

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

ZAKLJUČNA NALOGA

CENTRALNO NADZORNI SISTEM NA POSLOVNI STAVBI OBJEKT C

Ljubljana, junij 2016

BOŠTJAN BOŽIČ

Podpisani Boštjan Božič, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Centralno nadzorni sistem na poslovni stavbi Objekt C, pripravljenega v sodelovanju s svetovalko Mojco Indihar Štemberger

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil/-a samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel/-a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil/-a;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD.....	1
1 CENTRALNO NADZORNI SISTEMI (CNS)	1
1.1 Nivoji v avtomatizaciji zgradb.....	2
1.2 Gradniki centralno nadzornih sistemov	3
1.2.1 Senzorji in aktuatorji	3
1.2.2 Programirljivi logični krmilnik.....	4
1.2.3 Komunikacije med gradniki	5
1.2.4 Center vodenja – SCADA	6
2 PRAKTIČNI PRIKAZ CENTRALNO NADZORNEGA SISTEMA	8
2.1 Opis objekta	8
2.2 Avtomatizacija in krmiljenje gradnikov centralno nadzornega sistema	9
2.2.1 Krmilna oprema	9
2.2.2 Periferna oprema.....	10
2.2.3 Oprema nadzornega nivoja.....	10
2.2.4 Komunikacija med gradniki	11
3 CENTRALNI NADZORNI SISTEM SAUTER NOVAPRO.....	12
3.1 Opis programske opreme	13
3.1.1 Baza podatkov	13
3.1.2 Obdelava podatkov	14
3.1.3 Vizualizacija procesov.....	14
3.2 Upravljanje procesov na podlagi urnikov	15
4 OBSEG KRMILJENIH NAPRAV.....	15
4.1 Ventilatorski konvektorji	16
4.2 Toplotne postaje.....	19
4.3 Nadzor in upravljanje prezračevalno klimatizacijskih naprav	20
4.4 Nadzor in upravljanje sistemov hlajenja.....	21
4.5 Nadzor in upravljanje sistemov za vzdrževanje nadtlaka	21
4.6 R-DDC centrala	21
4.6.1 Nadzor nad delovanjem odvodnih ventilatorjev za odvod dima in toplote ...	22
4.6.2 Upravljanje in nadzor nad razsvetljavo	23
4.6.3 Regulacija sistema deževnice	23

4.7 Zajem meritev z merilnikov električne energije.....	23
ZAKLJUČEK.....	23
LITERATURA IN VIRI	25

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Funkcionalni deli PLK.....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 2: Osnovne faze pri procesnem nadzoru</i>	<i>7</i>
<i>Slika 3: Krmilnik EYR207</i>	<i>10</i>
<i>Slika 4: Topologija CNS.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 5: Glavna zaslonska slika CNS</i>	<i>16</i>
<i>Slika 6: Diagram avtomatskega krmiljenja ventilatorskega konvektorja</i>	<i>18</i>
<i>Slika 7: Zaslonska slika krmiljenja ventilatorskih konvektorjev po prostorih</i>	<i>18</i>
<i>Slika 8: Primer grafičnega vmesnika za toplotno postajo</i>	<i>19</i>
<i>Slika 9: Primer grafičnega vmesnika za klimatsko napravo</i>	<i>20</i>
<i>Slika 10: Shema splošnega nadzora</i>	<i>22</i>

UVOD

Dosego optimalnega ugodja za ljudi tako na delovnem mestu kot v domačem okolju skušamo doseči z minimalno porabo energije. Tako se v modernih zgradbah uveljavlja trend, ki se kaže v smeri večjega nadzora nad porabniki energije. Sistemi za ogrevanje, prezračevanje in hlajenje igrajo pomembno vlogo pri zmanjševanju atmosferskih vplivov na notranjost zgradbe in s tem na uporabnike objekta. Primarna funkcija teh sistemov je zagotoviti udobne in zdrave pogoje za ljudi, ki v stavbi delajo ali se v njej zadržujejo (Kragelj, Vanič, 2008).

V sodobnem času nam avtomatizacija zgradb omogoča visoko kakovost bivanja. Vzroke za njeno uveljavljanje najdemo v prednostih, ki nam jih ponuja nadzorovano upravljanje bivalnih ali poslovnih prostorov.

V pričujoči zaključni nalogi se osredotočamo na klasične centralno nadzorne sisteme (CNS) z vidika krmiljenja ter upravljanja strojnih naprav v poslovnih stavbah. Sistemi vodenja v zgradbah se uporabljajo v visokih pisarniških objektih, bolnišnicah, na letališčih, fakultetah, v industrijskih ter drugih objektih, in sicer za zagotavljanje delovanja nepogrešljivih naprav v teh zgradbah.

V nadaljevanju opisujemo praktični primer uporabe CNS v poslovni stavbi, objektu C, ki s svojo velikostjo izstopa med stavbami s podobnim namenom. V stavbi, ki je bila zgrajena in predana v obratovanje v letu 2011, je vgrajena avtomatizacijska oprema proizvajalca Sauter, ki nastopa z opremo na vseh nivojih nadzornega sistema.

V prvem delu teoretičnega dela prikazujemo strukturo in zgradbo CNS ter pojasnujemo glavne gradnike, medtem ko v drugem in tretjem delu predstavljamo CNS na objektu C, kjer je poudarek najprej na zgradbi sistema, nato pa sledi opis programske opreme. V četrtem oziroma zadnjem delu predstavljamo vse glavne segmente nadzornega sistema. Na koncu se dotikamo tudi trendov razvoja nadzornih sistemov.

1 CENTRALNO NADZORNI SISTEMI (CNS)

V nadaljevanju sledi opis bistvenih funkcij in gradnikov centralno nadzornih sistemov ter razlaga programske opreme SCADA.

Centralno nadzorni sistem (v nadaljevanju CNS) je sistem za vodenje in upravljanje zgradbe (Roškarič, b. l.). S pomočjo posebnega programskega orodja nam preko uporabniku prijaznega vmesnika omogoča popoln vpogled v delovanje stavbe. Z njim lahko lokalno ali na oddaljenem kraju preprosto izvajamo nadzor in upravljanje nad dogajanjem. CNS je sistem, ki zajema celotno avtomatizacijo in krmiljenje strojne opreme.

Za upravljanje CNS uporabljamo programsko opremo tipa SCADA (angl. *supervisory control and data acquisition*). Manček (2005) pojasnjuje, da gre dejansko za programsko opremo, ki omogoča razvoj in izvedbo aplikacij na nadzornih računalniških sistemih, vendar so z nazivom SCADA pogosto poimenovani kar celotni sistemi za vodenje ali pa vsaj njihov nadzorni del. Pomen pojma SCADA (orodje, gradnik sistema za vodenje, cel sistem) pa je precej odvisen od osebnega pogleda in področja, na katerem se uporablja.

Zahvaljujoč pocenitvi elektronskih komponent smo v tem tisočletju priča prenosu izkušenj, spoznanj in tehnologij, pridobljenih pri razvoju in uporabi sistemov za avtomatizacijo v letalski, vesoljski in procesni tehniki, na področje zgradb. Tako se je razvila t. i. stavbna sistemska tehnika, katere osnovni cilji so učinkovitejša raba energije ob zmanjšanju obremenitve okolja, večja varnost objektov ter povečanje bivalnega udobja (Perš, Tovornik, b. l.).

Centralni nadzorni sistemi nam pri obratovanju poslovnih stavb prinašajo (Vraničar, Kraševac, 2010):

- visoko energetska učinkovitost opreme/naprav ter zanesljivo regulacijo, prostore ogrevamo ali hladimo samo takrat, ko je to potrebno;
- ekološki vidik ohranjanja narave – z vidika ohranjanja narave upoštevamo trende zmanjšanja porabe energentov in obremenjevanja okolja;
- nižje stroške obratovanja, vzdrževanja in servisa – zaradi frekvenčne regulacije delovanja je obraba naprav manjša, delovanje pa optimizirano;
- večjo varnost; tehnično varovanje (javljanje vloma, videonadzor, kontrola pristopa, registracija prisotnosti) poslovnih stavb ter sistemi avtomatskega javljanja požara so z integracijo v centralno nadzorni sistem postali že stalnica.

Računalniški sistemi za centralno vodenje in nadzor omogočajo zaradi svoje prilagodljivosti neomejene možnosti pri uvajanju inteligence v zgradbo. Z rastjo cen energentov, ostrejšo okoljsko zakonodajo in dostopnejšo krmilno regulacijsko ter računalniško opremo so takšni inteligentni sistemi dosegljivi in postajajo obvezna oprema poslovnih, stanovanjskih in trgovskih objektov (Sauter, 2009).

1.1 Nivoji v avtomatizaciji zgradb

Pojem **avtomatizacija** zajema uporabo in delovanje strojev, ki opravljajo nek postopek s samodejnim uravnavanjem in brez neposrednega človekovega delovanja (Bunc, 1965).

Avtomatizacijo in krmiljenje neke zgradbe delimo na tri segmente (Roškarič, b. l.):

- procesni nivo za vhodno izhodne funkcije;
- avtomatizacijski nivo za procesne funkcije;
- upravljalški nivo za alarme, analizo in inženirske funkcije.

Na procesnem nivoju operiramo z enostavnimi podatki, ki jih pridobimo s pomočjo meritev, ter izvajamo regulacijo procesov. Na avtomatizacijskem nivoju se srečujemo s kompleksnimi podatki, zaznavamo različna stanja ter izvajamo krmiljenja. Upravljalški nivo pa nudi možnosti za optimizacijo opazovanih sistemov, saj imamo na voljo veliko kompleksnih podatkov, ki jih pridobimo s pomočjo analize, opazovanj in trendov.

1.2 Gradniki centralno nadzornih sistemov

Sistem regulacije in nadzora je treba zasnovati tako, da ne prihaja do težav pri komunikaciji ali nekompatibilnosti opreme posameznih regulacijskih nivojev. Boyer (2010, str. 60) meni, da je priporočljivo že v fazi projektiranja preučiti, kateri dobavitelji lahko zagotavljajo zamenljivost opreme v primeru okvare ali iztrošenosti v daljšem časovnem obdobju.

Pri klasičnih sistemih procesnega vodenja vodi tehnološki proces en ali več krmilnikov, ki predstavljajo možgane sistema za procesno vodenje. Slednji pridobiva podatke prek vhodnih modulov, na katere so povezani senzorji, prek izhodnih modulov pa posreduje ukaze aktuatorjem. Celoten sistem lahko upravljamo prek lokalnega upravljalnega panela ali centra vodenja (Selak in Likar, 2011).

1.2.1 Senzorji in aktuatorji

Izvršilne elemente (aktuatorje) ter zaznavne elemente (senzorje) štejemo med periferno opremo procesnega nivoja. S senzorji, za katere lahko rečemo, da nadomeščajo človeška čutila, lahko spremljamo temperaturo, tlak, pretok, hitrost vrtenja in drugo. Senzorji ali tipala so komponente, ki spremenljivke iz okolja pretvorijo v obliko, ki je primerna za nadaljnjo obdelavo z elektronskimi vezji. Izhodni signal senzorja je najpogosteje v obliki električne upornosti, napetosti ali toka. Aktuatorji ali pretvorniki pa pravimo napravam, ki prejeti signal pretvorijo v dejanje. Gre za mehanizem, preko katerega je mogoče vplivati na okolico in procese, ki jih želimo upravljati. Ločimo električne, pnevmatične in hidravlične pretvornike (E-gradiva za predmet informatika, 2006).

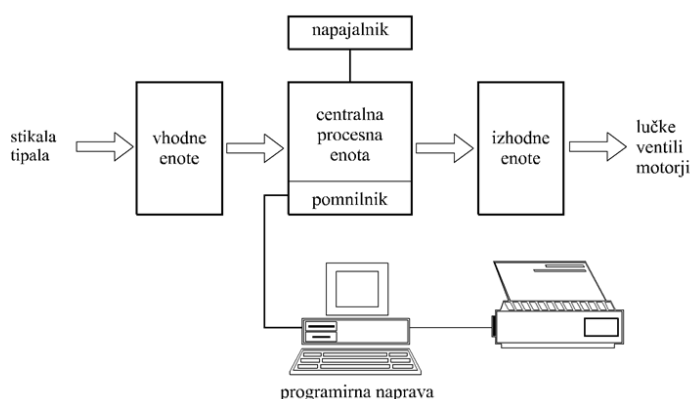
Selak in Likar (2011) opisujeta senzorje kot elemente, ki nam dajejo informacije iz procesa, aktuatorje pa kot elemente, s katerimi vplivamo na proces. Senzorje lahko delimo na digitalne (stikala) in analogne, s katerimi merimo vrednost procesne veličine v določenem razponu.

1.2.2 Programirljivi logični krmilnik

Strmčnik et al. (1998, str. 561–562) definirajo programirljivi logični krmilnik (v nadaljevanju PLK) kot mikroračunalnik, ki je prilagojen delu v industrijskem okolju. Je zelo zanesljiv, enostaven za uporabo (programiranje, montaža, servisiranje) in relativno poceni. PLK uporabljamo predvsem za logične operacije, krmiljenje, zbiranje podatkov za potrebe nadzora ter kot vmesnik za izvajanje daljinskih komand. Sestavljajo ga:

- Centralna mikroprocesna enota (v nadaljevanju CPU), kar poimenujemo kar možgani krmilnika. CPU vsebuje mikroprocesorje, ki krmilijo delovanje PLK in izvajajo uporabniški program, ob tem pa krmili komunikacije in povezave z drugimi enotami sistema.
- Napajalnik; PLK je običajno napajan z 220 V izmenične napetosti ali 24 V enosmerne napetosti.
- Vhodne enote, ki skrbijo za sprejem digitalnih in analognih zunanjih signalov.
- Izhodne enote, ki skrbijo za oddajo digitalnih in analognih izhodnih signalov.

Slika 1: Funkcionalni deli PLK



Vir: Strmčnik et al., Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov, 1998, str. 563.

S Slike 1 je razvidno, da je za delovanje PLK potrebna tudi naprava za programiranje oziroma računalnik, ki ga potrebujemo za vpis programa in odčitavanje napak na krmilniku.

Selak in Likar (2011) ugotavljata, da je vzrok za široko uporabnost PLK njihova univerzalnost, fleksibilnost in modularnost. Modularna zgradba omogoča prilagodljivost glede števila vhodov, izhodov, pomnilnika in centralno procesne enote – odvisno od zahteve. Če pride do okvare krmilnika, se ustavi celoten sistem, ki ga ta krmilnik vodi.

Fizična povezava krmilne opreme sistemov SCADA je pogojena z vrsto vmesnika, ki ga podpirajo krmilniki računalniške opreme. Programsko je komunikacija s krmilniki pri večini sistemov SCADA izvedena preko posebnih programskih vmesnikov, ki jih

imenujemo gonilniki. Oni služijo izmenjavi podatkov med krmilniki in sistemi SCADA. Vsak krmilnik pozna svoj gonilnik. Običajno jih izdeluje proizvajalec krmilnika ali proizvajalec sistema SCADA, možno pa je gonilnik dobiti tudi od neodvisnega izdelovalca (Glamnik, 2011).

1.2.3 Komunikacije med gradniki

Posamezne gradnike moramo med seboj povezati ter vzpostaviti komunikacijski sistem, ki bo omogočal izmenjavo informacij. Za zagotovitev uspešne komunikacije med govorcem in poslušalcem navaja Boyer (2010, str. 71) tri glavna pravila:

- govorec in poslušalec morata uporabljati isti medij;
- govorec in poslušalec morata uporabljati isti jezik;
- govorec ne sme govoriti medtem, ko govori nekdo drug.

Najbolj pogost medij za komunikacijo med napravami je dvožilni podatkovni vodnik. Če povežemo vse naprave zaporedno z istim medijem, dobimo področno vodilo (angl. *bus*). Tako senzorjem in aktuatorjem omogočimo hkraten prenos podatkov in zmanjšamo zahtevnost ožičenja naprav, saj ni treba vsake naprave povezovati s krmilnikom. Da je mogoče na skupnem vodilu enournno prirediti posamezne signale določenim napravam, mora imeti vsaka naprava edinstven naslov. Med najpomembnejša področna vodila prištevamo Profibus, CAN (angl. *Controller area network*), Ethernet, Interbus, LON Works (angl. *Local operating network*), Modbus RTU, Profinet, BACnet (Bastian et al., 2011).

Pravila komunikacije pri napravah določa komunikacijski protokol, ki definira: kdaj, kako in s kom lahko v določenem trenutku naprava komunicira. V praksi se uporablja kar nekaj komunikacijskih protokolov, kar je posledica uveljavljanja filozofije posameznih proizvajalcev avtomatizacijske opreme (Strmčnik et al., 1998, str. 560). Najpogostejše so uporabljeni električni standardi RS232 in RS485 ter protokoli Modbus, LonTalk, TCP/IP, Mbus.

Komunikacijski protokol Modbus se uporablja za vzpostavljanje komunikacije med napravami, kjer je ena nadrejena in do 247 podrejenimi inteligentnimi napravami (npr. PLK). Tehnika komunikacije poteka tako, da le nadrejena naprava proizveduje, podrejene naprave pa odgovarjajo s posredovanjem zahtevanih informacij. Vsaki napravi je dodeljen Modbus naslov (Pefhany, 2000).

Ethernet je standard v svetu računalništva, kjer se uporablja za lokalna omrežja. Uporablja se tudi v avtomatizaciji, in sicer tako na nivoju perifernih naprav kot na nivoju krmilnikov. Odlikujejo ga visoka hitrost prenosa podatkov ter odprtost in robustnost, kar so obenem razlogi za široko uporabo.

Manček (2005, str. 18) deli komunikacije nadzornih sistemov na dve skupini:

- komunikacije med napravami in
- komunikacije med človekom ter strojem. Takšne naprave pogosto imenujemo vmesnik človek – stroj oziroma s tujo kratico HMI (angl. *Human Machine Interface*). Kot primer preprostejšega vmesnika lahko navedemo procesni panel, medtem ko velja grafični vmesnik programskega orodja SCADA za naprednejši HMI.

Zatorej je treba pri načrtovanju in izgradnji CNS veliko pozornosti posvetiti natančni izvedbi signalnih povezav in tehnološkim posebnostim, saj je profesionalno načrtovan in izveden signalni sistem temelj kakovostnega (mikro) računalniškega vodenja (Strmčnik et al., 1998, str. 560).

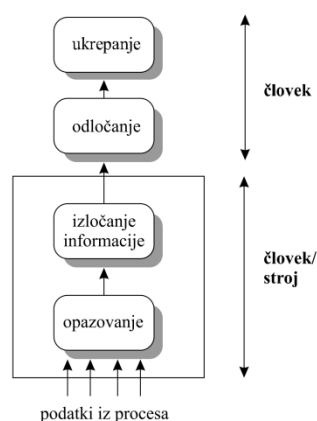
1.2.4 Center vodenja – SCADA

Grobo lahko SCADA opredelimo kot tehnologijo, ki omogoča uporabniku, da z enega ali več oddaljenih objektov zbere podatke in nazaj vrne točno določena navodila. Tehnologija je bila razvita za opazovanje in upravljanje zelo velikih sistemov, kot so na primer: plinovodi, naftna polja, elektroenergetska omrežja itd. Procese, ki potekajo na geografsko zelo širokem območju, lahko operater upravlja v lokalni centrali (Boyer 2010, str. 9).

SCADA je nadzorno in krmilno okolje, ki omogoča komunikacijo med človekom in strojem. Daneels in Salter (2001) menita, da deluje SCADA na nadzornem nivoju, saj gre za programski paket, ki je postavljen na vrh strojne opreme, s katero komunicira preko programirljivih logičnih kontrolerjev – krmilnikov (PLK) – in drugih komercialnih modulov. Tehnologija se ne uporablja le v industrijskih procesih, ampak tudi širše. Včasih so sistemi SCADA delovali v okolju DOS, VMS in UNIX, na prelomu tega tisočletja pa so se preselili na Windows ali Linux platformo.

Strmčnik et al. (1999, str. 215–216) definirajo sistem SCADA kot orodje procesnega nadzora, od katerega se pričakuje, da bo nudilo operaterju podporo pri izločanju kakovostne informacije iz podatkov, ki prihajajo iz procesa, ter njene predstavitve v jasnem in preprosto dosegljivem formatu (glej Sliko 2). Operater mora podatke najprej opazovati, nato ugotoviti odstopanja od normalnega stanja, sklepati o možnih vzrokih za nepravilno delovanje, v izjemnih situacijah ukrepati in sistem spraviti v območje varnega delovanja. Glavni problem vidijo v tem, da ni vsak izmerjeni podatek tudi relevantna informacija.

Slika 2: Osnovne faze pri procesnem nadzoru



Vir: Strmčnik et al., *Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov*, 1998, str. 216.

Kot razlagata Gradišar in Resinovič (2001, str. 31), poimenujemo takšne informacijske sisteme kar sistemi človek – stroj (angl. *Human-Machine Interference*), ker določeno delo, ki je potrebno za doseganje ciljev, opravlja človek, drugo pa stroj oziroma računalnik. Včasih večino odločitev sprejme računalnik in človek le nadzoruje njegovo delo, medtem ko je nasprotno včasih človekova vloga pomembnejša, saj sam sprejema odločitve, računalnik pa mu le pomaga z izračuni in iskanjem podatkov. Za uspešno delovanje sistema je zelo pomembna delitev dela med računalnikom in človekom, ki je najpogosteje zasnovana tako, da računalnik sprejema odločitve v standardnih in vnaprej predvidenih situacijah, medtem ko je človekova vloga pomembnejša, ko pride do nepredvidenih dogodkov in izjem.

Programska orodja SCADA omogočajo razvoj centralno nadzornih sistemov z naslednjimi funkcijami (Strmčnik et al., 1998, str. 484):

- zbiranje procesnih podatkov;
- prikazovanje in ročno vodenje;
- alarmiranje;
- arhiviranje;
- arhiviranje/shranjevanje procesnih podatkov;
- generiranje poročil.

Sistemi SCADA omogočajo branje in pisanje podatkov iz procesnega računalnika, prikazovanje na zaslonu ter shranjevanje na disk v vnaprej zahtevanem času, ki je odvisen od narave procesa. Zbiranje podatkov se lahko izvaja v določenem časovnem intervalu ali ob pojavu določenega dogodka, tj. dogodkovno. Poleg tega je hitrost zbiranja podatkov odvisna tudi od zmogljivosti nadzornega računalnika, vrste operacijskega sistema, načina povezave s procesnim računalnikom, organizacije podatkovne baze v hitrem spominu ter izvajanja posameznih programskih modulov. Pri enostavnejši interakciji z operaterjem so pomemben element uporabniških vmesnikov grafični ali tekstovni prikazi, medtem ko je

stanje procesa prikazano z animacijo posameznih procesnih komponent. Alarmiranje je obveščanje operaterja o odstopanjih merljivih veličin z območja dovoljenih vrednosti. Glede na vrsto ali status alarma je možno alarme razvrstiti v skupine in operaterja obvestiti z opisom alarma. Shranjevanje in arhiviranje podatkov je omogočeno v obliki podatkovne baze. Najpogosteje so v uporabi SQL server, Oracle, Microsoft Access, dBase. Sistemi SCADA omogočajo generiranje različnih izpisov in poročil na osnovi tekočih procesnih podatkov.

Namen zbiranja podatkov je, kot pravi Manček (2005), predvsem njihovo prikazovanje in shranjevanje. Beleženje podatkov lahko poteka nepretrgoma, pri čemer se določen podatek zabeleži vsake toliko časa ali pa se zabeleži samo ob spremembi vrednosti oziroma ko se pojavi. Podatki so prikazani s pomočjo različnih prikazov, ki so lahko grafični ali besedilni. Grafični prikazi so navadno sestavljeni iz statičnih (cevovodi, ohišje naprave) in dinamičnih komponent – animiranih simbolov (ventili, prikaz nivoja medija) elementov v procesu. Izdajanje krmilnih ukazov se izvaja npr. s pomočjo gumbov na grafičnih prikazih, posebnih krmilnih oken ali kakšne druge oblike dialogov. Med prikaze lahko uvrstimo tudi t. i. trende, kjer je nek (arhiviran ali trenutni) podatek predstavljen s pomočjo diagrama. Pri tem se najpogosteje uporabljajo diagrami, ki prikazujejo podatek v odvisnosti od časa.

2 PRAKTIČNI PRIKAZ CENTRALNO NADZORNEGA SISTEMA

V delu, ki sledi, predstavljamo in opisujemo sestavne dele centralno nadzornega sistema (CNS) na objektu C. Tehničnemu opisu objekta sledijo opisi posameznih nivojev avtomatizacije. Praktični prikaz sistema temelji na izkušnjah, pridobljenih z delom operaterja na pričujočem nadzornem sistemu. Dodatne informacije smo pridobili s preučitvijo projektne dokumentacije ter opravljenim intervjujem z glavnim Sauterjevim programskim serviserjem, tj. gospodom Miho Govednikom.

CNS sloni na opremi proizvajalca Sauter AG (v nadaljevanju Sauter) – to je podjetje iz Švice, ki se na trgu avtomatizacijske opreme pojavlja z rešitvami na področju klimatizacije stavb, ogrevanja in hlajenja; v zadnjem času ponuja rešitve tudi na področju energetskega upravljanja zgradb.

2.1 Opis objekta

Stavba je funkcionalno zasnovana kot poslovna stavba, ki je v celoti namenjena pisarnam s pomožnimi prostori (sejne sobe, arhivi itd.), izjema je del pritličja, ki je namenjen restavraciji s kuhinjo in dvoetažni konferenčni dvorani. Strojnice so, razen toplotne postaje, ki je v kleti, umaknjene na streho stavbe in izpostavljene vplivu zunanje temperature in ostalim vremenskim dejavnikom. Zaradi sobnega ogrevanja in hlajenja so skupaj s sobnimi stenskimi prostorskimi operaterskimi enotami v pisarnah izvedeni ventilatorski parapetni konvektorji oziroma stropni konvektorji v sobah brez dnevne

svetlobe. Vzporedno so vsi prostori prisilno prezračevani preko klimatskih naprav. Objekt je toplotno oskrbovan z daljinskim ogrevanjem – vročevodom. Razdeljen je na pet sektorjev (A, B, C, D in restavracija); vsako jedro ima toplotno postajo, ki je razdeljena na tri regulacijske veje (konvektorsko, klimatsko ter radiatorsko vejo). Zaradi zagotavljanja visoke zanesljivosti nadzornega sistema in ostalih nujnih porabnikov je v stavbi izveden dizel električni agregat, za brezprekinitveno napajanje pa skrbijo naprave UPS (angl. *Uninterruptable power supply*).

2.2 Avtomatizacija in krmiljenje gradnikov centralno nadzornega sistema

Proizvajalec avtomatizacijske opreme Sauter sledi gradnji enovitega sistema vodenja in nadzora. Sistem avtomatizacije je zasnovan celovito in z namenom, da se prepreči morebitna neskladja in šume v komunikaciji vgrajene opreme na relaciji periferni nivo–avtomatizacijski nivo–centralno nadzorni nivo. Zaradi večje zanesljivosti ter lažjega vzdrževanja in servisiranja je vgrajena oprema na vseh treh segmentih krmiljenja last podjetja Sauter in je med seboj 100-odstotno kompatibilna. S tem tudi odpadejo stroški vmesnikov ter njihovo programiranje, saj vsi sistemi uporabljajo isti komunikacijski protokol, kar prav tako pripomore k večji robustnosti celotnega sistema. Elementi so med seboj zamenljivi, tako da imamo majhno število rezervnih delov in nizke stroške vzdrževanja. Struktura zgradbe sistema je logična in obvladljiva tudi v našem primeru, ko gre za veliko število strojnih naprav in čez 20.000 signalov (Sauter, 2011).

Centralno nadzorni sistem na objektu C sestavljajo trije nivoji (Sauter, 2011):

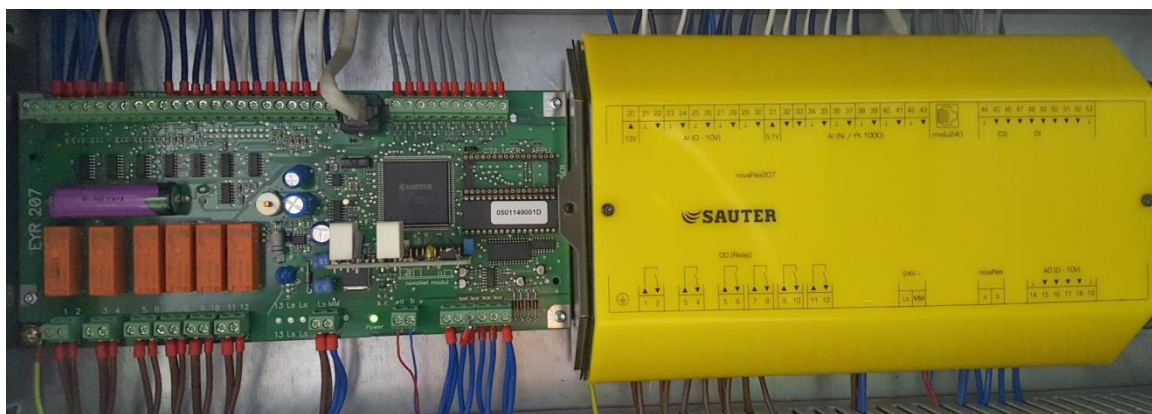
- periferni nivo, ki ga sestavljajo izvršilni elementi in tipala;
- krmilni nivo, ki ga sestavljajo oprema za upravljanje naprav in sistemov ter komunikacijski vmesniki za njihovo povezovanje;
- nadzorni nivo je komunikacijsko omrežje, ki povezuje vso opremo krmilnega nivoja Sauter med seboj in z nadzornim računalnikom, na katerem deluje nadzorna aplikacija NovaPro in predstavlja jedro CNS.

2.2.1 Krmilna oprema

Za regulacijo in nadzor opreme so uporabljeni različni prosto programirljivi krmilniki Flex iz družine EY-modulo2; največkrat gre za tip EYR203 ali EYR207. Tip vgrajenega krmilnika za posamezno napravo je izbran glede na projektne zahteve po številu potrebnih vhodov in izhodov krmilnika. V vsakem krmilniku je glede na potrebe regulacije odgovarjajočega procesa vpisan program. To pomeni, da deluje krmilnik skupaj s strojno napravo, ki jo upravlja, kot zaključena celota in izpad nadzornega računalnika nima vpliva na njegovo delovanje. Sauter skuša vso logiko vodenja zadržati na krmilnem nivoju in tako zagotoviti avtonomnost od praviloma manj zanesljivega nadzornega sistema, ki temelji na

osebni računalnik. Delovanje krmilnika se po izpadih napajanja samodejno vzpostavi. V primeru, da gre za klimatsko napravo, je iz varnostnih razlogov potrebno ročno resetiranje napake. Požarno varovanje namreč narekuje, da je treba za ponoven vklop sistema prezračevanja fizično preveriti stanje naprave. Na Sliki 3 je primer sestave krmilnikov EYR207 v krmilni omari klimatske naprave KN9.

Slika 3: Krmilnik EYR207



2.2.2 Periferna oprema

Med najpogostejša merilna tipala CNS štejemo tipala temperature, ki merijo temperaturo različnih medijev v cevovodih in prezračevalnih napravah. Na objektu C merimo temperaturo razvoda pitne vode v garaži pred vertikalnimi odcepi. V primeru, da v poletnih mesecih temperatura pitne vode v kletnem razvodu doseže kritično mejo $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (nevarnost razvoja legionele), se pretopla voda iz hišnega razvoda avtomatsko izprazni v zbiralnik deževnice. Če pride do prekoračitve mejne temperature le na enem od tipal, krmilnik to zazna, odpre izpustni ventil in izvede praznjenje pitne vode v rezervoarje deževnice.

Prav tako pogosti senzorji so merilniki tlaka, ki so nameščeni na cevovodih hladilnega sistema in grelnih cevovodih toplotnih postaj. Krmilnik se ob prekomerni spremembi tlaka odzove s signalizacijo alarma, saj preko vhodnega podatka preverja tesnost cevovoda.

Med izvršilne elemente štejemo frekvenčno vodene motorje ventilatorjev, črpalke, različne elektromagnetne ventile itd. Pretok vode v ogrevalnih cevovodih uravnavamo z zaganjanjem črpalk in odpiranjem elektromagnetnih ventilov v toplotnih postajah, s tem pa vplivamo na regulacijo ogrevanja.

2.2.3 Oprema nadzornega nivoja

Na predmetnem objektu se nadzor in upravljanje nad strojnimi napravami opravljata s pomočjo nadzornega računalnika – strežnika SCADA. Gre za osebni računalnik z

operacijskim sistemom Windows XP, na katerem je nameščen programski paket Sauter NovaPro EY3600. Računalniški sistem povezuje strojne naprave in je podprt s komunikacijskim omrežjem Ethernet TCP/IP.

Vodenje je na spodnjem nivoju doseženo s pomočjo programirljivih krmilnikov, za namen vodenja na višjem nivoju pa je na nadzornem računalniku nameščena aplikacija SCADA. Neposredno upravljanje je možno tudi s HMI vmesniki:

- lokalno operatorsko konzolo EYT240;
- procesnimi paneli na elektro krmilnih omarah toplotnih postaj, hladilnih agregatov ter klimatskih naprav.

Upravljanje krmilnikov je lokalno omogočeno preko mobilnega terminala – večvrstičnega LCD tekstovnega prikazovalnika Nova 240. Krmilno konzolo s krmilnikom povežemo z ethernet mrežnim kablom. Kljub svoji majhnosti in enostavnem zaslonu ter okornosti omogoča nastavitve urnikov in časovnih programov, prikazovanje zelenih vrednosti in statusov, upravljanje s stikali ter lokalno prepoznavo alarma in takojšnje ukrepanje. V primeru odpovedi nadzornega računalnika nam nudi začasno rešitev pri upravljanju krmilnikov (Sauter, navodila za uporabo Nova 240).

S pomočjo procesnega panela ali zaslona na dotik (angl. *touch panel*) je mogoče prikazati stanje procesa, obravnavati sporočila oziroma alarme, vnašati parametre in izvajati ukaze (Manček, 2005). Na objektu C so v uporabi paneli z alfa numeričnim prikazovalnikom in nekaj funkcijskimi tipkami.

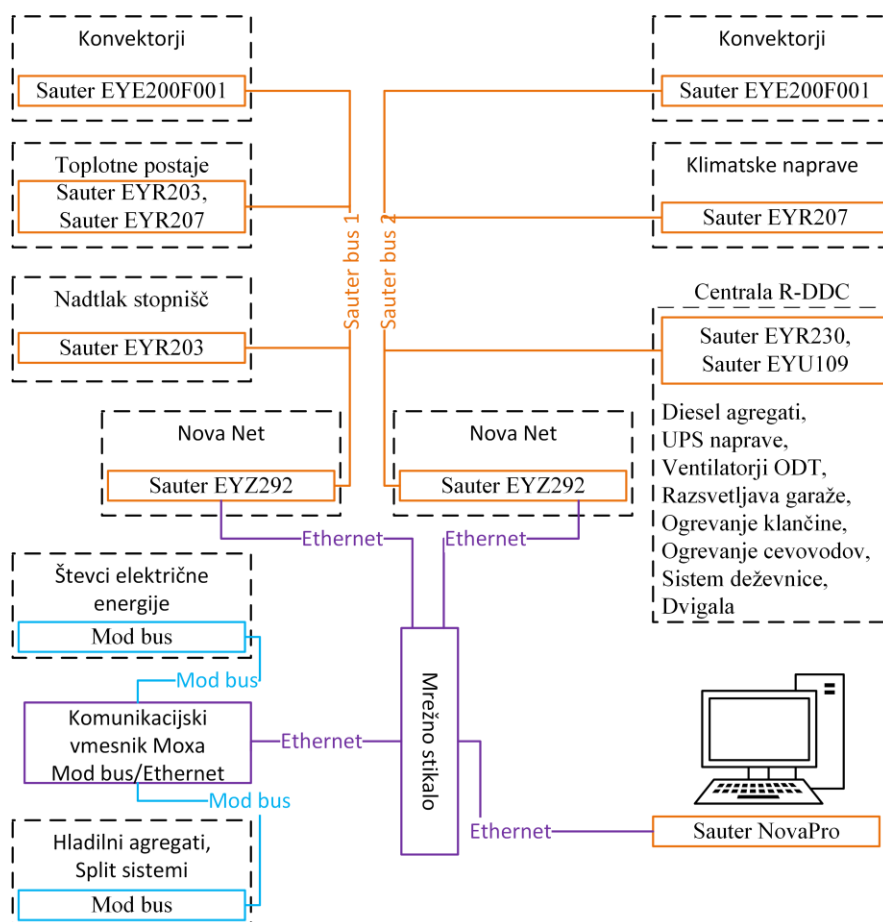
2.2.4 Komunikacija med gradniki

Krmilniki so med seboj in z glavnim računalnikom SCADA neposredno povezani, tako da imajo možnost neposredne komunikacije v obe smeri. Zaporedje in organiziranost vseh segmentov mreže nista pomembna, važno je le, da je zanka zaključena. Za izmenjavo podatkov s strojnimi napravami Sauter Nova Pro ne potrebuje dodatne strojne opreme, saj preko gonilnika komunicira neposredno s krmilnikom.

Na Sliki 4 je prikazana topološka shema CNS. Komunikacijski protokol, ki definira, kako naj naprave krmilnega nivoja medsebojno komunicirajo, imenujemo Sauter bus EY3600. Komunikacija med krmilniki poteka od naprave do naprave po dvožilnem vodniku, tj. področnem vodilu Sauter bus. Za komunikacijo s hladilnimi napravami in števeci električne energije uporabljamo Modbus komunikacijo.

Med gradnike komunikacijskega omrežja prištevamo tudi podatkovna vmesnika EYZ292 F001, ki omogočata komuniciranje med krmilniki in nadzornim računalnikom, ter komunikacijski vmesnik Moxa, ki pretvori Modbus komunikacijo v Ethernet.

Slika 4: Topologija CNS



Vir: Sauter, Tehnični opis CNS, 2011

3 CENTRALNI NADZORNI SISTEM SAUTER NOVAPRO

Ogledali si bomo programsko opremo, princip delovanja in njene funkcije, ki so integrirane v CNS.

Centralni nadzorni sistem tipa SCADA – Sauter NovaPro – je programski paket, ki omogoča avtomatsko vodenje, nadzor in upravljanje strojnih ter energetskih naprav na objektu C. Omogoča nam dostop in upravljanje s krmilniki ter izmenjavo informacij med operaterjem in CNS.

Preko nadzornega sistema zbiramo podatke iz procesov, ki potekajo v strojnih napravah že pri njihovem izvoru. Vsak parameter posebej spremljamo v živo na enem mestu, tako da takoj vemo, kje in kdaj je nastala napaka. Ker so operaterju na voljo le trenutni podatki, ni razvidno, kako se je vrednost skozi čas spreminjala. Zato potrebujemo prikaz arhiviranih vrednosti, kar nam najlepše prikaže trend. Na podlagi zbranih podatkov lahko oblikujemo poročila in zaženemo interno diagnostiko o delovanju celotnega sistema (Sauter, 2011).

Večino za operaterja pomembnih podatkov prikazujemo z dinamičnimi povezavami. Ker je prenos podatkov dvosmeren, izdajamo ukaze iz nadzornega centra ter tako ali aktiviramo ali deaktiviramo pripadajoče kontrolno krmilne točke. V realnem času spremljamo dogodke in stanja procesa preko uporabniškega vmesnika, obenem pa spremljamo alarmiranje in arhiviranje dogodkov. Če sistem ob spremljanju različnih stanj naprav in na podlagi alarmnih sporočil sam zazna možna kritična stanja, se lahko ustrezno odzove, da prepreči nastanek škode.

3.1 Opis programske opreme

Programski paket Sauter NovaPro sestavljajo naslednji sklopi z različnimi programskimi moduli:

- baza podatkov z modulom PVMPDATA;
- obdelava podatkov z moduloma Event Viever in Trend Viever;
- HMI za vizualizacijo procesov z modulom Visualisation.

3.1.1 Baza podatkov

Podatki, ki jih v realnem času pridobimo iz procesov, se hranijo v podatkovni bazi, datoteki PVMPDATA. Modul pretvori podatke, ki jih pridobimo iz krmilnikov, v uporabniku razumljive podatke. Podatke procesnih točk iz krmilnika pridobivamo na dva načina: prvi je dogodkoven, drugi pa na ukazno zahtevo. Čeprav se vsebina podatkovne baze neprenehoma spreminja, vse spremembe, ki jih zazna krmilnik, niso vidne tudi v bazi podatkov. Na podlagi vpisanega programa v krmilniku slednji posreduje spremembe vrednosti spremenljivk le, če je sprememba vrednosti izven mejnih vrednosti. Tako na primer, ko pride v prostoru do spremembe temperature za $\pm 0,1$ °C, na SCADI te spremembe ne bomo zaznali, saj je prednastavljena mejna vrednost za pošiljanje podatka sprememba temperature $\pm 0,2$ °C. Na ta način krmilnik ne obremenjuje mreže po nepotrebnem.

Vsak krmilnik ima svoj naslov (angl. *group adress*), vsak izmed signalov na krmilniku pa ima svoj naslov na krmilniku. Natančen naslov signala je tako sestavljen iz naslova krmilnika in naslova signala na krmilniku. Označujemo ga s kratico MFA (angl. *machine fine address*). Naslov MFA se uporablja za izvajanje vseh operacij med SCADO in krmilnikom ter v komunikacijah med krmilniki. Tej spremenljivki pravimo procesna ali kontrolno-krmilna točka (Sauter, 2011).

Do podatkov, ki jih hrani procesna točka na krmilniku, lahko v vsakem trenutku pridemo tudi na podlage zahteve, ki jo posredujemo krmilniku z ukazno zahtevo "Pres. process status". Krmilnik nam posreduje trenutni zahtevani podatek in ga ob tem zapiše v podatkovno bazo.

3.1.2 Obdelava podatkov

Podatke, ki jih pridobimo iz krmilnikov, obdelujemo z različnimi moduli. Glavna modula sta Event Viever in Trend Viever. Funkcija prvega je procesiranje in prikazovanje alarmov. Beleži se čas nastopa in odhoda alarma ter tudi čas resetiranja napake z imenom operaterja. V primeru pojava alarma se na sliki pojavi izpis alarma, slika se avtomatsko postavi na shemo, kjer je prikazana naprava, na katero se nanaša alarm. Alarmi so, glede na pomembnost, razdeljeni v dve skupini – npr. opozorila (zamašen filter) in alarmi (varnostni termostat, požar ...). Alarm sproži prekoračitev določene vrednosti naprave, ki jo nadzorujemo preko CNS.

Na ravni procesiranja podatkov uporabljamo še Trend Viever, s katerim grafično prikažemo zgodovino podatkov. Do trenda lahko dostopamo praktično z vsake zaslonske slike. Na oknu za nastavitve trend parametrov lahko izbiramo vrednosti ter obdobje, za katero bomo prikazovali podatke.

Preko trenda lahko prikažemo tudi arhivske podatke. Na voljo so nam podatki, ki so shranjeni v bazi podatkov v okviru omejitev, ki smo jih predhodno določili. Arhiv je omejen z velikostjo arhivske datoteke, nastavitvijo, za katere spremenljivke se vrednosti arhivirajo, ter intervalom zapisovanja podatkov, ki jih posredujejo krmilniki. Brez omejitev pa arhiviramo vse nastale alarme, ki se prikazujejo v tabeli seznama alarmov.

3.1.3 Vizualizacija procesov

Obratovalna stanja in trenutne vrednosti opreme s pomočjo vizualizacije pregledno prikažemo na zaslonu nadzornega računalnika, kjer jih lahko nadziramo in krmilimo. Z dinamično predstavitvijo obratovalnih stanj naprav so izdelani shematski prikazi posameznih procesov, prikazani so tlorisi posameznih etaž, sistemi prezračevanja, toplotnih in hladilnih postaj ter stanja oziroma alarmi ostalih opazovanih naprav in sistemov.

Zasnova prikazov je izvedena hierarhično, tako da je na najvišjem nivoju glavna slika, potem pa se premikamo po slikah vedno bolj v globino nadzornega sistema, kjer dostopamo do posameznih naprav in imamo podrobnejši pregled delovanja. En zaslonski prikaz imenujemo zaslonska slika (Sauter Automatika, 2010).

Osnova grafičnega dela je prikaz tehnološke sheme procesa. Modul za vizualizacijo procesov nam podatke iz baze podatkov prikazuje na grafični podlogi v okencih z aktivnimi vrednostmi. Tako spremljamo stanja procesov s pomočjo številčnih prikazov (meritve, dejanske in želene vrednosti) in animiranih grafičnih objektov (simboli izvršnih elementov). Lažjo zaznavo stanj nam omogočajo tudi različne barve. Zelena barva na Slika 9, ki se nahaja na str. 20, pomeni, da ventilator deluje in so žaluzije odprte, svetlo modro

ali rumeno obarvano okence prikazuje želeno vrednost, vrednosti v okencih s črno podlago pa prikazujejo trenutne vrednosti.

Vsem slikam, ki hierarhično sledijo glavni zaslonski sliki, sta skupni glava, ki se nahaja v zgornjem levem kotu, ter časovna komponenta z manevrirnimi gumbi v desnem zgornjem kotu. Za enostavnimi znaki gumbov je povsem preprosto prepoznati ukaze za zagon posameznih modulov neposredno iz glave zaslonske slike. Na ta način lahko program zapustimo, natisnemo zaslonsko sliko, oblikujemo časovne programe, preverimo odzivnost posameznih krmilnikov, pregledujemo trenutno alarmno sliko ali dostopamo do nastavitev katere koli naprave v nadzornem sistemu, če poznamo njen naslov. Na zaslonskih slikah posameznih vsebinskih sklopov se glava razširi z ukaznimi gumbi za podrobnejše nastavitve regulacij in prikaz trenda.

3.2 Upravljanje procesov na podlagi urnikov

Oblikovanje urnikov delovanja in koledarjev je možno za vse naprave oziroma za vsako krmilno točko z možnostjo preklapljanja vrednosti po sistemu zelene vrednosti (časovni program – vklopi in izklopi posameznih naprav).

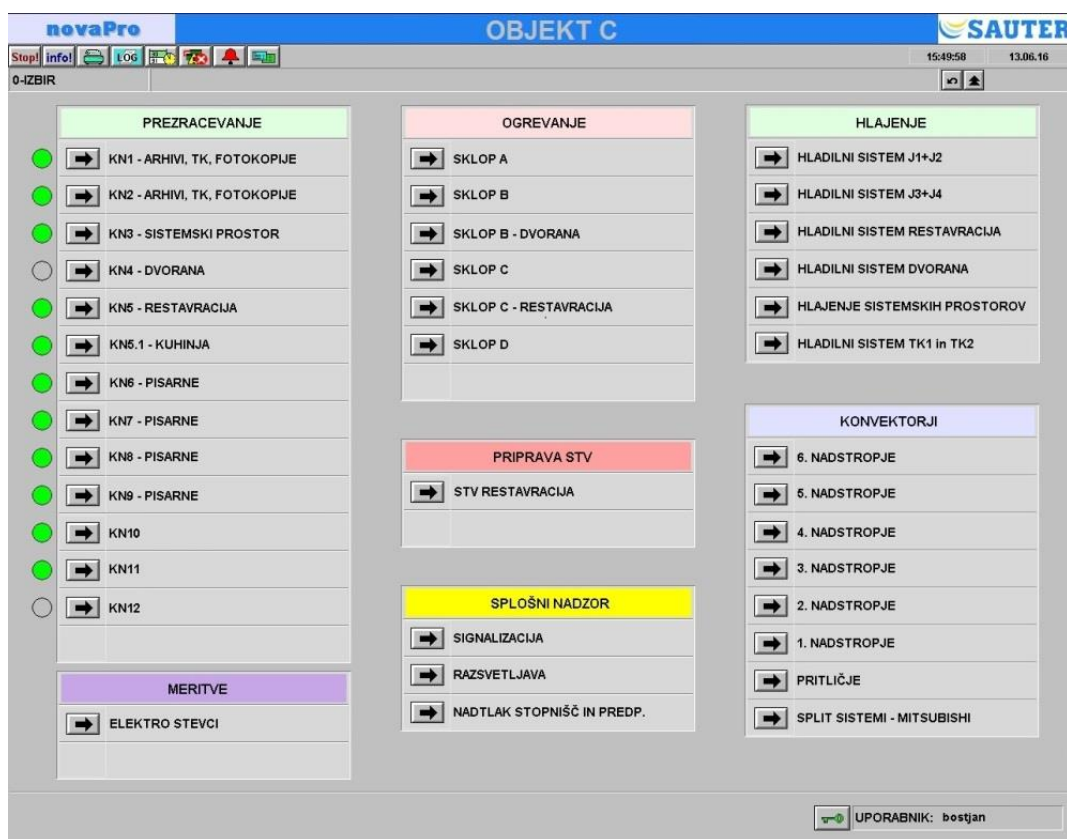
4 OBSEG KRMILJENIH NAPRAV

V nadaljevanju predstavljamo in opisujemo naprave, ki jih zajema in upravlja CNS.

Na Sliki 5 prikazujemo vstopno zaslonsko sliko, s katere je razvidno, da so v nadzorni sistem objekta C vključeni naslednji sklopi strojnih naprav (Sauter, 2011):

- nadzor in upravljanje sistemov ogrevanja in hlajenja z ventilatorskimi konvektorji v posameznih prostorih;
- nadzor in upravljanje sistemov ogrevanja in priprave sanitarne tople vode v toplotnih postajah;
- nadzor in upravljanje sistemov prisilnega prezračevanja s prezračevalno klimatskimi napravami;
- nadzor in upravljanje sistemov za vzdrževanje nadtlaka v stopniščih in predprostorih dvigal v času požara kot del splošnega nadzora;
- nadzor sistemov hlajenja pisarniških prostorov in sistemskih prostorov;
- nadzor in upravljanje odvodnih ventilatorjev za odvod dima in toplote (ODT) kot del splošnega nadzora;
- nadzor in upravljanje razsvetljave v garažah kot del splošnega nadzora;
- zajem statusov in alarmnih stanj iz kompaktnih naprav kot del splošnega nadzora: naprav za zagotavljanje brezprekinitvenega napajanja (UPS), dizel agregatov (DEA), dvigal, hidroforne postaje, ogrevanja klančine, cevovodov, žlebov;
- zajem podatkov porabe elektro števcov posameznih najemnikov.

Slika 5: Glavna zaslonska slika CNS



4.1 Ventilatorski konvektorji

V prostorih stavbe, kjer je treba zagotavljati temperaturne delovne pogoje, so nameščeni štiricevni ventilatorski konvektorji. To so hladilno grelna naprave, ki s pomočjo različnih hitrosti ventilatorja ter temperature vode, ki kroži skozi register, uravnavajo temperaturo prostora (Instalater, 2010). Njihova prednost je hiter prenos temperature z registra na okolico.

Primerna temperatura zraka za zagotovitev toplotnega ugodja, ki ga moramo zagotavljati zaposlenim v poslovni stavbi, je odvisna od letnega obdobja. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki velja za novogradnje (Uradni list RS, št. 42/2002, 14. člen), določa, da je v času, ko prostore ogrevamo, treba zagotoviti temperaturo med 19 in 24 °C, priporočljivo območje je med 20 in 22 °C, medtem ko je treba v času, ko prostorov ne ogrevamo, zagotoviti temperaturo zraka med 22 in 26 °C s priporočljivo temperaturo od 23 do 25 °C. Ogrevno vodo za potrebe ogrevanja zagotavljamo iz toplotnih postaj prek samostojnih ogrevalnih krogov oziroma za potrebe hlajenja prek centralnega hladilnega razvoda iz hladilnih postaj.

Banfi (2004) pojasnjuje, da je glavna naloga krmilno regulacijske opreme v zgradbi vzdrževanje mikroklima, ki je skladno s potrebami in željami uporabnika. Da dosežemo v vsakem prostoru drugačno klimo, mora imeti vsak prostor svoj regulacijski sistem.

Individualno sobno regulacijo zagotavljamo s prosto programabilnim regulatorjem ecos EYE202, ki ga upravljamo s prostorsko enoto EY-RU214. V pisarnah zagotavljamo v času grelne sezone 22 °C, v hladilni sezoni pa 25 °C.

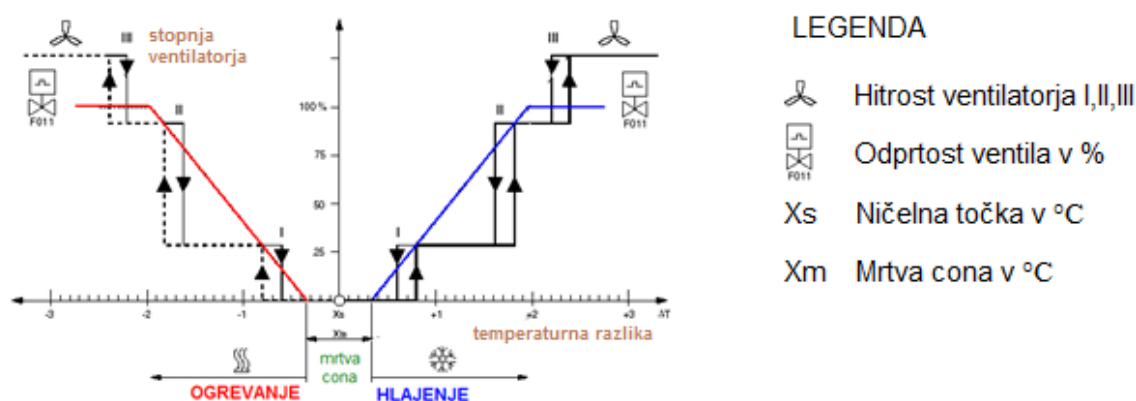
Operatorska enota meri temperaturo zraka v prostoru in uporabniku omogoča izbiro režima delovanja, korigiranje prednastavljene temperature (+/-2,5 °C) ter ročni preklop iz komfortnega v reduciran režim in obratno. Ker imamo na voljo štiricevni sistem, lahko krmilnik izmenično uporablja grelni in hladilni medij, kakor narekujeta želena vrednost temperature in temperatura prostora. Preklapljanje režimov se izvede avtomatsko.

Krmilnik, ki je namenjen avtomatski regulaciji temperature, je nameščen v samem konvektorju (Sauter EYE200F001). V primeru dveh ali več konvektorjev v prostoru se enemu določi glavna (angl. *master*), drugim pa podrejena vloga (angl. *slave*). Krmilimo tri ventilatorske stopnje in elektro termična pogona ventilov za ogrevanje in hlajenje.

Slika 6 prikazuje delovanje ventilatorskega konvektorja. Temperaturo v prostoru regulira krmilnik z odpiranjem in zapiranjem elektromotornega pogona ventila, preko katerega se dovaja hladilni ali grelni medij glede na razliko med nastavljeno in izmerjeno temperaturo ter z nastavljanjem ustrezne stopnje delovanja ventilatorja (I, II, III), ki odvaja hlajeni/greti zrak v prostor. Ko se temperatura v prostoru spusti pod mejno temperaturo gretja oziroma se dvigne nad mejno temperaturo hlajenja, se najprej vklopi regulacijski ventil, za njim pa z zamudo še ventilator na prvi stopnji; po potrebi se vključita še višji stopnji ventilatorja. Mrtva cona je področje brez porabe energije med tema dvema temperaturama. Preko CNS določamo nastavitveno temperaturo ali ničelno točko Xs, širino mrtve cone ter strmino krivulje (SL).

V vsaki sobi so nameščena okenska magnetna stikala, ki zaznavajo odprtost oken. V tem primeru sobni krmilnik izklopi ventilatorje in bistveno zmanjša toplotni odvoz.

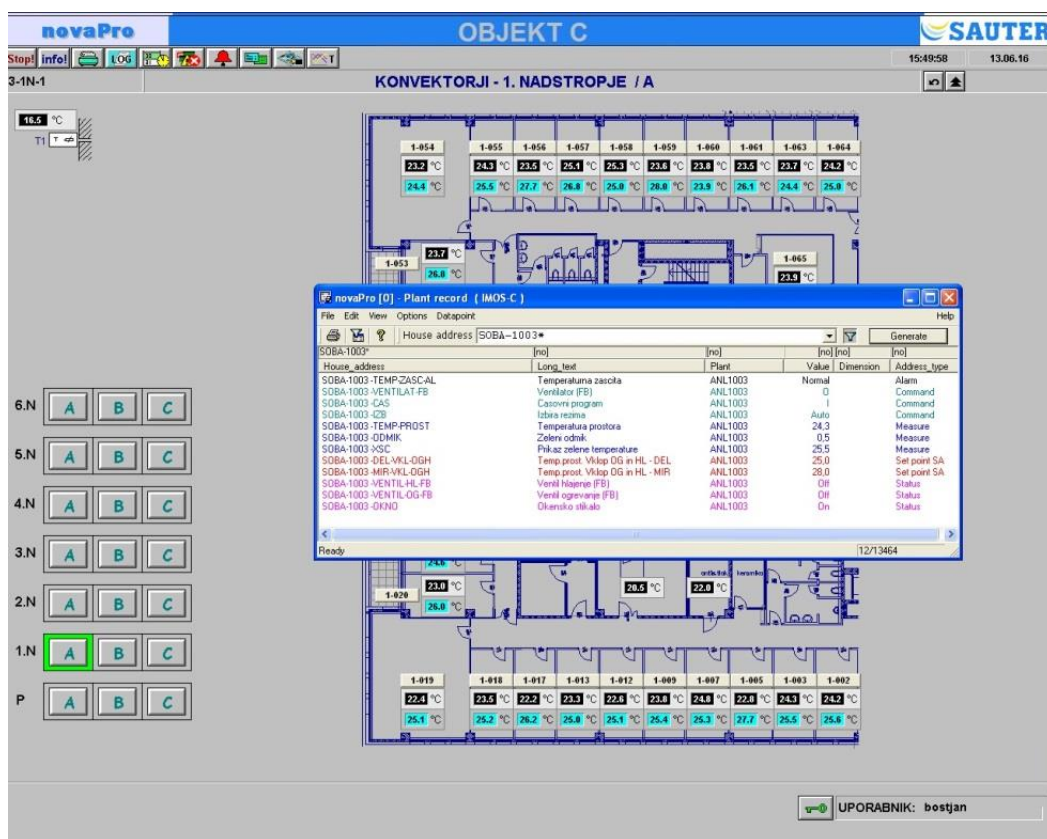
Slika 6: Diagram avtomatskega krmiljenja ventilatorskega konvektorja



Vir: Sauter. Tehnični opis CNS, 2011.

Na Sliki 7 je prikaz tlorisa dela etaže z izmerjenimi trenutnimi vrednostmi v črnih okencih ter nastavitvijo temperatur po pisarnah v okencih na modri podlagi. S klikom na gumb s številko prostora se nam odpre upravljalna konzola v pojavnem oknu. Na upravljalni konzoli sobe 1-003 so razvidna stanja ventilov in hitrosti ventilatorjev, stanje odprtosti oken, vrednost nastavljene temperature v mirovanju in delovanju ter trenutna temperatura. Razvidno je tudi, kolikšen je želeni odmik od nastavljene temperature, ki si ga želi uporabnik prostora.

Slika 7: Zaslonska slika krmiljenja ventilatorskih konvektorjev po prostorih



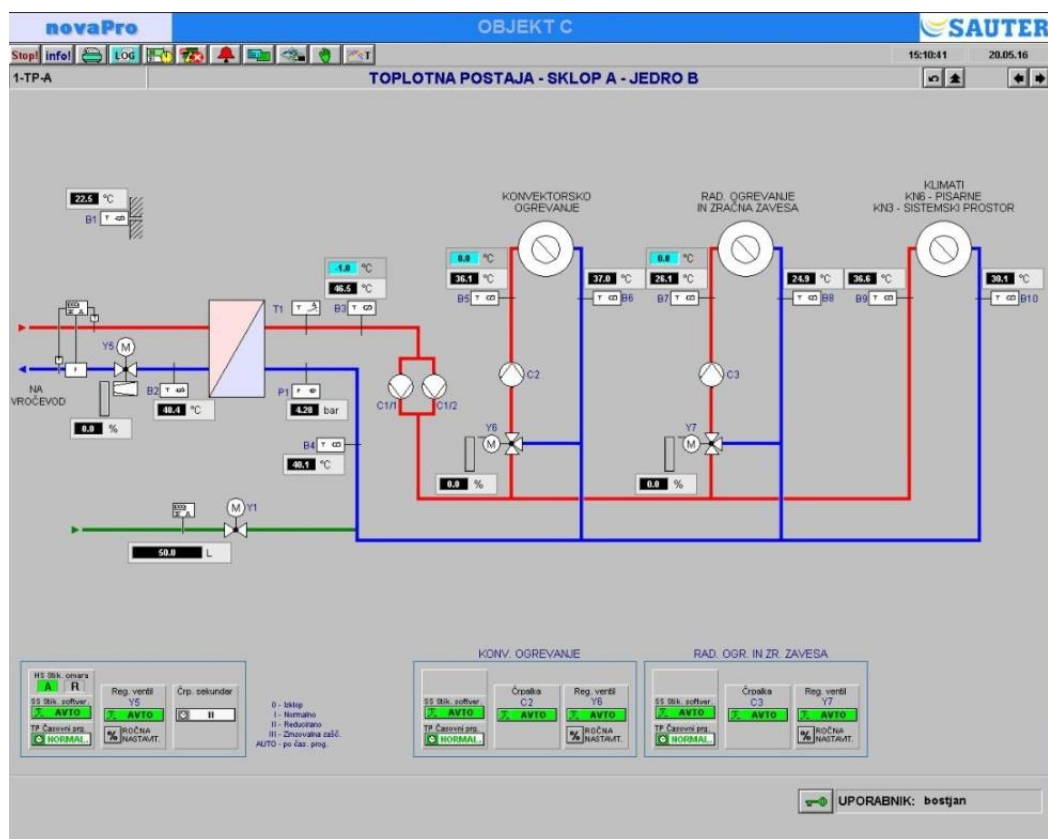
4.2 Toplotne postaje

Toplotna postaja (TP) je vezni člen med vročevodnim omrežjem dobavitelja toplotne energije in toplotnimi napravami odjemalca. Sestavljena je iz priključne in hišne postaje, s svojim delovanjem pa uravnava dobavo toplote v toplotnih napravah. Funkcija priključne postaje je, da preda pogodbeno količino ogrevne vode oziroma toplote toplotnim napravam odjemalca (Energetika Ljubljana, 2012).

Jungič, Torkar in Perpar (2006) menijo, da so za doseganje optimalnih parametrov delovanja toplotne postaje odločilnega pomena pravilno načrtovanje, izvedba in reguliranje sekundarnega sistema ter elementov odjemnega mesta, čigar srce predstavlja elektronski regulator.

Toplotno postajo prikazujemo na Sliki 8. V črnih okencih so razvidne analogne vrednosti (temperature, tlaki, položaji regulacijskih ventilov ...), digitalne vrednosti (statusi črpalk, termostatov ...) in v modrih okencih še izračunane vrednosti. Prav tako je omogočeno nastavljanje urnikov za vsak regulacijski sklop, shranjevanje podatkov in zgodovinski pregled z oblikovanjem trenda ter alarmiranje in sporočanje napak v nadzorni center (Sauter, 2011).

Slika 8: Primer grafičnega vmesnika za toplotno postajo



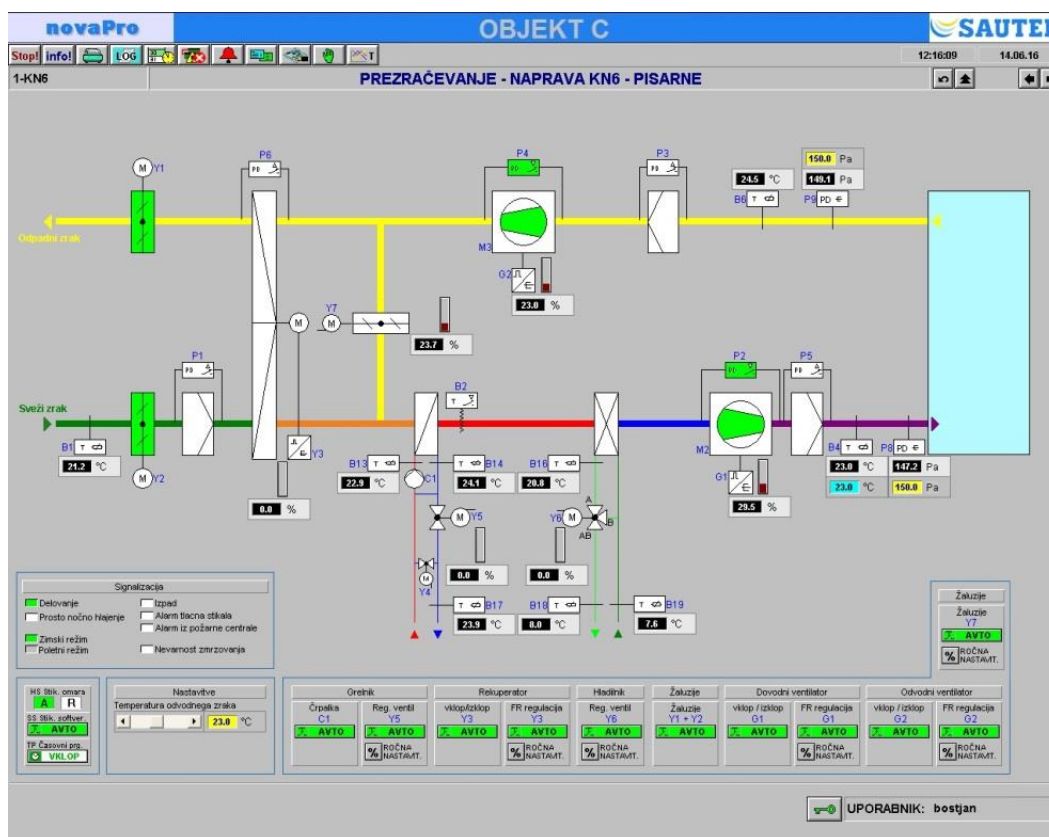
Delovanje toplotnih postaj je izvedeno s krmilniki EYR207 z vpisanim programom za vodenje posameznega tokokroga ogrevne vode glede na urnik, dane parametre in zunanjo temperaturo. Lokalno pregledovanje delovanja in nastavljanje parametrov sta mogoča preko procesnega panela na krmilni omari toplotnih postaj, popolno kontrolo in vse nastavitve pa opravljamo preko CNS.

4.3 Nadzor in upravljanje prezračevalno klimatizacijskih naprav

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/2002, 3. člen) deli prezračevanje prostorov na naravno prezračevanje, ki poteka z odpiranjem oken in vrat, ter mehansko ali prisilno prezračevanje, pri katerem se zamenjava obtočnega zraka doseže z mehansko klimatizacijsko napravo. O klimatizacijski napravi (KN) govorimo takrat, ko gre za napravo, ki kontrolira temperaturo, vlažnost, prezračevanje in čistočo zraka.

Klimatizacijske naprave ločimo po namembnosti prostorov, ki jih prezračujejo (pisarne, arhivi, sistemski prostori ...), čemur je prilagojeno tudi krmilje. Na Sliki 9 je prikazan grafični vmesnik klimatizacijske naprave KN6, ki je namenjena prisilnemu prezračevanju pisarn jedra B. Krmiljenje je izvedeno s krmilnikom EYR 207 ter pripadajočimi perifernimi elementi. Glavna funkcija krmilnika je avtomatsko vodenje KN glede na zahteve regulacije pretoka zraka in regulacije temperature zraka.

Slika 9: Primer grafičnega vmesnika za klimatsko napravo



Senzorje tako na tej shemi kot tudi na drugih shemah CNS prepoznamo po projektnih oznakah: B – tipala temperature; P – tlačna stikala. Poimenovanje aktuatorjev z oznakami elementov pa je razvidno s shematskega prikaza v spodnjem delu grafičnega prikaza, kjer se nahajajo komandna in statusna okna naprave. Komandni gumbi nam omogočajo izvajanje vklopov/izklopov KN, preklopov med časovnimi programi ter ročne ukaze, ki jih lahko opravimo pri ročnem upravljanju posameznih elementov.

4.4 Nadzor in upravljanje sistemov hlajenja

Vodni hladilni sistem sestavljajo hladilni agregat, zalogovnik hladne vode ter črpalke. Hladilni agregat pripravlja hladno vodo in jo skladišči v zalogovniku, medtem ko črpalke preko razvodnega omrežja črpajo ohlajeno vodo iz zalogovnika do končnih prenosnikov toplote, npr. konvektorjev in hladilnih omar v sistemskih prostorih ali do centralnih klimatizacijskih naprav. Poleg vodnih hladilnih sistemov so v uporabi tudi t. i. split sistemi. Takšen sistem je sestavljen iz notranjega in zunanjega dela, ki sta med seboj povezana z napeljavo. Zunanja enota vsebuje ventilator in kompresor za ohlajanje, notranja enota pa poskrbi za pretok hladnega zraka v prostoru.

Delovanja hladilnih agregatov ter split sistemov Mitsubishi ne upravljamo, temveč zgolj nadzorujemo. Ločeno nadzorujemo sisteme hlajenja sistemskih prostorov, dvoran, restavracij, telekomunikacijskih vozlišč in pisarn. Hladilni agregati in split sistemi so povezani v omrežje Modbus.

4.5 Nadzor in upravljanje sistemov za vzdrževanje nadtlaka

V primeru, ko pride do požara, se s pomočjo krmilnika EYR203 aktivira sistem za vzdrževanje nadtlaka z namenom preprečitve širjenja ognja in dima na stopniščih ter pred dvigali. Prezračevalna sistema za stopnišče in predprostore dvigal sta zasnovana s frekvenčno vodenimi ventilatorji in tlačnimi tipali. Krmilnik v primeru požara neprestano pridobiva podatke tlačnih tipal, ki so nameščena ob vseh etažnih izhodih na stopnišče. Ob zaznavi minimalne razlike v nadtlaku med etažo in stopniščem, ki nastane zaradi odpiranja vrat v etažo, uravnava hitrost delovanja ventilatorja, da zagotavlja zadosten vpih svežega zraka na stopnišče. Preko frekvenčno reguliranih ventilatorjev obeh sistemov vzdržuje evakuacijske poti dima proste in primerne za evakuacijo ljudi.

4.6 R-DDC centrala

Splošnemu nadzoru in upravljanju je namenjena tako imenovana R-DDC centrala z vgrajenima modularnima krmilnikoma EYL230 in EYU109, ki zajemata signale iz kompaktnih naprav. Gre za krmilnika, ki omogočata priklop naprav, katere niso Sauterjev

produkt. Preko R-DDC centrale le prikazujemo podatke, pridobljene iz naprav, in samih naprav ne krmilimo.

Naprave, ki imajo svoja lastna krmilja in upravljanja, prikazujemo na shemi splošnega nadzora (glej Sliko 10). Na centralni krmilnik so povezane preko breznapetostnih kontaktov in na ta način jih integriramo v CNS. Preko digitalnih signalov opazujemo status delovanja (ON/OFF) ter stanje (delovanje/alarm). Sem spadajo: dizel agregati (DEA), UPS naprave, ogrevanje klančine, ogrevanje cevovodov, ogrevanje žlebov in odtokov, ventilatorji za odvod dima in toplote (ODT), razsvetljava nadstrešnice uvozne zapornice, razsvetljava garaž, dvigala ter sistem deževnice.

Slika 10: Shema splošnega nadzora

novaPro		OBJEKT C		SAUTER	
Stop!	info!	Log		09:46:50	19.06.16
1-CNS		SPLOŠNI NADZOR			
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	Dizel agregat 1 - Alarm		Ventilator ODT 1M1 - Alarm		Ogrevanje klančine - Alarm
	Dizel agregat 1 - Delovanje		Ventilator ODT 1M1 - 1.hitrost		Ogrevanje klančine - Delovanje
			Ventilator ODT 1M1 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	Dizel agregat 2 - Alarm		Ventilator ODT 1M2 - Alarm		Ogrevanje cevovodov - Alarm
	Dizel agregat 2 - Delovanje		Ventilator ODT 1M2 - 1.hitrost		Ogrevanje cevovodov - Delovanje
			Ventilator ODT 1M2 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	Dizel agregat 3 - Alarm		Ventilator ODT 2M1 - Alarm		Dvigalo 1 - Alarm
	Dizel agregat 3 - Delovanje		Ventilator ODT 2M1 - 1.hitrost		Dvigalo 2 - Alarm
			Ventilator ODT 2M1 - 2.hitrost		Dvigalo 3 - Alarm
R.DDC	Razdelilna omara				Dvigalo 4 - Alarm
	UPS A - II - Alarm				Dvigalo 5 - Alarm
	UPS A - II - Delovanje				Dvigalo 6 - Alarm
					Dvigalo 7 - Alarm
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS B - II - Alarm		Ventilator ODT 2M2 - Alarm		Ogrevanje žlebov A in B - Alarm
	UPS B - II - Delovanje		Ventilator ODT 2M2 - 1.hitrost		Ogrevanje žlebov A in B - Delovanje
			Ventilator ODT 2M2 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS klet - Alarm		Ventilator ODT 3M1 - Alarm		Ogrevanje cevovodov A in B - Alarm
	UPS klet - Delovanje		Ventilator ODT 3M1 - 1.hitrost		Ogrevanje cevovodov A in B - Delovanje
			Ventilator ODT 3M1 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS 2.N - Alarm		Ventilator ODT 3M2 - Alarm		Ogrevanje žlebov C in D - Alarm
	UPS 2.N - Delovanje		Ventilator ODT 3M2 - 1.hitrost		Ogrevanje žlebov C in D - Delovanje
			Ventilator ODT 3M2 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS A - Alarm		Ventilator ODT 4M1 - Alarm		Ogrevanje cevovodov C in D - Alarm
	UPS A - Delovanje		Ventilator ODT 4M1 - 1.hitrost		Ogrevanje cevovodov C in D - Delovanje
			Ventilator ODT 4M1 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS B - Alarm		Ventilator ODT 4M2 - Alarm		Crpalnice - Hidrofor - Alarm
	UPS B - Delovanje		Ventilator ODT 4M2 - 1.hitrost		
			Ventilator ODT 4M2 - 2.hitrost		
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara
	UPS Recepcija (Skupna raba) - Alarm				Crpalnice - Kanalet - Alarm
	UPS Recepcija (Skupna raba) - Delovanje				
R.DDC	Razdelilna omara	R.DDC	Razdelilna omara		
	UPS klet - 200kVA - Alarm				
	UPS klet - 200kVA - Delovanje				
R.DDC	Razdelilna omara				
	UPS klet - 40kVA - Alarm				
	UPS klet - 40kVA - Delovanje				

4.6.1 Nadzor nad delovanjem odvodnih ventilatorjev za odvod dima in toplote

V garažnem delu je izveden sistem prisilnega prezračevanja za odvod dima in toplote (ODT), ki vsebuje dva ventilatorja za posamezni požarni sektor. Ventilatorji so dvostopenjske izvedbe. Delovanje na prvi stopnji se aktivira, ko ventilatorji dobijo signal iz požarne centrale o prvi stopnji koncentracije ogljikovega monoksida (CO). Vklon in delovanje ventilatorjev na drugi stopnji se aktivirata ob prekoračeni drugi stopnji koncentracije CO.

4.6.2 Upravljanje in nadzor nad razsvetljavo

Razsvetljavo je možno upravljati le za garaže. Sklop razsvetljave za garaže ima več možnih nastavitev vklapljanja in delovanja. Primarno je vklapljanje, izvedeno preko stikalnega tabloja ter s senzorji gibanja ali časovnimi releji. Posameznim odsekom sistema lahko določimo urnik delovanja, medtem ko vklapljanje zunanje razsvetljave deluje v odvisnosti od nastavitev vrednosti luksomata.

Luksomat je naprava za merjenje osvetljenosti, ki povzroči, da se zunanje luči prižgejo, ko pade jakost zunanje svetlobe pod nastavljen nivo, medtem ko s senzorjem dosežemo prižiganje luči ob gibanju. Časovni rele zagotovi zamik izklopa razsvetljave z zamudo.

4.6.3 Regulacija sistema deževnice

V stavbi je vgrajen sistem t. i. dvojnega vodovoda. Oba sistema sta popolnoma ločena in med njima ne obstaja nobena neposredna povezava. Deževnica je na voljo kot sekundarni vir za potrebe zalivanja zelenih površin ter za sanitarne namene. Polnjenje dveh podzemnih zbiralnikov poteka preko zbiranja kondenzne vode vseh hladilnih sistemov v stavbi ter meteorne vode s strešnih površin. Preklapljanje med sistemoma poteka avtomatsko. Za to poskrbi krmilnik, ki se odzove ob nizki ravni deževnice, s preklopnim ventilom zapre njen dovod in spusti pitno vodo v sanitarno omrežje. Ko plovno stikalo v zbiralnikih zazna ponoven dvig nivoja deževnice, se preklopni ventil vrne v prvotni položaj.

4.7 Zajem meritev z merilnikov električne energije

Porabniški števcji za električno energijo (angl. *circutorji*) so s pomočjo MODBUS komunikacije povezani z omrežjem v stavbi in nadzornim računalnikom. Na ta način se lahko vsi podatki intervalno shranijo in vizualizirajo, ob naknadni analizi podatkov pa vplivamo na porabo energije.

ZAKLJUČEK

V zaključnem delu smo obravnavali CNS, ki je s svojo robustnostjo podoben klasičnim industrijskim nadzornim sistemom, vendar še vedno zanesljivo opravlja svojo primarno nalogo. Kot njegovo prednost vidimo enostavnost povezav krmilnikov v celotno mrežo. Sistem je možno v celoti prosto programirati tako na nivoju krmilnikov kot na nivoju SCADA. Krmilnike iste družine smo uporabili za različne sisteme (razsvetljavo, ogrevanje, hlajenje, nadzor).

Nadzorni sistem je zasnovan na Windows XP platformi, ki počasi odhaja v zgodovino. Pa vendar lahko za sistem ob predpostavki, da ni izpostavljen spletu in varnostnim tveganjem, trdimo, da je zanesljiv in služi svojemu namenu. Toda v prihodnosti se bo treba soočiti z dejstvom, da takšen nadzorni sistem ni več in posledično izvesti posodobitev ter prehod

na novejši operacijski sistem, ki mu bo treba prilagoditi tudi novo SCADO. Če upoštevamo obširen sistem točk, pa ta prehod vsekakor ne bo poceni. Ob upoštevanju prednosti, ki bi jih nov sistem lahko prinesel, pri čemer mislimo predvsem na večjo možnost upravljanja nad energetske učinkovitostjo, bo ta prehod lažje izvedljiv.

Sauter je v času, ko je prihajalo do zagona centralnega sistema na objektu C, že razvil novo družino modularnih krmilnikov, Modulo 5, ki delujejo s programsko opremo NovaPro Open ter komunikacijskim protokolom BacNet, TCP/IP.

V splošnem nam za nadaljnji razvoj CNS ni treba skrbeti. Danes sicer obstoječa orodja za konfiguriranje in programiranje krmilniških sistemov za inteligentne objekte zaradi svoje kompleksnosti še vedno zahtevajo delo strokovnjakov in niso dostopna končnemu uporabniku. Specialna znanja so potrebna tako v fazi zagona kot v fazi vzdrževanja sistema. Kot načrtuje Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja (Tehnološke rešitve, 2014), bodo nova inovativna orodja omogočala končnemu uporabniku z osnovnim znanjem računalništva in električnih inštalacij, da tako v stanovanjskih objektih kot v poslovnih stavbah sam vzpostavi posamezne elemente v sistem ter si ustvarja poljubne scenarije, oblikuje prikaze ipd. Orodja bodo temeljila na spletnih tehnologijah in v neodvisnosti od operacijskega sistema ter druge strojne in programske opreme. Pričakuje se, da bo zaradi večje funkcionalnosti, učinkov inovativnih orodij in večjega zanimanja cena znatno nižja od konkurenčnih sistemov, ki so trenutno v uporabi.

LITERATURA IN VIRI

1. Bastian, P., Bumiller, H., Burgmaier, M., Eichler, W., Feustel, B., Kappel, T., Klee, W., Manderla, J., Reichman, O., Schwarz, J., Tkotz, K., Winter, U., Ziegler, K. (2013). *Elektrotehniški priročnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
2. Banfi, B. (2004). *Individualna sobna regulacija s sistemom SAUTER*. *Automatika*, 46, 36–37. Najdeno na spletnem naslovu www.avtomatika.com/arhiv-avtomatika/a46.pdf.
3. Banfi, B. (2006): EY3600 CASE, Celosten pristop k računalniškemu vodenju procesov na področju avtomatizacije zgradb, *Avtomatika*, 44, 38–39; Najdeno 1. 5. 2016 na spletnem naslovu <http://www.avtomatika.com/arhiv-avtomatika/a44.pdf>.
4. Boyer, S. (1999): *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. (2nd ed.). Research Triangle Park: ISA.
5. Bunc, S. (1965). *Slovar tujk*. Založba obzorja Maribor.
6. Energetika Ljubljana (2012, marec). Tehnične zahteve za graditev vročevodnega omrežja in toplovodnih postaj ter priključitev stavb na vročevodni sistem. Najdeno 20. 5. 2016 na spletnem naslovu http://www.energetika-lj.si/sites/default/files/energetika_lj_si_stran/datoteke/5002_tehnicne_zahteve_toplota_marec_2012.pdf.
7. Fakulteta za računalništvo in informatiko (2006). E-gradiva za predmet informatika. Najdeno na spletnem naslovu http://colos.fri.uni-lj.si/eri/RAC_SISTEMI_OMREZJA/html/RSO-OKOLJE/Senzorji_aktuatorji.html.
8. Glamnik, A. (2011). *Programiranje v avtomatiki*. Ljubljana: Zavod Irc. Najdeno 15. 5. 2016 na spletnem naslovu http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_250MEHATRONIKA_Programiranje_Glamnik.pdf.
9. Gradišar, M., & Resinovič, G. (2001). *Informatika v poslovnem okolju*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
10. Jungič, M., Torkar, J. & Pospiš Perpar, B. (10.–12. april 2006). Učinki Uporabe moderne regulacijske tehnike. IX. Strokovno mednarodno posvetovanje daljinske energetike v Portorožu. Najdeno 1. 4. 2016 na spletnem naslovu <http://bs.el-tec-mulej-2007.arhiv.klaro.si/zasto-el-tec-mulej/clanci/>.
11. Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja (2014, 18. januar). Orodje za konfiguriranje in programiranje krmilniških sistemov za inteligentne objekte. Najdeno 17. 5. 2016 na spletnem naslovu http://www.kcstv.si/wp-content/uploads/2014/01/GOAP-Orodje_SI.pdf.
12. Kragelj Eržen, A., & Vanič, J. (oktober 2008): *Zeleni poslovni subjekti: kako znižati stroške in negativne vplive na okolje*. Najdeno na spletnem naslovu: <http://www.gbc-slovenia.si/wp-content/uploads/2014/07/Zeleni-poslovni-objekti-kako-znizati-stroske-in-negativne-vplive-na-okolje.pdf>.

13. Manček, M. (2005). *Model sistema za računalniško vodenje procesov z uporabo mobilne informacijske tehnologije* (magistrsko delo). Maribor: Fakulteta za organizacijske vede.
14. Pefhany, S. (2000). Modbus protocol. Najdeno 10. 6. 2016 na spletnem naslovu: http://www.interlog.com/~speff/usefulinfo/modbus_protocol.pdf.
15. Perš, S., & Tovornik, B. (b. l.). Zasnova inteligentne hiše ter primer izvedbe. Najdeno 8. 5. 2016 na spletnem naslovu http://robin2.r.uni-mb.si/izobrazevanje/Svet_elektronike/Persin.pdf.
16. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002.
17. Revija Instalater (2010, 9. avgust). Ogrevalni konvektorji. Najdeno 15. 5. 2016 na spletnem naslovu: <http://www.instalater.si/prispevek/207/Ogrevalni-konvektorji>.
18. Roškarič, A. (2005). Projektiranje in izvedba centralnih nadzornih sistemov v zgradbah. Zbornik četrte konference Avtomatizacije v industriji in gospodarstvu. Maribor: Društvo avtomatikov Slovenije. Najdeno 2. 4. 2016 na spletnem naslovu http://www.aig.si/05/Zbornik/ZE1_Roskaric_Projektiranje_in_izvedba.pdf.
19. Selak, G., & Likar, B. (2011, 31. marec–1. april). Informacijsko-komunikacijske tehnologije za avtomatizacijo in nadzor infrastrukturnih objektov. VII. konferenca Avtomatizacije v industriji in gospodarstvu AIG'11. Najdeno 10. 5. 2016 na spletnem naslovu: http://aig.si/11/images/stories/clanki/Avto_Zgradbah_Objektih/AZ1_Gregor_Selak.pdf.
20. Strmčnik, S., s 26 soavtorji (Atanasijević Kunc, M., Bizjak, M., Čuk, D., Černetič, J., Dolanc, G., Gerkšič, S., Godena, G., Hvala, N., Jovan, V., Juričić, Đ., Karba, D., Kocijan, J., Marinšek, Z., Matko, D., Mušič, G., Ostroveršnik, M., Petrovčič, J., Rihar, M., Steiner, I., Šega, P., Škrjanc, I., Zupančič, B., Žnidaršič, A.): *Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov*. Ljubljana: Založba FE in FRI. 1998. 673 str. Najdeno 5. 4. 2016 na spletnem naslovu http://dsc.ijs.si/si/objave/celostni_pristop/.
21. Sauter Automatika d.o.o. (2009). Revija nepremičnine. Najdeno 2. 4. 2016 na spletnem naslovu http://www.sauter-automatika.si/files/SASL-revija_nepremicnine-junij09.pdf.
22. Sauter Automatika (b. l.). Nova240: Navodila za uporabo. Najdeno 30. 11. 2011 na spletnem naslovu http://www.sauter-controls.com/uploads/tx_cabagpdm/494058.pdf.
23. Sauter Automatika (b.l.). Arhitektura CNS sistema Sauter. Najdeno 18. 5. 2016 na spletnem naslovu http://www.sauter-automatika.si/sistemi_cns_arhitektura.html.
24. Sauter Automatika (2010). Navodilo za delo s programom NOVAPRO podjetja Sauter; za aplikacije, ki jih izdeluje Sauter Automatika d.o.o.
25. Sauter Automatika (2011). Tehnični opis Centralno nadzornega sistema
26. Vraničar, J., Kraševac, A. (2010, december). Centralni nadzorni sistem strojnih instalacij in energetske oskrbe – CNS, Osnovne zahteve projektantom. Najdeno 13. 2. 2016 na spletnem naslovu

http://www.mnz.gov.si/fileadmin/mnz.gov.si/pageuploads/JAVNA_NAROCILA/PRILOGA_10-CNS.pdf.

27. Žmuc, J. (2003, 10.–11. april): *Ethernet v sistemih avtomatizacije. III. Konferenca Avtomatizacije v industriji in gospodarstvu AIG'03. Najdeno 20. 5. 2016 na spletnem* *naslovu*

http://www.aig.si/03/Zbornik/pa1_4_Janez_Zmuc_METRONIK_e.pdf.