



## 3-fázový PFC injektor s využitím moderných WBG polovodičov

Názov	<b>3-fázový PFC injektor s využitím moderných WBG polovodičov</b>		
Inštitúcia	Fakulta elektrotechniky a informačných technológií Žilinská univerzita v Žiline		
Miesto	Žilina, Slovensko		
PhD. program	Silnoprúdová elektrotechnika		
Školiteľ	<b>doc. Ing. Michal Praženica, PhD.,</b> Katedra mechatroniky a elektroniky		
Školiteľ špecialista	<b>Ing. Patrik Resutík, PhD., Ing. Jozef Šedo, PhD., Ing. Slavomír Kaščák, PhD.,</b> Katedra mechatroniky a elektroniky		
Forma štúdia	<b>denná</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

Rastúca spotreba elektrickej energie dátových centier vytvára výrazný tlak na zvyšovanie účinnosti a optimalizáciu napájacích systémov. Efektívna jednosmerná (DC) distribúcia energie predstavuje perspektívne riešenie, ktoré umožňuje znížiť energetické straty a celkové prevádzkové náklady. Dizertačná práca sa zameriava na návrh a optimalizáciu výkonového meniča pre DC distribučné systémy dátových centier s cieľom minimalizácie nákladov životného cyklu, teda súčtu investičných nákladov a nákladov spôsobených stratami energie.

Výskum vychádza z koncepcie trojfázového znižujúceho PFC usmerňovača s aktívnym injektovaním vyšších harmonických zložiek prúdu a rozširuje ju o implementáciu moderných širokopásmových polovodičových súčiastok (WBG – Wide Band Gap), ako sú SiC a GaN tranzistory. Využitie WBG technológií umožňuje zvýšenie spínacej frekvencie, zmenšenie objemu pasívnych komponentov a dosiahnutie veľmi vysokej účinnosti pri zachovaní vysokej hustoty výkonu.

Práca sa sústreďuje na komplexnú optimalizáciu systému z pohľadu účinnosti, výkonovej hustoty, spoľahlivosti a ekonomickej efektívnosti. Výsledkom má byť návrhová metodika a experimentálne overený prototyp výkonového stupňa, ktorý preukáže technickú realizovateľnosť a ekonomickú výhodnosť použitia WBG polovodičov v moderných systémoch. Očakávaným prínosom práce je posun hranice účinnosti a výkonovej hustoty napájacích systémov pri súčasnom znížení celkových nákladov počas ich životnosti.

### Rozšírené informácie, výskumné zodpovednosti a úlohy doktoranda

#### 1. Vedecký a odborný kontext témy

Táto práca reaguje na vedeckú výzvu optimalizácie trojfázového znižujúceho PFC usmerňovača. Koncepcia aktívneho vstrekovania vyšších harmonických zložiek prúdu (current injection) ponúka unikátnu možnosť redukcie napäťového namáhania komponentov a zlepšenia harmonického spektra vstupného prúdu, čo je kritické pre stabilitu siete.

Vedecký prínos práce spočíva v integrácii polovodičových štruktúr so širokým zakázaným pásmom (WBG – Wide Band Gap), konkrétne na báze nitridu gália (GaN) a karbidu kremíka (SiC).

Tieto materiály umožňujú:

- radikálne zvýšenie spínacej frekvencie ,

- minimalizáciu spínacích strát a parazitných javov,
- redukciu objemu a hmotnosti magnetických a kapacitných akumulčných prvkov.

Práca sa neobmedzuje len na elektrické parametre, ale zavádza metodiku optimalizácie nákladov životného cyklu (LCC – Life Cycle Costing). Cieľom výskumu je formulovať komplexnú návrhovú metodiku pre moderné napájacie zdroje, ktorá integruje elektromagnetický dizajn, termálny manažment a ekonomické modelovanie.

Experimentálna validácia na funkčnom prototypu preukáže, že synergiou pokročilých topológií a WBG súčiastok je možné posunúť hranicu účinnosti za hranicu 98 % pri súčasnom zvýšení spoľahlivosti systému.

## 2. Ciele a očakávané prínosy dizertačnej práce

Hlavným cieľom práce je vývoj, optimalizácia a experimentálna verifikácia vysokoúčinného napájacieho stupňa pre DC distribučné systémy dátových centier s využitím progresívnych WBG polovodičových technológií.

Čiastkové ciele:

- Vykonanie kritickej rešerše súčasných riešení trojfázových PFC usmerňovačov a výber optimálnej modifikácie systému s aktívnym injektovaním prúdu.
- Návrh matematického modelu, ktorý bude zohľadňovať vzájomné väzby medzi spínacou frekvenciou, objemom pasívnych komponentov a účinnosťou,
- Analýza a komparácia statických a dynamických charakteristík SiC a GaN tranzistorov s cieľom maximalizácie dynamiky riadenia a minimalizácie výkonových strát,
- Vývoj a simulácia digitálneho riadenia pre zabezpečenie vysokej kvality vstupného prúdu (nízke THDi) a stability výstupného DC napätia pri premenlivom zaťažení.
- Konštrukcia laboratórneho prototypu výkonového meniča a následná experimentálna verifikácia stanovených parametrov v reálnych prevádzkových podmienkach.

Očakávané prínosy práce:

Teoretický a vedecký prínos:

- Nová návrhová metodika: Vytvorenie uceleného postupu pre dimenzovanie PFC meničov, ktorý integruje technické parametre s ekonomickou efektívnosťou.
- Detailná analýza správania GaN/SiC súčiastok v špecifickej topológii so injektovaním prúdu pri vysokých frekvenciách, čo dopĺňa súčasné vedecké poznanie v oblasti výkonovej elektroniky.

Spoločenský a hospodársky prínos:

- Zvýšenie účinnosti napájacích systémov priamo prispieva k zníženiu uhlíkovej stopy.
- Dosiahnutie vyššej výkonovej hustoty umožní efektívnejšie využitie priestoru.
- Vysoká účinnosť dramaticky znižuje nároky na chladiace systémy.

## 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 3-fázového neizolovaného PFC meniča s využitím aktívnej injektáže prúdu, vrátane štúdia aktuálneho stavu poznania a identifikácie výskumných medzier. Jeho úlohou je vypracovať matematické a simulačné modely meniča, navrhnúť optimalizované modulačné stratégie so zameraním na vysokú spínaciu frekvenciu, ktorú je možné dosiahnuť pri použití WBG polovodičov. 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 výkonových obvodov a problematiky elektromagnetickej kompatibility (EMC). Podmienkou 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.