

# ACȚIONAREA LINIEI DE TREFILARE CU MOTOARE ASINCRONE COMANDATE VECTORIAL

Vadim CAZAC

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat :** În această lucrare este analizat din punct de vedere teoretic utilizarea motorului asincron cu rotorul în scurt circuit la acționarea mecanismelor de bobinat la liniile de trefilare a firelor metalice, comandat vectorial prin intermediul convertorului de frecvență. Identificarea metodelor optime de control a motorului asincron trifazat cu rotorul în scurt circuit pentru acționarea acestor tipuri de mecanisme cu utilizarea convertoarelor de frecvență.

**Cuvinte cheie** – trefilare, mecanism de bobinat, comanda vectorială

## 1. Introducere

Scopul lucrării este identificarea metodelor optime de control a motorului asincron trifazat cu rotorul în scurt circuit pentru acționarea mecanismului de bobinat la liniile de trefilare utilizând convertizoare de frecvență.

Procesul de trefilare are loc la o viteză de 50 m/s (în medie 20 - 25 m/s). Forța de trefilare este dezvoltată de către tambururile de tracțiune și forța de frecare care apare la contactul dintre tambur și firul preluat de tambur. Aceasta depinde în mare măsură de coeficientul de frecare în filierele mașinii, Sistemul de acționare al trefilului trebuie să dezvolte puterea necesară pentru depășirea forței de trefilare pentru viteza de lucru prescrisă. Sistemul este format din motorul asincron MA1, convertorul de frecvență CF1 cu control vectorial. Deoarece trefilul nu necesită o acționare cu parametri dinamici ridicați, motorul funcționând fără bucle de reacție.

Sistemul de acționare al bobinatorului asigură viteza și forța de tensionare prescrise pentru excluderea ruperii firului. Din aceste considerente el conține un motor asincron MA2 și un convertor de frecvență cu control vectorial CF2.

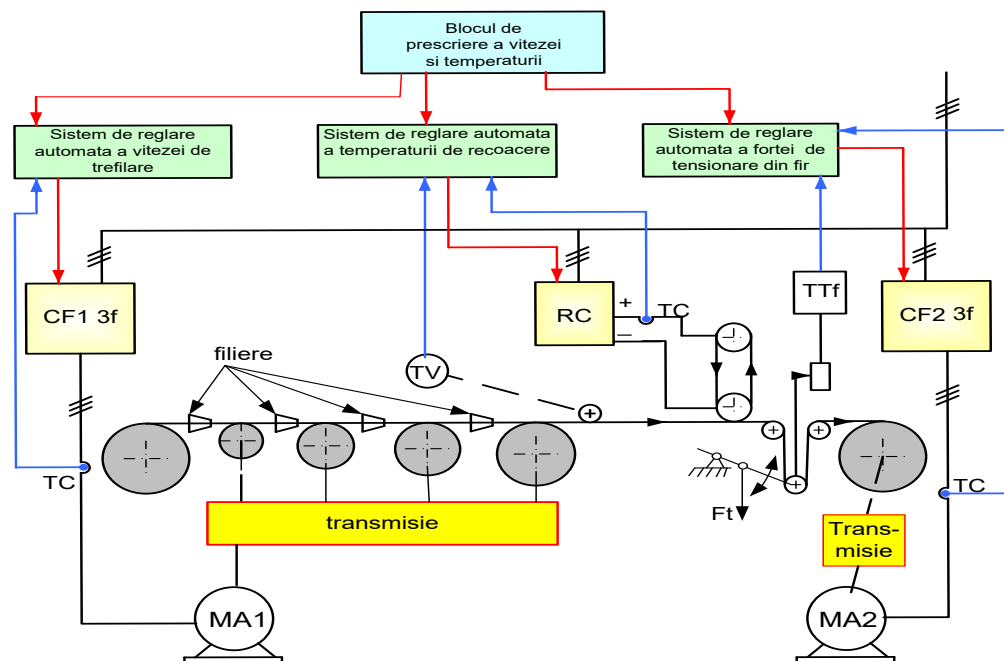


Fig. 1 Schema bloc a părții de forță și comandă a trefilului

## 2. Optimizarea reglării vectoriale a mecanismului de bobinat al liniei de trefilare

Sistemele de comandă a acționărilor de obicei au două regimuri de lucru: regimul de reglare a vitezei motorului; regimul de reglare a tensiunii de tragere și este de bază care trebuie să asigure exactitate la menținerea constantă a tensiunii din fir 3-10% în funcție de destinația acționării. Principal sistemele de reglare a forței de întindere pot fi cu măsurarea directă a tensiunii din fir, sau pe calea modificării unor parametri indirecti.

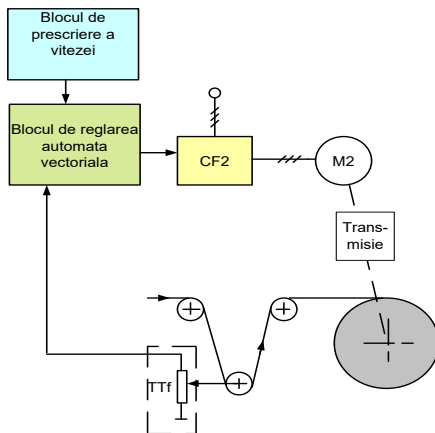


Fig.2 Schema structurală a acționării mecanismului de bobinat

### 2.1 Estimarea diametrului și inerției bobinei

Diametrul bobinei se modifică în timp funcție de viteza liniară a firului

$$R_b = \sqrt{R_0^2 + \frac{d^2}{\pi \cdot L_b} \int V_l dt} \quad (1)$$

Unde:  $R_0$ - raza inițială a bobinei  
 $d$ -Diametrul firului bobinat  
 $L_b$ -lungimea bobinei,m.

Momentul de inerție

$$J = J_0 + \frac{\pi L_b \rho}{2} (R_b^4 - R_0^4) \quad (2)$$

Unde:  $J_0$ -momentul de inerție a bobinei fără fir  
 $\rho$ -densitatea firului luîndduse în calcul si coeficientul de umplere

### 2.2 Modelul matematic al mecanismului de bobinat

Relațiile (3) descriu în regim dinamic comportarea mecanismului de bobinat în funcție de viteza liniară a firului, diametrul bobinei și a momentului de inerție care de asemenea este variabil.

Avînd la bază acest model putem elabora un sistem care ne va asigura stabilitate înaltă a sistemului la viteze ridicate de bobinare realizînd corecții în sistemul de reglare a vitezei bobinatorului prin estimarea razei și momentului de inerție al bobinei cu fir.

$$\left. \begin{aligned} F_T(S) &= (V_{LM2}(S) - V_{LM1}(S)) \cdot \frac{E \cdot S_{cond.}}{L_k(S)} \\ V_{LM2} &= \omega_{M2}(S) \cdot \frac{R_T(S)}{i_{red.}} \\ \omega_{M2}(S) &= M_{din}(S) \frac{1}{J_\Sigma(S)} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

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

### 3. Realizarea practica a acționării trefilorului și mecanismului de bobinat cu convertizoare de frecvență cu controlul direc a forței de tensionare

În fig. 3 este adusă schema care este utilizată la acționarea trefiloarelor din cadrul companiei Tehelctro-SV. În sistemul dat ambele motoare de acționare sunt comandate vectorial, cu reglare vitezei. Prescrierea vitezei motorului trefilorului se realizeaza de catre operator de la pupitru prin intermediul unui potențiomtru, viteza motorului de acționare a bobinatorului este prescrisă de convertorul principal ce acționează motorul trefilorului prin intermediul esirei analogice MO, valoarea acestui semnal depinde de raportul de transmisie dintre viteza liniară a firului la eșirea din trefilor și viteza liniară a firului la bobinator. Ajustarea ulterioară a vitezei de bobinare a firului se realizează cu potențiomtrul conectat la intrarea analogică IS ce indică pozitia brațului de compensare și care de asemenea realizează forța de tensionare din fir cu ajutorul unui piston cu aier comprimat. Acest semnal se utilizează ca semnal de corecție pentru regulatorul PID din interiorul convertizorului care este ajustat confor algoritmului reprezentat în fig.4.

Frînarea liniei în regim de avarie când de exemplu firul la intrarea în trefilor sa încălțit sau sa rup și pentru a exclude ruperea acestuia în filiere sau în instalația de recoacere trebuie efectuată în etape și anume: mai întâi trebuie sa primească comanda de stop de avarie mecanismul de bobinat concomitent cu instalația de prelucrare termică apoi când bobinatorul practic și-a redus viteza la zero să primească comanda și convertizorul ce acționează trefilorul, astfel se va exclude influența momentului de inerție al bobinei cu sîrmă respectiv se va exclude ruperea firului în trefilor și în instalația de recoacere.

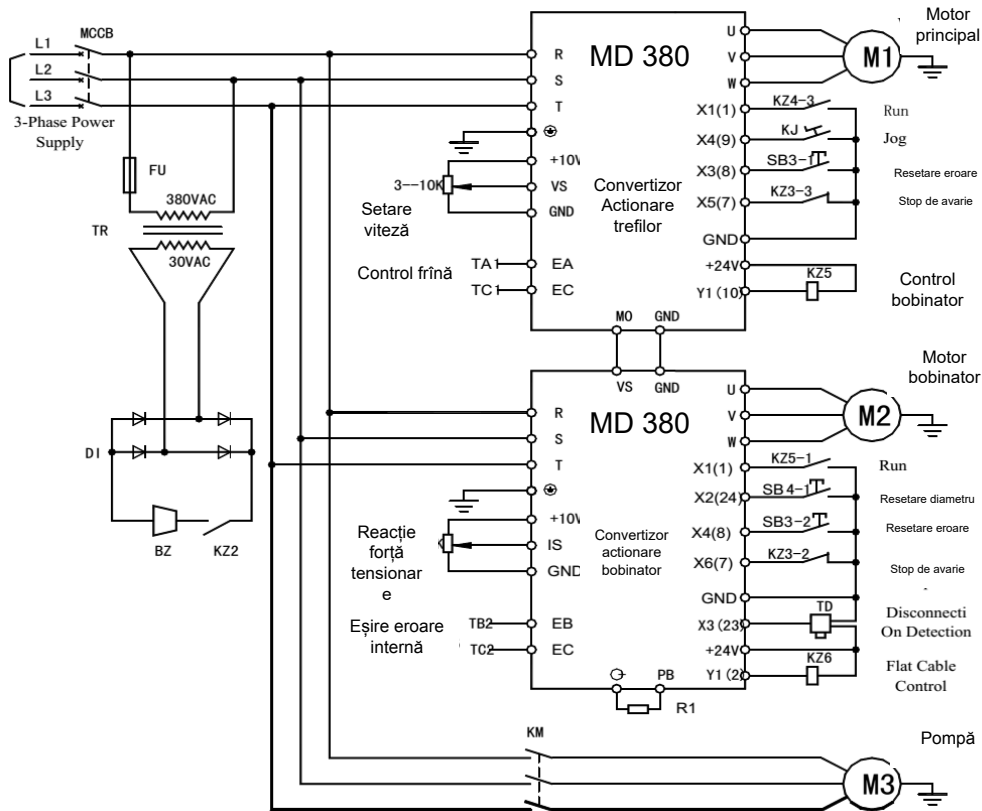


Fig. 3 Schema tipica de comanda a liniei de trefilare cu convertizoare de frecvență

Setarea regulatorului PID la mecanismul de bobinat necesită un calcul destul de exact pentru a asigura o stabilitate bună a sistemului într-un diapazon larg de viteze fără a exclude ruperea firului.

O etapă foarte importantă în ajustarea sistemului este calibrarea semnalelor de comandă și reacție în convertizor setînd limitele maxime și minime ale semnalelor și valoarea lor relativă în procente față de semnalul de bază. Explicativă la această etapă de setare este adusă în fig. 4

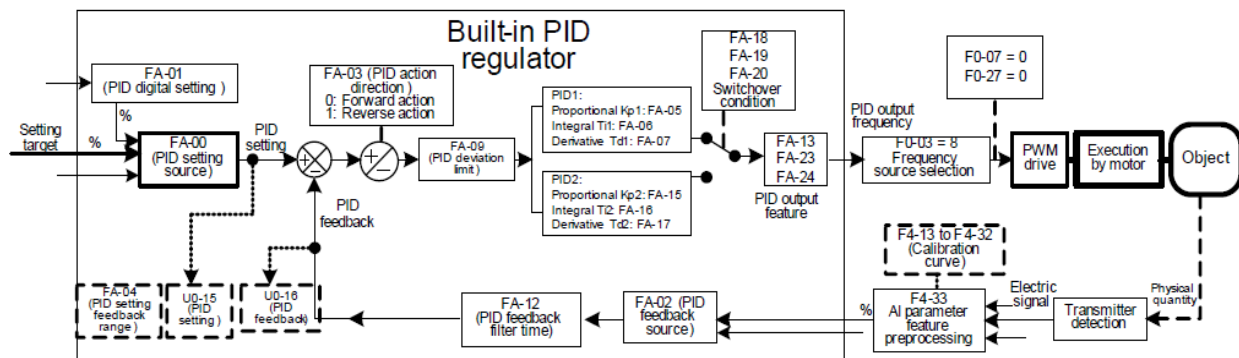


Fig. 4 Setarea regulatorului PID la Convertizoarele de frecvență INOVANCE MD380 utilizate la acționarea linie de trefilare

#### 4. CONCLUZII

Valoarea practică a lucrării constă în cercetarea și implementarea sistemului de control automatizat al mașinii de trefilare și al mecanismului de bobinat ce trebuie să asigure reglarea fină a procesului tehnologic, ridicarea productivității și calității firului.

În baza modelelor matematice a fost elaborat sistemul de reglare automată a forței de tensionare a firului, sunt realizate calculele buclelor de reacție a sistemului identificând funcțiile de transfer și coeficienții acestora.

În baza studiilor efectuate a fost identificată metoda optimă de reglare a bobinatorului cu acționarea efectuată prin intermediul convertorului de frecvență.

Metoda propusă pentru controlul acționării mecanismelor de bobinat a demonstrat o eficiență maximă în urma implementării pe mașina reală și stabilitate în diapazon larg de viteze de funcționare al liniei de trefilare. De asemenea metoda dată a demonstrat stabilitate ridicată în regim de accelerare și decelerare al liniei și oprire fără șocuri mecanice care pot duce la ruperea firului prelucrat.

Cercetările practice la tema dată au fost realizate la compania Tehelectro-SV producător de cabluri și fire electrice.

#### Bibliografie

- [1] S.Kalpakjian, S.Schmid, Manufacturing engineering & technology. Prentice-Hall, 2006.
- [2] R.N. Wright. Wire technology: process engineering and metallurgy. Elsevier, 2010.
- [3] Solutions for your wire drawing machine. [www.automation.siemens.com/.../wire-drawing-machines.aspx](http://www.automation.siemens.com/.../wire-drawing-machines.aspx)
- [4] Wire Drawing Machines and Accessories <http://morgan-koch.com/>
- [5] Drawing technology. <http://www.sampsistemi.com/drawing-technology/13146.html>
- [6] S.Ivanov. Modelare și Simulare-sisteme electromecanice, procese de mediu. Universitaria, Craiova, 2007
- [7] Радионов А.А. Автоматизированный электропривод совмещенного прокатно-волочильного проволочного стана. Автореферат диссертации. Магнитогорск, 2009.