

# METODE DE EFICIENTIZARE AL PROCESELOR TEHNOLOGICE ÎN INSTALAȚIILE USUALE

Adrian ȚURCANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat:** *Lucrarea se referă la echipamentul pentru procesul de producție a cafelei de tip espresso și unele posibilități de a crește eficiența energetică al instalațiile tehnologice uzuale. În urma cercetărilor s-a scos în evidență faptul că o mare parte al consumului de energie, de circa 97%, îi revine sistemului de preparare a apei, care în multe cazuri au un grad de protecție termică insuficient pentru diminuarea pierderilor termice în aceste sisteme. Punerea în aplicare a sistemului de protecție termică precum și implementarea sistemelor de reglare a turațiilor pompelor cu comandă numerică va spori eficiența energetică în procesele tehnologice uzuale.*

**Cuvinte cheie:** *Aparat de cafea, sistem hidraulic, eficiența energetică, transfer termic, control numeric.*

## Introducere

În conformitate cu angajamentele luate de Republica Moldova să atingă obiectivul “20/20/20 către 2020”, care este parte a Comunității Energetice (CnE) din anul 2010 și conform Tratatului CnE (semnat și ratificat) implementarea noilor metode și procedee de sporire al eficienței energetice a devenit nu doar o dorință, dar și o necesitate stringentă. Ca efect al nivelului scăzut de industrializare al Republicii Moldova circa 75% din consumul de energie electrică îi revin consumatorilor casnic, ceea ce denotă importanța și potențialul implementării sistemelor electromecanice cu eficiență energetică majorată. În această ordine de idei cercetarea metodelor de eficientizare al proceselor tehnologice în instalațiile uzuale are o importanță deosebită.

Ca exemplu al unui astfel de instalație tehnologice uzuală poate servi instalațiile de producere al băuturilor din cafea boabe, altfel numite și aparate de cafea. Acest exemplu este binevenit datorită faptului că în cadrul funcționării respectivelor aparate energie electrică consumată de acestea este transformată în alte forme de energii.

În lucrare sunt prezentate cercetările metodelor de eficientizare a consumul de energie electrică în sistemele tehnologice uzuală în cadrul căruia s-a realizat o analiză a consumului de energie în instalațiile menționate mai sus evidențiind sistemele cărora le revin o mare parte din consumul total.

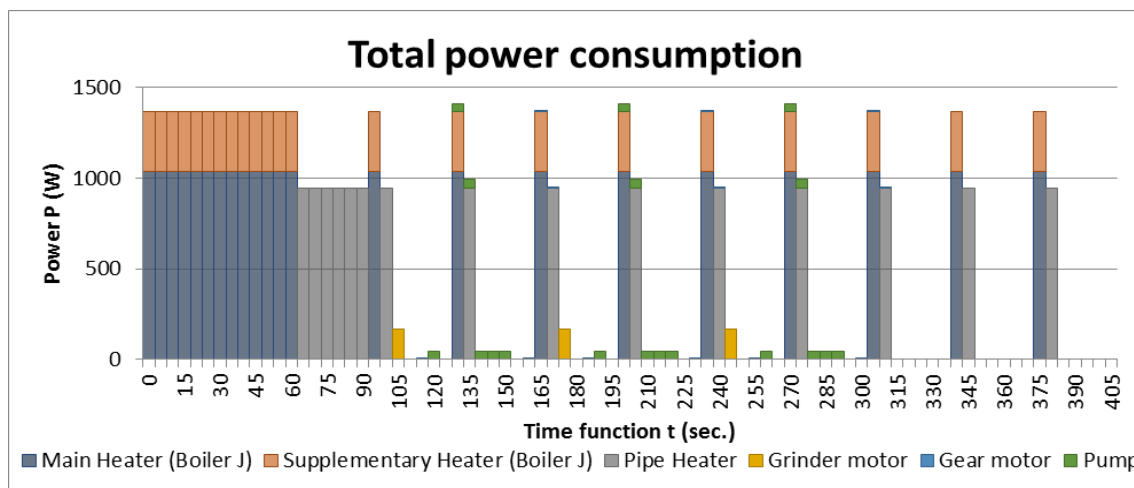
## 1. Evaluarea consumului de energie și structura electromecanică al aparatului de cafea automat

Luând în considerație multitudinea și complicitatea proceselor industriale în care sunt utilizate instalații tehnologice uzuale, vom examina funcționarea și consumul de energie electrică al unui aparat de cafea de tip automatizat în care au loc diverse procese de transformare al energiei dintr-o formă în alte, printre care sunt: râșnirea boabelor de cafea; încălzirea apei; pomparea apei la parametrii necesari procesului de extracție; extracția propriu zisă și aruncarea deșeurilor procesului de extracție. Pentru efectuarea pașilor descriși aparatele de cafea de clasa automat au un șir de subsisteme pentru realizarea acestora cum ar fi: [1]:

- **Sistemul hidraulic** – care schimbă proprietățile lichidului, în cazul respectiv este apa, din parametrii inițiali în apă cu caracteristici necesare pentru procesul în cauză
- **Sistemul de râșnire** – care realizează râșnirea (mărunțirea) boabelor de cafea la fracția necesară;
- **Sistemul de extracție** – care primește materia primă de la sistemele menționate mai sus la parametrii optimi și realizează extracția cafelei prin procesul de percolație și presiune înaltă;
- **Sistemul de comandă** – asigură derularea procesului în conformitate cu cerințele procesului tehnologice.

Pentru evaluarea consumului de energie electrică al respectivei instalații și consumul de energie electrică neuniform pe durata procesului vom face o evaluare al unui proces cu o încărcătură medie al procesului în care for fi incluse toate etapele standard întrun proces de acest tip.

Acest proces presupune realizarea următoarelor etape: încălzirea instalației până le parametrii de lucru; trei procese de extracție; și un timp de pauză de circa 105 secunde Figura 1.



**Figura 1** Histograma distribuției consumului total de energie pentru trei procese de extracție inclusiv și o pauză de 105 sec.

În rezultatul încercărilor și măsurărilor realizate au fost colectate un șir de date cu privire le consumul de energie care au fost incluse în tabelul 1.

**Tabelul 1** Tabelul consumului de energie al aparatului de cafea

ELEMENTELE SISTEMULUI ELECTROMECHANIC	PUTEREA NOMINALĂ, $P_n$ (W)	TIMPUL DE FUNCȚIONARE, $t$ (sec.)	CONSUMUL DE ENERGIE, $E$ (Wh)	CONSUMUL DE ENERGIE, $E$ (%)
1. Încălzitorul principal	1034	105	33,51	49,04
2. Încălzitorul adăugător	330	105	10,69	15,65
3. Încălzitorul tubular	946	75	21,90	32,05
4. Râșnița de cafea	168	15	0,78	1,14
5. Motorul de acționare a unității de preparare	6	60	0,11	0,16
6. Pompa	48	90	1,33	1,95
<b>CONSUMUL TOTAL DE ENERGIE</b>			<b>68,32</b>	<b>100,00</b>

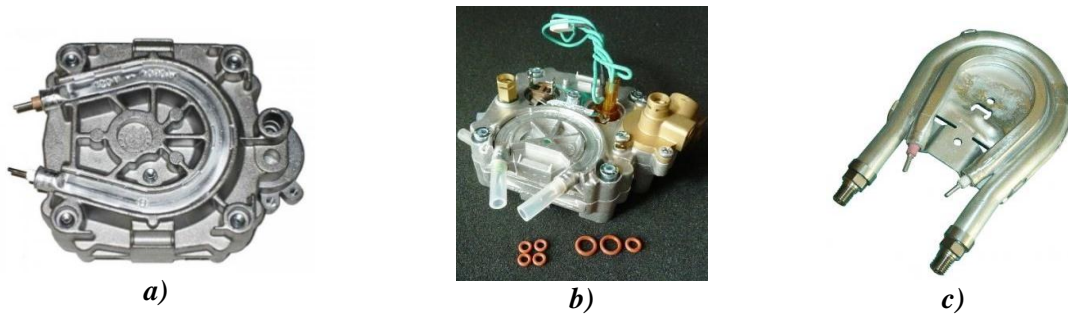
Datele obținute arată că circa 99% din consumul total de energie îi revine sistemului hidraulic, dintre care 97% pentru încălzirea apei și 2% pentru pomparea ei, ceea ce va servi drept temelie pentru concentrarea cercetărilor în vederea eficientizării procesului de extracție a cafelei asupra optimizării funcționării sistemului hidraulic

## 2. Descrierea sistemului hidraulic al aparatului de cafea

După cum s-a menționat mai sus, sistemul hidraulic realizează două funcții foarte importante: de încălzire a apei asigurată de boilere instante și pomparea acestora realizate de pompe de diverse tipuri.

### 2.1. Sistemul de încălzire a apei

În dependență de cantitățile de apă și abur necesare pentru procesul de producere, care este cauzată de frecvența proceselor de extracție, aceste sisteme au mai multe modalități de realizare și principii de funcționare. În cadrul cercetărilor realizată au fost studiate sistemele de încălzire ce se utilizează în instalațiile pentru procese cu o productivitate mică și medie de circa 50-70 extracții pe durata unei zile. Aceste sisteme sunt alcătuite din două elemente de încălzire: boilerul J - pentru încălzirea apei pentru procesul de extracție și a boilerului de tip tubular - pentru încălzirea ulterioară a apei calde în abur. Beneficiile unui astfel de sistem, alcătuit din două încălzitoare, constau în posibilitatea de a ajunge de la stadiul de fabricație al aburului la stadiul de încălzire a apei pentru extracție într-un timp minim (figura 2.). În sistemele care utilizează un singur încălzitor pentru ambele procese de preparare a apei, procesul de tranziție de la un stadiu la altul sunt însoțite de procese tranzitorii de o durată mai îndelungată de până la 15-20 secunde.



**Figura 2** Încălzitoarele instantane ale aparatului de cafea SAECO [5]: *a* – Boilerul J pentru încălzirea apei pentru extracție și livrarea apei fierbinți; *b* – încălzitorul suplimentar al boilerului J; *c* – Boilerul tubular pentru livrarea aburului.

În majoritatea cazurilor aceste încălzitoare nu au izolație termică și sunt expuse în interiorul corpului instalației și fluxul termic de pierderi convective ne fiind nici de cum controlat, care urmează a fi cuantificate în continuarea prezentei cercetări.

## 2.2. Sistemul de pompare a apei

Există o multitudine de pompe pentru utilizarea în sistemele de producere a cafelei, dar cele mai răspândite sunt următoarele două tipuri:

- **Pompă electromagnetice** – care, în mod obișnuit, se găsește în majoritatea aparatelor cu rezervor. În câteva cazuri mici, acestea se găsesc în mașinile de espresso cu o legătură directă cu racordul la apă. Pompele care sunt conectate la o conductă de apă trebuie să aibă o supapă electromagnetice și / sau o supapă de protecție de presiune a apei amplasate înaintea pompei, astfel încât să nu se deterioreze pompa de la presiunea de apă în procesul funcționării, datorită presiunii scăzute a apei de intrare. Selectarea pompei de acest tip se realizează astfel încât parametrii externi ai pompei să asigure parametrii de lucru pentru funcționarea sistemului hidraulic.

- **Ventil rotativ / pompă de deplasare permanentă (pompă cu vane)**- care se găsesc în aparatele de cafea cu conexiune directă la apă. La fel ca și la pompele electromagnetice cu racorduri directe de apă, există câteva excepții în care o pompă rotativă cu vane poate fi găsită într-un aparat de cafea cu rezervor. O pompă de acest tip constă doar din partea hidraulică, care în cele din urmă trebuie cuplată la un motor electric, care de obicei este un motor asincron monofazat. Spre deosebire de pompele electromagnetice, care se selectează exact pentru parametrii necesari sistemului hidraulic, pompele cu vane asigură un debit și o presiune al apei mult mai mare decât este necesari sistemului hidraulic al aparatului de cafea, din aceste motive pompele cu vane sunt dotate cu un ventil de reglaj prin intermediul căruia se setează parametrii externi ai pompei.

## 3. Cercetări numerice

În cadrul cercetării numerice ale sistemelor descrise mai sus vor fi prezentate formulele care au fost utilizate în prezenta cercetare și rezultatele obținute în urma utilizării acestora.

### 3.1. Sistemul de încălzire [8]

Pentru determinarea puterii necesare pentru încălzirea apei (debitul de căldură) au fost utilizate următoarele date inițiale care sunt prezentate în Tabelul 2.

**Tabelul 2** Datele inițiale pentru efectuarea calculelor

$\theta_i = 10^\circ C; \theta_f = 95^\circ C$	Temperaturile inițială și finală al apei;
$\gamma_{ap} = 997 kg / m^3$	Densitatea apei
$c_{ap} = 4180 J / kgC$	Capacitatea termică masică (căldura specifică) al apei
$c_{al} = 900 J / kgC$	Capacitatea termică masică al aluminiului
$q_{ap} = 3,06 \times 10^{-6} m^3 / s$	Debitul apei necesar pentru încălzitor
$m_i = 0,683 kg$	Masa încălzitorului principal

În tabelul de mai jos sunt incluse formulele de calcul al procesului de transfer termic în încălzitorul principal.

**Tabelul 3** Formulele utilizate în calculul procesului de transfer termic

$P_{i.ap} = q_{ap} \cdot c_{ap} \cdot \gamma_{ap} \cdot (\theta_f - \theta_i)$	Puterea necesară pentru încălzirea apei
$\theta_{s.i} = \frac{P_{i.ap}}{m_i \cdot c_{al}} \cdot 60$	Temperatura necesară a suprafeței de încălzit
$\Delta\theta_{s.i} = \frac{P_{i.princ} + P_{i.su}}{m_i \cdot c_{al}} \cdot 60 + \theta_{s.i}$	Pierderile de temperatură prin transfer termic convectiv prin suprafața exterioară al încălzitorului principal

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a obținut următoarele rezultate:

- $\theta_{s.i} = 106^\circ C$  ;
- $\Delta\theta_{s.i} = 37^\circ C = 34,9\%$

Din rezultatele obținute se poate concluziona că pierderile de căldură la procesul de transfer termic de la încălzitor la apă pierderile constituie circa 35%

### Concluzii și recomandări

În rezultatul cercetărilor realizate au fost analizate problemele consumului de energie electrică și sporirii eficienței energetice ale proceselor tehnologice cu utilizarea instalațiilor uzuale și se pot concluziona următoarele:

- Utilizarea izolației termice a componentelor sistemelor de transformare al energiei electrice în energie termică în vederea diminuării pierderilor de energie termică și respectiv, electrică prin pierderile transferului termic convectiv put aduce o economie de până la 35% în procesele respective;
- Implementarea acționărilor electrice reglabile în diverse sisteme și mecanisme cu utilizează motoarele electrice permit eficientizarea instalațiilor de peste 40%;
- În rezultatul implementării schimbărilor descrise mai sus putem spori economia energiei în instalațiilor uzuale, și în special în instalațiile de producere al băuturilor de cafea, de peste 37%. La nivel de o singură instalație această cifră nu pare mare, dar dacă vom încerca să facem un calcul la nivel de localitate sau țară această cifră devine mult mai semnificativă

### Bibliografie

1. Barista Technique: Dose, Distribute, Tamp. Repeat, <https://www.home-barista.com/espresso-guide-dose-distribute-tamp.html>
2. Certified Italian Espresso and Cappuccino. [http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale\\_iniei\\_hq\\_en.pdf](http://www.espressoitaliano.org/files/File/istituzionale_iniei_hq_en.pdf)
3. Dynetic Systems, DC Brushed motors catalogue. MS/MR series, <http://www.dynetic.com/pdfs/Brushed/Section%20A/Dynetic%20Systems%20Catalog.pdf>
4. Ilie Nuca. Modelarea Matematică a Sistemelor Electromecanice, Note de curs. <http://elearning.utm.md/moodle/course/view.php?id=67>
5. Ilie Nuca. Acționări Electrice, Note de curs. <http://elearning.utm.md/moodle/course/view.php?id=68>
6. Hughes A., Electric Motors and Drives. Fundamentals, Types and Applications, third edition, Published by Elsevier Ltd, 2006. 431 pages.
7. Saeco technical support, [www.saeco.co.uk/espresso-machine-support](http://www.saeco.co.uk/espresso-machine-support)
8. D. Montone. How to pick motors for linear motion, Sensing and control technology guide, Harleisville, Pa., p.50-58
9. Bezzera technical support, [http://www.bezzera.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9&Itemid=107&lang=en](http://www.bezzera.it/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=107&lang=en) (accesat 23.06.2014)
10. Adrian Țurcanu, Ilie Nuca, Utilizarea tehnologiilor informaționale în analiza și controlul calității procesului de producție a cafelei „espresso”, ICTEI Proceeding, 5th edition, p. 111-113.
11. Adrian Turcanu, Ilie Nuca, Modernization of the Grinding System of the Automated Coffee Machine, Proceeding CNAE-2014, XXI edition, p 251-262.