

Avtomatizacija delovanja centralne kompresorske postaje s krmilnikom X8i

Luka TULJAK

■ 1 Uvod

V industriji in proizvodnih podjetjih se poleg drugih energentov uporabljajo velike količine komprimiranega zraka. Komprimirani zrak se uporablja za pnevmatične pogone pri mehaniziranih in avtomatiziranih napravah, za izpihovanje, v procesni tehniki in drugod. Stisnjeni zrak mora imeti ustrezne značilnosti. Biti mora brez primesi olja in vode, tlak v omrežju mora biti ustrezen in konstanten, izgube morajo biti čim manjše, dobava pa nadzorovana in ustrezno krmiljena.

Za oskrbo s komprimiranim zrakom se podjetja odločajo med *razpršenimi dislociranimi kompresorskimi enotami* po posameznih oddelkih in *centralno kompresorsko postajo*.

Prednosti razpršene postavitve kompresorskih enot sta manjše izgube na transportni poti zraka in možnost obratovanja z nižjimi delovnimi tlaki, seveda tam, kjer to proces dopušča. Slabosti pa so težje zagotavljanje redundanc in rezerve v primeru izpada enote ter večji vzdrževalni stroški v primerjavi s centralno kompresorsko postajo (CKP).

To vodi k razmišljanju o ekonomični in tehnični smotnosti uvedbe centralne kompresorske postaje. Običajno se na podlagi meritev, analiz, strokovne literature in seveda izkušenj pripravi idejna rešitev. Do sedaj se je v praksi pokazalo, da ima uvedba centralne kompresorske postaje več pozitivnih kot negativnih učinkov.

Osnovno vodilo projektantov pri postavitvi je, da je centralna kompresorska postaja postavljena v središču ali v neposredni bližini porabnikov. Pri projektiranju je še treba upoštevati vplive okolja, obstoječo, že zgrajeno infrastrukturo ter razpoložljiva finančna sredstva. Pravilno načrtovana kompresorska postaja zagotavlja boljšo izkoriščenost obstoječih kompresorskih enot, manjše stroške vzdrževanja, omogoča rezervo stisnjenega zraka v primeru izpada ter skupinsko regulacijo in krmiljenje. Prav ustrezni načini krmiljenja delovanja kompresorske postaje vodijo k optimalni oskrbi podjetja s stisnjenim zrakom.

■ 2 Krmilni sistem za pogon kompresorjev

Naloga krmilnega sistema pri CKP je vzdrževati najvišji potrebni delovni tlak in omogočiti možnost delovanja v režimu proporcionalne regulacije oziroma prostega teka. Krmilje se mora prilagoditi različnim izved-

bam kompresorjev, ki so na trgu. V CKP pa mora usklajevati delovanje vseh razpoložljivih kompresorjev, upoštevati potrebe v proizvodnji in zagotavljati čim manjšo porabo energije.

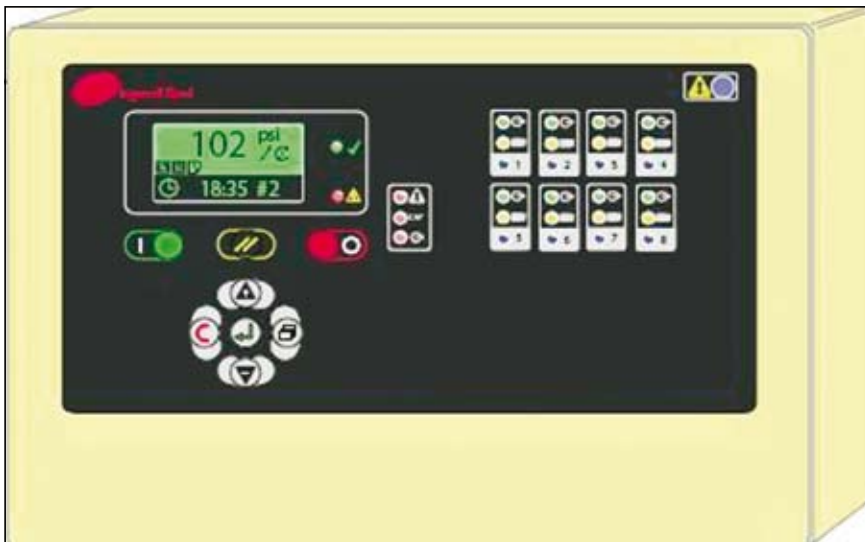
2.1 Izbira krmilnika in načina krmiljenja CKP

Pogoji za optimalno izbiro krmilnega sistema so poznavanje zgradbe in delovanja sistema centralne kompresorske postaje, samega krmilnega sistema in poznavanja porabe komprimiranega zraka.

V podjetju HPE, d. o. o., se že leta ukvarjamo z optimizacijo delovanja kompresorskih postaj. Poleg širokega izbora predpripravljenih krmilnih sistemov, ki so danes na trgu, smo na podlagi izkušenj pripravili rešitev, ki jo imenujemo VKP – vodenje kompresorske postaje. Prednosti VKP-ja so cenovna ugodnost, možnost nadgrajevanja in fleksibilnost glede na potrebe omrežnega sistema.

V prispevku je podrobneje opisan predpripravljeni krmilni sistem X8i proizvajalca Ingersoll-Rand (v nadaljevanju IR). Krmilni modul X8i spada v skupino specializiranih krmilnikov X - SERIES AUTOMATION, ki omogočajo varno, zanesljivo in energijsko učinkovito krmiljenje kompresorskih sistemov (*slika 1*).

Luka Tuljak, HPE, d. o. o., 1000 Ljubljana



Slika 1. Krmilni modul X81

Modul X81 lahko krmili in nadzoruje do 8 kompresorskih enot različnih proizvajalcev, kot so to Ingersoll Rand, Sullair, Jaeger, Omega Air, Atlas Copco in drugi.

Krmiljeni kompresorji so lahko standardni s fiksnimi pogoni, kompresorji z variabilnimi pogoni ali multistep kompresorji. Lahko so elektropnevmatsko ali mikroprocesorsko krmiljeni. Krmilnik se lahko prilagodi vsakemu kompresorskemu sistemu in je nastavljiv tako, da doseže specifične zahteve nekaterih najbolj kompleksnih sistemov za pridobivanje komprimiranega zraka.

2.2 Vzdrževanje tlaka

Vzdrževanje tlaka dosežemo s krmiljenjem sistemskega tlaka med meja-

ma, ki ju določi in nastavi uporabnik. Ko je sistemska potreba po komprimiranem zraku manjša od kapacitete razpoložljivih obremenjenih kompresorjev, se bo sistemski tlak zvišal; če pa je sistemska potreba po komprimiranem zraku večja, kot je kapaciteta obremenjenih kompresorjev, se bo sistemski tlak znižal. Preprosto povedano: vzdrževanje sistemskega tlaka dosežemo z obremenjevanjem in razbremenjevanjem kompresorjev tako, da poskusimo izenačiti kapacitete izhodov kompresorjev s sistemskimi zahtevami v specifičnem tlačnem območju (slika 2).

2.3 Načini krmiljenja

Kompresorji so najbolj izkoriščeni, ko so polno obremenjeni ali ugasnjeni, z izjemo kompresorjev z variabilnimi

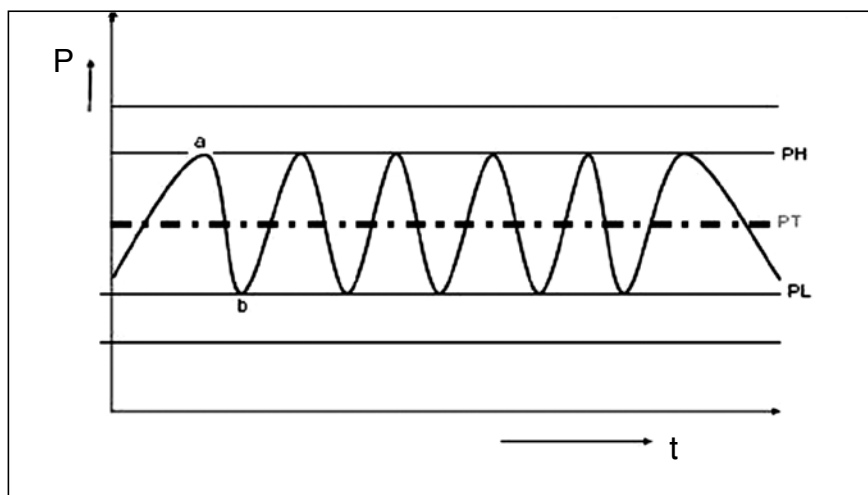
pogoni, ki lahko delujejo energijsko učinkovito tudi pri zmanjšani obremenitvi. Cikli delovanja kompresorja (*START – OBREMENI – RAZBREMENI – STOP* itd.) so pomembni za vzdrževanje kontrole tlaka, pri čemer preveliko število ciklov pomeni slabšo učinkovitost kompresorja in povečanje stroškov vzdrževanja. Proticiklična kontrola (*anti-cycling control*) je integrirana zato, da pomaga zagotoviti delovanje in obratovanje le tistih kompresorjev, ki so dejansko potrebni, medtem ko so ostali kompresorji ugasnjeni. Tak način krmiljenja vključuje toleranco tlačnega razpona, ki jo definira uporabnik in je zunaj primarnega tlačnega razpona. V tolerančnem območju se izvaja aktivni krmilni algoritem, ki analizira dinamiko tlaka tako, da ugotovi optimalni čas za vklop naslednjega kompresorja v sistem oz. začne z izvajanjem novega cikla. Ta način krmiljenja še dodatno omogoča fino nastavitev tolerančnega območja in čas procesiranja algoritma (*damping*).

Tolerančno območje

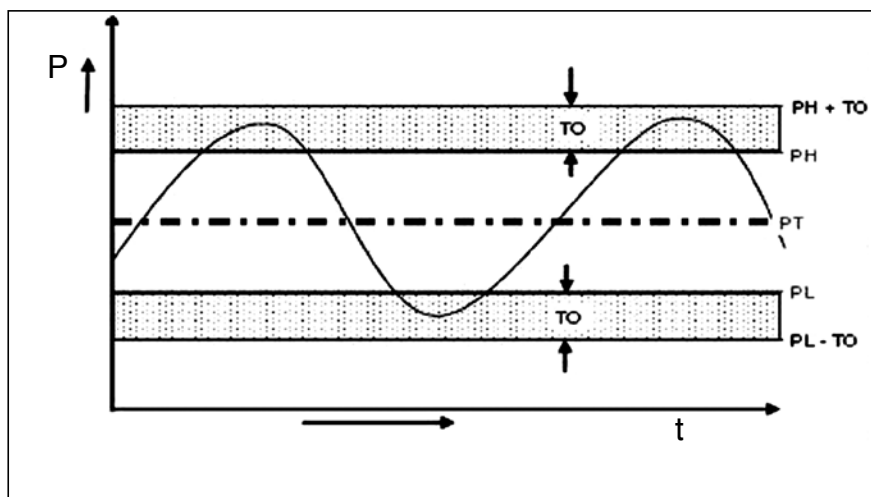
Tolerančno območje je uporabniško nastavljiv parameter, ki določa, koliko nad zgornjim tlakom (PH) in koliko pod spodnjim tlakom (PL) lahko zanih sistemski tlak. Toleranca omogoča X81, da ne prekompenzira sistema v primeru začasne večje ali manjše sistemske porabe (slika 3).

Tolerančno območje (TO) je torej izraženo kot tlak, ki definira širino območja nad najvišjim in najnižjim tlakom in v katerem bo krmiljenje sistema energijsko učinkovito.

Kadar je sistemski tlak v tolerančnem območju, bo X81 stalno preračunaval in ugotavljal, kdaj obremeniti ali razbremeniti posamezni kompresor glede na hitrost spremembe sistemskega tlaka. Ko je sistemski tlak zunaj tolerančnega območja, X81 ne pazi več na energijsko učinkovitost in začne ščititi sistemski zračni tlak z obremenjevanjem in razbremenjevanjem kompresorjev. Obremenjevanje je krmiljeno z zakasnitvami. Nastavitev tolerančnega območja mora biti povečana, kadar je sistemsko shranjevanje komprimiranega zraka rela-



Slika 2. Območje delovanja, ki ga določi uporabnik (PL – najnižji tlak, PH – najvišji tlak)



Slika 3. Tolerančno območje glede na PL in PH

tivno majhno v primerjavi s sistemskimi potrebami in so nihanja tlaka relativno velika in hitra; to pa zato, da se ohrani energijsko učinkovito delovanje in da se izognemo stanju, ko je v določenem trenutku obremenjenih več kompresorjev, kot je sicer potrebno, v naslednjem trenutku pa jih krmilni sistem razbremeni.

Ko je sistem komprimiranega zraka relativno velik v primerjavi s sistemsko porabo, so nihanja manjša in počasnejša. V tem primeru se lahko tolerančno območje zmanjša, da se izboljša vzdrževanje tlaka in ohrani energijsko učinkovito delovanje.

Vzorčenje in čas procesiranja

Kadarkoli je trenutni tlak v tolerančnem območju, je algoritem proticiklične kontrole aktiven. Algoritem vzorči spremembe sistemskega tlaka in preračunava kdaj obremeniti/razbremeniti naslednji kompresor. Nastavitev časa procesiranja algoritma je uporabniško nastavljiva točka – set point, ki določa, kako pogosto krmilnik vzorči in preračunava. S spremembo tega parametra se lahko učinkovito pospeši ali upočasni reakcijski čas krmilnega sistema.

Parameter se ponovno nastavi, če se ugotovi, da je sistem preveč agresiven (prehiter) v naslednjih primerih:

- neprimerna velikost tlačnih rezervoarjev (tlačnih posod),
- visokotlačna nihanja čez tlak, na katerega je dimenzionirana enota za pripravo zraka,

- nepravilne velikosti cevovodov,
- počasni ali zakasneni odzivi kompresorjev.

Sistemska prostornina

Sistemska prostornina (odvisna od velikosti tlačnih rezervoarjev in cevovodov) definira, kako hitro se bo sistemski tlak dvigal oz. padal glede na reakcijo na zvišanje/zmanjšanje porabe sistema ali povečanje/zmanjšanje proizvodnje zraka. Večja kot je sistemska prostornina, počasneje se spreminja tlak v odvisnosti od povečane/zmanjšane porabe ali proizvodnje. Primerna sistemska prostornina omogoča učinkovito kontrolo tlaka in se izogiba hitrim in nevarnim spremembam sistemskega tlaka zaradi nenadnih tlačnih nihanj.

2.4 Standardne sekvenčne krmilne strategije

Standardna konfiguracija X81 ponuja funkcijo ENER, sekvenčno krmilno strategijo, nastavitve prioritete, izbiro tabel delovanja in tlačnih urnikov ter funkcijo Pre-Fill. V nadaljevanju so podani kratki opisi posameznih funkcij.

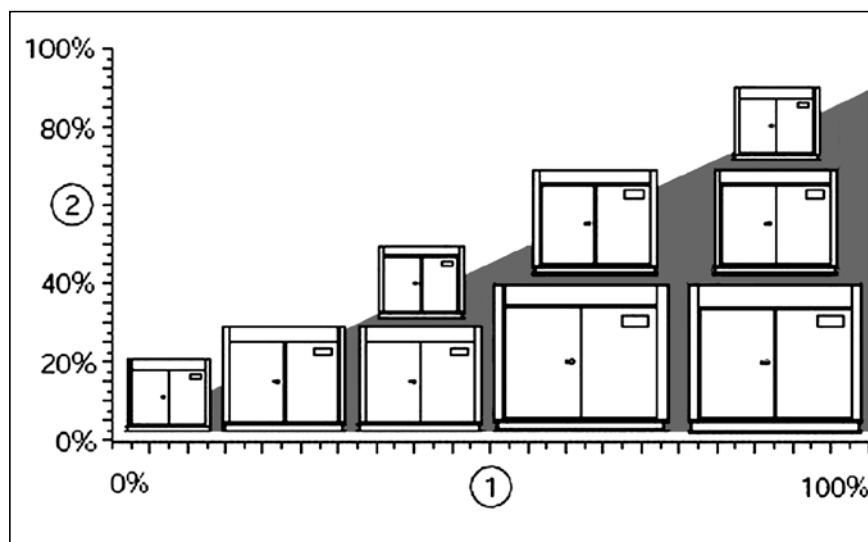
ENER: Energijsko varčni način

Primarna funkcija ENER (*Energy Control Mode*) je namenjena:

- dinamični izenačitvi proizvodnje komprimiranega zraka z dejansko porabo,
- delovanju z najbolj energijsko učinkovito kombinacijo kompresorjev.

Funkcija ENER je namenjena za upravljanje sistemov, ki vključujejo kompresorje različnih kapacitet in različnih tipov (kompresorji s konstantnimi pogoni, kompresorji s spremenljivo hitrostjo itd.) v katerikoli kombinaciji ali konfiguraciji.

Krmiljenje kompresorjev in njihova uporaba sta dinamično avtomatizirana z adaptivno krmilno logiko in zato ne dopuščata prednastavljenih urnikov, rotacij konfiguracije ali časovnih intervalov. Energijsko varčni način dopušča spremembe operaterja s funkcijo nastavitve prioritete (Priority settings). Energijsko varčni način je izveden z X81 tako, da procesira individualne fiksne ali spremenljive kom-



Slika 4. Graf proizvodnje stisnjenega zraka (2) v odvisnosti od porabe (1)

presorske kapacitete in spremembe v sistemskem tlaku, jih dinamično implementira in nenehno ocenjuje ter preračunava najboljše možne konfiguracije ob pojavu sistemskih sprememb (slika 4).

Nastavitev prioritete

Nastavitev prioritete se lahko uporabi za vklapljanje pri sekvenčnih nastavitvah. Kompresorjem se tako lahko nastavijo prioritete med 1 in 8, kjer je 1 najvišja prioriteta. Prioritete dopuščajo, da se nastavi vklapljanje za skupino kompresorjev. Vsi kompresorji, ki imajo isto številko prioritete, bodo delovali znotraj svoje skupine. Skupina z najvišjo prioriteto bo vedno na začetku sekvence.

Na primer: v sistemu s štirimi kompresorji bo imel kompresor VSD (kompresor št. 1) prioriteto št. 1, ker želimo, da je v vlogi vodilnega kompresorja. Ko smo mu dodelili prioriteto 1, smo drugim trem kompresorjem nastavili nižjo prioriteto; kompresor z variabilnim pogonom bo vedno ostal na čelu sekvence (slika 5).

Tabele delovanja in tlačni urniki

X8I deluje na osnovi nastavitvev, ki so nastavljene z eno od treh tabel delovanja v meniju (T01, T02 in T03). Vsaka tabela definira nastavitve delovanja in sekvenčni krmilni način X8I. X8I lahko nastavimo tako, da zamenjuje med posameznimi tabelami glede na konfiguracijo tlačnega urnika. Ta funkcionalnost omogoča X8I zamenjavo med več različnimi sistemskimi konfiguracijami brez kakršnekoli motnje krmilnega sistema. To je posebej uporabno v primerih izmenskega dela ali v vikendih, ko naj bi bil sistem izključen.

Ob menjavi delovne tabele X8I ne spremeni vseh sistemskih delovnih parametrov takoj, temveč premika želeni sistemski tlak navzgor ali navzdol proti nastavitvi tlaka naslednje tabele. Prehod se izvaja počasi, da se ohrani energijska učinkovitost in varno ter zanesljivo krmiljenje. Čas, ki ga sistem porabi, da spremeni želeni sistemski tlak, se imenuje *Pressure Change Time* (PC). Ta vrednost je na-

	1	2	3	4
	1	2	2	2
	A	B	C	D
	A	C	D	B
	A	D	B	C
	A	B	C	D

Slika 5. Primer prioritete kompresorjev

stavljiva v oknu sistemskih nastavitvev, pri čemer pa moramo paziti, da ga ne skrajšamo preveč, ker bi s tem lahko ogrozili energijsko učinkovitost sistema. Če pa je X8I sposoben narediti prehod v še krajšem času, ne da bi pri tem ogrožal energijsko učinkovitost, se bo ta čas avtomatsko skrajšal.

Tlačni urnik

X8I je opremljen z realno časovno uro in funkcijo tlačnega urnika, s katero lahko povečamo avtomatizacijo sistema. Tlačni urnik je sestavljen iz 28 posameznih nastavitvev, ki sistemu narekujejo spremembo iz ene tabele v drugo ali pa ga postavijo v stanje mirovanja (*Standby mode*) – odvisno od dneva tedna in ure dneva.

Funkcija predpolnjenja

Funkcija predpolnjenja (*Prefill*) je nadzirana energijsko učinkovita metoda poviševanja sistemskega tlaka do normalne delovne vrednosti ob sistemskih zagonih. S to funkcijo se izognemo neučinkovitemu zagonu in obremenitvam vseh razpoložljivih kompresorskih naprav v sistemu, da se stanje sistemskega tlaka lahko normalizira ob sistemskem zagonu. Ob sistemskem zagonu (ročni zagon ali avtomatski zagon iz stanja mirovanja) bo X8I za določen prednastavljeni čas obremenil samo tiste kompresorje, ki so bili vnaprej nastavljeni za to funkcijo. Čas predpolnjenja (PT – *Prefill time*) pravilno nastavimo tako, da ustreza sistemski karakteristiki. Cilj je zvišati sistemski tlak na normalne

delovne vrednosti z uporabo samo vnaprej določenih kompresorjev v času PT. Če je sistemski tlak dosegel normalne delovne vrednosti pred iztekom časa predpolnjenja, potem se funkcija avtomatsko ustavi in krmilnik začne z normalnim vodenjem. Če pa sistemski tlak ne doseže normalne delovne vrednosti do izteka časa predpolnjenja, bo krmilnik uporabil toliko enot, kolikor jih je potrebno, da vzpostavi normalne delovne vrednosti sistemskega tlaka.

Funkcije delovanja

Energijski krmilni način (ENER) je standardni način krmiljenja X8I. Alternativne krmilne strategije so osnovni FILO (First in / Last Out) in EHR (Equal Hours Run).

FILO: Način rotacije časovnika

Primarna funkcija načina rotacije časovnika (*Timer rotation mode*) je učinkovito vodenje sistema komprimiranega zraka, ki ga sestavljajo kompresorji z določenimi kapacitetami izhodov.

Funkcija enakomernih ur delovanja

Primarni namen funkcije EHR (*EQUAL HOURS RUN MODE* – EHR) je v tem, da celoten sistem obratuje čim bolj enakovredno. To tudi daje možnost, da servisiramo vse kompresorje ob istem času. Vsakič, ko rotacijski interval preteče ali se doseže rotacijski čas, se sekvenca delovanja kompresorjev preveri in ponovno uredi glede na delovne ure posameznih kompresorjev. Kompresorju z najmanjšim številom delovnih ur je samodejno dodeljena najvišja prioriteta, kompresorju z najvišjim številom ur pa najnižja prioriteta. Kompresorju, ki je bil v prejšnjem ciklu izbran kot vodilni, je sedaj dodeljena najnižja prioriteta in je v tem ciklu rezerva.

3 Zaključek

Današnje potrebe po stisnjenem zraku in načini delovanja predstavljajo v proizvodnji veliko izzivov. V industriji se vse pogosteje pojavljajo stroji, ki poleg kakovosti zraka potrebujejo predvsem stalen tlak. Glede na veli-

ko nihanje kapacitete v proizvodnji komprimiranega zraka in visoke stopnje nihanja porabe v industriji se da z nastavitvami krmilnika X81 doseči energetsko učinkovit sistem. Z uporabo krmilnega sistema X81 je moč realizirati učinkovito in zanesljivo vodenje centralizirane kompresorske postaje, ki skrbi za pokrivanje potreb po komprimiranem zraku celotne proizvodnje.

Krmilna mreža X81 se da dodatno razširiti z razširitvenim modulom SMG (System Modbus Gateway module) tudi na nadzor delovanja sistema neposredno preko serijske komunikacije Modbus RTU oz. posredno preko serverja Modbus OPC.

Krmilni sistem X81 omogoča manjšo porabo električne energije v taki meri, da se investicija povrne v roku 6 mesecev, seveda v odvisnosti od sistema in trenda porabe. Z X81 boste investirali v

prihodnost in v konkurenčnost vašega podjetja. X81 povrne stroške od dneva, ko ga vgradite, in za veliko let naprej, zahvaljujoč inteligentni tehnologiji kontrolnih sistemov. To pomeni, da se lahko popolnoma osredotočite na vaš aktualni »job in hand«, pri čemer vam ni več treba skrbeti za to, ali vaša kompresorska postaja deluje energetsko varčno in zanesljivo.

Pri izbiri ustreznega krmilnega sistema so vam lahko v pomoč dolgoletne izkušnje podjetja HPE, d. o. o., ter velika paleta krmilnikov in načinov krmiljenja CKP. Poleg lastnega krmilnega sistema VKP in krmilnika X81 vam nudi še krmilnika X4I in X12I proizvajalca IR, ki bosta podrobneje predstavljena v prihodnosti.

Vir

[1] Ingersoll Rand System Automation X81 Operator's Manual, May 2008



LE-TEHNIKA d.o.o.
 Suceva 27, KRANJ
 tel.: 04 20 20 200, 041 660 454
 faks: 04 204 21 22
 NOVO MESTO tel.: 041 785 798
 MARIBOR tel.: 02 300 64 70
 041 774 688
 http://www.le-tehnika.si
 e-mail: hydraulic@le-tehnika.si



HPE d.o.o., Ljubljana
 T: 01-5631-352
 E: info@hpe.si
 I: www.HPE.si

rešitve na področju komprimiranega zraka

- Strokovna pomoč pri iskanju celovite rešitve komprimiranega zraka z meritvami in analizo obstoječega stanja.
- Ugotavljanje prihranka energije in izdelava simulacij.
- HPE je servisno orientirano podjetje, ki izvaja servis na vseh tipih kompresorskih postaj.
- Ultrazvočni in SPM pregled vijačnih blokov za zagotavljanje nemotene proizvodnje in preventivnega vzdrževanja.
- Lastni razvoj krmilnih in nadzornih sistemov PLC kompresorskih postaj zaprihranek energije.
- Izvedba kompresorske postaje na ključ, z izdelavo PZI in PID dokumentacije.
- Uradni zastopnik za prodajo in servis kvalitetne opreme za komprimiran zrak svetovno največjega proizvajalca INGERSOLL-RAND, ter merilne opreme FCI, GEMINI, Irisys.









international trade fair of
automation & mechatronics
26. - 28.01.2011
Celje, Slovenia, www.ifam.si