

RECEȚIONATAgenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____

_____ 2020

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2020

RAPORT ANUAL**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)****”Sisteme integrate autohtone de tracțiune electrică****pentru vehicule urbane de pasageri (ELTRAC)”, cifrul 20.80009.5007.29**

Prioritatea Strategică

V. Competitivitate economică și tehnologii inovative

Conducătorul proiectului

dr. Ilie Nuca*(numele, prenumele)*(semnătura)

Rector UTM

dr.hab. Viorel Bostan*(numele, prenumele)*(semnătura)

Consiliul științific

dr. hab Mircea Bernic_*(numele, prenumele)*(semnătura)**L.Ș.**

Chișinău 2020

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Studii referitor la starea actuală ale sistemelor de tracțiune electrică pentru vehiculele urbane de pasageri și dezvoltarea bazelor teoretice ale sistemelor multifazate de tracțiune electrică

2. Obiectivele etapei anuale

- 1. Analiza stării actuale de dezvoltare a vehiculele urbane de pasageri cu tracțiune electrică. Structura cinematică a vehiculelor cu tracțiune electrică*
- 2. Studiul tipurilor de motoare electrice și convertoare statice de tracțiune.*
- 3. Identificarea tehnicilor de control ale sistemelor de tracțiune ale vehiculelor electrice urbane.*
- 4. Elaborarea sarcinii tehnice al sistemului integrat autohton de tracțiune pentru troleibuze/autobuze electrice*
- 5. Studiul principiilor de funcționare ale motoarelor asincrone și convertoarelor hexafazate.*
- 6. Analiză câmpului magnetic al motorului asincron hexafazat de tracțiune.*
- 7. Interacțiunea sistemului inverter IGBT-motor asincron hexafazat*

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

- 1. Realizarea studiului stării și tendințelor actuale de dezvoltare ale sistemelor de tracțiune electrică pentru vehiculele urbane de pasageri.*
- 2. Studiul particularităților sistemelor de tracțiune cu motoare asincrone multifazate și a metodelor de control corespunzătoare.*
- 3. Identificarea structurilor inovative ale vehiculelor urbane de pasageri cu tracțiune electrică.*
- 4. Elaborarea caietului de sarcinii al sistemului integrat autohton de tracțiune pentru troleibuze/autobuze electrice*
- 5. Dezvoltarea fundamentelor teoretice ale sistemelor multifazate de tracțiune.*
- 6. Identificarea metodelor analitice și numerice de tratare a sistemelor de tracțiune hexafazate.*
- 7. Publicarea unei lucrări științifice în baza rezultatelor obținute*

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. *Au fost realizate studii aprofundate cu referire la starea și tendințelor actuale de dezvoltare ale vehiculelor urbane de pasageri cu tracțiune electrică, motoarele electrice și convertoarele electronice de tracțiune.*
2. *Au fost studiate reglementările tehnice prescrise în actele normative pentru sistemele de tracțiune electrice pentru vehiculelor urbane de pasageri*
3. *Elaborarea sarcinii tehnice al sistemului integrat de tracțiune cu motor asincron hexafazat pentru troleibuze/autobuze electrice*
4. *Au fost analizate tipurilor de motoare electrice, inclusiv a celor cu asincrone cu numărul de faze majora ($m > 3$), utilizate în tracțiunea vehiculelor electrice urbane de pasageri.*
5. *A fost elaborată metodologia și softul de proiectare ale motoarelor asincrone hexafazate de tracțiune pentru troleibuze.*
6. *A fost elaborat modelul de câmp pentru motoarele asincrone hexafazate cu ajutorul softului specializat FEMM*
7. *Au fost analizate structurile actuale ale convertoarelor electronice de tracțiune pentru motoarelor asincrone multifizate, a fost elaborată metodologia de proiectare și realizarea calculului preventiv ale inverterului de tensiune autonom hexafazat.*
8. *S-a efectuat studiul aprofundat al tehnicilor contemporane de control ale sistemelor de tracțiune pentru vehiculele electrice, inclusiv celor bazate pe PWM, DTC, FOC, RFOC, AIT, DFVC etc.*
9. *S-a studiat structura cinematică a vehiculelor urbane pentru pasageri cu tracțiune electrică, transmisiile mecanice ale principalilor producători europeni.*
10. *Elaborarea modelului Simulink al sistemului de tracțiune al troleibuzului cu motor asincron hexafazat și control vectorial cu orientare după fluxul rotoric*
11. *Achiziția echipamentelor și materialelor planificate și conceperea unui banc de încercări experimentale în cadrul proiectului*
12. *Comunicarea la conferințe internaționale și publicarea lucrărilor în bazele de date indexate*

5. Rezultatele obținute

Pentru studiul stării actuale de dezvoltare ale vehiculelor urbane de pasageri cu tracțiune electrică a fost realizată o bogată bibliotecă electronică de articole din reviste și conferințe, teze științifice de masterat și doctorat, monografii, manuale, materiale didactice, invenții, standarde și reglementărilor tehnice.

S-a constatat, că tracțiunea VEUP se realizează preponderent cu motoare de tracțiune asincrone, iar pentru majorarea eficienței energetice și a fiabilității sistemului în întregime se recomandă utilizarea convertoarelor electronice și motoarelor asincrone de tracțiune cu numărul de faze majorat, inclusiv a celor hexafazate.

A fost realizată o descriere aprofundată a structurii generale a vehiculelor urbane de pasageri cu tracțiune electrică, a problemelor de consum energetic și recuperarea energiei de frânare, comoditatea de îmbarcare/debarcare a pasagerilor prin utilizarea construcțiilor cu podea joasă a transportului urban electric.

Au fost analizate diverse tipuri de motoare electrice utilizate în tracțiunea electrică, cu accentul spre motoarele asincrone cu înfășurări statorice quasi-hexafazate și hexafazate simetrice. A fost elaborată metodologia și softul de proiectare, în baza cărora preventiv a fost dimensionat motorul asincron de tracțiune cu înfășurarea statorică hexafază simetrică pentru troleibuz cu datele nominale $P_n=160$ kW, $U_1=380$ V, $2p=6$, $f_1=50$ Hz, $\eta_n = 0.93$, $\cos\varphi_n = 0.9$, $I_{anf}=143$ A. Analiza FEMM a câmpului magnetic a demonstrat coincidența valorilor inducției magnetice în sectoarele circuitului magnetic cu cele calculate.

A fost realizată analiza structurilor topologice, elaborată metodologia de proiectarea și dimensionarea preventivă a circuitului de forță al invertorului autonom PWM de tensiune hexafazat cu tranzistoare IGBT.

S-a constatat, că principalele metode de control ale sistemelor de tracțiune pentru vehiculele electrice cu motoare asincrone sunt bazate pe principiile de control cu orientare după câmp (FOC), controlul direct al cuplului (DTC), cât și metodele de control inteligent cu rețele neuronale și logica fuzzy.

A fost realizată analiza schemelor transmisiilor de tracțiune ale troleibuzelor cu o punte conducătoare și cu două punți conducătoare, construcțiile și parametrii de clasificare a transmisiei cardanice, transmisiei principale, diferențialului și arborilor planetari, precum și calculele cinematice și de rezistență.

Pentru sistemele electrice hexafazate este propusă o formă nouă de prezentare a fazorului spațial multifazat și au fost obținute relațiile corepunzătoare ale transformatei Clarke, în baza cărora a fost dezvoltat modelul ortogonal al motorului asincron hexafazat.

Prin simulări comparative cu mașina trifază echivalentă s-a constatat capacitatea sporită de pornire și funcționare a motoarelor asincrone hexafazate de tracțiune, inclusiv și la ruperea unei/două sau chiar a trei faze.

A fost elaborat modelul Simulink al sistemului de tracțiune al troleibuzului cu motor asincron și invertor PWM hexafazate, controlate vectorial și cu regulator fuzzy de viteză. Sistemul propus perfect răspunde la semnalul de prescriere a mișcării.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

- ❖ *Ilie Nuca, Vadim Cazac, Adrian Turcanu, Marcel Burdiniuc. "Development of Traction System with Six Phase Induction Motor for Urban Passenger Vehicle", 11th International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering - EPE 2020, Iași, Romania, October 22-23, 2020. https://conferences.ieee.org/conferences_events/conferences/conferencedetails/50722*
- ❖ *Nuca Iurie, Nuca Ilie, Nicolae Petre-Marian, Motroi Alexandr, Esanu Vitalie. "Power Quality and Electromagnetic Interference in a Trolleybus Traction Sistem", 2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE, Rome, Italy, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245641. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9245641>*
- ❖ *Adrian Adăscăliței, Sebastian Teodor Arădoaiiei, **Petru Todos**, Valeriu Dulgheru. Blended teaching and learning approach applied to electrical and computer engineering education. *Journal of Engineering Sciences and Innovation. seria E. Electrical and Electronics Engineering. Volume 5, Issue 3 / 2020, pp. 253-262.**

7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezumat/abstracte) la foruri științifice (după caz)

- ❖ *11th International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering - EPE 2020, Iași, Romania, October 22-23, 2020. Comunicarea "Development of Traction System with Six Phase Induction Motor for Urban Passenger Vehicle", raportori Adrian Țurcanu și Ilie Nuca, couatori Vadim Cazac și Marcel Burduniuc*
- ❖ *2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE, Rome, Italy, 2020, September 23-25, Virtual Conference. Comunicare "Power Quality and Electromagnetic Interference in a Trolleybus Traction Sistem", raportor Iurie Nuca, coautori Ilie Nuca, Vitalie Eșanu și Alexandru Motroi (Informbusiness SRL, Chișinău), Petre-Marian Nicolae (Universitatea Craiova)*

8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală

-

9. Materializarea rezultatelor obținute

- ❖ *Conceperea bancului de încercări experimentale pentru modelele fizice ale motoarelor și sistemelor de tracțiune hexafazate*
- ❖ *Teza la programul de master Inginerie Electrică*
 - *Elaborarea sursei de alimentare a motorului asincron hexafazat în baza convertoarelor frecvențiale trifazate (msd Mihai Țărus, conducător- dr.conf. Ilie Nucă)*
 - *Dezvoltarea untăților individuale de transport cu tracțiune electrică. (msd Ivan Pismennîi, conducător- dr.prof.univ.Petru Todos)*
- ❖ *Materiale didactice elaborate*
 - *Blajă V. Convertoare și echipamente electronice avansate. Notițe de curs*

10. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală

-

11. Materializarea rezultatelor obținute

- ❖ *Conceperea bancului de încercări experimentale pentru modelele fizice ale motoarelor și sistemelor de tracțiune hexafazate*
- ❖ *Teza la programul de master Inginerie Electrică*
 - *Elaborarea sursei de alimentare a motorului asincron hexafazat în baza convertoarelor frecvențiale trifazate (msd Mihai Țărus, conducător- dr.conf. Ilie Nucă)*
 - *Dezvoltarea unităților individuale de transport cu tracțiune electrică. (msd Ivan Pismennîi, conducător- dr.prof.univ.Petru Todos)*
- ❖ *Materiale didactice elaborate*
 - *Blajă V. Convertoare și echipamente electronice avansate. Notițe de curs*

12. Dificultățile în realizarea proiectului

-

13. Concluzii .

În baza studiului surselor bibliografice au fost determinate tendințele actuale de dezvoltare ale vehiculelor urbane de pasageri cu tracțiune electrică (VEUP). S-a constatat, că tracțiunea VEUP se realizează preponderent cu motoare de tracțiune asincrone, iar pentru majorarea eficienței energetice și a fiabilității sistemului în întregime se recomandă utilizarea convertoarelor electronice și motoarelor asincrone de tracțiune cu numărul de faze majorat, inclusiv a celor hexafazate.

Este propusă structura conceptuală a sistemului de tracțiune cu motor asincron și convertor electronic hexafazate pentru troleibuze și/sau electrobuze cu alimentareaq de la rețeaua de contact sau de la bateria de acumulatori.

Au fost dezvoltate metodologii și softuri de proiectare, în baza cărora a fost realizată dimensionarea preventivă a motoarelor asincrone și invertoarelor de tracțiune hexafazate pentru troleibuze/electrobuze.

Au fost dezvoltate fundamente de teorie ale sistemelor multifazate, a fost obținută o formă nouă de prezente a fazorului spațial multifazat și elaborat modelul ortogonal al motorului asincron hexafazat. A fost elaborat algoritmul de control vectorial al sistemului hexafazat de tracțiune cu regulator Fuzzy de viteză al troleibuzului. Prin simulări comparative cu mașina trifazată echivalentă s-a constatat capacitatea sporită de pornire și funcționare a motoarelor asinrone hexafazate de tracțiune, inclusiv și la ruperea unei/două/trei faze.

The evaluation of current development trends of urban electric passenger vehicles (VEUP) was concluded on the study of referenced literature. It was found that VEUP traction is mainly done with asynchronous traction motors, and to increase the energy efficiency and reliability of the entire system it is recommended to use electronic converters and asynchronous traction

motors with increased phase number, including six-phase systems.

The proposed conceptual structure of the traction system is six-phased asynchronous motor and six-phased electronic converter for trolleybuses and / or electric buses with power supply from the contact network or battery system. Design methodologies and software were developed, based on which the preventive dimensioning of asynchronous motors and hexaphase traction inverters for trolleybuses / electric buses was performed.

Fundamentals of the theory of multiphase systems were developed, a new form of presentation of the multiphase space phasor and the orthogonal model of the hexaphase asynchronous motor was elaborated. The vector control algorithm of the hexaphase traction system of the trolleybus with Fuzzy speed controller has been developed. Comparative simulations with the equivalent three-phase machine showed an increased starting and operating capacity of the six-phased traction asynchronous motors, including the breaking of one / two / three phases.

Conducătorul de proiect _____/ NUCA Ilie

Data: _____

LS

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare
Cifrul proiectului: 20.80009.5007.29

Cheltuieli, mii lei						
Denumirea	Cod		Anul de gestiune			
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat	Executat	Sold
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	544,2		544,2	544,2	
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	98,0		98,0	98,0	
Prime de asigurare obligatorie de asistență medicală	212200	24,5		24,4	24,4	
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710					
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	39,2	-39,2			
Servicii editoriale	222910					
Servicii de cercetări științifice contractate	222930					
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	10,0	-10,0			
Procurarea produselor alimentare	333110					
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	68,2	49,2	117,4	117,4	
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110					
TOTAL		784,0	0,0	784,0	784,0	

Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)

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

Componența echipei proiectului

Cifru 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.	0,5	03.01.2020	
2.	Ambros Tudor	1938	dr.hab.	0,25	03.01.2020	
3.	Todos Petru	1942	dr., prof.univ	0,5	03.01.2020	
4.	Sobor Ion	1947	dr., prof.univ	0,25	03.01.2020	
5.	Blaja Valeriu	1956	dr.	0,25	03.01.2020	
6.	Rachier Vasile	1987	dr		03.01.2020	
7.	Goian Vladimir	1956	dr.	0,25	03.01.2020	01.05.2020
8.	Beiu Ilie	1986	dr.	0,25	03.01.2020	
9.	Tarlajanu Alexandru	1952	dr.	0,25	03.01.2020	
10.	Burduniuc Marcel	1977	f-grad	0,5	03.01.2020	
11.	Gherțescu Corneliu	1969	f-grad	0,5	03.01.2020	
12.	Cazac Vadim	1987	f-grad	0,5	03.01.2020	
13.	Tertea Ghenadie	1975	f-grad	0,5	03.01.2020	
14.	Țurcan Adrian	1976	f-grad	0,5	03.01.2020	
15.	Pianîh Alexei	1987	f-grad	0,5	03.01.2020	
16.	Mangos Octavian	1993	f-grad	0,5	03.01.2020	
17.	Moldovan Artiom	1994	f-grad	0,5	03.01.2020	
18.	Nucă Iurie	1990	f-grad	0,5	03.01.2020	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	39
--	-----------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Plămădeală Vasile	1976	f-grad	0,25	01.05.2020

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	39
---	-----------

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