

## Zamenjava navijalcev na liniji za ulivanje in valjanje

Darjan Gradišnik  
Zasebni raziskovalec, ATES d.o.o.  
Partizanska 38, Slovenska Bistrica  
[darjan.gradisnik@guest.arnes.si](mailto:darjan.gradisnik@guest.arnes.si)

### REWINDERS REPLACEMENT ON THE CASTING AND ROLLING MILL PLANT

*A part of the plant has to be replaced to attend better speed performance. The replacement of the winder motors has to be done. All necessary parameters have to be recalculated to achieve better speed-tension ratio. Last but not least, the investment has to be refunded in short period with the increased material quality.*

#### 1. UVOD

Na liniji za kontinuirano ulivanje in dvostopenjsko valjanje (topla in hladna valjarna) so hoteli povečati hitrost ulivanja. Le-to je zvezno, saj se testasti material nanaša na neskončni, z grafitom prevlečeni jekleni trak. Hkrati pa to pri vstopni debelini 24mm in izstopni 3,5 mm pomeni spremembo pretočne hitrosti in ustrezno povečanje hitrosti vseh komponent.

Ko so hoteli dvigniti hitrost na obstoječi liniji, je največji problem predstavljala zanka, ki se je pojavila med škarjami in začetkom premične proge, saj je dosegla višino več metrov, pa tudi čas, ko je zanka poniknila, je bil predolg.

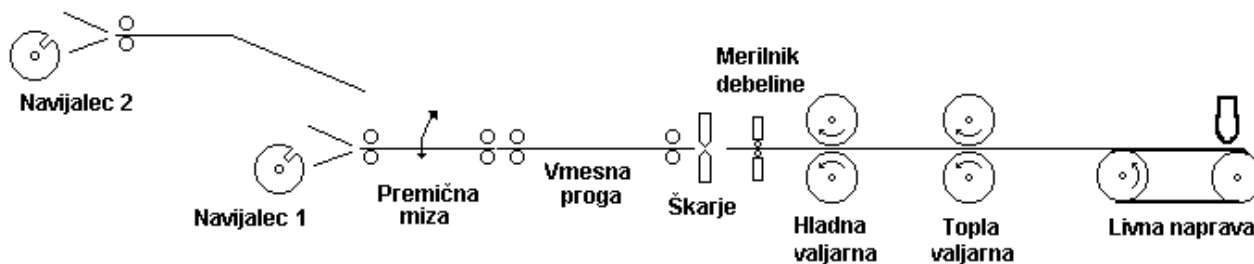
#### 2. PRISTOP

Najprej smo opravili meritve motorjev (na strani za reduktorjem) in ugotovili, da je maksimalna dosežena hitrost cca. 33m/min. Motorja (2) sta imela konstantno vzbujanje. Ko smo testirali vpliv spremembe toka vzbujanja, se je ugotovilo, da se hitrost z zmanjšanjem vzbujalnega toka ne poveča! Zahteve s strani investitorja so bile naslednje:

- možnost doseganja hitrosti valjanja do 40 m/min,
- višina zanke na vmesni progi pri zamenjavi med navijalcema naj ne bi presežala  $h = 1,5$  m,
- prehod materiala naj bo izveden hitro in nesunkovito.

#### 3. IDEJNA REŠITEV

Ker so obstajale omejitve tudi v namestitvenem prostoru, smo se odločili, da skušamo dobiti oblikovno podobne motorje, kot so bili vgrajeni. Pri določanju moči novih motorjev smo izhajali iz moči starih ( $P = 13,6$  kW,  $n = 1920$  o/min). Ker bi se naj hitrosti povečali za faktor 1,4, smo za toliko povečali tudi moč. Na sliki 1 je prikazano zaporedje posameznih komponent.



Slika 1: Razpored livne naprave, tople valjarne, hladne valjarne in obeh navijalcev

Izhajali smo iz enačbe moči:

$$P = F \times \frac{ds}{dt} \text{ oz. } dF \times v \quad (1)$$

Maksimalna moč je potrebna na koncu navijanja, ko je kolut največji (masa maksimalna). Prav tako mora pri menjavi traku iz navijalca 1 na 2 imeti motor dovolj veliko zalogo moči, da hitro preide iz tokovnega v napetostni režim in odmakne material s proge.

Izbrali smo 21 kW DC motor s spremenljivim vzbujanjem (razmerje 1:1,7) in  $n = 2650$  o/min.

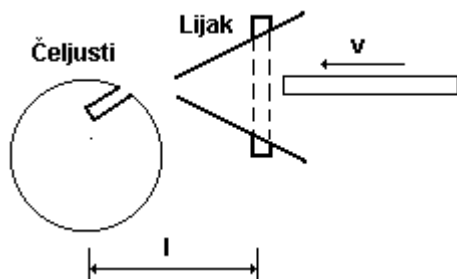
#### 4. OMEJITEV VELIKOSTI ZANKE

Kot smo že omenili, nastane zaradi postopka dela vmesna zanka, kamor se nakopiči material. Zaporedje pri startu navijalcev je naslednje:

- material prestopi svetlobno zaporo
- v tem trenutku je potrebno iz trenutne hitrosti traku in razdalje do vpenjalnih čeljusti izračunati čas  $t_z$ .

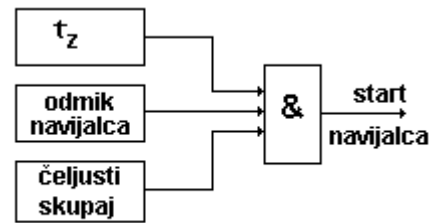
$$t_z = \frac{l}{v_l} \quad (2)$$

To lahko vidimo na sliki 2. Čas je odvisen od linijske hitrosti  $v_l$ , saj je razdalja  $l$  konstanta.



Slika 2: Spremenljivi čas startanja navijalca

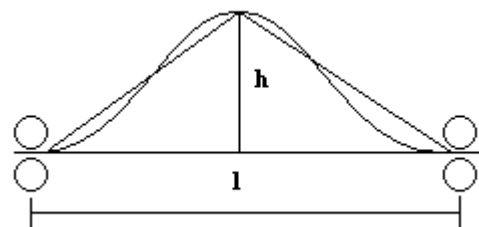
- počakati je potrebno, da se čeljusti zapro in lijak odmakne. Če je že potekel  $t_z$ ,



potem lahko navijalec starta, kar je s funkcijo AND prikazano na sliki 3.

Slika 3: Pogoji za startanje navijalca

V času od prispetja materiala v čeljusti in do takrat, ko navijalec zategne material s predpisano vlečno silo (t.i. natezna sila) se začne med valjčnicami vmesne proge material »nabirati« v zanki. Za oceno višine zanke smo uporabili približek s trikotno funkcijo, saj je bilo potrebno posamezne vplivne čase dovolj dobro oceniti in potem določiti maksimalne vrednosti. Dolžina trikotne funkcije je manjša od dolžine realne oblike, kar pomeni, da je višina realne oblike manjša, kot bomo ocenili! To je prikazano na sliki 4.



Slika 4: Ocenitev višine zanke  $h$  na razdalji  $l$

Zahtevani parametri so bili naslednji:

$$\begin{aligned} h_{max} &= 1,5 \text{ m} \\ v_{max} &= 40 \text{ m/min} \\ l &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$h(t) = \sqrt{(v \cdot t)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2} \quad (3)$$

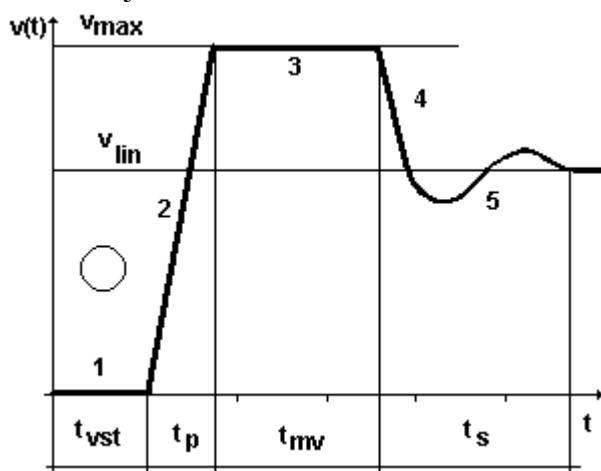
iz tega sledi ocenitev  $t_{max}$ :

$$t_{\max} = \frac{h_{\max}^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}{v_{\max}} \quad (4)$$

Če sedaj vstavimo ustrezne podatke, dobimo ocenjeni čas  $t_{\max} = 5\text{s}$ .

To je tudi čas, po katerem morata biti hitrost navijalca in linijska hitrost enaki.

Oglejmo si sedaj diagram hitrostne karakteristike navijalca v času zagona. Prikazan je na sliki 5.



Slika 5: Posamezni segmenti hitrostne karakteristike

$t_{vst}$  – čas vstopanja materiala

$t_p$  – čas pospeševanja

$t_{mv}$  – čas maksimalne hitrosti

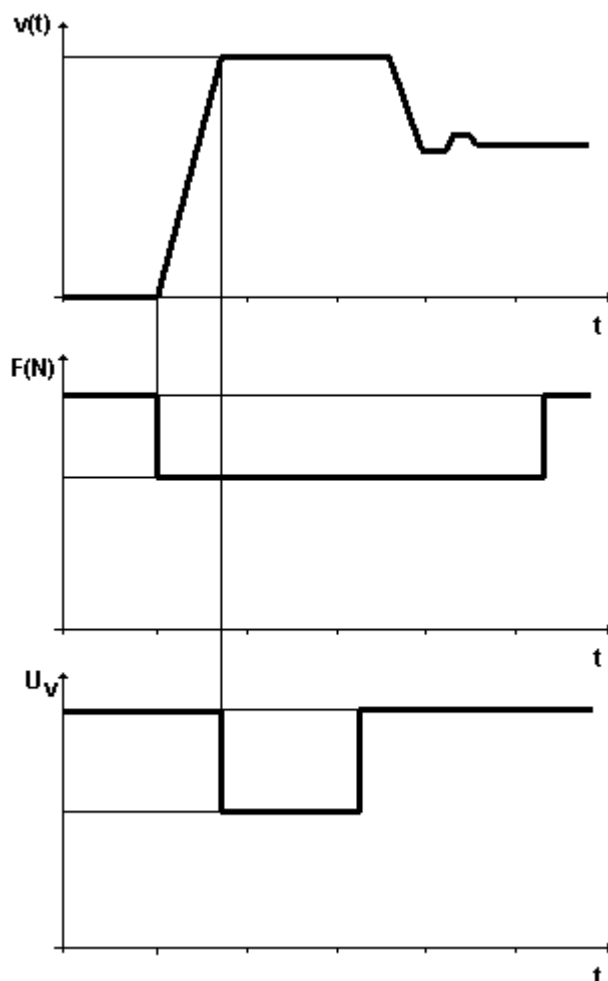
$t_s$  – čas stabilizacije hitrosti

Najprej navijalec stoji, saj čaka na pogoj za zagon, ki je pogojen z hitrostjo materiala, zaprtimi čeljustmi in odmaknjenim uvodnim lijakom. V drugem segmentu hitro pospešujemo do maksimalne hitrosti. Tretji segment je zmanjševanje zanke. Tu deluje regulator v napetostnem načinu. V četrtem segmentu pride do zatega materiala, tok regulatorja se začne večati in zato omejevati na predpisano vrednost. Zanka izgine. Peti segment je področje iznihanja regulatorja, ko zatezna sila najprej popusti material in ga nato zopet zategne. Področje od tod dalje je iz vidika regulacije bolj ali manj stacionarno. Hitrost navijalca se linearno zmanjšuje z

večanjem premera koluta, tok pa ostaja konstanten.

## 5. SPREMINJANJE PARAMETROV REGULACIJSKE PROGE

Povečanje moči in skrajšanje časovnih intervalov sta nalogi, ki si fizikalno nasprotujeta. Vztrajnostni momenti narastejo, regulacijske zanke moramo manj dušiti. Posledica tega je, da dobimo manj stabilno zaprto zanko, zaradi večjih vztrajnosti pa prevelike sile na material in dele stroja. Zaradi tega se je bilo potrebno odločiti za modifikacijo zelene natezne sile ob vpeljevanju. Ugotovili smo, da je potrebno natezno silo prav tako zmanjšati za faktor povečanja moči motorja, torej na 60%.



Slika 6: Modificirane vrednosti natezne sile in vzbujalne napetosti

V diagramih na sliki 6 vidimo, kako sta spremenjena nateg in vzbujačna napetost.

Pri takem spreminjanju oziroma vodenju po želeni vrednosti vidimo, da je v sodobne regulacijske krmilnike zelo enostavno uvesti parametre in spremenljivke, ki niso zvezne.

Ko pa pride do menjave (eden od navijalcev je na maksimalnem premeru), je potrebno v regulaciji upoštevati, da je potrebno le-tega po odrezu materiala pospešiti na maksimalno hitrost, da umakne valjani trak s premičnega dela proge. Takrat je masa navijalca največja, kar smo upoštevali pri dimenzioniranju motorjev.

## 6. ANALIZA ČASOVNIH SEGMENTOV

Kot smo omenili, je bil postavljen  $t_{max} = 5s$ . Sestavljen pa je iz vsote:

$$t_{max} = t_{vst} + t_p + t_{mv} \quad (5)$$

Čas  $t_s$  ne vpliva na višino zanke, je pa pomemben za stabilen prehod v stacionarno stanje.  $T_{mv}$  je čas maksimalne hitrosti, ki bi ga lahko skrajšali s povečanjem maksimalne hitrosti, kar pa ima omejitve.  $T_p$  ima vrednost med 0.7 in 0.8 s, tako da bistveno ne poveča skupnega časa. Vendar je za doseg majhne zanke zelo pomembno, da dosežemo maksimalno hitrost. Nevarnost se pojavi, če je čas pospeševanja krajši od časa, ki je potreben za skrajšanje zanke. Takrat motor v hitrostnem načinu doseže prevelike tokove ob zategu! Najpomembnejše je zmanjšanje časa vstopa –  $t_{vst}$ . To pomeni, da je potrebno odpraviti vse zakasnitve pri hidravličnih pomikih, odmikanju vstopnega lijaka in hitrejšem zapiranju čeljusti. Pri vpeljevanju s čeljustmi ne moremo sinhrono dosegati hitrosti linije, ampak mora navijalec začeti s hitrostjo 0.

## 7. ZAKLJUČEK

Z malce drugačnim pristopom smo nekako zaobšli na začetku postavljene fizikalne omejitve. Tako vodena linija potrebuje bolj strokovno vzdrževanje, saj odstopanje parametrov hitro pripelje do nestabilnih zank. Ker je vpeljevanje materiala hitrejše, je potrebna tudi večja pozornost operaterjev. Mnogokrat slišimo, kako je bil stroj prej, ko je bil ročno voden enostavnejši in ni bilo potrebno toliko znati itd. Operaterji bi se morali zavedati, da je včasih že za obstanek na neke tržnem segmentu potrebno izboljšati kvaliteto, tolerance, hitrosti itd.

Tako rekonstruirana proizvodna linija deluje v podjetju RONDELE d.o.o., ki so sestavni del TALUM d.d. Z dvigom hitrosti celotne linije se lahko produktivnost dvigne za 30%, kar je dobra osnova za nadaljevanje tržnega boja. Uporabljena oprema je OPTO22 distribuirani sistem B3000, programska oprema za prenos iz mikrokontrolerja v poslovni sistem ter vizualizacijo pa je napisana z Visual Basicom, kar je omogočilo dobro prilagoditev na zahteve investitorja. Poudariti je potrebno, da je bila pred tem že izvedena regulacija debeline na hladni valjarni in sta se le dodali dve vhodno izhodni enoti ter delno spremenila programska oprema.

Pri takšnih modernizacijah je potrebno imeti dobro notranje znanje tehnologije. Nivo tega se po mojih izkušnjah v zadnjih letih v podjetjih manjša in so zato pridobitve kljub modernizacijam manjša, kot bi lahko bile.

## 8. LITERATURA

OPTO 22: B 3000 User manual, Temecula, CA 92590-3614

DavyMcKee: Advanced software training, Poole, England

VISUAL BASIC: Uroš Mesojedec, Pasadena