

Výroční zpráva projektu specifického výzkumu na rok 2019 - zakázka č. 2114

Název projektu: **Stabilita provozu malých pomaloběžných alternátorů s permanentními neodymovými (NdFeB) magnety v ostrovních sítích**

Specifikace řešitelského týmu

Odpovědný řešitel:

doc. dr. René Drtina, Ph.D.

Student magisterského studia PdF UHK:

Ondřej Gregor, P14P0075, FY-ZT

Externí spolupráce:

doc. Ing. Jaroslav Lokvenc, CSc. - spolupráce při návrhu pulzního regulátoru, konzultant teoretického řešení obvodů
Josef Andris, Ing. Václav Jirsák - konzultanti technologické části, obráběcích technologií a výroba speciálních dílů

Celková částka přidělené dotace:

193 752 Kč Kč

Východiska projektu

Alternativní zdroje energie v oblasti malých výkonů patří do skupiny decentralizovaných energetických mikrozdrojů, které se neustále rozvíjejí. Souběžně s tím v oblasti elektroenergetiky sílí tendence využívat lokální mikrozdroje k zajištění energetické spotřeby vlastního objektu, včetně akumulace a teprve přebytečnou energii případně dodávat do distribuční sítě. Kromě všudypřítomné fotovoltaiky a sporadicky se vyskytujících domácích kogeneračních jednotek, se významně rozvíjejí vodní a větrné mikrozdroje s výkonem několika set wattů až jednotek kilowattů. Průřezové téma Environmentální výchova navazuje v rámci RVP na vzdělávací oblasti Člověk a svět práce a Člověk a příroda, kde je získávání a využívání energie z obnovitelných zdrojů pro dopravu, průmysl, domácnosti, ale i pro mimoprodukční hodnoty jedním z hlavních témat. Srovnatelná témata jsou obsažena také ve ŠVP SOŠ a maturitních oborech SOU, a to zejména v elektrotechnických oborech. Jedním z důvodů nastupujícího trendu je masivní pokles cen pomaloběžných synchronních generátorů s neodymovými permanentními magnety a vertikálních větrných turbín nové generace. Cílem výzkumu bylo ověření provozních a zátěžových charakteristik mikrozdroje malého výkonu, stability provozu při proměnných hnacích podmínkách a doporučení pro aplikace s pomaloběžnými vodními a větrnými motory.

Postup při řešení projektu

Návrh projektu byl zpracován pro předpokládanou aplikaci v oblasti tzv. obnovitelných (alternativních) zdrojů. Pomaloběžné synchronní alternátory s neodymovými (NdFeB) jsou považovány za perspektivní řešení pro spojení s hnací jednotkou s proměnnými otáčkami, což jsou například malé vodní toky s výrazně kolísajícím průtokem nebo větrné motory v oblastech s velkými výkyvy rychlosti větru. Výzkumný záměr měl za cíl ověřit meze možného využití NdFeB alternátoru s neregulovaným pohonem (proměnné otáčky a výkon), kdy stabilitu výstupního napětí zajišťuje regulace alternátoru a připojení do ostrovní sítě je přes beztransformátorový sinusový střídač. Celý systém musí být schopen činnosti nezávisle na distribuční síti (tzv. nájezd do tmy) a je realizován jako jednotka s akumulací energie pro vykrytí výkonových špiček nebo dočasného výpadku hnací jednotky.

Ze zkušeností z předcházejících projektů jsme zachovali čtyři základní podmínky:

- 1) Manipulaci musejí zvládnout čtyři lidé, přesun po rovině nejvýše ve dvou. Hmotnost max. 150-180 kg.
- 2) Mobilitu musejí zajistit únosná, velká a měkká kola, která umožní přeježdění prahů a omezí přenos hluku.
- 3) Soustrojí musí bezpečně projet dveřmi s šířkou 80 cm.
- 4) Soustrojí musí produkovat minimální hluk.

Pro model ostrovního mikrozdroje jsme zvolili pomaloběžný NdFeB synchronní alternátor IstaBreeze 24 V/1 kW. Na základě výsledků měření a provozních zkoušek soustrojí ze SV PdF 2132/2015 a SV PdF 2126/2018 je soustrojí s NdFeB generátorem postaveno na základové desce ze 40 mm silného textitu HGW 2082. Pohonnou jednotkou je třífázový asynchronní elektromotor 2SIE112M-6 2,2 kW 955 ot/min v těžkém litanovém provedení pro průmyslové účely. Hnací motor je napájen frekvenčním měničem Hitachi z osvědčené řady WJ200, typ 022HFE se zdokonaleným vektorovým řízením bez zpětné vazby. Motor i generátor jsou osazeny šestidrážkovými řemenicemi Tyna PK6 o průměru 150 mm s šířkou běhounu 52 mm a s upínacím pouzdem Taper TB3020.

Zásadním problémem byl absolutní nedostatek technických parametrů generátoru i regulační jednotky, které nejsou dostupné ani na stránkách výrobce Altinel Enerji Ltd. Istanbul. Oproti původní informaci, že hřídel generátoru je válcová je hřídel generátoru kónická s vrcholovým úhlem 4,8°. Proto jsme museli vyrobit a osadit na hřídel redukční vložku s vnějším průměrem 38k6 (obr.1) a na ni teprve upnout řemenici. Protože firma Schrack nahradila rozvaděčové skříň WSM typem WST s menší montážní plochou, musela se přepracovat koncepce rozvaděče i jeho výzbroj. U generátoru musely být upraveny vývody vinutí a nekvalitní spoje uvnitř stroje (obr.2).

Dosažené výsledky

Základní měření byla realizována v provizorních podmínkách, abychom zjistili skutečné parametry generátoru. Napětí generátoru naprázdno stoupalo v rozsahu provozních otáček 200-1 250 ot/min lineárně od 12,6 V do 80,8 V (obr.3). Při šestipulzím usměrnění je stejnosměrné napětí naprázdno dáno rovnicí

$$U_{DC} = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} U_{\Delta} \sqrt{2} \cdot \sin\Theta d\Theta$$

což představuje výstupní stejnosměrné napětí naprázdno v rozsahu 17-109 V. Zatěžovací charakteristika generátoru při jmenovitých otáčkách $n = 1\,000$ ot/min od chodu naprázdno do maximálního dosažitelného proudu a z ní vypočtená výkonová charakteristika (obr.4) ukázaly, že vlastnosti generátoru neodpovídají deklarovaným parametrům. Maximální výkon generátoru je 814 W při napětí 40,7 V a proudu 20 A, při jmenovitém stejnosměrném napětí 24 V uvedeném v dostupných údajích je výstupní proud 26 A a výkon 624 W. Maximální proud je 30 A při výstupním napětí 9,6 V, což odpovídá výstupnímu výkonu 288 W. Udávané maximum 41,2 A je nedosažitelné. Při zátěžových zkouškách se jako závažný problém projevilo nedostatečné chlazení generátoru. Teplota poddimenzovaného vinutí dosáhla kritických 193 °C a při dalším provozu by došlo k jeho destrukci. Na základovou desku byl za generátor dodatečně nainstalován průmyslový ventilátor Vents OV1 200 s průměrem 208 mm (obr.5).

Další problematický díl soustrojí je regulátor pro NdFeB generátory Hybrid Charge Controller Ī/HCC650 W/12 V for Wind Turbine ISTA-BREEZE (obr.6), který by měl udržovat konstantní napětí na výstupu generátoru. Protože ani k němu neexistuje žádná dokumentace museli jsme regulátor rozebrat a schéma zapojení nakreslit. Tím jsme zjistili, že se nejedná o skutečný regulátor, ale pouze o hysterezní spínač, který buď sepne dobíjení připojeného akumulátoru nebo zapojí vinutí generátoru do zkratu, což by při stálém pohonu vedlo ke zničení vinutí. Ve spolupráci s doc. Lokvencem jsme proto vyprojetovali nový pulzní regulátor se širokým regulačním rozsahem. Rázovou tlumivku, stejně jako redukční autotransformátory, na zakázku navinula firma BV Elektronik Holice. Ověřovací zkoušky by měly proběhnout na začátku roku 2020 a na základě jejich výsledků bude možné vyhodnotit do jaké míry je využití NdFeB generátorů tohoto typu výhodné a provozně spolehlivé.

Výstupy projektu

V rámci řešení projektu byly zpracovány následující publikace:

ID 43875663 - výsledek kategorie J_{ost}

DRTINA, R. - LOKVENC, J. - GREGOR, O. Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích - Část 9: Modelové soustrojí s neodymovým (NdFeB) generátorem. Media4u Magazine, 4/2019. s.42-55. ISSN 1214-9187.

ID 43875743 - výsledek kategorie J_{ost}

DRTINA, R. - LOKVENC, J. - GREGOR, O. Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích - Část 10: Regulátor pro neodymový (NdFeB) generátor. Media4u Magazine, 1/2020. 20 stran. ISSN 1214-9187. Přijato k publikování.

Přehled realizovaných výdajů

- osobní náklady nebyly pro administrativní náročnost a nutné odvody nárokovány.
- stipendium v celkové výši 16 000 Kč bylo přiznáno studentu ID P14P0075 Ondřeji Gregorovi za práce na řešení úkolu - výroba a zpracování mechanických dílů, vrtání a závitování děr, instalace strojů na základovou desku, dodatečná montáž chladicího ventilátoru, provozní zkoušky a měření, spolupráce na přepracování koncepce rozvaděče z důvodu vynucené změny regulace NdFeB generátoru, zpracování podkladů pro objednávky materiálu, spolupráce na výrobě mechanických dílů pro pulzní regulátor, kompletace mechanické sestavy, návrh a zajištění výroby DPS pulzního regulátoru a příprava pro osazení DPS součástkami, transport materiálu mezi budovami S a C, transport náradí, nástrojů a mechanických částí do a z EPM Jaroměř. Mechanická úprava skříně rozvaděče, příprava na osazení měřících přístrojů, frekvenčního měniče, redukčních autotransformátorů, rázové tlumivky, elektroniky a jisticích prvků, příprava na instalaci skříně rozvaděče na základovou desku, zajištění lisování ukončovacích prvků silových kabelů, příprava podkladů a spolupráce na publikačních výstupech.
- po schválení změn v rozpočtu byly prostředky nevyužitých služeb a konferenčních poplatků použity pro zajištění nákupu materiálu pro pulzní regulátor a pro nákup nástrojů a náradí nutných k výrobě a úpravám mechanických dílů a rozvaděče po vynucené zásadní změně koncepce elektrické části modelového soustrojí. Z převedených prostředků byly rovněž vykryty rozdíly zvýšení cen v době mezi podáním projektu a nákupem dílů. Materiálové náklady byly v celkové výši 161 657,10 Kč.

- d) náklady na služby byly ve výši 2 400,64 Kč - řezání dveří rozvaděče vodním paprskem.
 e) cestovní náklady byly ve výši 11 369 Kč - AUV do laboratoří FEL ZČU v Plzni, které spolupracovaly na vývoji pulzního regulátoru a realizovaly měření, ke kterým zatím nemáme přístrojové vybavení.

Přidělená dotace ve výši 193 752 Kč byla po schválených změnách v rozpočtu projektu zcela vyčerpána, rozpočet projektu byl překročen o 0,15 Kč (viz výsledovka připojená k projektu). Změny v rozpočtu byly průběžně schvalovány prodělkankou pro vědu, výzkum a umění PdF UHK. Podrobný přehled čerpání rozpočtu je uveden v tabulce 1.

Závěr

Obnovitelné zdroje energie zahrnují široké spektrum energetických jednotek. Energetické mikrozdroje, určené pro napájení lokálních sítí nebo pracující v ostrovním režimu jsou trendem posledních let. Do toho spadají i nové větrné mikrozdroje s neodymovými generátory. Dosavadní výsledky ale ukazují, že v řadě případů mohou tyto generátory představovat potenciální problém. Průběžné rešerše na internetu už přinášejí stížnosti uživatelů na poruchovost a destrukci vinutí vlivem tepelného přetížení NdFeB generátorů stejně a příbuzné typové řady IstaBreeze, který je instalován v našem soustrojí. Cílem dalšího výzkumu bude optimalizace provozních podmínek, aby mohly být generátory provozovány dlouhodobě i na malých vodních elektrárnách. S největší pravděpodobností bude rozhodujícím kritériem tepelná zátěž vinutí. Předpokládáme ale, že ani s nuceným chlazením nebude možné generátor dlouhodobě zatěžovat na maximální výkon. Ekonomický přínos drahého NdFeB generátoru tak může být v porovnání s jinými typy do značné míry diskutabilní.

Tab.1 Přehled nákladů projektu 2114/2019

položka	náklady
základová deska + profily Textit	14 352,39 Kč
elektromotor + měnič	28 480,43 Kč
NdFeB generátor + regulátor	21 367,37 Kč
redukční autotransformátory	10 166,42 Kč
řadiče Obzor	5 518,40 Kč
jističe	1 616,00 Kč
elektromateriál	9 042,30 Kč
drážkové řemenice PK6 150 mm TB3020	11 783,00 Kč
pojezdová kola	1 718,00 Kč
měřicí přístroje	7 690,00 Kč
AL přířezy	1 356,00 Kč
rozvaděčová skříň WST	4 213,00 Kč
nářadí a nástroje	21 384,53 Kč
drobný materiál	1 796,00 Kč
pomocný materiál	1 140,64 Kč
součástky pro pulzní regulátor	14 480,71 Kč
chladič ventilátor	1 598,00 Kč
tlumivka	4 174,50 Kč
cestovní náklady	11 369,00 Kč
stipendium	18 486,00 Kč
řezání vodním paprskem	2 400,64 Kč
celkem	193 756,15 Kč
dotace projektu	193 752,00 Kč
přečerpáno	-0,15 Kč

Datum: 18. prosince 2019

přílohy: obrazová dokumentace výroční zprávy
 dosavadní publikační výstupy

doc. dr. René Drtina, Ph.D.