



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 01039

(22) Data de depozit: 19.10.2011

(41) Data publicării cererii:
30.08.2012 BOPI nr. 8/2012

(71) Solicitant:
• **LEBA MONICA, ALEEA TRANDAFIRILOR**
BL. 4, SC. 5, AP. 51, PETROȘANI, HD, RO;
• **POP EMIL, STR. 1 DECEMBRIE 1918,**
BL. 76, SC. 2, ET. 3, AP. 14, PETROȘANI,
HD, RO

(72) Inventatori:
• **LEBA MONICA, ALEEA TRANDAFIRILOR**
BL. 4, SC. 5, AP. 51, PETROȘANI, HD, RO;
• **POP EMIL, STR. 1 DECEMBRIE 1918,**
BL. 76, SC. 2, ET. 3, AP. 14, PETROȘANI,
HD, RO

(54) **METODĂ ȘI DISPOZITIV DE GENERARE A PULSURILOR PWM**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv de generare a pulsurilor modulate în durată, trifazate. Metoda conform invenției se bazează pe folosirea teoriei distribuțiilor pentru rezolvarea ecuațiilor transcendente, neliniare, complexe, care permit determinarea și generarea pulsurilor modulate în durată (PWM), trifazate, iar determinarea pulsurilor se face utilizând ecuația cu distribuție treaptă: unde f este frecvența, R este indexul de modulare, p este factorul de modulare, $k=1...2$, peste numărul pulsului, iar $i=1, 2, 3$ este numărul fazei. Dispozitivul care implementează această metodă este alcătuit din câte un numărător, care generează valori ale frecvenței f și indexului R de modulare, frecvența f generată fiind transmisă unui generator de ceas care produce un tren de impulsuri de frecvență impusă care, împreună cu indexul R obținut de la al doilea numărător, este folosit de un generator de unde sinusoidale, pentru a obține trei unde de referință, defazate cu 120° , dintr-o tabelă de tip lookup, din care este ales factorul p de modulare, din 16 valori predefinite, care este ulterior folosit de un bloc care

generează o undă triunghiulară δ , iar diferența dintre undele sinusoidale și cea triunghiulară constituie mărime de intrare pentru un bloc ce aplică distribuția treaptă unitară, pentru a genera cele șase pulsuri modulate în durată.

Revendicări: 4
Figuri: 7

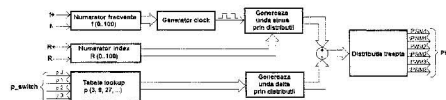


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



DESCRIEREA INVENTIEI

TITLU: METODĂ ȘI DISPOZITIV DE GENERARE A PULSURILOR PWM

INVENTATORI: CONF.UNIV.DR.ING. LEBA MONICA,

PROF.UNIV.DR.ING.MAT. POP EMIL

Invenția se referă la un dispozitiv bazat pe o metodă matematică exactă, ușor de implementat în logică programată și de viteză pentru determinarea și generarea pulsurilor PWM atât monofazate cât și trifazate.

Metoda se bazează pe teoria distribuțiilor (sau funcțiilor generalizate), care permite rezolvarea ecuațiilor complexe transcendentale.

Există o mare varietate de controllere care generează pulsuri PWM.

Dezavantajele acestora sunt:

- Lipsa de flexibilitate a reglării parametrilor pulsurilor PWM, cum ar fi modificarea indexului de modulare, a factorului de modulare etc și o viteză redusă de calcul
- Complexitatea crescută a software-ului datorat complexității ecuațiilor care trebuie soluționate în timp real

Invenția rezolvă aceste probleme.

Primul aport al invenției este adus de faptul că, datorită timpului redus de calcul al metodei utilizate, toți parametrii care apar în ecuații pot fi modificați cu păstrarea generării în timp-real a pulsurilor PWM.

O altă problemă rezolvată de invenție o constituie simplificarea software-ului care implementează metoda bazată pe teoria distribuțiilor. Software-ul poate fi scris în orice limbaj de programe pornind de la limbajul de asamblare și până la limbaje de descriere hardware (HDL), cum ar fi VHDL.

Inovația acestei metode rezultă din folosirea distribuțiilor pentru soluționarea ecuațiilor transcendentale neliniare complexe care permit determinarea și generarea pulsurilor PWM. Această metodă de rezolvare a ecuațiilor complexe este foarte potrivită aplicațiilor practice fiind apropiată de metodele grafo-analitice specifice muncii inginerului.

În cele ce urmează se va face o descriere detaliată a obiectului invenției pentru cazul generării pulsurilor PWM trifazate, cazul monofizat fiind un caz particular al acestuia. Pentru aceasta se folosesc figurile 1..6 ce reprezintă:

- Fig.1 Principiul purtatoarei triunghiulare;
- Fig.2 Schema bloc a dispozitivului conform invenției;
- Fig.3 Schema detaliată a dispozitivului conform invenției;
- Fig.4 Schema de modelare și rezultatele simulării dispozitivului conform invenției;
- Fig.5 Algoritm de generare a pulsurilor PWM pe baza teoriei distribuțiilor
- Fig.6 Exemplu de implementare software;

Dispozitivul de generare a pulsurilor PWM calculează pe baza principiului modulației sinus-triunghi șase pulsuri defazate cu 120° . Acest principiu constă în modularea unei unde sinusoidale cu o undă triunghiulară.

Această metodă nouă utilizează teoria distribuțiilor pentru generarea purtătoarei triunghiulare, prezentate în fig.1, având parametrii variabili: frecvența f și factorul de modulare p .

Formula purtătoarei în distribuții este:

$$\Delta(p, f, t) = 4 \cdot p \cdot f \cdot \sum_{k=0}^{2p} (-1)^k \cdot \left(t - \frac{2 \cdot k}{4 \cdot p \cdot f} \right) \cdot \left[\theta \left(t - \frac{2 \cdot k - 1}{4 \cdot p \cdot f} \right) - \theta \left(t - \frac{2 \cdot k + 1}{4 \cdot p \cdot f} \right) \right] \quad (1)$$

Unde k este numărul pulsului ($k=1..2p$), iar $\theta(x)$ este distribuția treaptă unitară definită astfel:

$$\theta[\varphi(x)] = \begin{cases} 1; & \varphi(x) \geq 0 \\ 0; & \varphi(x) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Formula unei sinusoidale este:

$$\sigma(R, f, i, t) = R \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \frac{2 \cdot (i-1) \cdot \pi}{3} \right) \quad (3)$$

Unde R este indexul de modulare și i este numărul fazei ($i=1,2,3$).

Trenul de pulsuri PWM este generat prin determinarea punctelor de intersecție dintre cele două unde. Se vor genera trei trenuri de pulsuri (PWM_i) și altele trei defazate cu 180° ($\overline{PWM_i}$). Folosind teoria distribuțiilor, această problemă poate fi soluționată foarte simplu și exact, conform formulei:

$$PWM_i(t) = \theta[\sigma(R, f, i, t) - \Delta(p, f, t)] \quad (4)$$

În fig.2 se prezintă schema bloc a dispozitivului conform invenției. Acesta constă din 8 intrări și 6 ieșiri. Cele 8 intrări sunt pentru incrementarea / decrementarea frecvenței pulsurilor generate ($f+$ și $f-$), pentru incrementarea / decrementarea indexului de modulare ($R+$ și $R-$) și pentru alegerea factorului de modulare p dintr-o tabelă look-up de 16 valori prestabilite conform restricție de a fi multiplii impari ai lui 3 (pentru a avea un conținut redus de armonici la ieșire).

În fig.3 se prezintă schema detaliată a dispozitivului conform invenției. Astfel, intrările pentru incrementarea / decrementarea frecvenței f a pulsurilor PWM generate și pentru incrementarea / decrementarea indexului de modulare R sunt introduse în câte un numărător care generează valorile corespunzătoare pentru frecvență și index de modulare. Frecvența obținută, prin generatorul de clock, produce un tren de impulsuri de frecvența impusă. Acest tren de pulsuri, împreună cu indexul R obținut din al doilea numărător, este folosit de generatorul unei sinusoidale prin distribuții pentru a obține cele 3 sinusuri de referință defazate cu 120° . Intrările de alegere a factorului de modulare p sunt utilizate pentru a alege din tabela Look-up una din cele 16 valori predefinite. Factorul de modulare este folosit la calcularea prin distribuții și generarea modulatorii triunghiulare Delta. Sinusurile de referință sunt comparate cu purtătoarea triunghiulară și rezultatul este mărime de

intrare pentru distribuția treaptă unitară $\theta(x)$, care generează cele 6 pulsuri PWM (complementare două câte două).

Dispozitivul, așa cum este prezentat în fig.3 a fost modelat și simulat, conform fig.4. Fig.4.a conține schema de modelare a dispozitivului. Aceasta conține toate blocurile prezentate în schema detaliată și, în plus, un model de inverter trifazat pentru a putea măsura tensiunile de fază și linie obținute în urma aplicării pulsurilor PWM generate de dispozitiv.

În fig.4.b se prezintă cele șase pulsuri PWM generate de dispozitiv. Acestea sunt complementate două câte două. În fig.5.a se prezintă unele rezultate prin compararea referințelor sinusoidale cu purtătoarea triunghiulară, conform principiului metodei de generare a pulsurilor PWM. În fig.5.b se prezintă tensiunile de fază și linie la ieșirea inverterului trifazat, rezultate în urma simulării dispozitivului.

Pe baza modelului și simulării din fig.4 și 5, s-a dezvoltat un algoritm ușor de înțeles, prezentat în fig.6, care poate fi implementat în orice limbaj de programare.

Pentru a genera pulsurile PWM pe baza metodei propuse se pornește de la citirea valorilor pentru frecvența f , indexul de modulare R și factorul de modulare p . Aceste valori sunt folosite pentru a calcula cele trei unde sinusoidale de referință, defazate cu 120° , având frecvența impusă f și factorul de modulare R . Factorul de modulare se reflectă în amplitudinea referinței sinusoidale. Apoi, se calculează unda purtătoare triunghiulară Delta având factorul de modulare p (raportul dintre frecvențele purtătoarei și referinței). Având unda purtătoare și referințele se pot calcula diferențele între acestea. Așupra rezultatului se aplică distribuția treaptă, care conduce la determinarea a trei trenuri de pulsuri PWM. Celelalte trei trenuri de pulsuri se determină realizând complementul.

Această metodă bazată pe teoria distribuțiilor este o metodă originală de generare a pulsurilor PWM fără a fi necesare calcule analitice complexe. Algoritmul metodei a fost implementat în limbaj de asamblare pentru a demonstra posibilitatea de realizare practică a dispozitivului în orice limbaj de programare atât pe microprocesoare, cât și pe microcontrollere sau dispozitive VLSI. Varianta de implementare în VLSI nu ar putea fi realizată prin calcule analitice. În fig.7 se prezintă interfața software a programului în limbaj de asamblare, care conține trei componente. Una de tip panou de comandă, care afișează modalitatea de modificare a parametrilor frecvență f , index de modulare R și factor de modulare p și valorile curente ale acestora. Celelalte două de tip osciloscop, care afișează formele de undă pentru sinus minus triunghi și pentru pulsurile PWM generate prin aplicarea distribuției $\theta(x)$.

REVENICĂRI

1. Metoda de determinare a pulsurilor PWM bazată pe teoria distribuțiilor prin compararea undelor de referință sinusoidală cu referință triunghiulară și aplicarea distribuției treaptă pentru rezolvarea ecuației transcendente rezultate conform formulei (4).
2. Dispozitivul de generare a pulsurilor PWM bazat pe teoria distribuțiilor cu software integrat, conform schemei bloc din fig.2, schemei detaliate din fig.3 și algoritmului din fig.6.
3. Modelul dispozitivului din fig.4 care simulează shema detaliată din fig.3.
4. Algoritmul de generare a pulsurilor PWM bazat pe teoria distribuțiilor, conform schemei logice din fig.6 și interfeței software din fig.7.

DESENE EXPLICATIVE

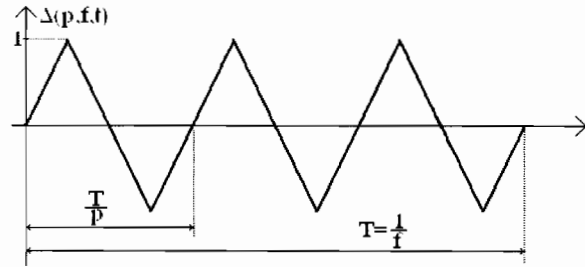


Fig.1 Principiul purtatoarei triunghiulare realizată după formula (1)

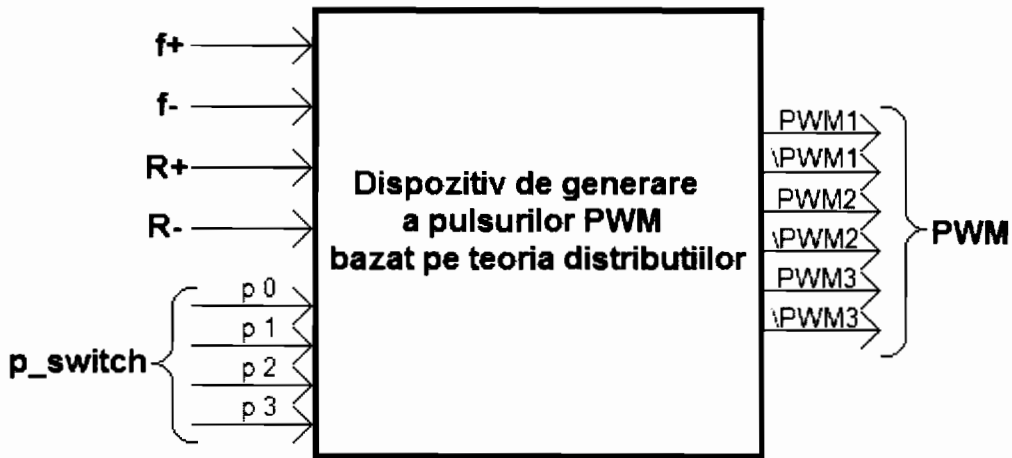


Fig.2 Schema bloc a dispozitivului conform invenției

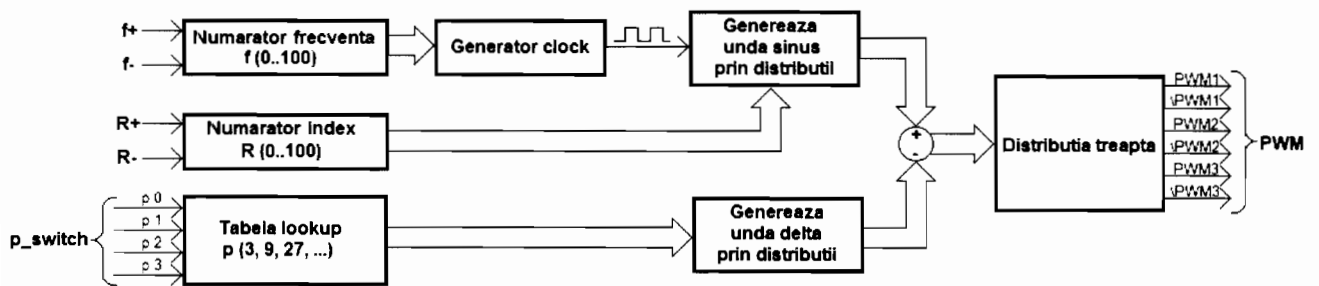
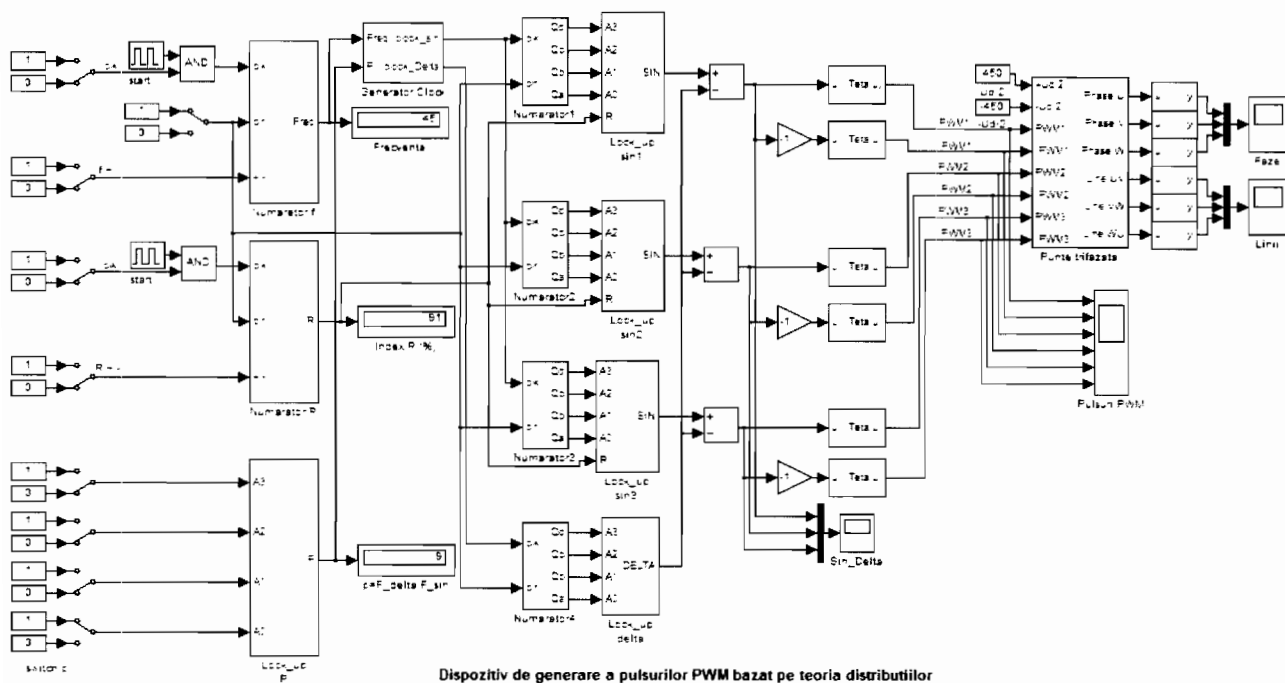
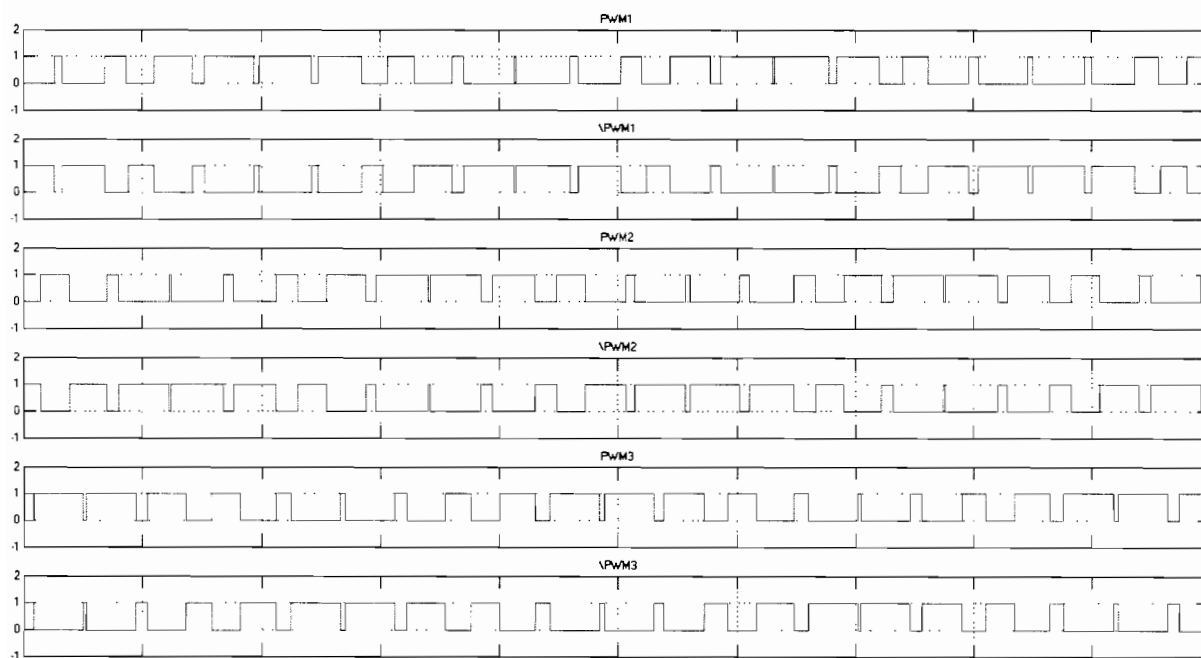


Fig.3 Schema detaliată a dispozitivului conform invenției

Handwritten signature



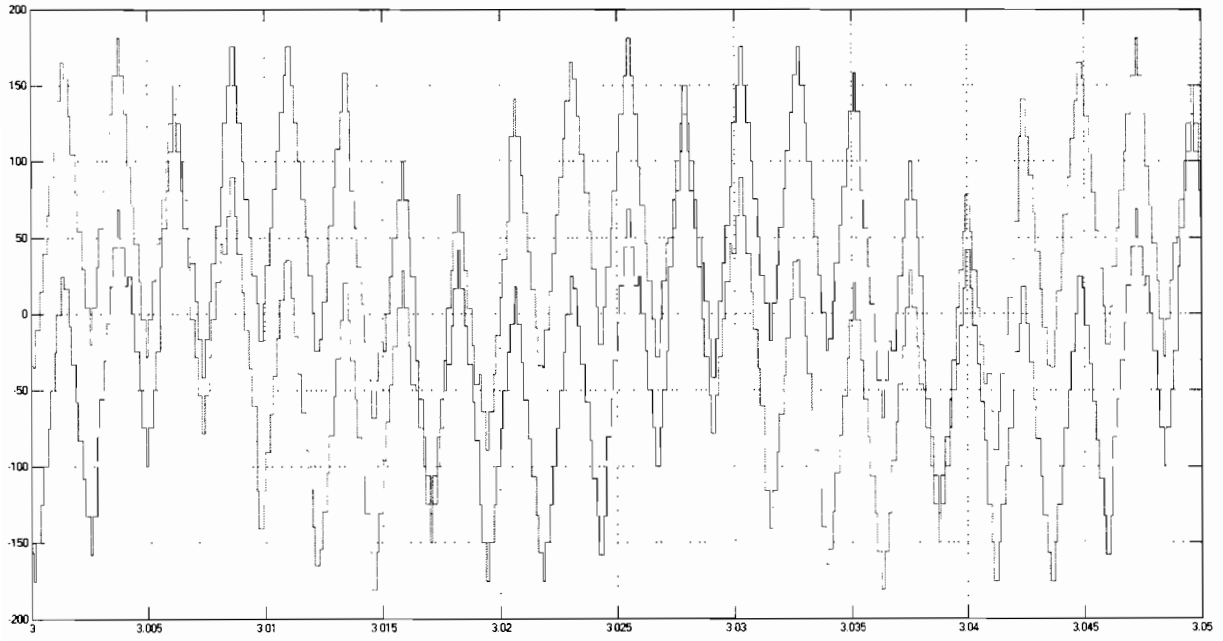
a)



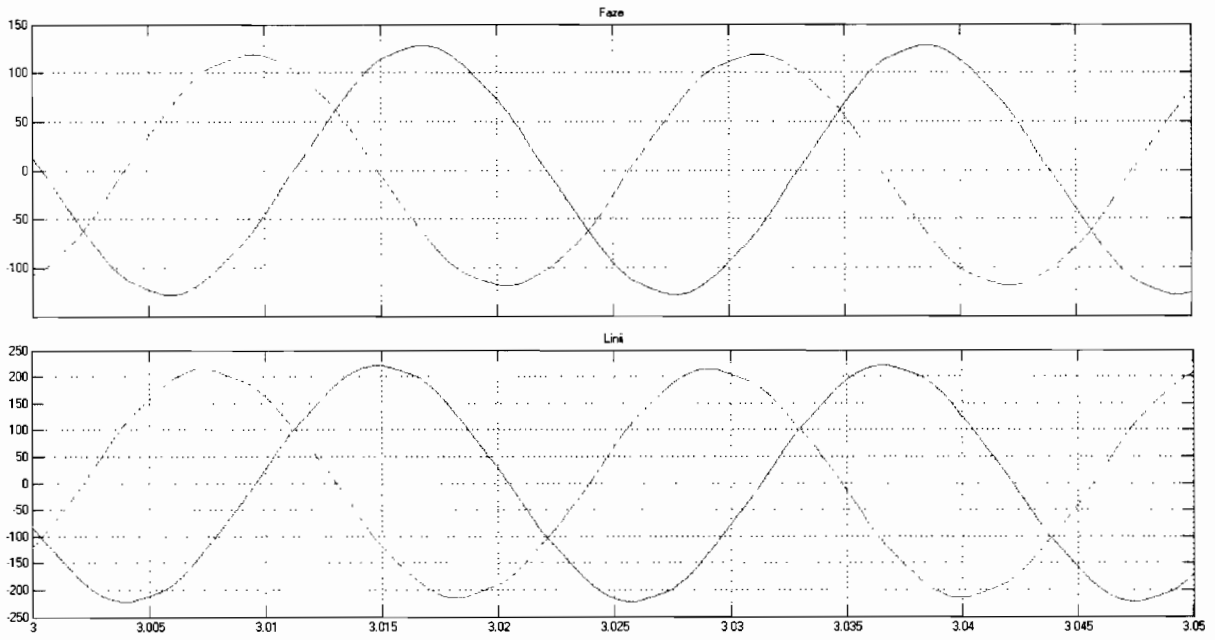
b)

Fig.4 Schema de modelare si rezultatele simulării dispozitivului conform invenției:
a) modelul dispozitivului; b) pulsurile PWM generate pe baza teoriei distributiilor

Handwritten signature



a)



b)

Fig.5 Rezultatele simulării dispozitivului conform invenției: a) principiul PWM sinus triunghi; b) tensiuni de faza si linie masurate la iesirea invertorului trifazat

class [Signature]

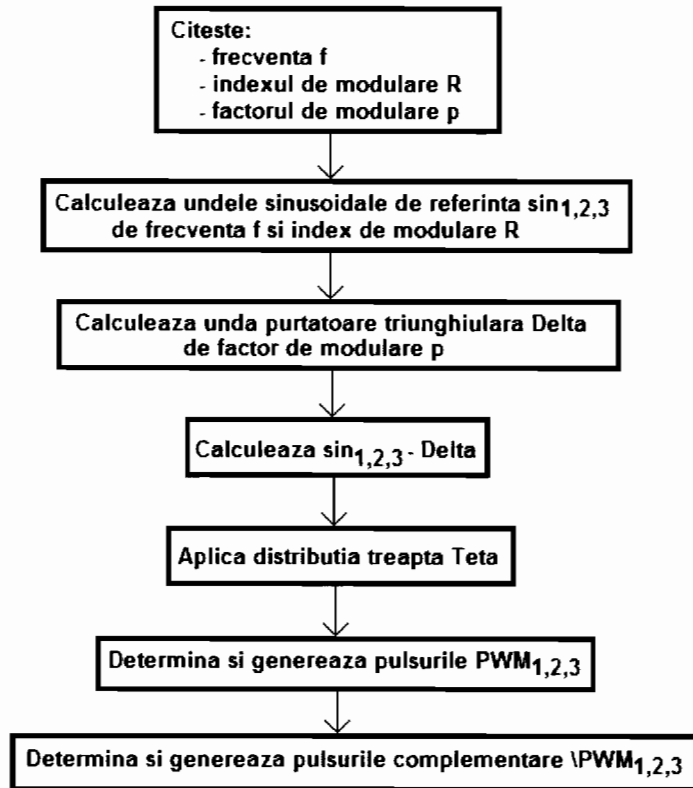


Fig.6 Algoritmul de generare a pulsurilor PWM pe baza teoriei distribuțiilor

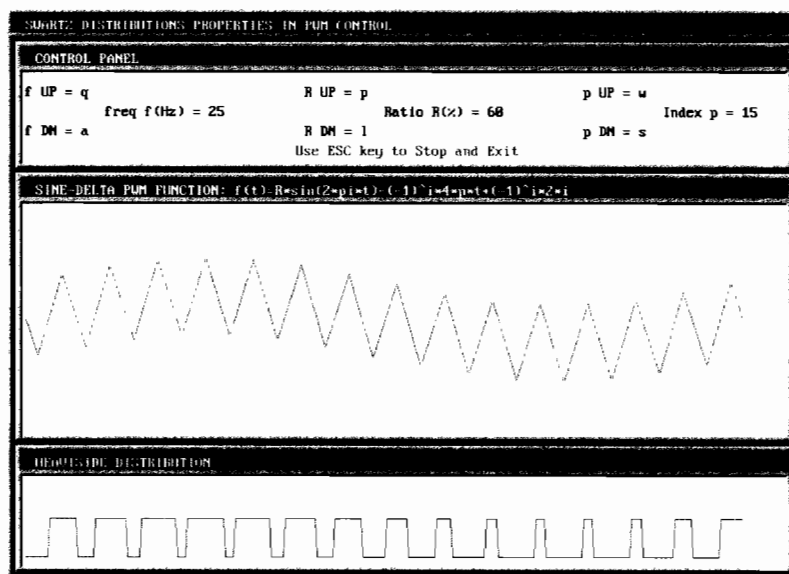


Fig.7 Exemplu de implementare software