

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru
Cercetare și Dezvoltare _____
_____ 2021

AVIZAT

Secția AȘM _____
_____ 2021

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

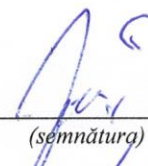
privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)

„Sisteme integrate autohtone de tracțiune electrică pentru
vehicule urbane de pasageri”

20.80009.5007.29

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Conducătorul proiectului dr. Iurie NUCĂ
(numele, prenumele)



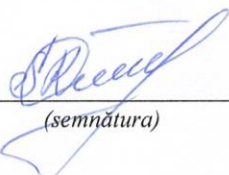
(semnătura)

Rector U.T.M. dr. hab. Viorel BOSTAN
(numele, prenumele)



(semnătura)

Consiliul științific UTM dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)



(semnătura)



Chișinău 2021

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Dezvoltarea bazelor teoretice ale sistemelor multifazate de tracțiune electrică

2. Obiectivele etapei anuale

1. Dezvoltarea aparatului matematic specific pentru analiza și sinteza sistemelor de tracțiune hexafazate.
2. Dezvoltarea modelelor integrate SimScape ale sistemului de tracțiune hexafazat ”inverter-MA-transmisie mecanică” pentru VEUP
3. Dimensionarea și confecționarea și încercarea modelelor fizice de motoare asincrone și invertoare autonome hexafazate.
4. Încercări experimentale ale machetelor de motoare asincrone și invertoare autonome hexafazate

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Dezvoltarea aparatului matematic specific pentru analiza și sinteza sistemelor de tracțiune hexafazate.
2. Dezvoltarea bazelor teoretice de analiză a compatibilității electromagnetice (EMC) ale sistemelor de tracțiune hexafazate.
3. Dezvoltarea modelelor SimScape ale componentelor sistemului de tracțiune hexafazat ”inverter-MA-transmisie mecanică” pentru VEUP.
4. Dimensionarea și confecționarea modelelor fizice de motoare asincrone hexafazate cu diferite tipuri de înfășurări statorice (1-3 kW)
5. Dezvoatarea modelelor FEM și studiul câmpului electromagnetic al motorului asincron de tracțiune la varierea geometriei circuitului magnetic și schemei înfășurării statorice cu șase faze.
6. Dimensionarea și confecționarea modelului fizic al inverterului hexafazat de tensiune
7. Dezvoltarea structurilor de control vectorial pentru sistemul asincron hexafazat de tracțiune.
8. Studiul caracteristicilor de tracțiune și a pierderilor de putere în transmisia mecanică ale troleibuzelor în funcție de topologia sistemului mecanic de transmisie.
9. Dezvoltarea standului de încercări de laborator a machetelor sistemelor asincrone hexafazate de tracțiune.
10. Elaborarea programului de încercări pentru motorul asincron și inverterului hexafazate de tracțiune.
11. Realizarea încercărilor experimentale ale machetei motorului asincron și inverterului autonom hexafazat de tracțiune.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Au fost dezvoltate matricile de conversie ale sistemului hexafazat simetric și quasi-hexafazat la sistemul bifazat
2. A fost elaborat aparatul matematic și modelul SimScape al sistemului hexafazat de tracțiune pentru VEUP
3. cu integrarea părții electromecanice (invertor-motor) cu cea a transmisiei mecanice
4. Au fost dezvoltate bazele teoretice, elaborate modelul Simulink și studiate unele aspecte ale compatibilității electromagnetice ale sistemelor de tracțiune hexafazate
5. A fost perfectat modelul FEMM și realizate studii ale câmpului electromagnetic ale motorului asincron de tracțiune la varierea geometriei circuitului magnetic și schemei înfășurării statorice cu șase faze
6. Au fost proiectate și confecționate machete fizice ale motoare asincrone hexafazate cu înfășurări simetrice și asimetrice cu puterea 2 kW
7. A fost calculată și confecționată machete fizice ale invertorului autonom de tensiune hexafazat cu puterea maximă 5 kVA.
8. A fost elaborată structura invertorului hexafazat cu două circuite trifazate de comandă FOC-PWM și a invertorului FOC-PWM cu un singur circuit de comandă.
9. A fost elaborată structura invertorului DTC-SVM hexafazat cu două canale și cu un singur canal
10. Au fost studiate caracteristicile de tracțiune și a pierderilor de putere în transmisia mecanică ale troleibuzelor în funcție de topologia sistemului mecanic de transmisie.
11. Au fost selectate setul de standarde naționale și internaționale cu referință la condițiile tehnice și testare a mașinilor electrice asincrone pentru tracțiune
12. A fost elaborat programul de încercări pentru motorul asincron și invertorului hexafazat de tracțiune
13. Elaborarea programului de încercări pentru motorul asincron și invertorului hexafazat de tracțiune
14. A fost dezvoltat standul de încercări de laborator a machetelor sistemelor asincrone hexafazate de tracțiune în conformitate cu necesitățile programului de încercări
15. Realizarea încercărilor experimentale ale machetei motorului asincron și invertorului autonom hexafazat de tracțiune

5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini)

1. Studiul teoretic și practic al motoarelor asincrone hexafazate

Dezvoltarea vehiculelor electrice urbane de pasageri (VEUP), impusă de protecția mediului ambiant și a resurselor fosile, este legată de cercetarea și elaborarea sistemelor de tracțiune inovative, inclusiv a celor cu motoare asincrone hexafazate (MAH) (fig.1). Înfășurarea statorică hexafazată poate fi îndeplinită din două înfășurări trifazate asimetrice decalate una față de cealaltă la un unghi $\gamma = 30$ grade electrice (MAH

asimetrică) sau din două înfășurări trifazate simetrice (MAH simetrică) decalate una față de cealaltă la un unghi $\gamma = 60$ grade electrice (fig.2),

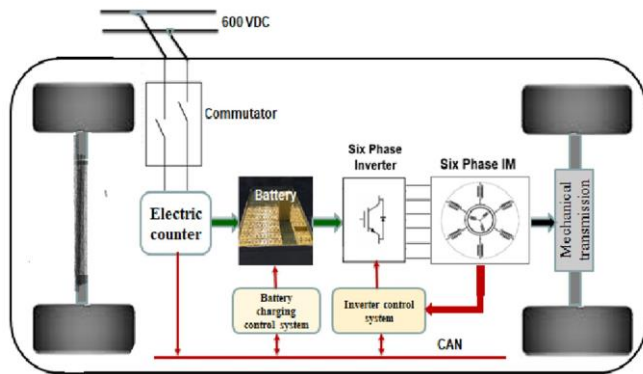


Fig.1 Structura VEUP cu sistem de tracțiune hexafazat

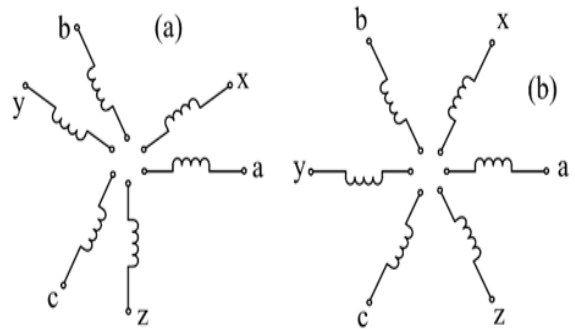


Fig.2 Înfășurarea statorică MAH:
a) - asimetrică, b) - simetrică

Pentru descrierea matematică a MAH se utilizează vectorul spațial reprezentativ

$$X_n = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]'$$

unde $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ sunt valorile instantanee ale mărimilor de fază (tensiune, flux, curent). Anterior, în cadrul proiectului au fost prezentate ecuațiile de stare ale modelului matematic MAH simetric. Cu considerarea celor menționate mai sus, apare necesitatea dezvoltării MM MAH și pentru cazurile cu înfășurare asimetrică. Prin completarea cu matricele de transformare a sistemului hexafazat Pentru generalizare, au fost dezvoltate matricele transformatei Clarke pentru MAH cu înfășurarea simetrică și asimetrică (fig.3). Aceste relații se au fost utilizate pentru dezvoltarea modelelor Simulink și Sinscape ale VEUP cu MAH.

Sistemul hexafazat	$T_{\alpha\beta/n}$	$T_{n/\alpha\beta}$
Simetric	$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \cos(\frac{\pi}{3}) & \cos(\frac{2\pi}{3}) & \cos(\pi) & \cos(\frac{4\pi}{3}) & \cos(\frac{5\pi}{3}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{3}) & -\sin(\frac{2\pi}{3}) & -\sin(\pi) & -\sin(\frac{4\pi}{3}) & -\sin(\frac{5\pi}{3}) \end{bmatrix} =$ $\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \cos(\frac{\pi}{3}) & -\sin(\frac{\pi}{3}) \\ \cos(\frac{2\pi}{3}) & -\sin(\frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\pi) & -\sin(\pi) \\ \cos(\frac{4\pi}{3}) & -\sin(\frac{4\pi}{3}) \\ \cos(\frac{5\pi}{3}) & -\sin(\frac{5\pi}{3}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$
Asimetric (2 x 3 faze)	$\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \cos(\frac{2\pi}{3}) & \cos(\frac{4\pi}{3}) & \cos(\frac{\pi}{6}) & \cos(\frac{5\pi}{6}) & \cos(\frac{9\pi}{6}) \\ 0 & -\sin(\frac{2\pi}{3}) & -\sin(\frac{4\pi}{3}) & -\sin(\frac{\pi}{6}) & -\sin(\frac{5\pi}{6}) & -\sin(\frac{9\pi}{6}) \end{bmatrix} =$ $\frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \cos(\frac{2\pi}{3}) & -\sin(\frac{\pi}{3}) \\ \cos(\frac{4\pi}{3}) & -\sin(\frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\frac{\pi}{6}) & -\sin(\frac{\pi}{6}) \\ \cos(\frac{5\pi}{6}) & -\sin(\frac{5\pi}{6}) \\ \cos(\frac{9\pi}{6}) & -\sin(\frac{9\pi}{6}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Fig.3. Matricele de transformare Clarke ale sistemului hexafazat în sistem ortogonal și invers

Ținând cont de importanța pentru sistemele de tracțiune ale VEUP, în baza modelului Simulink a fost realizată analiza armonică și a calității puterii sistemului hexafazat cu transformata rapidă Fourier (FFT) conform standardelor IEEE 1459-2010 și IEEE 519-2014. Pentru aceasta din simularea curentilor statorici hexafazați (fig.4,a) curentul unei faze a fost descompus în armonici (fig.4,b). În fig.4 sunt prezentate ponderile armonice pentru etapele de pornire (fig.4,c) și de funcționare staționară

(fig.4,d). Pentru sistemele de tracțiune VEUP cu regimuri dinamice permanente, ponderea armonicilor superioare este esențială, avînd un impact serios nu doar asupra eficienței energetice.

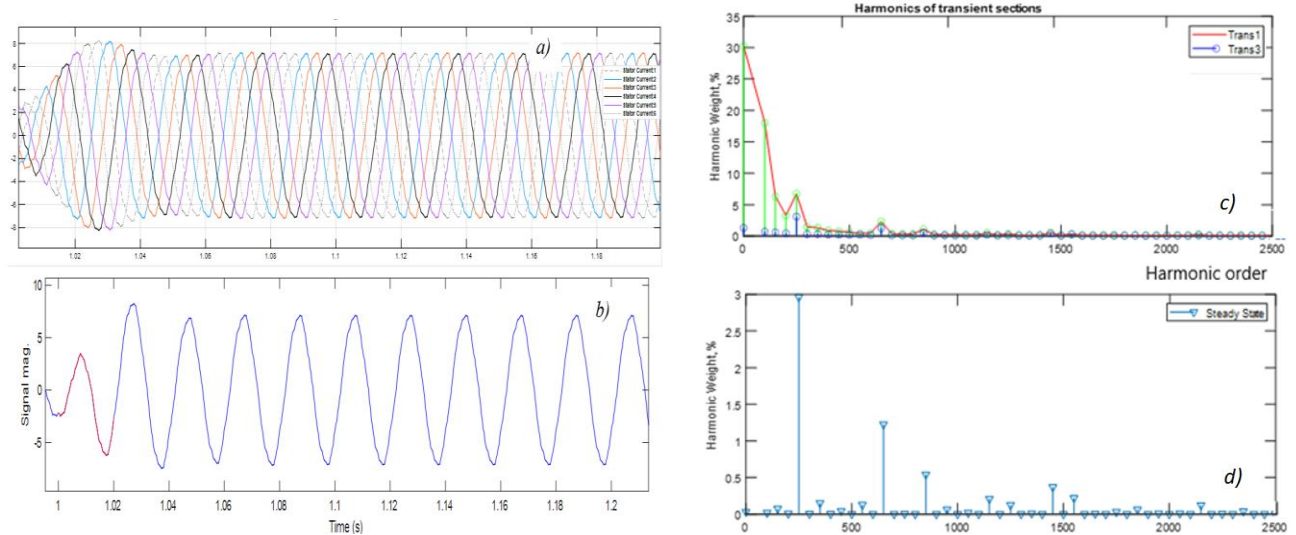


Fig.4 Curenții sistemului hexafazat și ponderea armonicilor: a) – curenții hexafazați, b)- curentul unei faze; ponderea armonicilor: c)- în rgim tranzitorii, d) – în regim staionar

Pentru studiul mai aprofundat în baza motoarelor asincrone trifazate de serie au fost confecționate machete ale MAH cu diferite tipuri de înfășurări. În fig.5 sunt prezentate schema electrică a înfășurării și vederea generală a motorului asincron hexafazat simetric cu $P_n=2\text{ kW}$, $U_n=220\text{V}$, $f_n=50\text{ Hz}$, $m=6$, $2p=2$. La etapa actuală elaborarea modelelor matematice pentru studiul problemelor de câmp ale MAH cu diferite tipuri de înfășurări și configurații ale circuitului magnetic este în curs de dezvoltare.

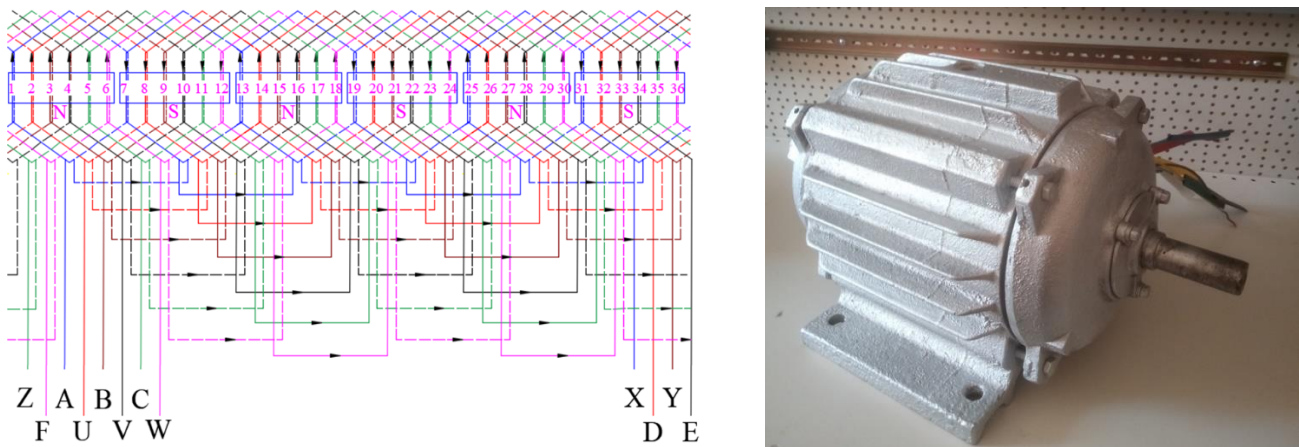


Fig.5. Schema înfășurării statorice și mostra motorului asincron hexafazat

2. Dezvoltarea convertoarelor statice și a structurilor de control pentru sistemele hexafazate

Structura hexafazată simetrică/asimetrică impune anumite particularități privitor la topologia inverterului de tensiune și a tehnicilor de control vectorial (cu orientare după flux FOC sau cu controlul direct al cuplului DTC) la realizarea sistemului de tracțiune al VEUP. Autorii au dezvoltat ambele structuri, dar în continuare se prezintă doar structurile de control FOC cu modulație PWM al sistemului de tracțiune hexafazat. În unele cazuri inverterul de tensiune hexafazat poate fi realizat ca două invertoare trifazate, ceea ce duce la creșterea fiabilității acestuia și la necesitatea sincronizării celor

doă invertore în întregul diapazon de variație a sarcinii motorului. Pentru asemenea topologii ale inverterului, structura sistemului de control poate fi realizată în comun cu un singur procesor (fig.6) pentru ambele invertore trifazate sau cu două procesoare separat pentru fiecare inverter trifazat.

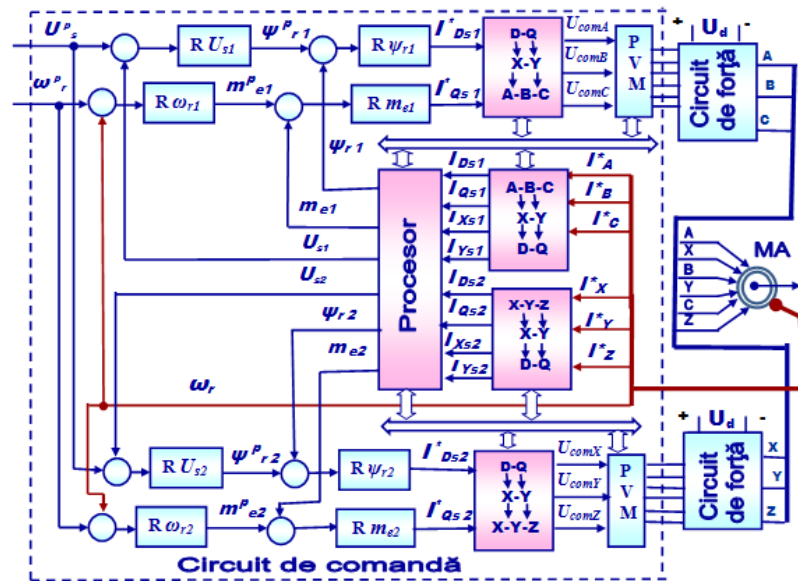


Fig 6. Inverter FOC PWM cu un singur circuit de comandă hexafazat

În baza celor expuse, pentru studii și încercări, a fost proiectată și confecționată macheta inverterului hexafazat de tensiune (fig.7 și 8). Converterul este compus din două părți principale: partea de forță și partea de comandă. Partea de forță constă din redresor, filtru de tensiune, tranzistorul de frânare și inverterul autonom hexafazat. Redresorul trifazat este format pe baza unui modul de diode cu tensiunea inversă de 1200V, și este destinat redresării tensiunii trifazate din rețea în tensiune de curent continuu și va servi drept sursă pentru alimentarea inverterului autonom. Inverterul autonom este compus din șase module IGBT inteligente de tipul PM75DSA120. Acest modul este compus din două tranzistoare IGBT conectate în semipunte. Converterul de frecvență este compus din două plăci electronice de bază. Pe prima este instalat sistemul de comandă (executat pe baza unui microcontroler specializat), porturile de intrare - ieșire, driver-ele cu izolare galvanică, pentru transmiterea semnalelor

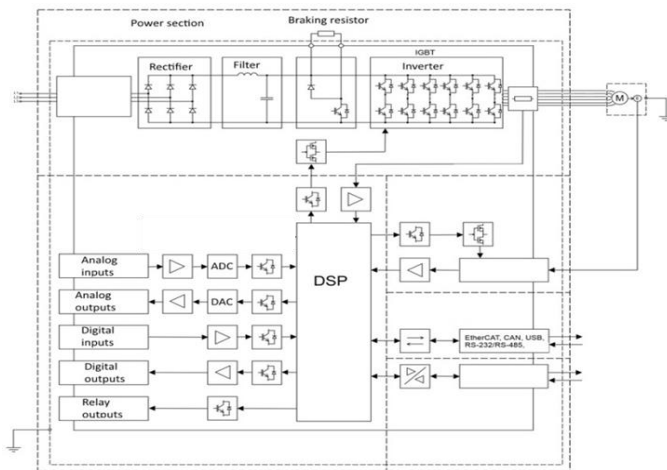


Fig.7 Schema bloc al inverterului de tensiune hexafazat



Fig.8. Vedere generală a machetei inverterului hexafazat de tensiune

spre tranzistorii de forță. Pe a doua placă sunt amplasați senzorii de curent, destinați pentru monitorizarea valorii și formei curenților în toate fazele. La ieșire se primesc tensiuni proporționale cu mărimile curenților din fiecare fază și în tranzistorul de frânare. Semnalele obținute sunt izolate galvanic cu circuitele monitorizate, ceea ce exclude posibilitatea influenței asupra circuitului sau deteriorării aparatelor de măsură.

Pentru încercări la ieșirea inverterului s-a conectat motorul asincron hexafazat cu $P_n=1$ kW, $U_n=100$ V, $2p=2$ și $f_n=50$ Hz. În timpul încercării sistemului inverter – motor s-au măsurat și vizualizat mărimile și formele tensiunilor (fig.3) și curenților (fig.3) la ieșirea inverterului. Vizualizarea și înregistrarea formelor de undă s-a efectuat cu ajutorul osciloscopului electronic cu patru canale de tipul Fluke. În rezultat am primit următoarele forme de undă la ieșire.

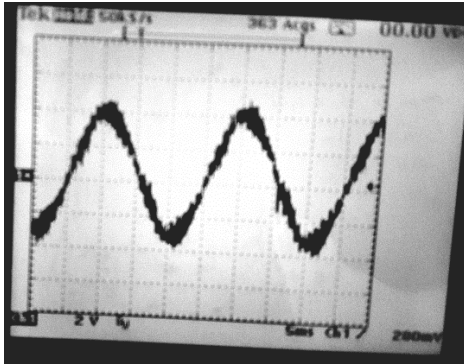


Fig.9 Forma tensiunii de ieșire a unei faze a inverterului hexafazat

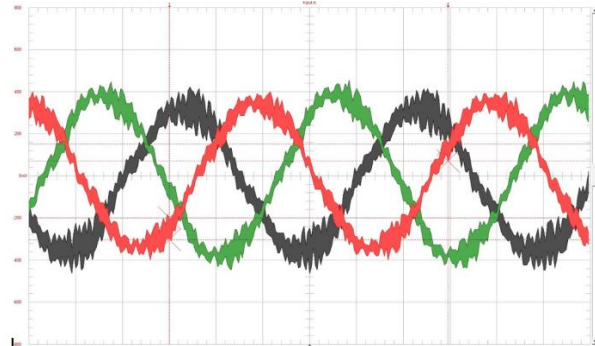


Fig. 10 Forma curenților de ieșire al sistemului hexafazat

3. Modelul SimScape al sistemului de tracțiune al VEUP

Pentru simularea sistemului de propulsie a electrobuzului a fost elaborat modelul Simscape (fig.11), care conține partea electromecanică (modelul MAH și al sistemului control vectorial) și partea mecanică a transmisiei mecanice. Simularea se realizează luând în considerare o suprafață plană, fără pantă și rezistența aerului. Se consideră un ciclu de conducere standard FTP75 Driving Cycle Profile cu profilul de 1877 de secunde, 17,77 km distanță de parcurs, o viteză medie de 34,12 km/h și o viteză maximă de 56,7 km/h. Pentru semnalul de feedback, viteza rezultată a electrobuzului este preluată din corpul magistralei și conectată la controlerul SPIM. Fig.12 demonstrează capacitatea modelului elaborat de a urmări adecvat profilul de mișcare impus.

Modelul elaborat dispune de vaste capacități atât pentru studiul aspectelor electrice (de exemplu, compatibilitatea electromagnetică), dar și a celor electromecanice (caracteristici de tracțiune sau pierderile de putere în funcție de tipul transmisiei mecanice sau a motorului electric).

4. Elaborarea programului și realizarea încercărilor de laborator ale machetelor sistemelor asincrone hexafazate

În conformitate cu standarde IEC 60034 a fost elaborat programul de încercări ale elementelor hexafazate. Pentru MAH se realizează încercările la funcționare fără sarcină, la funcționare în scurtcircuit, la funcționare sub sarcină, la suprasarcină și definire a curentului și cuplului inițial de pornire, determinarea rezistenței dielectrice a izolației între faze și în raport cu masa.

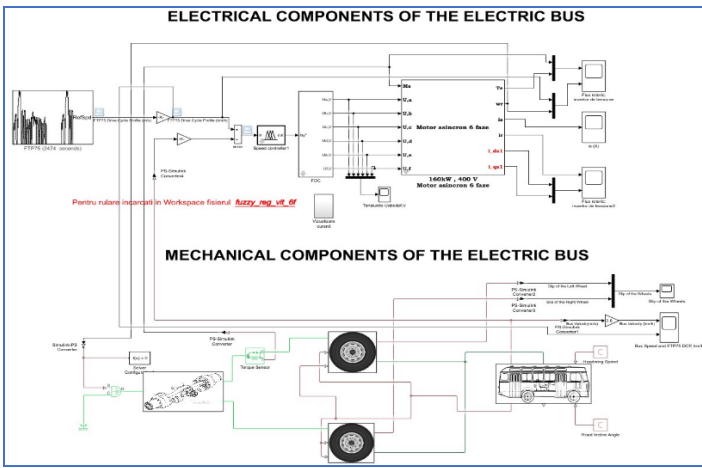


Fig.11. Modelul SimScape de tracțiune VEUP .

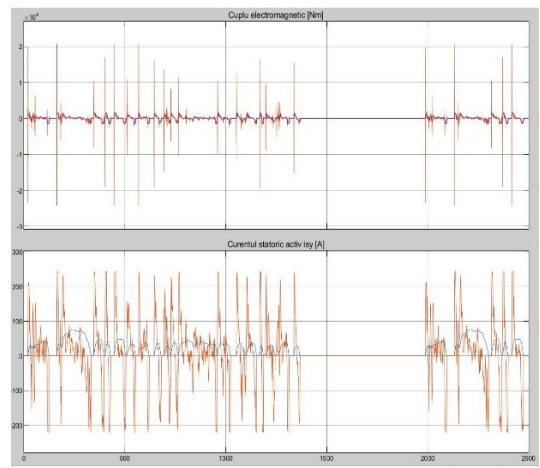


Fig.12. Diagramele cuplului și vitezei MAH

Conform standardelor, pentru efectuarea încercărilor prescrise pentru o mașină multifază, afară de convertorul de frecvență, dimensionat după parametrii acesteia, este necesară și o sursă de tensiune sinusoidală minimum de aceeași putere și cu numărul respectiv de faze. Pentru aceasta a fost dezvoltat standul de încercări cu o sursă sinusoidală hexafază realizată în baza unui autotransformator pentru reglarea tensiunii de alimentare și un transformator adăugător pentru stabilirea defazajului necesar dintre grupurile de faze (fig.13). În baza acestui stand au fost realizate mai multe încercări pentru determinarea parametrilor, pierderilor de putere (fig.14) și caracteristicilor de funcționare a MAH.

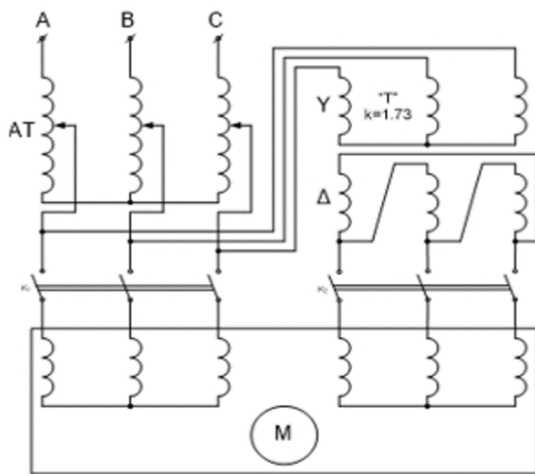


Fig.13. Schema de montaj a sursei sinusoidale hexafazate de alimentare

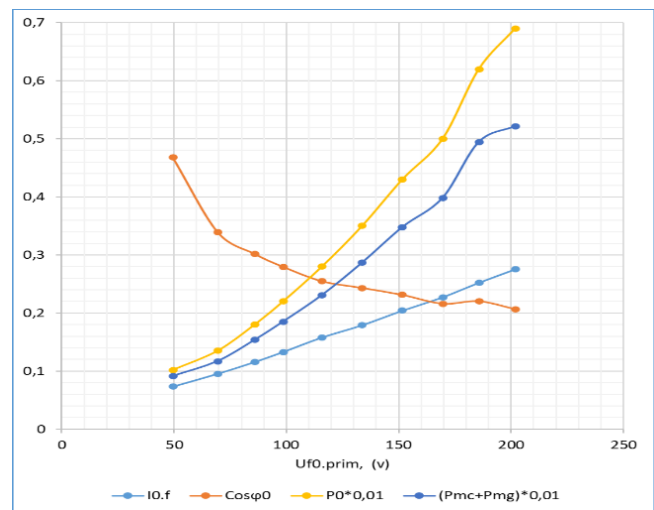


Fig.14. Schema de montaj a sursei sinusoidale hexafazate de alimentare

Aceste rezultate de realizare a proiectului ELTRAC în 2021, dar și altele care nu au fost cuprinse în acest raport, au fost prezentate și publicate în volumul conferinței internaționale SIELIMEN-2021.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

- Nuca Iurie, Nuca Ilie, Cazac Vadim, Burduniuc Marcel et al. Harmonic Decomposition and Power Quality Analysis of a Six-Phase Induction Motor Traction Drive with Fast Fourier Transform. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems*

(*SIELMEN*), October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.433-437. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7

- Tarlajanu A. Development of Vector Control Structures for Traction Systems with Six-Phase Asynchronous Motors. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN)*. October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.129-134. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7
- Todos Petru, Terteza Ghenadie, Nuca Ilie, Cazac Vadim et al. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN)*. October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.511-516. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7
- Nuca Ilie, Turcanu Adrian, Cazac Vadim. Development of Powertrain System Model for Urban Passenger Vehicle Simulations. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN)*. October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.534-537. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-
- Moldovan Artiom. Dezvoltarea Sistemului de Control al Sistemului de Tracțiune Asincronă Hexafază. *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău, 23-25 martie, 2021*

7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

- În cadrul etapei curente a proiectului ELTRAC a fost dezvoltate mai multe aspecte a teoriei și metodelor de cercetare digitală și experimentală a mașinilor asincrone și invertoarelor autonome hexafazate, metodelor de control vectorial a sistemelor de tracțiune electrică pentru vehiculele electrice urbane de pasageri.
- Impactul social se exprimă prin înrolarea în proiect a tinerilor cercetători cu o pondere de peste 35%, creșterea profesională a studenților prin realizarea tezelor de licență, masterat și doctorat.
- La solicitarea companiilor Informbusiness și Electromaș, în baza cunoștințelor acumulate și metodelor dezvoltate în proiect a fost recalculat motorul asincron de tracțiune pentru troleibuze de 120 kW și $2p=4$ la numărul perechi de poli $2p=3$ și $2p=4$.

8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului

- Laboratul de cercetări științifice "Sisteme de tracțiune pentru vehiculele electrice" (UTM, FEIE, 2-103)
- Stand de încercări ale sistemelor de tracțiune electrică cu motoare multifazate
- Machete ale motoarelor asincrone multifazate ($m=3$ și $m=6$) cu puterea 1-2 kW
- Machetă al inverterului autonom de tensiune hexafazat cu puterea 5 KVA
- Convertoare statice de frecvență industriale cu puterea până la 5 kVA
- Echipamente de măsură digitale (multimetre, osciloscoape)
- Echipamente de măsură analogice
- Calculatoare de birou, Laptopuri, imprimanta multifuncțională
- Softuri specializate MtahCad și MatLab

9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

- Intreprinderea Tehnică de Producere INFORMBUSINESS, Chișinău – dezvoltarea invertoarelor autonome de tracțiune pentru troleibuze/electrobuze
- Societatea pe Acțiuni ELETROMAȘ, Tiraspol – dezvoltarea motoarelor asincrone de tracțiune pentru troleibuze/electrobuze

10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

- Universitatea din Craiova – elaborarea aparatului matematic și studiul probelelor de compatibilitate electromagnetică ale sistemelor de tracțiune multifazate
- Universitatea Tehnică Gh.Asachi din Iași – eficientizarea energetică a sistemului de tracțiune și utilizarea surselor regenerabile pentru încărcarea bateriei de acumulatori ai electrobusului
- Univerisitatea d'Artois, Franța – dezvoltarea metodelor non-ivazive on-line pentru depistarea defectelor motoarelor asincrone

11. Dificultățile în realizarea proiectului

- Limitarea procurărilor doar la articolul ”materiale”, fără a avea posibilitatea de a procura echipamente sau de a cizitionare a serviciilor pentru lucrări de manoperă, îngreunează realizarea în termeni utili a sarcinilor de cercetare preconizate
- Interzicerea de a modifica denumirea sau costul de preț a materialelor planificate (pe parcurs se modifică necesitățile sau prețurile variază)
- Lipsește posibilitatea de a procura software licențiat specializat pentru realizarea sarcinilor de cercetare ale proiectului.
- Din cauza inacceptabilității angajării personalului tehnic (tehnicieni, ingineri cu nivelul de studii mai jos de masterat) lucrările legate de montajul electric și electronic, cuplarea mecanică a motoarelor cu sarcina de încărcare este realizat de personalul științific și necesită timp suplimentar.

12. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)

- Prezentarea raportului ”*New solutions for urban electric passenger transport*” la sesiunea plenară al Salonului International Inovare-Creativitate Tineret din Suceava (mai 2021) <https://usv.ro/salonul-ice-usv-2021/>
- Prezentarea raportului ”*Sisteme moderne de tracțiune pentru vehiculele electrice urbane de pasageri*” la sesiunea plenară al \Congresului international ”Automotive and Integrated Transport Systems -AITS 2021” <http://www.siarcongress.eu/index.php/aits/2021>
- Ilie Nuca, Cazac Vadim, Burduniuc Marcel, Artiom Moldovan, Costică Nițuca, Gabriel Chriac. *A Hybrid Charging System Design for Electric Vehicles with Autonomous Power Source*. The 13th International Conference on electro-mechanical and power systems SIELMEN 2021. Iași, Romania, October 6, 2021, Chișinău, Republic of Moldova, October 7-8, 2021.
- Pusca R, Romary R, Touti E, Livinti P, Nuca I, Ceban A. Procedure for Detection of Stator Inter-Turn Short Circuit in AC Machines Measuring the External Magnetic Field. *Energies*. 2021; 14(4):1132. <https://doi.org/10.3390/en14041132>

13. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premii, medalii, titluri, alte aprecieri).

Rezultatele obținute în proiect au fost apreciate la conferința IEEE SIELMEN-2021 la care au fost prezentate 4 rapoarte), la Congresul Internațional AITS-2021, la Salonul internațional de creativitate ICT-USV. Rezultatele obținute în proiect au fost prezentate și discutate cu reprezentanții ÎTP Infombusiness, Chișinău și S.A. Electromaș, Tiraspol.

14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media:

- Popularizarea rezultatelor proiectului ELTRAC se realizează pe rețeaua de socializare <https://www.facebook.com/UtmELTRAC>

15. Teze de doctorat /postdoctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului

- Membrul echipei Vadim Cazac a susținut teza de doctorat

16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect

- Au fost procurate materiale pentru confecționarea machetelor de motoare asincrone și convertoare hexafazate, standului de încercări experimentale în sumă de 109,3 mii lei,
- Dezvoltarea standului de încercări a motoarelor electrice și convertoarelor statice multifazate de tracțiune.
- Confecționare machetei motorului asincron hexafazat cu înfășurarea statorică simetrică cu defazajul dintre faze 60 grade electrice
- Confecționare machetei motorului asincron hexafazat cu înfășurarea statorică asimetrică formată din două înfășurări trifazate simetrice defazate cu 30 grade electrice
- Confecționarea machetei inverterului de tensiune hexafazat simetric
- Blajă V. Convertoare și echipamente electronice avansate. *Note de curs.-Chișinău: Editura "Tehnica-UTM", 2021 – 13,5 c.a. ISBN 978-9975-45-692-0. 621.315(075.8). B5*
- Pe tematica proiectului au fost elaborate 4 teze de master și 9 teze de licență (coordonatori Ilie Nuca, Petru Todos, Vadim Cazac, Valeriu Blaja, Cornel Gherțescu, Marcel Burduniuc)

17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

- Ilie Nuca - CoPreședinte al celei de a XIII-a ediție a Conferinței de Sisteme Electromecanice și Energetice SIELMEN, inclusă în circuitul conferințelor internaționale IEEE
- Petru Todos, Alexandru Tarlajanu - chairmen secții ai conferinței SIELMEN-2021
- Vadim Cazac, Octavian Mangos, Marcel Burduniuc -membri ai comitetului de organizare a conferinței SIELMEN-2021
- A. Tarlajanu – Vice președinte al comisiei la susținerea tezelor la programele de licență și master Inginerie și managementul calității
- Ilie Nuca – membru al Comisiei de experți "Ingineriei și Activități ingineresti", ANACEC
- Ilie Nuca – evaluator ANACEC al programelor naționale/internaționale de studii universitare licență/master
- Ilie Nuca – membru al comitetelor științifice ale conferințelor/saloanelor internaționale ATEI (București), ICT-USV (Suceava) și IWED (Moscova)
- Vadim Cazac, Octavian Mangos – prezentarea machetelor motorului asincron hexafazat la expozițiile UTM "Noapte cercetărilor" și "Creația deschide universul".
- Ghenadie Terteza, Vadim Cazac, Ilie Nuca – organizarea Olimpiadei naționale la Electrotehnică din 2021
- Tudor Ambros, Petru Todos, Ilie Nuca - Membru al Seminarul științific specializat "Energetică și Inginerie Electrică".
- Tudor Ambros – președinte al Consiliul Științific Specializat pentru susținerea tezei de doctorat.
- Ilie Nuca – Coordonatorul programelor de master și de doctorat cu dublă diplomă în Inginerie Electrică, UTM și Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava,

18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

Pentru etapa anului 2021 au fost planificate și dezvoltate modelele matematice ale motoarelor asincrone hexafazate pentru diferite tipuri ale înfășurării statorice și ale invertoarelor autonome hexafazate de tensiune pentru diferite topologii, care împreună cu transmisia mecanică au fost incluse în modelul integrat al vehiculului electric urban de pasageri. Au fost analizate și dezvoltate structuri noi ale invertoarelor autonome hexafazate de tensiune și strategiilor de control vectorial pentru aplicații de tracțiune. Au fost proiectate și confecționate machete ale motorului asincron și pentru invertoarele autonome de tensiune hexafazate cu puterea până la 3 kW. A fost elaborat programul de încercări și realizate încercări experimentale pentru determinarea parametrilor, pierderilor de putere și a caracteristicilor de funcționare ale motoarelor asincrone hexafazate. A fost propusă o metodă specială de testare, aplicabilă pentru motoare hexafazate cu înfășurarea statorică în dublă stea.

For the stage of 2021 were planned and developed mathematical models of hexaphase asynchronous motors for different types of stator winding and hexaphase autonomous voltage inverters for different topologies, which together with mechanical transmission were included in the integrated model of urban passenger electric vehicle. New structures of the hexaphase voltage autonomous inverter and vector control strategies for traction applications were analyzed and developed. Models of the asynchronous motor and for the hexaphase voltage inverter with a power of up to 3 kW were designed and made. The test program was developed and experimental tests were performed to determine the parameters, power losses and operating characteristics of hexaphase asynchronous motors. A special test method has been proposed, applicable to hexaphase motors with two-star stator winding.

19. Recomandări, propuneri

- Extinderea, în afara articolului ”materiale”, posibilității procurării în cadrul proiectelor de stat a echipamentelor sau a serviciilor de confecționare a unor piese sau lucrări de manufactură.
- Permisele de a modifica denumirea sau costul de preț a materialelor sau echipamentelor planificate
- Permisele de a procura software licențiate pentru realizarea sarcinilor de cercetare din proiect.
- Permisele de a angaja personal tehnic pentru realizarea lucrărilor tehnice, de montaj sau asamblare.

Conducătorul de proiect _____ / Nuca Ilie/

Data: _____

LS

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat**

Sisteme integrate autohtone de tracțiune electrică pentru vehicule urbane de pasageri (ELTRAC)

1. **Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. **Capitole în monografii naționale/internaționale**

3. **Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

4. **Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

5. **Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

6. **Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. Nuca Iurie, Nuca Ilie, Cazac Vadim, Burduniuc Marcel et al. Harmonic Decomposition and Power Quality Analysis of a Six-Phase Induction Motor Traction Drive with Fast Fourier Transform. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), October 6-8, 2021*. Iași-Chișinău, pp.433-437. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7
2. Tarlajanu A. Development of Vector Control Structures for Traction Systems with Six-Phase Asynchronous Motors. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). October 6-8, 2021*. Iași-Chișinău, pp.129-134. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7
3. Todos Petru, Tertia Ghenadie, Nuca Ilie, Cazac Vadim et al. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). October 6-8, 2021*. Iași-Chișinău, pp.511-516. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7

4. Nuca Ilie, Turcanu Adrian, Cazac Vadim. Development of Powertrain System Model for Urban Passenger Vehicle Simulations. *Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.534-537. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-*

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

1. Moldovan Artiom. Dezvoltarea Sistemului de Control al Sistemului de Tracțiune Asincronă Hexafazată. *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău, 23-25 martie, 2021*

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Notă: vor fi considerate teze și nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.

8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

1. Blajă V. *Convertoare și echipamente electronice avansate. Note de curs.*-Chișinău: Editura "Tehnica-UTM", 2021 – 13,5 c.a. ISBN 978-9975-45-692-0. 621.315(075.8). B5

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare

Cifrul proiectului 20.800009.5007.29Contract de finanțare: 166-PS din 04.01.2021

Denumirea	Codul economic	Anul de gestiune: 2021		
		Aprobat	Modificat (+/-)	Precizat
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	537,6		537,6
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii (24%)	212100	129,0		129,0
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	8,9	-4,9	4,0
Servicii editoriale	222910	6,8	-2,7	4,1
Servicii de cercetări științifice contractate	222930			
Servicii neatribuite altor aliniate	222990			
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110			
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	101,7	7,6	109,3
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110			
TOTAL		784,0		784,0

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

(semnătura)

dr. Ilie NUCĂ

(numele, prenumele)

Data: _____

LS

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului **20.80009.5007.29**

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Nuca Ilie	1957	dr.	0,50	04.01.2021	
2.	Ambros Tudor	1938	dr.hab.	0,25	04.01.2021	
3.	Todos Petru	1942	dr., prof.univ	0,50	04.01.2021	
4.	Blaja Valeriu	1956	dr.	0,25	04.01.2021	
5.	Rachier Vasile	1987	dr		04.01.2021	
6.	Plămădeală Vasile	1976	dr.	0,25	04.01.2021	
7.	Beiu Ilie	1986	dr.	0,25	04.01.2021	
8.	Tarlajanu Alexandru	1952	dr.	0,25	04.01.2021	
9.	Burduniuc Marcel	1977	f-grad	0,50	04.01.2021	
10.	Gherțescu Corneliu	1969	f-grad	0,50	04.01.2021	
11.	Cazac Vadim	1987	f-grad	0,50	04.01.2021	
12.	Motroi Alexandr	1985	f-grad	0,50	04.01.2021	
13.	Tertea Ghenadie	1975	f-grad	0,50	04.01.2021	
14.	Țurcan Adrian	1976	f-grad	0,50	04.01.2021	
15.	Mangos Octavian	1993	f-grad	0,50	04.01.2021	
16.	Moldovan Artiom	1994	f-grad	0,50	04.01.2021	
17.	Nucă Iurie	1990	f-grad	0,50	04.01.2021	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	35,3
--	-------------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	
---	--

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

(semnătura)

dr. Ilie NUCĂ

(numele, prenumele)

Data: _____

LȘ