

## Nov sistem avtomatizacije v Cementarni Trbovlje

Andrej Vilfan  
Borut Mehle

Korona d.d.  
Cesta v Mestni log 80A  
1000 Ljubljana

[andrej.vilfan@korona.si](mailto:andrej.vilfan@korona.si)  
[borut.mehle@korona.si](mailto:borut.mehle@korona.si)

### *New Owner – New Automation System*

*Among bigger foreign investments in Slovenia is by all means a major share purchase of the Cement Plant Trbovlje, which was accomplished by one of the world's largest multinational companies – Lafarge. New owner has immediately began to revamp the technological process and simultaneously, by renewing the clinker production line with a melting system cooler and by transition to the new fuel – coal, started to develop an up-to-date SCADA system. Major contractor for the process automation project (GE Fanuc SCADA solution) is a French company SNEF. Korona, as a local partner, has taken over the following tasks:*

- *GUI SW development,*
- *Electrical design,*
- *Erection (with Elektromontaža Ljubljana as subcontractor),*
- *Participation in commissioning,*
- *Organization of construction site and local co-ordination.*

Med večjimi tujimi investicijami v Sloveniji sodi vsekakor nakup večinskega deleža Cementarne Trbovlje, ki ga je izvedla ena največjih svetovnih multinacionalk – podjetje Lafarge. Nov lastnik je takoj pričel s posodabljanjem tehnološkega procesa in se sočasno, s prenovno linije klinkerja s sistemom za hlajenje taline in prehodom na novo tehnološko gorivo - premog, lotil tudi izgradnje novega sistema vodenja in nadzora.

Nosilec celotnega projekta procesne avtomatizacije z GE Fanuc SCADA sistemom je francosko podjetje SNEF. KORONA je kot lokalni partner prevzela naslednja dela:

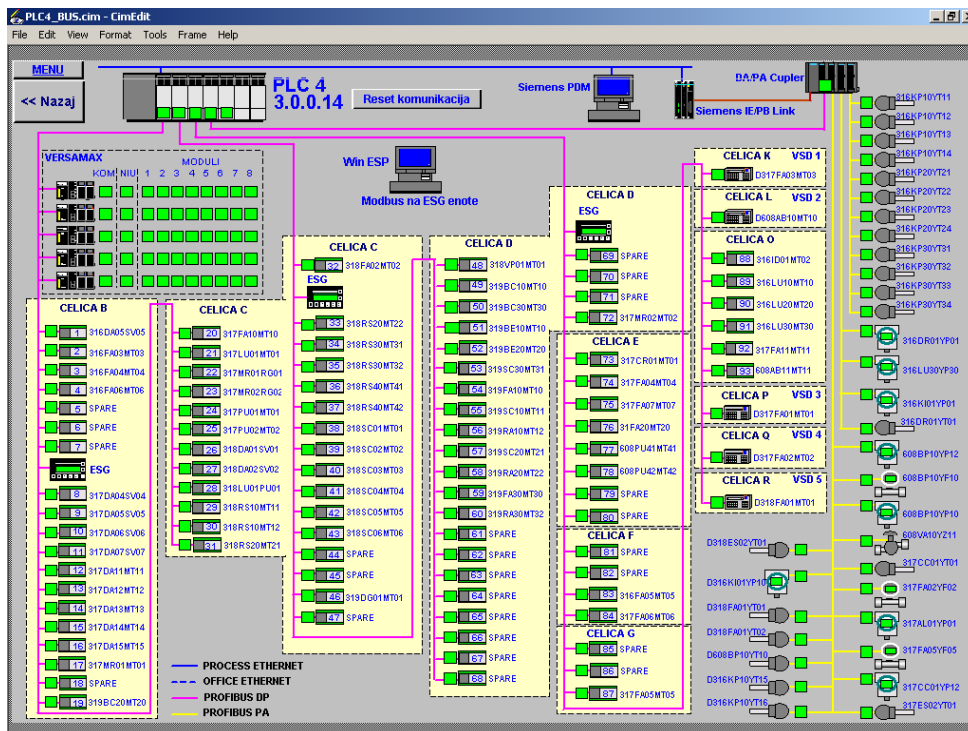
- programiranje dela procesnega sistema,
- elektroprojektiranje,
- montažo (s podizvajalcem Elektromontažo Ljubljana),
- sodelovanje pri vključevanju v obratovanje, organizacijo gradbišča in lokalno koordinacijo del.

## Sistem vodenja in nadzora

Sistem vodenja in nadzora cementarne je zasnovan s programsko in merilno opremo proizvajalca GE Fanuc po Lafarge funkcijskih specifikacijah. Procesna mreža povezuje procesne računalnike, ki opravljajo funkcijo vodenja proizvodnje, z moduli za zajem procesnih meritev in s krmilnimi moduli za upravljanje z aktuatorji.

Procesna mreža (slika 1) temelji na Profibus DP komunikacijskemu standardu in s procesnimi računalniki povezuje naslednje elemente:

- ESS moduli, ki skrbijo za krmiljenje »inteligentnih« motornih pogonov, opravljajo funkcijo zaščite motorjev in posredujejo stanje in napake motorjev procesnim računalnikom.
- ESG enote, skrbijo za parametrizacijo ESS modulov. Posamezna enota lahko upravlja z 30 ESS enotami. Parametrizacija ESS enot je mogoča preko osebnega računalnika (Aplikacija WinESP), ki je preko MODBUS komunikacijskega standarda povezan z ESG enotami.
- VSD moduli, upravljajo motorske pogone s spremenljivim številom obratov, ter posredujejo podatke o stanju motorjev procesnim računalnikom.
- Versamax moduli, predstavljajo vhodno-izhodne module, ki so ponavadi del samega procesnega računalnika in skrbijo za zajem in posredovanje analognih in digitalnih veličin.
- PA »inteligentni« merilniki analognih veličin povezani s Profibus PA mrežo, omogočajo zajem meritev tlaka, temperature, pretoka itd. Profibus PA mreža je povezana s Profibus DP mrežo preko pretvornika med mrežama- IE/PB link.



Slika 1

Procesni računalniki tipa GE Fanuc Series 90-70 so sestavljeni iz napajalnika, CPU enote, Ethernet komunikacijskega vmesnika in Profibus DP komunikacijskih vmesnikov, ki povezujejo naprave polja. Sistem vodenja cementarne je zasnovan na šestih procesnih računalnikih, kjer vsak izmed njih opravlja funkcijo vodenja dela procesa cementarne:

- PLC2- transport in homogenizacija surovine,
- PLC3- mlin surovine in izmenjevalec toplote pred rotacijsko pečjo,
- PLC4- rotacijska peč, hladilec klinkerja, transport klinkerja, elektrofilter hladica,
- PLC5- transport in mletje premoga,
- PLC6- mletje in transport cementa,
- PLC8- električno napajanje strojev procesa cementarne.

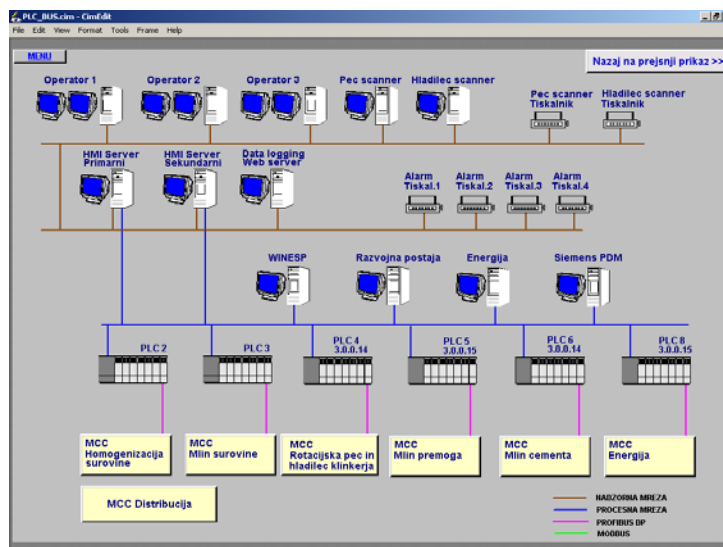
Logika procesnih računalnikov je razvita v dveh programskih orodjih: Cimplicity Open Process in Cimplicity Control.

Cimplicity Open Process omogoča izdelavo programske logike procesnih računalnikov, s postavljanjem že izdelanih funkcijskih blokov na vektorsko sliko (različica aplikacije AUTOCAD). GE Fanuc je po Lafarge standardih ustvaril funkcijske bloke, ki omogočajo upravljanje z motorji, sekvenčnimi

starti in zaustavitvami naprav, regulacijskimi zankami, alarmnimi mejami analognih meritev in napakami. Na podlagi Lafarge-ovih predlog, je bilo razvitih sedem standardnih programskih slik, ki upravljajo z glavnimi funkcijami vodenja procesa. Prednost programskega orodja Open Process je enostavnost razvijanja in preglednost programske logike.

Cimplicity Control omogoča izdelavo programske logike procesnih računalnikov s povezovanjem in izvajanjem osnovnih logičnih funkcij nad spominskimi naslovi procesnega računalnika. Gradnja poteka z združevanjem posameznih delov v funkcijske bloke, ki jih poljubno vključujemo v glavni program procesnega računalnika. V programskem orodju Control so ustvarjene logične operacije nad vhodi in izhodi Open Process funkcijskih blokov, varnostne blokade, komunikacijski program med napravami polja in procesnim računalnikom ter nastavitve posameznih modulov procesnega računalnika. Prednosti programskega orodja Control so v enostavnosti in »online« spreminjanju programske logike.

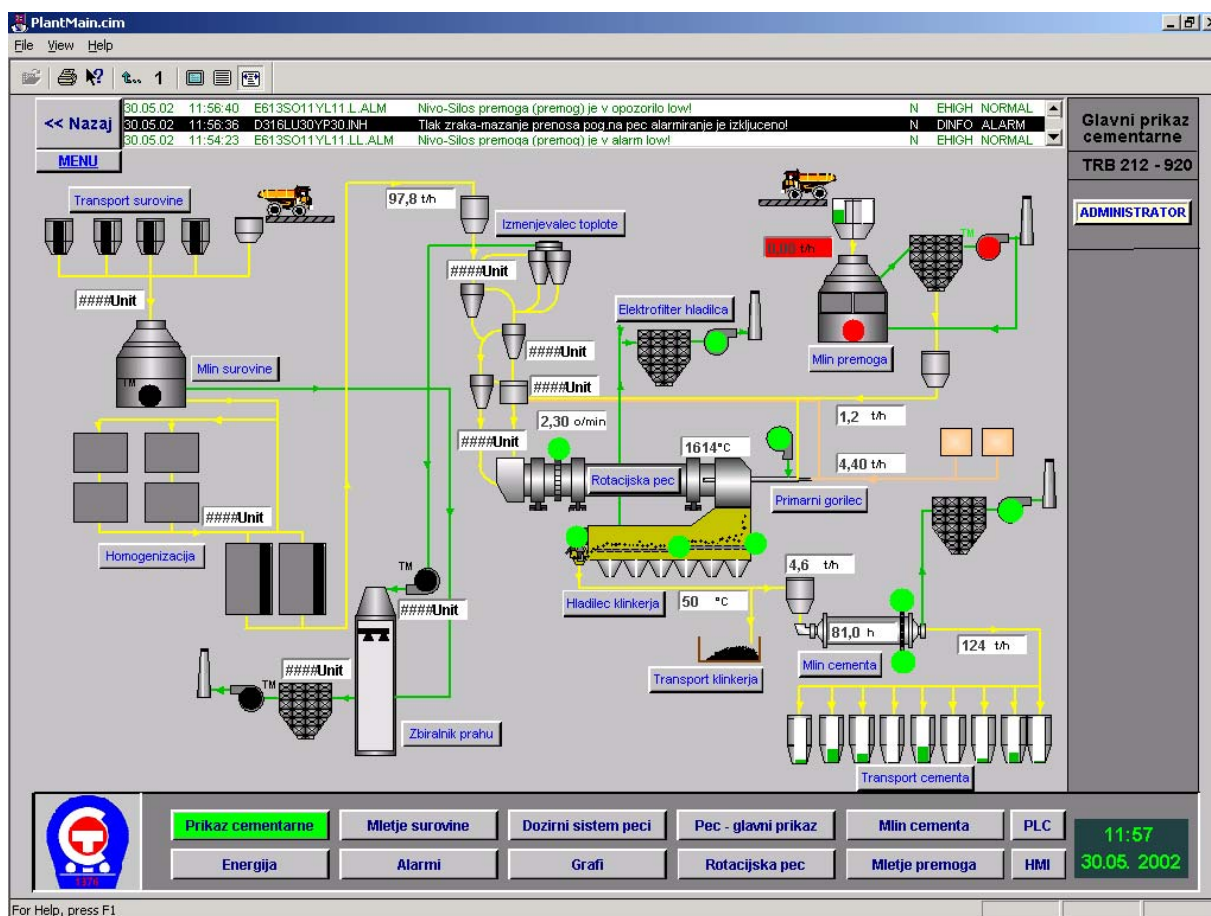
Nadzorna mreža povezuje delovne postaje in nadzorne računalnike v LAN mrežo, ki temelji na Ethernet komunikacijskem standardu. Postaje, ki sestavljajo nadzorno mrežo so (slika 2):



Slika 2

- procesni računalniki, ki komunicirajo z nadzornima strežnikoma in razvojnimi postajami,
- nadzorna strežnika v redundanci, kar omogoča neprekinjeno delovanje nadzornega sistema,
- tri odjemniške postaje, preko katerih operaterji spremljajo stanje procesa in izvajajo nadzorno vodenje,
- arhivska postaja, ki omogoča preko SQL strežnika shranjevanje vrednosti spremenljivk, alarmov in dogodkov. Postaja upravlja tudi z modulom WebView, ki z vgrajenim spletnim strežnikom omogoča nadzor nad procesom preko spletnih strani,
- tiskalniki alarmov, ki tiskajo alarme ob njihovem nastanku,
- razvojna postaja, ki omogoča razvoj programske logike procesnih računalnikov,
- WinESP, ki omogoča parametrizacijo ESS modulov »inteligentnih«  
motorskih pogonov,
- Siemens PDM, ki omogoča parametrizacijo »inteligentnih«  
merilnikov povezanih s Profibus PA mrežo,
- Scanner peči, ki omogoča pregled toplotne slike rotacijske peči,
- Scanner hladilca, ki omogoča pregled toplotne slike hladilca klinkerja.

Nadzorni ali SCADA sistem je zasnovan na arhitekturi strežnik-odjemalec, kjer nadzorni strežnik posreduje podatke odjemniškemu modulom, ki so predstavljeni v obliki alarmnih list, diagramov časovnega poteka vrednosti spremenljivk, procesnih slik (slika 3) ali podatkovnih tabel pri mrežnih, spletnih in RAS odjemalcih.



Slika 3

Funkcije nadzornega sistema so:

- zajem podatkov iz procesa, ki ga zagotavlja komunikacijski gonilnik, ki preko TCP/IP protokola ciklično izmenjuje podatke s procesnimi računalniki. Glavni strežniški modul nadzornega sistema predstavlja baza procesnih spremenljivk. Merilna in krmilna oprema je standardizirana. Z Open Process funkcijskimi bloki so standardizirane tudi posamezne funkcije sistema vodenja, tako da je standardizirana tudi baza procesnih spremenljivk, kar pomeni da vsaka funkcija sistema upravlja z istim številom in tipom spremenljivk,
- slikovni prikazi (slika 3), preko katerih odjemalci nadzornega sistema spremljajo stanje procesa in izvajajo nadzorno vodenje. Na nivoju prikazov so napisane programske skripte v jeziku Basic, ki omogočajo upravljanje z uporabniškimi dialogi, parametri objektov nadzornega sistema in izračuni nad vrednostmi spremenljivk. Prikazi so hierarhično razdeljeni. Prva je celotna slika procesa cementarne, nato pa so posamezni deli procesa bolj natančno predstavljeni na slikah podprocesov. Slikovni prikazi so sestavljeni po Lafarge standardih, kjer je desni rob slike namenjen objektom za upravljanje s sekvenčnimi zagoni in zaustavitvami, ob levem robu so objekti regulacij, ob spodnjem robu je izbirna plošča, kjer preklapljamo med ostalimi prikazi ali pa se prikazujejo pogovorne plošče posameznih animiranih objektov, ob zgornjem robu prikazov se nahaja alarmna lista, na sredinski del slike pa so postavljeni statični in dinamični objekti. Dinamični objekti prikazujejo stanje procesnih naprav in funkcij z barvno animacijo, rotacijo ali gibanjem. Nadzorno vodenje se izvaja z regulacijskimi objekti, objekti za nastavljanje želene vrednosti in objekti za start in zaustavitev naprav. Objekti posameznih naprav omogočajo le izbiro načina delovanja (v sekvenci ali lokalno),
- alarmiranje, zmožnost sistema, da razpozna posebne dogodke v sistemu.

Alarmiranje je grafično predstavljeno z alarmno listo, kjer ustvarjamo skupine alarmov s filtriranjem glede na vir spremenljivke in razred alarma. Ustvarili smo glavno skupino alarmov, kjer so združeni vsi alarmi nadzornega sistema ter podskupine alarmov, ki prikazujejo le alarme naprav posameznih sekvenc in nosijo ime sekvence. Alarmi so vidni iz liste alarmov s procesne slike. Lista alarmov je dosegljiva tudi preko gumba na izbirnem meniju vsake procesne slike ali preko imena sekvence nad sekvenčnim objektom. Vsi alarmi se ob njihovi generaciji arhivirajo v arhivsko tabelo, iz katere črpamo podatke. Na podlagi teh pa določamo vzroke nastanka napake in jih uporabljamo pri statističnih izračunih, na podlagi katerih se odločamo o vzdrževalnih delih. Ob generaciji alarmov, pa se vrši tudi njihovo tiskanje,

- diagram časovnega poteka vrednosti spremenljivk je izveden preko slikovnega prikaza, kjer gradnik omogoča dinamično spremljanje arhivskih vrednosti spremenljivke zapisanih v arhivskih tabelah preko ODBC vmesnika. Prikaz diagrama časovnega poteka spremenljivk odpremo preko prikaza Trend selection, kjer vsak izbirni gumb predstavlja skupino spremenljivk, ki so prikazane v časovnem diagramu. Prikaz časovnega poteka vrednosti spremenljivke lahko spremljamo v petih časovnih območjih, pri čemer črpamo vrednosti spremenljivk iz referenčnih arhivskih tabel za vsako območje.
- arhiviranje se izvaja preko ODBC podatkovnega vmesnika na arhivski postaji, kjer deluje SQL strežnik. Arhiviramo vse vrednosti analognih meritev, alarme ob njihovi generaciji, dogodke v sistemu in akcije operaterjev. Nad arhivskimi zapisi se vrši tudi vzdrževanje, kjer se podatki starejši od enega tedna brišejo ali izvažajo v arhivske datoteke,
- avtomatsko vodenje omogoča proženje akcij v obliki programskih skript in ukazov

ob definiranih dogodkih v realnem času. Dogodki so proženi časovno ali ob doseženi vrednosti spremenljivke.

- recepture uporabljamo tam, kjer je končni produkt procesa odvisen od razmerja sestavin, katere med potekom procesa spreminjamo. Cementna industrija je tipičen uporabnik receptur, kjer s količino posameznih sestavin določamo kakovost in vrsto cementa. Modul Recipes je predstavljen s tabelo, kjer vrstice tabele predstavljajo spremenljivke procesa, s katerimi recepti upravljajo, v stolpcih pa definiramo parametre spremenljivke in vrednosti spremenljivk ob izbiri posameznih receptov. Cementarna Trbovlje upravlja z desetimi recepti, kar pomeni, da proizvajajo deset različnih vrst cementa. Spremenljivke, s katerimi recept operira, so vhodne vrednosti dozirnih tehtnic mlina cementa, s katerimi nastavljamo pretok posameznih sestavin cementa v mlin cementa. Doziranje sestavin v mlin cementa poteka preko šestih tehtnic. Uporabnik preko izdelane procesne slike izbira trenutni recept, kjer ima tudi možnost ročnega nastavljanja posameznih procentualnih vrednosti sestavin,
- redundančnost strežnikov, kjer se funkcije strežnika ne spremenijo. S konfiguracijo primarnega in sekundarnega strežnika ob startu projekta primarni strežnik prevzame vlogo gospodarja in sekundarni vlogo sluge. Priključenim uporabniškim postajam posreduje podatke le strežnik, ki trenutno deluje kot gospodar. Če pride do napake na aktivnem strežniku (gospodar), kot je zaustavitev sistema ali napaka na enem izmed procesov orodja Cimplicity HMI, prevzame strežnik, ki je do tedaj deloval kot sluga, vse funkcije sistema in postane

gospodar nadzorne mreže. Uporabniki tako ne izgubijo povezave s procesom,

- poročila so ustvarjena v aplikaciji Excel, z makrom izvajamo SQL poizvedbe nad arhivskimi podatkovnimi tabelami, dobljene podatke urejamo in pošiljamo po elektronski pošti,
- določanje pravic uporabnikom na nivoju nadzornega sistema, omogoča dodeljevanje pravic posameznim uporabnikom nad funkcijami, spremenljivkami in alarmi nadzornega sistema,
- spletni odjemalci, lahko spremljajo stanje procesa preko spletnih strani, kjer je onemogočeno nadzorno vodenje. Arhivska postaja deluje tudi kot spletni strežnik, spletnim stranem ustvarjenim v modulu WebView, ki procesne slike pretvori v spletne strani preko Java Applet-ov.

Sodobne komunikacijske rešitve, kot je uporaba Ethernet, Profibus DP/PA in HART povezav ter oprema kot denimo VSD krmiljenje motorjev, ESS močnostni krmilniki in ESG parameterizatorji so omogočili boljši pregled nad delovnim procesom in učinkovitejše vzdrževanje postrojev. Vsled tega se dosega večja kakovost proizvodnje ter manjše število izpadov. Diagnostika tako pripomore k hitrejšemu odkrivanju ter odpravljanju napak v delovnem procesu.

Uspešnemu zaključku projekta je prispevalo tudi sodelovanje osebja Cementarne Trbovlje, ki se je dejavno vključilo v idejno zasnovo in realizacijo projekta.