



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0436

Vývoj modulárneho trakčného akumulátora a optimalizácia spotreby energie elektrického midibusu.

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Milan Lacko, PhD.**

Príjemca

Technická univerzita v Košiciach - Fakulta elektrotechniky a informatiky

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Katedra elektrotechniky a mechatroniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

TU Liberec, Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Ústav mechatroniky a technické informatiky. Česko

V prvých rokoch riešenie projektu nám kolegovia z Liberca poskytli odcyklované články, keďže my sme ešte v tom čase nemali svoje odcyklované články. Tieto články sa podrobili špeciálnej mikroskopickéj deštrukčnej analýze. Ďalšia spolupráca bola pri podaní projektu o grant, kde riešiteľský kolektív tvorili mladí pracovníci z nášho pracoviska a z pracoviska z Liberca.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Počas doby riešenia projektu boli udelené tieto patenty:

1. J. Dudrik, M. Lacko, M. Pástor: Zapojenie spínača s mäkkým spínaním na sekundárnej strane transformátora v DC-DC meničoch so šírkovým riadením, patent č. 288942, PP 113-2015, patent udelený 13.4.2022
2. J. Dudrik, M. Lacko, M. Pástor, R. Žatkovič: Bezstratový odľahčovací obvod pre nepriamy jednosmerný menič s riadeným usmerňovačom, patent č. 289013, PP 123-2017, patent udelený 7.12.2022
3. J. Dudrik: Zapojenie na zníženie vypínacích strát a prepätí sekundárnych spínačov v nepriamych jednosmerných meničoch so šírkovým riadením, Dátum udelenia patentu: 29.9.2021, SK 288897 B6 – H02M 3/00

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Za najvýznamnejšie publikácie môžeme považovať publikácie v karentovaných zahraničných časopisoch.

1. Pastor M, Lacko M, Dudrik J, Marcinek A: Soft-Switching Full-Bridge DC-DC Converter with Energy Recovery Capacitor Snubber. *Energies*. 2023; 16(4):1591, doi: 10.3390/en16041591
2. Bilansky J, Lacko M, Pastor M, Marcinek A, Durovsky F: Improved Digital Twin of Li-Ion Battery Based on Generic MATLAB Model. *Energies*. 2023; 16(3):1194, doi: 10.3390/en16031194
3. Ferkova Ž, Bober P: Influence of the Rotor Geometry on Efficiency and Torque Ripple of Switched Reluctance Motor Controlled by Optimized Torque Sharing Functions, *Machines* 2023, 11(6), 613; doi: 10.3390/machines11060613
4. Kyslan, K.; Petro, V.; Bober, P.; Šlapák, V.; Ďurovský, F.; Dybkowski, M.; Hric, M. A Comparative Study and Optimization of Switching Functions for Sliding-Mode Observer in Sensorless Control of PMSM. *Energies* 2022, 15, 2689. <https://doi.org/10.3390/en15072689>
5. Karol Kyslan, Milan Lacko, Želmíra Ferková, Viktor Petro, Sanjeevikumar Padmanaban, Daniela Perduková, "Current Limitation Method for V/f Control of Five-Phase Induction Machines", *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 2022, Article ID 5165666, 12 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5165666>
6. Bober, P., Ferková, Ž.: Firing angle adjustment for switched reluctance motor efficiency increasing based on measured and simulated data, *Electrical Engineering* (2021). <https://doi.org/10.1007/s00202-021-01346-x>
7. KINDL V, ČERMÁK R, FERKOVÁ Ž, SKALA B: Review of Time and Space Harmonics in Multi-Phase Induction Machine – 2020. In: *Energies*. - Basel (Švajčiarsko): Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Roč. 13, č. 2 (2020), s. 1-17 [online]. - ISSN 1996-1073

Uplatnenie výsledkov projektu

Čiastkové výsledky projektu sú uplatnené/uplatniteľné nasledovne:

1. Jednonápravová valcová skúšobňa MAHA - na tomto meracom pracovisku je možné zaťažovanie celého trakčného reťazca midibusu v rôznom prevedení (elektro, vodík, ICE), je možné robiť porovnania ale aj zaťažovanie, meranie momentu či dojazdu. Toto pracovisko bude využívané aj študentami v rámci výučby, kde je možné zaťažovať osobný automobil ako jednoduché meranie.
2. Optimalizácia kabeláže Midibusu - 1. etapa - nasadenie RJ Thoreb a výmena za nízkopríkonové spotrebiče - tieto jednotky sú už zavedené do výroby všetkých midibusov. Staré RJ od fy EVC sa už nepoužívajú. Všetky klasické žiarovkové spotrebiče (aj osvetlenie vozidla) je nahradené za LED svietidlá.
3. Optimalizácia kabeláže Midibusu - 2. etapa - optimalizovanie prierezov a farebných kombinácií - excelovská štúdia - na základe vybranej opcie midibusu je možné rýchlo zistiť aké hmotnostné a cenové úspory sa dosiahnu, ak sa prejde na jednofarebný vodič s popisom a projektovaným prierezom.
4. Meranie EMC na elektro Midibuse - Realizovanie merania pomohlo odstrániť prekážky v homologizácii vodíkového midibusu. Vodíkový midibus je homologovaný a je možné s ním jazdiť po cestách.
5. Cyklický tester batériových článkov - na základe dát z dlhodobých meraní článkov bol vytvorený precízny simulačný model lítiového článku. Tento model je možné využívať na výskumné účely, overenie parametrov navrhnutých modulov či paketov v rôznych prevádzkových režimoch.
6. Tepelný model batériového modulu v programe ANSYS - tento model je možné využívať pri návrhu batériových modulov či paketov, kde v závislosti od režimu prevádzky batérie je možné sledovať oteplenie článkov a prekročenie limitných stavov.
7. Softvérový produkt - diagnostika chýb na starých EVC riadiacich jednotkách - tento produkt je využívaný pre servise midibusov u zákazníka.

8. Tester elektropanelu midibusu - bol postavený a používa sa priamo vo výrobe, kde sa testuje nakáblovanie každého elektropanela. Tým je okamžite odhalená chyba zapojenia a nie je nutné ju odstraňovať až po kompletizácii autobusu a prvom oživení, kedy to znamenalo množstvo času a človeka s vyššou špecializáciou.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

V rámci riešenia projektu sa dosiahli tieto výsledky:

- 1 nové meracie pracovisko s jednonápravovou valcovou skúšobňou MAHA
- 2 nové výrobky – cyklický tester batériových článkov a tester elektropanela midibusu
- 2 softvérové produkty - Aplikácia na detekciu chýb z RJ EVC a excelovská aplikácia na porovnanie úspor pri optimalizácii kabeláže
- 2 simulačné modely - precízny MATLAB model lítiového článku a ANSYS tepelný model batériového modulu

V rámci propagačných výstupov boli publikované:

- 7 publikácie v zahraničnom karentovanom časopise
- 2 publikácie v zahraničnom časopise
- 6 citácie v zahraničných karentovaných časopisoch
- 2 citácie v nekarentovaných časopisoch
- 16 vedecké práce publikovaných na konferencii v zahraničí
- 15 vedecké práce publikovaných na konferencii v SR
- 3 udelené patenty
- 4-krát účasť riešiteľov na popularizačnom podujatí

Do riešenia projektu boli zapojení aj študenti, ktorých práce súvisia s riešením projektu:

- 4 DzP priamo súvisiace s riešením projektu - doktorandi boli priamo členovia riešiteľského kolektívu
- 17 DP súvisiace s riešením projektu
- vytvorené 1 post-doktorandské miesto

Riešením projektu sa prispelo k:

- 1 medzinárodnej spolupráci – TU Liberec, ČR
- 3 vyvolaným projektom výskumu a vývoja predložených v rámci SR do APVV, VEGA, granty a pod.
- 1 vyvolanému projektu výskumu a vývoja, predložených do medzinárodnej súťaže – IPCEI projekt

Riešiteľský kolektív naplnil z veľkej časti všetky stanovené ciele, ktoré si zadefinoval, aj vzhľadom na problémy, ktoré výrazne ovplyvnili riešenie projektu (korona, čipová kríza). Viaceré úlohy boli splnené výborne až veľmi dobre. Jedna úloha (zostavenie batériového paketu) bola splnená iba asi na 50%, nakoľko sa ešte nerealizoval fyzikálny model. Vzhľadom na publikačné výstupy a nové zariadenie môžeme konštatovať, že projekt bol úspešný. Na mnohých úlohách je možné ďalej pokračovať a tak rozvíjať poznanie v danej oblasti techniky.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The following results were achieved as part of the project solution:

- 1 new measuring station with MAHA single-axle cylinder test room
- 2 new products – cyclic battery cell tester and midibus electrical panel tester
- 2 software products - Application for detecting errors from RJ EVC and Excel application for comparing savings in cabling optimization
- 2 simulation models - precise MATLAB model of the lithium cell and ANSYS thermal model of the battery module

The following was published as part of promotional outputs:

- 7 publications in a foreign current content journal
- 2 publications in a foreign journal
- 6 citations in foreign current content journals
- 2 citations in non-current content journals
- 16 scientific papers published at conferences abroad
- 15 scientific papers published at a conference in the Slovak Republic
- 3 patents awarded
- 4 times the participation of the project members in the popularization event

Students whose works are related to the project were also involved in the solution of the project:

- 4 Dissertation thesis directly related to the solution of the project - Ph.D. students were members of the solution team
- 17 Diploma thesis related to the solution of the project
- 1 postdoctoral position created

The solution of the project contributed to the following:

- 1 international cooperation – TU Liberec, Czech Republic
- 3 initiated research and development projects submitted within the SR to APVV, VEGA, grants, etc.
- 1 initiated research and development projects submitted to international competition - IPCEI project

The research team largely fulfilled all the goals it had defined, even considering the problems that significantly affected the solution of the project (coronavirus, chip crisis). Several tasks were completed excellently to very well. One task (assembling the battery pack) was only about 50% completed, as the physical model had not yet been created. Considering the publication outputs and the manufactured new equipment, we can conclude that the project was successful. It is possible to continue on many tasks and thus develop knowledge in the given field of technology.

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v tejto správe sú pravdivé a úplné.

Zodpovedný riešiteľ

doc. Ing. Milan Lacko, PhD.

V Košiciach 7.11.2023

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Ing. Peter Mésároš, PhD.

V Košiciach

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu

Štatutárny zástupca príjemcu 2

V dd. mm. rrrr

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu 2