

# MODELAREA SISTEMULUI DE CONTROL AL TREFILORULUI CU MODUL DE RECOACERE A FIRULUI

**Autor: Cazac Vadim**

**Coordonator științific: Prof. univ. dr. ing. Nuca Ilie**

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat:** *Obiectul de studiu al lucrării se referă la automatizarea și modernizarea mașinii de trefilare cu modul de recoacerea a firelor metalice. S-a propus structura sistemului de control integrat cu controlul scalar al motorului trefilorului, controlul vectorial al motorului mecanismului de bobinat, controlul reglabil al modulului de recoacere. Au fost elaborate modelele matematice ale acționărilor cu motoare asincrone al trefilorului și al mecanismului de bobinare, sistemul de reglare al modulului de recoacere. În baza simulării pe calculator au fost studiate procesele tranzitorii și optimizate reguletoarele sistemului de comandă.*

**Cuvinte cheie:** *trefilare, recoacere, control vectorial.*

## 1. INTRODUCERE

Trefilarea reprezintă metoda principală de prelucrare a firelor electrice, care realizează tragerea prin filiere a firelor metalice cu ajutorul unor mașini speciale de trefilare [1,2]. Obiectul de referință al lucrării se referă la o mașină de trefilare de tip B-24 [3]. Pentru a spori productivitatea și calitatea producției firelor electrice, în conformitate cu cerințele agentului economic [4], s-a impus problema modernizării a acestei mașini de trefilare în baza unui sistem de control integrat.

Scopul lucrării constă în elaborarea modelului matematic și simularea sistemului de control integrat al mașinii de trefilare în timpul accelerării și frânării strungului cu considerarea forței de tensionare a firului și a temperaturii necesare de recoacere a firului.

## 2. MODELUL MATEMATIC AL MAȘINII DE LUCRU

Relațiile reprezentate mai jos (1) reprezintă modelul matematic al mașinii de lucru, formată din ansamblul trefilorului și mecanismului de bobinare, legătura mecanică dintre care se efectuează prin intermediul firului trefilat. [4].

$$\left. \begin{aligned} F_T(S) &= (V_{LM2}(S) - V_{LM1}(S)) \cdot \frac{E_{Cu} \cdot S_{cond.}}{L_k(S)} \\ V_{LM2} &= \omega_{M2}(S) \cdot \frac{R_T(S)}{i_{red.}} \\ \omega_{M2}(S) &= M_{din}(S) \frac{1}{J_{\Sigma}(S)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

unde:  $F_T$ -forța de tensionare;  $V_{LM1}$ -viteza liniară a firului;  $V_{LM2}$ -viteza liniară a tamburului mecanismului de bobinat;  $S_{cond.}$ -secțiunea conductorului;  $L_k$ -lungimea de lucru a strungului;  $R_T$ -raza tamburului;  $E_{Cu}$ -coeficient de elasticitate a cuprului.

## 3. STRUCTURA MAȘINII DE TREFILARE AUTOMATIZATE

Analiza proceselor ce au loc în timpul trefilării și problemele care apar, de exemplu, la ruperea firului în timpul funcționării din cauza unui reglaj neadecvat a temperaturii de recoacere, a impus integrarea într-un sistem unic de control, cu controlul scalar al motorului trefilorului, controlul vectorial al motorului mecanismului de bobinat, controlul reglabil al modulului de recoacere (fig.1).

Schema conține următoarele elemente de baza: 1 - motorul de acționare al trefilorului comandat scalar de convertorul 2, 3 – motorul de acționare al mecanismului de bobinat, 5 - inductorul modulului de recoacere,. Reglarea forței de tensionare se efectuează pe cale directă cu ajutorul traductorului forței de tensionare 8 și a sistemului de reglare automata a forței de tensionare.

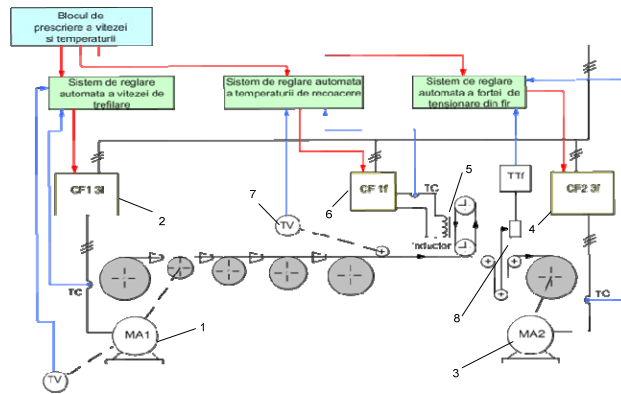


Fig.1 Structura sistemului de control al trefilorului cu modul de recoacere

#### 4. MODELUL MATEMATIC AL SISTEMULUI DE ACȚIONARE AL TREFILORULUI ȘI MODULULUI DE RECOACERE

Modelul matematic al mașinii de trefilare conține modelele modulului de acționare al trefilorului, modulului de acționare a mecanismului de bobinat și a modulului de recoacere. La elaborarea modelului Simulink al modulului de recoacere [6] s-a exclus bucla de corecție a defazajului (sarcina cu caracter activ). Convertorul este aproximat cu un element de gradul întâi, iar partea de forță are la bază următoarea relație:

$$P_{ind} = I_S^2 \cdot R_S$$

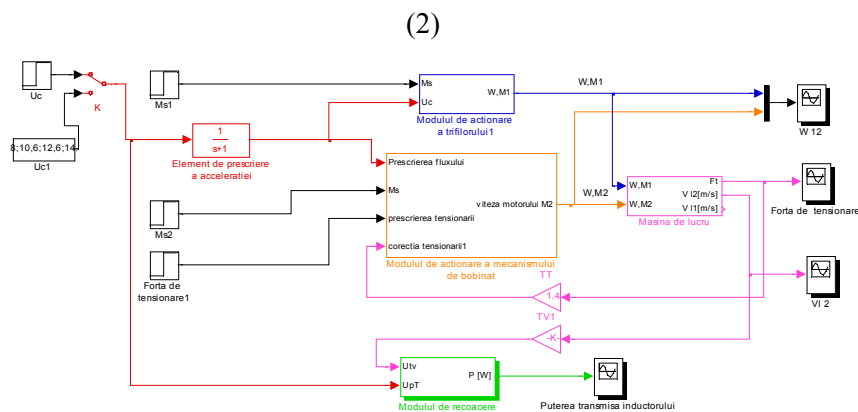


Fig.2 Modelul Simulink al sistemului elaborat [4]

##### 4.1. Modelul Simulink al modulului de acționare al trefilorului

Modelul sistemului de acționare al trefilorului (fig.3) este format din funcția de transfer de gradul întâi a motorului, funcția de transfer a convertorului de frecvență aproximat cu un element aperiodic de gradul întâi și partea mecanică a motorului. [7].

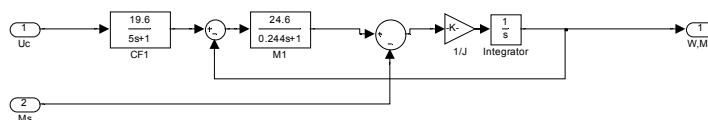


Fig.3 Modelul Simulink al modulului de acționare al trefilorului

##### 4.2 Modelul Simulinc al mașinii de lucru

Modelul Simulink al părții mecanice a ansamblului trefilorului și mecanismului de bobinare (fig.4) a fost elaborat în baza relațiilor (1).

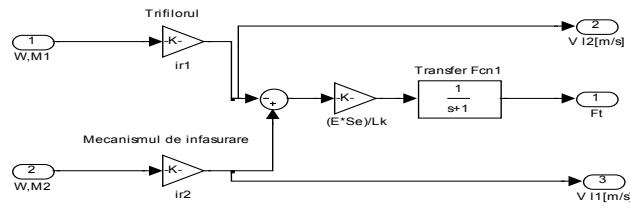


Fig.4 Modelul Simulinc al mașinii de lucru (al triflorului și mecanismul de bobinat)

### 4.3. Modelul Simulink al acțiunii mecanismului de bobinat

Schema de comandă vectorială a motorului mecanismului de bobinat conține canalul de reglare al fluxului magnetic și canalul de reglare a vitezei motorului.

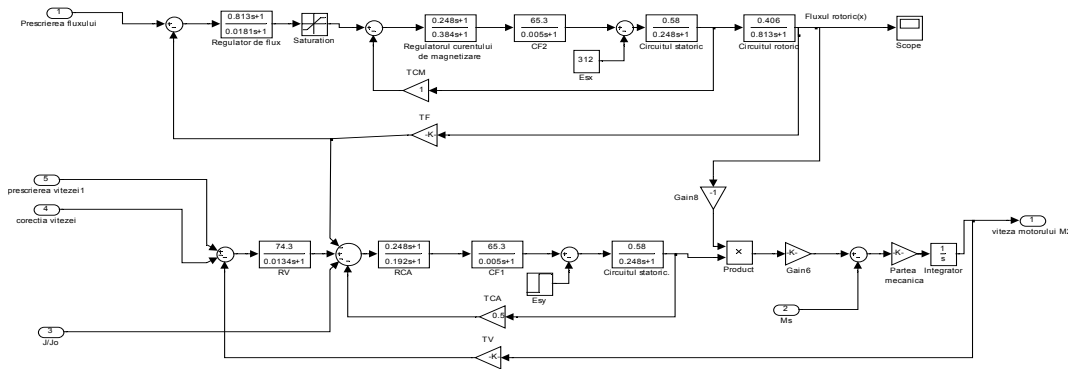


Fig.5. Modelul Simulink al acțiunii mecanismului de bobinat

Canalul fluxului magnetic la un reglaj vectorial conține două bucle de reglare automată: bucla interioară a curentului reactiv de magnetizare  $I_{sx}=I_m$  și bucla exterioară a fluxului de magnetizare. În bucla exterioară este introdus un bloc de limitare a curentului de magnetizare (BLCM).

Canalul de reglare vectorială a vitezei motorului de acționare a tamburului de înfășurare are, conectate în cascadă bucla interioară a curentului statoric activ  $I_{sy}=I_r$  cu regulatorul RCA și bucla exterioară de viteză (RV) și traductorul de viteză și bucla de reacție a forței de tensionare cu traductorul TT..

### 4.4. Modelul Simulink al modului de recoacere

În figura 6 este prezentată schema modelului Simulink a modului de recoacere a firului cu bucla de reacție în funcție de puterea consumată de elementul de inductie.

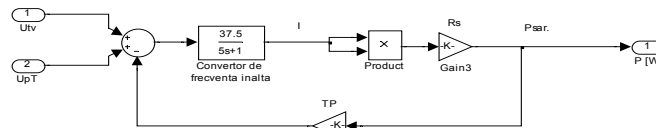


Fig.6 Modelul Simulink al modului de recoacere

Pentru simulare și ajustarea simplificată a reglatoarelor sistemul de acționare cu reacția negativă în funcție de forța de tensionare a firului acționarea mecanismului de bobinare s-a redus la un element de gradul doi (fig.7).

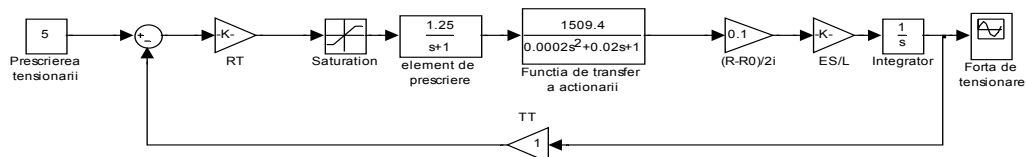


Fig.7. Modelul Simulink al acțiunii cu bucla de reacție în forța de tensionare

## 5. REZULTATELE SIMULĂRII

Conform modelului Simulink din (fig.2) a fost simulat sistemul de trefilare modernizat în scopul cercetării proceselor tranzitorii care au loc în sistem. Din fig.8 și fig.9 se observă, că sistemul de reglare al modului de recoacere asigură puterea necesară a elementului de inducție proporțional cu viteza liniară a firului.

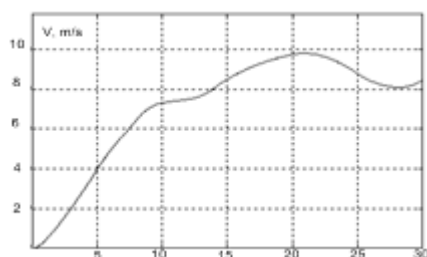


Fig. 8. Variația vitezei liniare a firului

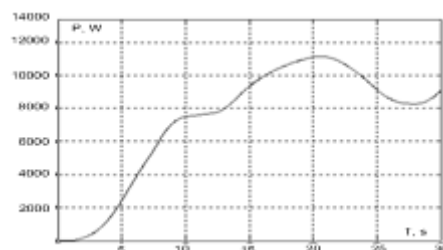


Fig. 9. Dependența puterii modului de recoacere la variație vitezei liniare a firului.

În cazul sistemului de acționarea a mecanismului de bobinare cu circuit deschis se observă un suprareglaj a forței de tensionare (fig.10) care poate duce la ruperea firului. În fig.11 este prezentată dependența forței în regim dinamic la pornire, de unde se observă că suprareglajul a dispărut și se asigură valoarea prescrisă a forței.

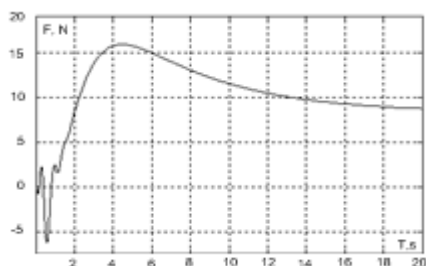


Fig. 10. Forța de tensionare la reglare fără bucla de reacție

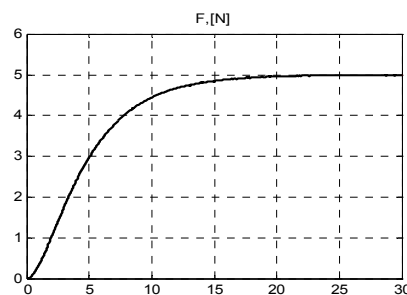


Fig. 11. Variația forței de tensionare la pornirea acționării cu buclă închisă

## 6. CONCLUZII

Valoarea practică a lucrării constă în elaborarea și cercetarea sistemului de control automatizat al mașinii de trefilare care asigură reglarea fină a procesului tehnologic, ridicarea productivității și calității firului, monitorizarea și stocarea informației despre parametrii tehnologici de funcționare a instalației.

În baza funcțiilor de transfer a fost elaborat modelul Simulink al sistemului de reglare automată a forței de tensionare și a fluxului de energie a modului de recoacere în funcție de viteza liniară a firului. Prin simulare pe calculator au fost studiate procesele tranzitorii ale sistemului de control la diferite variații ale semnalului de prescriere și perturbație și optimizate procesele statice și dinamice în raport cu viteza și excluderea oscilațiilor sau suprareglajul parametrului reglat.

## 7. BIBLIOGRAFIE

- [1] Crasilnikov L.A. *Bvolocilscic provolochi*. Moscova, Ed.Metalurgia, 1987. 320 p. (rus)
- [2] R.N. Wright. *Wire technology: process engineering and metallurgy*. Elsevier, 2010.
- [3] *B24 stainless steel wire drawing machine*. <http://factory.dhgate.com/cable-manufacturing>
- [4] *Utilaj pentru producerea cablului*. <http://www.tehelectro-sv.com/index.php>
- [5] Radionov A.A. *Avtomatizirovannii âlectroprivod sovmescennogo prokatno-volocilnogo stana*. Rezumatul tezei de doctorat. Magnitogorsk, 2009. (rus)
- [6] N.Golovanov, I Șora. *Electrotermie și Electrotehologii*. Vol.1 Editura Tehnică București, 1997. 420 p.
- [7] Cazac Vadim. *Sistem de trefilare microprocesoral cu motoare asincrone*. Teză de licență, Chișinău, 2010.