

Uporaba sodobnih elektromotorskih pogonov - rekonstrukcija papirnega stroja

Slavko SENICA⁽¹⁾, Toni PLANTARIČ⁽¹⁾
Sistemi IN ES d.o.o., Dolenji Boštanj 62B, 8294 BOŠTANJ ⁽¹⁾
slavko.senica@sis-ines.si, toni.plantaric@sis-ines.si

Mirko HORVAT⁽²⁾
Paloma d.d., Sladki Vrh 1, 2214 SLADKI VRH ⁽²⁾
mirko.horvat@paloma.si

State-of-the-art drives, case study: reconstruction of paper making machine

Abstract: This paper presents reconstruction of drives and control on paper making machine. Procedures for proper selection of motors, control principles and safety measures are discussed.

1 IZHODIŠČA NALOGE

Na papirnem stroju PS3 je bilo potrebno rekonstruirati pogonski in krmilni del z ustrežno elektro opremo. Cilj rekonstrukcije je bil povečati hitrost stroja na 500 m/min (maksimalna teoretična hitrost 550 m/min). Uporabljene so morale biti najsodobnejše (digitalne) rešitve, ki zagotavljajo konstantne parametre delovanja stroja, predvsem pa:

- Konstantno in nastavljivo hitrost linije
- Konstantna in nastavljiva proporcionalna razmerja med hitrostmi posamičnih segmentov linije
- Kakovosten nadzor nad stanjem sistema:
 - Vizualizacija trenutnih parametrov
 - Nadzor nad stanjem motorjev (za načrtovano vzdrževanje)
- Enostavno upravljanje

- Enostavno kasnejše dopolnjevanje in nadgradnje sistema, vključevanje v IT sisteme investitorja

Ob že naštetih glavnih ciljih rekonstrukcije je bilo potrebno zagotoviti tudi skladnost opreme in stroja v celoti z veljavnimi predpisi in standardi

1.1 Stanje pred rekonstrukcijo

Papirni stroj PS3 je bil postavljen leta 1961 z obratovalno hitrostjo do 250m/min ter delovno širino 2200mm. Z dosedanjimi rekonstrukcijami se je kapaciteta stroja dvignila na 350m/min.

Pogonski del papirnega stroja je (bil) sestavljen iz naslednjih segmentov:

- pogon sitove skupine (89kW)
- pogon klobučevine (89kW)
- pogon predušilca (151kW)
- pogon 2 posušilnih valjev in navijalca (45kW).

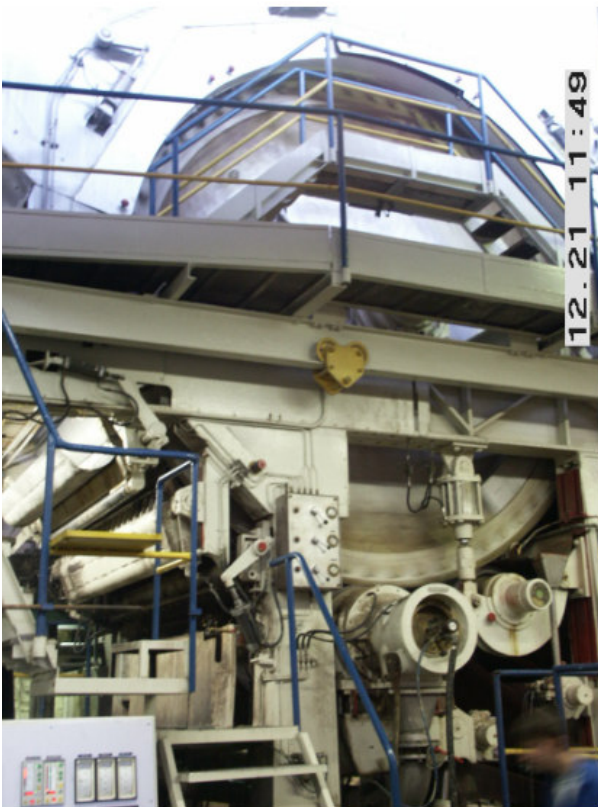
Način delovanja papirnega stroja je tak, da morajo sitova skupina, skupina klobučevine in predušilni valj delovati sinhrono, z isto hitrostjo (= glavna hitrost stroja), saj material za papir prehaja iz prejšnje v naslednjo skupino zvezno (sito se fizično dotika klobučevine, ta pa se fizično dotika sušilnega valja; kakršnakoli

razlika v hitrostih med temi segmenti namreč povzroča trganje papirja ter tudi poškoduje sito ali klobučevino).

Med predsušilnim valjem in skupino posušilnih valjev in navijalca pa se hitrost linije zmanjša, da se ustvari potrebna mehkost in elastičnost papirja («krepanje» papirja).

Posušilna valja ter navijalec so bili gnani z enim motorjem, s pomočjo transmisije in ustreznih jermenskih prenosov. Eden od ciljev rekonstrukcije je bil tudi mehanska razklopitev tega segmenta stroja na 3 samostojne pogonske enote.

Slika 1 prikazuje predsušilni valj papirnega stroja.



Slika 1: Predsušilni valj

Pogonski motorji segmentov so bili enosmerni, z ustreznimi (analognimi) regulatorji. Izvedba regulatorjev in krmilja je v osnovi omogočala enokvadrantno delovanje motorjev. Pri pogonih predsušilca ter posušilnih valjev skupaj z navijalcem je bila omogočena zasilna zaustavitev (nekontrolirana) z zamenjavo polaritete vzbujalnega navijanja. Meritev hitrosti motorjev je bila izvedena z enosmernimi tahogeneratorji.

Krmiljenje stroja (upravljanje, avtomatika, nadzor) je bilo izvedeno z diskretno tehniko. Generalna hitrost stroja se je določala z uporabo motorskega potenciometra, razmerja med segmenti linije pa z dodatnimi potenciometri. Sinhronizacija segmentov, ki so morali delovati usklajeno (sitova skupina, skupina klobučevine in predsušilni valj) se je izvajala s fino (ročno) korekcijo želene hitrosti posamičnih motorjev. Stroj kot tak je omogočal maksimalno hitrost proizvodnje papirja do 350 m/min [1].

2 PRISTOP K REŠITVI

Za zagotovitev ciljev iz izhodišč naloge je bila potrebna podrobna analiza obstoječega stanja, zahtev investitorjev, veljavnih standardov ter tehničnih možnosti razpoložljive opreme.

2.1 Izbira vrste pogonskih motorjev

Pri izbiri pogonskih motorjev se takoj pojavi možnost uporabe dveh vrst: pogoni z enosmernimi motorji (tradicionalna rešitev za take stroje v papirni industriji) ali pogoni z izmeničnimi motorji (asinhronski motorji z zaprtzančno vektorsko regulacijo hitrosti). Pri izbiri vrste pogona je treba upoštevati več vidikov:

- tehnični vidiki:

- zmožnost opravljanja zadanih funkcij: glede na opis zahtev, predvideno dinamiko stroja,

stabilnost regulacije hitrosti,... sta (pri uporabi sodobnih rešitev) obe rešitvi enakovredni.

- vzdrževanje, življenjska doba: glede na sestavo sodobnih sistemov pogonske tehnike (motor + ustrezen regulator; vsi regulatorji so v splošnem sestavljeni iz procesorske enote in energetskega dela) sta pojma vzdrževanje ter življenjska doba povezana predvsem z vzdrževanjem motorja. Tu je definitivno v prednosti rešitev z izmeničnimi motorji, saj le-ti v primerjavi z enosmernimi ne potrebujejo posebnega vzdrževanja.

- komercialni vidiki (nabavne cene):

- Tabela 1 ponazarja relativno primerjavo cen opreme za izvedbo pogona sitove skupine z uporabo enosmernih motorjev ali z uporabo asinhronskih motorjev. Osnova za primerjavo (100%) so cene za opremo z enosmernim motorjem. [2]

NAZIV/MOČ POGONA:	POGON SITA/98.5kW		
IZVEDBA POGONA:	DC (4Q)	AC (4Q) ⁽²⁾	AC (4Q) ⁽³⁾
Motor ⁽¹⁾	100,00	43,86	43,86
Regulator ali frekvenčni pretvornik z vso opremo	100,00	289,28	392,18
RSO filtri	100,00	73,22	73,22
Dušilke	100,00	51,68	51,68
SKUPAJ OPREMA POGONA	100,00	116,99	145,89

(1): Oprema motorjev: inkrementalni dajalnik, tuje hlajenje, nadzor temperature motorja, pri DC motorju tudi nadzor stanja krtačk

(2): kvazi 4Q delovanje (uporovno zaviranje, 50kW/20s)

(3): pravo 4Q delovanje (z vračanjem energije v omrežje)

- ostali vidiki:

- Investitor je pri rekonstrukciji želel v čim večji možni meri obdržati obstoječe reduktorje in motorje
- Glede na tradicijo, izkušnje, tehnična znanja in opremo investitorja, vzdrževanje

enosmernih motorjev ne predstavlja nobenega problema.

- Zaradi velike vztrajnostne mase predušilnega, obeh posušilnih valjev ter navijalca je bilo potrebno izvesti rešitev pogonov s pravim 4Q delovanjem.

Z upoštevanjem vseh teh vidikov so bili izbrani enosmerni pogoni z ustrežno opremo. Slika 2 prikazuje enosmerni regulator za pogon predušilnega valja (151kW) z vso pripadajočo opremo za ustrezno varovanje in zagotavljanje elektromagnetne kompatibilnosti.



Slika 2: enosmerni regulator

2.2 Principi vodenja, meritve hitrosti

Zaradi zagotavljanja zahtevanih lastnosti stroja (konstantna in nastavljiva hitrost stroja, konstantna in nastavljiva razmerja hitrosti med posamičnimi segmenti linij, ponovljivost) so v največji možni meri uporabljene digitalne rešitve, brez AD in DA pretvorb:

- meritev hitrosti vseh pogonov se izvaja z inkrementalnimi dajalniki
- vsa komunikacija med pogoni in nadzornim krmilnim sistemom (posredovanje zelenih in dejanskih hitrosti, posredovanje krmilnih ukazov in stanj) poteka preko PROFIBUS – vodila.

Kompletno vodenje pogonskega dela izvaja krmilnik SIMATIC (CPU: 315-2DP, ustrežna periferija, pogoni so vodeni preko PROFIBUS-a).

Vodenje pogonskega dela stroja (glavni algoritem krmilnika):

- krmilnik zadaja zelene vrednosti hitrosti posamičnim segmentom linije glede na trenutne zahteve (hitrost linije, krep faktor (razmerje hitrosti med posamičnimi segmenti linije)) in akcije posluževalcev (zagon, normalna zaustavitev, zasilna zaustavitev,...)
- Pogoni sami izvajajo regulacijo hitrosti.

Sinhronizacija pogonov sitove skupine, skupine klobučevine in predušilnega valja je dosežena z dvema ukrepoma:

- Pogoni posamičnih skupin so umerjeni (nastavljeni) tako, da so njihove hitrosti izenačene v največji možni (merljivi) meri.
- Zaradi kvazi-toge povezave med segmenti je uporabljena posebna funkcija mehčanja regulatorjev hitrosti posamičnih pogonov. [3]

2.3 Vizualizacija, vodenje

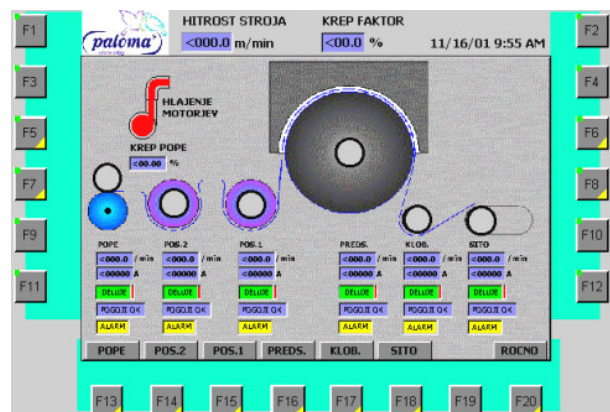
Vizualizacija in vodenje stroja se izvajata preko komandnega pulta stroja, ki vsebuje operacijski panel MP270 ter vse potrebne tipke in stikala. Slika 3 prikazuje izvedbo pulta.



Slika 3: komandni pult pogonskega dela

Glede na tradicijo papirničarjev komandni pult poleg operacijskega panela, na katerem so na razpolago vsi podatki o stanju sistema, še vedno vsebuje klasične ampermetre za prikaz toka posamične pogonske skupine.

Slika 4 prikazuje osnovno sliko operacijskega panela.



Slika 4

2.4 Skladnost z veljavnimi predpisi in standardi

Pri projektiranju elektro opreme in inštalacij ter izdelavi tehnične dokumentacije so bile upoštevane zahteve veljavnih odredb in pravilnikov [4]:

- Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije (UL RS 35/98)
- Odredba o električni opremi, namenjeni za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (UL RS 53/2000)
- Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (UL RS 61/2000)
- Odredba o varnosti strojev (UL RS 52/2000)

Podrobnejša standarda (standarda nivoja C), ki se direktno nanašata na varnostne zahteve takega stroja sta SIST EN 1043-1 ter SIST EN 1034-3. Ta dva standarda določata splošne varnostne zahteve za krmilje. Posebej so definirane dovoljene naprave in postopki za zagon sistema (zagonška opozorilna naprava najmanj kategorije 2) ter naprava za zasilno zaustavitev (sistem za zasilno zaustavitev vsaj kategorije 3).

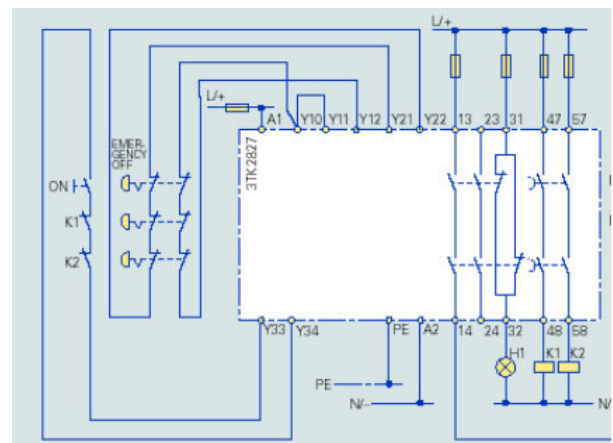
2.4.1 Zasilna zaustavitev stroja

Naprava za zasilno zaustavitev stroja mora omogočiti čim hitrejšo možno varno zaustavitev vseh gibajočih ali vrtečih se delov, ki lahko povzročijo nevarnost. Zasilna zaustavitev se lahko izvede kot Stop kategorije 0 (nekontrolirana zaustavitev, takojšen odklop aktuatorjev (motorjev,...) od napajanja) ali Stop kategorije 1 (kontrolirana, vodena najhitrejša možna zaustavitev aktuatorjev; odklop le teh od napajanja se izvrši šele po končani zaustavitvi.)

Projektant se odloči za vrsto zasilne zaustavitve glede na oceno tveganja za konkreten stroj – napravo.

Na papirnem stroju PS3 je realizirana zasilna zaustavitev kot Stop kategorije 1. Razlog za to so velike vztrajnostne mase valjev predsušilca, obeh posušilnih ter navijalca. Ob aktiviranju zasilnega izklopa vsi motorji aktivno (z vračanjem energije v omrežje) zavirajo ves sistem do popolne zaustavitve, nato pa se vsi aktuatorji avtomatično odklopijo od napajanja. Ponoven avtomatski vklop ni možen, brez predhodnega kvitiranja napake.

Vsi varnostni tokokrogi so izvedeni z ustreznimi, atestiranimi napravami, z deklarirano varnostno kategorijo. V sistem so povezani neodvisno od glavnega krmilnika, direktno v energetske tokokroge regulatorjev. Krmilnik samo detektira stanje varnostnih naprav. Slika 5 prikazuje tipično napravo za zasilno zaustavitev, varnostne kategorije 3 z uporabo Stop ukaza kategorije 1 [5].

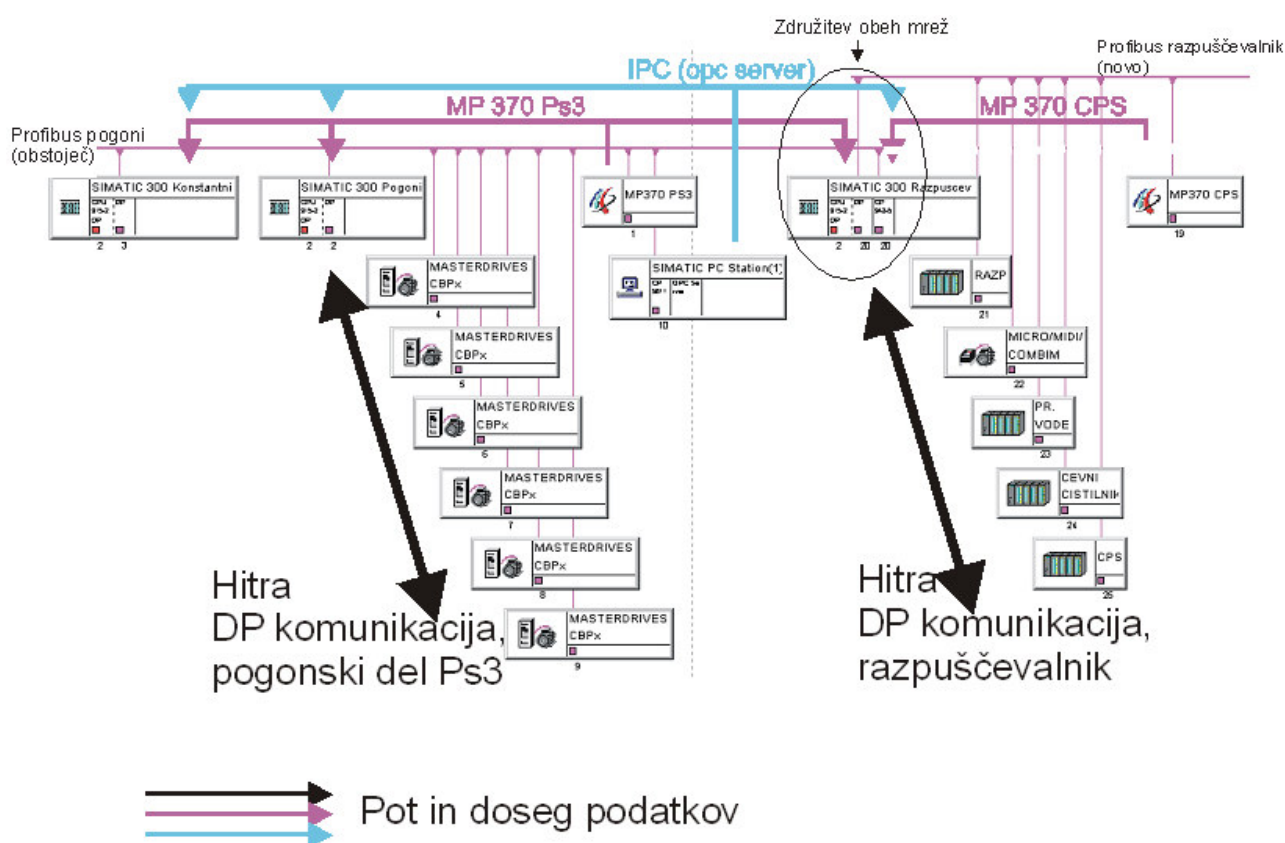


Slika 5: uporaba modula 3TK2827 za zasilni stop

3 ŠIRITEV SISTEMA

V članku opisana rekonstrukcija papirnega stroja se je izvajala v oktobru 2001. V decembru 2002 – januarju 2003 pa je bil kompleten sistem dograjen še s sistemom za razpuščanje odpadkov. K obstoječi PROFIBUS mreži je bila dodana še mreža razpuščevalnika.

Sistem je bil skonfiguriran tako, da obe mreži delujeta neodvisno ena od druge, vendar pa je možen zajem in obdelava podatkov preko operacijskega panela ali OPC serverja iz obeh sistemov hkrati. Slika 6 prikazuje kompletno konfiguracijo obeh PROFIBUS mrež.



Slika 6: kompletna mreža

4 LITERATURA IN VIRI

- [1] *Obstoječa dokumentacija investitorja*, Paloma d.d.
- [2] *Katalog CA 01 10/2002*, Siemens d.o.o., Ljubljana
- [3] *SIMOREG DC Master Application Master/Slave Switchover*, Siemens AG Elektronikwerk Wien P.O. Box 83, A-1211 Vienna, 2000
- [4] M. Rihar, *Vpliv evropske tehnične zakonodaje na implementacijo sistemov za avtomatizacijo procesov v industriji*, Zbornik 2. konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, Maribor 2001
- [5] *Safety Integrated: Application Manual*, Safety Technology, Siemens AG Automation & Drives Postfach 2340, D-91050 Erlangen, 1999
- [*] *Vse fotografije*: Paloma d.d.