

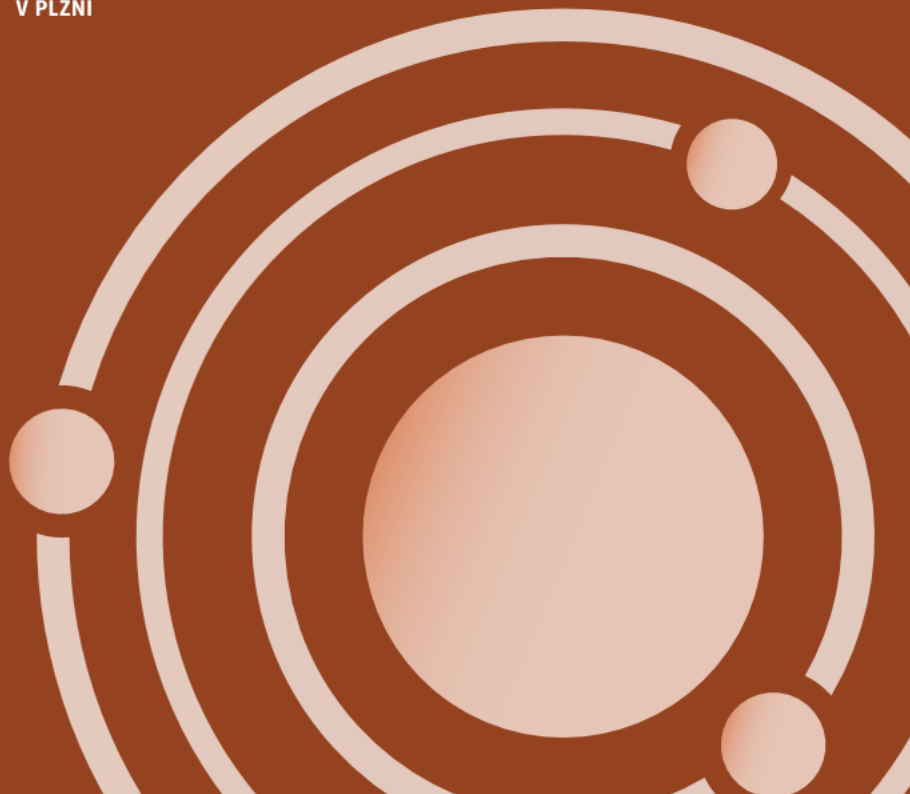
**2026**

# SVOČ

Studentská vědecká odborná činnost



FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI



**Editor:** Prof. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., MBA

**Organizační výbor:** Prof. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., MBA, Ing. Jaroslav Hornak, Ph.D., MBA, Ing. Ondřej Michal, Ph.D.

**Obálka:** Ing. Ondřej Michal, Ph.D.

**Sborník:** Ing. Ondřej Michal, Ph.D.

**Název:** Studentská vědecká odborná činnost

**Vydavatel:** Západočeská univerzita v Plzni

# **ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

## **FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**



**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI**

## **PŘEHLÍDKA STUDENTSKÝCH ODBORNÝCH PRACÍ**

**SVOČ 2026**

konaná dne 17. 4. 2026

pod záštitou

děkana FEL ZČU

**doc. Ing. Františka Steinera, Ph.D.**

## **Vážení účastníci soutěže, Vážení sponzoři**

Jsem rád, že jste se připojili k tradici, kterou akademická obec FEL udržuje za každé situace. Uspořádání odborné soutěže studentům nabízí možnost prezentovat svou odbornou práci, která překračuje standardní rámec studia. Na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni se vždy najdou studenti, kteří kromě plnění běžných studentských povinností pracují na dalších tématech, jež stojí za to být zveřejněna a oceněna. I v letošním ročníku mohou účastníci soutěže díky sponzorům dosáhnout obojího, za což bych rád sponzorům touto formou poděkoval. Věřím, že práce, kterou jste vynaložili při přípravě projektů a následné prezentaci, vám přinese cenné zkušenosti pro váš budoucí kariérní rozvoj.

Přeji Vám mnoho úspěchů v soutěži.

**prof. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., MBA**  
*Garant soutěže*

# OBSAH

## Sekce Bc. - Elektrotechnika a informační technologie

Vít Štátný, Jakub Wagner	MODEL TROMBEHO STĚNY	6
Petr Peták, Michal Popelka, Šimon Roubíček	VÝUKOVÝ MODEL DOMU S PRVKY CHYTRÉ DOMÁCNOSTI	7
Jan Kostohryz	Inspekční systém pro dron Elios 3	8
Carmen Kovarski	Vývoj zařízení pro elektromechanickou charakterizaci elektronických textilií E-TEMA	9
Rudolf Matoušek	Matematický model trojfázového paralelního aktivního filtru	10
Vojtěch Mužík	Řízení protékajícího výkonu a spolupráce trakčních napájecích stanic v rámci trakční sítě	11

## Sekce NMgr. 1 - Diagnostika, materiály a technologie pro elektrotechniku

Bc. Ondřej Hoštička	METODIKA STANOVENÍ INSTALOVANÉHO VÝKONU REZIDENČNÍCH FVE	13
Bc. Ladislav Doubek	Možnosti měření rozsáhlých elektroakustických systémů v měřítku	14
Bc. Michal Mráz	NÁVRH A REALIZACE IONTOVÉHO MOTORU	15
Bc. Ondřej Balvín	Tištěné polymerní průchodky pro distribuční transformátory	16
Bc. Steve Odigie	Návrh vícevrstevných vyhřívaných elektroizolačních kompozitů	17
Bc. Viktor Kliment	Diagnostika fotovoltaických panelů: komparativní analýza elektrických měření	18
Bc. Jakub Vokrouhlik	AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM ODEČTU VÝCHYLKY NA CHARPYHO PADOSTROJI	19
Bc. Pavel Menezes	LABORATORNÍ SYSTÉM PRO MĚŘENÍ SPEKTRÁLNÍ CITLIVOSTI FV ČLÁNKŮ	20

## Sekce NMgr. 2 - Elektrotechnika, Pohony a Výkonová Elektronika

Bc. Vojtěch Horčíčka	Automatická detekce vadných pixelů v pixelových detektorech částic	22
Bc. Evžen Šteif	IoT environmentální jednotka	23
Bc. Jakub Skorunka	Vývoj měřících karet pro systém průtočných baterií	24
Bc. Roman Vintr	Návrh datově-akvizičního systému průtočných baterií	25
Bc. Tomáš Knopf	Rozhraní pro multimodální sběr a vizualizaci dat z palubních senzorů integrované s ROS2	26
Bc. Michal Krbec	Návrh DPS pro řízení a zpracování signálů z vícefázového střídače	27
Bc. Tikhon Trubitsyn	Stavba robotického manipulátoru	28
Jakub Petrář	Modelové prediktivní řízení vícefázových PMSM motorů	29

## Sekce Ph.D. - Elektrotechnika a elektronika

Ing. Martin Farkaš	MODERNÍ AKVIZIČNÍ SOFTWARE PRO TIMEPIX DETEKTORY S KATHERINE READOUTY	31
Ing. Tomáš Paveza	Transverse Flux Machine s drápkovým státorem z FeSi3	32



The background of the page is a light beige color with a complex, abstract pattern of brown lines and dots. These lines and dots are arranged in a way that resembles a circuit board or a network diagram, with lines connecting various circular nodes. The pattern is dense and covers the entire page, creating a technical and modern aesthetic.

# Sekce Bc.

**Elektrotechnika a informační technologie**

# MODEL TROMBEHO STĚNY

Vít Šťastný, Jakub Wagner

Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** *Tento projekt se zabývá technologickým řešením Trombeho stěny trochu z jiného úhlu pohledu.*

## 1 Úvod

Chceme ukázat, že Trombeho stěna nemusí být pouze z betonu. Budeme porovnávat vlastnosti betonové stěny s jinými materiály jako je voda a vosk. Teplota vosku se bude pohybovat kolem jeho bodu tání. V této oblasti akumuluje obrovské množství tepla a přitom se sám neohřeje.

## 2 Modelový dům

Modely domů jsou celkem čtyři. Sestaveny jsou z extrudovaného polystyrenu. Stěny jsou ve dvou tloušťkách, 2 a 4 cm. Každý dům má před stěnou skleněnou tabuľi.

## 3 Akční prvky

V modelu budeme měřit teplotu a vlhkost v předem určených místech. Data se budou ukládat na SD kartu



**Obr. 1** Model domu s demontovanou sadou čidel a stěnou z černého betonu

## 4 Závěr

Cílem projektu je změřit průběh teplot uvnitř domu pro různé varianty barev betonu a pro různé materiály. Poté určit, jaký z materiálů je nejvhodnější.

# VÝUKOVÝ MODEL DOMU S PRVKY CHYTRÉ DOMÁCNOSTI

Petr Peták, Michal Popelka, Šimon Roubíček

Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Tento projekt se zabývá implementací prvků chytré domácnosti do modelu domu určeného pro výukové účely. Použití systémů KNX má za úkol zlepšit domácí pohodu a zároveň zlepšit energetickou úsporu domu.

## 1 Úvod

Základním společným bodem je ovládací panel obsahující veškeré KNX moduly a ovládací část. Do panelu je přivedeno vnější napájení a ethernetové připojení pro umožnění komunikace s PC. Přehledně uspořádání kabelových rozvodů je přidanou hodnotou, která umožňuje studentům lépe pochopit teoretické schéma s fyzickým zapojením prvků KNX. Celé zapojení je vyvedeno do jediného konektoru, který cílí na jednoduchost propojení domu s ovládacím panelem.

## 2 Modelový dům

Konstrukce domu byla navrhována v programu SolidWorks. Dům má tvar kvádrů s dvojitými stěnami, dutými uprostřed. Obsahem jsou tři části s možností ovládání. Těmito částmi jsou světla, topení a žaluzie. Ukotvení domu na ovládací panel je realizováno pomocí magnetů, které byly vtištěny přímo do jeho základů a do víka panelu.

## 3 Akční prvky

Ovládání světel se zabývá stmíváním jednoho nebo více světel pro ovlivnění celkové intenzity osvětlení uvnitř domu. Pomocí spínačů lze simulovat reakci na situace jako třeba odchod/příchod. Regulace intenzity je také realizována žaluziemi poháněnými synchronním motorem, řízeným akčním členem, který pomocí časové základny reguluje výšku i pozici natočení jednotlivých lamel. Pro regulaci teploty v domě byla vymodelována smyčka podlahového topení, zde je pomocí vloženého čerpadla zajištěna regulace množství protékající teplé vody, na základě zadané informace o teplotě v místnosti.



Obr. 1 Model domu připevněného na panel se všemi osazenými částmi

## 4 Závěr

Cílem projektu bylo více přiblížit a usnadnit práci studentů s jednotlivými moduly systému KNX a poskytnout názornou ukázkou využití v praxi. Aktuální konstrukční řešení domu a jeho ovládacího panelu je považováno za velmi kvalitní, dále je zde prostor pro rozšíření, kdy je panel navržen tak aby byl schopen fungovat s mnoha variantami modelových domů. Tímto krokem je zajištěna flexibilita a různorodost při vytváření laboratorních cvičení. Aktuální modelový dům bude dále použit pro detailnější ovládání, a to pomocí implementace teplotních a světelných senzorů a jejich automatické komunikace s jednotlivými akčními prvky domu.

## 5 Literatura

[1] KNX CZ. *KNX Basics*. [online].

[cit. 2026-04-07]. Dostupné z:

[https://knxcz.cz/images/clanky/KNX\\_Basics\\_CZ\\_screen2.pdf](https://knxcz.cz/images/clanky/KNX_Basics_CZ_screen2.pdf)

# Inspekční systém pro dron Elios 3

Jan Kostohryz

Ing. Karel Šíma Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Tento příspěvek se zaměřuje na iterativní vývoj kamerového systému pro drony určeného k inspekci trysek v chladicích věžích jaderných elektráren. Vzhledem k rozměrovým omezením a požadavku na simultánní živý přenos videa a pořizování 4K fotografií bylo nutné navrhnout vlastní řešení.

## 1 Úvod

Výzkumný a zkušební ústav (VZU) v Plzni provádí inspekce jaderných elektráren Temelín a Dukovany, které zahrnují vizuální kontrolu chladicích věží. Tyto kontroly se běžně provádějí pomocí dronů a zaměřují se na povrchové opotřebení betonu. V současné době však vznikl nový požadavek na kontrolu čistoty vnitřku chladicích trysek, který není proveditelný běžně komerčně dostupným vybavením. V současné době se na trhu nevyskytují komplexní řešení kombinující UAV s primárním kamerovým systémem a současně vybavená sekundárním kamerovým systémem poskytujícím živý stream v nižším rozlišení umožňující pořízení 4K fotografie.

## 2 Ověření konceptu

Konceptuální řešení bylo založeno na modulu RunCam Split-H, který ukládal záznam na SD kartu pomocí příkazů přenášených přes rozhraní UART. Obrazový výstup byl konvertován do formátu NTSC/PAL a přenášen prostřednictvím video vysílače na monitor operátora. Ovládní kamery zajišťovala vlastní deska plošných spojů (DPS) s RFM modulem, která přijímala signál z tlačítka na panelu operátora. Toto konceptuální řešení splňovalo požadavky na hmotnost i mechanický návrh a v praxi bylo ověřeno jak z hlediska funkčnosti, tak i průchodnosti kamery tryskou.

## 3 První generace

Pro splnění všech požadavků byla upravena architektura celého modulu a do systému byl integrován vestavný počítač (miniPC) s operačním systémem typu Linux. Tato úprava

umožnila paralelní zpracování video streamu i ukládání 4K snímků na SD kartu. Vzhledem k fyzickým limitům byl zvolen modul Raspberry Pi Zero 2 W, který byl následně využit při pilotní kontrole v elektrárně Temelín. U této generace bylo identifikováno slabé místo systému, konkrétně omezený dosah přenosu signálu tlačítka.

## 4 Druhá generace

Práce na druhé generaci tohoto systému byla zaměřena na zlepšení dosahu přenosu. Toho bylo dosaženo integrací modulu Holybro SiK Telemetry Radio V3. Dále byla přepracována interní deska plošných spojů (DPS), která v této generaci slouží primárně jako napájecí a distribuční platforma pro Raspberry Pi. DPS byla dále rozšířena o A/D převodník pro monitorování napětí baterie payloadu a o MOSFET tranzistory pro spínání LED přisvícení.



Obr. 1 Modul přimontovaný na dronu Elios 3

## 5 Závěr

Výsledkem této práce je sekundární elektronický systém montovatelný na UAV pro inspekci trysek v chladicích věžích jaderných elektráren. Systém byl otestován v terénu přímo na chladicí věži jaderné elektrárny Temelín. Po první iteraci byla identifikována technická omezení v oblasti přenosu signálu tlačítka a ve druhé iteraci byla tato omezení odstraněna.

## 6 Literatura

[1] [picamera2-manual](#)

# Vývoj zařízení pro elektromechanickou charakterizaci elektronických textilií E-TEMA

Carmen Kovarski

Ing. Daniela Moravcová Ph. D., Ing. Jan Handrejch

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Příspěvek představuje vývoj a realizaci vlastního měřicího zařízení určeného pro charakterizaci e-textilií při mechanickém namáhání. Zařízení umožňuje testování senzorů natažení pomocí řízené deformace a cyklického zatěžování, což je klíčové pro stanovení jejich elektrických parametrů v reálném čase nebo posouzení životnosti.

## 1 Úvod

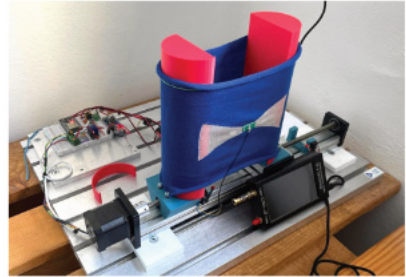
E-textilie představují perspektivní oblast na rozhraní textilního inženýrství, elektroniky a telemedicíny [1]. Jedná se o textilie s integrovanými elektronickými součástkami obsahující elektricky vodivé materiály, které jim umožňují vykonávat funkce nad rámec tradičních textilií. Specifickým rysem těchto materiálů je jejich mechanická poddajnost, která při deformaci vede ke změnám elektrických vlastností.

Významným odvětvím jsou senzory natažení, které lze využít k monitorování fyziologických funkcí, jako je snímání dechové frekvence či detekce otoků pomocí vypletených vodivých prvků. Porozumění chování vodivých struktur je zásadní pro jejich efektivní návrh, v současnosti však chybí vhodné standardizační nástroje pro jejich přesnou charakterizaci. Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat zařízení E-TEMA (E-Textile Electromechanical Analyzer), které tento problém řeší (Obr. 1).

## 2 Popis systému

Zařízení je navrženo jako komplexní elektromechanický charakterizační systém kombinující mechanické namáhání s monitorováním elektrické odezvy v reálném čase. Skládá se z nezávisle ovládaných drah s dvojitými nástavci pro uchycení vzorku: jeden nástavec je statický, druhý je poháněn integrovaným krokovým motorem. Klíčovým prvkem řídicí logiky je vlastní navržená deska plošných spojů (DPS). Ta je propojena s dotykovým displejem [2], který slouží k definování parametrů testu:

počtu cyklů (pro únavové zkoušky nebo studium hystereze), rychlosti a rozsahu pohybu. Displej též umožňuje měření přerušit, navázat na předchozí stav nebo automaticky vypočítat celkovou dráhu pohybu. Kryt DPS a displeje byl navržen v prostředí Onshape a následně vyroben technologií 3D tisku.



Obr. 1: První generace zařízení E-TEMA

## 3 Závěr

Zařízení E-TEMA představuje nově vyvinutý laboratorní nástroj pro výzkum pokročilých materiálů, především e-textilií, na katedře materiálů a technologií. Díky své modularitě má zařízení vysoký potenciál stát se standardizačním nástrojem pro testování e-textilií určených zejména pro biomedicínu a sportovní aplikace.

## 4 Literatura

[1] BLECHA, T., MORAVCOVÁ, D. a SOUKUP, R. Electronic textiles. In: BERNASCONI, R. a GIBERTINI, E., ed. *Advances in chemical engineering, rethinking manufacturing: Next generation sensors and devices by microfabrication*. Amsterdam: Elsevier: Academic Press, 2024, sv. 64, s. 1–46. ISBN 9780443315862.  
<https://doi.org/10.1016/bs.ache.2024.10.001>

[2] *Instruction Set*. Nextion [online]. 2025 [cit. 2026-03-16]. Dostupné z: <https://nextion.tech/instruction-set/>

# Matematický model trojfázového paralelního aktivního filtru

Rudolf Matoušek

Ing. Miloš Straka

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Cílem projektu bylo vytvořit matematický model trojfázového paralelního aktivního filtru a navrhnout vhodný řídicí algoritmus, tak aby bylo možné filtrovat charakteristické harmonické vyšší řádů, které se v elektrické síti mohou objevovat vlivem nelineární zátěže.

## 1 Úvod

Paralelní aktivní filtr (PAF) je výkonový elektronický měnič, s topologií napětového střídače, používaný ke zlepšení kvality elektrické energie v síti v místě připojení. Dokáže detekovat vyšší harmonické, které mohou v síti vzniknout z důvodu nelineární zátěže a injektuje tento proud s opačnou fází, čímž generuje tzv. zbytkovou křivku proudu. [1]

## 2 Fourierova transformace

Pro vyhodnocení obsahu harmonických vyšších řádů v odebraném proudu ze sítě, byla použita metoda vycházející z principu sliding DFT, která umožňuje dynamicky reagovat na změny zatížení a tím i na obsah vyšších harmonických v reálném čase. Signál je vzorkován frekvencí  $f_s = 20 \text{ kHz}$ , odpovídající spínací frekvenci měniče. Z jednotlivých sinových a kosinových složky jsou zpětně rekonstruovány signály vybraných filtrovaných frekvencí. Délka výpočetního okna je dána poměrem spínací frekvence a základní frekvence  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ , tedy  $N = \frac{f_s}{f_1} = 400$  vzorků, zajišťující dostatečný počet pro přesnou rekonstrukci signálu. [1]

## 3 Řídicí algoritmus PAF

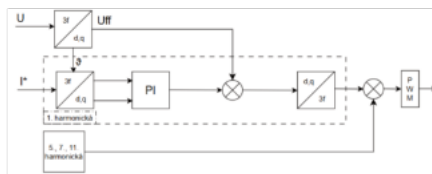
Řízení měniče vychází z vektorového řízení, umožňující efektivně řídit samostatně činný a jalový výkon. Na Obr.1 je znázorněno regulační schéma.

## 4 Matematický model

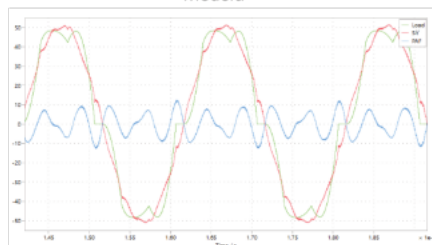
Matematický model byl vytvořený v prostředí Matlab/Simulink s využitím knihovny PLECS. Elektrická síť je v simulaci modelována jako

ideální třífázový napětový zdroj. Aktivní filtr je připojen paralelně k zátěži, na společném uzlu připojení k síti. Měnič je na stejnosměrné straně vybaven meziobvodem (DC-link) tvořeným kondenzátorem, který zajišťuje stabilní stejnosměrné napětí pro řízení PWM. [2] Na Obr.2 jsou zobrazeny průběhy proudů v uzlu PCC při zatížení nelineárním diodovým usměrňovačem s R-L zátěží.

Obr.1: Blokové schéma řízení PAF



Obr.2: Časový průběh proudů z matematického modelu



## 5 Závěr

Z výsledků simulace je patrné, že fázový proud odebraný ze sítě (I<sub>g1</sub>) se výrazně blíží ideálnímu sinusovému průběhu. V porovnání s proudem zátěže (I<sub>z1</sub>) a zároveň má menší obsah vyšších harmonických, filtrovaných právě paralelním aktivním filtrem.

## 6 Literatura

[1] KÚS, Václav. *Vliv polovodičových měničů na napájecí soustavu*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2002. 183 s. ISBN 80-7300-062-8.

[2] VONDŘÁŠEK, František, Zdeněk PEROUTKA, Tomáš GLASBERGER a kolektiv. *Výkonová elektronika*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2025. ISBN 978-80-261-1084-2.

# Řízení protékajícího výkonu a spolupráce trakčních napájecích stanic v rámci trakční sítě

Vojtěch Mužik

Ing. Vojtěch Blahnik, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

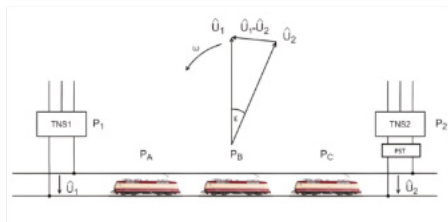
**Anotace:** Práce se zaměřuje na možnost řízení výkonu dodávaného z trakčních napájecích stanic (TNS), čímž lze umožnit spolupráci TNS v rámci jednotné troleje. Byl vytvořen laboratorní prototyp dvou spolupracujících TNS s regulací napětového vektoru pomocí zařízení Phase Shift Transformer (PST). Celá problematika byla nejprve testována na vytvořeném digitálním dvojčeti, jehož přesnost byla následně validována měřením.

## 1 Úvod

V prostředí Matlab/Simulink byl vytvořen matematický model PST, který byl následně validován měřením. Dále byl vytvořen nízkonapěťový model trakční sítě napájené dvěma TNS (viz Obr. 1). Pomocí vytvořeného modelu byla simulována spolupráce dvou TNS. Použité zařízení typu PST umožňuje regulaci toku výkonu tak, že mění napětový vektor (vhodné např. při přetížení TNS [1]), čímž je možné udržovat rovnoměrné rozdělení zatížení či zvýšit hospodárnost užívání elektrické energie.

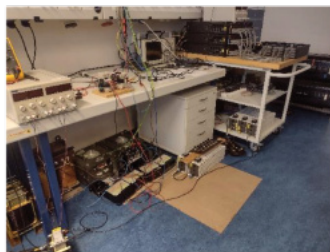
## 2 Princip a realizace PST

Laboratorní model PST byl realizován pomocí dvou autotransformátorů a je připojen k TNS2, přičemž TNS1 byla testována jako transformátorová TNS.



Obr. 1 Schéma trakční sítě s PST [2]

Celé zařízení včetně spolupráce TNS bylo otestováno na vytvořeném laboratorním modelu zobrazeném na Obr. 2



Obr. 2 Laboratorní model pro měření PST

## 3 Závěr

Byla otestována funkčnost navrženého řízení protékajícího výkonu pomocí zařízení PST, jehož nastavení bylo modelováno a validováno na vytvořeném digitálním dvojčeti. Ačkoliv laboratorní model pracuje s nižším výkonem (10 kW), teoretický princip řízení napětového vektoru zůstává stejný a lze ho aplikovat i do moderních trakčních sítí s jednou trolejí.

## 4 Literatura

[1] M. Straka, V. Blahnik and M. Pittermann, "Active and Reactive Power Control of Traction Substation 25 kV / 50 Hz," IECON 2025 – 51st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Madrid, Spain, 2025, pp. 1–6, doi: 10.1109/IECON58223.2025.11221854.

[2] Novak, Jaroslav & Mlynařík, Ladislav. (2020). ŘÍZENÍ VÝKONU TRAKČNÍCH NAPÁJECÍCH STANIC 25 KV. Perner's Contacts. 15. 10.46585/pc.2020.1.1541.

A background network diagram consisting of numerous brown circular nodes connected by thin brown lines, forming a complex, interconnected web. The nodes are distributed across the entire page, with a higher density in the center where the text boxes are located.

# Sekce NMgr. 1

**Diagnostika, materiály a technologie  
pro elektrotechniku**

# METODIKA STANOVENÍ INSTALOVANÉHO VÝKONU REZIDENČNÍCH FVE

Bc. Ondřej Hoštička

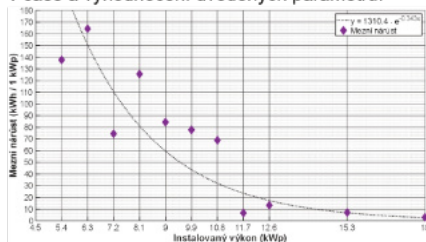
Ing. Milan Běllk, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** V době propadu výkupních cen energií je vhodné dimenzování fotovoltaiky klíčem k její efektivitě. Tento příspěvek se věnuje problematice určování efektivního instalovaného výkonu rezidenční fotovoltaických elektráren v primární fázi návrhu, tedy před samotným dimenzováním bateriového úložiště. Představená metodika na základě celoročních simulačních dat a analýzy mezního nárůstu identifikuje hledaný bod technicko-ekonomického limitu budovy. Tento přístup pomáhá předcházet neúčelnému předimenzování systémů a poskytuje podklady pro následný návrh implementace v rámci legislativních doporučení.

## 1 Úvod

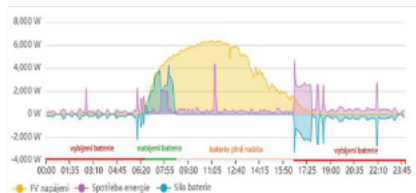
V praxi se návrh rezidenčních FVE často opírá o odhady nebo pouhé zohlednění roční spotřeby objektu. Tento zjednodušený přístup dnes postupně ztrácí technické opodstatnění [1]. I v kontextu nastupující komunitní energetiky a sdílení elektřiny je totiž primárním krokem exaktní určení limitů přímé spotřeby samotného odběrného místa. Stávající postupy je proto nutné přehodnotit a zaměřit se na detailní hodnocení lokální energetické bilance. Projekt má za cíl ukázat v praxi fungující a snadno aplikovatelnou metodiku, která dokáže identifikovat technický limit konkrétní budovy pomocí detailní simulace v čase a vyhodnocení uvedených parametrů.



Obr. 1 Závislost mezního nárůstu na instal. výkonu

## 2 Způsob řešení

Úloha je řešena hodinovou parametrickou simulací na diskrétní množině reálně dostupných fotovoltaických technologií v prostředí PV\*SOL. Klíčový prvek metodiky představuje zavedení hodnotícího parametru – mezního nárůstu. Ten vyjadřuje nárůst reálně využitelné energie (kWh/rok) při přidání každého dalšího 1 kWp instalovaného výkonu. Tento ukazatel je vyhodnocován komplexně spolu s celkovou mírou soběstačnosti budovy a mírou využití vyrobené elektřiny.



Obr. 2 Diagram spotřeby domácnosti

## 3 Závěr

Představená metodika projektantům nabízí praktický nástroj vyhodnocení návrhu FVE. Namísto náročného hledání matematických optimalizačních funkcí využívá srozumitelnou analýzu simulačních dat, která ukazuje, kdy další navyšování výkonu FV panelů pro daný objekt ztrácí opodstatnění. Zjištěný bod nasycení zároveň poslouží jako cenný referenční stav pro dimenzování dalších prvků FVE.

## 4 Literatura

[1] CARRASCO, Luis Miguel, et al. Sizing Photovoltaic Self-Consumption Systems for Sustainable Decision-Making: A Novel Techno-Economic Approach Using Performance Metrics and Real Consumption Data. *Sustainability*, 2026, 18.6: 2991.

## Možnosti měření rozsáhlých elektroakustických systémů v měřítku

Bc. Ladislav Doubek

Ing. Oldřich Tureček, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Práce se zabývá možnostmi měření rozsáhlých elektroakustických systémů v prostorách bezodrazové komory FEL ZČU, konkrétně měřením soustavy sirén ve zmenšeném měřítku 1:n. Měření je primárně zaměřeno na určení rozsahu blízkého pole v závislosti na počtu vlastních sirén v soustavě.

### 1 Úvod

Rozsáhlé systémy jsou takové, u kterých nelze vlivem vlastních rozměrů dosáhnout v bezodrazové komoře potřebné měřicí vzdálenosti (fotografie soustavy sirén viz Obr. 1) Nabízí se možnost využít zmenšený model, který do jisté míry věrně simuluje chování reálného systému.



Obr. 1: Soustava sirén v bezodrazové komoře

### 2 Zmenšený model

V našem případě je rozsáhlý systém reprezentován soustavou sirén, sirénu vždy tvoří sestava tlakového reproduktoru (driveru) a zvukovodu. Zmenšení lze provést pouze v případě zvukovodu, samotný driver je nutné vhodně nahradit. Míru potřebného zmenšení vyjádřenou koeficientem  $n$  lze při znalosti maximální dosažitelné vzdálenosti v komoře

$d_{komora}$  a vzdálenosti měření  $d_{max}$  vypočítat z rovnice (1).

$$n = \frac{d_{max}}{d_{komora}} \quad (1)$$

Společně s rozměry je změněno i zkoumané frekvenční pásmo  $\Delta f$ , které je rozšířeno a posunuto směrem k vyšším frekvencím. Vlivem zmenšení se změní i vstupní průměr zvukovodu, čímž se znemožní přímé napojení výstupu vybraného driveru na tento prvek. Mezi něj a model je pak nutné vložit součást zajišťující impedanční přizpůsobení. Samotné přizpůsobení ovlivňuje tvar frekvenční charakteristiky sestavy v důsledku vznikajících odrazů a vlastní délky. Samotný model byl vyroben metodou 3D tisku, jako materiál byl pro svou tuhost a odolnost proti vrypům zvolen PLA.

### 3 Závěr

Z naměřených průběhů je zřejmé, že čím je základna delší, tím je její vliv na výslednou charakteristiku menší. Při výběru optimální délky základny bylo nutné zohlednit jak výrobní náklady, tak její vliv na výsledný tvar frekvenční charakteristiky. Na základě těchto kritérií byla pro měření poklesových charakteristik zvolena základna o délce 50 mm. Chování reálného systému lze posoudit z naměřených poklesových charakteristik modelu, podmínkou je však validace výsledků skrze měření reálného zdroje ve venkovních prostorách.

### 4 Literatura

- [1] SMETANA, Ctirad. Praktická elektroakustika. Praha: SNTL, 1981. ISBN neuvedeno.
- [2] UREDA, Mark S. Analysis of Loudspeaker Line Arrays. Journal of the Audio Engineering Society. 2004, roč. 52, č. 5, s. 467-495.

# NÁVRH A REALIZACE IONTOVÉHO MOTORU

Bc. Michal Mráz

Doc. Ing. Josef Píhara Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

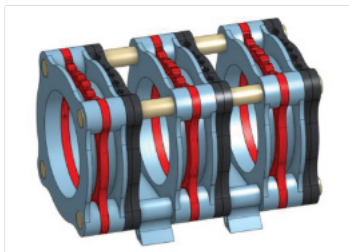
**Anotace:** Tento článek se zabývá návrhem, 3D modelováním a stavbou tří modulového iontového modulu motoru pracujícího na principu elektrohydrodynamického (EHD) proudění. Zařízení využívá korónový výboj k ionizaci vzduchu a následnému urychlení neutrálních molekul.

## 1 Úvod

Elektrohydrodynamický (EHD) pohon, známý jako iontový vítr, představuje metodu přímé přeměny elektrické energie na větrný tah bez mechanicky pohyblivých částí. Tento jev vzniká v silně nehomogenním elektrickém poli mezi asymetrickými elektrodami nejčastěji ostrou anodou a tupou katodou. Při dosažení kritického napětí dochází k ionizaci molekul vzduchu, které jsou pohybem elektronů urychlovány směrem ke katodě a srážkami předávají hybnost okolnímu prostředí. Motivací pro tuto práci bylo ověření obecné funkčnosti vícestupňového uspořádání a rozšíření znalostí v oblasti modelování a výbojů.

## 2 Konstrukce a realizace

Jednotlivé strukturální části byly modelovány v softwarovém programu Onshape, které byly následně vytištěny za pomoci 3D tisku. Rám motoru je vyroben z materiálu PLA, který by měl poskytovat dostatečnou dielektrickou pevnost pro HV DC. Pracovní napětí motoru je v oblasti +20 kV. Kladný pól anody byl zhotoven z měděného drátku (červená oblast na Obr. 1) a druhý pól jako soustava paralelně spojených mosazných tyček (v černé oblasti Obr. 1). Pro test funkčnosti byl použit vysokonapěťový laboratorní zdroj stejnosměrného napětí. Pro názornou ukázkou byl k motoru pořízen step-up zvyšovač napětí umožňující krátkodobý chod za pomoci baterie. Cílem práce bylo sestavit fungující motor schopný vytvořit znatelný tah.



Obr. 1 Návrh modelu motoru



Obr. 2 Realizovaný model (upravený)

## 3 Závěr

Výsledkem práce bylo zhotovení fungujícího prototypu společně s ověřením vlivů velikosti napětí, vzdáleností elektrod a počtu stupňů na výsledný tah měřený anemometrem. Významným podkladem byly následující zdroje.

## 4 Literatura

- [1] Ravi Sankar Vaddi, Yifei Guan, Alexander Mamishev, Igor Novosselov; Analytical model for electrohydrodynamic thrust. *Proc. A* 1 September 2020; 476 (2241): 20200220.  
<https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0220>
- [2] Eric Moreau et al 2013 *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46 475204

# Tištěné polymerní průchodky pro distribuční transformátory

Bc. Ondřej Balvín

Ing. Petr Kadlec, Ph. D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Práce se zabývá možným využitím aditivní technologie 3D tisku z polymerního filamentu pro individuální výrobu komponentů elektroizolačních systémů pro oblast energetiky, včetně vysokonapěťových aplikací. Hlavním cílem je posouzení možnosti náhrady standardních keramických průchodek pro stranu nižšího napětí v případě distribučních transformátorů průchodkami zhotovenými 3D tiskem z polymeru nebo polymerního kompozitu. Výzkum je zaměřen nejen na výběr vhodného materiálu, ale i na komplexní testování průchodek jako funkčních elektroizolačních komponentů.

## 1 Úvod

V oblasti vysokonapěťové techniky hrají izolační systémy klíčovou roli z hlediska spolehlivosti a životnosti zařízení. Tradičně se využívají keramické průchodky, které vykazují vysokou elektrickou pevnost, avšak jejich výroba je technologicky náročná a má omezenou flexibilitu. Alternativou mohou být polymerní materiály zpracované aditivními technologiemi, které umožňují rychlou výrobu, nízké náklady a možnost optimalizace geometrie.

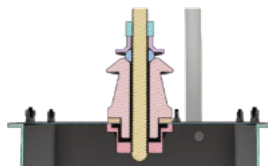


Obr. 1 Vizualizace 3D skenu vytištěné průchodky.

## 2 Vývoj

Geometrie průchodky (viz obr. 1) vychází z již existující průchodky dle normy EN 50386. Model byl upraven pro potřeby aditivní výroby a následně vytištěn na 3D tiskárně Prusa MK4. Kromě základního materiálu PLA byly zkoumány i další polymery s odlišnými mechanickými a

dielektrickými vlastnostmi. Důraz byl kladen na vliv vnitřní struktury, tloušťky stěn a případné povrchové úpravy na výsledné vlastnosti. Pro potřeby komplexního testování byl navržen a zkonstruován přípravek simulující horní část olejového transformátoru (viz obr. 2).



Obr. 2 Řez průchodky v testovacím přípravku.

## 3 Prováděné zkoušky

V experimentální části bylo realizováno několik měření. Měření přeskovového napětí všech průchodek ve vzduchu a poté měření na zkonstruovaném prvku. Následně bylo provedeno měření částečných výbojů na vzduchu a na zkonstruovaném prvku.

## 4 Závěr

Předběžné výsledky ukazují, že polymerní materiály zvolené pro 3D tisk vykazují dobré elektroizolační vlastnosti, avšak jejich chování je výrazně ovlivněno strukturou tisku, přítomností defektů a povrchovým stavem. Ve srovnání s keramickými průchodkami je patrná nižší odolnost vůči přeskovovému napětí v testovacím přípravku, nicméně některé materiály vykazují potenciál pro praktické využití. Významnou roli hraje také povrchová úprava, která může zlepšit elektrickou pevnost, snížit vznik povrchového výboje či zvýšit UV odolnost.

## 5 Literatura

[1] PRŮŠA, Josef. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. 1. vyd. Praha: Prusa Research, 2019.

# Návrh vícevrstvých vyhřívaných elektroizolačních kompozitů

Bc. Steve Odigie

Ing. Petr Kadlec, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Práce se zabývá výzkumem v oblasti kompozitů určených pro elektroizolační aplikace s inovativními funkcionalitami. Primárně řešenou inovací je přímá integrace vyhřívacích elementů, které jsou vyrobeny ze stříbrné pasty nanesené na základní substrát, který je následně překryt dalšími vrstvami a je vytvořena komplexní vytvrzená struktura. Součástí práce byla také integrace senzoru/detektoru do kompozitní struktury a tvorba elektronického rozhraní pro diagnostické účely a sledování stavu systému. Na trhu se již objevují topné prvky využívající jako substrát polyimidovou (PI) fólii, proto je věnována pozornost návrhu struktury využívající materiál jednotný s dalšími vrstvami vrstveného systému. Výstupem této práce jsou funkční kompozitní struktury s pasivními prvky a struktury doplněné teplotní regulací pomocí Pt100 RTD (Resistance Temperature Detector).

## 1 Úvod

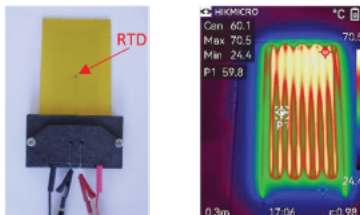
Studie se zabývá vytvořením topného prvku na nosném substrátu FR4 (epoxidová matrice vyztužená skleněnými vlákny), který je vložen mezi další vrstvy FR4. Hlavním problémem v této oblasti výzkumu je nesoudržnost více vrstev odlišných materiálů tvořících kompozitní systém. Může docházet např. ke komplikacím při výrobním procesu integrace komerčních kovových topných prvků či při integraci PI fólii – problematika delaminace. Nanese topného prvku přímo na FR4 prepreg znamená ve výsledku zjednodušení výroby a zvýšení homogenity celého systému.

## 2 Realizace

Nosný substrát na bázi prepregu FR4 (využití tloušťky 0,1 nebo 0,18 mm) byl nejprve vytvrzen a poté byl potíštěn stříbrnou pastou s definovaným odporem. Vzorky s nanesenou pastou byly vloženy do horkovzdušné pece a proběhla tepelná úprava při 80 °C po dobu 10 min a při 120 °C po dobu 20 min. Dále byly vícevrstvé kompozitní struktury integrující substrát s vodivým motivem vložené do vyhřívaného laboratorního lisu, v kterém proběhlo výsledné vytvrzení při teplotě 175 °C a tlaku cca 1 MPa po dobu jedné hodiny.

Poslední technologický krok představoval tvorbu kontaktů pro elektrické připojení včetně realizace

konektorové patice pomocí 3D tisku. Poté bylo možné stanovit výsledné elektrické parametry (odpor integrované vodivé struktury s kontakty) a pomocí termokamery byla sledována funkčnost vyhívání. S využitím AD převodníku a Arduina lze hodnotit aktuální teplotu topné struktury a tím tak koordinovat chování funkčního kompozitu.



Obr. 1: Finální kompozitní struktura s konektorovou patičkou (vlevo) a příklad záznamu z termokamery (vpravo).

Pro optimální hodnocení aktuální teploty byl do kompozitní struktury integrován RTD, který byl vložen dle Obr. 1 do sítědu nosného substrátu s vodivou strukturou. Nosný substrát byl umístěn mezi další vrstvy prepregů jako u sestavy bez možnosti zpětné vazby u vyhívání. V závislosti na geometrii RTD byly do vnitřních vrstev vytvořeny optimální otvory pro jeho vložení, aby bylo zamezeno nehomogenitám v tloušťce systému.

## 3 Závěr

Vyrobené vícevrstvé kompozitní struktury na bázi FR4 prepregů byly otestovány a byla dokázána jejich funkčnost. Nosný substrát FR4 se ukázal jako ideální kvůli minimalizaci problému s delaminací. První návrhy sloužily jako základ pro další pokračování ve výzkumu, kdy byl k pasivní struktuře přidán aktivní RTD. V rámci dalšího výzkumu je zamýšlena tvorba struktur s tištěným RTD, fotorezistorem či tenzometrem přímo na nosném substrátu. Je plánováno v rámci jednoho výrobního procesu vytvořit topný element společně s RTD, přičemž mohou být použity vodivé pasty s rozdílnými elektrickými parametry.

## 4 Literatura

[1] LENGSELD, Hauke. *Composite Technology: Prepregs and Monolithic Part Fabrication Technologies*. 2015. ISBN 978-1-56990-599-9.

# Diagnostika fotovoltaických panelů: komparativní analýza elektrických měření

Viktor Kliment

Ing. Jaroslav Hornak, Ph.D., MBA

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

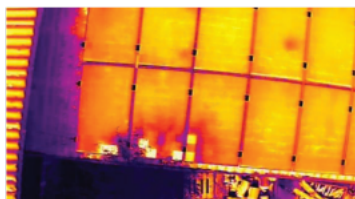
**Anotace:** Příspěvek se zabývá diagnostikou poruch fotovoltaických panelů. V práci jsou experimentálně porovnány výsledky termografického měření a analýzy voltampérové charakteristiky i z reálných provozních podmínek.

## 1 Úvod

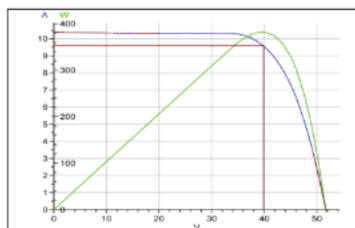
Fotovoltaické panely jsou navrhovány s životností přibližně 20–25 let. Během života panelů dochází k jejich postupné degradaci a vzniku poruch. Významná část instalací v České republice pochází z období solárního boomu v letech 2005–2010, kdy došlo k masivní výstavbě fotovoltaických elektráren v důsledku vysokých garantovaných výkupních cen. Se stárnutím systémů roste význam diagnostiky jejich technického stavu. Poruchy fotovoltaických panelů se mohou projevovat změnou elektrických parametrů nebo lokálními teplotními anomáliemi, které negativně ovlivňují výkon a životnost panelu.

## 2 Experimentální měření

Měření je realizované na provozovaných fotovoltaických panelech. Pro detekci poruch byl použit dron DJI Mavic 3T s integrovanou termokamerou, pomocí kterého byly identifikovány oblasti s teplotními anomáliemi viz. Obr. 1. Následně byly panely analyzovány pomocí přístroje FLIR PV48, který umožňuje měření voltampérové charakteristiky [1] a stanovení maximálního výkonu panelu za daných podmínek. Současně byla pomocí přístroje Tenmars Solar Power Meter měřena intenzita ozáření dopadajícího na panel. Pro referenční porovnání byly využity hodnoty získané z vlastního flash testu panelu viz. Obr. 2, provedeného za podmínek STC [2].



Obr. 1: Termografický snímek fotovoltaických panelů s detekovanými teplotními anomáliemi



Obr. 2: Voltampérová charakteristika (VA) – Flash test

## 3 Závěr

Termografická analýza prokázala výskyt teplotních anomálií na sledovaných panelech.

Měření pomocí VA charakteristiky ukázalo odchylky oproti nominálním hodnotám stanoveným výrobcem. Naměřené hodnoty výkonu budou korigovány na standardní testovací podmínky (STC) s využitím měření intenzity ozáření.

## 4 Literatura

- [1] S. Gallardo-Saavedra *et al.*, "Nondestructive PV Cell Defect Characterization (EL, IR, I-V, Visual Methods)"
- [2] Pasan ČVUT FEL, "Flash test," 2024. [Online]. Available: <https://pasan.feld.cvut.cz/flash.html>

# AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM ODEČTU VÝCHYLKY NA CHARPYHO PADOSTROJI

Bc. Jakub Vokrouhlik

Ing. Jan Leffler, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Tato práce se zabývá částečnou automatizací měření na Charpyho kladivu. Konkrétně se jedná se o automatizované měření výchylky ze stupnice, tj. automatizovaný odečet energie, která byla potřebná k přeražení daného vzorku. Projekt už byl vypracován ve formě prototypu jako závěrečný projekt a nyní pokračují vývojové práce pro vylepšení systému měření.

## 1 Úvod

Charpyho kladivo (nebo Charpyho padostroj) je přístroj pro určení rázové houževnatosti materiálů [1]. V praxi se může jednat o ruční či plně automatizované přístroje. V rámci tohoto projektu bylo nutné pro 10 J ruční kladivo (zapůjčeno v rámci ZČU FEL) zhotovit systém pro automatický odečet energie, ze které lze následně dopočítat rázovou houževnatost materiálu. Pro zpracování informací ze senzoru a následný výpočet energie je využíván PLC systém X20 od firmy B&R.

## 2 Praktická realizace

Aby nedošlo k znehodnocení zapůjčeného padostroje, bylo nutné vytvořit systém, který bude co nejméně zasahovat do původní konstrukce zařízení. Pro odečet energie (počtu dílků) byl zvolen optický senzor Panasonic CY-121AP, který bude v další vývojové iteraci nahrazen senzorem Panasonic PM-25, který je pro tuto aplikaci vhodnější díky lepší rozlišitelnosti, a tedy lepší přesnosti. Původní nelineární stupnice je přenesena na nový kotouč, který obsahuje výřezy. Senzor je připevněn na ose kladiva a pohybuje se tedy spolu s ním. Při spuštění kladiva a úspěšném testu dojde k přeražení vzorku. Kladivo po přeražení dále pokračuje v letu a podle zbytkové energie (uražené vzdálenosti) je zjištěna energie potřebná k přeražení konkrétního vzorku. Senzor tedy prolétá kolem kotouče s výřezy a odečítá

jednotlivé dílky nové stupnice, které odpovídají těm na originální stupnici.



Obr. 1: Fotografie sestaveného zařízení

Pro PLC systém bylo kromě algoritmu pro výpočet energie realizováno i uživatelské rozhraní HMI ve vývojovém prostředí Automation Studio.

## 3 Závěr

Celý systém byl už v rámci ZPR otestován a je plně funkční. Nyní probíhají práce za účelem zlepšení přesnosti a využitelnosti původního konceptu. Projekt byl vypsán s výhledem využití takto automatizovaného padostroje v rámci výuky a testování materiálových vzorků. Aktuální systém ze závěrečného projektu má přesnost 0,25 J, což bylo v rámci prototypu dostatečné. S využitím senzoru Panasonic PM-25 je možné dosáhnout přesnosti vyšší, ale je nutné k tomu uzpůsobit i kotouč pro snímání.

## 4 Literatura

[1] ČSN ISO 148-1; „Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy“; Praha; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 2017; 42 0381

# LABORATORNÍ SYSTÉM PRO MĚŘENÍ SPEKTRÁLNÍ CITLIVOSTI FV ČLÁNKŮ

Pavel Menezes

Ing. Milan Bělík Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Příspěvek se zabývá návrhem a realizací laboratorního systému pro měření spektrální citlivosti fotovoltaických (FV) článků. V rámci práce byl navržen měřicí systém umožňující analyzovat vliv spektrálního složení dopadajícího záření na výstupní charakteristiky FV článků. Výsledky poukazují na omezení laboratorního uspořádání a vedly k úpravám měřicí metody, včetně využití alternativního zdroje záření.

## 1 Úvod

Fotovoltaické články představují základní stavební prvek solárních systémů pro výrobu elektrické energie. Jejich účinnost je významně ovlivněna nejen intenzitou dopadajícího záření, ale i jeho spektrálním složením. Spektrální citlivost, popisovaná například pomocí spektrální odezvy (SR) nebo kvantové účinnosti (QE), charakterizuje schopnost článku převádět fotony různých vlnových délek na elektrický proud.

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat laboratorní systém, který umožní experimentální stanovení závislosti výstupních parametrů FV článku na spektru dopadajícího záření a ověřit jeho funkčnost na reálných vzorcích.

## 2 Návrh a realizace systému

Navržený laboratorní systém se skládá ze zdroje záření, optických prvků pro úpravu spektra, měřeného FV článku a měřicího řetězce pro snímání elektrických veličin. Klíčovou částí systému je možnost ovlivnění spektrálního složení dopadajícího světla, což umožňuje analyzovat odezvu článku v závislosti na vlnové délce. V průběhu experimentů se ukázaly limity použitého laboratorního zdroje záření, zejména z hlediska stability a spektrální přesnosti. Z tohoto důvodu byla část měření realizována pomocí alternativního zařízení typu flash tester, který umožňuje přesnější a opakovatelné měření charakteristik FV článků.

## 3 Výsledky a diskuse

Naměřené charakteristiky prokázaly závislost výstupních parametrů FV článků na spektrálním složení dopadajícího záření. Byly pozorovány rozdíly mezi jednotlivými typy článků, zejména v oblasti citlivosti na různé části spektra.

Srovnání výsledků z laboratorního systému a flash testeru ukázalo, že přesnost měření je významně ovlivněna kvalitou použitého zdroje záření. Přesto navržený systém umožňuje základní analýzu spektrální citlivosti a může sloužit jako výuková nebo demonstrační pomůcka.

## 4 Závěr

V Práce se zabývala návrhem a realizací laboratorního systému pro měření spektrální citlivosti FV článků. Byla navržena a experimentálně ověřena metoda umožňující analyzovat vliv spektrálního složení záření na elektrické charakteristiky článků.

Hlavním přínosem práce je návrh funkčního laboratorního uspořádání a identifikace jeho omezení. Výsledky ukazují, že pro přesná měření je nutné využít kvalitnější zdroj záření nebo specializovaná zařízení. Další rozvoj systému by mohl zahrnovat přesnější řízení spektra a automatizaci měření.

## 5 Literatura

- [1] Menezes, P. H. dos Santos: Laboratorní systém pro měření spektrální citlivosti FV článků. Závěrečná práce, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, 2025.
- [2] Fundamentals of Solar Cells and Photovoltaic Systems Engineering. Peter B. Linsley, 2025. ISBN 978-0-323-96105-9.



# Sekce NMgr. 2

**Elektrotechnika, Pohony a Výkonová  
Elektronika**

# Automatická detekce vadných pixelů v pixelových detektorech částic

Bc. Vojtěch Horčíčka

doc. Ing. Petr Burian, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Cílem této práce je navrhnout, implementovat a otestovat metodu pro automatickou detekci vadných pixelů během měření a redukovat tak jejich dopad na propustnost systému.

## 1 Úvod

Pixelové detektory [1] jsou významně ovlivněny přítomností noisy pixelů, které generují falešné signály s vysokou frekvencí a výrazně zatěžují přenosovou kapacitu systému. To vede ke ztrátě relevantních dat a komplikuje jejich ukládání i následnou analýzu. Proto je klíčové tyto vadné pixely včas automaticky detekovat a odstranit.

## 2 Současné metody

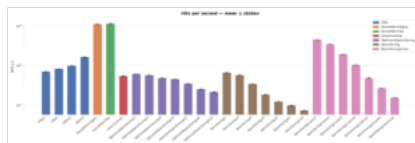
Současné metody detekce noisy pixelů se dělí na postupy před a po měření. Před měřením se využívá kalibrace detektoru a ladění diskriminačních prahů na úrovni jednotlivých pixelů. Po měření se noisy pixely identifikují statisticky na základě jejich hit-rate. Nejčastěji se používá kritérium medián +  $5\sigma$ , kdy pixely s abnormálně vysokou aktivitou jsou označeny jako vadné a následně maskovány.

## 3 Streamovací algoritmy

Streamovací algoritmy jsou určeny pro zpracování datových toků, u nichž není možné nebo efektivní ukládat všechna data do paměti. Pracují inkrementálně, kdy každou přichodící položku zpracují pouze jednou a udržují si jen omezené množství informací. Jedním z klíčových problémů v této oblasti je tzv. heavy-hitters problem, tedy identifikace nejčastěji se vyskytujících prvků v datovém toku [2]. Mezi známé přístupy patří algoritmy jako Space-Saving nebo Count-Min Sketch, které poskytují aproximované řešení s garantovanou chybou.

## 4 Porovnání

Jednotlivé algoritmy (Space-Saving, Count-Min Sketch, Lossy Counting a baseline) byly porovnány na PC s využitím knihovny Google Benchmark. Jako nejvhodnější se ukázal algoritmus Space-Saving s parametrem  $K = 8$ , který dosahuje propustnosti 191 Mhit/s a využívá 2080 bytů paměti.



Obr. 1 Propustnost jednotlivých algoritmů

## 5 Závěr

Implementace navrženého řešení aktuálně probíhá na platformě MCU s plánovaným rozšířením na FPGA pro dosažení vyšší paralelizace a výkonu. Současný přístup lze dále rozšířit o detekci dead pixelů, například pomocí Bloom filtru, který umožňuje paměťově efektivní evidenci neaktivních pixelů. Dalším směrem vývoje je kombinace metod, konkrétně hybridní přístup využívající vlastnosti algoritmu Count-Min Sketch.

## 6 Literatura

- [1] POIKELA, T., et al. Timepix3: a 65K channel hybrid pixel readout chip with simultaneous ToA/ToT and sparse readout. *Journal of instrumentation*, 2014, 9.05: C05013.
- [2] MISRA, J., GRIES, D. Finding repeated elements. *Science of Computer Programming*, 1982.

## IoT environmentální jednotka

Bc. Evžen Šteif

Ing. Kamil Kosturik, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Příspěvek se zabývá návrhem bateriově napájené IoT environmentální jednotky pro sledování kvality vnitřního prostředí. Zařízení měří koncentraci CO<sub>2</sub>, teplotu, relativní vlhkost a VOC index, zobrazuje hodnoty na e-ink displeji a podporuje bezdrátový přenos dat pomocí LoRaWAN a Matter over Thread.

### 1 Úvod

V oblasti internetu věcí roste význam bateriově napájených senzorů pro dlouhodobé sledování vnitřního prostředí. Klíčovými požadavky jsou pravidelné měření, nízká spotřeba energie, dlouhá výdrž na baterii a snadná dostupnost naměřených hodnot. Vedle dálkového sběru dat se stále více prosazují také technologie pro chytrou domácnost. Významným trendem je Matter over Thread, který umožňuje snadné začlenění zařízení do moderních systémů chytré domácnosti a využívá úspornou mesh komunikaci vhodnou i pro bateriově napájená zařízení.

### 2 Řešení

Zařízení je založeno na mikrokontroleru STM32U073 a senzorech pro snímání koncentrace CO<sub>2</sub>, teploty, relativní vlhkosti a indexu VOC. Součástí jednotky je e-ink displej sloužící k lokálnímu zobrazení aktuálních hodnot a stavových informací. V hlubokém spánku zůstává aktivní pouze nezbytná část systému, zatímco ostatní bloky přecházejí do úsporného režimu nebo jsou podle potřeby odpojeny od napájení. Firmware zajišťuje obsluhu senzorů, zpracování naměřených dat, aktualizaci displeje, komunikaci i návrat do hlubokého spánku. K dispozici je také UART konzole, ukládání parametrů do EEPROM a servisní funkce včetně manuální recalibrace senzoru CO<sub>2</sub>. Komunikační část je řešena výměnným modulem. Pro režim LoRaWAN byl použit modul Wio-E5-LE, pro režim Matter over Thread modul ESP32-C6. V režimu LoRaWAN jsou údaje dále zpracovány pomocí

TTN, MQTT a Node-RED, ukládány do databáze InfluxDB a zobrazovány v Grafaně. V režimu Matter over Thread je jednotka integrována do systému chytré domácnosti Home Assistant.



Obr. 1 IoT jednotka a vizualizace dat

### 3 Spotřeba energie

Spotřeba energie byla hodnocena pro dva scénáře. Pro dlouhodobý monitoring budov byla uvažována varianta LoRaWAN s primárním článkem Li-SOCl<sub>2</sub> o kapacitě 5,8 Ah. Při hodinovém intervalu měření koncentrace CO<sub>2</sub>, teploty a relativní vlhkosti vychází odhadovaná výdrž přibližně 8,3 roku. Pro osobní monitor kvality vzduchu byla uvažována varianta Matter over Thread s Li-Ion baterií o kapacitě 2,0 Ah a e-ink displejem. Při měření každých 15 minut vychází odhadovaná výdrž přibližně 62 dní.

### 4 Závěr

Výsledkem práce je funkční prototyp IoT environmentální jednotky a ověřený postup pokrývající celý řetězec od měření přes přenos dat až po jejich zobrazení a vyhodnocení. Původní koncept založený na technologii LoRaWAN byl rozšířen také o Matter over Thread jako perspektivní směr pro chytrou domácnost.

## Vývoj měřících karet pro systém průtočných baterií

Bc. Jakub Skorunka

prof. Ing. Pavel Karban Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Práce představuje modulární systém pro sběr dat a řízení vanadové průtokové baterie (VRFB). Systém se skládá ze čtyř specializovaných měřících karet — ISO, NONISO, RTD a STACK. Každá karta je autonomní DAQ uzel s vlastním mikrokontrolérem STM32 a komunikuje s řídicí jednotkou přes sběrnici CAN. V práci je pokryta problematika měření s galvanickou izolací a číslicové zpracování pro potlačení šumu vzniklého při izolaci.

### 1 Úvod

Vanadové průtokové baterie jsou jednou z nejslibnějších technologií pro ukládání energie z obnovitelných zdrojů. Jejich největší předností je, že výkon a kapacitu lze škálovat nezávisle — prostě přidáte větší nádrže s elektrolytem. Jenže aby baterie pracovala efektivně a bezpečně, potřebuje chytrý řídicí systém, který v reálném čase ví, co se uvnitř děje: jak je nabitá, jak rychle teče elektrolyt, jestli někde není problém. Právě tady nastupuje náš systém.



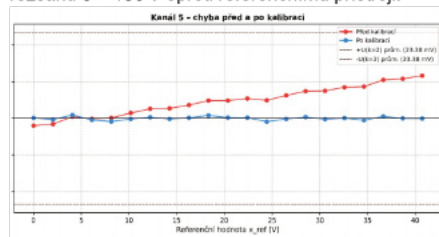
Obr. 1 Sestava měřících karet

### 2 Jak systém funguje

Systém tvoří čtyři typy měřících karet. Každá karta řeší jednu skupinu měření: karta **ISO** hlídá napětí svazku článků bezpečně za galvanickou izolací, karta **NONISO** se stará o průmyslové senzory průtoku a tlaku, karta **RTD** měří teplotu elektrolytu a karta **STACK** kombinuje základní měření s ovládáním relé a ventilů na jedné desce. Karty spolu mluví přes průmyslovou sběrnici CAN a posílají řídicí jednotce filtrovaná data.

### 3 Přesnost, která má smysl

Největší výzva při měření napětí VRFB je galvanická izolace. Izolační bariéra přináší šum — a ten může znehodnotit měření natolik, že řídicí algoritmy ztratí přehled o skutečném stavu nabití baterie. Tento problém řešíme kombinací digitální filtrace přímo ve firmwaru karty a polynomiální kalibrace. Výsledek: odchylka menší než 1 mV na rozsahu 0 – 150 V oproti referenčnímu přístroji.



Obr. 2 Chyby před a po kalibraci

### 4 Závěr

Hardware všech karet je navržen a vyroben. Firmware běží na reálném hardware a díky kalibraci a spojení HW a SW filtrace bylo dosaženo požadovaných přesností.

### 5 Literatura

[1] Cunha et al.: Vanadium Redox Flow Batteries: A Systematic Review. *Energies* 2020, 13, 4514.

## Návrh datově-akvizičního systému průtočných baterií

Bc. Roman Vintr

Ing. Karel Slobodník Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Příspěvek představuje práci zaměřenou na návrh a realizaci modulární řídicí a datově-akviziční platformy pro průtočné baterie, finálně orientované na vanadovou redoxní průtočnou baterii. Hlavním cílem práce není návrh jednorázového specializovaného zařízení, ale vytvoření univerzální hardwarové a softwarové infrastruktury, která umožní připojování různých měřicích a vstupně-výstupních karet, jejich vzájemnou komunikaci a integraci do jednoho funkčního celku. Důraz je kladen zejména na modularitu, škálovatelnost a rozšiřitelnost systému, aby bylo možné platformu přizpůsobit různým konfiguracím experimentálních i aplikačních sestav.

### 1 Úvod

Průtočné baterie představují zajímavou technologii pro stacionární akumulaci energie, protože nabízejí vysokou bezpečnost, dlouhou životnost a možnost odděleného škálování výkonu a kapacity. Z pohledu technické realizace však nejde pouze o elektrochemický článek, ale o komplexní systém, v němž je nutné současně sledovat elektrické i neelektrické veličiny, zajišťovat přenos dat mezi více uzly a koordinovat činnost navazujících zařízení. Právě proto vzniká potřeba vhodné platformy, která nebude pevně svázána s jedinou konfigurací, ale umožní připojování různých měřicích karet a jejich použití v širším spektru úloh. V práci je proto průtočná baterie chápána jako motivující aplikační oblast, zatímco hlavním technickým tématem je návrh univerzální modulární platformy pro sběr dat, komunikaci a integraci měřicích modulů. Takový přístup umožňuje vytvořit řešení, které je použitelné nejen pro jednu konkrétní sestavu, ale i pro další experimentální a vývojové varianty systému.

### 2 Realizace

Navržené řešení využívá hlavní řídicí jednotku s mikrokontrolérem STM32H7, interní komunikaci po sběrnici CAN, periferní komunikaci přes RS485 / Modbus RTU, CAN FD a externí rozhraní Ethernet. Výsledkem práce je otevřená platforma tvořící základ pro provoz a další vývoj měřicích karet a navazujících systémových funkcí.



Obr. 1 - Testovací stanoviště, MPU + IO, logování do PC

### 3 Závěr

Hlavním přínosem práce je vytvoření modulární, škálovatelné a univerzální platformy, která umožňuje efektivní integraci měřicích karet do jednotného řídicího a datově-akvizičního systému. Místo úzce specializovaného řešení pro jedinou konfiguraci vznikl otevřený základ, na němž lze stavět další varianty měřicích a vstupně-výstupních modulů i navazujících softwarových funkcí. Takto pojatá architektura usnadňuje budoucí rozšiřování systému, podporuje experimentální práci a zvyšuje použitelnost celé platformy i mimo jednu konkrétní aplikaci.

# Rozhraní pro multimodální sběr a vizualizaci dat z palubních senzorů integrované s ROS2

Tomáš Knopf

Ing. Luboš Streit, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Tento příspěvek se zabývá návrhem a implementací systému pro sběr a vizualizaci dat ze senzorů vozidla Škoda Superb. Systém integruje data z GNSS modulu, stereo kamery a LiDARu prostřednictvím architektury ROS2. Řidiči nabízí přehledné rozhraní pro záznam dat a reportování událostí přístupné z palubní obrazovky.

## 1 Úvod

Motivací k návrhu systému byla rostoucí potřeba koordinovaného záznamu dat z více senzorů při reálných jízdních experimentech. Cílem bylo vytvořit rozhraní, které umožní řidiči udržet přehled o stavu senzorů a ovládat záznam, ať už by to zvyšovalo jeho kognitivní zátěž za jízdy.

## 2 Architektura systému

Páteří systému jsou ROS2 uzly zajišťující příjem a správu dat z jednotlivých senzorů: GNSS modulu, stereo kamery a LiDARu. Modulární architektura ROS2 umožňuje snadné rozšíření systému o další senzory bez zásahu do spodních vrstev stávající struktury.[1]

Systémová vrstva spravuje záznam dat ve formátu ROS bag, monitorování úložného prostoru a stavovou komunikaci s prezentační vrstvou. Dále umožňuje ovládat nastavení komprese a rozdělování záznamů při dosažení zadané velikosti.

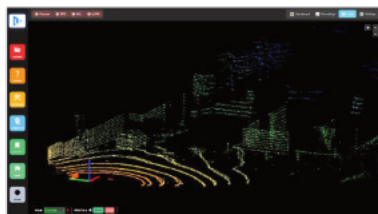


Obr. 1 Palubní displej vozidla s rozhraním systému

## 3 Uživatelské rozhraní

Rozhraní poskytuje náhled obrazu z kamery, dotykově ovladatelnou interaktivní mapu a 3D vizualizaci mračna bodů. Mapa využívá formát PMTiles optimalizovaný pro efektivní přístup přes HTTP. [2]

Řidič může jedním klepnutím spustit nebo zastavit záznam a přidat časově označenou poznámku k události (například k zajímavému místu, nestandardní situaci nebo možné chybě senzoru). Díky implementaci formou webové aplikace je rozhraní platformně nezávislé a přístupné z libovolného zařízení s prohlížečem.



Obr. 2 Vizualizace mračna bodů

## 4 Závěr

Výsledkem práce je funkční nástroj umožňující systematický sběr senzorových dat v reálném provozu. Do budoucna se projekt zaměří na zpracování a analýzu dat v reálném čase.

## 5 Literatura

- [1] „ROS 2 Documentation“. Viděno: 8. duben 2026. [Online]. Dostupné z: <https://docs.ros.org/en/humble/Concepts/Intermediate/About-Composition.html>
- [2] „PMTiles Concepts“. Viděno: 8. duben 2026. [Online]. Dostupné z: <https://docs.protomaps.com/pmtiles/>

# Návrh DPS pro řízení a zpracování signálů z vícefázového střídače

Bc. Michal Krbec

Ing. Bedřich Bednář, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

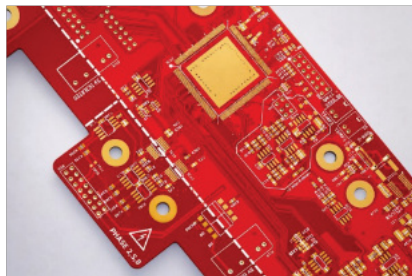
**Anotace:** Tento článek se zabývá návrhem a realizací řídicí elektroniky pro vícefázový střídač se zaměřením na zpracování analogových a digitálních signálů. Hlavním cílem bylo vytvořit modulární systém schopný spolehlivě řídit výkonový stupeň, zpracovávat signály ze senzorů a zajistit robustní komunikaci s nadřazenými systémy. Navržené řešení zahrnuje galvanické oddělení, úpravu analogových signálů pro ADC a implementaci řídicího mikrokontroleru. Výsledkem je funkční platforma vhodná pro experimentální i praktické nasazení.

## 1 Úvod

Vícefázové střídače představují perspektivní řešení pro pohony s vyšší účinností, nižším zvlněním proudu a lepší redundancí oproti klasickým třífázovým systémům. S rostoucím počtem fází však výrazně roste složitost řídicí elektroniky a požadavky na zpracování signálů.

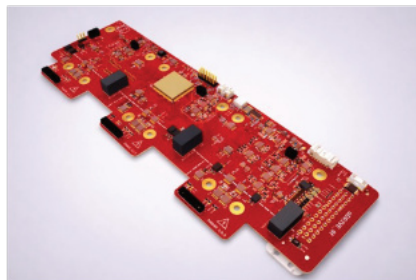
## 2 Návrh a zpracování signálů

Navržený systém vychází z architektury rozdělené na výkonovou a řídicí část, které jsou vzájemně galvanicky odděleny. Řídicí jednotka je postavena na mikrokontroleru řady C2000, který umožňuje paralelní řízení více PWM kanálů a rychlé zpracování signálů.



Obr. 1 Neosazená DPS

Analogové signály z proudových a napěťových senzorů jsou upraveny pomocí operačních zesilovačů a filtrovány tak, aby odpovídaly vstupnímu rozsahu ADC. Systém dále zahrnuje rozhraní pro snímače polohy (Hallový sondy, enkodér) a komunikační sběrnici CAN. Celkové zapojení bylo realizováno jako čtyřvrstvá DPS s důrazem na správné vedení zemí a minimalizaci rušení.



Obr. 2 3D model navrhované řídicí jednotky

## 3 Závěr

Navržená řídicí elektronika byla úspěšně vyrobena a osazena. Celá DPS je koncipována pro řízení vícefázového střídače a zpracování vstupních signálů ze senzorů. Hlavním přínosem práce je modulární návrh, který umožňuje flexibilitu přizpůsobení různým konfiguracím pohonů. V další fázi bude systém podroben experimentálnímu ověření a lze jej dále rozšířit například o pokročilé regulační algoritmy nebo optimalizaci EMC vlastností.

## 4 Literatura

[1] MOHAN, N.; UNDELAND, T.; ROBBINS, W.: *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*. Wiley, 2003.

# Stavba robotického manipulátoru

Tikhon Trubitsyn

Zaverečná práce

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Robotické manipulátory představují důležitý prvek moderního průmyslu, medicíny i vzdělávání, kde se uplatňují při přesné manipulaci v náročných a nebezpečných podmínkách. Cílem práce bylo navrhnout a realizovat funkční robotický manipulátor s otevřeným řídicím systémem založeným na platformě Arduino a bezdrátovým ovládním. Výsledkem je funkční zařízení s nízkými náklady a možností snadného rozšíření o senzory a pokročilé funkce.

## 1 Úvod

Robotické manipulátory umožňují automatizovanou a opakovatelnou manipulaci s objekty, čímž zvyšují bezpečnost a efektivitu výroby. Díky dostupným mikrokontrolérům, 3D tisku a laserovému řezání je možné vytvářet levné výukové systémy. Cílem projektu bylo navrhnout a realizovat jednoduchý manipulátor s nízkými náklady, otevřeným hardwarem a bezdrátovým ovládním.

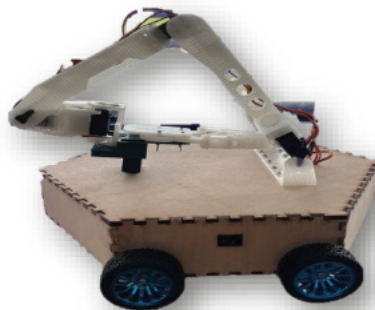
## 2 Mechanická konstrukce

Trup manipulátoru tvoří šestiúhelníkový tubus z laserem řezané překližky navržený v SolidWorks se zámkovými spoji pro pevnost a snadnou montáž. Rameno je vytištěno z PLA s využitím upravených open-source modelů z platformy Thingiverse. Jednotlivé články jsou spojeny šrouby a lepidlem a obsahují servomotory pro pohyb kloubů a chapadla. Při montáži byl kladen důraz na přesnost sestavení a vhodné nastavení serv.

## 3 Elektronika a programování

Řídicí jednotkou je Arduino Uno, které ovládá šest servomotorů MG996R a čtyři DC motory GA25-370 přes driver L298N. Bezdrátovou komunikaci zajišťuje Bluetooth modul HC-05, napájení obstarávají baterie 21700 v konfiguraci

2s2p s napětím 7,4 V. Program na Arduino zpracovává příkazy přijímané přes Bluetooth, implementuje tankové řízení a limity pro serva, aby nedocházelo k mechanickému přetížení. Mobilní aplikace vytvořená v MIT App Inventor nabízí jednoduché grafické rozhraní pro ovládní pohybu manipulátoru a chapadla.



obr. 1 Finální verze robotického manipulátoru

## 4 Závěr

Byl navržen a postaven funkční robotický manipulátor s bezdrátovým ovládním, který kombinuje 3D tištěné díly a laserem řezanou dřevěnou konstrukci. Systém je založen na otevřeném hardwaru a softwaru, takže jej lze snadno upravovat a rozšiřovat. Projekt splnil cíle zadání a autor získal praktické zkušenosti s CAD návrhem, 3D tiskem, elektronikou i programováním mikrokontrolérů.

## 5 Literatura

[1] BANZI, Massimo a Michael SHILOH. Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform. 3rd ed.

# Modelové prediktivní řízení vícefázových PMSM motorů

Jakub Petráň

Ing. Štěpán Janouš, Ph.D., Ing. Ondřej Suchý

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

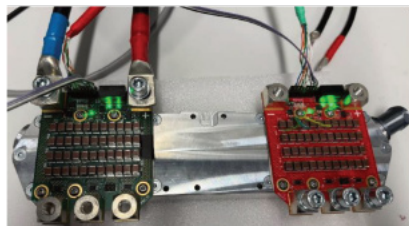
**Anotace:** Příspěvek se zabývá vývojem softwaru pro prediktivním řízením vícefázových PMSM motorů v oblasti elektromobility.

## 1 Úvod

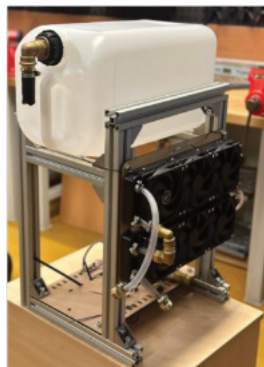
Pohonné systémy elektromobilů jsou vyvíjeny s vysokými nároky na efektivitu a spolehlivost. V rámci aktuálního rozvoje elektromobility nabývají na významu zejména vícefázové motory. S nárůstem počtu fází u moderních pohonů dochází k výraznému zvýšení komplexity řízení, neboť klasické přístupy vyžadují separátní regulátory pro všechny složky v transformovaných souřadnicových systémech. Jako efektivní řešení se nabízí modelové prediktivní řízení (MPC), které pracuje přímo s fázovými veličinami bez nutnosti matematických transformací [1].

## 2 Vývoj softwaru

V rámci dosavadních prací bylo realizováno pracoviště a vyvinut software pro testování výkonové části 9ti fázového měniče. Aktuálně je implementováno měření fázových proudů, sledování teplot a zpracování signálů ze snímače polohy motoru. Řízení je prozatím realizováno pomocí vývojové desky MLC, která bude v další fázi nahrazena dedikovanou deskou s výkonnějším procesorem, neboť stávající hardware je limitován maximálně šesti fázemi.



Obr. 1: Testované třífázové moduly umístěné na vodním chladiči



Obr. 2: Měřicí stand s vodním okruhem

## 3 Závěr

Dosavadní činnost zahrnovala zprovoznění měření základních parametrů pohonu a úspěšné otestování výkonových částí měniče. Následující fáze vývoje se zaměří na implementaci řídicího algoritmu pro pětifázový motor, který bude následně upraven do podoby bez matematických transformací. Tento přístup umožní snadnou škálovatelnost pro vícefázové systémy. Finální algoritmus bude portován na dedikovanou řídicí jednotku a aplikován pro řízení devítifázového motoru v elektrické čtyřkolce.

## 4 Literatura

- [1] LIM, Chee S., Mohammad F. RAHMAN, Marizan SULaiman, et al. A Model Predictive Control of a Five-Phase Induction Motor Drive for Reduced Common-Mode Voltage and Current Harmonics. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2014, roč. 61, č. 8, s. 4386–4399.



**Sekce Ph.D.**

**Elektrotechnika a elektronika**

# MODERNÍ AKVIZIČNÍ SOFTWARE PRO TIMEPIX DETEKTORY S KATHERINE READOUTY

Ing. Martin Farkaš

doc. Ing. Petr Burian, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

**Anotace:** Příspěvek se zabývá návrhem a implementací modulárního, multiplatformního akvizičního softwaru FarkyMan pro readout zařízení Katherine určené pro částicové detektory Timepix. Aplikace byla vyvinuta jako náhrada stávajícího řešení BurdaMan, zejména pro experimenty s vysokým datovým tokem.

## 1 Úvod

Readout zařízení pro detektory Timepix slouží ke konfiguraci a řízení daného detektoru a spolupracují s akvizičním softwarem zajišťujícím sběr a případnou vizualizaci naměřených dat. Blokové schéma spolu s odpovídajícími reálnými zařízeními je znázorněno na obr. 1. Detektor, readout zařízení a akviziční software zde společně tvoří kompletní akviziční systém (DAQ).



Obr. 1 Akviziční řetězec

## 2 Akviziční SW

Hlavními požadavky při vývoji desktopové aplikace byly rychlé zpracování vysokého toku dat (až 390 MB/s při rozhraní USB 3 a až 3 GB/s při PCIe), modularita a multiplatformní podpora, jelikož stávající software podporuje pouze operační systém Windows. Kromě základní konfigurace zařízení a několika režimů vizualizace umožňuje aplikace také skriptování pomocí jazyka Lua, což usnadňuje automatizaci úloh v reálných experimentech. Modulární

architektura zároveň umožňuje snadnou rozšiřitelnost a opětovné využití softwarových komponent. Blokové schéma na obr. 2 znázorňuje čtyři hlavní rozhraní: komunikační, detektorové, readout a rozhraní pro zpracování dat. Jednotlivé části aplikace spolu komunikují prostřednictvím centrálního modulu Core Application, který inicializuje potřebné moduly, spravuje konfiguraci zařízení a detektorů a řídí proces akvizice dat.



Obr. 2 Modulární architektura akvizičního SW

## 3 Závěr

Veškerá základní funkcionalita předchozího akvizičního softwaru je plně podporována a SW podporuje Timepix3 a Timepix4 detektory s jejich readout zařízeními. Vyvinutý software je již úspěšně používán na pracovištích v CERN a ÚTEF. Rychlé ukládání naměřených dat a možnost používat jednu aplikaci pro více typů zařízení se ukázaly jako významný přínos. Aplikace funguje na třech hlavních operačních systémech – Windows, Linux a macOS, což zajišťuje její multiplatformní použitelnost.

## 4 Literatura

- [1] P. Burian, P. Broulím, B. Bergmann, M. Farkaš, M. Jára, O. Růžička, P. Smolyanskiy, and P. Mánek, "Katherine generation 2: advanced readout system for timepix3 detectors," Journal of Instrumentation, vol. 20, p. C06077, 06 2025.
- [2] X. Llopart, et al., "Timepix, a 65k programmable pixel readout chip for arrival time, energy and/or photon counting measurements," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. 581, no. 1, pp. 485–494, 2007, vCI 2007. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900207017020>

# Transverse Flux Machine s drápkovým statorem z FeSi3

Ing. Tomáš Paveza

doc. Ing. Roman Pechánek, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická

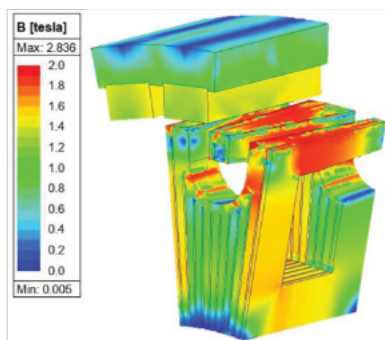
**Anotace:** Příspěvek se věnuje návrhu elektrického stroje s permanentními magnety a s transverzálním směrem magnetického toku (PM-TFM) určeného pro výrobu pomocí aditivní technologie z materiálu FeSi3. Stroj využívá drápkovou statorovou topologii, která maximálně těží z geometrické volnosti aditivní výroby.

## 1 Úvod

„Transverse Flux Machines“ (TFM) se vyznačují vysokou hustotou momentu a používají se v nízkootáčkových aplikacích. Jejich nevýhodou je složitá konstrukce statoru, obtížně realizovatelný konvenční výrobou. Aditivní technologie (3D tisk) umožňuje vytvářet složité topologie, které tradiční metody neumožňují. Cílem práce je elektromagnetický návrh modulárního segmentu PM-TFM s drápkovým statorem vyrobitelným metodou LPBF z materiálu FeSi3.

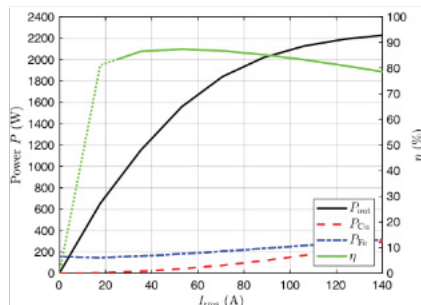
## 2 Elektromagnetický návrh

Parametry materiálu FeSi3 byly určeny na základě experimentálního měření toroidních vzorků s různými procesními materiály [1]. Jelikož plný tištěný materiál nedosahuje vlastností el. plechů, byly do statoru integrovány vzduchové mezery (0,7 mm FeSi3 a 0,2 mm vzduchová mezera), které snižují ztráty vířivými proudy.



Obr. 1 FEM model 1/22 stroje: Rozložení magnetického pole při jmenovitém zatížení

Elektromagnetický návrh byl proveden pomocí FEM simulací v ANSYS Electronics Desktop 2025 R1 na zjednodušeném modelu 1/22 stroje. Optimalizována byla tloušťka statorového jha s cílem zvýšit střední hodnotu momentu a současně snížit ztráty ve železe. Ve jmenovitém bodě dosahuje třífázová varianta stroje střední hodnotu momentu 58,6 N·m s účinností 86,8 % při 300 ot·min<sup>-1</sup>. Maximální hodnotu momentu je pak 71 N·m s hustotou momentu 15 N·m/kg.



Obr. 2 Zatěžovací charakteristika navrženého stroje

## 3 Závěr

Byl navržen stroj typu PM-TFM s drápkovou topologií statoru, vyrobitelný pomocí aditivních technologií. Segmentace magnetického obvodu účinně snižuje vířivé proudy a dosažené parametry potvrzují potenciál FeSi3 pro nízkootáčkové stroje s vysokou hustotou momentu. Další krok představuje výroba jednofázového segmentu a experimentální validace návrhu.

## 4 Literatura

- [1] J. Kaska, "Modeling and Optimization of Printed Electromechanical Structures", Ph.D. dissertation, Pilsen, Czech Republic, 2025.
- [2] Parspour, "Electromagnetic design of electrical machines – new potentials of additive manufacturing with the example of the transverse flux machine", *Proc. IEEE Int. Conf. Electrical Machines*, 2022.



## SPONZOŘI TOHOTO ROČNÍKU



Leuze



ŠKODA



LEAR  
CORPORATION



FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI



[svoc.fel.zcu.cz](http://svoc.fel.zcu.cz)