila*, Iskra Sistemi, 2006.

[7] D. Končnik, I. Gruden, T. Bastar, *Tehnična navodila FPC620*, Iskra Sistemi, 2010.

[8] Iskra Sistemi, *Uporabniški priročnik za MCE 920*, Iskra Sistemi, 2002.

[9] Metronik, *Priročnik za šolanje Intellution iFIX*, Metronik, 2002.

[10] T. Kolarič, *SCADA-RP Balos, Navodila za operaterja*, Iskra Sistemi, 2011.

Izjava

Izjavljam, da sem diplomsko delo izdelal samostojno pod vodstvom mentorja doc. dr. Boštjana Murovca. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali.

Tomaž Kolarič