

# Avtomatizacija kompresorske postaje v Cevarni družbe Impol d.d.

Dr. Edvard Kiker  
UM Fakulteta za strojništvo  
Smetanova 17, 2000 Maribor  
edvard.kiker@uni-mb.si

Albin Leskovar, univ.dipl.inž.str.  
Impol d.d.  
Partizanska 38, Slovenska Bistrica  
albin.leskovar@impol.si

## *Modernization of the compressor unit*

*Abstract: The paper presents the project of modernization of the compressor unit in the pipe-making plant of the Aluminium Mill Impol d.d, located at Slovenska Bistrica. In the modernization the emphasis is put on energy saving in compressed air generation and on quality of the compressed air by avtomatization of control and monitoring with the use of modern computer control components.*

## 1 Uvod

Komprimirani zrak kot energetski in informacijski medij pri vodenju industrijskih postopkov je po eni strani dokaj drag, po drugi strani pa iz stališča varnosti dokaj problematičen medij. Racionalna produkcija komprimiranega zraka je tako pogojena z visoko stopnjo avtomatizacije nadzornega procesa. Zraven tega se je potrebno zavedati pomembnosti racionalne izrabe vložene energije in skrbnega odnosa do okolja.

V pričujočem članku je predstavljena problematika obnove kompresorske postaje v Cevarni družbe Impol d.d. v Slovenski Bistrici. Pri obnovi so bile vgrajene nove kompresorske komponente in na podlagi lastnega znanja ter s

pomočjo hčerinskih podjetij Impol-a zasnovan računalniški sistem vodenja in nadzora procesa.

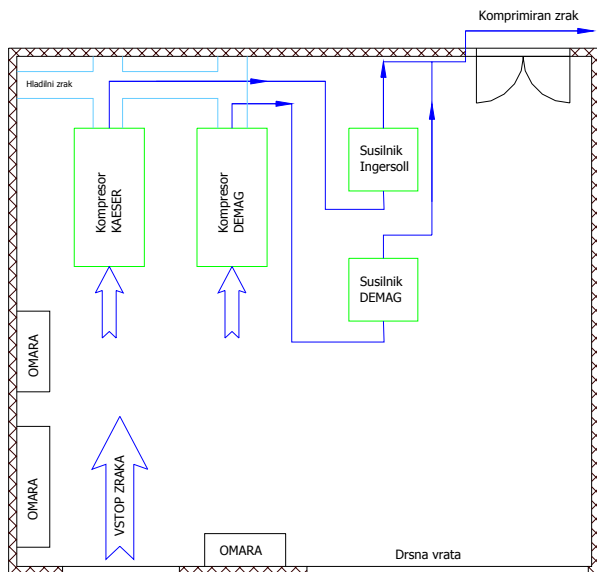
## 2 Priprava projekta

### 2.1 Opis obstoječega stanja

Prvi korak pri posodabljanju je vedno analiza trenutnega stanja. Posneto je bilo trenutno stanje kompresorske postaje, ki je bilo izhodišče projekta posodobitve. Kompresorska postaja je ločen prostor, v katerem so se pred posodobitvijo nahajale naslednje komponente:

- vijaki kompresor Kaeser CS 120 z zmogljivostjo 12 m<sup>3</sup>/min
- vijaki kompresor Demag 110 z zmogljivostjo 11 m<sup>3</sup>/min
- hladilni sušilnik komprimiranega zraka Ingersoll-Rand RS 90-160
- hladilni sušilnik komprimiranega zraka MANNESMANN DEMAG AD 160

Za vsako naštetu komponento smo naredili podrobni opis stanja, ki pa v tem članku ni naveden. Poenostavljeno shemo razporeditve komponent v kompresorski postaji pred posodobitvijo v tlorisnem pogledu prikazuje slika 2.1.



Slika 2.1: Tloris kompresorske postaje

## 2.2 Razlog posodobitve in definicija problema

Osnovni razlog posodobitve in avtomatizacije postrojenja za produkcijo komprimiranega zraka izhaja iz realnih težav, ki so se pojavljale pred posodobitvijo. Med poglavitne težave, ki so definirale problem naloge uvrščamo:

- *Komprimiran zrak, ki je izstopal iz kompresorske postaje, ni imel konstantne kvalitete. Vsebnost vlage v komprimiranem zraku je bila nenadzorovana in ni bilo filtrirnega sistema. Posledično je bilo v zraku veliko kompresorskega olja in vlage. Prevelika vsebnost vlage povzroča težave v delovanju pnevmatičnega sistema in nezanesljivo delovanje pnevmatičnih elementov.*
- *Kompresorji in sušilniki niso delovali usklajeno in niso zagotavljali stabilnega sistema. To je privedlo do tega, da je bila ena komponenta bolj obremenjena od druge in do pomanjkanja komprimiranega zraka v primeru izpada enega izmed kompresorjev.*
- *V zimskih mesecih je prihajalo do zamrznitve sistema v kompresorski postaji, poleti pa do pregrevanja določenih komponent. Problem se je pojavljal zaradi nenadzorovanega pritoka zraka v postajo in nenadzorovane temperature zraka v postaji.*

- *Pnevmatični sistem je bil nenadzorovan in težko obvladljiv, ni bilo pregleda nad delovanjem komponent in porabo komprimiranega zraka. Hkrati ni bilo načrta pnevmatične napeljave, napeljava je na več mestih puščala, prav tako niso bila znana vsa priključna mesta.*

## 2.3 Kapaciteta in tehnološke zahteve

Na podlagi trenutne porabe komprimiranega zraka in na podlagi kratkoročnih planov je bila izračunana predvidena povprečna poraba komprimiranega zraka za obdobje naslednjih petih let. Pri tem velja povedati, da dimenzioniranje kompresorske postaje na dolgi rok ni smiselno, kajti življenjski cikel kompresorjev traja približno 7 do 8 let in se lahko ob vsakem nakupu novega kompresorja prilagodimo trenutnim potrebam. To pa ne velja za ostale komponente, ki morajo biti dimenzionirane na daljši rok.

Pri izračunu povprečne porabe smo predpostavili da je  $Nm^3/min \approx m^3/min$  in za kratkoročno obdobje upoštevali naslednje dejavnike:

- trenutna porabo zraka
- trenutne izgube in možnost zmanjšanja le teh
- predvideno dodatno porabo
- rezervo

Na podlagi izračuna je znašala končno potrebna količina komprimiranega zraka 17 m<sup>3</sup>/min, kar je bila tudi osnova za dimenzioniranje vseh potrebnih komponent. Zraven predvidene porabe so na dimenzioniranje kompresorskih komponent vplivale še tehnološki parametri:

- kvaliteta zraka na izstopu iz kompresorske postaje mora zagotavljati 4. kakovostni razred po standardu ISO 8573.1,
- tlak v sistemu lahko niha le za 0,2 bar in sicer v območju 5,9 do 6,1 bar,
- izvedena mora biti regulacija temperature v kompresorski postaji,
- izveden mora biti sistem za prenos odvečne toplote v sosednjo halo,

- realizirana mora biti možnost spremljanja tehnoloških parametrov in spreminjanje zelenih vrednosti preko nadzornega sistema.

## 2.4 Vsebina projekta

Pri tovrstnih posodobitvah je težko predvidevati natančni potek izvedbe projekta, kajti nekateri deli proizvodnje obratujejo neprekinjeno, zato je popolna izključitev kompresorjev nemogoča. Možno je le občasno izklapljanje, dokler je dovolj komprimiranega zraka akumuliranega v tlačnih rezervoarjih. Vsebina projekta zajema naslednje aktivnosti;

- Priprava potrebne dokumentacije na podlagi vizije in logističnega načrta.
- Priprava in obnovitev prostora za namestitev novih komponent.
- Predelava obstoječe pnevmatične in električne instalacije ter namestitev novih komunikacijskih linij.
- Montaža novih komponent (kompresorja, sušilnika in ostale opreme).
- Namestitev krmilne omare s krmilnikom, tipal in potrebnih aktuatorjev.
- Električna in pnevmatična povezava komponent.
- Kalibriranje, optimiranje parametrov in nastavitve krmilnika.
- Vzpostavitev komunikacije in izdelava nadzornega sistema.
- Testiranje naprav in zagon celotnega sistema.

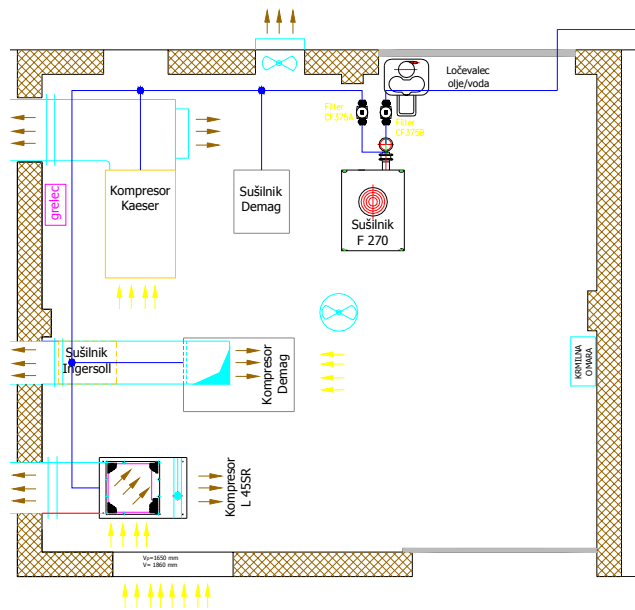
## 3 Realizacija projekta

### 3.1 Postavitev izbranih komponent

Po preureditvi prostora je sledila premestitev obstoječih komponent, takoj za tem pa smo namestili novo izbrane komponente (glej sliko 3.1) med katere sodijo:

- vijčni kompresor CompAir L45 SR z regulacijo vrtilne hitrosti in maksimalno zmogljivostjo 7,9 m<sup>3</sup>/min,
- hladilni sušilnik zraka CompAir F270,
- filtrirni sistem s filtroma CF 0372A in CF 0372B,

- avtomatski odvajalnik kondenzata Bekomat,
- ločilnik olja in vode Öwamat 6,
- žaluzije z elektromotornimi pogoni Belimo SM 230,
- dva ventilatorja AVS 630/OL.



Slika 3.1: Končna razporeditev komponent

### 3.2 Krmiljenje in regulacija

Za krmiljenje komponent in regulacijo izbranih veličin smo v kompresorski postaji namestili krmilno omaro prikazano na sliki 3.2.



Slika 3.2: Elementi v krmilni omari

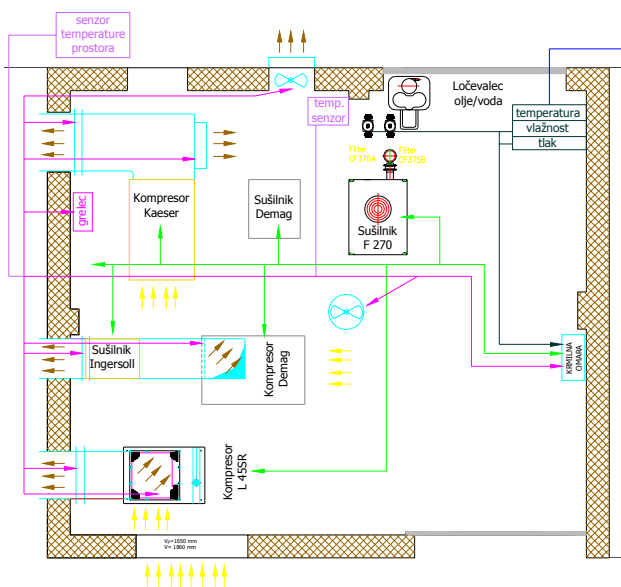
V krmilni omari se nahajajo vsi potrebni električni elementi. Med poglavitne sodi krmilnik Siemens, družine S7 300, s procesorjem CPU 314 IFM. Program krmiljenja kompresorske postaje je izdelan s programskim jezikom Step 7, ki omogoča kvalitetno programiranje Siemens-ovih krmilnikov.

Zraven logike izvajanja posameznih korakov krmiljenja smo v programu zasnovali dva regulacijska kroga. Prvi skrbi za regulacijo želenega tlaka v sistemu, drugi pa skrbi za regulacijo temperature v kompresorski postaji ter za usmerjanje odvečne toplotne energije v koristno izrabo.

### 3.3 Komunikacija v kompresorski postaji

Slika 3.3 prikazuje komunikacijske signale med komponentami v kompresorski postaji, katere smo v grobem razdeli na:

- signali za regulacijo temperature prostora (vijolične barve);
- signali za vodenje in nadzor komponent ter regulacijo tlaka (zelene barve);
- signali za nadzor kvalitete zraka (črne barve).



Slika 3.3: Potek signalov

### 3.4 Nadzorni sistem in vodenje na daljavo

Osnovni namen zaključnega dela projekta je bil izvedba računalniškega nadzora nad kompresorsko postajo, ki zajema:

- postavitve centralnega računalnika v tehnološki pisarni, preko katerega je kompresorska postaja nadzorovana;
- izdelava aplikacije za nadzor kompresorske postaje;
- prikaz in arhiviranje napak, alarmov in stanj;
- daljinsko krmiljenje posameznih komponent kompresorske postaje;
- vzpostavitev sistema vzdrževanja z napovedjo stanja;
- povezava nadzornega PC-ja na lokalno računalniško omrežje.

Zaradi različnih sposobnosti komponent je nekaj informacij posredovanih preko krmilnika, do nadzornega računalnika, nekaj pa jih poteka direktno. Starejše komponente s svojo elektroniko ne omogočajo zajemanja alarmov in napak in prikazovanje le-teh na računalniku. Zaradi tega smo pri teh strojih namestili dodatna tipala, ki nam omogočajo zajemanje osnovnih podatkov, kot sta tlak in temperatura. Ti podatki se zapisujejo v podatkovnem bloku krmilnika. Od tukaj dalje se pošiljajo preko ojačevalnika in Profibus kabla, do nadzornega računalnika, kjer se s pomočjo IFIX aplikacije pretvarjajo v primerno obliko za prikaz na monitorju.

Nov kompresor CompAir daje s svojo elektroniko bistveno več možnosti komunikacije z nadzornim sistemom, zato smo to komunikacijo izvedli ločeno od prej opisane. Za komunikacijo med kompresorjem in računalnikom smo uporabili dva protokola. Prvi protokol RS485 prenaša signale od kompresorja do vmesnika, ki te signale pretvori v komunikacijski protokol RS232 s katerim komunicira računalnik.

Nadzorni računalnik se nahaja v prostorih tehnologije vzdrževanja programske enote Cevarna, ki so približno 200 m oddaljeni od kompresorske postaje. Za realizacijo nadzornega sistema, je bilo potrebno izvesti fizično povezavo med računalnikom in krmilnikom. Ta povezava je realizirana s Profibus kablom, ki smo ga položili skozi dve proizvodni hali in dvorišče, do zgradbe, kjer se nahaja industrijski računalnik (glej sliko 3.4) s spodaj navedenimi lastnostmi:

- Intel Pentium IV,
- CPU 1.7 GHz,
- 128 Mb RAM,
- Windows 2000,
- OPC Server,
- SCADA sistem-aplikacija IFIX,
- komunikacijska karta Siemens 6Gk1561-3AA00.



Slika 3.4: Nadzorni računalnik

Krmilnik S7 314 IFM, s komunikacijo MPI (multi point interface), omogoča hkratni dostop do maksimalno 32 naprav, na ista vhodno-izhodna vrata. Hitrost prenosa pri tej komunikaciji znaša konstantno 187,5 Kbaud. Zaradi oddaljenosti industrijskega računalnika za nadzor kompresorske postaje od krmilnika smo signal ojačali. V ta namen je takoj za krmilnikom vgrajen ojačevalnik signala oziroma Repeater 6ES7972-0AA01-0XA0. Le ta omogoča prenos podatkov do razdalje maksimalno 1000 m.

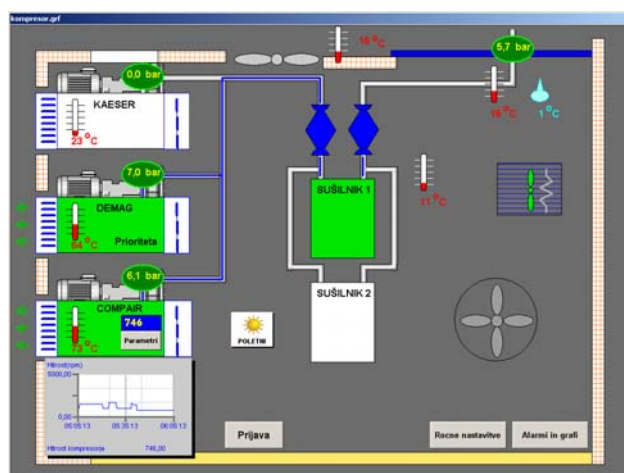
Nadzor je izveden s SCADA nadzornim sistemom in IFIX aplikacijo. V računalniku se nahaja OPC Server, ki služi za komunikacijo med SCADA nadzornim sistemom in Siemensovo komunikacijsko karto Siemens 6Gk1561-3AA00. Preko te linije se vrši branje podatkov iz podatkovnega bloka krmilnika in zapis podatkov v ta podatkovni blok, kadar se le ti vnašajo s pomočjo nadzornega računalnika.

Scada nadzorni sistem služi za nadzor in upravljanje s kompresorsko postajo. Aplikacije

so izvedene z IFIX-om, kateri omogoča grafični in slikovni dostop do podatkov in za daljinsko krmiljenje posameznih komponent kompresorske postaje. Na sliki 3.5 je prikazana IFIX aplikacija (osnovna slika), ki je na razpolago uporabniku, za prikaz vrednosti trenutnega stanja komponent v kompresorski postaji in za vstop v naslednje aplikacije, za nadzor in daljinsko vodenje kompresorske postaje ter za arhiviranje podatkov.

Na sliki je prikazana logična tlorisna razporeditev komponent v kompresorski postaji. Za kompresorja Demag in Kaeser so prikazani podatki o temperaturi olja, tlaku, stanju prioriteti, ter morebitna prisotnost napake. Kompresor CompAir nam s svojo RS 485 komunikacijo omogoča razen omenjenih podatkov še prikaz statusov in vseh nadzorovanih napak. Ker ta kompresor zagotavlja z zvezno regulacijo števila vrtljajev elektromotorja konstantni tlak, je namesto tega grafično prikazan potek števila vrtljajev elektromotorja.

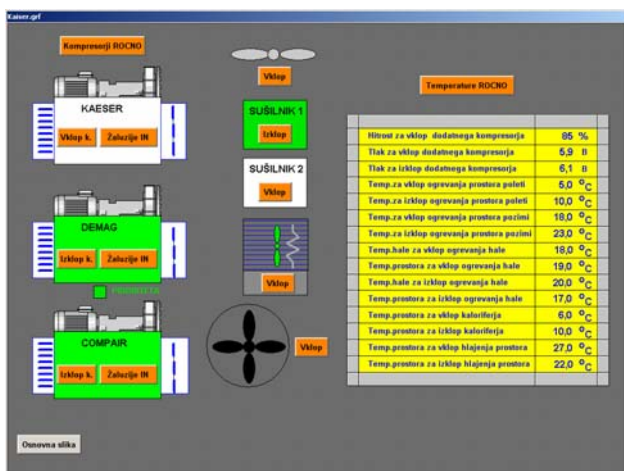
Omogočen je tudi prikaz stanja ostalih komponent, kot je npr.; delovanje sušilnika, ventilatorja, kaloriferja, zamašenost filtrov, pozicija žaluzij, tlak sistema, temperatura komprimiranega zraka v sistemu, točka rosišča, temperatura kompresorskega prostora, temperatura sosednje hale, itd.



Slika 3.5: Osnovna slika v IFIX aplikaciji

Za daljinsko upravljanje komponent je narejena slika z aktivnimi gumbi s pomočjo katerih lahko

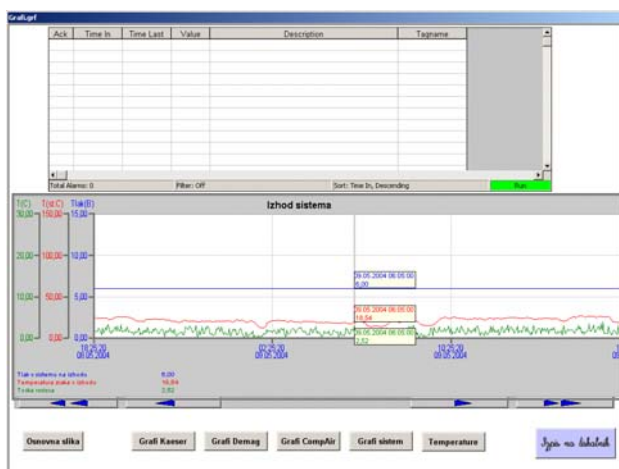
spreminjamo stanje in tabelo v kateri lahko nastavljamo zelene vrednosti, kar je razvidno na sliki 3.6.



Slika 3.6: Aplikacija za daljinsko upravljanje

Nadzorni sistem nam omogoča tudi grafični prikaz trenutnih in arhiviranih podatkov. S postavitvijo vertikalne kurzne črte na želeno terminsko mesto se v okvirčku prikažejo podatki na krivulji in čas v katerem so se ti podatki zajemali.

Najpomembnejši so podatki o temperaturi komprimiranega zraka, dejanski točki rosišča in tlaku v sistemu. Ti trije podatki ponazarjajo lastnosti komprimiranega zraka in so osnova za izgradnjo kvalitetnega pnevmatičnega sistema. Primer teh podatkov prikazuje slika 3.7.



Slika 3.7: Lastnosti komprimiranega zraka

## 4 Zaključek

Z obravnavanim projektom smo iz zastarele kompresorske postaje naredili moderno industrijsko aplikacijo, ki deluje kot zanesljiv sistem, kateri se lahko ponaša s tem, da je upravičil investicijo in daje realne pozitivne rezultate. V Cevarni družbe Impol.d.d. tako ugotavljamo, da smo znižali prosti tek kompresorjev in s tem prihranili več kot MIO SIT/leto. Zagotovili smo kontinuirano produkcijo komprimiranega zraka in s tem odpravili številne 15 – 30 minutne zastoje v proizvodnji, kar je največja pridobitev tega projekta. Z regulacijo tlaka smo dosegli maksimalno histerezo tlaka 0,2 bara in s tem omogočili nižanje tlačnega nivoja, kar posledično pomeni prihranek energije. Pridobili smo tudi na kvaliteti komprimiranega zraka, kar se odraža v boljšem delovanju pnevmatičnih komponent in njihovi daljši življenjski dobi. Z regulacijo temperature smo zagotovili optimalne pogoje za delovanje kompresorskih naprav in omogočili koristno izrabo odvečne toplote v namen ogrevanja proizvodne hale. Z računalniškim nadzorom kompresorske postaje lahko kontroliramo in upravljamo delovanje komponent v kompresorski postaji brez fizične prisotnosti v njej, z zajemanjem podatkov pa je dana možnost za razne analize. Zraven naštetih pridobitev so še številne posredne prednosti, ki dajejo dodatno priznanje realiziranemu projektu.

Kot izvajalci in uporabniki obravnavane industrijske aplikacije svetujemo slehernemu lastniku podobne kompresorske postaje, da pristopi k posodobitvi in avtomatizaciji, ker se stroški investicij v teh postrojenjih povrnejo v zelo kratkem času, običajno že v treh letih. Podrobnejše informacije lahko najdete v spodaj navedeni literaturi, veseli pa bomo tudi vašega obiska v podjetju.

## 5 Literatura

- [1] A. Leskovar, *Posodobitev kompresorske postaje*, Diplomsko delo, Fakulteta za Strojništvo v Mariboru, Maribor 2004.
- [2] Impol d.d., *Arhiv*