

# STUDIUL PRESIUNII ȘI DISTRIBUȚIEI FLUXULUI DE LICHID CALOPOTOR ÎN TERMOGENERATORUL CU MAGNEȚI PERMANENȚI

Octavian MANGOS

Departamentul Inginerie Electrică, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,  
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Octavian Mangos, [octavian.mangos@ie.utm.md](mailto:octavian.mangos@ie.utm.md)

**Rezumat.** Se prezintă rezultatele studiului variației presiunii lichidului caloportor în termogeneratorul cu magneți permanenți și curenți turbionari. S-a utilizat software SOLIDWORKS Flow Simulation pentru determinarea dependenței presiunii lichidului în conducta de admisie a termogeneratorului în funcție de debit și a variației acestuia de la 10 până la 3500 l/h. Rezultatele obținute vor servi pentru proiectarea noilor generatoare termice cu magneți permanenți pentru sistemele de preparare a apei calde menajere folosind energia eoliană.

**Cuvinte cheie:** termogenerator, lichid caloportor, presiunea lichidului funcție debit; simulare; SOLIDWORKS Flow Simulation

## 1. Introducere

Termogeneratorul cu magneți permanenți este un generator termic pentru conversia directă a energiei mecanice generată de un organ de lucru eolian, în energie termică prin intermediul curenților turbionari [1].

Scopul de bază a studiului constă în elaborarea unei noi scheme constructive a generatorului termic cu magneți permanenți pentru producerea energiei termice prin conversia directă a energiei eoliene.

Pentru aceasta au fost elaborate diverse modele constructive ale termogeneratorului cu magneți permanenți pentru studiul fluxului de lichid caloportor prin cămășile termogeneratorului și, în consecință, determinarea unui model constructiv mai eficient din punct de vedere termic și hidraulic. Astfel, s-au realizat simulări utilizând software SOLIDWORKS Flow Simulation pentru determinarea variației presiunii lichidului în conducta de admisie în funcție de debit, ceea ce reprezintă pierderile locale de sarcină hidraulică provocate de așa numitele rezistențe hidraulice, cum ar fi variațiile locale de formă și de dimensiuni ale conductei și canalului în care are loc curgerea. Trecerea lichidului prin aceste modificări de formă, determină apariția unor variații de viteză, variații de impuls, formarea locală de vârtejuri etc. [2].

Studierea, dezvoltarea și implementarea acestor tehnologii ar contribui la îmbunătățirea situației în sectorul rural în ceea ce privește alimentarea cu apă caldă dar și ar conduce la atingerea obiectivelor Republicii Moldova privind valorificarea energiilor regenerabile [3].

## 2. Schema constructivă a generatorului termic

Generatorul termic eolian cu curenți turbionari, conform Fig. 1, conține paharele 1 și 2, care formează cămașa exterioară 12, respectiv interioară 13 a indusului generatorului termic prin care circulă lichidul caloportor. În spațiul format dintre cămășile 12 și 13, Fig. 2, este orientat concentric inductorul 3 al generatorului termic, fiind asigurate întrefierurile 10 și 11, cu o lungime de 1-2 mm. Inductorul 3 este executat din material neferomagnetic, iar în canelurile longitudinale, sunt montați magneții permanenți 4. Lichidul caloportor, Fig. 1, care formează un circuit închis în sistemul de conversie a energiei mecanice în energie termică, intră în cămașa exterioară 12 a generatorului termic prin conducta de admisie 5 și iese din cămașa interioară 13 prin conducta de refulare 6. În același timp, inductorul 3 este montat pe arborele 7, antrenat de motorul 14 și care se rotește liber în rulmenții 8 și 9 fixați în corpul generatorului 15 [1].

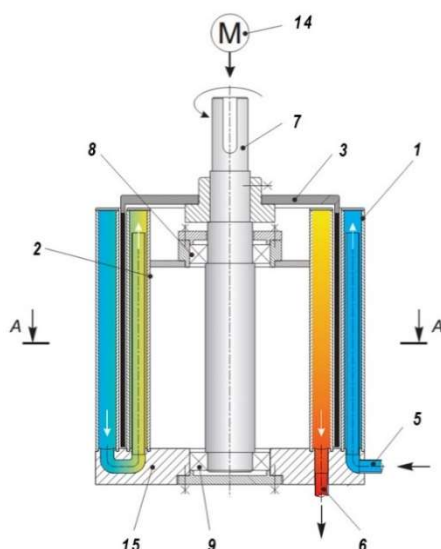


Figura 1. Vederea de ansamblu a generatorului termic în secțiune longitudinală

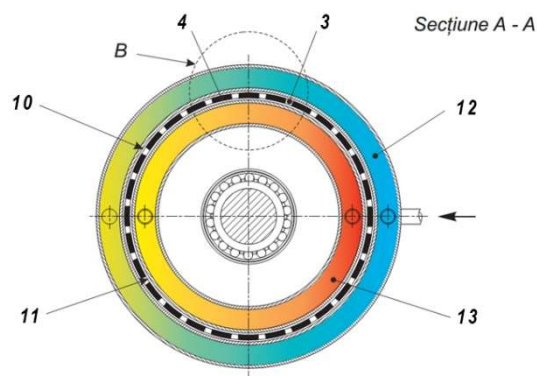


Figura 2. Vederea generatorului termic în secțiune transversală (secțiunea A-A)

Generatorul termic eolian cu curenți turbionari funcționează în felul următor. Motorul 14, care poate fi un organ de lucru eolian, antrenează arborele 7 al generatorului termic pe care este montat inductorul 3. La rotirea inductorului 3 cu magnetii permanenți 4, câmpul magnetic intersectează pereții din material feromagnetic masiv al indusului. Astfel, în paharele 1 și 2 ale cămășilor indusului 12 și 13, Fig. 1 se induc curenți turbionari, are loc încălzirea materialului paharelor 1 și 2 cu care interacționează lichidul caloportor. Așa cum lichidul caloportor, care circulă permanent într-un sistem închis, este admis în cămașa 12 prin conducta de admisie 5, acesta preia o parte din energia termică generată și o transportă consumatorului prin conducta de refulare 6 la ieșirea din cămașa 13 [1].

### 3. Simularea circulației fluxului de lichid caloportor

În contextul studiului propus, s-au elaborat trei modele constructive ale termogeneratorului, descrise în [4], utilizând software SOLIDWORKS pentru analiza circulației fluxului de lichid caloportor. Modelele au aceleași principii constructive și de funcționare descrise mai sus, diferența constă în modul de admisie și circulație a lichidului caloportor prin cămășile termogeneratorului. Software SOLIDWORKS Flow Simulation permite simularea fluxului de lichide sau gaze cu utilizarea modelelor fizice tipice de lichide sau gaze pentru realizarea calculului termice complexe și crearea modelelor hidrodinamice sau gazodinamice și termice ale dispozitivelor tehnice [4].

Simularea fluxului de lichid caloportor prin cămășile termogeneratorului realizată în SOLIDWORKS Flow Simulation are scopul de a analiza fluxul lichidului prin termogenerator și determinarea variației presiunii lichidului caloportor în conducta de admisie în funcție de debit  $P_I(Q)$  pentru fiecare model constructiv.

Datorită frecărilor cu pereții solizi și frecărilor interioare, o parte din energie cinetică a lichidului se transformă ireversibil în căldură, devenind o energie care poartă numele de pierdere hidraulică sau pierderi de sarcină. Respectiv, energia cinetică specifică totală a lichidului scade. Pierderile de sarcină, depind de forma, de rugozitatea peretelui conductei, de viteza de curgere și de vâscozitatea lichidului care curge [2].

Determinarea presiunii necesare în conducta de admisie pentru modelele constructive elaborate, va determina caracteristicile necesare a pompei pentru menținerea unui debit constant al lichidului prin cămășile termogeneratorului.

Analiza circulației fluxului de lichid, s-a realizat pentru următoarele condiții de intrare: temperatura lichidului în conducta de admisie  $T_1=11$  °C, temperatura impusă a cămășilor  $T_0=20$  °C și variația debitului lichidului prin cămășile termogeneratorului de la 10 l/h până la 3500 l/h.

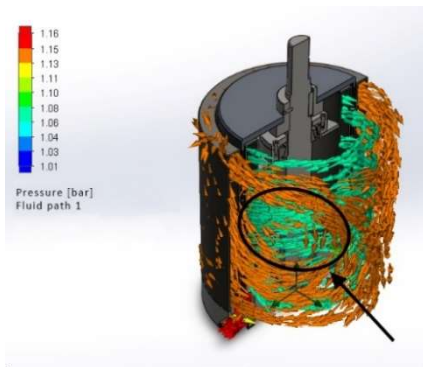


Figura 3. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie directă și cămășile conectate în serie

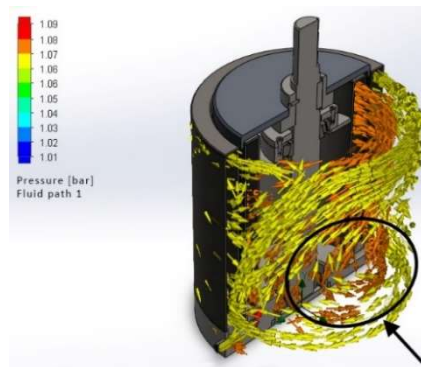


Figura 4. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie directă și cămășile conectate în paralel

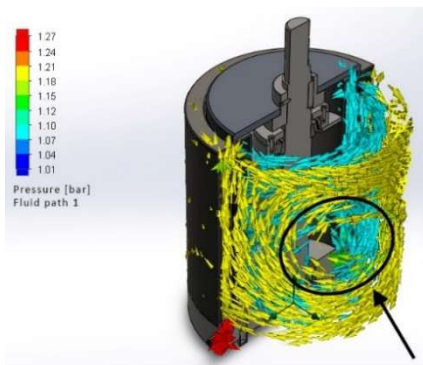


Figura 5. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie directă prin țevă internă cu cămășile conectate în serie

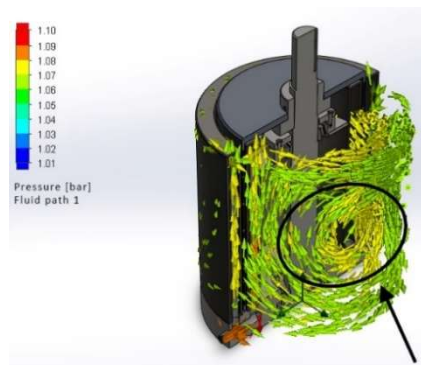


Figura 6. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie directă prin țevă internă cu cămășile conectate în paralel

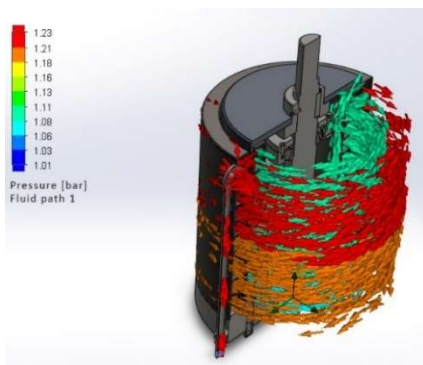


Figura 7. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie direcționată și cămășile conectate în serie

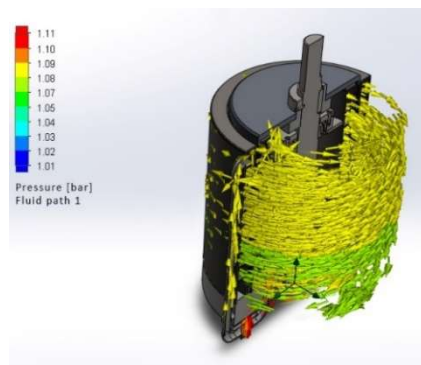


Figura 8. Fluxul de lichid prin termogeneratorul cu admisie direcționată și cămășile conectate în paralel

În Fig. 3-8 sunt prezentate imaginile fluxului de lichid caloportor prin termogenerator, la debitul de **1000 l/h** și presiunea lichidului în termogenerator, pentru fiecare model constructiv.

Conform rezultatelor simulării, pentru modelul constructiv cu admisie directă și modelul cu admisie directă prin țevă internă, la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel, se observă că în cămășile termogeneratorului se formează zone cu circulație redusă a lichidului caloportor, Fig. 3–8 (vezi zonele evidențiate). Privitor la analiza presiunii lichidului în cămăși, se observă că la modelele constructive cu cămășile conectate în serie, presiunea lichidului în cămașa exterioară este mai mare decât în cea interioară și invers, pentru modelele constructive cu cămășile conectate în paralel, presiunea lichidului în cămașa exterioară este mai mică decât în cea interioară. În modelul constructiv cu admisie direcționată, la conectarea cămășilor în paralel, presiunea lichidului prin cămășile termogeneratorului este mai uniformă.

#### 4. Rezultatele simulărilor circulației lichidului caloportor

În Tab.1 sunt prezentate rezultatele simulărilor privind circulația lichidului caloportor prin cămășile termogeneratorului, pentru temperatura impusă a cămășilor interne și externe egală cu  $T_0=20\text{ }^\circ\text{C}$ , temperatura lichidului în conducta de admisie –  $T_1=11\text{ }^\circ\text{C}$  și variația debitului lichidului prin cămășile termogeneratorului de la **10 l/h până la 3500 l/h**.

Conform rezultatelor simulării, caracteristica variației presiunii pentru toate modele constructive, la conectarea cămășilor atât în serie cât și în paralel, are aceeași formă a curbei, care poate caracterizată astfel: la creșterea debitului lichidului prin termogenerator, crește și presiunea în conducta de admisie, Fig. 9. Aceasta reprezintă pierderi de energie ale fluidului produse pe traseul de curgere și sunt datorate frecărilor vâscoase, efectelor de turbulență precum și diverselor elemente hidraulice intercalate pe traseul de curgere, iar energia consumată pentru a învinge aceste rezistențe și pentru a menține un debit constant a lichidului, sunt compensate prin creșterea presiunii lichidului în conducta de admisie.

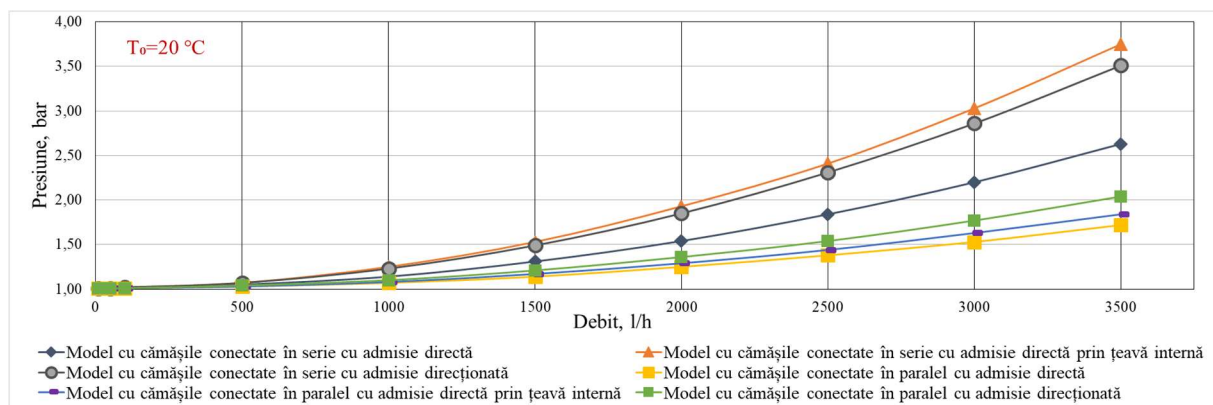
S-a constatat următoarele:

- 1) Conform rezultatelor simulării, se observă că în modelul constructiv cu admisie direcționată, la conectarea cămășilor în paralel, presiunea prin cămășile termogeneratorului se repartizează mai uniform în comparație cu celelalte modele, Fig. 9.
- 2) Pentru un debit constant al lichidului prin cămășile termogeneratorului, la modelul constructiv cu admisie directă cu cămășile conectate în paralel, sunt înregistrate cele mai mici valori ale presiunii în conducta de admisie, Tab.1.

Tabelul 1

**Variația presiunii lichidului caloportor în conducta de admisie în funcție de debit  $P_1(Q)$**

| Presiunea lichidului în conducta de admisie în funcție de debit, la $T_0=20\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_1=11\text{ }^\circ\text{C}$ |                                      |                                      |                         |  |                                      |                         |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| Debit, l/h  | Presiunea $P_1$ , bar                |                                      |                         |  |                                      |                         |
|   | Model cu cămășile conectate în serie |                                      |                         | Model cu cămășile conectate în paralel |                                      |                         |
|   | cu admisie directă                   | cu admisie directă prin țevă internă | cu admisie direcționată | cu admisie directă                     | cu admisie directă prin țevă internă | cu admisie direcționată |
| 10  | 1,01                                 | 1,01                                 | 1,01                    | 1,01                                   | 1,01                                 | 1,01                    |
| 50  | 1,01                                 | 1,01                                 | 1,01                    | 1,01                                   | 1,01                                 | 1,01                    |
| 100   | 1,01                                 | 1,02                                 | 1,02                    | 1,01                                   | 1,01                                 | 1,01                    |
| 500   | 1,05                                 | 1,07                                 | 1,07                    | 1,03                                   | 1,03                                 | 1,04                    |
| 1000  | 1,14                                 | 1,25                                 | 1,23                    | 1,07                                   | 1,08                                 | 1,10                    |
| 1500  | 1,31                                 | 1,53                                 | 1,49                    | 1,14                                   | 1,17                                 | 1,21                    |
| 2000  | 1,54                                 | 1,93                                 | 1,85                    | 1,25                                   | 1,29                                 | 1,36                    |
| 2500  | 1,84                                 | 2,41                                 | 2,31                    | 1,38                                   | 1,44                                 | 1,54                    |
| 3000  | 2,20                                 | 3,03                                 | 2,86                    | 1,53                                   | 1,63                                 | 1,77                    |
| 3500  | 2,63                                 | 3,75                                 | 3,51                    | 1,72                                   | 1,84                                 | 2,04                    |



**Figura 9. Variația presiunii lichidului caloportor în conducta de admisie a termogeneratorului în funcție de debit  $P_1(Q)$**

## Concluzii

S-au realizat simulări pentru determinarea variației presiunii lichidului în conducta de admisie în funcție de debit  $P_1(Q)$  la variația acestuia prin cămășile termogeneratorului de la 10 l/h până la 3500 l/h.

În baza analizei rezultatelor simulărilor s-a constatat că la modelul constructiv al termogeneratorului cu admisie direcționată și cămășile conectate în serie/paralel fluxul de lichid caloportor prin cămășile termogeneratorului este mai uniform, ceea ce determină că suprafața activă de lucru în termogenerator este optimală.

În același timp se observă că pentru modelele constructive cu cămășile conectate în serie, presiunea lichidului în cămașa exterioară este mai mare decât în cea interioară și invers, pentru modelele constructive cu cămășile conectate în paralel, presiunea lichidului în cămașa exterioară este mai mică decât în cea interioară, Fig. 3–8. Aceasta se explică prin faptul că în circulația lichidului apar pierderi de energie specifică din cauza schimbării bruște a secțiunii și direcției de circulație a lichidului în cotul dintre cămăși, ceea ce creează rezistență hidraulică locală.

De menționat că în modelul constructiv cu admisie direcționată, la conectarea cămășilor în paralel, presiunea lichidului este mai uniformă prin cămășile termogeneratorului.

## Mulțumiri

Lucrarea a fost elaborată în cadrul programului de stat 20.80009.7007.10. „Studiul potențialului energetic eolian și solar al Republicii Moldova și elaborarea sistemelor de conversie pentru consumatori dispersați”.

## Referințe

1. Cerere de brevet nr. 6706 din 26.08.20: *Generator termic eolian cu curenți turbionari*. Autori: MANGOS Octavian, CIUPERCĂ Rodion, SOBOR Ion.
2. ȚĂRULESCU R., CRĂCIUN M., *Elemente de mecanica fluidelor și unele aplicații practice*. Editura Universității Transilvania din Brașov, [online], 2009, [accesat 14.02.2022]. ISBN: 978-973-598-665-0 Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/275582338\\_Elemente\\_de\\_mecanica\\_fluidelor\\_si\\_unele\\_aplicatii\\_practice](https://www.researchgate.net/publication/275582338_Elemente_de_mecanica_fluidelor_si_unele_aplicatii_practice).
3. MANGOS O., „*Evaluarea consumului de energie în gospodăria pentru încălzirea apei calde menajere*”. Conferința tehnico - științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, 23 – 25 martie 2021/ Universitatea Tehnică a Moldovei - Chișinău: Tehnica-UTM, 2021 – ISBN 978-9975-45-700-2, Vol. I, pp.146-149, <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/06/Culegere-Vol-I-Conferințelor-UTM-2021.pdf>.
4. MANGOS O., „*Study of the Circulation of Heat Transfer Fluid in the Permanent Magnets Thermogenerator*”. Proceedings of the 13-th International Conference on Electromechanical and Energy Systems SIELMEN-2021. 7-8 October 2021 Iași-Chișinău, ISBN 978-1-6654-0078-7, pp. 538-542.
5. SOBOR I., RACHIER V., CHICIUC A., CIUPERCĂ R., „*Small wind energy system with permanent magnet eddy current heater*”, Bulletin of the polytechnic institute of Iasi, Tome LIX (LXIII), Fasc. 4 2013, [http://www.bulipi-eee.tuiasi.ro/archive/2013/fasc.4/p12\\_-f4\\_2013.pdf](http://www.bulipi-eee.tuiasi.ro/archive/2013/fasc.4/p12_-f4_2013.pdf).
6. SOBOR I., CHICIUC A., CIUPERCĂ R., RACHIER V., „*Conversion of the wind energy into heat*”, Proceedings of the 9 th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN 2013, October 2013, Chisinau, ISBN 978-606-13-1560-4.