

# Modernizácia pohonov navíjacieho zariadenia na teplej valcovacej trati v U. S. Steel Košice

J. Fetyko  
F. Ďurovský  
E. Hutník  
T. Takáč  
D. Marcin  
M. Jánošík

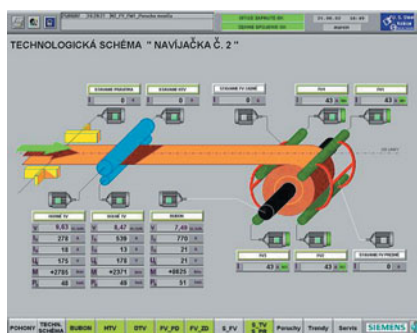
## Úvod

Firma U. S. Steel Košice, s. r. o., postupne modernizuje pohony a riadenie valcovacích tratí. Jednou z takýchto akcií bola modernizácia navíjacieho zariadenia na teplej valcovacej trati s cieľom zvýšiť kvalitu navíjania a spoľahlivosť celého technologického uzla. Autori článku riešili túto úlohu na báze pohonov a riadiacich systémov od firmy Siemens.

Navíjacie zariadenie je súčasťou teplej valcovacej trate a nachádza sa na konci výbehového valníka. Teplý oceľový pás je po opustení poslednej valcovacej stoličky vedený na výbehový valník, kde prechádza sekciou laminárneho chladenia. Po ochladení sa navíja na zvitky v navíjačkách. Aby sa využila kapacita valcovacej trate, je trať vybavená tromi navíjačkami, na ktoré sa vyvalcované pásy striedavo navíjajú.

Technologická schéma navíjačky zobrazená vo vizualizačnom prostredí WinCC je na obr. 1. Navíjacie zariadenie obsahuje regulované pohony pre bubon navíjačky, horný a dolný valec ťažnej stoličky a pohony stavacích mechanizmov. Hlavným pohonom celého uzla je pohon bubna navíjačky. Úlohou ťažných valcov počas navíjania je vytvoriť potrebný ťah v páse voči poslednej valcovacej stoličky. Počas dovíjania, keď už pás opustil poslednú stolicu trate, vytvárajú ťažné valce navíjací ťah v páse v súčinnosti s navíjačkou. Formovacie valce majú dve úlohy. Pri zavádzaní pásu pomáhajú nasmerovať pás do štrbiny bubna navíjačky a pridržať ho v nej, kým sa pás neutiahne. Potom sa roztvoria a pás je navíjaný a formovaný len ťahom navíjačky. Na konci navíjania sa formovacie valce znovu priklonia k zvitku a pridržia voľný koniec pásu. Stavacie mechanizmy sú celkovo štyri a používajú sa na nastavenie štrbiny ťažných valcov podľa hrúbky pásu, nastavenie tzv. vstupných vodiacich pravítok podľa šírky pásu a začiatkovej polohy prednej a zadnej dvojice formovacích valcov podľa hrúbky pásu.

Pôvodné pohony jednotlivých agregátov navíjačky boli riešené na báze jednosmerných cudzobudených motorov napájaných z rekuperačných usmerňovačov firmy ČKD Praha. Regulačné obvody samotných meničov, ako aj nadradená regulácia



Obr. 1 Kinematická schéma navíjacieho zariadenia teplej valcovacej trate

(tzv. centrálny regulátor) boli analógové. Logické riadenie linky zabezpečoval starší logický automat postavený na báze diskretných prvkov.

Príspevok sa zaoberá modernizáciou navíjačky č. 2 v divíznom závode Teplá valcovňa U. S. Steel Košice, s. r. o., ktorú realizovala divízia Riešenia a služby pre priemysel firmy Siemens, s. r. o. Bratislava, pobočka Košice, v spolupráci s Katedrou elektrických pohonov a mechatroniky FEI TU v Košiciach.

## 1. Konceptia pohonov a riadenia navíjačky

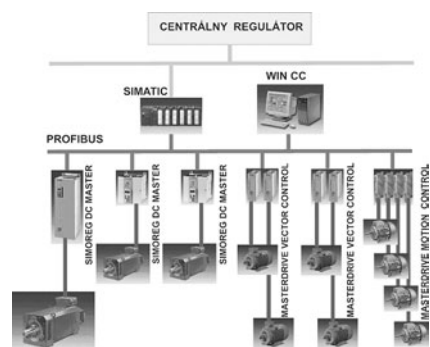
Pri modernizácii sa na základe požiadaviek zákazníka zachovali niektoré prvky pôvodných pohonov: napájacie transformátory a jednosmerné motory bubna navíjačky a ťažných valcov. V týchto pohonoch sa pôvodné usmerňovače nahradili novými typu SIMOREG 6RA70 DCMaster. Pôvodné jednosmerné pohony formovacích valcov sa nahradili striedavými s asynchrónnymi motormi s kotvou nakrátko vybavené meničmi SIMOVERT 6SE70 MasterDrive. Kvôli rekuperácii sa použili tranzistorové usmerňovače tzv. Active Front End (AFE). Pre pohony stavacích mechanizmov sa použili frekvenčné meniče SIMOVERT 6SE70 MotionControl a asynchrónne motory s kotvou nakrátko. Štruktúra zapojenia je uvedená na obr. 2.

Logické riadenie pohonov je sústredené do programovateľného logického automatu (PLC) typu SIMATIC, ktorý okrem riadenia zabezpečuje vizualizáciu jednotlivých pohonov a technologického uzla navíjačky cez WinCC. Komunikácia medzi SIMATIC-om a jednotlivými meničmi sa vykonáva prostredníctvom zbernice Profibus.

SIMATIC prijíma riadiace signály (logické a analógové) z centrálného regulátora navíjačiek, riadiaceho systému valcovacej trate a od operátorov navíjačiek a na ich základe generuje riadiace signály a referenčné hodnoty pre jednotlivé pohony. Zariadenie PLC do systému prinieslo viacero výhod:

- možnosť presnejšieho ošetrenia signálov z centrálného regulátora, vďaka čomu sa zlepšilo správanie sústavy hlavne pri nízkych otáčkach,
- cez vizualizáciu možno meniť niektoré parametre pohonov, napr. priemer ťažných valcov; ťah v páse sa potom nezmení ani po výmene valcov za iné s menším alebo väčším priemerom,
- zlepšila sa on-line diagnostika pohonov a celého technologického uzla; obsluha môže sledovať nielen stav jednotlivých agregátov, ale aj trendy riadených veličín.

Všetky striedavé motory sa nachádzajú v prostredí, kde je reálne nebezpečenstvo mechanického poškodenia pripojených snímačov otáčok. Preto bolo na základe požiadaviek zákazníka pri striedavých meničoch aplikované vektorové riadenie bez použitia snímača otáčok.



Obr. 2 Štruktúra zapojenia pohonov a riadenia navíjacieho zariadenia

## 2. Regulácia pohonov

Referenčné hodnoty regulovaných veličín jednotlivých pohonov zadáva centrálny regulátor navíjačiek, ktorý v súčinnosti s riadiacim systémom valcovacej trate riadi:

- rýchlosť pohonov a ťahový pomer medzi poslednou stolicou trate, ťažnými valcami navíjačky a bubnom navíjačky,
- pracovný režim navíjačky, napr. navíjanie, plazivú rýchlosť po navínutí zvitku, ručné riadenie pri údržbe alebo pri havárii, technologický stop a iné.

Centrálny regulátor zadáva obvodovú rýchlosť pre jednotlivé stroje navíjačky v závislosti od rýchlosti pásu v poslednej valcovej stolici hotového poradia trate. Operátor má možnosť túto rýchlosť korigovať.

Regulácia pásu bubna navíjačky je zabezpečená klasickou nepriamou reguláciou prúdu motora vo funkcii žiadaného ťahu a s kompenzáciou akceleračného momentu

$$I_{ZB} \approx \frac{1}{I_b} \left( F_Z \cdot \frac{D}{2} + J(D) \frac{2}{D} \frac{dv_p}{dt} \right)$$

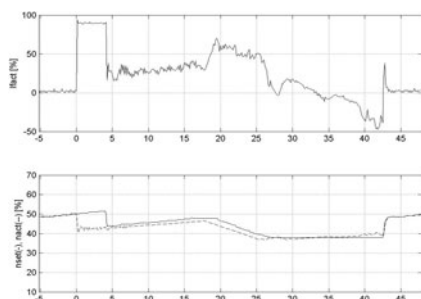
kde žiadaný ťah  $F_Z$  zadáva operátor, rýchlosť pásu  $v_p$  je odvodená od rýchlosti pracovných valcov poslednej stolice a priemeru  $D$  a premenlivý moment zotrvačnosti  $J$  sa vypočítava podľa známych rovníc:

$$D = \frac{2v_p}{\omega_B} \quad \text{a} \quad J(D) = J_0 + \frac{\pi \rho b}{32} (D^4 - D_{\min}^4)$$

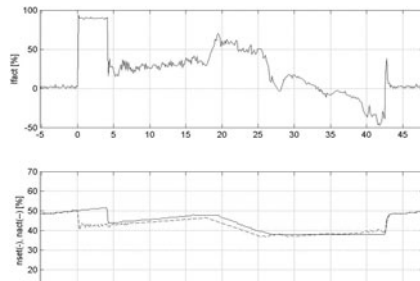
Rýchlosť valcov a ťah navíjačky sú prepočítané a normované na regulačné veličiny pohonov (otáčky, prúd) v SIMATIC-u a vysielané cez zbernicu Profibus na meniče.

### 2.1 Ťažná stolica

Valce ťažnej stolice sú rýchlostne regulované pohony s podradenou reguláciou prúdu a dvojjónovou reguláciou budiaceho prúdu. Regulátor prúdu kotvy používaný v meničoch SIMOREG využíva predkorekciu s paralelným regulátorom typu PI. Uvedené riešenie zabezpečuje rovnakú dynamiku prúdového obvodu v oblasti spojitých aj prerušovaných prúdov. Regulátor rýchlosti je typu P. Priebeh regulovaných veličín pohonu dolného ťažného valca je na obr. 3. Podobný je priebeh regulovaných veličín aj pri hornom ťažnom valci. Ťažné valce sa pred príchodom pásu otáčajú vyššou obvodovou rýchlosťou ako pás. Po zachytení pásu ich rýchlosť vplyvom záťažového poklesu a valce vytvoria ťah úmerný regulačnej odchýlke rýchlosti a zosilneniu regulátora rýchlosti. Príchod začiatku pásu pred bubon navíjačky je indikovaný fotosnímačom, ktorý nuluje prírastok rýchlosti ťažných valcov. Prúd motora poklesne, valce sa otáčajú synchronne s pásom. Potom sa celá trať urýchli zo zavádzacej rýchlosti (8 až 12 m/s) na pracovnú rýchlosť (18 až 22 m/s podľa parametrov pásu) a následne sa spomalí na výbehovú rýchlosť. Po vybehnutí pásu z poslednej stolice valcovej trate je pás brzdený ťažnými valcami a výbehovým valníkom.



Obr.3 Priebeh regulovaných veličín dolného ťažného valca



Obr.4 Priebeh regulovaných veličín bubna

Pohon valca prechádza do generátorového režimu a jeho brzdný prúd narastá, pretože brzdný účinok dopravných valčekov výbehového valníka klesá úmerne skracovaniu dĺžky pásu na valníku. Po vybehnutí pásu z ťažných valcov pohon beží naprázdno.

Činnosť regulácie bubna dokumentuje priebeh regulovaných veličín pohonu na obr. 4. Bubon sa po odobratí zvitku navinutého v predošlom cykle rozbehne na rýchlosť linky po vlastnej rampe pohonu. Počas čakania na pás sleduje žiadanú rýchlosť linky v otáčkovom režime. Po zavedení pásu na bubon otáčky pohonu náhle poklesnú a bubon prejde do ťahového režimu. Regulátor rýchlosti vďaka zvýšenej zadávanej rýchlosti pomocou korekčného koeficientu v centrálnom regulátore je v oblasti nasýtenia a ťah je regulovaný cez obmedzenie žiadostí prúdu pohonu. Začiatok zvitku je navíjaný väčším ťahom a potom ťah poklesne na hodnotu zvolenú operátorom. Pás sa ďalej navíja s konštantným ťahom. Počas navíjania sa trať najprv urýchľuje a následne spomaľuje, otáčky sa vďaka rastúcemu priemeru postupne znižujú a dochádza k nabudeniu motora na menovitú hodnotu budiaceho prúdu. Po navínutí pásu dochádza k rýchlemu brzdeniu bubna so zvitkom. Operátor potom podľa potreby pretáča zvitok plazivou rýchlosťou, aby pred stiahnutím zvitku z bubna nastavil koniec pásu do žiadanej polohy.

### Záver

V prípravnej fáze projektu autori článku vykonali analýzu elektromechanických komponentov riešeného navíjacieho úseku trate, identifikáciu parametrov a návrh regulačných štruktúr. Na nastavenie regulačných obvodov sa využívala aj počítačová simulácia jednotlivých pracovných režimov navíjacieho uzla. Takýto mechatronický prístup k riešeniu úlohy výrazne skrátil čas potrebný na nastavenie regulátorov pri uvádzaní zariadenia do činnosti. Zariadenie bolo modernizované v roku 2002.

### Literatúra

- [1] Firemná dokumentácia Siemens.
- [2] ĎUROVSKÝ, F., FETYKO, J.: SIMOREG 6RA70 DC Master. Školiaca príručka pre špecialistov. Košice, 2002.

[3] FETYKO, J., ĎUROVSKÝ, F., HUTNÍK, E., SLANINA, V.: Návrh a realizácia pohonov navíjačky č. 2 v U. S. Steel Košice, s. r. o., ZoD č. 8/0415/2002 pre Siemens, s. r. o., Bratislava.

[4] FETYKO, J., ČVERČKO, J.: Moderné regulačné štruktúry pohonov teplých širokopásových valcovacích tratí. Zb. konferencie Valcovanie plechov za tepla. Vysoké Tatry, Stará Lesná, 2000, str. 28-1 – 28-10.

Pri riešení tejto práce boli využité niektoré výsledky výskumnej úlohy VEGA 1/9277/02 s názvom Moderné metódy riadenia mechatronických systémov.

43

**doc. Ing. Ján Fetyko, PhD.**  
**Ing. František Ďurovský, PhD.**  
**Ing. Emanuel Hutník, PhD.**

FEI TU v Košiciach

**Ing. Tibor Takáč**  
**Ing. Daniel Marcin,**

Siemens, s. r. o., pobočka Košice

**Ing. Milan Jánošík**

SIPRIN, s. r. o. Bratislava