

# DEZVOLTAREA SISTEMULUI EFICIENT DE CONTROL AL ECHIPAMENTELOR TEHNOLOGICE ÎN PRODUCERE A CIMENTULUI

Ion RUSNAC

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa SISRC-211M, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova.

\*Autorul corespondent: Ion Rusnac [ion.rusnac1@mail.ru](mailto:ion.rusnac1@mail.ru)

**Coordonator științific:** Vladimir CICLICCI, conf. univ., dr., Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova

**Rezumat.** A fost efectuată o analiză complexă a sistemului existent de tunuri pneumatice în producere a cimentului și a modului lor de operare și a identificat modalități de îmbunătățire a eficienței acestuia. Au fost elaborat și implementat sistemul de control al echipamentului primar, în baza căruia eficiența procesului a crescut semnificativ. Implementarea acestui sistem a redus la zero toate opririle de echipament, astfel fiind reduse și costurile adiționale.

**Cuvinte cheie:** sisteme Simatic S7, WinCC, WinCC Run Time

## Introducere

Evoluția constantă pe care o trăim astăzi a adus în fiecare segment, domeniu de activitate, industrie, noi necesități, cerințe și, printre acestea, nevoia constantă de a automatiza procesele care anterior erau efectuate de oameni și sisteme electromecanice și acum încorporează chiar și sisteme de inteligență artificială.

În acest sens, uzina de ciment "LAFARGE CIMENT MOLDOVA, S.A", lider pe piața materialelor de construcții, se focusează pe o modernizare impunătoare a procesului tehnologic de producere a cimentului și a utilajelor de automatizare.

Acest proiect a fost ales ca subiect al prezentei lucrări deoarece implementarea lui a adus un aport semnificativ în eficiența și modernizarea echipamentului primar de producere a cimentului, totodată complexitatea acestuia fiind o provocare (în sensul pozitiv al cuvântului) în activitatea mea în cadrul uzinei. Proiectul descris mai jos constă în instalarea unui sistem de tunuri pneumatice care permit evitarea blocajelor de material în echipamentul de producere, mai exact în Cuptorul rotativ, unde se arde mixtul de materie primă și în Turnul de cicloane care joacă rolul unui schimbător de căldură pentru gazele fierbinți din Cuptor și materia primă.

Inițial, echipamentul care prezintă risc de lipituri și respectiv blocare de material a fost dotat cu 30 de tunuri pneumatice care operau în mod haotic și necontrolat de către operatori. Astfel, eficiența lor era evaluată ca una scăzută deoarece problema blocării materialului pe flux era periodic prezentă. În anul 2020, la nivel de uzină a fost setat un obiectiv prioritar și urgent de reducere la minim blocările pe Turnul de Cicloane. A fost efectuată analiza completă a întregului sistem și a fost propusă proiectarea și instalarea a 50 de tunuri pneumatice adiționale, cu un sistem automatizat de comandă la distanță de către operatori din camera de comandă.

## 1. Analiza eficienței sistemului existent de control a echipamentului

Industria de producere a cimentului reprezintă un proces complex care presupune respectarea unei balanțe chimice în ceea ce ține toate tipurile de materii utilizate, fie materii prime din carieră sau combustibilii utilizați la ardere. Una din constrângerile primare în această industrie sunt alcaliile, sulful și clorura: Aporturile excesive ale acestor compuși pot duce la depuneri și blocaje în sistemul cuptorului. Acolo unde acestea nu pot fi captate în clincherul de ciment, sunt necesare sisteme de prevenire a lipiturilor sau sisteme de *by-pass* pentru a elimina excesul de compuși din cuptoarele de preîncălzire/precalcinare (în special pentru uzinele care utilizează combustibil alternativ).

Din acest motiv a fost efectuat o analiză înainte de implementarea a sistemului, sa analizat că tunurile pneumatice care există nu au o eficiență semnificativă, nu pot fi monitorizate și controlate ceea ce a demonstrat necesitatea de implementarea unui nou sistem de comandă pentru a exclude blocările de cicloane și de menține echipamentul primar într-o funcționare continuă.

După analiză și stabilirea designului, capacității și amplasării, următoarea etapă a fost proiectarea sistemului de comandă. Etapa de proiectare include următoarele:

- alegerea controlului necesar cu toate modulele de semnale pentru a efectua legătură cu procesorul central Simatic S7-400 al sistemului de control;
- proiectarea schemelor electronice și montajul electric al fiecărui tun pneumatic separat;
- elaborarea softului în Simatic PCS 7 unde s-a creat și imaginea în timp real al sistemului de comandă.

O analiză comparativă de pierderi de energie termică și electrică până la implementarea sistemului de comandă elaborat este afișată în Tab. 1.

Tabelul 1

**Analiză comparativă de pierderi de energie termică**

Data de blocare	Unde	Durata blocări	Funcționare echipament primar	Gas Natural consumat	Consumul de amestec de combustibil	Energia electrică Apx.5 MW/h
Anul 2019 deplin	Blocare ciclon x7 (x6-1A, x1-1B)	21.2	3235	46379 m3	4138 GJ	105850 kWh
Anul 2020 deplin	Blocare ciclon x11 (x6-1A, x5-1B)	51.9	3677	57267m3	3538 GJ	259550 kW/h
Anul 2021 deplin	Blocare ciclon x6 (x3-1A, x2-1B, x1-2A)	42	2899	51387 m3	1513 GJ	209900 kWh

Pe parcursul anului 2020 echipamentul primar a funcționat 3677 ore cu blocare de cicloane, iar în anul 2021 echipamentul a funcționat 2899 ore cu o stopare, respectiv în acești doi ani au fost suportate pierderile de energie termică și electrică.

## 2. Dezvoltarea sistemului de control a echipamentului primar de producere a cimentului

Pentru dezvoltarea sistemului de comandă a fost necesar de proiectat schema funcțională și algoritmul de funcționare a întregului sistem, unde a fost descris cum decurge transmiterea de semnale de la partea fizică la partea logică. După care a fost necesar proiectarea schemelor electronice a sistemului de comandă, unde a fost specificat componentele folosite și principiul de funcționare a schemelor electrice. În Fig. 1 este prezentat tabloul de comandă și schema electronice în baza controlerului ET 200M.

Au fost elaborate schemele electronice și efectuarea conexiunilor fizice, după care a fost necesar de elaborat programul de logică a tunurilor pneumatice, programul este creat în PCS S7 unde sa elaborat logica de funcționare a fiecărui turn separat sau în grup în dependență cum au fost stabilite grupele de funcționare. Au fost descriși toți pașii pentru a crea un soft de la punctul zero și până la verificare a semnalelor din camera de comandă către tunurile pneumatice, la fel au fost descris principiul de funcționare a blocurilor logice folosite. În Fig. 2 este indicat un exemplu de consecutivitatea a tunurilor pneumatice.

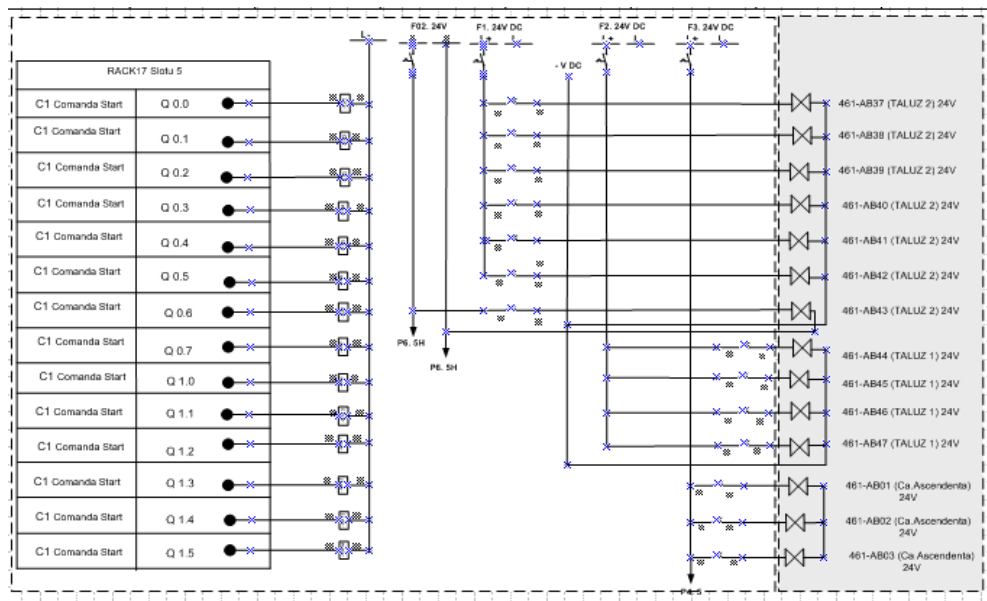


Figura 1. Schema electronică

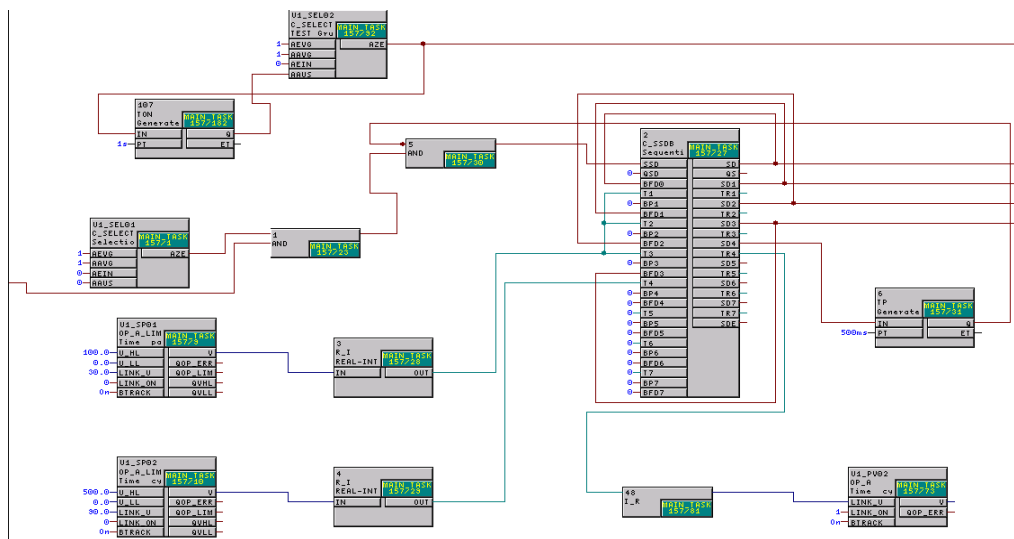


Figura 2. Programarea consecutivității tunurilor pneumatice

După elaborarea softului a fost proiectarea imaginii în WinCC pentru sistemul de comandă, respective a fost descriși pași de crearea unei imagini noi sau a unui nou proiect la fel și etapele de conectarea a semnalelor din baza logică CFC către imaginea de operare.

Fig. 3 reprezintă aspectele reale de funcționare a sistemului în WinCC RunTime, în care se vede că toate grupele sunt selectate, avem disponibilitatea și sunt puse în distanța toate tunurile pneumatice. La fel putem monitoriza timpurile, prezența mesajelor. Aceasta este baza după care se conduc operatorii pentru a urmări funcționarea sistemului de comandă al tunurilor pneumatice.

S-a efectuat calculul fiabilității care ne-a demonstrat îndeplinirea condițiilor stabilite  $P_s(t)=0,961 > P_{s.dat}(t)=0,95$ , ceea ce reprezintă un indicator foarte important deoarece ia în considerare toate condițiile cărora fa fi supus sistemul în perioada de exploatare. În urma calculelor a fost dedus timpul mediu de bună funcționare a sistemului - 3294 ore. La fel a fost calculat coeficientul de garanție, 0.4 ani, care caracterizează perioada de funcționare a sistemului cu menținerea valorii de fiabilitate.



După implementarea și punerea în funcțiune a sistemului de comandă, s-a efectuat o analiză a eficienței sistemului nou. Astfel din Tab. 3 putem observa eficiența înaltă care se definește prin zero opriri de echipament din cauza blocării de material în Turnul de Cicloane. Ca urmare, pierderile financiare la fel au fost reduse la 0.

Tabelul 3

**Pierderi economice înainte și după implementarea sistemului dezvoltat**

Data de blocare	Unde	Durata blocări	Funcționare echipament primar	Gas natural consumat	Consumul de amestec de combustibil	Energia electrică Apx.5MW/h	Total Cost energie electrică și termică (pierderi)
Anul 2019 deplin	Blocare ciclon x11	51.9	3677	57267m <sup>3</sup>	3538 GJ	259550 kW/h	<b>3185783 lei</b>
Anul 2020 deplin	Blocare ciclon x6	42	2899	51387 m <sup>3</sup>	1513 GJ	209900 kW/h	<b>2411392 lei</b>
Anul 2021 deplin	Blocare ciclon x0	0	3555	0 m <sup>3</sup>	0 GJ	0 kW/h	<b>0</b>
Anul 2022 deplin	Blocare ciclon x0	0	534	0 m <sup>3</sup>	0 GJ	0 kW/h	<b>0</b>

**Concluzii**

Au fost realizate schemele electronice sistemului de comandă, descrise principiile de funcționare a schemelor și conectarea comenzilor efectuate cu controlerul ET 200M. Adicional au fost specificate componentele folosite în realizarea schemelor electronice și rolul fiecăruia.

A fost elaborat softul PCS S7, care coordonează cu sistemul de comandă automatizat care se bazează pe funcționarea după timp pauză și timp ciclu a tunurilor pneumatice. Au fost descrise toate etapele necesare pentru crearea și elaborarea proiectului, toate etapele de configurare în Step 7 și o scurtă descriere a elementelor logice folosite în sistemul de comandă.

**Referințe**

1. PLC program SIMATIC STEP7 [citat 10.10.2022].
2. Disponibil:<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/step7-tia-portal.html>
3. Controlerele Simatic S7-400. [citat 10.10.2022]
4. Disponibil:  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-400.htm>
5. Simatic PCS 7. [citat 15.10.2022]
6. Disponibil: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-control/simatic-pcs-7.html>
7. ET 200M și modulele folosite. [citat 20.10.2022]
8. Disponibil: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/5000114>
9. Simatic WinCC. [citat 25.10.2022]
10. Disponibil: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/11841504/how-do-you-integrate-an-existing-wincc-project-into-a-step-7-project-?dti=0&lc=en-WW>