



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00880

(22) Data de depozit: 27/10/2017

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN
BRAȘOV, B-DUL EROILOR NR. 29,
BRAȘOV, BV, RO

(72) Inventatori:
• SĂULESCU RADU GABRIEL,
STR. PANSELUȚEI NR. 10, BL. 3, SC. A,
ET. 4, AP. 17, CODLEA, BV, RO;
• NEAGOE MIRCEA, STR. MOLIDLUI
NR. 103, SĂCELE, BV, RO;
• JALIU ILEANA CODRUȚA, BD. VICTORIEI
NR. 10, AP. 43, BRAȘOV, BV, RO

(54) AMPLIFICATOR DE TURAȚIE PLANETAR MONOMOBIL, CU DOUĂ INTRĂRI ȘI DOUĂ IEȘIRI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un amplificator de turație planetar, monomobil, cu două intrări și două ieșiri, destinat integrării, de exemplu, într-un sistem eolian. Amplificatorul conform invenției este format din două roți (1 și 3) dințate centrale, cu dantură exterioară și, respectiv, interioară, solidarizate cu un rotor (2) mobil al unui generator electric contrarotativ și, respectiv, cu un stator (4) mobil al generatorului electric; roțile (1 și 3) sunt puse în mișcare prin intermediul unei roți (5) satelit, solidarizată cu o altă roată (6) satelit, care angrenează cu o roată (7) fixă centrală, cu dantură interioară; roțile (5 și 6) satelit formează un satelit dublu pus în mișcare de un element (8) port-sateliti, solidarizat cu un rotor (9) eolian principal, roata (3) dințată cu dantură interioară fiind solidarizată cu un rotor (10) eolian secundar.

Revendicări: 2
Figuri: 6

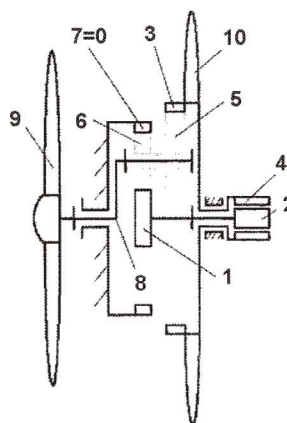


Fig. 1



Nr. int. BPT. 198/09.10.17

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
nr.	a 2017 00880
data depozit	27-10-2017

39

Amplificator de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri

DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la o transmisie mecanică planetară monomobilă cu două intrări și două ieșiri destinată amplificării turației și însumării momentelor, de exemplu, într-un sistem eolian cu două rotoare eoliene contrarotative și un generator electric contrarotativ.

Sunt cunoscute sisteme eoliene cu două sau mai multe rotoare eoliene contrarotative (Maglev twin-turbine wind generator, brevet nr. CN103277243A; Multi-unit rotor blade system integrated wind turbine, brevet nr. US00586181A), care conțin transmisii planetare diferențiale cu roți dințate cilindrice și satelit dublu pentru însumarea mișcărilor de rotație generate de cele două rotoare eoliene contrarotative, „mișcarea sumă” fiind transmisă de la un element suport axe de ieșire la rotorul unui generator electric cu stator fix prin intermediul unui angrenaj conic amplificator de turație. Aceste sisteme eoliene prezintă dezavantajul utilizării unor amplificatoare de turație de complexitate ridicată.

Mai este cunoscut un amplificator de turație cu roți dințate cu o intrare și două ieșiri contrarotative (Wind turbine generator, brevet nr. US4291233), din componența unei turbine cu un rotor eolian și un generator electric contrarotativ, format din două angrenaje conice cu axe fixe care acționează o unitate planetară cilindrică bimobilă cu sateliți simpli. Soluția menționată prezintă dezavantajul unei complexități constructive ridicate și a unui randament redus.

Mai sunt cunoscute turbine eoliene cu două rotoare eoliene contrarotative (Counter rotating generator, brevet nr. US 2006/ 0163963 A1; Jet assisted counter rotating wind turbine, brevet nr. US6127739; Dual-turbine wind power station placed on a vertical axis, brevet nr. WO2013038215A1; Turbină eoliană, brevet nr. RO127313B1; Electrical generator system, brevet nr. US006476513B1), în care un rotor eolian este cuplat direct la rotorul mobil al unui generator de curent electric, iar celălalt rotor eolian este conectat direct la statorul mobil al generatorului. Aceste soluții, fără amplificator de turație, au dezavantajul de a fi utilizate numai în turbine eoliene de puteri mici, care permit funcționarea cu turații ridicate ale rotoarelor eoliene contrarotative pentru a asigura cerința de turație relativ ridicată a generatorul electric.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este creșterea randamentului și a raportului de amplificare al amplificatoarelor mecanice de turație destinate, de exemplu, turbinelor eoliene cu două rotoare eoliene contrarotative și un generator contrarotativ, concomitent cu însumarea momentelor de intrare, în condiții de simplitate constructivă și costuri de fabricație mai reduse.

1
Mach 

Amplificatorul de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri propus *soluționează problema tehnică* printr-o transmisie planetară cilindrică cu sateliți dubli și cu trei roți centrale, din care două roți au dantură interioară și una cu dantură exterioară, în care intrarea principală se realizează printr-un element port-satelit solidar cu un rotor eolian considerat principal, a doua intrare se realizează printr-o roată centrală cu dantură interioară solidară cu un al doilea rotor eolian considerat secundar și cu mișcare de sens opus rotorului eolian principal, iar cele două ieșiri antrenează în sensuri opuse un rotor și un stator din componența unui generator electric contrarotativ, în care turația rotorului este mai mare în valoarea absolută decât turația statorului.

Amplificatorul de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri, *conform invenției*, prezintă următoarele avantaje comparativ cu soluțiile cunoscute:

- a) asigură concomitent la arborele generatorului electric o turație amplificată față de cea a rotorului eolian principal și un moment mai ridicat obținut prin „însurubarea” ponderată a momentelor de intrare generate de cele două rotoare eoliene;
- b) realizează randamente superioare ale amplificatorului contrarotativ și, implicit, puteri mai mari de ieșire pentru aceeași putere de intrare generată de vânt.
- c) randamentul amplificatorului planetar scade nesemnificativ (sub 1%) cu creșterea în limite largi a raportului cinematic de amplificare.
- d) are o complexitate structural-constructivă mai scăzută;
- e) se caracterizează prin construcție robustă și o tehnologie de fabricație nepretențioasă;
- f) poate fi utilizat pentru o gamă largă de puteri ale turbinelor eoliene, cu ax vertical sau orizontal.

Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1, 2, 3, 4, 5 și 6:

- *fig.1*, schemă conceptuală a unui amplificator planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri din componența unei turbine cu două rotoare eoliene contrarotative și generator electric contrarotativ;

- *fig.2*, plan de viteze pentru un amplificator planetar de tipul celui din *fig. 1*;

- *fig. 3*, exemplu de variație a turațiilor de ieșire în funcție de turația rotorului eolian principal, pentru un caz numeric particular al amplificatorului planetar din *fig. 1*;

- *fig. 4*, exemplu de variație a raportului relativ de putere adus de rotorul eolian secundar în funcție de raportul momentelor de intrare;

- *fig. 5*, exemplu de variație a puterii relative de ieșire în funcție de raportul de amplificare, pentru două rapoarte ale momentelor de intrare;

- *fig.6*, exemplu de variație a randamentului amplificatorului planetar în funcție de raportul de amplificare, pentru două rapoarte ale momentelor de intrare.

2
Nacu # 2017

Amplificatorul de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri, *conform invenției*, în legătură cu fig. 1 și 2, conține o roată 1 dințată centrală cu dantură exterioară, solidarizată cu un rotor 2 mobil al unui generator electric contrarotativ, o roată 3 dințată centrală cu dantură interioară, solidarizată cu un stator 4 mobil al generatorului electric contrarotativ, în care rotorul 2 și statorul 4 au rotații de sensuri opuse, iar turația rotorului 2 este mai mare în valoare absolută decât cea a statorului 4. Roțile 1 și 3 centrale sunt puse în mișcare prin intermediul unei roți-satelit 5 solidarizată cu o altă roată-satelit 6 care angrenează cu o roată 7 fixă centrală cu dantură interioară. Roțile-satelit 5 și 6 coaxiale cu dantură exterioară formează un satelit dublu pus în mișcare de un element port-sateliți 8, solidarizat cu un rotor 9 eolian principal, iar roata 3 centrală este solidarizată cu un rotor 10 eolian secundar, permițând “însurarea” ponderată a momentelor generate de cele două rotoare 9 și 10 eoliene. Amplificatorul planetar poate avea doi sau mai mulți sateliți 5-6 dubli montați în paralel.

Amplificatorul 8-1-3-5-6-7 planetar monomobil cu două intrări contrarotative (8-intrare principală solidarizată cu rotorul 9 eolian, 3-intrare secundară solidarizată cu rotorul 10 eolian) și două ieșiri contrarotative (roata 1 solidarizată cu rotorul 2 al generatorului electric, roata 3 solidarizată cu statorul 4 al generatorului) este format prin conectarea în paralel a două unități planetare monomobile UP-I (1-6-7-8) și respectiv UP-II (3-5-6-7-8), având proprietățile:

- are o mișcare de rotație exterioară independentă - mișcarea intrării principale 8, pe care o transmite determinat către celelalte legături exterioare, 1 și 3;
- mișcările de rotație ale celor două intrări 8 și 3 sunt de sens contrar, proprietate asigurată prin sensurile de înclinare opuse ale palelor celor două rotoare 9 și 10 eoliene;
- turația de ieșire la roata 1 este amplificată în raport cu turația independentă a intrării principale 8;
- cele două ieșiri 1 și 3 au mișcări contrarotative și implicit turația relativă a acestora este superioară turației de ieșire la roata 1;
- are o funcție de transmitere a momentelor exterioare, conform căreia momentul mecanic din generatorul electric se obține prin însurarea ponderată a celor două momente de intrare;
- însurază puterile mecanice generate de cele două rotoare eoliene, solidarizate cu intrările mecanismului.

Un amplificator monomobil cu două intrări contrarotative și două ieșiri contrarotative realizează transmiterea determinată a unei mișcări de rotație de la intrarea principală la intrarea secundară cu mișcare de sens contrar intrării principale și la doi arbori de ieșire cu mișcări de sensuri contrare. Amplificatorul cu două intrări și două ieșiri are patru legături exterioare, notate $L = 4$.

Pentru reducerea efectelor inerțiale în regim variabil de funcționare, rotorul 2 ($\equiv 1$) al generatorului electric contrarotativ se rotește cu o turație mai mare în valoare absolută decât cea

3
Nacho H. Yan

a statorului 4 ($\equiv 3 \equiv 10$), așa cum rezultă și din diagrama de viteze din fig. 2 ($\delta_1 > \delta_3$). Energia electrică produsă de un generator electric este direct dependentă de turația relativă a rotorului 2 față de statorul 4.

Un generator electric contrarotativ are asociat un generator electric echivalent cu stator fix obținut prin inversiunea mișcării față de statorul generatorului. Ca urmare, generatorul echivalent este identic cu generatorul contrarotativ, are însă statorul fix și rotorul are o turație $n_{ge} = n_2 - n_4$.

Roțile 1, 3, 5, 6 și 7 pot fi roți dințate sau, în cazul unor sisteme de mică putere, roți de fricțiune.

Pentru exemplificare, se consideră un amplificator planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri, conform invenției, pentru care se cunoaște schema cinematică a exemplului din fig. 1, în care roata i are raza r_i , respectiv elementul 8 are distanța dintre axe r_8 , fig. 2.

Pentru această soluție, conform fig. 1 și 2, se aplică următoarea metodologie de calcul (Miloiu, Gh., Duduță, Fl., Diaconescu D.V. Transmisii mecanice moderne, Ed. Tehnică, 1980):

- calculul vitezei unghiulare ω_8 a elementului de intrare 8, respectiv ω_3 a elementului de intrare 3:

$$\omega_8 = \frac{v_8}{r_8} = \frac{v_8}{r_1 + r_6} = tg\delta_8; \quad \omega_8 = \omega_9;$$

$$\omega_3 = \frac{v_3}{r_3} = -tg\delta_3; \quad \omega_3 = \omega_8 \left(1 - \frac{r_5}{r_3} \cdot \frac{r_7}{r_6} \right) = \omega_8 (1 - i_{0II}); \quad \omega_3 = \omega_{10},$$

în care $i_{0II} = i_{37}^8 = \omega_{38}/\omega_{78}$ este raportul cinematic interior al UP-II.

- calculul raportului cinematic rotor 9 eolian principal – rotor 10 eolian secundar:

$$i_{9-10} = i_{8-3} = \frac{\omega_8}{\omega_3} = -\frac{tg\delta_8}{tg\delta_3};$$

- calculul vitezelor unghiulare ω_1 și ω_3 ale elementelor de ieșire 1 și 3:

$$\omega_1 = \omega_8 \left(1 + \frac{r_7}{r_1} \right) = \omega_8 (1 + i_{0I}); \quad \omega_1 = \frac{v_1}{r_1} = tg\delta_1; \quad \omega_1 = \omega_2; \quad \omega_3 = \omega_{10} = \omega_4$$

în care $i_{0I} = i_{17}^8 = \omega_{18}/\omega_{7H}$ este raportul cinematic interior al UP-I.

- calculul raportului cinematic rotor 9 eolian principal - rotor 2 generator:

$$i_{a9-2} = \frac{\omega_9}{\omega_2} = \frac{\omega_8}{\omega_1} = -\frac{tg\delta_8}{tg\delta_1};$$

- calculul raportului cinematic rotor 10 eolian secundar - stator 4 generator:

$$i_{a10-4} = \frac{\omega_{10}}{\omega_4} = \frac{\omega_3}{\omega_3} = 1;$$

- calculul raportului de amplificare rotor 9 eolian principal - generator echivalent ge:

$$i_{a9-ge} = \frac{\omega_9}{\omega_{ge}} = \frac{\omega_9}{\omega_2 - \omega_4} = \frac{\omega_H}{\omega_1 - \omega_3} = i_{0II} - i_{0I} = \frac{r_5}{r_3} \cdot \frac{r_7}{r_6} + \frac{r_7}{r_1};$$

4


- calculul randamentului transmisiei planetare:

$$\eta = \frac{i_{0II} - i_{0I}}{i_{0II} - i_{0I}} \cdot \frac{1 + k(1 - \overline{i_{0II}})}{1 + k(1 - \overline{i_{0I}})}, \quad k = \frac{T_{10}}{T_9}, \quad \overline{i_{0I}} = i_{0I}(\eta_{16}\eta_{67})^{-1}, \quad \overline{i_{0II}} = i_{0II}\eta_{35}\eta_{67};$$

- calculul puterii relative generată de rotorul 10 eolian secundar:

$$\frac{P_{10}}{P_9} = \frac{T_{10}\omega_{10}}{T_9\omega_9} = k(1 - \overline{i_{0II}});$$

- calculul puterii relative la intrarea în generatorul electric:

$$\frac{P_{ge}}{P_9} = -\frac{T_{ge}\omega_{ge}}{T_9\omega_9} = -\frac{(1 - i_{0I})(1 + k(1 - \overline{i_{0II}}))}{1 - \overline{i_{0I}}}, \quad T_{ge} = T_2 = -T_4, \quad \omega_{ge} = \omega_2 - \omega_4.$$

- calculul turației generatorului echivalent:

$$n_{ge} = n_{RG} - n_{SG},$$

în care $\omega_i, i=1,2,3,4,8,9,10$ reprezintă viteza unghiulară absolută a elementului i ; v_1, v_3 – viteza liniară absolută periferică a roților **1** și, respectiv, **3**; v_8 – viteza liniară absolută a elementul **8** pentru un punct de pe axa de rotație a satelitului 5-6; $\delta_1, \delta_3, \delta_8$ – unghiuri definite conform fig. 2; T_j reprezintă momentul de torsiune pe elementul j , $P_j = T_j \cdot \omega_j$ - puterea mecanică la elementul j , $j=9,10,2,4$; $n_x = 30\omega_x / \pi$, $x = ge, 2, 4$; η_{xy} - randamentul angrenajului cu axe fixe format de roțile x și y .

În continuare se prezintă un exemplu numeric pentru o turbină eoliană cu un amplificator de turație planetar monomobil, conform invenției (fig. 1), având rapoartele cinematice interioare: $i_{0I} = -8$, $i_{0II} = 2$ și randamentul unui angrenaj cilindric cu axe fixe $\eta_{ang} = 0,95$, obținându-se astfel $i_a = 10$ și $\eta_{0I} = \eta_{0II} = 0,9025$. Turațiile rotorului n_2 și statorului n_4 ale generatorului pot fi stabilite cu ajutorul nomogramelor din fig. 3, în funcție de turația n_9 a rotorului 9 eolian principal. Conform fig. 3, la o turație de pornire a turbinei eoliene $n_9 = 150$ rpm (rotații pe minut) se obține o turație a generatorului echivalent $n_{ge} = 1650$ rpm. Comparativ cu această soluție, o un sistem eolian similar care utilizează însă un generator clasic având statorul fix (roata 3 este decuplată de la statorul 4, $n_4 = 0$, amplificatorul planetar are în acest caz 3 legături exterioare $L=3$) realizează o turație a generatorului mai mică, $n_G = 1500$ rpm (fig. 3). Aportul de putere adus de rotorul 10 eolian secundar variază liniar între 0 și 1 în raport cu puterea generată de rotorul 9 eolian principal (fig. 4) pentru $0 \leq |k| \leq 1$ ($k = T_{10}/T_9$), rezultând o putere mecanică la intrare în generatorul electric P_g ce variază între 0,93 și 1,69 P_9 (fig. 5). Pentru valorile extreme ale raportului k al momentelor de intrare se obțin următoarele randamente $\eta_{a(k=-1)} = 0,845$ și $\eta_{a(k=0)} = 0,937$ pentru $i_a = 10$. (fig. 6).

5
 Macha H 2017

Varianta $k = 0$ corespunde unei turbine eoliene cu un rotor eolian (rotorul principal), având o intrare **8 (9)** și două ieșiri **1 (\equiv 2)** și **3 (\equiv 4)**. În fig. 5 și 6 sunt evidențiate efectele intrării în funcțiune a celui de-al doilea rotor eolian ($k \neq 0$) comparativ cu cazul funcționării unui singur rotor eolian ($k = 0$), respectiv efectele considerării a două rotoare eoliene cu o ieșire ($L=3$ – generator clasic cu stator fix) sau cu două ieșiri ($L=4$ – generator contrarotativ). Conform rezultatelor din fig. 4, 5 și 6, prin conectarea unui rotor eolian secundar sau a unui generator contrarotativ la un amplificator planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri rezultă următoarele proprietăți:

- 1) aportul suplimentar de putere adus de rotorul **10** eolian crește proporțional cu raportul k al momentelor de intrare, fig. 4.
- 2) sistem eolian contrarotativ monomobil, conform invenției, asigură o creștere majoră a puterii utile la generator (în funcție de raportul cinematic interior i_{011}) față de varianta echivalentă cu o intrare și o ieșire ($L=3, k=0$) (fig. 5).
- 3) randamentul amplificatorului planetar, conform invenției, scade relativ nesemnificativ cu creșterea raportului de amplificare și scade odată cu creșterea momentului introdus de al doilea rotor eolian (fig. 6).

6
Kocher H. 2017

REVENDICĂRI

1. Amplificator de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri, *conform invenției*, cu intrări contrarotative și ieșiri contrarotative care permit simultan obținerea unor viteze relative dintre ieșiri superioare vitezelor de intrare și respectiv însumarea ponderată a momentelor de intrare și implicit a puterilor de intrare, rezultând o putere mecanică de ieșire cu până la 80% mai mare față de cazul cu o singură intrare, care poate fi utilizat de exemplu într-un sistem eolian cu două rotoare (9 și 10) eoliene contrarotative conectate la intrări și un generator electric contrarotativ cu un rotor (2) și un stator (4) mobile conectate la ieșiri, *caracterizat prin aceea că* este format dintr-un element (8) port-satețiți cu rol de intrare principală, care pune în mișcare doi sau mai mulți satețiți dubli, montați în paralel, formați din câte două roți (5) și (6) dințate coaxiale cu dantură exterioară, solidarizate între ele și articulate cu o cuplă de rotație pe elementul (8), în care roata (6) de satelit angrenează simultan cu o roată (7) dințată centrală fixă cu dantură interioară și cu o roată (1) dințată centrală cu dantură exterioară reprezentând una dintre ieșiri, în care roata (5) de satelit angrenează cu o roată (3) dințată centrală cu dantură interioară cu rol simultan de intrare secundară și de a doua ieșire, având o turație mai mică și de sens opus turației roții (1).
2. Amplificator de turație planetar monomobil cu două intrări și două ieșiri, *conform revendicării 1*, *caracterizat prin aceea că* roțile transmisiei planetare pot fi roți de fricțiune în cazul unor sisteme eoliene de mică putere.



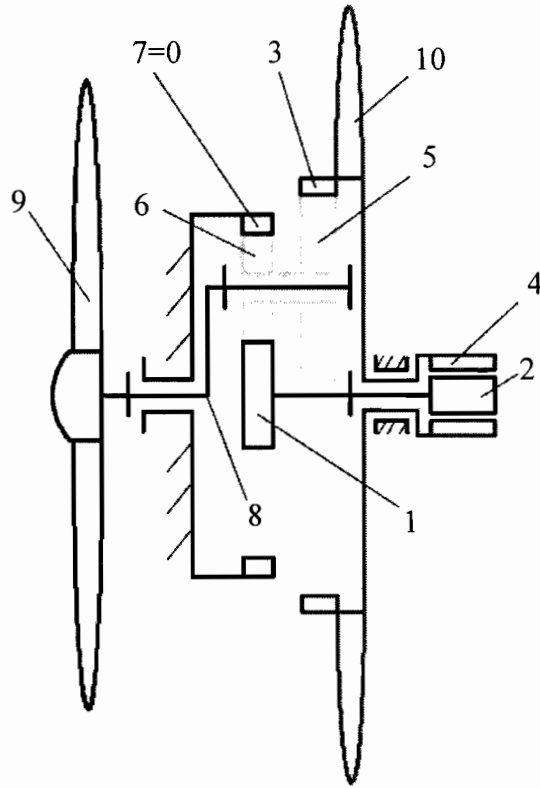


Fig. 1

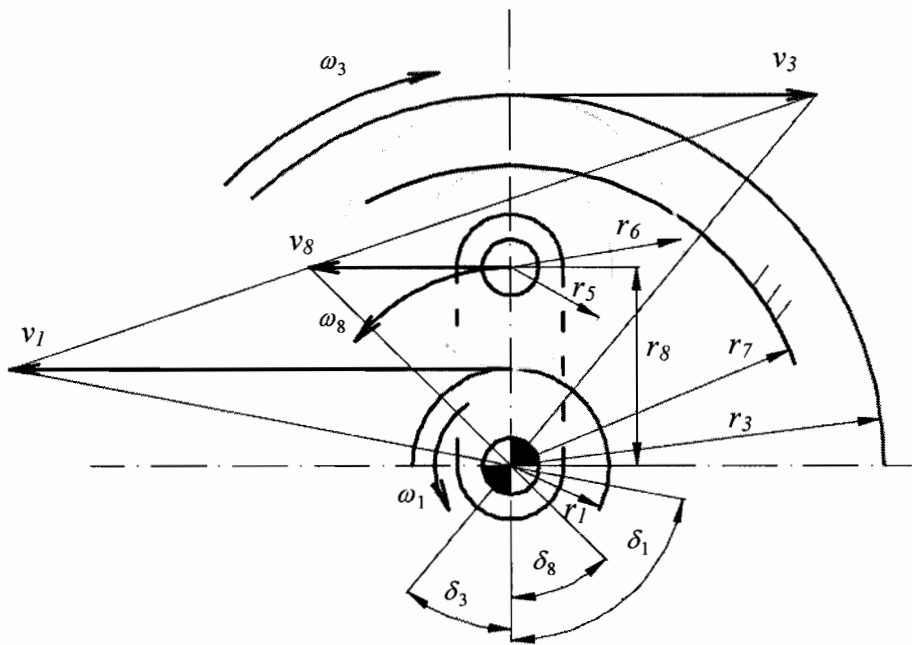


Fig. 2

8
Kachan [Signature]

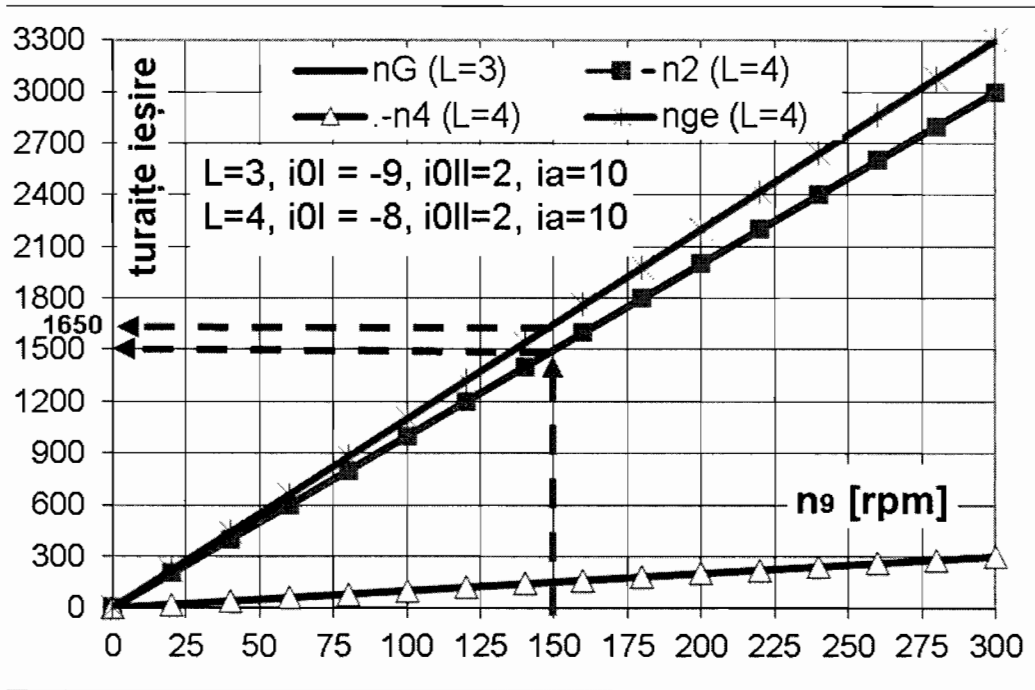


Fig. 3

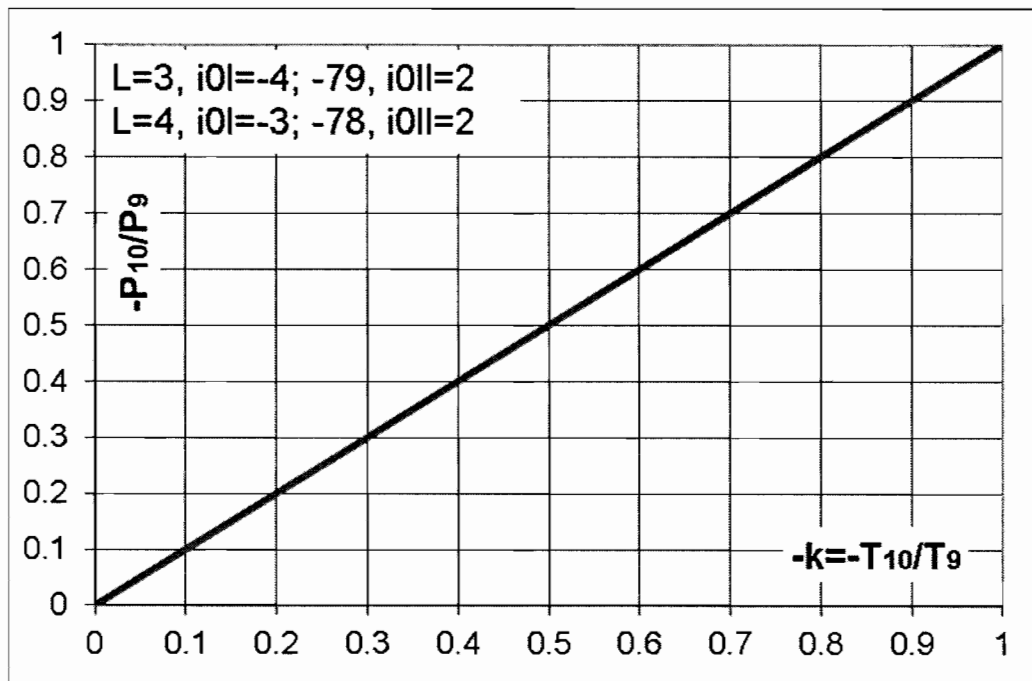


Fig. 4

Handwritten signature and date:
 Machi 9 Oct 2017

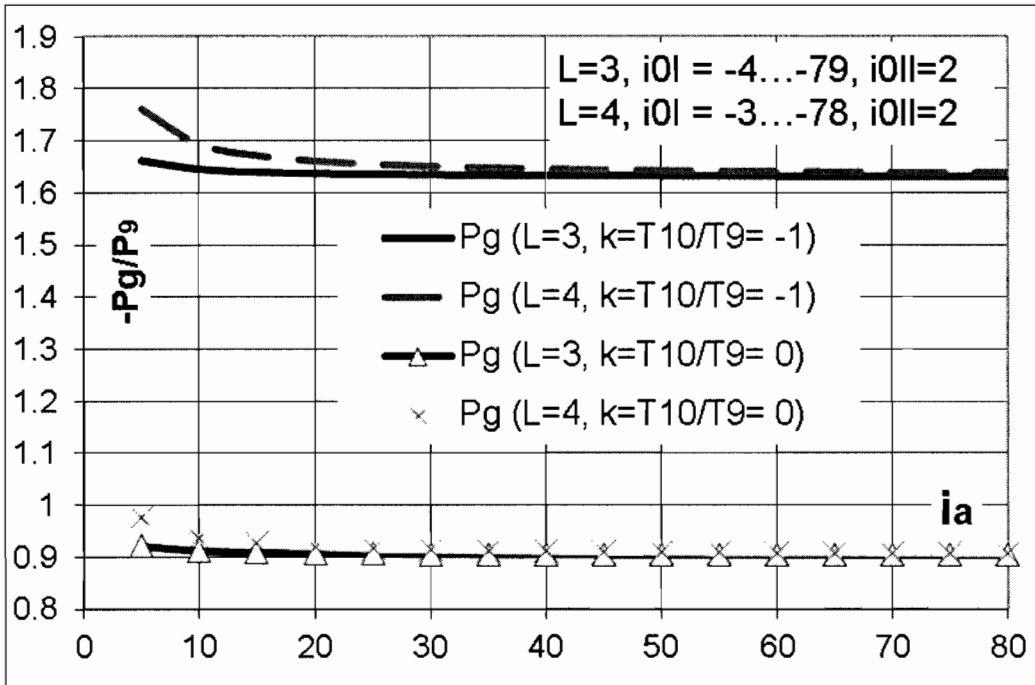


Fig. 5

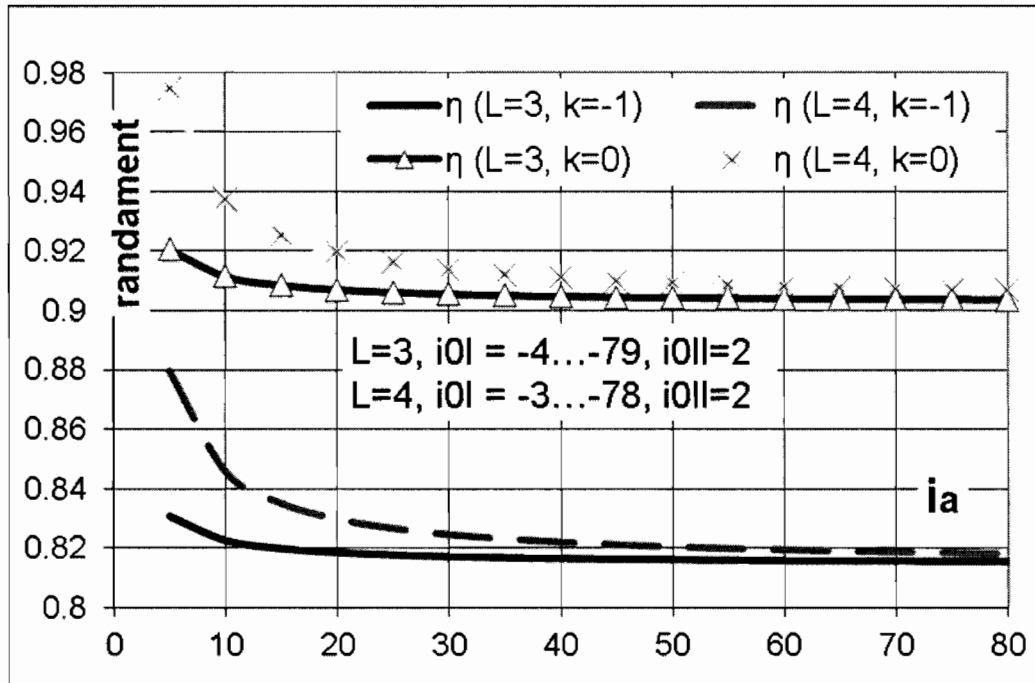


Fig. 6

10
 nach *[Handwritten signature]*