



Titlu Proiect: Virtual Platform for real time testing of electric vehicles with improved Energetic performances

Nr. contract: BG 38/2016

Adresă website: www.viper.utcluj.ro

Organism implementare: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Beneficiar cercetare: Siemens Industry Software SRL (Braşov)



Echipă proiect:

Daniel FODOREAN (director)

Tamas GYORGY (doctorand)

Lorand SZABO (cercetător)

Alexandru-Mihai DĂRĂMUŞ (doctorand)

Ioana-Cornelia GROS (cercetător)

Cătălin Rareş NACU (masterand)

Claudia Violeta POP (doctorand)

Adam KIS (masterand)

Raport Final

CUPRINS

I. Obiectivele stabilite la demararea proiectului VIPER.....	2
II. Realizările tehnico-ştiinţifice ale proiectului	4
III. Provocări şi soluţii propuse/testate în proiectul VIPER.....	9
IV. Diseminarea rezultatelor – publicaţii	10
Anexa I – Site WEB.....	11

I. Obiectivele stabilite la demararea proiectului VIPER

Proiectul **Virtual Platform for real time testing of electric vehicles with improved Energetic performances** (VIPER) a avut ca scop principal realizarea unui simulator de realitate virtuală pentru testarea vehiculelor electrice (a propulsiei, a alimentării, a controlabilității, a managementului energiei, iar în perspectivă a autonomiei vehiculelor). Provocările cercetării implicate în proiectul VIPER s-au referit la două aspecte:

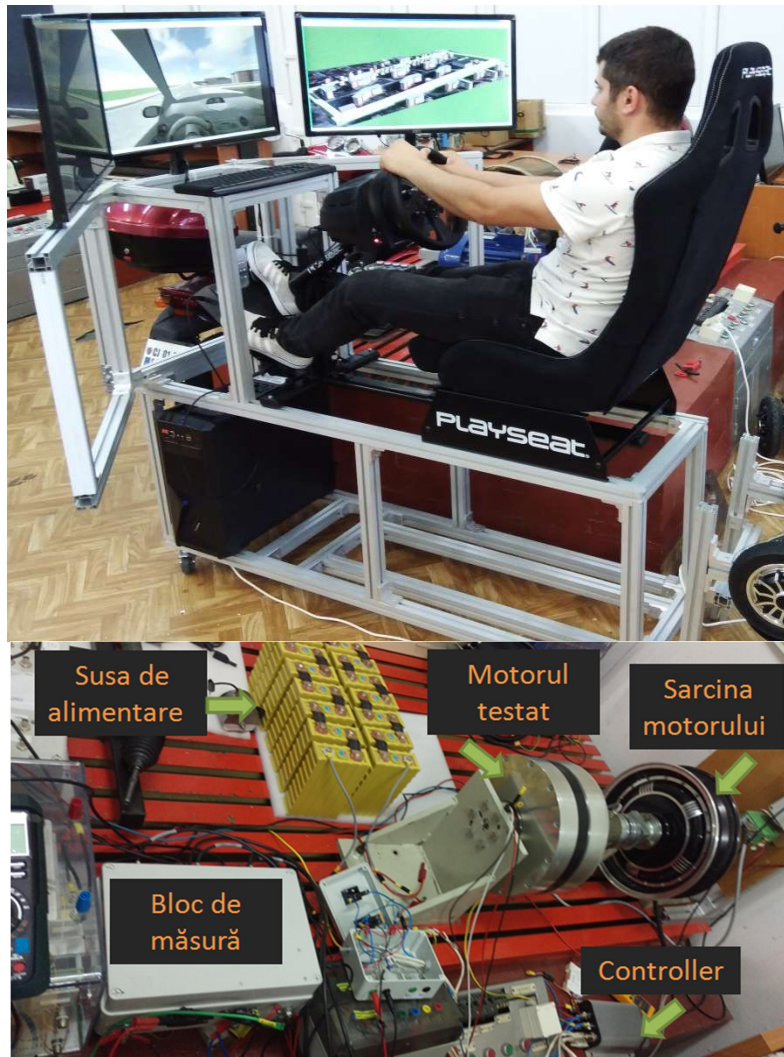
- obținerea unui rezultat tehnic concret, exploatabil de către partenerul industrial implicat în proiect, și anume compania *Siemens Industry Software* (SISw) din Brașov – acesta a fost scopul principal al muncii depuse pe durata a 24 de luni.

- complexitatea temei alese presupune interacțiunea unor domenii, totuși conexe, care au presupus o muncă consistentă și extrem de diversificată: stabilirea arhitecturii platformei de realitate virtuală folosind dispozitivele și componentele din dotarea laboratorului; achiziționarea, reînnoirea sau reconversia de echipamente și materiale de laborator; asimilarea unor pachete informatice noi (Prescan, Unity, sau chiar și Amesim, produs de partenerul industrial SISw – cel puțin pentru unii membri ai echipei) și utilizarea unor noi echipamente sau componente hardware.

Realizările obținute în proiectul VIPER ne permit să declarăm că experiența dobândită a fost benefică din toate punctele de vedere și că a deschis perspective noi de studii, de interes chiar și pentru partenerul industrial (în principal utilizarea conceptului *digital twin in simulare*, dar și studiul și implementarea conceptului de vehicul autonom). Dintre beneficiile echipei de cercetare de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (UTCN), adică organismului de implementare, amintim: accesarea la resursele informatice ale companiei (beneficiind de licență software gratuită, tutoriale și asistență tehnică în folosirea programului produs de companie, *Amesim*), dar și vizitarea sediului companiei unde tinerii masteranzi și doctoranzi au găsit un mediu industrial profesionist. Apoi, reciprocitatea (numeroaselor) vizite înspre și de la partenerul industrial au contribuit la reinițierea unor teme de cercetare cu Universitatea Tehnică din Brașov (platformă de vehicul electric cu hexapod, pentru testarea VE), dar și la deschiderea și disponibilitatea suplimentară a companiei SISw de a sponsoriza alți studenți (4) de la UTCN (cărora li s-a oferit burse și training în *Amesim*) pentru pregătirea, modelare și testarea unui vehicul electric lejer.

Pentru a evalua îndeplinirea obiectivelor cercetării în proiectul VIPER mai întâi de toate se prezintă obiectivele stabilite la depunerea de proiect, precum și diagrama Gantt a acestuia:

ETAPA I: Stabilirea arhitecturii platformei virtuale
Pachet de lucru I.1 : Arhitectura și cerințele aplicației
Pachet de lucru I.2 : Implementarea metodologiei
ETAPA a II-a: Realizarea interfeței virtuale și a modelelor sub-componente
II.1 Stabilirea interacțiunii între componentele VE și interfața virtuală
II.2 Realizarea interfeței virtuale și a modelelor componentelor VE
ETAPA a III-a: Implementarea/validarea controlului în timp real cu interfața virtuală realizată
III.1 Implementarea controlului în timp real
II.2 Validarea interfeței de realitate virtuală și a controlului în timp real al VE



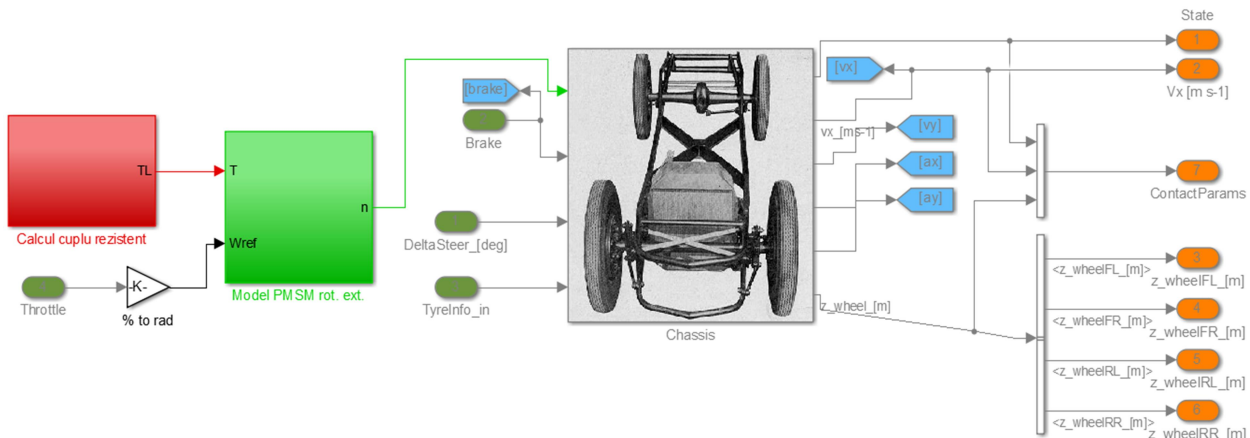
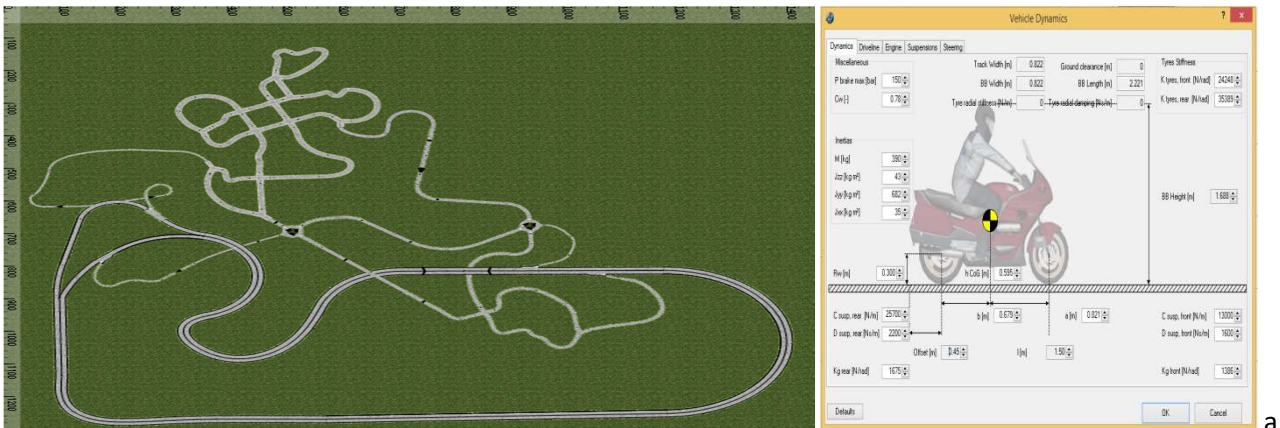
Figură 2 Simulator auto de realitate virtuală realizat în proiectul VIPER: componenta software (sus) și hardware (jos).

II. Realizările tehnico-științifice ale proiectului

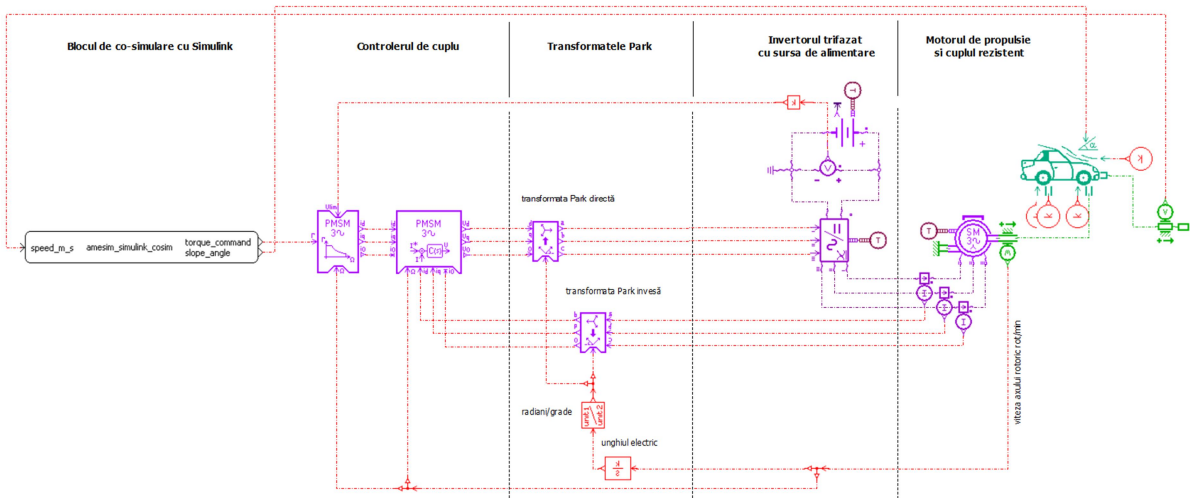
- S-au elaborat modele matematice pentru componente de tracțiune și direcție electrică, implementate în Simulink, precum și convertizoarele statice asociate pentru alimentarea mașinilor electrice și a reglatoarelor necesare controlului.
- S-au realizat circuite rutiere virtuale și diverse scenarii de rulare, folosind software-ul *Prescan*.
- S-a realizat conexiunea între *Simulink* și software-ul *Prescan* de realitate virtuală pentru pregătirea conexiunii cu platforme de timp real.
- S-a realizat o nouă interfață de realitate virtuală, care să integreze modelul mecanic impus de configurația drumului (inclusiv elevație) și modelul propulsiei electrice, programarea acestuia realizându-se în *Simulink*. Aici s-au considerat circuite rutiere urbane din Cluj-Napoca și Brașov.
- Ambele platforme, atât cea elaborată în *Prescan* cât și cea nou realizată în *Unity*, au fost testate cu sistem volan/pedalier achiziționat în proiect.
- Pentru caracterizarea (dezvoltarea adecvată de modele) a bateriei, s-au achiziționat celule de baterie de tip LiFePO₄, precum și circuite de echilibrare aferente, dar și sisteme de monitorizare a consumului energetic (acestea fiind principalele achiziții ale proiectului VIPER).
- S-a realizat programarea unei unități *FPGA* pentru implementarea modelului propulsiei, model folosit și în software-ul *Prescan*, dar și în a doua platformă de realitate virtuală (nou elaborată). Astfel, s-a putut evalua funcționarea în timp real a modelului de control a propulsiei electrice.

- S-a realizat interfațarea hardware a două sisteme de propulsie: unul de mare viteză, iar al doilea în structură inversată (motor-roată), precum și interfața corespunzătoare pentru detecția vitezei motorizării electrice.
- Cu ajutorul membrilor companiei SISw s-a elaborat o platformă de simulare a propulsiei electrice folosind software-ul companiei, *Amesim*, de integrat în platforma de timp real în vederea evaluării bilanțului energetic în condiții cât mai aproape de realitate a aplicației studiate.
- S-au realizat/finalizat/validat 4 moduri de operare pentru platforma de realitate virtuală, având la baza aplicația *Prescan*, funcționând în cosimulare cu *Simulink*, cu *Amesim* (software-ul companiei *Siemens Industry Software*) și *Simulink*, cu sistemul de control în timp real (*dSPACE*, via *Simulink*), conectând partea de simulare cu componentele hardware ale sistemului considerat (motorul de propulsie electrică, bateria și controlerul).
- Prin cele 4 moduri de operare s-au identificat limitări de software și hardware utilizat, acum existând competența în a indica unui eventual nou partener industrial o arhitectură de sistem optimă pentru acest tip de simulare.
- S-a optimizat funcționarea platformei noi elaborate în Unity, asistate și de Simulink, pentru creșterea timpului de execuție în procesare la funcționarea în mediul de realitate virtuală nou creat.
- Pe lângă stagiile (vizitele) la compania SISw, sau ale membrilor partenerului industrial la UTCN, ca și concluzie a proiectului s-a organizat un workshop, găzduit de Universitatea Transilvania din Brașov (care a redemarcat cercetări pe domeniul implementării conceptului de realitate virtuală în studiul VE) unde s-a deplasat standul elaborat în proiectul VIPER și unde s-a prezentat modul de funcționare a acestuia – standul a rămas în custodia companiei SISw pentru teste suplimentare.

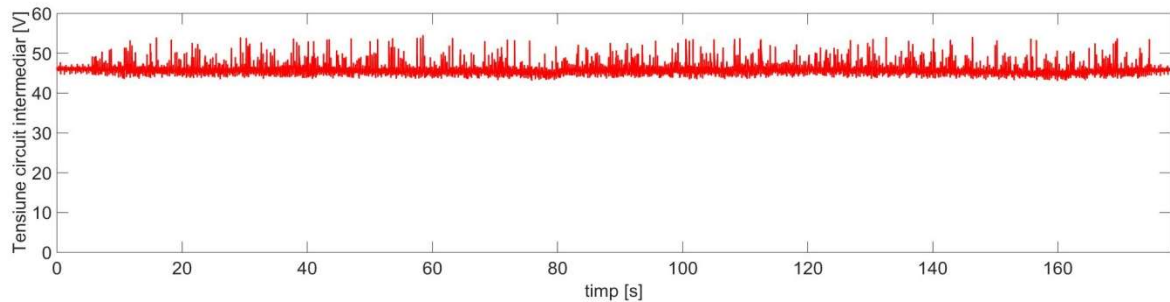
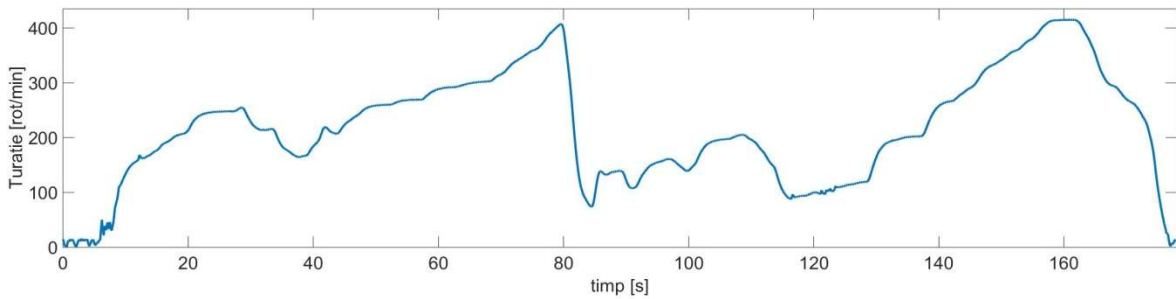
Câteva exemple de soluții software și rezultate simulate/măsurate, folosind platformele Prescan-Simulink-Amesim-dSPACE, Simulink-FPGA/Digilent/Xilinx și Unity-Simulink sunt prezentate în continuare.



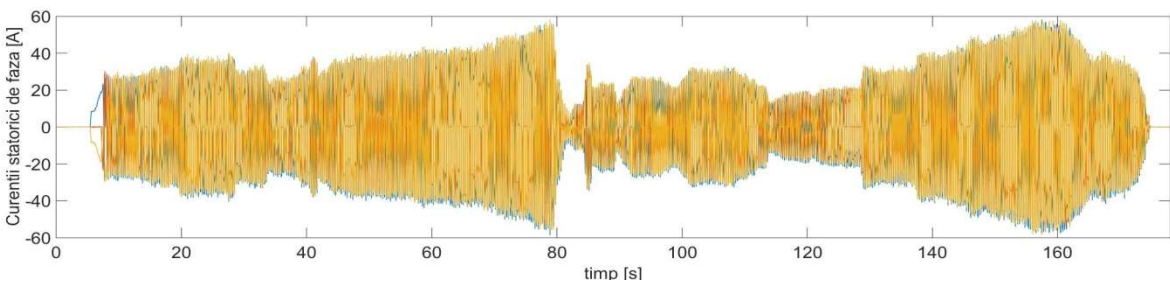
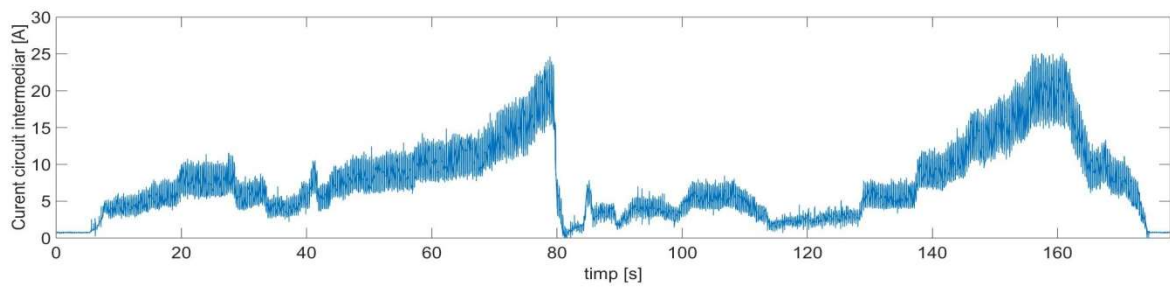
Model vehicul electric Amesim



c

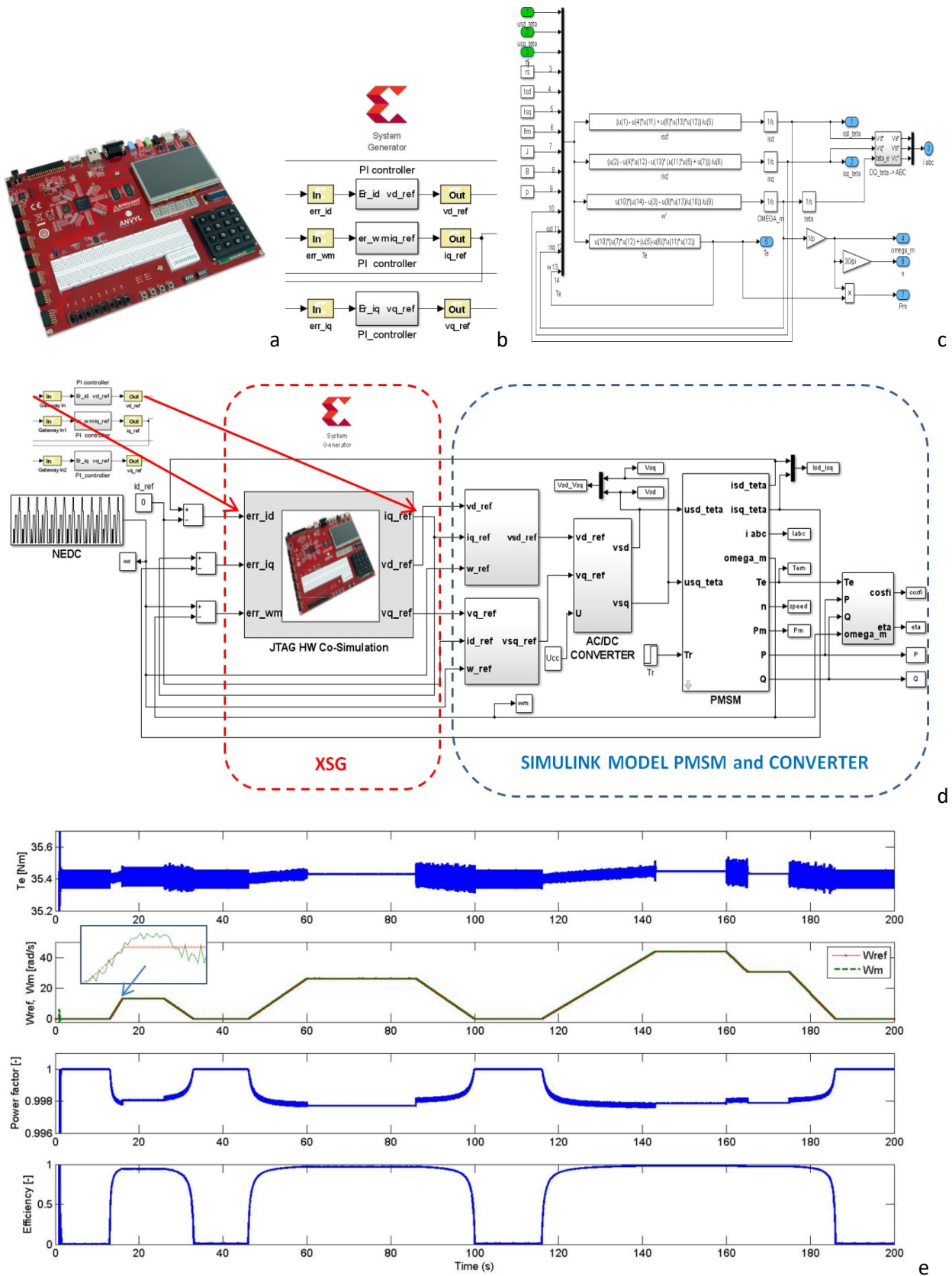


d

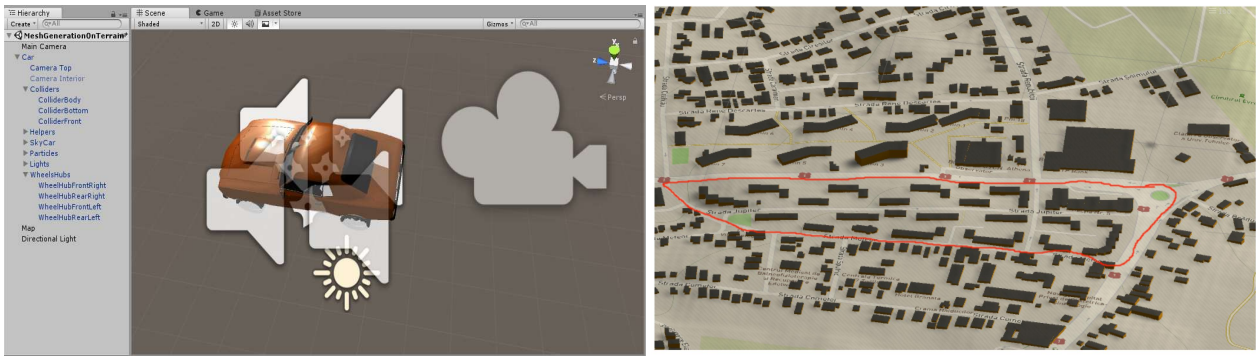


e

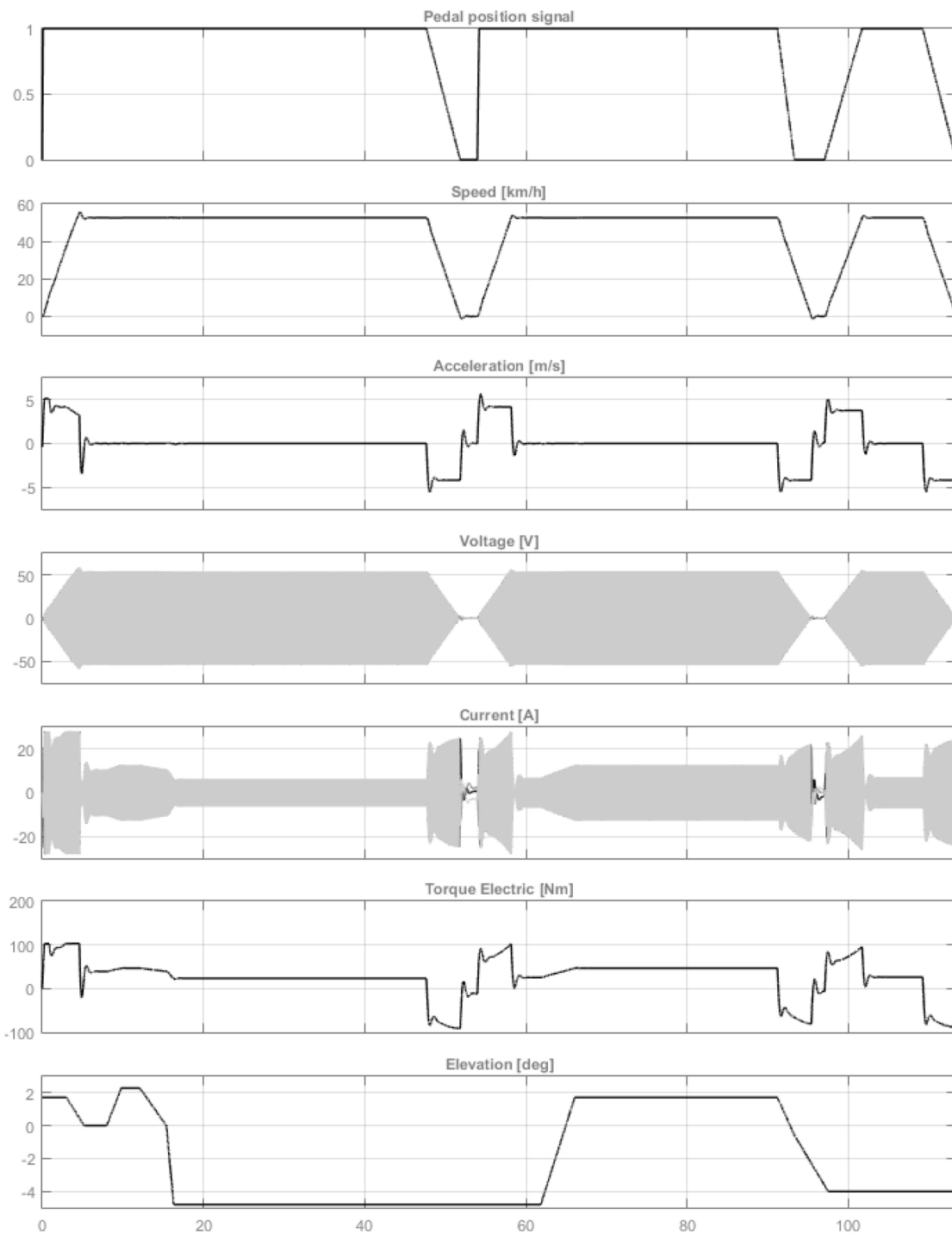
Figură 3 Soluție de cosimulare Prescan-Simulink-Amesim-dSPACE (cu sistem fizic): configurare Prescan (a); model general Simulink (b); model AMesim (c); rezultate experimentale folosind platforma dSPACE de timp real (d și e).



Figură 4 Soluție de Simulink-FPGA/Digilent/Xilinx: placa Digilent (a); interfața Xilinx pentru programarea FPGA (b); model motor Simulink (c); schema bloc principal, în Simulink (d); rezultate simulate (e).



a



b

Figură 5 Soluție de Unity-Simulink: configurator Unity (a); rezultate simulate folosind cosimularea Unity Simulink (b).

III. Provoacări și soluții propuse/testate în proiectul VIPER

Provocare/Problemă întâmpinată	Nivel	Soluție implementată
La folosirea unui scuter din biblioteca Prescan, software-ul nu avea implementat modelul dinamic 3D al profilului drumului.	Software-Prescan	S-a renunțat la scuter și s-a folosit un vehicul – care a trebuit adus la nivelul de dinamică al scuterului (greutate, arie frontală, frecări etc.).
Folosirea de hărți/trasee de rulare de dimensiuni semnificative reduce drastic funcționarea în timp real a interfeței virtuale elaborate în Prescan (întârziere în comenzi, imagini sacadate).	Software-Prescan	S-a folosit un calculator cu performanțe ridicate, dar cu toate acestea nu s-a reușit ameliorarea interacțiunii 3D cu utilizatorul (după părerea noastră este o limitare de software Prescan, recunoscută de producător).
În interfața generală de utilizare a Prescan, în care se văd activate platformele de co-simulare (cu Simulink) și de funcționare în timp real (cu dSPACE), cea din urmă nu era vizibilă/activă – s-a folosit Matlab/Simulink 2014b și ControlDesk 5.6.	Software-Prescan	Contactând furnizorul de software (Tass International, actualmente parte din Siemens) ni s-a spus că această conexiune este posibilă pentru versiuni mai vechi de Matlab și dSPACE.
Comunicarea cu componenta de funcționare în timp real, platforma dSPACE, pentru transferul semnalului de unghi din realitatea virtuală, pentru calcularea și trimiterea semnalului de cuplu de sarcină.	Software-Simulink	S-au încercat mai multe soluții pentru transmiterea cuplului de sarcină, folosind placa de sunet, portul serial Rs232, soluții care nu au dat rezultate satisfăcătoare. În cele din urmă s-a optat, cu succes, pentru varianta CAN, cu care este echipat dSPACE-MicroLabBox.
Comunicarea cu componenta de funcționare în timp real, platforma dSPACE, pentru corelarea între interfața de realitate virtuală și platforma dSPACE, alături de sistemul fizic de alimentare- antrenare.	Hardware-dSPACE	Alături de o eșantionare corespunzătoare (prin parametrizare la nivel de Simulink-dSPACE), este imperios necesară folosirea portului CAN pentru semnalul de referință de control a sistemului fizic.
La vizualizarea interfeței de realitate virtuală pe trei ecrane, s-a constatat o întârziere semnificativă a frame-urilor în 3D Viewer.	Software-Prescan	În primă fază s-a reechipat PC-ul cu o placă video cu 3 display porturi (obligatoriu trebuie folosite aceste trei porturi; altfel, folosind o combinație cu port HDMI sau DVI, imaginea se întrerupe pe toate ecranele!). Cu toate acestea, intrarea în realitate virtuală (frame-urile) erau întârziate mult. A trebui să folosim vizualizăm interfața de realitate virtuală pe maxim două ecrane (al treilea poate conține un model Simulink, Amesim sau interfața de măsură dSPACE).
La folosirea inițială a interfeței virtuale nou create, folosind Unity, s-au constatat sacadări și întârzieri semnificative la co-simularea cu Simulink.	Software-Unity	S-a optat pentru folosirea protocolului UDP pentru implementarea comunicației, precum și a metodei CRC pentru detecția erorii dintre semnalul de viteză generat din Simulink și cel citit în Unity.
Dificultate în sincronizarea semnalelor încărcate în platforma FPGA, folosind Xilinx.	Hardware-FPGA Digilent	Este necesară o sincronizare "la bit" între semnalele regăsite la ieșirea blocurilor Simulink și cele de configurare FPGA cu Xilinx.
O serie de riscuri implicate de folosirea bateriilor într-un stand metalic, precum și a elementelor aflate în mișcare (motor roată etc.).	Hardware-echipament baterii	A trebuit realizată o protecție adecvată a bornelor de alimentare de la baterie, precum și a motorului roată și a traductorului de cuplu/turație instalat pe standul experimental, precum și protejarea senzorilor electrici etc.

IV. Diseminarea rezultatelor – publicații

În primul rând standul de realitate virtuală realizat la UTCN este unic ca și structură, complexitate și implementare, conținând componente software și hardware care pot fi oricând folosind în tracțiune electrică, pentru echiparea unui vehicul electric ușor. Un astfel de stand este de interes și atrage atenția tuturor partenerilor noștri, atât industriali cât și din mediul universitar, din țară și străinătate. Apoi, cu ocazia finalizării proiectului s-a deplasat standul (simulatorul) la Brașov pentru teste suplimentare, evaluări etc. O imagine de la momentul prezentării standului este dată mai jos.



Figură 6 Simulatorul auto dezvoltat în proiectul VIPER, prezentat la Universitatea Transilvania din Brașov, unde compania Siemens Industry Software are posibilitatea evaluării funcționalității standului.

Pe parcursul celor 24 de luni de implementare a cercetării, rezultatele principale au fost rezumate într-un articol de revistă cotate ISI și 7 articole indexate wobofknowledge.com, și anume (de menționat că s-a folosit cu subliniere simplă pentru a indica membrii din UTCN, iar sublinierea dublă pentru a indica membrii partenerului industrial, Siemens Industry Software):

1. G. Tamas, D. Fodorean, *Model in the Loop Simulation of an Electric Propulsion System Using Virtual Reality*, IEEE UPEC 2017, Crete, Greece, 29 August – 1 September 2017.
2. Ioana Gros, C. Mărginean, D. Fodorean, *FPGA Real-Time Implementation of a Vector Control Scheme for a PMSM used to propel an Electric Scooter*, IEEE ISEEE, Galati, Romania, 20-22 October 2017.
3. Cristi Irimia, Mihail Grovu, Calin Husar, Antonya Csaba, D. Fodorean, *High-Speed Electrical Machine*, IEEE VVPC'17, 11-14 December, Belfort-France 2017.
4. Claudia Violeta Pop, D. Fodorean, C. Husar, C. Irimia, *Structural numerical and experimental comparison of an in-wheel motor dedicated for electric scooter application*, IEEE ELEKTRO, Mikulov, Czech Republic, 21-23 May 2018, paper TCP3-15, pp.1-5, ISBN 978-1-5386-4759-2/18.
5. D. Fodorean, R.C. Nacu, V. Chindris, *Development of High-Frequency Modular Power Control Unit for Real-Time Testing of a High-Speed Electric Motor*, SPEEDAM 2018, Amalfi, Italy, 20 – 22 June 2018, pp.920-925, ISBN 978-1-5386-4940-4.
6. R.C. Nacu, D. Fodorean, C. Husar, M. Grovu, C. Irimia, *Towards autonomous EV by using Virtual Reality and Prescan-Simulink simulation environments*, SPEEDAM 2018, Amalfi, Italy, 20 – 22 June 2018, pp.402-407, ISBN 978-1-5386-4940-4.

7. T. Gyorgy, D. Fodorean, *Human-in-the-Loop simulation of an electric vehicle drivetrain*, ICEM 2018, Alexandrion, Greece, 3-6 September 2018, pp.1545-1550, ISBN 978-1-5386-2476-0, pp.1545-1550.
8. Claudia Violeta Pop, D. Fodorean, C. Husar, C. Irimia, *Structural behavior evaluation of an in-wheel motor based on numerical and experimental approach*, ELECTRONICS & ELECTRICAL ENGINEERING, Springer, Archiv für Elektrotechnik (Springer, ISI journal – ISSN 0948-7921 – accepted paper).

Anexa I – Site WEB

Situl web actualizat se găsește la adresa: www.viper.utcluj.ro/home.

Certificăm rezultatele obținute:

Coordonator: UTCN

Reprezentant legal

Rector Prof.dr.ing. Vasile ȚOPA

Partener (Agent Economic): SISw

Reprezentant legal

Director general Petru Cristinel IRIMIA

Director financiar:

Cristina RAȚIU

Director proiect

Daniel FODOREAN

Responsabil partener

Călin HUSAR