



## 3-fázový obojsmerný izolovaný PFC menič

|                      |  |                           |              |
|----------------------|--|---------------------------|--------------|
| Názov                | <b>3-fázový obojsmerný izolovaný PFC menič</b>   |                           |              |
| Inštitúcia           | Fakulta elektrotechniky a informačných technológií<br>Žilinská univerzita v Žiline   |                           |              |
| Miesto               | Žilina, Slovensko  |                           |              |
| PhD. program         | Silnoprúdová elektrotechnika   |                           |              |
| Školiteľ             | <b>doc. Ing. Michal Praženica, PhD.,</b><br>Katedra mechatroniky a elektroniky   |                           |              |
| Školiteľ špecialista | <b>Ing. Patrik Resutík, PhD., Ing. Jozef Šedo, PhD., Ing. Slavomír Kaščák, PhD.,</b><br>Katedra mechatroniky a elektroniky |                           |              |
| Forma štúdia         | <b>denná / externá</b>   |                           |              |
| Dĺžka štúdia         | 3 roky   |                           |              |
| Jazyk štúdia         | <b>slovenský / anglický</b>  |                           |              |
| Dátum nástupu        | 1.9.2026   |                           |              |
| Výskumná oblasť      | Výkonová elektronika   |                           |              |
| Kontakt zadávateľa   | Tel. číslo:  | E-mail:                   | Web stránka: |
|                      | +421 41 513 1602   | michal.prazenica@uniza.sk | link         |

### Anotácia témy DzP

Predkladaná dizertačná práca sa zaoberá návrhom, modelovaním a experimentálnou verifikáciou izolovaného maticového PFC usmerňovača (Isolated Matrix-Type Power Factor Correction Rectifier) založeného na koncepte Dual Active Bridge (DAB). Navrhovaná topológia predstavuje perspektívne riešenie pre aplikácie s požiadavkou galvanického oddelenia, vysokej účinnosti, vysokej hustoty výkonu a obojsmerného toku energie, ako sú nabíjacie stanice pre elektromobily, on-board nabíjacie systémy, priemyselné zdroje a obnoviteľné zdroje energie.

Práca sa zameriava na teoretickú analýzu činnosti meniča v režime buck-boost, odvodenie matematického modelu a analýzu transformátorových napätí a prúdov. Osobitná pozornosť je venovaná optimalizovaným modulačným stratégiám s cieľom znížiť spínacie straty a dosiahnuť podmienky mäkkého spínania (ZVS/ZCS) v širokom rozsahu prevádzkových bodov. Súčasťou práce je aj analýza vplyvu parametrov transformátora a parazitných prvkov na dynamiku systému a kvalitu tvarovania vstupného prúdu.

V rámci dizertačnej práce je navrhnutý riadiaci algoritmus zabezpečujúci jednotkový účinník, stabilnú reguláciu výstupného napätia a robustnosť voči poruchám siete. Simulačné modely v prostredí MATLAB/Simulink a následné experimentálne merania na laboratórnom prototypu slúžia na overenie teoretických predpokladov. Dosiahnuté výsledky preukazujú zlepšenie účinnosti, zníženie prúdového namáhania výkonových prvkov a rozšírenie rozsahu mäkkého spínania v porovnaní s konvenčnými izolovanými PFC topológiami.

Prínosom práce je komplexný návrhový postup izolovaného maticového PFC usmerňovača vrátane optimalizovanej modulácie, ktorý umožňuje zvýšiť energetickú účinnosť a výkonovú hustotu moderných výkonových elektronických systémov.

### Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

#### 1. Vedecký a odborný kontext témy

Téma spadá do oblasti výkonovej elektroniky so zameraním na návrh AC-DC meničov s vysokou účinnosťou, galvanickou izoláciou a dosiahnutím jednotkového účinníka ( $PF \approx 1$ ). Súčasný PFC topológia, ako napríklad boost PFC, dosahujú vysoký PF, avšak pri požiadavke galvanickej izolácie je potrebné zaradiť dodatočný DC-DC izolačný stupeň. Toto riešenie vedie k zvýšeniu počtu výkonových spínačov, riadiacich obvodov a pasívnych prvkov. Vyšší počet polovodičových prvkov spôsobuje nárast spínacích a vodivostných strát, čo sa prejavuje znížením celkovej účinnosti systému. Aktuálny výskum

sa preto zameriava na integrované izolované PFC topológie, ktoré kombinujú korekciu účinníka a galvanickú izoláciu v jednom stupni pri minimalizácii počtu spínačov.

## **2. Ciele a očakávané prínosy dizertačnej práce**

Cieľom dizertačnej práce je návrh inovatívnej izolovanej PFC topológie hlavného obvodu s minimalizovaným počtom výkonových spínačov a vysokou účinnosťou. Súčasťou je optimalizovaný návrh vysokofrekvenčného transformátora s dôrazom na minimalizáciu strát, rozmerov a elektromagnetického rušenia. Práca sa zameria aj na vývoj pokročilých riadiacich algoritmov umožňujúcich dosiahnuť jednotkový účinníka, mäkkého spínania a dynamickej regulácie pri premenlivom zaťažení. Navrhované riešenia budú aplikovateľné vo vysokovýkonných systémoch, ako sú nabíjačky elektromobilov, V2G systémy a priemyselné napájacie zdroje. Očakávaným prínosom je zvýšenie celkovej účinnosti, výkonovej hustoty a spoľahlivosti pri súčasnom znížení objemu a hmotnosti zariadenia.

## **3. Metodológia a výskumný prístup**

- Prehľad súčasného stavu.
- Analýza a porovnanie vhodných topológií.
- Výber najvhodnejšej topológie.
- Matematická analýza vybranej topológie.
- Návrh riešenia a simulačná analýza strát a veličín výkonového obvodu.
- Analýza a návrh riadiacich algoritmov.
- Praktická realizácia navrhnutého riešenia.
- Verifikácia navrhnutého riešenia.

## **4. Úlohy a zodpovednosti doktoranda**

Doktorand je zodpovedný za systematický výskum v oblasti izolovaného maticového PFC usmerňovača založeného na koncepte Dual Active Bridge, vrátane štúdia aktuálneho stavu poznania a identifikácie výskumných medzier. Jeho úlohou je vypracovať matematické modely meniča, navrhnúť optimalizované modulačné stratégie so zameraním na minimalizáciu RMS prúdov a zabezpečenie podmienok ZVS/ZCS a overiť ich pomocou simulačných nástrojov. Doktorand zabezpečuje návrh, realizáciu a experimentálne testovanie laboratórneho prototypu vrátane merania účinnosti, kvality vstupného prúdu a dynamických vlastností systému. Súčasťou jeho práce je analýza a interpretácia nameraných dát, porovnanie s teoretickými predpokladmi a formulovanie odborných záverov. Doktorand zároveň publikuje dosiahnuté výsledky vo vedeckých časopisoch a na konferenciách a aktívne sa podieľa na riešení grantových a výskumných projektov pracoviska.

## **5. Podporné materiály**

Budú riešené v rámci konkrétnych pracovných úloh doktoranda.

## **Profil uchádzača**

### **1. Odborné vedomosti (minimálne / odporúčané)**

Minimálne sa vyžadujú vedomosti z oblasti výkonovej elektroniky, analýzy elektrických obvodov, elektromagnetizmu a riadenia elektrických systémov. Odporúčané sú hlbšie znalosti topológií AC-DC meničov, PFC obvodov, návrhu vysokofrekvenčných transformátorov a problematiky elektromagnetickej kompatibility (EMC). Výhodou je orientácia v moderných polovodičových prvkoch (SiC, GaN) a skúsenosti s návrhom spínaných zdrojov.

### **2. Technické a metodické zručnosti**

Očakáva sa schopnosť analyzovať a navrhovať výkonové meniče vrátane simulačného modelovania (napr. MATLAB/Simulink, PLECS, LTspice). Uchádzač by mal mať skúsenosti s experimentálnym overovaním návrhov, meraním účinnosti a spracovaním nameraných dát. Dôležitá je znalosť vedeckej metodológie, práca s odbornou literatúrou a schopnosť publikovať výsledky výskumu.

### **3. Jazykové a komunikačné schopnosti**

Vyžaduje sa schopnosť čítať a pracovať s odbornou literatúrou v anglickom jazyku. Odporúča sa aktívna znalosť angličtiny umožňujúca prezentáciu výsledkov na konferenciách a publikovanie v

odborných časopisoch. Uchádzač by mal mať schopnosť jasne a odborne komunikovať technické riešenia v písomnej aj ústnej forme.

#### **4. Osobnostné predpoklady**

Očakáva sa samostatnosť a zodpovedný prístup k riešeniu úloh, schopnosť dlhodobo pracovať na komplexnom výskumnom probléme a systematicky plánovať jednotlivé etapy práce. Dôležité sú analytické myslenie, trpezlivosť a dôslednosť pri experimentálnom overovaní výsledkov. Uchádzač by mal byť otvorený spolupráci v tíme a aktívnej komunikácii so školiteľom.

#### **5. Ďalšie výhodné predpoklady**

Výhodou sú predchádzajúce skúsenosti s výskumnou alebo projektovou činnosťou, publikovaním alebo účasťou na odborných konferenciách. Oceniteľná je prax v oblasti návrhu DPS, programovania mikrokontrolérov alebo riadiacich systémov. Plusom je aj záujem o elektromobilitu, energetiku a moderné technológie výkonových meničov.

#### **Financovanie:**

**VEGA 1/0314/24** – Výskum systému aktívneho hospodárenia s elektrickou energiou využívajúceho batériové úložiská,

**podané APVV -25-0820** - Nabíjací systém pre autonómny dron, ktoré s témou práce úzko súvisí.