

CONVERTOR DE FRECVENȚĂ CU CONTROLER MC3PHAC

Șef lucrări dr. ing. **Ciprian AFANASOV**, Prof. dr. ing. **Radu Dumitru PENTIUC**

Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava

REZUMAT. Motoarele asincrone cu rotor în scurtcircuit sunt cele mai utilizate în industrie, datorită principalelor proprietăți ale lor: costuri reduse și construcție robustă. Cea mai utilizată soluție pentru reglarea vitezei motoarelor asincrone în aplicații industriale (cum ar fi ventilatoare, pompe și compresoare) o reprezintă convertorul de frecvență. Acest articol prezintă o soluție ieftină de convertor de frecvență ce utilizează un controler inteligent pentru reglarea vitezei motoarelor (MC3PHAC).

Cuvinte cheie: convertoare de frecvență, motoare asincrone, electronică de putere, controler MC3PHAC.

ABSTRACT. The induction motors with squirrel-cage rotors are the most used in industry because of their main properties: low cost and rugged construction. The most used solution to speed adjusts of induction motors in industry applications (i.e. fans, pumps and compressors) is variable-frequency drive. This paper presents a solution of low-cost variable-frequency drive using an intelligent motor controller (MC3PHAC).

Keywords: variable-frequency drive, induction motors, power electronics, MC3PHAC controller.

1. INTRODUCERE

Lucrarea de față prezintă un sistem de control a vitezei motorului asincron trifazat, astfel încât să fie obținută o soluție ieftină de convertor de frecvență ce utilizează un controler inteligent pentru reglarea vitezei motoarelor (MC3PHAC). Dispozitivul este adaptabil și configurabil în funcție de necesități, având integrate toate funcțiile active necesare pentru controlul unei mașini electrice trifazate. Unele dintre aspectele unice ale acestui dispozitiv constau în următoarele:

- controlul vitezei în V/Hz;
- procesarea semnalului digital pentru a îmbunătăți stabilitatea vitezei (DSP);
- ieșiri PWM (modulație de frecvență a impulsurilor);
- configurabil pentru operare de sine stătătoare și operare cu calculatorul;
- selectarea polarității PWM și a frecvenței;
- selectarea frecvenței de bază 50 sau 60 de Hz;
- comunicație serială.

Proiectul realizat se bazează pe utilizarea unui circuit integrat MC3PHAC, acesta având două moduri de lucru. Unul dintre ele presupune varianta de sine stătătoare, unde se utilizează potențiometre și butoane necesare diverselor comenzi. Cea de a doua metodă este varianta prin care acesta este controlat cu ajutorul unui calculator, în acest caz comenzile se pot da la distanță, conexiunea fiind realizată prin intermediul portului serial.

Principalele funcții ce pot fi realizate de acest microcontroller sunt pornirea, respectiv oprirea mo-

torului, comanda de reversare a sensului de rotație, controlul vitezei, controlul accelerației, frecvența PWM și funcția de fault.

Avansarea recentă a modulației PWM a contribuit la dezvoltarea acestui tip de procesor, acesta fiind deja programat și construit să se integreze pe piața mașinilor de curent alternativ oferind aplicații multiple. La baza posibilităților procesorului stă un modul avansat creat special pentru a îndeplini necesitățile de performanță maximă. Acest modul este capabil să genereze șase semnale PWM individuale, ceea ce îi permite să se conecteze direct la invertoarele trifazate.

Utilizarea controlului de viteză a mașinilor electrice de curent alternativ a crescut semnificativ în ultimul timp, datorită fiabilității și costului scăzut a acestora. Unul dintre cele mai mari avantaje ale acestui circuit integrat este faptul că oferă circuit de protecție în cazul apariției unei supratensiuni, dezactivând imediat toate ieșirile PWM și evită astfel o distrugere a mașinii electrice.

Aplicațiile în care se poate utiliza un astfel de modul sunt aplicații cu motoare de curent alternativ ce necesită reversare de sens și stabilitate.

2. CIRCUITUL INTEGRAT MC3PHAC

Circuitul integrat MC3PHAC reprezintă un controler inteligent special creat pentru a îndeplini cerințele unui cost mic de fabricație, reprezentând o alternativă pentru a controla viteza unui motor asincron trifazat. Acesta este adaptabil și configurabil după bunul plac, și conține funcții active destinate

unui control în buclă deschisă a unei mașini electrice. Unul dintre marile avantaje ale acestuia constituie faptul că nu necesită intervenție la nivel de programare.

Acest circuit integrat prezintă performanțe bune și stabilitate în funcționare oferind control prin intermediul modificării frecvenței tensiunii de alimentare. Din punct de vedere al modului de operare acesta poate fi de sine stătător sau utilizând un PC.

Din punct de vedere al controlului motorului sunt incluse următoarele funcții principale:

- controlul vitezei în volți/Hz;
- modificarea sensului de rotație;
- start/stop;
- fault, circuitul integrat poate primi un semnal adaptat pentru a monitoriza tensiune pe partea de curent continuu;
- resetare internă.

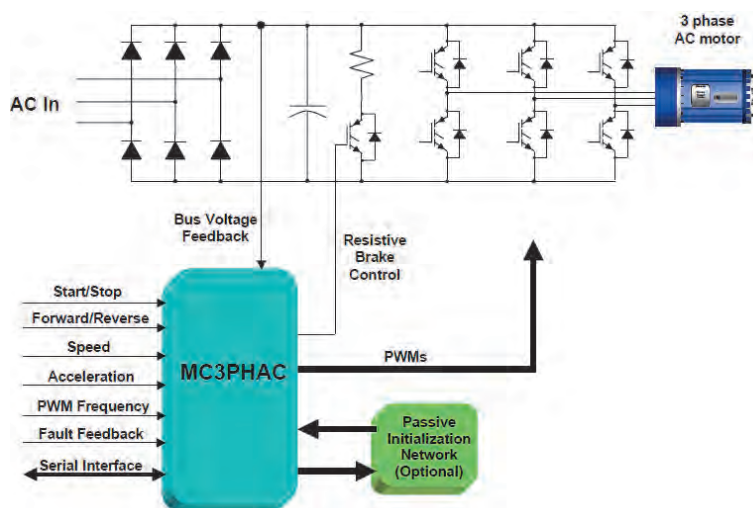


Fig. 1. Sistem de control cu circuit integrat MC3PHAC.

Semnalul citit pe partea de curent continuu implică monitorizarea acestuia prin intermediul unui traductor de tensiune, astfel încât pentru un nivel normal al tensiunii circuitul integrat trebuie să primească un semnal de 3.5 [V].

Depășirea acestui nivel implică creșterea pericolului a tensiunii pe partea de curent continuu, deci, activarea circuitului de protecție al circuitului integrat, astfel se dezactivează ieșirile PWM.

Principalele funcții asigurate de circuitului integrat MC3PHAC:

– Acest circuit integrat generează 6 semnale PWM dedicate pentru a controla un motor de curent alternativ. O armonică de grad trei a fost suprapusă peste frecvența motorului pentru a obține o utilizare completă a tensiunii. Acest lucru constă în creșterea cu 15% a amplitudinii maxime de ieșire comparativ cu unda sinusoidală.

– Procesarea semnalului digital. Este utilizat un filtru pe 24 de biți. Acest lucru este realizat în modul de lucru de sine stătător rezultând o îmbunătățire a controlului vitezei.

– Actualizare rapidă a vitezei comandate. În timpul perioadelor când viteza motorului se schimbă, rata la care aceasta este actualizată este esențială pentru o funcționare fără probleme. Dacă această actualizare se produce lent, va apărea un efect ce afectează cuplul. În cazul MC3PHAC este folosită o tehnică de interpolare liniară a valorilor vitezei, rezultând o nouă valoare a vitezei la fiecare 189 μs. Rezultatul constă într-o netezire a tranziției unde fiecare pas nu este perceptibil de motor.

– Monitorizarea tensiunii pe partea de curent continuu. Această tensiune este monitorizată de circuitul integrat, și orice deviație de la valoarea determinată (se utilizează un traductor de tensiune care să ofere pinului DC_BUS 3.5 [V]) rezultă în dezactivarea ieșirilor PWM.

– Frecvență de bază selectabilă. Motoarele de curent alternativ sunt construite pentru a funcționa la 50 sau 60 de Hz, acest lucru depinzând de zona geografică unde acestea sunt utilizate. Circuitul integrat funcționează în ambele variante. Acest parametru poate fi selectat la inițializare în varianta de sine stătătoare, iar în varianta cu controlul din PC, se poate selecta din programul dedicate.

– Control de viteză. Frecvența motorului poate fi modificată în timp real, în intervalul 1-128 de Hz. Factorul de scalare este de 25.6 Hz pe volt. Acest parametru poate fi de asemenea, modificat din programul PC Master, în varianta de control utilizând calculatorul.

– Controlul accelerației. Accelerația motorului poate fi specificată, de asemenea, în timp real în intervalul de 0,5 Hz/secundă. Acest parametru poate fi modificat în timp real, în cadrul ambelor moduri de lucru.

– Timp de dezactivare a ieșirilor PWM. Pe lângă faptul că frecvența PWM poate fi selectabilă, se poate seta și timpul de dezactivare a acestora.

– Protecție. Acest circuit integrat oferă o gamă largă de protecții și sisteme de prevenții. La apariția unei probleme, sunt dezactivate imediat toate ieșirile

PWM, acesta așteptând în funcție de timpul alocat, o anumită perioadă până la reinițializarea ieșirilor.

Totuși acest sistem de protecție este complet deoarece oferă mai multe tipuri de monitorizări, precum ar fi:

- Fault extern - astfel pinul FAULTIN acceptă un semnal digital ce indică o problemă detectată de un circuit extern. O valoare logică „1” dezactivează imediat ieșirile PWM. De obicei, un fault intervine când pe circuitul de curent continuu este citită o tensiune peste limita admisă. Odată ce acest pin revine la „0” logic, timpul de reîncercare este activat, iar comunicația între inverter și circuitul de comandă este refăcută după timpul prestabilit;

- Pierderea ceasului intern-dacă semnalul stabilit de pinul OSC1 este pierdut, circuitul intră din nou în stare de protecție, acesta fiind o condiție specială pentru o funcționare optimă fără perturbații ce pot interveni din exterior;

- Protecție la tensiune redusă pentru pinul VDD-dacă tensiunea scade sub 10% din tensiunea de 5 [V] atunci circuitul integrat se resetează automat. Toleranța variației tensiunii de alimentare este de 10%, adică de 0.5 [V].

- Monitorizarea tensiunii continue – Pinul DC_BUS monitorizează permanent tensiunea pe partea de curent continuu astfel, tensiunea nominală ce trebuie să ajungă la pin este de 3.5 [V] pentru o funcționare normală, dacă aceasta este depășită intervine o condiție de fault.

– Controlul decelerației. Atunci când motorul decelerează, circuitul integrat tinde să modifice decelerația la nivelul stabilit. Dacă tensiunea ajunge pe pinul DC_BUS peste valoarea periculoasă atunci decelerația începe să fie moderată în funcție de tensiune. În modul de sine stătător această tensiune este

fixată la 110%, deci la valoarea de 3.85 [V], pe când în varianta PC host, aceasta poate fi modificată între 0-5 [V], deci 143 % din valoarea nominală. În acest mod de operare se pot face modificări permanente.

3. STAND EXPERIMENTAL

Circuitul integrat MC3PHAC, poate funcționa în două moduri. Primul dintre acestea este de sine stătător unde acesta poate opera fără necesitatea unui PC, și fără intervenții de la distanță. În acest caz inițializarea se face cu ajutorul elementelor pasive ce sunt conectate prin intermediul cablajului și prin intrările de pornire respectiv resetare. De asemenea, în acest mod de operare parametrii sunt intrări, astfel modificându-se viteza, frecvența PWM, tensiunea și accelerația, totul efectuându-se în timp real.

Cel de al doilea mod de operare este utilizând un PC ca host. Astfel, toate operațiile sunt comandate cu ajutorul unui calculator, comenzile pot fi date de la distanță iar parametrii pot fi comandați cu o precizie foarte mare. Programul utilizat pentru acest mod de operare prezintă și un osciloscop, acesta oferind date de mare precizie prin care poate fi urmărită evoluția în timp real a valorilor.

De asemenea, interfața de conectare pentru modul PC Host este realizată prin intermediul unui port RS232, acesta trebuie izolat în modul de conexiune aferent deoarece este posibil să apară o tensiune periculoasă pentru PC, de aceea, este recomandat să utilizăm optocuplari.

Circuit de control cu MC3PHAC, realizat practic, are combinate ambele moduri de lucru ale circuitului integrat.

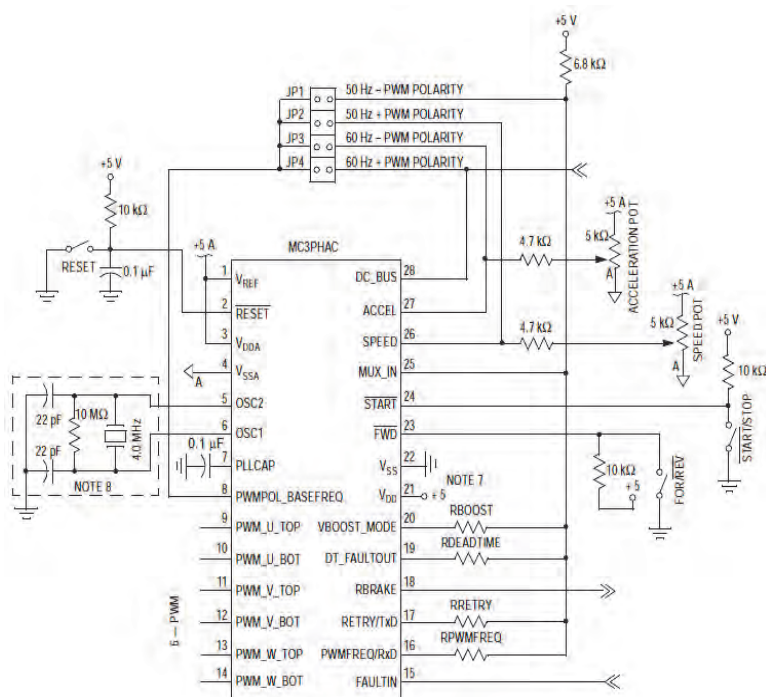


Fig. 2. Schemă electrică pentru modul de lucru de sine stătător.

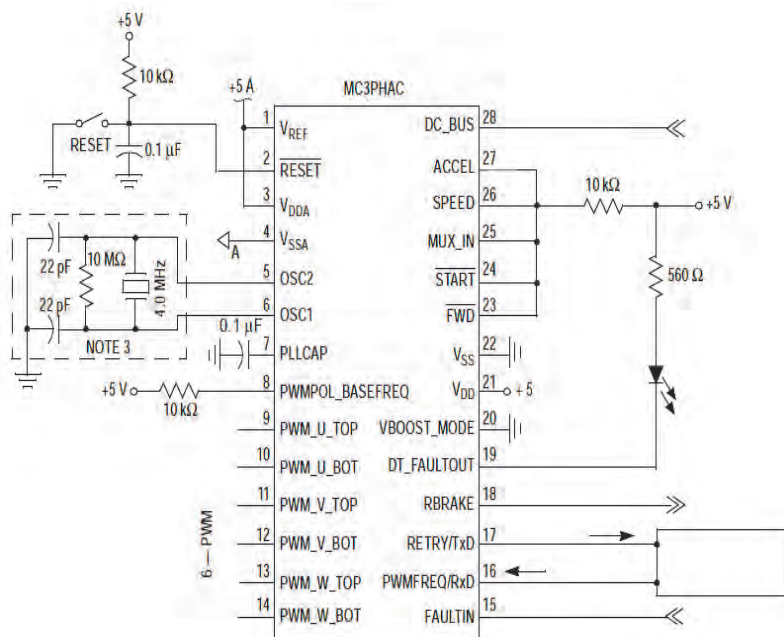


Fig. 3. Schemă electrică pentru modul de lucru PC Host.

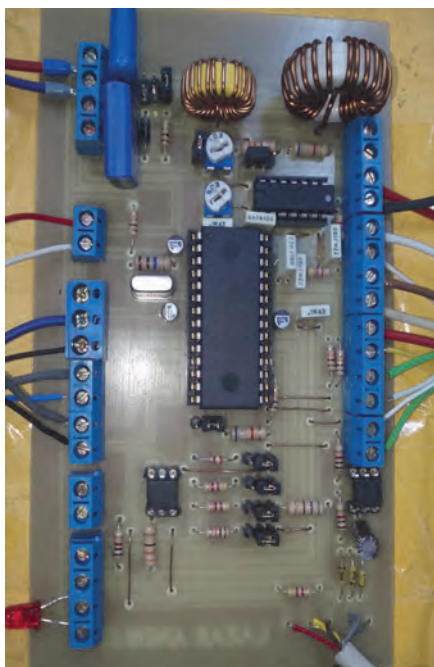


Fig. 4. Circuit de control cu MC3PHAC.

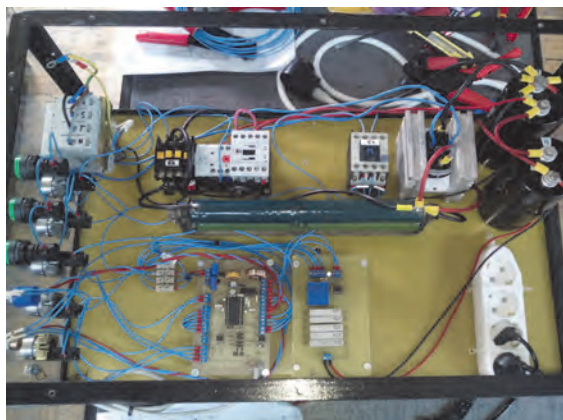


Fig. 5. Montaj experimental.

4. REZULTATE EXPERIMENTALE

În continuare sunt prezentate forme de unda preluate în cazul în care controlerul a fost controlat prin intermediul aplicației PC Master.

Programul PC Master dispune de monitorizarea în timp real a parametrilor principali, iar în figura de mai jos este prezentată interfața de parametrizare și inițializare a motorului. Programul este prevăzut cu un osciloscop, iar după cum se observă în figura de mai jos se poate selecta frecvența, accelerația de start, frecvența de alimentare de start, frecvența PWM, polaritatea PWM dar și valorile minime la care să lucreze protecția pe partea de curent continuu.

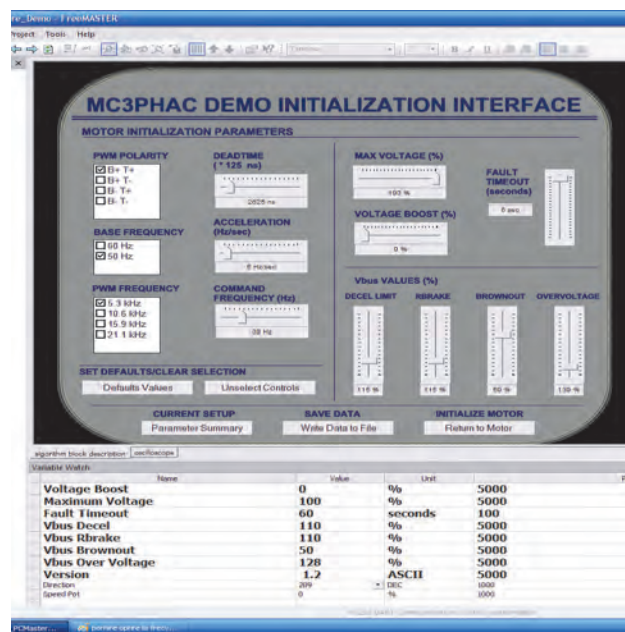


Fig. 6. Interfața de parametrizare.

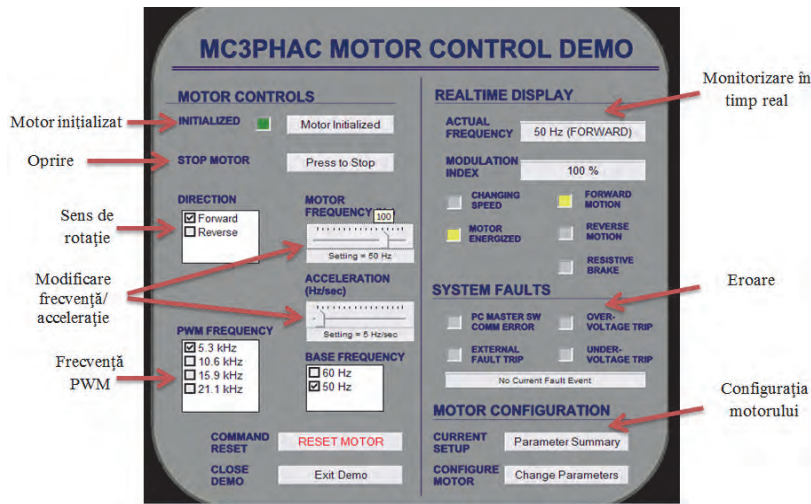


Fig. 7. Panou de comandă.

În figura 8 de mai jos este prezentată secvența de pornire a unui motor asincron trifazat la frecvența de 70 [Hz] și la o accelerație minimă impusă. Vom observa pe osciloscop comportarea acestuia, astfel frecvența evoluează lent, iar indexul de modulație de asemenea. Frecvența comandată este reprezentată cu culoarea roșie iar cea actuală ce evoluează în timp real cu culoarea verde. Comanda asupra inverterului este una rapidă și netedă, fără oscilații ce pot produce funcționarea incorectă a motorului.

În figura 9 este exemplificată o modificare a frecvenței în timp real, de la valoarea de 25 [Hz] la valoarea de 81 [Hz], timpul de accelerație fiind minim în acest caz.

Se observă o evoluție puternică a indexului de modulație, astfel datorită accelerației maxime impuse motorul tinde să atingă cât mai repede viteza impusă prin creșterea valorii frecvenței de alimentare.

De asemenea, pot fi executate și comenzi de pornire/oprire, evoluția graficului fiind ca în figura de mai jos. Se observă că pentru o accelerație medie mașina electrică răspunde foarte bine la comenzile oferite.

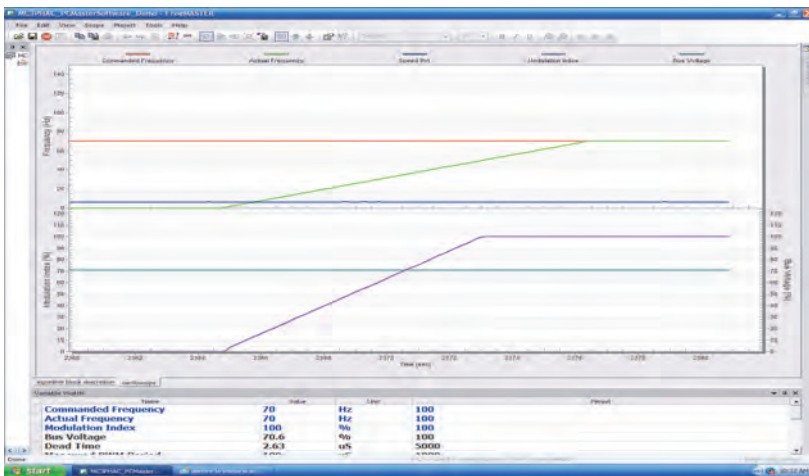


Fig. 8. Ponire la frecvența de 70 [Hz], timp de accelerație maxim.

Fig. 9. Modificarea frecvenței în timp real de la 21 [Hz] la 81 [Hz], la timp de accelerație minim.

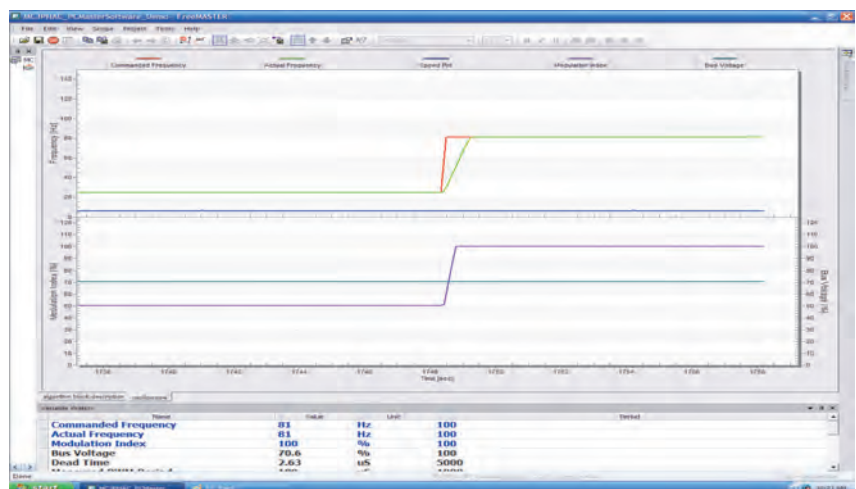
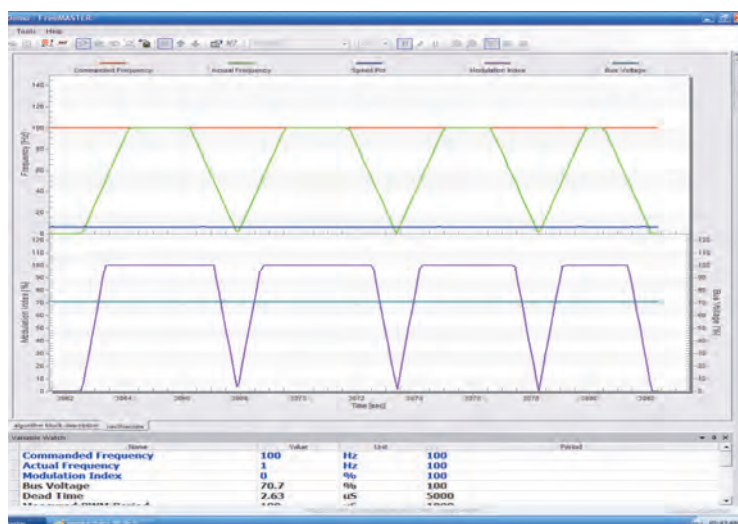


Fig. 10. Pornire/oprire la frecvență de 100 [Hz] și accelerație medie.



5. CONCLUZII

Ansamblul total al montajului experimental este stabil în funcționare, iar circuitul de comandă furnizează cele șase impulsuri PWM către inverter, stabilind astfel comanda către mașina electrică. Circuitul de comandă ce folosește MC3PHAC, îmbină ambele moduri de funcționare, atât cel de sine stătător cât și cel PC Host. Comenzile stabilite de circuitul de comandă, în cazul ambelor moduri de funcționare sunt rapide iar motorul reacționează rapid atât la creșterea frecvenței cât și la schimbarea sensului de rotație. Circuitul de protecție ce monitorizează tensiunea pe partea de curent continuu este adaptat, astfel încât la supratensiune periculoasă este deconectată comanda către inverter.

În concluzie, circuitul de comandă ce utilizează MC3PHAC și comandă motoarele asincrone trifazate este ușor configurabil, poate fi utilizat în aplicații casnice sau industriale.

Mulțumiri

La această lucrare, infrastructura a fost partial susținută de proiectul POSCCE "Centru integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme distribuite de fabricație și control", Contract Nr. 671/09.04.2015, Programul Operational Sectorial Creșterea Competitivității Economice co-finanțat prin Fondul European de Dezvoltare Regională.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Popovici, D., *Comanda Numerică a acționărilor electrice*, Editura Politehnica, Timisoara, (2002).
- [2] I. E. Jianu, D. Popovici, *Control and Monitoring of a Stepper Motor through a Local Area Network*, Advances in Electrical and Computer Engineering, vol.7, no.2, pp.33-36, 2007, doi:10.4316/AECE.2007.02008.
- [3] http://www.nxp.com/files/microcontrollers/doc/app_note/A_N2988.pdf;
- [4] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/83950/MOTOROLA/MC3PHAC.html>;
- [5] http://www.nxp.com/files/microcontrollers/doc/white_paper/MC3PHACWP.pdf;
- [6] <http://www.datasheetspdf.com/PDF/MC3PHAC/500199/4>;

Despre autori

Ș.I. dr. ing. **Ciprian AFANASOV**
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava

Absolvent al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor – 2007; doctor inginer din anul 2010; în prezent cadru didactic la Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor. Domenii de competență: acționări electrice, automate programabile, comanda numerică a sistemelor de acționare electrică. Email: aciprian@eed.usv.ro

Prof. dr. ing. **Radu PENTIUC**.
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava

Absolvent al Universității „Gh. Asachi” din Iași, Facultatea de Electrotehnică, programul de studiu Utilizarea Electricității. A lucrat la Întreprinderea de Mașini-unelte din Suceava. Doctor al Universității „Gh. Asachi” din Iași. Activează la Facultatea de Inginerie electrică și Știința Calculatoarelor din 1992. Email: radup@eed.usv.ro