

ADAPTAREA CERCETĂRII ROMÂNEȘTI LA CERINȚELE SOCIETĂȚII MODERNE – ICPE SAERP SA

Dr. ing. Cătălin GOIA ¹

¹ SC ICPE SAERP S.A., București, România

REZUMAT. SC ICPE SAERP SA este o societate comercială înființată în 1992 prin desprinderea din cadrul Institutului de Cercetări și Proiectări în Electrotehnică ICPE, sub egida căruia funcționa din anul 1956. Ulterior, în 1993, a fost privatizată complet prin metoda MEBO către salariați. Societatea a comutat de la cercetarea exploratorie la cercetarea productivă, devenind lider de piață zonal pentru industria acționărilor electrice pentru vehicule de transport public local și pentru echipamentele de conversie a energiei electrice la bordul vagoanelor de călători. Lucrarea vrea să descrie drumul parcurs și să evidențieze realizările deosebite.

Cuvinte cheie: Variator de tensiune continuă, convertizor servicii auxiliare, microcontroler, - Invertor tracțiune.

ABSTRACT. SC ICPE SAERP SA is a company established in 1992 by the ICPE Institute for Research and Design in Electrical Engineering, under the auspices of which it has been operating since 1956. Subsequently, in 1993, it was completely privatized by the MEBO method toward its employees. The company switched from exploratory research to productive research, becoming a zonal market leader for the local public transport vehicle electric drive and power conversion equipment on board passenger cars. The paper wants to describe the path taken and highlights the special achievements.

Keywords: DC chopper, auxiliary services converter, microcontroller, traction inverter..

1. INTRODUCERE

Institutul ICPE a fost dezvoltat în perioada de industrializare accelerată a economiei românești în principal pentru asimilarea diferitelor produse industriale care foloseau energia electrică. Domeniul de activitate se suprapunea parțial peste ariile de interes ale altor institute similar organizate, dintre care se evidențiau IPA – automatizări industriale, ICE – electronică; ICME – materiale ș.a.m.d. Obiectivele cercetării erau legate de nevoile planificate ale societății și de ambițiile personale ale conducătorilor din acea perioadă.

Principalele realizări ale Institutului ICPE au fost legate de cercetarea, de dezvoltarea și de transferul tehnologic în domeniul acționărilor electrice pentru platformele de foraj marin, pentru morile de ciment, echipamente de electroalimentare ale vehiculelor electrice – tramvai, troleibuz și autobuz electric, motoare electrice speciale, siguranțe fuzibile ultrarapide, întrerupătoare automate și contactoare de curent continuu, cabluri cu izolație specială, materiale magnetice, materiale ceramice, baterii, ș.a.m.d.

2. CERCETARE ȘI TRANSFER TEHNOLOGIC

Odată cu trecerea la economia liberă, guvernată de regulile economiei de piață, o serie de laboratoare din

cadrul ICPE s-au desprins și s-au constituit ca societăți comerciale independente. Majoritatea acestora au fost privatizate integral prin metoda MEBO, cea care presupunea trecerea părților sociale către salariați prin plată directă, în rate și prin investirea unor cupoane [1].

Acest drum a fost început de laboratorul LAREC 07 în anul 1992, când s-a desprins din ICPE, și a fost continuat prin privatizarea MEBO din 1993. Noua firmă căpăta denumirea de ICPE-SAERP S.A. (prescurtarea de la Societate de Acționari, Echipamente și Redresoare de Putere) și avea puțin peste 60 de angajați, ocupa un sediu comun cu firma ICPE-ACTEL SA (firmă care are un domeniu complementar de activitate) și o magazie de componente destul de slab echipată.

La conducerea firmei s-au aflat specialiști tineri și ambițioși, care au mizat pe următoarele politici de bază:

- Dezvoltarea prin transfer tehnologic a unor produse cu ciclu cât mai mic de producție, adresate industriei locale, folosind forța de muncă exclusiv proprie;
- Sprijinirea specialiștilor proprii prin acordarea de drepturi de invenție stimulativă pentru crearea de produse noi, competitive;
- Atragerea de tineri absolvenți de facultate, cunoscători ai mijloacelor de proiectare CAD și a specialiștilor în mijloace de calcul numerice;

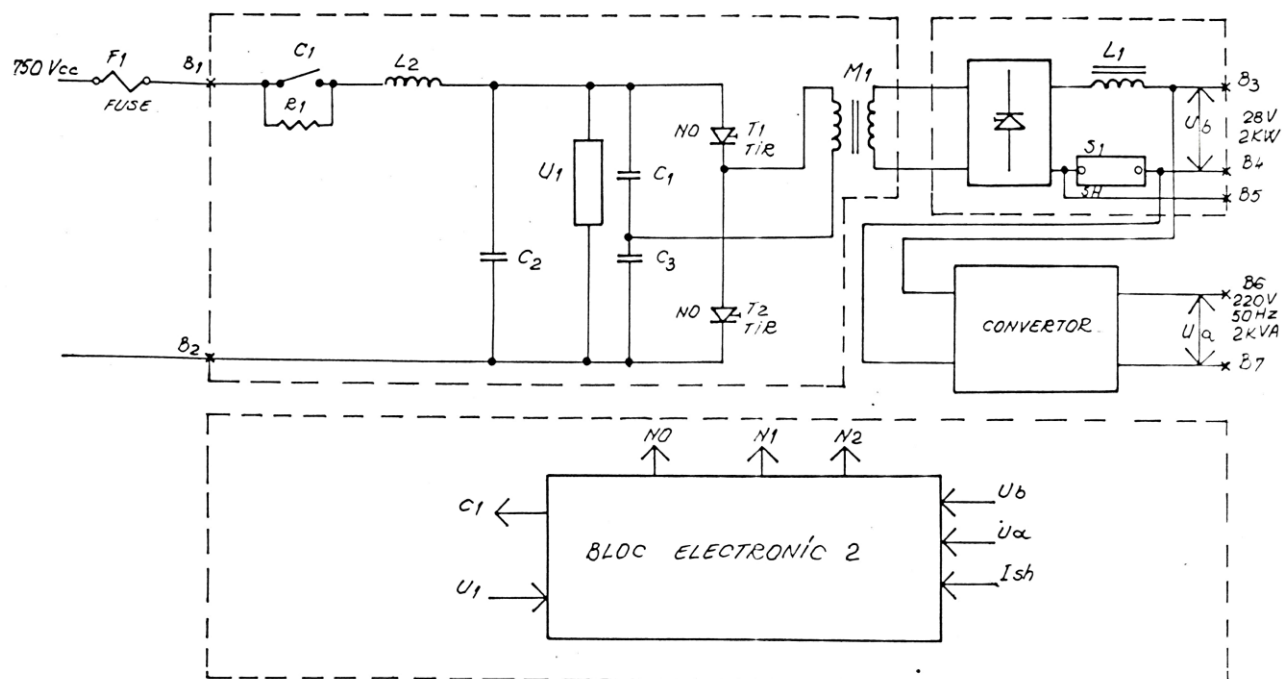


Fig. 1. Schema electrică a Sursei Statice pentru Tramvai tip SSAT28.

- Colaborarea efectivă cu alți actori din industria orizontală, pentru a completa oferta de produse românești.

Primul sector abordat a fost cel al acționărilor electrice pentru troleibuze și pentru tramvaie, unde ICPE avea un statut de unic producător român.

Primele rezultate ale transferului tehnologic de la cercetare la producție au fost sursele statice destinate tramvaielor, la care se foloseau tiristoare rapide comandate cu frecvență variabilă în domeniul 400...1000 Hz. Aceste convertizoare au trecut în producție de serie, fiind comercializate peste 400 de echipamente în toată România (Vezi Fig 1 preluată din referința [2]; [16]).

În paralel a fost demarat un amplu program de echipare a vagoanelor de călători românești cu convertizoare statice, de ordinul miilor de unități. Locomotivele au fost și ele modernizate și dotate cu magistrală pentru electroalimentarea vagoanelor cu tensiune alternativă de 1500V, 50Hz. Folosind această sursă de alimentare, vagoanele au renunțat la generatoarele de osie și au putut oferi condiții de iluminat, căldură și climatizare mult mai bune.

ICPE-SAERP, aplicând rezultatele cercetărilor proprii, a dezvoltat mai multe tipuri de Surse Statice, particularizate pentru fiecare tip de vagon aflat în exploatare, astfel:

- SSVc 1 pentru vagoane Clasa II-a;
- SSVc 4 pentru vagoane restaurant;
- SSVc 10 pentru vagoane Clasa a I-a;
- SSVc 13, 14 pentru vagoane cu aer condiționat – trafic intern;
- SSVc 43, 44 pentru vagoane cu aer condiționat, destinate traficului internațional.

Seria SSVc 43 și 44 sunt cele mai complexe (Vezi Fig 2, din [3]; [17]), fiind compatibile alimentării de la patru tensiuni de alimentare:

- 1500Vca, 50 Hz (România);
- 1000Vca, 16 ²/₃ Hz (Germania, Elveția);
- 3000 Vcc (Italia);
- 1500 Vcc (Franța).

Trecerea trenurilor dintr-o rețea de alimentare în alta presupune schimbarea locomotivei și, implicit, a tensiunii de alimentare prin magistrala vagoanelor, moment în care fiecare sursa din vagon își va reconfigura etajul de alimentare și va reporni. Foarte puțini producători europeni abordează convertizoare cu acest nivel ridicat de complexitate. Acest lucru a dus la o cerere foarte importantă de convertizoare, fapt reflectat în scurt timp prin dublarea personalului și prin achiziția unui sediu secundar aflat în imediata apropiere a celui principal.

Primele realizări proprii ICPE-SAERP care au adus și un plus de valoare financiară au fost echipamentele de acționare pentru troleibuze, domeniu în care activitățile de cercetare s-au întins pe o perioadă de peste 30 de ani. Începând cu anul 1992 aceste echipamente de tracțiune electrică au fost bazate de semiconductoare de tip tiristoare rapide cu stingere forțată (vezi Fig 3 preluată din [4]), sau, între 1994 și 1997 cu tiristoare GTO (Tiristoare cu blocare pe poartă) (vezi Fig 4 preluată din [5];[15]) și au echipat o serie de prototipuri realizate în colaborare cu Electroputere Craiova, cu Rocar și cu RATB. Prima serie de vehicule acționate cu VTC au fost 22 de troleibuze Saurer din București, transformate din autobuze în fabrica RATB-URAC.

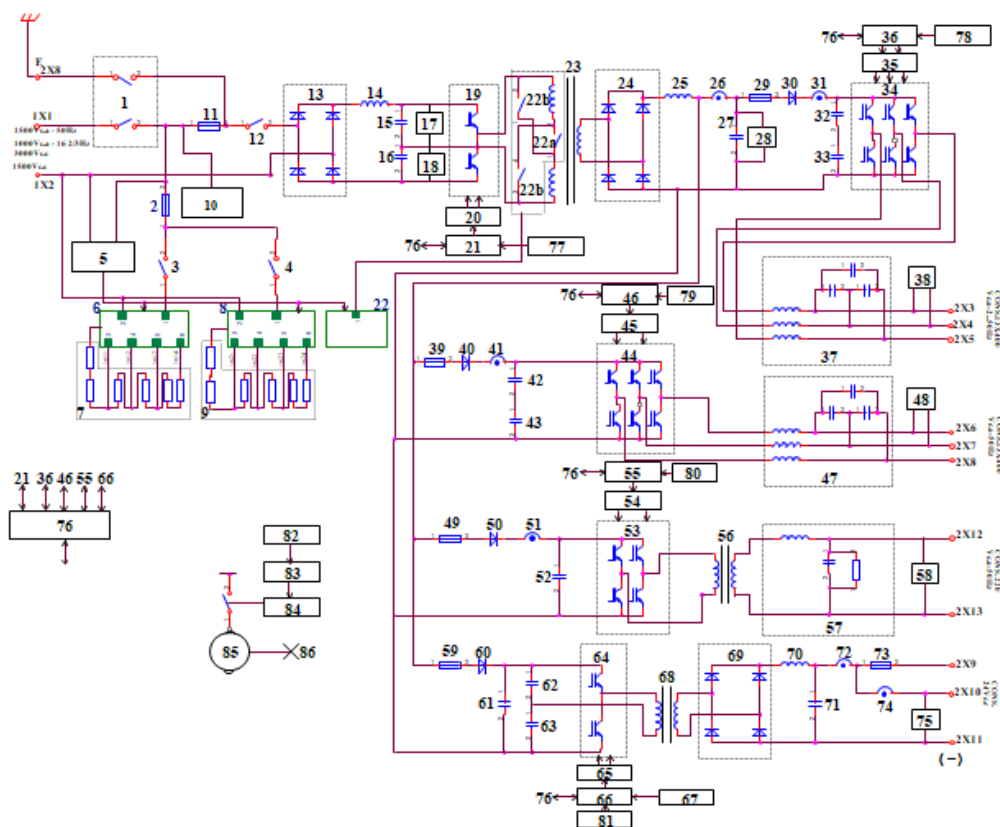


Fig. 2. Schema electrică a Convertizorului Multi-tensiune tip SSVC44 pentru vagoane de călători - trafic internațional.

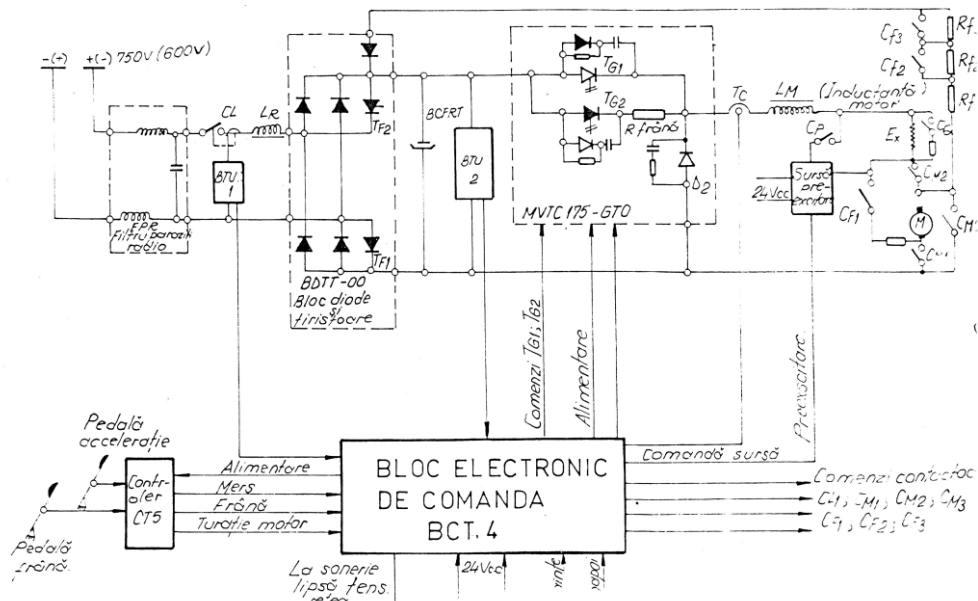


Fig. 3. Schema electrică a Echipamentului de Acționare cu VTC cu tiristoare rapide pentru troleibuz.

Cel mai reprezentativ rezultat al cercetării aplicative a ICPE-SAERP este echipamentul de acționare a troleibuzelor Astra-Ikarus 415T (Fig 4 ref [5]) care circulă București, care a adus și o plusvaloare financiară semnificativă.

Începând cu anul 1998 se folosesc semi-conductoare de tip tranzistoare IGBT (Tranzistoare cu Poartă izolată din engleza: Insulated Gate Bipolar Transistor) Aceste troleibuze sunt echipate cu

convertizoare statice tip CS11T pentru alimentarea serviciilor auxiliare. Troleibuzele acestea lansează fabrica Astra-Bus din Arad ca producător de troleibuze, folosind experiența personalului tehnic din Arad ca specialiști integratori. Cooperarea s-a bazat pe firmele Ikarus și Ganz-Ansaldo Budapesta.

Specialiștii ICPE-SAERP au reluat, începând cu anul 2000, preocupările privind acționarea vehiculelor deplasabile pe șine. În acest sens a fost definit

un principiu de comandă general multi-convertoare și multi-vagon (Fig 6 – referința [6]) și a fost dezvoltat un sistem de comandă propriu, numit SATREC-

MMA, bazat pe microcontrolere, caracterizat de o mare adaptabilitate (fiind capabil a comanda și tramvaie dar și troleibuze).

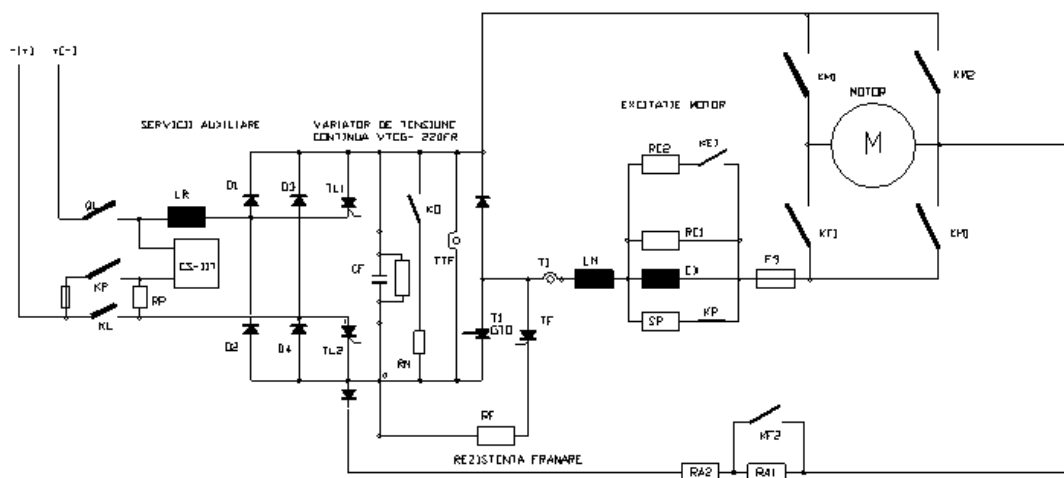


Fig. 4. Schema electrică a Echipamentului de Acțiune cu VTC cu tiristoare GTO pentru troleibuz.



Fig. 5. Troleibuzul Astrak415T (1996-1998) în București

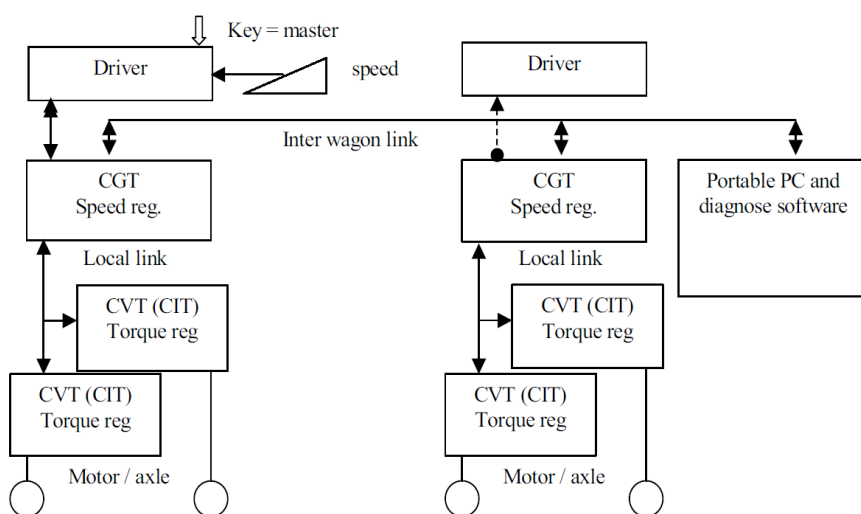


Fig. 6. Arhitectura sistemului multiprocesor SATREC-MMA

Blocul de comandă CGT (controler General Tracțiune) comunică cu blocurile subordonate CVT (Controler Variator de Tensiune) care controlează,

fiecare, câte un motor de tracțiune . Așa cum este descris în Figura 7 (referința [7]), unde Controlerul general realizează reglajul de viteză al vehiculului și

transmite prescrisa de cuplu pentru convertizoarele de antrenare ale motoarelor $Im1$ și $Im2$, care realizează reglajul de curent în buclă locală.

Comunicarea între blocurile de comandă este serială de tip RS485, folosește principiile Master-Slave (Fig 8 – referința [8]) bazat pe un mesaj de tip "Beacon" emis de către controlerul master și de mesaje de comunicare

bidirecționale care se folosesc de slot-urile de timp dintre două mesaje de tip "beacon".

Prima aplicare a sistemului de comandă distribuit a fost prototipul de tramvai tip V3A-93M realizat într anii 2001 și 2002 împreună cu specialiștii RATB-ETE din Depoul Dudești (Fig.9 – referința [9]; [18]).

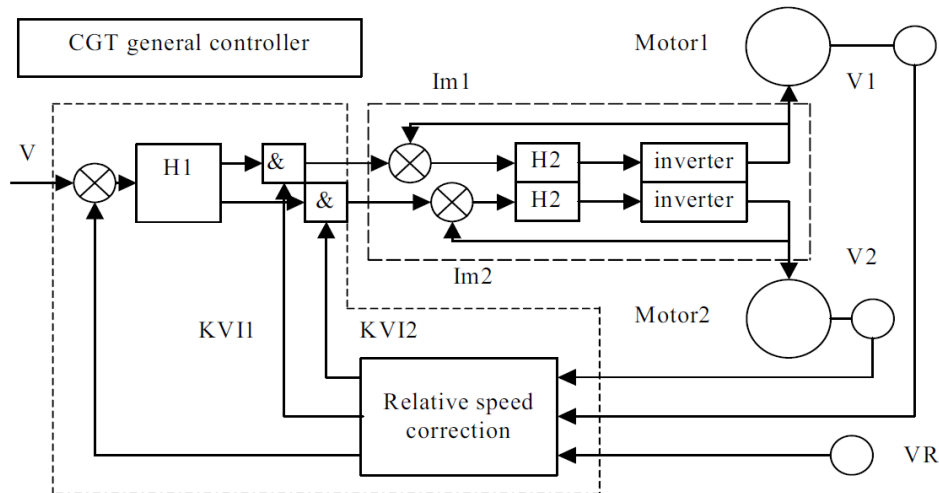


Fig. 7. Funcțiile de reglaj ale sistemului SATREC-MMA

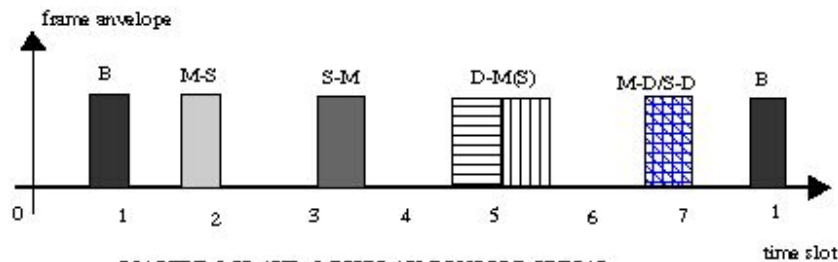


Fig. 8. Pachetele de date și succesiunea lor într-un sistem ordonat după mesaje "beacon" B

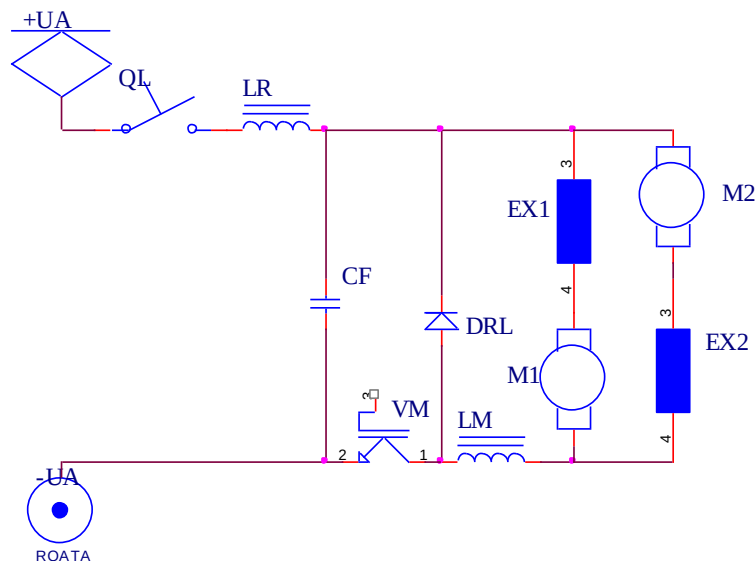


Fig. 9. Schema electrică de principiu – un variator de tensiune continuă pentru alimentarea în paralel a două motoare de tracțiune

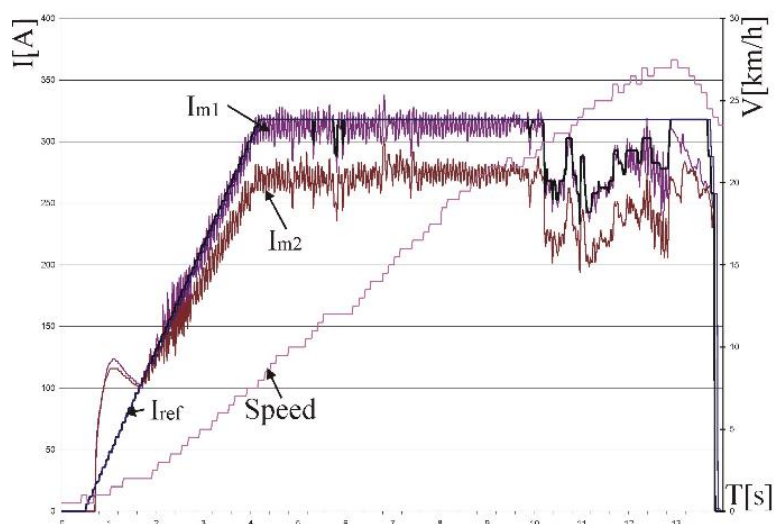


Fig. 10. Tramvai: diagrama curenților motor I_{m1} , I_{m2} și a vitezei

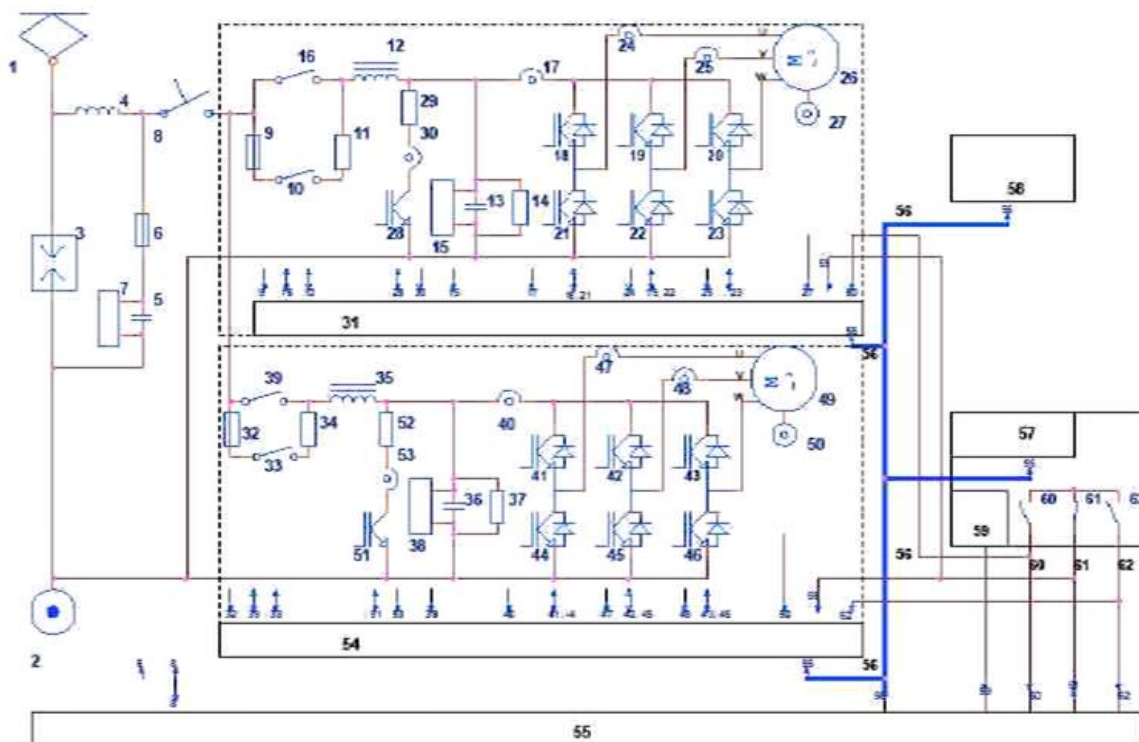


Fig. 11. Schema electrică de principiu pentru tramvai bimotor– două invertoare de tracțiune și două motoare de tracțiune

Performanțele reglării numerice și a stabilității sistemului de comandă SATREC-MMA bazat pe comunicarea serială au consacrat această soluție de reglaj pentru toate aplicațiile de tracțiune realizate după anul 2004 (Fig.10 – referința [9]). Oricum, pentru conducerea în siguranță a vehiculelor feroviare se recomandă menținerea unei magistrale de comandă în lungul trenului bazată pe transmiterea paralelă a comenzilor (referința [11]), dublată de o magistrală serială pentru transmiterea comenzilor și a stărilor de funcționare. Suplimentar, pentru diagnoza sistemului de acționare este recomandată și o a doua magistrală serială. Începând cu anii 2010, la ICPE -SAERP se dezvoltă

sistemele de acționare bazate pe invertore trifazate care alimentează motoare asincrone. În [12] sunt prezentate schemele generale ale sistemelor de acționare, folosind comenzile prelucrate de același bloc de comandă SATREC-MMA, dar transmise de această dată invertorelor de tracțiune ale tramvaiului (vezi figura 11) sau ale troleibuzului (vezi figura 12).

Odată cu progresul sistemelor de comunicație CAN (Controller Area Network) la bordul vehiculelor, aplicarea la autobuze și la troleibuze a standardului de comunicație J1939 dezvoltat pentru camioane a impus reproiectarea sistemului de comandă SATREC-MMA.

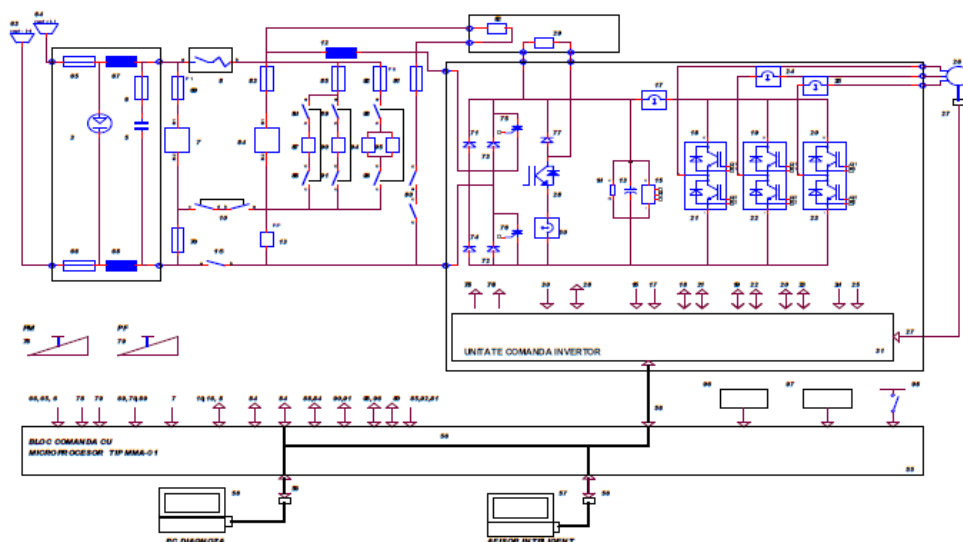


Fig. 12. Schema electrică a unui troleibuz echipat cu inverter trifazat pentru alimentarea unui motor de tracțiune

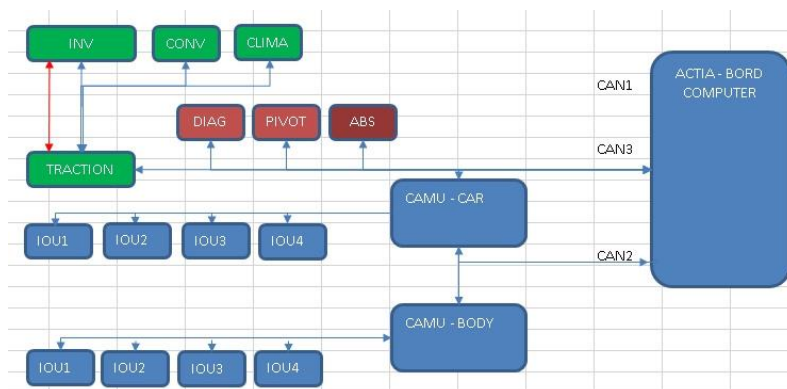


Fig. 13. Schema rețelei de comunicație serială a unui troleibuz

Așa cum se observă în figura 13 (referința [13]) unde componentele sistemului de tracțiune sunt evidențiate cu culoarea verde, apare o relație de comunicație cu calculatorul de bord, dar și prin ierarhia deja consacrată, cu inverterul de tracțiune și cu convertizoarele de servicii auxiliare. Avantajul acestei interconectări este acela că se poate accesa un volum mai mare de date de intrare pentru a rafina reglajul, dar se poate și interveni în mod mult mai rapid și mai eficient în cazul în care funcțiunile evidențiate cu roșu – frânarea ABS, articulația PIVOT și diagnoza centralizată o impun.

Suplimentar față de soluționarea provocărilor legate de echipamentele de tracțiune și de alimentare a serviciilor auxiliare, cercetătorii ICPE-SAERP au rezolvat și alte probleme vitale pentru bunul mers al vehiculelor cu propulsie electrică.

Astfel, au fost dezvoltate o serie de afișoare interactive numite ADT (Afișor Diagnoză Tracțiune) figura 14 (ref [13]) care prezintă viteza, parcursul, consumul de energie consumată și recuperată, memoria gen ”cutie neagră”. Pentru diagnoză cercetătorii ICPE-SAERP au dezvoltat programe de diagnoză particularizate numite DCSOft.

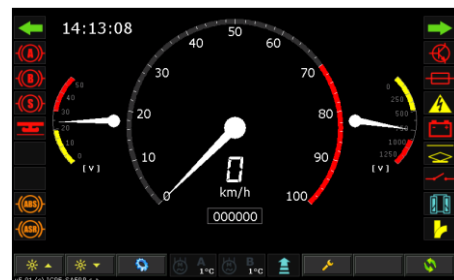


Fig. 14. Afișorul Diagnoză Tracțiune – captură ecran tramvai

Pentru a asigura protecția călătorilor care utilizează transportul cu troleibuzul a fost dezvoltată seria de senzori STP (Sesizor Tensiune Periculoasă) (Figura 15, Ref [14]) ce comandă automat decuplarea alimentării de la rețea în momentul detectării unui potențial periculos.

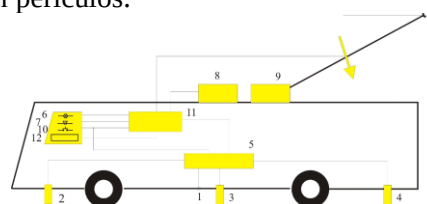


Fig. 15. Protecția împotriva potențialului periculos la troleibuz.

3. CONCLUZII

Colectivul de cercetare-dezvoltare al ICPE-SAERP a aplicat politica de îmbunătățire continuă a produselor, în așa fel încât s-a menținut la un nivel tehnologic ridicat, a urmat tendințele de dezvoltare ale echipamentelor electronice pentru vehicule și a menținut specializarea cercetătorilor români în domeniul acționărilor electrice pentru tracțiune la un nivel comparabil cu cel din trecut.

Nivelul ridicat de componentă inovativă a soluțiilor tehnice aplicate este confirmat și de un număr de 55 de brevete de invenție înregistrate la OSIM, toate făcând obiectul transferului tehnologic [15, 16, 17, 18].

Prin practica productivă, realizarea de lucrări de licență, de masterat sau doctorate în domeniu, ICPE-SAERP a participat la formarea tinerilor specialiști absolvenți ai Învățământului Politehnic din România.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Site www.saerp.ro, București, România.
- [2] Rădulescu V., Străinescu I et al. „Surse statice pentru alimentarea serviciilor auxiliare de pe vehicule urbane: metrou, tramvai, troleibuz” Simpozionul URTP 1994, Craiova, România.
- [3] Gheorghe S., Rădulescu V., et al., “Four type input voltage static converter for supplying auxiliary services on railway waggons” 11th International POWER ELECTRONICS and MOTION CONTROL Conference EPE-PEMC04, 18-21.05.2004., RIGA, LETONIA. ISBN 9984-32-010-3
- [4] Rădulescu V., Străinescu I., Dumitrescu I., Sergiu Ghe, Profir I., Tudor E., Mitroi Ghe., Anton B., Ilie C., Badea S. „Echipamente de acționare cu tiristoare GTO pentru troleibuz.” Simpozionul URTP 1994, Craiova, România.
- [5] Rădulescu V., Străinescu I., Moroianu L., Tudor E., Gheorghe S., Vizireanu D., Bozas F., Mitroi Ghe., “Echipamente de acționare cu chopper cu IGBT pentru troleibuz,” Conferința Internațională de Sisteme Electromecanice Și Energetice SIELMEN, 2001, Chișinău, Moldova, ISBN 9975-9638-7-0.
- [6] Bozas F., Emil Tudor, Dascalu A., Gheorghe S., Braslasu D. “Contribuții la comanda multiplă a trenului greu și ușor tip metrou folosind comanda ierarhizată cu microprocesoare” Conferința Internațională de Sisteme Electromecanice Și Energetice SIELMEN, 4-6.10.2001., Chișinău, Moldova, ISBN 9975-9638-7-0.
- [7] Rădulescu V., Străinescu I., Gheorghe S., Tudor E., Bozas F., Braslasu D., Dascalu A., “Speed and Power of Train Control System” 10th International POWER ELECTRONICS and MOTION CONTROL Conference, EPE-PEMC 2002 Cavtat & Dubrovnik Croația, ISBN 9531-840474 978-953184-0477.
- [8] Bozas Fl., Gheorghe S., Tudor E., Braslasu D., Dascalu A., “Modular control system for d.c. vehicle drive” 11th International POWER ELECTRONICS and MOTION CONTROL Conference EPE-PEMC04, 18-21.05.2004., Riga, Letonia. ISBN 9984-32-010-3.
- [9] Rădulescu V., Străinescu I., Tudor E., Bele I., Bocii L.S., Gavra C. “Testing experimental models for an advanced electrical traction system with frequency inverteres” U.P.Tm. Sci. Bull., Series Mecanics, Tom. 52 (66), Fasc. 7., Jun 2005 ISSN 1224-6077 Timișoara, România.
- [10] Tudor E. “Electric drive for trams equipped with two motorized bogies and a single DC chopper” U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 68, No. 3, 2006, pag 31-46. Iun 2006 ISSN 1454+234x București, România.
- [11] Străinescu I.; Tudor E.; Serbu V.; Bozas F.; Badea S “Speed control of subways and trams” 14th International Conference on Urban Transport and the Environment in the 21st Century (sept. 2008); WIT Transactions on the Built Environment, v101 Pag. 515-523 Sep 2008 DOI 10.2495/ UT080501, ISBN: 978-1-84564-123-8 ISSN: 1743-3509.
- [12] Rădulescu V.; Străinescu I.; Moroianu L.; Gheorghe S.; Tudor E.; Lupu V.; Bozas F.; Dascalu A.; Mitroi G.; Braslasu D “Driving equipment with three-phase inverters and asynchronous traction motors for trolleys and trams” COMPRAIL 12th International Conference on Computer System Design and Operation in the Railways and other Transit Systems (Beijing);. WIT Transactions on the Built Environment, Pag.561-572, 2010, DOI 10.2495/CR100521, ISBN: 978-1845644680 ISSN: 1743-3541.
- [13] V. Rădulescu, I. Străinescu, E. Tudor, F. Bozaș, A. Dascălu, D. Brăslășu “The integration of the traction equipment into the vehicle computer network” 21th International Conference on Urban Transport (Val, SPA);. The Built Environment, Vol 146 Jun-2015, DOI 10.2495/ UT150301, ISBN 978-1-5386-2382-4 978-1-5386-2381-7.
- [14] Străinescu I.; Rădulescu V.; Tudor E.; Ungurasu C “Trolley bus passengers' protection against accidental electrocution” SAFE 2009 3rd International Conference on Safety and Security Engineering (Rome, ITA);. WIT Transactions on the Built Environment, v108: pag. 585-593 Jul 2009 DOI 10.2495/SAFE090541, ISBN: 978-1-84564-193-1 ISSN: 1743-3509.
- [15] Vasile RĂDULESCU, Ioan STRĂINESCU, et al. Echipament cu variator de curent continuu pentru acționarea troleibuzelor. Brevet OSIM Nr. 120395 B1 / 2006
- [16] Vasile RĂDULESCU, Ioan STRĂINESCU, et al Sursă statică pentru servicii auxiliare la tramvai. Brevet OSIM Nr 118510 B /2003
- [17] Vasile RĂDULESCU, Ioan STRĂINESCU, et al ”Sursă statică pentru alimentarea serviciilor auxiliare de pe vagoanele de călători cu 5 ieșiri, alimentată de la conducta principală a trenului cu 4 tensiuni de intrare” Brevet OSIM 121549 B1 /2007
- [18] Vasile RĂDULESCU, Emil TUDOR, et al; „Echipament pentru acționarea unui vehicul electric urban, de suprafață, deplasabil pe sine”, Brevet OSIM Nr. 123534 B1 /2013

Despre autor

Dr. Ing. **Cătălin GOIA**

ICPE SAERP SA, București, România Director Științific, Cercetător Științific CSIII.

Născut în București în anul 1969, a absolvit cursurile Facultății de Ingineri Electrică în anul 1994 și a devenit Doctor în Științe în anul 2007 la aceeași facultate din universitatea ”Politehnica” din București. De la terminarea studiilor a lucrat în compania ICPE-SAERP, unde a condus o multitudine de proiecte din domeniul electronicii de putere, în special de convertizoare statice pentru alimentarea comenzilor vehiculelor de transport public sau a vagoanelor de cafe ferată. Autor a mai multe invenții și lucrări, activează ca și cadru didactic în învățământul superior tehnic.