

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
 Facultatea de Inginerie Electrică, Energetică și Informatică Aplicată
 Laborator Tracțiune Electrică

STUDIUL CIRCUITELOR ELECTRICE DE PE LOCOMOTIVA ELECTRICĂ DE LABORATOR LE-040 (B₀B₀). STRUCTURĂ, ALIMENTARE, CIRCUITUL DE TRACȚIUNE ȘI ECHIPAMENTE

1. STRUCTURA MODELULUI DE LABORATOR

În cadrul laboratorului de Tracțiune electrică există un model de locomotivă electrică tip B₀B₀ pe care sunt implementate o serie de sisteme întâlnite pe o locomotivă reală. Structura modelului de locomotivă (Figura. 1) este cu două boghiuri cu câte două osii motoare acționate individual de motoare de tracțiune de c.c. cu excitație separată. Motoarele sunt înseriate câte două pe fiecare boghiu iar boghiurile sunt legate în paralel pe locomotivă. Alimentarea locomotivei se face de la un fir de contact prin două pantografe asimetrice la tensiunea de 45Vca monofazat, furnizată de un transformator cu rol de substație de tracțiune. Unul din cele două pantografe este acționat de către un motor (Mpf) și un reductor prin care pantograful poate fi ridicat și coborât pentru conectare/deconectare de la linia de contact. Călea de rulare cu șine metalice are lungimea de 6 metri și ecartament de 160 mm.

Motoarele de tracțiune (MT) și toate echipamentele de pe locomotivă se alimentează de la un transformator (TR) amplasat central.

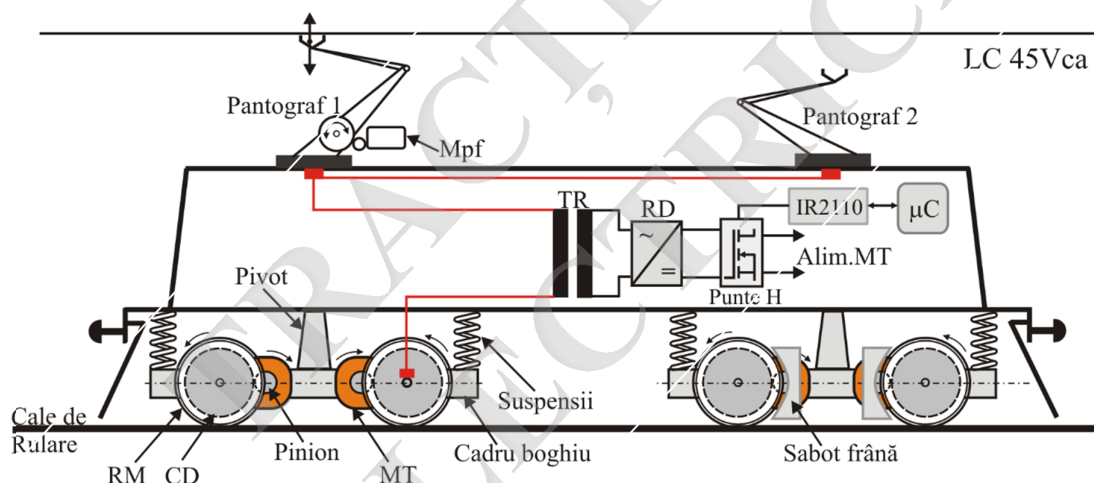


Fig. 1. Structura locomotivei electrice – model de laborator B₀B₀.

RM – roți motoare; CD – Coroană dințată; MT – Motor tracțiune; TR – transformator principal; RD – redresor necomandat; IR2110 – Driver; μC – microcontroler; Mpf – motor pantograf; LC – linie de contact 45Vca.

Fiecare motor de tracțiune are prevăzut pe ax un pinion ce antrenează roțile motoare (RM) prin intermediul unei roți dințate (CD) amplasată solidar pe osie, formând astfel un reductor cu o treaptă cu raport de transmisie $i_{tr} = 5$.

Suspensia primară este construită din resorturi elicoidale ce sprijină rama boghiului pe lagărul osiei. Suspensia secundară este formată din arcuri elicoidale așezate pe fiecare parte a unui boghiu și sprijină cutia locomotivei pe boghiu. Pentru amortizarea mișcărilor de rotație în jurul axei Oz s-au montat câte doi tiranți pe fiecare boghiu, ce leagă cutia locomotivei de boghiu. Suspensia motoarelor de tracțiune este de tip motor semisuspendat (suspensie pe nas): motorul de tracțiune se sprijină pe de o parte pe osie prin intermediul unui arc, pe o parte fiind susținut de cadrul boghiului.

Motoarele de tracțiune sunt alimentate prin intermediul unei punți H, alimentată la randul ei de pe o punte redresoare (RD) alimentată de la o înfășurare a transformatorului principal (TR) amplasat pe locomotivă. Reglarea vitezi de rotație a motoarelor se face prin modificarea valorii medii a tensiunii continue de la ieșirea punții H.

Frânarea electrică este de tip frânare reostatică. Datorită faptului că motoarele sunt de putere mică, nu este necesară introducerea de rezistențe de frânare în sistemul de alimentare, rezistența indusului fiind destul de mare pentru o frânare eficientă. Frânarea mecanică este cu saboți unilaterali, acționați prin intermediul unui sistem de pârghii de către pistonul unui cilindru pneumatic.

2. SISTEMUL DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

Locomotiva electrică de laborator se alimentează de la o linie de contact din cupru la o tensiune de 45Vca monofazat, furnizată de o stație de tracțiune (un transformator monofazat 230/45 Vca). Linia de contact este dintr-o singură secțiune, simplu suspendată, de tip semicompensat, cu o dispunere în zig-zag de 50mm. Energia este preluată pe locomotivă de unul din cele două pantografe asimetrice, de la care ajunge la transformatorul principal amplasat central pe vehicul.

Sistemul de alimentare cuprinde (Figura 2):

- un bloc de alimentare de 80Vcc, pentru motoarele de tracțiune,
- un bloc de alimentare de 12Vcc a excitațiilor motoarelor de tracțiune,
- un bloc de alimentare servicii auxiliare, 12 Vcc.,
- un bloc de alimentare cu tensiune stabilizată de 15Vcc pentru circuite de comandă care va alimenta și sistemul numeric al microcontrolerului. Inițial sistemul numeric este alimentat de la o baterie de 12Vcc prin intermediul unui contact normal închis k1 al unui releu până în momentul în care este ridicat pantograful 1, după care bateria este deconectată imediat ce locomotiva este alimentată prin pantograf.

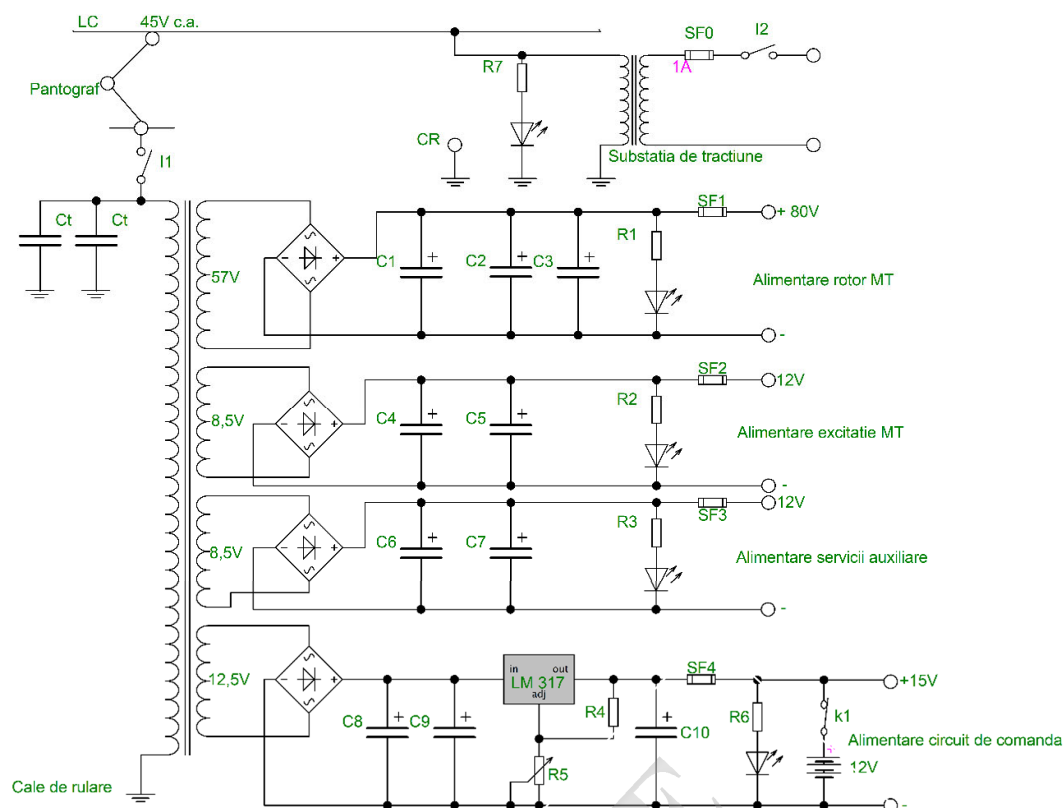


Fig. 2 - Schema bloc de alimentare a locomotivei electrice de laborator.

3. CIRCUITUL DE TRACȚIUNE ȘI ECHIPAMENTE DE PE MODELUL DE LOCOMOTIVĂ ELECTRICĂ

Circuitul de tracțiune este cuprins între pantografe și motoarele de tracțiune, traseul curentului de forță fiind: pantograf, transformator principal, redresor, punte H, motoarele de tracțiune (Pf – TR – RD - Punte H - MT). Motoarele de tracțiune sunt de c.c. cu excitație separată, înseriate câte două pe fiecare boghiu, boghiurile fiind legate în paralel pe locomotivă (Fig. 3).

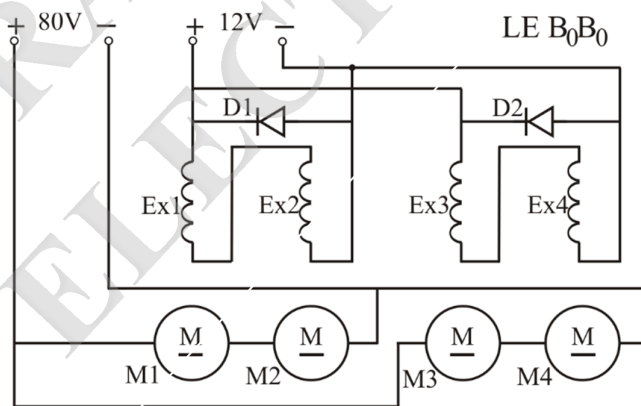


Fig. 3 – Legarea motoarelor de tracțiune pe modelul de locomotivă.

Cele 4 motoare de tracțiune sunt alimentate de la o punte H, ceea ce permite controlul vitezei și a sensului de deplasare prin intermediul semnalelor de comandă PWM generate de un microcontroler, Fig. 4. Puntea H este un chopper cu funcționare în 4 cadrane realizată cu 4 tranzistoare de tip MOSFET IRF3415. Pentru comanda tranzistoarelor MOSFET se folosesc două drivere de tip IR2110 în capsulă DIP, fiecare driver comandând câte un braț de punte. Driverele sunt alimentate la 5Vcc pentru partea logică de comandă și la 12Vcc pentru alimentarea etajului final care comandă tranzistoarele.

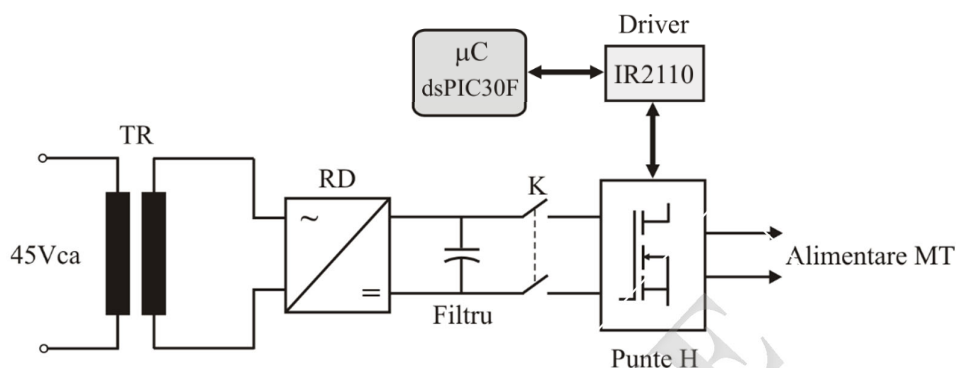


Fig. 4 - Schema bloc de comandă a motoarelor de tracțiune.

TR – Transformatorul principal de pe locomotivă; RD – Redresor necomandat;
 μC – Microcontroler, dsPIC30F.

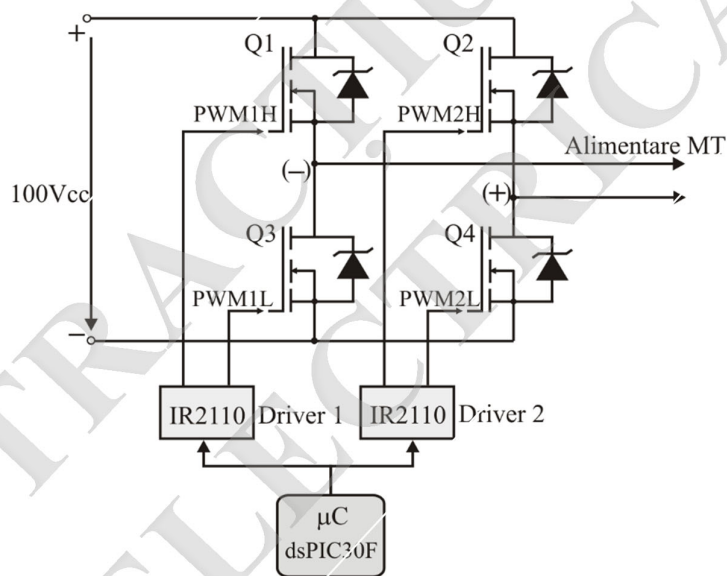


Fig. 5 - Schema de comandă a punții H.

Puntea H este formată din două brațe de punte realizate cu câte două tranzistoare MOSFET legate în serie și prevăzute cu diode de descărcare în antiparalel. Alimentarea punții se face de la un redresor RD. Punctele mediane ale celor două brațe sunt și bornele de ieșire ale punții H, între care se leagă motoarele de tracțiune de c.c. Comanda tranzistoarelor de pe fiecare braț se face cu o pereche de semnale PWM complementare furnizate de cele două drivere IR2110 (fiecare driver comandă un braț de punte).

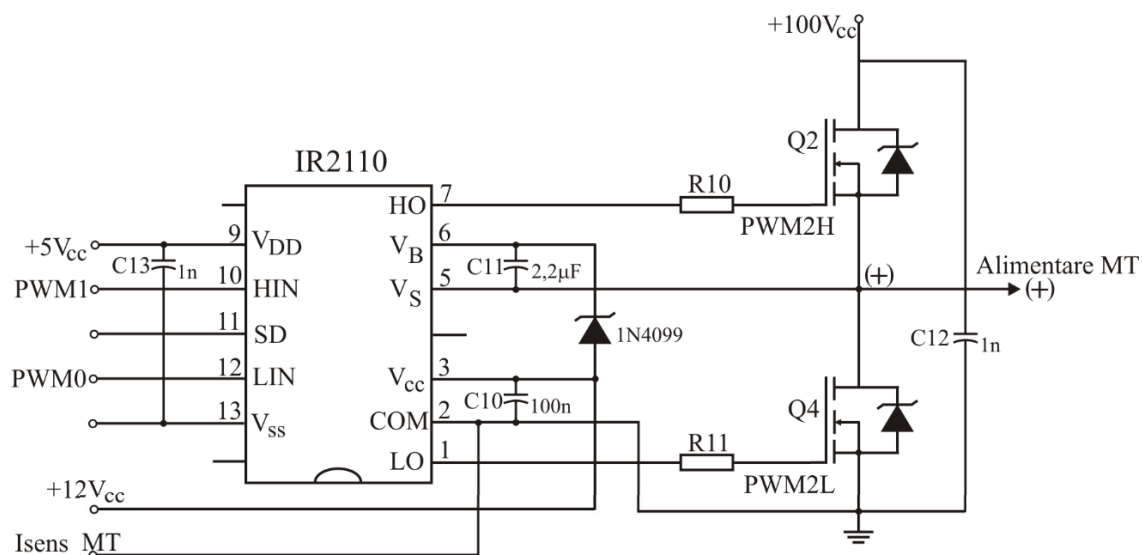


Fig. 6 - Driver IR2110 pentru comanda punții H.

Microcontrolerul dsPIC30F3011 asigură:

- furnizarea semnalelor de comandă PWM;
- măsurarea curenților pe motoarele de tracțiune;
- comanda circuitelor auxiliare;
- interfața operatorului cu locomotiva prin comunicarea Bluetooth. Cu PC-ul pe care se află interfața cu operatorul.

Pentru comanda convertorului ce alimentează circuitul de tracțiune se folosește o pereche de semnale de comandă PWM complementare și cu timp mort, suficiente pentru o comandă cu o comutație bipolară a tensiunii. O a doua pereche de semnale PWM este folosită pentru comanda punții H ce alimentează motorul de curent continuu care conectează și deconectează Pantograful 1 de la linia de contact.

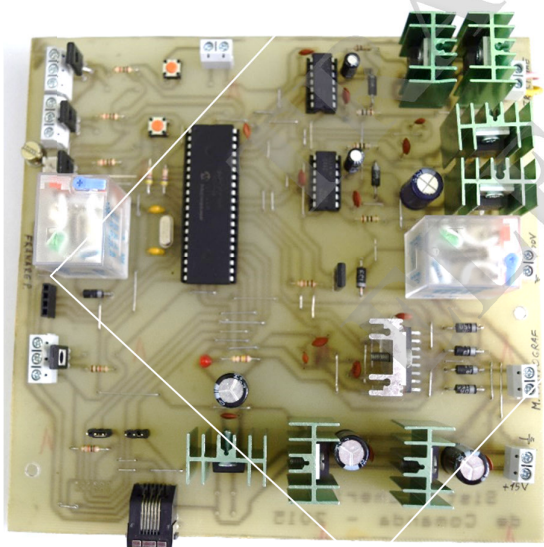


Fig. 7 - Implementarea practică a schemei electrice pentru comanda locomotivei.

4. IMPLEMENTAREA PROGRAMULUI DE CONTROL A LOCOMOTIVEI ELECTRICE DE LABORATOR

Comunicația modelului de locomotivă cu PC-ul se face printr-un modul Bluetooth (Fig. 8) fiind capabil să comunice cu orice dispozitiv portabil ce are modul bluetooth. Pentru a putea controla locomotiva prin intermediul Bluetooth a fost creat un program de interfață în mediul de programare LabView care pune la dispoziție o serie de comenzi și informații utile pentru controlul machetei.

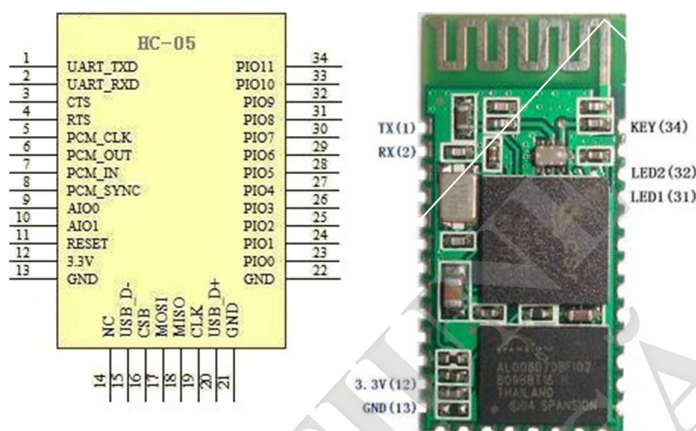


Fig. 8 - Modulul Bluetooth pentru comunicarea cu locomotiva.

Modulul de comunicație bluetooth este montat pe plăcuța cu sistemul numeric de pe locomotivă, este conectat la modulul serial al microcontrolerului și folosește comunicația serială (UART - Universal Asynchronous Receiver Transmitter) a acestuia. Blocul de comandă utilizat pentru acționarea electrică a locomotivei este compus din următoarele module:

- modulul de stabilizare al tensiunii (+15V, +12V, +5V);
- modulul microcontroller;
- modulul de comandă a motoarelor de tracțiune (puntea H);
- modulul de comandă al pantografului;
- modulul de comandă al frânei pneumatice;
- modulul de comunicare Bluetooth;

Controlul numeric al modelului de locomotivă este realizat cu ajutorul unui microsistem numeric de control realizat în jurul unui microcontroller dsPIC30F3011. Acesta are capacitatea de a achiziționa date preluate din sistemul de acționare electrică (viteză, curent), de a rula un algoritm de control și de a trimite semnale de comandă PWM către convertorul electronic de putere. Microcontrolerul poate fi programat utilizând interfața serială de programare corespunzătoare circuitului de programare ICD2 Debugger. Ulterior comunicarea microcontrolerului cu PC-ul se va face prin intermediul interfeței seriale RS232.

Interfața grafică cu utilizatorul

Postul de comandă este de tip „virtual” fiind implementat în mediul de programare grafică LabView. Programul de aplicație asigură o interfață grafică care simulează bordul de bază al unei locomotive și comenzile principale pentru acționarea acesteia. Funcțiile de comunicație ale

programului asigură transmiterea comenzilor de la postul de pilotaj către locomotivă precum și recepționarea informațiilor de stare de la vehicul și afișarea lor în timp real pe interfața grafică. Comunicația bidirecțională între machetă și postul de pilotaj este asigurată de portul UART al microcontroller-ului și modulul bluetooth de tip HC-06.

Utilizatorul poate controla acționarea locomotivei, acționarea motorului pantografului 1, direcția de deplasare a locomotivei, viteza de deplasare. De asemenea, de la locomotivă, prin interfața bluetooth, se primesc ca răspuns o serie de parametri de stare cum ar fi: starea motorului pantografului (led-ul Ridicat – Coborât) și starea alimentării locomotivei cu energie electrică de la substația de tracțiune (led-ul Alimentare OK), starea locomotivei (led-ul Start/Stop), direcția de deplasare (led-ul Sens), precum și curentul absorbit de cele patru motoare de tracțiune de pe boghiuri.

Modul de lucru

1. Se vor identifica echipamentele principale ale standului de locomotivă electrică de laborator.
2. Se vor studia: sistemul de alimentare cu energie electrică a locomotivei de laborator, linia de contact, calea de rulare și circuitul de tracțiune al locomotivei electrice de laborator. Se va studia schema punții H și modul de control pentru reglarea vitezei și schimbarea sensului de mers a locomotivei.
3. Se va pune sub tensiune locomotiva electrică de laborator și se va comanda acționarea locomotivei, reglarea vitezei și schimbarea sensului de mers folosind interfața grafică.
4. Se vor prezenta concluziile studiului.