

Výroční zpráva projektu specifického výzkumu na rok 2015 - zakázka č. 2132

Název projektu: **Stabilita parametrů asynchronního generátoru
jako energetického mikrozdroje v ostrovním režimu**

Specifikace řešitelského týmu

Odpovědný řešitel:	doc. dr. René Drtina, Ph.D.
Studenti magisterského studia na PdF UHK:	Bc. Jan Škoda (hlavní řešitel projektu)
Externí spolupráce:	doc. Ing. Jaroslav Lokvenc, CSc. - konzultant specialista Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D. - konzultant optimalizace počítačového modelu vektorového řízení Josef Andris - konzultant technologických řešení
Celková částka přidělené dotace	125 500 Kč (vč. navýšení rozpočtu projektu)

Východiska projektu

Alternativní zdroje energie v oblasti malých výkonů se neustále rozvíjejí a přestože stoupá tlak, aby se i pro tyto zdroje používaly drahé synchronní generátory s neodymovými permanentními magnety, je z hlediska pořizovacích nákladů, konstrukční jednoduchosti, nenáročnosti obsluhy a provozní spolehlivosti výhodné používat generátory asynchronní, a to i u energetických mikrozdrojů pracujících v ostrovním režimu, tj. nepřipojených k veřejné distribuční síti. Výzkumný záměr je součástí diplomové práce Bc. Jana Škody - Asynchronní generátory v praxi. Je zaměřen na reálný provoz asynchronních generátorů s výkonem několika kilowattů v ostrovním režimu a jeho cílem je zjištění zátěžových charakteristik reálného asynchronního generátoru v ostrovním provozu a ověření dosažitelné stability výstupních parametrů generátoru v závislosti na provozních otáčkách, kapacitě budících kondenzátorů, symetrii, velikosti a typu komplexní zátěže.

Postup při řešení projektu

Návrh projektu byl zpracován pro předpokládanou aplikaci v oblasti tzv. obnovitelných (alternativních) zdrojů, jako středně rychloběžné soustrojí se synchronními otáčkami 1 000 ot/min při frekvenci 50 Hz se šestipólovými stroji řady MEZ 7AA132xx, přičemž jsme si vzhledem k současným prostorovým možnostem i s výhledem nové výstavby stanovili 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 přejezdění prahů a omezí přenos hluku.
- 3) Soustrojí musí bezpečně projet dveřmi s šířkou 80 cm.
- 4) Soustrojí musí produkovat minimální hluk.

Z uvedených omezení vyšel návrh motor-generátorové jednotky o výkonu 3 kVA s elektrickými parametry:

- 1) Napěťová soustava TN-S, TN-C, TT nebo IT, jmenovité napětí $3 \times 230/400$ V, frekvence může kolísat.
- 2) Možnost práce v ostrovním režimu i ve spojení s rozvodnou sítí.
- 3) Nezávislé měření na jednotlivých cívkách generátoru.
- 4) Nezávislé zatěžování jednotlivých fází a provoz se silně nesymetrickou zátěží.
- 5) Nezávislé buzení jednotlivých fází generátoru při ostrovním provozu.
- 6) Možnost připojení externího budiče nezávisle na výzbroji vlastního rozvaděče soustrojí.

Realizaci soustrojí provázely od počátku značné problémy. Neuvažujeme zpoždění financování, které v důsledku bylo téměř nepodstatné. Původní dodavatel mechanické části (AB-elektropohony) nebyl schopen dodat motory MEZ 7AA. Nabídka náhradních motorů byla cenově vyšší o 6 600 Kč, u měniče o 6 500 Kč, což pro nás bylo neakceptovatelné. V důsledku chyby na straně dodavatele byla zpožděna i dodávka řemenového převodu a napídací desky. Nově oslovený dodavatel (firma Herott) byl ochoten dodat typově podobné stroje a měnič v původních cenách. Protože motory Celma-Indukta řady 2SIE132 jsou těžké celolitinové průmyslové motory zapojené do trojúhelníku, bylo nutné zásadním způsobem přepracovat elektrickou koncepci soustrojí i rozvaděče, do něhož musely být instalovány redukční autotransformátory s kompenzací vlastní indukčnosti. Nově musely být také navrženy zákaznické typy vačkových spínačů a došlo k navýšení ceny výzbroje rozvaděče téměř o 9 000 Kč. Vyšší náklady byly částečně kompenzovány nižší cenou řemenového převodu a jednodušší konstrukcí měřicí části rozvaděče. Vlivem kurzových změn došlo k výraznému zdražení hlubokotažného plechu pro výrobu rozvaděče. Cena rozvaděče tak vzrostla o 2 500 Kč. Po schválení změn v rozpočtu oddělením VaV a po úhradě bankovních poplatků a nově zavedené DPH z konferenčních poplatků z prostředků VaV KTP jsme se přiblížili vyrovnanému rozpočtu.

Vzhledem k tomu, že projekt nabral téměř čtyřměsíční zpoždění, musel být upraven časový harmonogram projektu. Souběžně s výrobou mechanické části bylo započato s programováním měniče a po osazení strojů na základovou desku bylo provedeno provizorní propojení hnací a generátorové jednotky a zahájeno prvotní ověřo-

vací měření. Kondenzátorové baterie byly prozatím připojovány pomocí svorek, stejně jako zatěžovací odpory. Úkolem měření bylo prokázat funkčnost soustrojí a upřesnit návrh sady budících kapacit asynchronního generátoru.

Dosažené výsledky

Provozními testy a měřeními se prokázalo, že navržené soustrojí je plně funkční. Remanentní magnetismus nabudí generátor již při podsynchronních otáčkách a ani s rozběhem odbuzeného generátoru nebyly žádné technické problémy. Bylo tak možné popřít řadu tvrzení, která se vyskytují v literatuře ve spojitosti s asynchronními generátory s kapacitním buzením.

1) Není pravda, že pomaloběžné stroje mají problém s chlazením. Standardní asynchronní motory s kotvou nakrátko jsou navrženy pro trvalé zatížení (S1), tomu odpovídá i dimenzování ventilátoru na hřídeli motoru. Výrobce navíc připouští pracovní frekvenci stroje od 16 Hz (tj. 320 ot/min) bez nuceného chlazení.

2) Není pravda, že budící kondenzátory se k asynchronnímu generátoru mohou připojit až po dosažení provozních otáček. Provozní zkoušky prokázaly, že asynchronní generátor se nabudí i s připojenými kondenzátory.

3) Není pravda, že asynchronní generátor nemůže pracovat v podsynchronních otáčkách. Provozními zkouškami bylo potvrzeno, že asynchronní generátor lze nabudít na jmenovité napětí i v podsynchronním režimu. Pokud nepožadujeme stabilní frekvenci, lze asynchronní generátor provozovat v širokém rozpětí otáček se stálým výstupním napětím.

Další provozní testy potvrdily možnost nabudít a provozovat třífázový asynchronní generátor jako jednofázový, a to s přímým nebo pomocným buzením. Měření také ukázala určité rozdíly v případech, kdy je asynchronní generátor zapojen se samostatně buzenými cívkami nebo je vinutí i s budícími kondenzátory spojeno do trojúhelníku. Doměření zatěžových charakteristik bude provedeno po finální instalaci rozvaděče v lednu 2016. Zejména se předpokládá měření se silně nesymetrickou zátěží, která se zpravidla v energetických aplikacích při připojení k synchronní síti neuvažuje.

Výstupy projektu

V rámci řešení projektu byly zpracovány následující publikace:

výsledky kategorie D - přijato na konferenci ICAET 2015 - AET#85, AET#86. Bude publikováno v lednu 2016.

DRTINA, R. - LOKVENC, J. - ŠEDIVÝ, J. - ŠKODA, J. *The Concept of Mechanical Part of the Model Micro-Energy Sources for Electrical Laboratories.*

DRTINA, R. - LOKVENC, J. - ŠEDIVÝ, J. - ŠKODA, J. *The Concept of Electrical Part of the Model Micro-Energy Sources for Electrical Laboratories.*

ID 43870528 - výsledek kategorie J

DRTINA, R. - LOKVENC, J. - ŠKODA, J. *Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích. Část 1: Koncepce modelového mikrozdroje v ostrovním režimu.* Media4u Magazine, 3/2015. s.51-59. ISSN 1214-9187.

ID 43870959 - výsledek kategorie J

LOKVENC, J. - ŠKODA, J. DRTINA, R. *Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích. Část 2: Koncepce rozvaděče měřicího soustrojí.* Media4u Magazine, 4/2015. s.95-107. ISSN 1214-9187.

Přehled realizovaných výdajů

- a) osobní náklady nebyly pro administrativní náročnost a nutné odvody nárokovány.
- b) po schválení změny v rozpočtu byla navýšena částka na stipendium na 9 000 Kč. Stipendium bylo přiznáno studentovi ID P14P0424 Bc. Janu Škodovi za řešerše teoretických východisek, spolupráci při průběžné optimalizaci a přepracování návrhu soustrojí, tvorbu podkladů pro vrtací plán, orýsování základové desky, spolupráci při vrtání a opracování základové desky, závitování děr, montáži pojezdových kol, spolupráci při osazování strojů, přepravě materiálu a nástrojů, přípravu podkladů pro výrobní výkresy rozvaděče RMG16, spolupráci při tvorbě spínacích schémat zákaznických radičů, pomocné výpočty odhadu oteplení rozvaděče a návrhu chlazení, přípravu kabelových forem, spolupráci při montáži výzbroje a výstroje RMG, testování okruhů před připojením strojů, přípravu měření a zatěžových testů, přípravu podkladů publikačních výstupů a spolupráci na publikačních výstupech.
- c) materiálové náklady byly ve výši 96 315 Kč, podrobný přehled je v tabulce 1.
- d) konferenční poplatky dosáhly výše 16 234 Kč. Bankovní poplatky a nově zavedená DPH z konferenčních poplatků byly se souhlasem oddělení VaV uhrazeny z prostředků VaV KTP.
- e) po schválení změn v rozpočtu byly uplatněny cestovní náklady pro urychlení výroby rozvaděče a jeho převoz od výrobce k finalizaci (EKO Česká Skalice, EPM Jaroměř).

Přidělená dotace ve výši 125 500 Kč byla po schválených změnách v rozpočtu projektu zcela vyčerpána. Změny v rozpočtu byly průběžně schvalovány oddělením VaV PdF. Podrobný přehled čerpání je uveden v tabulce 1.

Závěr

Obnovitelné zdroje energie zahrnují široké spektrum energetických jednotek. Přestože módním trendem a dotacemi podporovanými systémy jsou především fotovoltaické a větrné elektrárny, disponuje Česká republika velkým energetickým potenciálem v oblasti malých vodních elektráren, které kdysi bývaly téměř na všech tocích. Každý vodní mlýn měl vlastní dynamo nebo alternátor pro výrobu elektrické energie. Stejně, jako se dnes mezi vodní motory vracejí vodní kola, tak se i znovu objevené energetické mikrozdroje, určené pro napájení lokálních sítí a pracující v ostrovním režimu stávají skutečností. Pasivní regulace asynchronních generátorů se téměř bez výjimky realizuje přepínáním budících kapacit (zpravidla se využívá techniky pro kompenzaci účinníku a předpokládá se symetrická zátěž sítě), případně se ke generátoru připojují zatěžovací, tzv. šuntovací rezistory, kde se spotřebovává přebytečný elektrický výkon. Výzkumný záměr předpokládá do budoucna jiný přístup k řešení stability sítě napájené asynchronním generátorem, kdy chceme ověřit možné použití neregulovaného anebo jen hrubě regulovaného asynchronního generátoru, na jehož výstupu by byly připojeny usměrňovače s filtrací stejnosměrného napětí, a stabilitu výstupního napětí a stabilitu frekvence by zajišťoval DC/AC měnič, který se standardně využívá ve fotovoltaických zařízeních. Realizované soustrojí představuje univerzální článek pro vývojové aplikace při používání ostrovních energetických mikrozdrojů.

Tab.1 Přehled nákladů projektu 2132/2015

položka	náklady
přířez textit	10 926,30
přístrojová kola	759,00
řemenový převod, napínací deska	17 938,00
elektromotory, měnič	32 497,00
stipendium	9 000,00
měřicí přístroje	4 054,00
autotransformátory	4 447,00
potenciometr dálkového ovládání	699,00
vačkové spínače s příslušenstvím	6 321,00
vodiče, jističe, svorky, kabelová konfekce	3 142,00
budící kondenzátory	971,00
konferenční poplatky	16 234,43
výroba rozvaděče	14 520,00
cestovní náklady	3 951,00
drobné vydání	41,00
celkové náklady	125 500,73
přečerpáno	-0,73



Datum: 29. prosince 2015

doc. dr. René Drtina, Ph.D.

ICAET 2015

The 2015 2nd International Conference on Advanced Engineering Technology



December 11-13,
Songdo Convensia, Incheon



17.	52	Biocompatible cardiac sensor with continuous arrhythmia monitoring for human wellness Dae-Wook Kim & Jong-Ha Lee
	53	Fault diagnosis of direct blowing pulverizing system Wen Xiaoqiang & Li Yang
	54	Optimization design of structure of space parking system based on discrete variables in ANSYS environment Gening Xu, Jiarong Chen, Xingfeng Wang, Kun An & Ning Xu
18.	55	The concept of mechanical part of the model micro energy sources for electrical laboratories René Drtina, Jaroslav Lokvenc, Josef Šedivý & Jan Škoda
	56	The concept of electrical part of the model micro energy sources for electrical laboratories René Drtina, Jaroslav Lokvenc, Josef Šedivý & Jan Škoda
	57	Effect of aggregate size on punching strength of reinforced concrete slabs Dickson FONG Wen Jinga & LAU Teck Leong
	58	Non-Linear behavior of spherical shells under static ring loads E. Eylem Karataş & R. Faruk Yükseler
19.	59	Effects of organic additives on electrochemical properties of SiO_x electrodes in lithium secondary batteries Sa Rang Yoon & Soon-Ki Jeong
	60	Assembly of tin oxide nanowires for dielectrophoretic response modeling A.S Mohamad, K.F Hoettges & M.P Hughes
	61	Analysis and design of fuzzy logic based dual-axis solar tracking system M. Asghar, M. Abbas, M. S. Khan, S. Z. Ilyas & M. Arbi
20.	62	Xylol and glutaraldehyde replacement at a university hospital and a laboratory of human anatomy Kira Lusa Manfredini & Irajá Do Nascimento Filho
	63	A Novel integrated scheduling model of SP-AS/RS, ALV and quay cranes at automated container terminal Seyed Hamidreza Sadeghian
	64	Crystallinity, tapping and bulk density of microcrystalline cellulose (MCC) isolated from rice husk (RH) A. Zuliahani, R. Nurul Nadhirah, A.B. Rozyanty, W.I. Nawawi & A.B. NorHanani
	65	Sensor based human movement controlled hydraulic and electrical robotic arm Rasel A Sultan, M. Shad Rahman
21.	66	Effect of environmental factors on the performance of solar energy collectors: are view Fatah Omran Al Ghouli, Kamaruzzaman Sopian & Shahrir Abdullah
	67	Natural materials to absorb water from environment Arturo Santamaría Ortega, Miguel Angel Rubio Toledo, Ricardo Victoria Uribe & Sandra Alicia Utrilla Cobos
	68	Electrostatic field effect on the thermal diffusivity of conductors in multi-layer solids Sani Jibrin, Mohd Maarof Moxsin, Sirajo Lawal Bichi, Azmi Zakaria, & Bashir Ahmed Danzomo

method has fast convergence rate and high design efficiency, which can provide support to the optimization of parking system and efficient design.

55. The concept of mechanical part of the model micro energy sources for electrical laboratories

René Drtina, Jaroslav Lokvenc, Josef Šedivý & Jan Škoda

University of Hradec Kralove, Faculty of education, Department of technical subject Rokitanskeho 62, 500 03 Hradec Kralove, Czech Republic

(*Corresponding Author, E-mail: josef.sedivy@uhk.cz)

ABSTRACT: The use of renewable (alternative) energy sources of energy is still a hot topic. In the electrical engineering laboratories of the Department of technical subjects created a model of micro energy sources that can be operated in various operating modes to simulate in various operating conditions. The machine set is dedicated for laboratory of electric engineering. Goal is to show students in the subject Renewable energy sources and their application, practical use and parameters the asynchronous generator. The article deals with the mechanical concept and mechanical construction of laboratory machine set.

56. The concept of electrical part of the model micro energy sources for electrical laboratories

René Drtina, Jaroslav Lokvenc, Josef Šedivý & Jan Škoda

University of Hradec Kralove, Faculty of education, Department of technical subject Rokitanskeho 62, 500 03 Hradec Kralove, Czech Republic

(*Corresponding Author, E-mail: josef.sedivy@uhk.cz)

ABSTRACT: The article deals concept of measuring the electric motor-generator sets and represents the completion of a comprehensive design laboratory for electrical energy mikrosources laboratories. Given that the test set is powered energy industrial installations can not underestimate the risks arising from its operations. A draft of the electrical generator is therefore (among other things) subject to standards EN 50110-1 and EN 50110-2 and electrical laboratories operating

order. The machine unit is powered via a current breaker, satisfying the requirements of IEC/TS 60479-1, where initially secure area AC-2 to an electric current does not cause adverse physiological effects. The seemingly simple design of the electrical part with manual control may seem a step back (in particular, from the viewpoint of universal, sometimes precipitous and unnecessary digitization anything), on the other hand the solution chosen allows combination possibilities that are not in the conventional digital control feasible.

57. Effect of aggregate size on punching strength of reinforced concrete slabs

Dickson FONG Wen Jinga* & LAU Teck Leong
Department of Civil Engineering, The University of Nottingham Jalan Broga, Seminyih, 43500, Selangor, Malaysia.

(*Corresponding Author, E-mail: keex3dfg@nottingham.edu.my)

ABSTRACT: This paper reports test results of flat slab cast from micro-concrete and normal concrete subjected to concentric punching shear. Although the punching shear failure mechanism of micro-concrete slabs was very similar to that of normal-concrete slabs, the punching shear capacity is reduced to about 73% due to the reduction in transferred shear stresses across shear cracks by aggregate interlock. Therefore, a shear retention factor of 0.7 is suggested to be applied in estimating the punching shear strength of micro-concrete slabs.

58. Non-Linear behavior of spherical shells under static ring loads

E. Eylem Karataş*
Yildiz Technical University, Department of Civil Engineering, Davutpasa Campus, 34210, Esenler, Istanbul-Turkey.

R. Faruk Yükseler
Department of Civil Engineering, Istanbul Kültür University, Ataköy Campus, E5 Karayolu Üzeri, 34156, Yenibosna, Istanbul-Turkey.

(*Corresponding Author, E-mail: ekaratas@yildiz.edu.tr)



S odbornou podporou mezinárodního kolegia vysokoškolských pedagogů vydává Ing. Jan Chromý, Ph.D., Praha.

12. ročník

3/2015

Media4u Magazine

ISSN 1214-9187 Čtvrtletní časopis pro podporu vzdělávání

The Quarterly Journal for Education * Квартальный журнал для образования

Časopis je archivován Národní knihovnou České republiky

Časopis je na seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik, který vydává Rada pro výzkum, vývoj a inovace ČR

NA ÚVOD

INTRODUCTORY NOTE

V červnu 2015 náš časopis splnil požadavky a byl zařazen do databáze ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences). To je výborná zpráva pro všechny autory, kteří mají zájem v časopise publikovat. Současně to zavazuje redakční radu k udržování a dalšímu zlepšování stávající úrovně.

Jak jsme již dříve informovali, v novém akademickém roce proběhne několik mezinárodních vědeckých konferencí, které pořádají české vysoké školy ve spolupráci se zahraničními. Časopis Media4u Magazine bude opět jejich mediálním partnerem a jedním z cílů časopisu bude usnadnit prostřednictvím odborných článků na stránkách časopisu pokračování diskuse, zahájené na těchto konferencích. Mezi zmiňované mezinárodní vědecké konference budou patřit:



Konference *Média a vzdělávání* má již devítiletou tradici. Tentokrát jí budou spolupořádat Katedra technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové a Katedra didaktiky ekonomických předmětů Fakulty financí a účetnictví Vysoké školy ekonomické v Praze. Ze zahraničních vysoc-

kých škol se bude na konferenci podílet Katedra UNESCO "Filozofie lidské komunikace" Charkovské národní technické zemědělské univerzity Petra Vasylenka.

Uzávěrka příspěvků bude 20. 11. 2015

Více informací najdete pod odkazem na hlavní stránce časopisu.



Ekonomické a jiné znalosti v kontextu mezinárodní transformace sociálních činností, řízení a komunikace

Konference *Ekonomické a jiné znalosti v kontextu mezinárodní transformace sociálních činností, řízení a komunikace* je zatím připravována ve spolupráci Katedry technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové a Katedry UNESCO "Filozofie lidské komunikace" Charkovské národní technické zemědělské univerzity Petra Vasylenka, které spolupracují na mezinárodním výzkumném projektu.

Účast na obou konferencích bude bezplatná.

Novými členy redakční rady se stali:
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.
a PhDr. Jan Závodný Pospíšil, Ph.D.

Oběma přejeme hodně úspěchů a spokojenosti, nejen v této činnosti.

Závěrem tradičně děkuji doc. Ivaně Šimonové za korektury anglických textů a doc. René Drtinovi, za sazbu časopisu.

Ing. Jan Chromý, Ph.D.
šéfredaktor

OBSAH

CONTENT

Radomír Adamovský - Pavel Neuberger

Úvaha o spolupráci univerzitního pracoviště na úrovni katedry s praxí a výzkumnými ústavami

Reflection of Joint Cooperation of University Department with Enterprises and Research Institutes

Jana Žáčková - Lucie Kamrádová

Motivační kritéria dobrovolnictví na Opavsku

Motivational Criteria of Volunteering at Opava

Jan Chromý

Brzdy výuky zdravé výživy s využíváním ICT

Brakes for Teaching Healthy Eating with Using ICT

Vladimíra Kocourková - Jana Kantorová

Self-efficacy učitele mateřské školy ve vztahu k problémovému chování dítěte

Self-efficacy of a Kindergarten Teacher and Its Effect on Risk Behaviour

Kateřina Chroustová - Martin Bílek

Současné výzvy pro využití didaktického softwaru ve výuce chemie - z výsledků výzkumných studií

Current Challenges of Educational Software Application in Chemistry Education - From Results of Research Studies

Vladislav Biba - Michaela Klepancová

Využití testu nezávislosti při skúmaní vzťahu študentov k predmetu chémie

Using Independence Test to Investigate Student's Relationship to Chemistry

Josef Šedivý

Testování prostorové inteligence studentů ve výuce počítačového modelování

Spatial Intelligence Testing of Students in Teaching of Computer Modeling

Dana Smetanová - Milan Vacka

Plochy ve stavebně technické praxi - jednodílný hyperboloid a chladicí věž

The Surfaces in Building Engineering - Hyperboloid of One Sheet and Cooling Tower

Karel Antoš

Řešení netriviálních matematických a fyzikálních rovnic pomocí funkce řešitele v MS Excelu

Solving Non-Trivial Mathematical and Physics Equations Using Solver in MS Excel

René Drtina - Jaroslav Lokvenc - Jan Škoda

Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích Část 1: Koncepce modelového mikrozdroje v ostrovním režimu

Teaching Support for Course Renewable Energy Sources in the Electrotechnical Laboratories - Part 1: The Concept of a Model Micro-Sources in a Insular Mode

Ivana Šimonová - Petra Poulová

Mobilní elektronická zařízení a sociální sítě v terciárním vzdělávání na FIM UHK

Mobile Electronic Devices and Social Networks for Higher Education at FIM UHK

René Drtina - Jaroslav Lokvenc - Jan Škoda

Katedra technických předmětů, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové
Department of Technical subjects, Faculty of Education, University of Hradec Kralove

Abstrakt: Využívání obnovitelných (nebo též alternativních) zdrojů energie je stále aktuálním tématem. V elektrotechnických laboratořích katedry technických předmětů vzniklo modelové soustrojí energetického mikrozdroje, které lze provozovat v různých pracovních režimech a simulovat tak nejrůznější provozní podmínky. Cílem je ukázat studentům, v rámci předmětu Obnovitelné zdroje energie a jejich aplikace, praktické využití a vlastnosti asynchronního generátoru. První část je věnována koncepci a mechanické stavbě laboratorního soustrojí.

Abstract: The use of renewable (alternative) energy sources of energy is still a hot topic. In the electrical engineering laboratories of the Department of technical subjects created a model of micro energy sources that can be operated in various operating modes to simulate in various operating conditions. The goal is to show students in the subject Renewable energy sources and their application, practical use and parameters an the asynchronous generator. The first part deals with the concept and mechanical construction of laboratory machine set.

Klíčová slova: mikrozdroj, obnovitelné zdroje, asynchronní generátor, ostrovní režim, energetika.

Keywords: micro source, renewable sources, asynchronous generator, insular mode, energy.

ÚVOD

Využívání alternativních zdrojů energie, kterým dnes zpravidla říkáme obnovitelné zdroje, není žádnou novinkou. Přestože na prahu nového tisíciletí došlo k masivní podpoře obnovy a zavádění nových obnovitelných zdrojů, jsou mnohé z nich známy již od starověku a ani tzv. mobilní zdroje nejsou úplnou novinkou. Například již v roce 1965 byly vyráběny malé mobilní vodní elektrárny (které bychom dnes nazvali mikro-zdrojem) s výkonem několika set wattů, pro použití v neobydlených oblastech a oblastech bez energetických sítí [1].

Předmět obnovitelné zdroje energie a jejich aplikace je na katedře technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové (dále jen KTP) zařazen pro studenty učitelství pátého ročníku (2. ročníku navazujícího magisterského studia). Jeho cílem je seznámit studenty s možnostmi využívání alternativních energetických zdrojů. Součástí předmětu jsou exkurze do malých vodních elektráren, bioplynových stanic,

kogeneračních jednotek, atd. Kromě zdrojů s výkonem desítek až stovek kilowattů, mají své opodstatnění i energetické mikrozdroje s výkonem řádu stovek wattů až několika kilowattů.

Aby si studenti mohli prakticky ověřit vlastnosti malé ostrovní energetické jednotky a její chování v různých provozních režimech, byl vypracován návrh asynchronního motor-generátorového soustrojí pro laboratorní účely, které vzniklo v rámci řešení projektu specifického výzkumu SV PdF 2132/2015 Stabilita parametrů asynchronního generátoru jako energetického mikro-zdroje v ostrovním režimu. Projekt je součástí diplomové práce Bc. Jana Škody Asynchronní generátory v praxi.

1 KONCEPCE MĚŘICÍHO SOUSTROJÍ

Snahu elektrotechnických laboratoří KTP o získání měřicího soustrojí pro podporu výuky elektrotechnických předmětů datujeme k roku 1988. Problémem však vždy bylo získání potřebných

finančních prostředků. Ani v současné době není pořízení měřicího soustrojí levnou záležitostí, a podstatným faktorem jsou i dané možnosti provozního režimu a měření, která lze na soustrojí realizovat. Příkladem může být zkušební pracoviště řady Dynofit Basic (obr.1), které vyrábí a dodává VÚES Brno.



Obr.1 Zkušební pracoviště Dynofit Basic
VÚES Brno [2]

Zkušební pracoviště Dynofit je určeno pro měření mechanického výkonu na hřídeli zkoušeného stroje v rozsahu výkonu do 15 kW. Pracoviště je koncipováno s možností volit od ručního ovládní po plně automatizovaný zkušební cyklus, s řízením a vyhodnocením v počítači. Elektronika s čtyřkvadrantovým řízením umožňuje provoz v hnacím nebo brzděném režimu, zařízení ale není primárně určeno pro zkoušení generátorů.

1.1 Práce studentů vysokých škol

Příprava koncepce měřicího soustrojí přinesla některá zajímavá zjištění. Především to, že stejně jako v oblasti hnacích točivých strojů, je v současné době častěji využíváno synchronních generátorů s permanentními neodymovými magnety (což je do jisté míry trendem v oblasti točivých strojů) [3-5].

Na vysokoškolských pracovištích České republiky vzniká řada diplomových a bakalářských prací, které se věnují právě problematice chodu asynchronních generátorů, jejich regulaci a připojování k distribuční síti. Podle provedeného

průzkumu mají v této oblasti výrazný podíl práce studentů z Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysokého učení technického v Brně. Z povahy pracoviště vyplývá i zaměření studentských prací. Jejich analýzou byly zjištěny následující skutečnosti:

- všechny práce řeší provoz asynchronních generátorů při symetrické zátěži [6-10],
- v experimentálních měřeních se bezvýhradně používá zapojení budících kondenzátorů D, tj. do trojúhelníku [6, 7],
- v rámci řešených úkolů se jedná buď o malá laboratorní soustrojí s výkonem řádu 100 W např. [8] nebo o energetické aplikace s výkony v řádu desítek kilowattů [7],
- ve všech případech se předpokládá použití řízení pomocí čtyřkvadrantových měničů nebo procesorově řízené kompenzační jednotky. Výjimkou je práce [9], která řeší přímé připojení generátoru k rozvodné síti.

V analyzovaných pracích se vyskytují i tvrzení, se kterými nelze souhlasit a neexistují pro ně reálné podklady.

- Není pravda, že pomaloběžné stroje mají problém s chlazením, jak je uvedeno v [7]. Standardně používané asynchronní motory s kotvou nakrátko jsou navrženy pro trvalé zatížení (označováno jako S1) a tomu odpovídá i dimenzování ventilátoru na hřídeli motoru, který žene vzduch přes chladicí žebra. Navíc v generátorickém režimu běží motor obvykle v nadsynchronní otáčkách a chlazení je tak ještě účinnější (bližší v kap.3).
- Dušek také uvádí [7], že budící kondenzátory se k asynchronnímu generátoru mohou připojit až po dosažení provozních otáček, což není zdaleka pravda. Experimentálním měřením jsme si ověřili, že asynchronní generátor se bez problémů nabudí i s připojenými kondenzátory, pokud v jeho magnetickém obvodu je potřebný remanentní magnetismus.
- Tvrzení, že samostatný chod asynchronního generátoru není možný [10], platí jen za předpokladu, že generátor nemá buzení (to ostatně platí pro všechny generátory bez rozdílu (synchronní i asynchronní).

I když citované práce nejsou přímo zaměřeny na modelové laboratorní soustrojí, s výhodou je můžeme použít jako určité východisko při návrhu zadání diplomové práce. Asi největším přínosem pro vytvoření koncepce asynchronní motor-generátorové ostrovní jednotky byla práce Tomáše Láníčka [11].

1.2 Základní požadavky na laboratorní soustrojí

Vzhledem k prostorovým možnostem elektrotechnických laboratoří KTP musí být soustrojí mobilní, což nutně vede ke kompromisnímu řešení a hledání nejvýhodnější alternativy.

1.2.1 Mechanické parametry

Požadavky na mechanické vlastnosti soustrojí jsou dány současnými prostorovými možnostmi i výhledem nové výstavby.

- Manipulaci se soustrojím musejí bez větších problémů zvládnout čtyři lidé, přesun po rovině je třeba zvládnout ve dvou. Hmotnost celého soustrojí by proto neměla přesáhnout 150-180 kg.
- Mobilitu musejí zajistit dostatečně únosná, relativně velká a měkká kola, která umožní bezproblémové přejíždění prahů a současně omezí kontaktní přenos hluku do podlahy při provozu (v projektu nové budovy se předpokládá umístění elektrotechnických laboratoří do 3. podlaží).
- Soustrojí musí bezpečně projít (projet) dveřmi laboratoře a učeben s šířkou 80 cm. Jeden půdorysný rozměr tak může být maximálně 75 cm.
- Soustrojí by samo o sobě mělo produkovat co nejmenší hluk. To předpokládá použití materiálu s velkým vnitřním tlumením a určitou pružností, které nebudou fungovat jako rezonanční deska. Součástí návrhu proto je i volba vhodného mechanického spojení mezi motorem a generátorem.

1.2.2 Elektrické parametry

Požadované elektrické parametry jsou pro návrh soustrojí klíčové, ale zároveň jsou determinovány mezními mechanickými parametry. Soustrojí musí umožňovat provoz a měření v nejrůznějších provozních podmínkách, které lze vysledovat v reálném provozu jak v tzv. tvrdých energetických rozvodných sítích, tak v ostrovním re-

žimu - v izolovaných sítích. Základní požadavky tedy jsou:

- napěťová soustava TN-S, TN-C, TT nebo IT se jmenovitým napětím $3 \times 230/400$ V, frekvence výstupního napětí může při práci v ostrovním režimu i značně kolísat,
- možnost práce v ostrovním režimu i ve spojení s rozvodnou sítí,
- nezávislé měření na jednotlivých cívkách generátoru,
- nezávislé zatěžování jednotlivých fází a provoz s nesymetrickou zátěží,
- nezávislé buzení jednotlivých fází generátoru při ostrovním provozu,
- možnost připojení externího budiče, nezávisle na výzbroji vlastního rozvaděče soustrojí.

1.3 Projektový návrh

Přihláška projektu specifického výzkumu byla zpracována podle rámcového návrhu měřicího pracoviště pro zkoušení točivých strojů, který jsme vypracovali v roce 1994 a v následujících letech průběžně upravovali. Protože předpokládáme aplikace v oblasti tzv. obnovitelných (alternativních) zdrojů, bylo z hlediska pracovních rychlostí zvoleno středně rychloběžné soustrojí se jmenovitými otáčkami 950 ot/min (synchronní otáčky 1 000 ot/min při frekvenci 50 Hz). Původní šestipólové stroje MEZ řady 4AP132xx byly v novém projektu nahrazeny novými typy řady MEZ 7AA132xx s litinovými štíty a zesílenými ložisky.

Omezení vyplývající z mezních mechanických hodnot (hmotnosti a rozměrů) vyústilo v návrh motor-generátorové jednotky o výkonu 3 kVA. Jako asynchronní generátor byl navržen asynchronní motor s kotvou nakrátko řady MEZ typ 7AA132S06 3 kW/950 ot/min. Jako hnací jednotka byl v návrhu použit asynchronní motor s kotvou nakrátko 7AA132M06K ze stejné řady MEZ s výkonem 4 kW a jmenovitými otáčkami 950 ot/min, s napájením z frekvenčního měniče. Oba stroje mají osovou výšku 132 mm, jsou určeny pro trvalé zatížení v tepelné třídě F, tj. pro mezní teplotou vinutí 155 °C. Buzení generátoru se předpokládá kapacitní, nezávislé pro každou fázi. Narozdíl, od citovaných prací, je předpoklad, že zatěžování generátoru, zejména v ostrovním režimu může být silně nesymetrické.

2 ŘEŠENÍ MECHANICKÉ ČÁSTI

Vstupní částí projektu specifického výzkumu je mechanická konstrukce celého soustrojí.

2.1 Základová deska

Základová deska má rozměr 750 × 750 mm a je zhotovena z 25 mm silného textitu HGW 2082. Textit HGW 2082 [11] je houževnatý konstrukční materiál na bázi tvrzené textilní tkaniny a fenolické pryskyřice, s výbornými mechanickými a elektroizolačními vlastnostmi, nízkou specifickou hmotností vůči porovnatelným materiálům, dobrou opracovatelností a odolností vůči vodě, olejům, benzínům a slabým kyselinám. Používá se pro stavbu strojů a zařízení, na výrobu kluzných ložisek, kluzných částí strojů a zařízení větších ozubených kol a kladek, v elektrotechnickém průmyslu se používá pro výrobu součástek se zaručenou elektrickou pevností a izolačním odporem na izolační desky, kostry, tělesa přístrojů, skříňových částí rozveden a rozvaděčů, elektrických strojů, transformátorů, apod.

Základní vlastnosti textitu HGW 2082 jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab.1 Vlastnosti materiálu Textit HGW 2082

typ izolantu	tvrzená textilní tkanina
typ výztuhy	bavlněná tkanina
typ pojiva	fenolformaldehydová živice
tepelná třída	E (120 °C)
měrná hmotnost	1,4 g/cm ³
pevnost v ohybu	130 MPa
pevnost v tlaku	170 MPa
pevnost v tahu	80 MPa
modul pružnosti	7 000 MPa
pevnost ve smyku	
- rovnoběžně s vrstvami	25 MPa
rázová houževnatost	
- kolmo na vrstvy	30 kJ/m ²
- rovnoběžně s vrstvami	8,8 kJ/m ²
elektrická pevnost	min 5 kV/mm

podle [12]

Pod základovou deskou jsou namontována čtyři otočná přístrojová kola Montako EGA 125/GLP o průměru 125 mm a maximální nosnosti 80 kg, která umožňují relativně snadnou manipulaci se soustrojím.

2.2 Točivé stroje

Realizaci soustrojí provázely z počátku určité problémy. Přestože řada prodejců má stále motory řady MEZ 7AA132 v nabídce, jsou nedo-

stupné. Výroba skončila v roce 2012 a skladové zásoby jsou prakticky vyprodány. Bylo tedy nutné najít náhradu. Zpravidla nám byly nabízeny motory z řady Siemens, typ 1LExxxx. Jedná se o celohliníkové motory, osazené slabšími ložisky řady 6208 a jejich cena je asi o 30 % vyšší, to v rozpočtu projektu představovalo neakceptovatelné navýšení nákladů o cca 5 500 Kč při horších mechanických vlastnostech, vyšší hlučnosti strojů, a nižší předpokládané životnosti. Po konzultaci s firmou Herott jsme nakonec zvolili těžké průmyslové motory Celma-Indukta z řady 2SIE132 (obr.2).



Obr.2 Motor Celma-Indukta řady 2SIE132

Jedná se o celolitínové šestipólové asynchronní stroje s kotvou nakrátko, zesílenými ložisky řady 6308-2Z a vyšší účinností (třída IE2). Jejich cena je prakticky stejná, jako u původně plánovaných motorů typové řady MEZ 7AA132. Základní parametry obou strojů jsou uvedeny v tabulkách. 2 a 3. Robustní litinová konstrukce a zesílená ložiska vytvářejí předpoklad relativně tichého chodu a dlouhodobé provozní spolehlivosti.

Tab.2 Základní parametry hnacího motoru

typ	2SIE132M6A
provedení	B3 - patkový
osová výška	132 mm
délka	499 mm
rozteč upevňovacích šroubů	216 mm
průměr hřídele	38 mm
dovolená radiální síla na hřídel	2,8 kN
hmotnost	66 kg
rotor	kotva nakrátko
jmenovité otáčky pro 50 Hz	950 ot/min
synchronní otáčky pro 50 Hz	1 000 ot/min
maximální přípustné otáčky	2 400 ot/min
jmenovitý výkon	4 kW
kroučící moment	40,2 Nm
jmenovité napětí	400/690 V
jmenovitý proud při 400 V	8,6 A

převzato z [13]

Tab.3 Základní parametry generátoru

typ	2SIE132S6
provedení	B3 - patkový
osová výška	132 mm
délka	461 mm
rozteč upevňovacích šroubů	216 mm
průměr hřídele	38 mm
dovolená radiální síla na hřídel	2,8 kN
hmotnost	54 kg
rotor	kotva nakrátko
jmenovité otáčky pro 50 Hz	950 ot/min
synchronní otáčky pro 50 Hz	1 000 ot/min
maximální přípustné otáčky	2 400 ot/min
jmenovitý výkon	3 kW
kroučící moment	30,2 Nm
jmenovité napětí	400/690 V
jmenovitý proud při 400 V	6,6 A

převzato z [13]

Hnací motor je usazen na dvojici 40 mm silných textitových podložek o rozměrech 240 × 75 mm z materiálu HGW 2082, které vyrovnávají výšku napínací desky IEC132S-monoplate, na které je usazen generátor. Na rozdíl od univerzálních dělených napínacích desek je provedení monoplate robustnější, s většími dosedacími plochami a ve výsledku s nižší hlučností při chodu soustrojí.

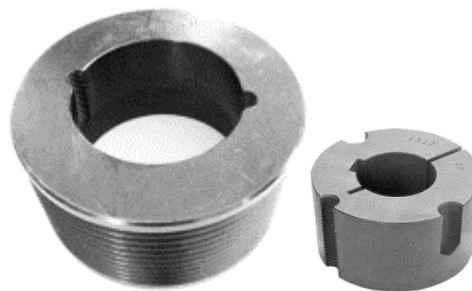
2.3 Řemenový převod

Přenos hnacího výkonu byl od počátku řešen řemenovým převodem. Jedním z důvodů jsou menší prostorové nároky, než kdyby byly oba stroje spojeny hřídelovou spojkou, druhým důvodem je větší univerzalita a větší využitelnost soustrojí v rámci interdisciplinárních vazeb.

Jako základní jsme zvolili převod dvanáctidrážkovým řemenem PL Contitech s roztečí drážek 4,7 mm [14]. Pro výpočet a optimalizaci převodu byl použit program Transmission Designer v.7.2 firmy Continental [15]. Pro stroje s osovou výškou 132 mm byly (jako optimální) zvoleny řemenice PL200-12 TB3020 o průměru 200 mm s upínacím pouzdrem Taper TB3020 - 38 mm. Řemenice PL200-12 TB3020 mají šířku věnce 65 mm a průměr náboje 146 mm. Délka náboje je 52 mm (obr.3).

Hřídel motoru má délku 80 mm, před montáží řemenic proto byly na hřídele motorů osazeny podložky, o průměru 145 mm vysoustružené z 25 mm silného textitu HGW 2082, o které se opírají náboje řemenic. Převodový poměr je 1:1, s úhlem opásání $\beta = 180^\circ$. Drážkové řemeny řady PL mají podle výrobce povolenou maximální pracovní rychlost 40 m/s. Základní para-

metry řemenového převodu jsou uvedeny v tabulce 4.



Obr.3 Drážková řemenice s upínacím pouzdem

Tab.4 Základní parametry řemenového převodu

typ převodu	řemenový
řemen	
typ	drážkový
profil	PL - ISO 9982
počet drážek	12
výpočtová délka řemenu	1 422 mm
osová vzdálenost	397 mm
hnací řemenice	
- typ	PL200-12 TB3020
- upínací pouzdro	TB3020 - 38 mm
- výpočtový průměr	200 mm
- účinný průměr	206 mm
- úhel opásání	180°
- kroučící moment	40,2 Nm
- hmotnost s pouzdem	cca 8,5 kg
hnaná řemenice	
- typ	PL200-12 TB3020
- upínací pouzdro	TB3020 - 38 mm
- výpočtový průměr	200 mm
- účinný průměr	206 mm
- úhel opásání	180°
- kroučící moment	40,2 Nm
- hmotnost s pouzdem	cca 8,5 kg
převodový poměr	1
jmenovité otáčky	950 ot/min
maximální otáčky	2 400 ot/min
přenášený výkon	4 kW
maximální výkon	18 kW
zatížení	střední, s ojedinělými rázy
rychlost řemenu	10,25 m/s při 950 ot/min 25,89 m/s při 2 400 ot/min
ohybová frekvence	14,22 Hz při 950 ot/min 35,93 Hz při 2 400 ot/min
obvodová síla	390,36 N

podle [14]

2.4 Spojovací materiál

Upevnění všech mechanických dílů, včetně při pravené montáži rozvaděče (s výjimkou pojezdových kol) je provedeno šrouby a maticemi jednotné velikosti M12 a jim odpovídajícími

podložkami, dle norem ČSN EN ISO 4762 [16], ČSN EN ISO 7093-1 [17], ČSN EN ISO 4014 [18], ČSN EN ISO 4032 [19] a ČSN 02 1740 [20], pojezdová kola jsou upevněna šrouby M6. Použití jednotné velikosti šroubů vedlo k úspoře času při výrobě základové desky a podložek pod hnací motor a k výraznému zrychlení vrtačích a závitovacích prací, kdy nebylo nutné měnit jednotlivé nástroje. Sestavené soustrojí je na obrázku 4.



Obr.4 Sestavené soustrojí bez rozvaděče

3 PROVOZNÍ ZKOUŠKA MOTOR-GENERÁTOROVÉ JEDNOTKY

Sestavené soustrojí bylo s oběma motory s osazenými řemenicemi zaběhnuto po dobu 50 hodin při sníženém napětí (3×80 V). Postupný nárůst otáček byl známkou toho, že se náplň ložisek rovnoměrně rozprostřela a motory dosáhly i při malém napětí jmenovitých otáček. Další známkou zaběhnutých motorů byla možnost lehce je protočit rukou, zatímco při záběhu byl odpor proti otáčení výrazně větší. Následně byl nasazen drážkový řemen a při sníženém napájecím napětí hnacího motoru bylo nezátížené soustrojí ponecháno v chodu dalších 50 hodin.

Cílem provozní zkoušky bylo ověření možnosti kapacitního nabuzení asynchronního generátoru a změření některých parametrů, potřebných pro optimalizaci finální verze návrhu elektrické části měřicího soustrojí a také ověření chodu soustrojí při maximálních provozních otáčkách.

3.1 Remanentní magnetismus

Magnetický obvod asynchronních strojů vždy tvoří statorové a rotorové svazky vzájemně izolovaných křemíkových plechů. Přestože se jedná o magneticky měkký materiál, zůstává zpravidla v magnetickém obvodu tzv. zbytkový (remanentní) magnetismus. Při mechanickém rotočení stroje magnetická indukce, pocházející z remanentního magnetismu, vybudí ve statorových cívkách napětí. Pro indukované napětí při pohybu vodiče v magnetickém poli (ale také při pohybu magnetického pole kolem vodiče) platí základní rovnice

$$U = Bvl \quad (1)$$

kde je

U - indukované napětí,

B - magnetická indukce,

v - rychlost pohybu vodiče vůči mag. poli,

l - aktivní délka vodiče.

Pro rotující magnetické pole můžeme rovnici (1) upravit do tvaru

$$U = \frac{1}{2} B D l \omega \sin \omega t \quad (2)$$

kde je

U - indukované napětí,

B - magnetická indukce,

D - průměr rotoru stroje,

l - aktivní délka vinutí,

ω - úhlová rychlost,

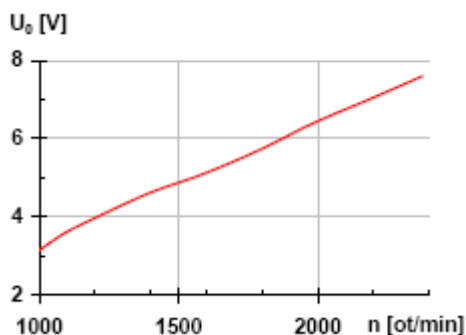
t - čas.

Předpokládáme-li, že magnetická indukce a aktivní délka vodiče jsou konstantní, potom z rovnic (1) a (2) vyplývá, že indukované napětí je lineární funkcí rychlosti.

Tab.5 Napětí indukované remanentním magnetismem

otáčky n [ot/min]	indukované napětí U_0 [V]
1 000	3,15
1 095	3,60
1 194	3,95
1 392	4,60
1 589	5,10
1 787	5,70
1 985	6,40
2 183	7,00
2 376	7,60

Indukované napětí jsme měřili v nadsynchronních otáčkách (otáčky pro frekvenci 50 Hz považujeme za synchronní teoretickou hodnotu, tj. 1 000 ot/min pro šestipólový stroj). Výsledky měření jsou uvedeny v tab.5 a v grafu na obr.5.



Obr.5 Závislost indukovaného napětí na otáčkách (remanentní magnetismus)

3.2 Magnetizační proud

Další měření stanovila příkon naprázdno, který reprezentuje tzv. ztráty v železe a ztráty v mědi, ztráty mechanického výkonu v ložiskách a výkon, který spotřebovává ventilátor pro chlazení stroje. Považujeme za vhodné připomenout, že výkon odebíraný ventilátorem roste s třetí mocninou otáček, což lze odvodit ze základních rovnic aerodynamického odporu a mechanického výkonu

$$F_a = \frac{1}{2} \rho c S v^2 \quad (3)$$

$$P_a = F_a v = \frac{1}{2} \rho c S v^3 \quad (4)$$

kde je

F_a - aerodynamická síla,

ρ - měrná hmotnost vzduchu,

c - aerodynamický součinitel odporu,

S - čelní plocha ve směru proudění,

v - rychlost vzduchu,

P_a - výkon.

Protože vrtule ventilátoru chlazení mají obvykle proměnný profil její potřeba vzít v úvahu závislost na vzdálenosti od osy nejen u odporové plochy $cS(r)$, ale i změnu rychlosti ωr . Za předpokladu konstantní hustoty vzduchu lze pro výkon ventilátoru podle rovnice (4) odvodit zjednodušenou rovnici

$$P_a = \frac{1}{2} \rho n \int_0^r (cS(r)) \omega^3 r^3 dr \quad (5)$$

kde je

ω - úhlová rychlost,

r - vzdálenost od osy,

n - počet lopatek ventilátoru.

V praxi je výpočet výkonu ventilátoru mnohem složitější.

Pro 3kW motor, který je na pozici asynchronního generátoru byl při jmenovitých otáčkách naměřen příkon naprázdno 160 W a zdánlivý příkon 2 700 VA. Magnetizační proud byl změřen po dosažení synchronních otáček, kdy byly mechanické ztráty kryty hnacím motorem a činný příkon klesl téměř na nulu. Při jmenovitém napětí 400 V byl magnetizační proud $I_\mu = 4,1$ A.

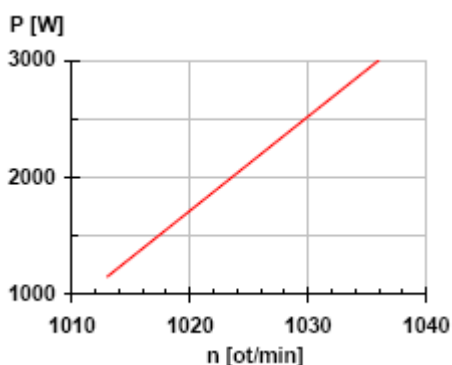
Změřené parametry budou použity pro výpočet a konstrukci rozvaděče a budících kondenzátorových baterií.

3.3 Generátor na synchronní síti

Na závěr provozní zkoušky byl generátor přifázován k rozvodné síti a byly změřeny otáčky a výkon dodávaný do sítě. Připojení k tzv. tvrdé síti dodá generátoru magnetizační proud a v nadsynchronních otáčkách přejde asynchronní stroj z motorického do generátorického režimu. Pracovní napětí 3×400 V bylo nastaveno trojfázovým regulačním transformátorem (v napájecí síti laboratoří je trvalé přepětí 419-426 V, tj. kolem +5 %). Generátor byl postupně zatěžován až na plný činný výkon 3 kW. Výsledky měření jsou uvedeny v tab.6 a v grafu na obr.6.

Tab.6 Výkon do synchronní sítě v závislosti na otáčkách

otáčky n [ot/min]	výkon P [W]
1 013	1 150
1 024	2 080
1 033	2 760
1 036	3 000



Obr.5 Závislost výkonu do synchronní sítě na otáčkách

4 MOŽNOSTI DIDAKTICKÉHO VYUŽITÍ MĚŘICÍHO SOUSTROJÍ MIMO ELEKTROTECHNICKÉ OBORY

Přestože má původní projekt specifického výzkumu čistě elektrotechnický charakter, zvolená koncepce umožňuje v praxi mnohem širší využití. Katedra technických předmětů připravuje budoucí učitele základních a středních škol zejména v oborech strojírenství a elektrotechnika. A právě zvolená koncepce převodu mezi oběma stroji výrazně rozšiřuje interdisciplinární vazby mezi strojírenskými a elektrotechnickými předměty.

Moderní konstrukce převodů jednak usnadňuje montáž jednotlivých dílů a omezuje zakázkovou výrobu jednoúčelových součástí. Moderní řemenice a ozubená kola s upínacími pouzdry umožňují snadnou výměnu a v případě potřeby snadnou změnu převodového poměru. Studenti tak poznají, že i průmyslová výroba dospěla k jisté univerzálnosti konstrukčních prvků, což má dopad i na ekonomiku výroby.

Do budoucna je tak možné soustrojí opatřit sadami různých řemenových a řetězových převodů s různými převodovými poměry i různými konstrukčním řešením (ploché řemeny kožené, vinylové, polyuretanové, polyamidové, pryžové, standardní klínové řemeny, úzké klínové řemeny, vícenásobné klínové řemeny, ozubené řemeny, řetězové převody s jednořadovými i víceřadovými řetězy, atd.). Velkou variabilitu použitelných převodů podporuje i instalovaná napívací deska IEC132S, umožňující změnu osové vzdálenosti strojů v rozsahu až ± 80 mm od výchozí střední polohy.

Multidisciplinární vazby tak dostanou praktickou aplikaci, kterou KTP podporuje již řadu let a výuka se tak dále přiblíží komerční i průmyslové praxi. To považujeme za nesmírně důležité už z toho důvodu, že řada našich absolventů působí na technických pozicích mimo oblast školství. I když je měřicí soustrojí primárně určeno ke zkoumání vlastností asynchronního generátoru při provozu v ostrovní síti, může být tento výukový prostředek provázán s materiálovou technologií, strojními součástmi, technickou grafikou a prací s normami, měřením v technice a dalšími předměty.

Nezanedbatelnou částí komplexního pojetí výuky je i ekonomická stránka převodových mechanismů. Finanční náklady na pořízení řemenic nebo ozubených kol s upínacími pouzdry jsou vysoké. Stejně tak ceny řemenů (obzvláště drážkových a ozubených) a řetězů. Jen pro příklad, řemenový převod pro naše soustrojí byl dražší než oba motory.

V praktických laboratorních cvičeních pak studenti mohou měřit např. výkonové ztráty převodů, oteplení řemenů při chodu naprázdno a při zatížení, vliv použitého převodu a otáček na hluk soustrojí, atd. Naučí se ale i správnému postupu při montáži a demontáži řemenic a ozubených kol s upínacími pouzdry, stejně jako správnému postupu při nasazování a snímání řemenů a řetězů. Záměrně jsme zde neuvedli měření elektrická, kterým bude věnována samostatná kapitola. Z tohoto pohledu dává námi navržené soustrojí v komplexně pojaté výuce technických předmětů více možností, než klasické dynamometrické soustrojí pro měření točivých strojů.

Naším cílem není konkurovat technickým univerzitám a jejich laboratorům, ale poskytnout studentům učitelství technických předmětů pomůcku, která nebude jen laboratorní "hračkou", ale bude mít charakter a vlastnosti reálného zařízení. Vzhledem k tomu, že měřicí soustrojí je silové energetické zařízení, nelze v žádném případě podceňovat rizika vyplývající z jeho provozu. Jednak riziko úrazu elektrickým proudem, protože na napájecí i výstupní straně pracujeme s napětím 400-690 V při proudech až 12 A, jednak riziko úrazu u řemenového převodu při chodu soustrojí. Samozřejmostí je tedy důkladné proškolení studentů před začátkem prací v elektrotechnické laboratoři, důsledné dodržování pro-

vozního řádu elektrotechnické laboratoře a práce studentů výhradně pod dozorem.

ZÁVĚR K PRVNÍ ČÁSTI

Obnovitelné zdroje energie zahrnují široké spektrum energetických jednotek. Přestože módním trendem a též dotacemi podporovanými systémy jsou především fotovoltaické a větrné elektrárny, disponuje Česká republika velkým energetickým potenciálem v oblasti malých vodních elektráren, které kdysi bývaly i na malých tocích. Každý vodní mlýn měl vlastní dynamo nebo alternátor pro výrobu elektrické energie a napájení osvětlení ve mlýně i v bytě mlýnáře. Stejně, jako se dnes mezi vodní motory vracejí vodní kola (není pravda, že jejich účinnost je malá [21]), tak se i znovu objevené energetické mikrozdroje, určené pro napájení lokálních sítí a pracující v ostrovním režimu stávají skutečností.

Předmět obnovitelné zdroje energie a jejich aplikace je zaměřen především právě na energetické mikrozdroje a jejich využití v tzv. ostrovních (izolovaných) rozvodných soustavách. Katedra technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové se dlouhodobě snaží přinášet studentům učitelství konkrétní praktické příklady aplikace moderních i neprávem opomíjených a dnes znovu objevovaných technických řešení do každodenní praxe. Pozitivní je skutečnost, že roste počet studentů, kteří se zapojují do řešení vědecko-výzkumných úkolů katedry, které jsou směřovány právě k rozšiřování praktických ukázek ve výuce a v laboratorních cvičeních.

Článek vznikl s podporou projektu specifického výzkumu SV PdF 2132/2015 Stabilita parametrů asynchronního generátoru jako energetického mikrozdroje v ostrovním režimu

Použité zdroje

- [1] STUDIO ZPRAVODAJSKÉHO FILMU. *Malá cestovní hydrocentrála*. Československý filmový týdeník, F1053/1965.
- [2] VÚES Brno. *Zkušební pracoviště Dynofit Basic*. Brno. VÚES. 2015. Informační list.
- [3] NOVOTNÝ, V. *Generátory synchronní s permanentními magnety - GSP*. Vsetín. TES. 2012. Informační list.
- [4] VÚES Brno. *Synchronní generátory s permanentními magnety - typ PMG*. Brno. VÚES. 2015. Informační list.
- [5] KINNUNEN, J. et al. *Analysis of directly network connected non-salient pole permanent magnet synchronous machines*. Montréal. Lappeenranta University of Technology. 2006. IEEE 2006. s.2217-2222. ISBN 1-4244-0496-7.
- [6] HORNÍK, V. *Problematika provozu asynchronních generátorů malých vodních elektráren v praxi a možnosti jejich využití pro napájení ostrovních sítí*. Brno. VUT. 2013. Diplomová práce.
- [7] DUŠEK, J. *Speciální asynchronní motor jako zdroj elektrické energie*. Brno. VUT. 2008. Bakalářská práce.
- [8] HUDÁK, O. *Laboratorní soustrojí s asynchronním a stejnosměrným motorem*. Brno. VUT. 2012. Diplomová práce.
- [9] CHROBÁK, P. *Možnosti přímého připojení synchronního generátoru s permanentními magnety na síť*. Brno. VUT. 2011. Bakalářská práce.
- [10] SEIML, J. *Paralelní spolupráce synchronního a asynchronního generátoru v ostrovním režimu*. Brno. VUT. 2014. Bakalářská práce.
- [11] LÁNIČEK, T. *Asynchronní generátor v izolované (ostrovní) síti*. Brno. VUT. 2004. Diplomová práce.
- [12] ARCO technik. *Technické údaje elektroizolantů typu "tvrzený papír" - "tvrzená textilní tkanina"*. Praha. ARCO technik. 2012.
- [13] KROLIK, M. *Trójfazowe silniki indukcyjne z wirnikiem klatkowym o wysokiej sprawności wielkości mechanicznej 90÷180 klasy IE2*. Bielsko-Biala. Fabryka maszyn elektrycznych Indukta s.a. 2012. KK-32-01, ed.8.
- [14] ISO 9982. *Belt drives. Pulleys and V-ribbed belts for industrial applications. PH, PJ, PK, PL and PM profiles. Dimensions*. Geneva. International Organization for Standardization. 1998.
- [15] CONTINENTAL POWER - CONTITECH. *Transmission Designer 7.2*. Hannover. ContiTech Antriebssysteme GmbH. 2012.
- [16] ČSN EN ISO 4762. *Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem*. Praha, ČNI. 2004.
- [17] ČSN EN ISO 7093-1. *Ploché kruhové podložky - Velká řada - Část 1: Výrobní třídy A*. Praha, ČNI. 2001.
- [18] ČSN EN ISO 4014. *Šrouby se šestihrannou hlavou - Výrobní třídy A a B*. Praha, ÚNMZ. 2011.
- [19] ČSN EN ISO 4032. *Šestihranné matice (typ 1) - Výrobní třídy A a B*. Praha, ÚNMZ. 2014.
- [20] ČSN 02 1740. *Pružné podložky s čtvercovým průřezem*. Praha, ČNI. 1971.
- [21] ENERGETIKA.CZ. *Vodní motory*. [on-line]. [cit.2015-08-12]. Praha. Ekowat. 2010.

Kontaktní adresy

doc. dr. René Drtina. Ph.D.
doc. Ing. Jaroslav Lokvenc, CSc.
Bc. Jan Škoda

Katedra technických předmětů
Pedagogická fakulta
Univerzita Hradec Králové
Rokitanského 62
500 03 Hradec Králové

e-mail: rene.drtina@uhk.cz

Nezávislé recenze pro vydání Media4u Magazine 3/2015 zpracovali:

prof. PhDr. Libor Pavera, CSc.
doc. PhDr. Jiří Dvořáček, CSc.
doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
doc. PaedDr. Dana Kričfaluší, CSc.
doc. PhDr. Libuše Podlahová, Dr.
doc. Ing. PhDr. Lucie Severová, Ph.D.
doc. PhDr. Jan Trnka, CSc.
doc. Ing. Lenka Turnerová, CSc.
doc. Ing. Eva Wagnerová, CSc.

Ing. Lucia Krištofiaková, Ph.D.
Mgr. Václav Maněna, Ph.D.
PhDr. Iva Švábíková, Ph.D.
Ing. Eva Tóblová, Ph.D.
Mgr. Jitka Tomková, Ph.D.
Mgr. Irina Hafijčuková
Ing. Miloš Sobek
Ing. Jan Šíba
Ing. Jiří Vávra

Redakční rada děkuje všem recenzentům za ochotu a za čas, který věnovali zpracování recenzních posudků.

Vydáno v Praze dne 15. 9. 2015, šéfredaktor - Ing. Jan Chromý, Ph.D., zástupce šéfredaktora - doc. dr. René Drtina, Ph.D.
Korektura anglických textů - doc. PhDr. Ivana Simonová, Ph.D., sazba a grafická úprava - doc. dr. René Drtina, Ph.D.

Redakční rada:

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.
prof. Ing. Ján Bajtoš, CSc., Ph.D.
prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.
prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.
prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
prof. Valentina Ilganayeva, DrSc.
prof. nadzw. dr hab. Mariusz Jędrzejko
prof. Ing. Jiří Jindra, CSc.
prof. Dr. hab. Mirosław Kowalski
prof. Dr. hab. Ing. Kazimierz Rutkowski
prof. PhDr. Ing. Ivan Turek, CSc.

doc. Ing. Marie Dohnalová, CSc.
doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.
doc. Sergej Ivanov, CSc.
doc. Ing. Vladimír Jehlička, CSc.
doc. Ing. Pavel Krpálek, CSc.
doc. PaedDr. Martina Maněnová, Ph.D.
doc. Ing. Štěpán Müller, CSc., MBA
doc. PaedDr. Jiří Nikl, CSc.
doc. PhDr. Ivana Šimonová, Ph.D.

Mgr. Anica Djokič, MBA
PaedDr. PhDr. Jiří Dostál, Ph.D.
Donna Dvorak, M.A.
PhDr. Marta Chromá, Ph.D.
Ing. Jan Chromý, Ph.D.
Mgr. Ing. Olga Jurášková, Ph.D.
Ing. Katarína Krpálková-Krelová, Ph.D.
Mgr. Liubov Ryashko, kandidát nauk
Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D.
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.
PhDr. Jan Závodný Pospíšil, Ph.D.

**URL: <http://www.media4u.cz>
Spojení: prispevky@media4u.cz**



S odbornou podporou mezinárodního kolegia vysokoškolských pedagogů vydává Ing. Jan Chromý, Ph.D., Praha.

12. ročník

4/2015

Media4u Magazine

ISSN 1214-9187 Čtvrtletní časopis pro podporu vzdělávání

The Quarterly Journal for Education * Квартальный журнал для образования

Časopis je archivován Národní knihovnou České republiky

Časopis je na seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik, který vydává Rada pro výzkum, vývoj a inovace ČR

NA ÚVOD

INTRODUCTORY NOTE

Každoroční bilancování nás opravňuje k určité spokojenosti s dosahováním vytyčených postupných cílů. Náš časopis je zařazen:

- do databáze ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences),
- na Seznam recenzovaných neimpaktovaných periodik, který vydává Rada pro výzkum, vývoj a inovace ČR,
- v databázi EBSCO Publishing do sekce Education Research Index Family,
- v databázi Polska Bibliografia Naukowa - Polish Scholarly Bibliography.

Časopis jako mediální partner dlouhodobě podporuje pořádání vybraných mezinárodních vědeckých konferencí:

- Média a vzdělávání - Media and Education
- Modernizace vysokoškolské výuky technických předmětů.

Redakční rada přesto plánuje další vývoj časopisu směrem ke stabilní mezinárodní kvalitě a tomu odpovídajícímu zařazení časopisu do kvalitních mezinárodních databází.

Na jaro 2016 je připravována konference Ekonomické a jiné znalosti v kontextu mezinárodní transformace sociálních činností, řízení a komunikace ve spolupráci Katedry technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové a Katedry UNESCO "Filozofie lidské komunikace" Charkovské národní technické zemědělské univerzity Petra Vasylenka, které spolupracují na mezinárodním výzkumném projektu.

Redakční rada děkuje celému letošnímu kolegiu nezávislých recenzentů za jejich obětavou práci a podporu časopisu.

Kolegium externích recenzentů časopisu v roce 2015:

prof. Ing. Bohumil Král, CSc.
prof. PhDr. Eva Malá, CSc.
prof. PhDr. Libor Pavera, CSc.
prof. dr hab. Dariusz Rott
prof. PhDr. Alena Vališová, CSc.
doc. PhDr. Dana Dobrovská, CSc.
doc. PhDr. Jiří Dvořáček, CSc.
doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
doc. PhDr. Alena Kajanová, Ph.D.
doc. Ing. Vratislav Kozák, Ph.D.
doc. PaedDr. Dana Kričfaluši, CSc.
doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.
doc. PhDr. Libuše Podlahová, Dr.
doc. Ing. Miloslav Rotport, CSc.
doc. Ing. PhDr. Lucie Severová, Ph.D.
doc. PhDr. Jan Trnka, CSc.
doc. Ing. Lenka Turnerová, CSc.
doc. Ing. Eva Wagnerová, CSc.
Mgr. Martin Bastl, Ph.D.
Ing. Kateřina Berková, Ph.D.
Ing. Marie Fišerová, Ph.D.
Ing. Lucia Krištofiaková, Ph.D.
PhDr. Jan Lavrinčík, Ph.D.
Ing. Markéta Lexová, Ph.D.
Mgr. Václav Maněna, Ph.D.
PhDr. Jitka Petrová, Ph.D.
PhDr. Iva Švábíková, Ph.D.
Ing. Eva Tóblová, Ph.D.
Mgr. Jitka Tomková, Ph.D.
Ing. Oldřich Tureček, Ph.D.
Ing. Marie Urbanová, Ph.D.
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.

Pavel Cyrus

**Rozebírání klíčových aspektů ovlivňujících potenciální uchazeče o studium oboru
Učitelství technických předmětů pro základní školy**

*Analysis of the Key Aspects Influencing Potential Applicants for Study in Teaching
Technical Subjects for Primary Schools*

Zuzana Chmelářová

Podpora tvorivosti ve vyučovací procese

Support to Creativity in Education

Josef Smolík

Etika výzkumu v sociálních vědách

Ethics of research in Social Sciences

Peter Polakovič - Rozmarína Dubovská

**Teoretické východiská k problematice ICT gramotnosti v základnom školskom
vzdelávaní**

Theoretical Approaches to ICT Literacy in Primary School Education

Radim Špilka

Převrácená třída

Pedagogický experiment na ZŠ

Flipped Classroom

The Pedagogical Experiment on the Primary School Level

Blanka Klímová - Petra Poulová - Andrea Vokálová

Pedagogické principy implementace sociálních sítí ve školách

Pedagogical Principles of the Implementation of Social Networks at Schools

Katarína Krpáľková Krelová

Možnosti využitia simulácie v príprave budúcich učiteľov

Possibilities of Using Simulation in Pre-service Teacher Training

Ondřej Kořínek

Modelování a simulace v objektově orientovaném programování

Modeling and Simulation in Object Oriented Programming

Ivana Šimonová

Mobilní elektronická zařízení ve výuce odborného anglického jazyka

Mobile Devices for ESP Teaching and Learning

Tomáš Sadílek

Analýza úrovně jazykových kompetencí studentů technické univerzity

Analysis of the Language Competence Level of Technical University Students

Andrea Berková

Počítačové hodnocení matematických znalostí studentů ve výuce matematické analýzy

*Computer-Aided Assessment of Students' mathematical Knowledge in the Subject of
Mathematical Analysis*

Kateřina Berková

**Analýza efektů z výuky účetnictví na obchodních akademiích při využití postupné
gradace úloh**

*The Analysis of Accounting Teaching Effects Resulting from Usage of Progressive Tasks
Gradation at Business Academies*

Pavel Krpálek

**Podpora rozvoje podnikavosti ve výuce podnikové ekonomiky
Případová studie z pedagogické praxe VŠO v Praze, o.p.s.**

*Support for the Development of Entrepreneurship in the Education Business Economics
Case Study of Teaching Practice on the University of Business in Prague*

Jaromír Novák

**Komparácia učebníc účtovníctva pre obchodné akadémie v Slovenskej republike
a Českej republike**

*Comparison of Textbooks on Accountancy for Business Academies in the Slovak Republic
and the Czech Republic*

Alena Králová

Příprava učitelů pro výuku fiktivních firem a Junior Achievement firem

Preparation of teachers for the fictive firms and the Junior Achievement firms education

Lucie Sára Závodná - Martina Konečná

Vnímání e-knihy jako nového médium na trhu

Perception of e-Book as a New Medium in the Market

Jan Závodný Pospíšil - Lucie Kašparová

Skrytá reklama v časopisech pro ženy

Hidden advertising in women's magazines

Oldřich Tureček - Pavel Fejfar - René Drtina

**Využití výsledků výzkumu a vývoje ve výuce. Část 5: Vliv směrových charakteristik
mikrofonní dvojice MD441 na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS**

Use Of Research And Development In The Teaching

*Part 5: Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the
Measured of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS*

Jaroslav Lokvenc - Jan Škoda - René Drtina

**Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích
Část 2: Koncepce rozvaděče měřicího soustrojí**

*Teaching Support for Course Renewable Energy Sources in the Electrotechnical
Laboratories*

Part 2: The Concept of a Electric Switchboard for the Measuring Machine Sets

Martina Fasnerová

**Kvantitativní znak jednotažného lineárního písma žáků základních škol
jako jedna z měřitelných kategorií**

*Quantitative Trait of Joined-up Linear Handwriting by Primary School Pupils
as One of the Measurable Categories*

Jaroslav Lokvenc - Jan Škoda - René Drtina

Katedra technických předmětů, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové
Department of Technical subjects, Faculty of Education, University of Hradec Kralove

Abstrakt: Podporu technického vzdělávání lze jen velmi obtížně realizovat pouze na teoretické bázi. Máme-li vzbudit zájem studentů o techniku a její aplikaci do praxe, je nezbytné podpořit teoretickou výuku rozsáhlými praktickými činnostmi. V elektrotechnických laboratořích katedry technických předmětů vzniklo modelové soustrojí energetického mikrozdroje s asynchronním generátorem. Druhá část je věnována koncepci rozvaděčové jednotky laboratorního soustrojí.

Abstract: Promotion of technical education can be very difficult to implement only on a theoretical basis. If we are to arouse students' interest in technical solutions and the application in practice, it is necessary to promote extensive practical education activities. In the laboratories of electrical engineering of the department of technical subjects a model machine sets of micro energy sources with the asynchronous generator was created. The second part deals with the concept of the switchboard measuring the machine sets.

Klíčová slova: mikrozdroj, obnovitelné zdroje, asynchronní generátor, ostrovní režim, energetika.

Keywords: micro source, renewable sources, asynchronous generator, insular mode, energy.

ÚVOD K DRUHÉ ČÁSTI

V závěru první části [1] jsme uvedli, že považujeme za velice pozitivní skutečnost rostoucí počet studentů, kteří se zapojují do řešení vědecko-výzkumných úkolů katedry, zejména do projektů specifického výzkumu, které mohou studenti řešit samostatně, ale pod vedením akademických pracovníků. Při zpracování diplomové práce mohou následně s výhodou použít výsledky získané při řešení projektu specifického výzkumu. Konkrétním příkladem je také diplomová práce Bc. Jana Škody Asynchronní generátory v praxi. Součástí diplomové práce je řešení projektu specifického výzkumu SV PdF 2132/2015 Stabilita parametrů asynchronního generátoru jako energetického mikrozdroje v ostrovním režimu. Řešením projektu tak vzniká největší a nejvýkonnější modelové zařízení, které kdy bylo v elektrotechnických laboratořích Katedry technických předmětů doposud postaveno a které má technické parametry odpovídající reálné praxi.

1 KONCEPCE ELEKTRICKÉ VÝZBROJE MĚŘICÍHO SOUSTROJÍ

Elektrickou instalaci měřicího soustrojí můžeme rozdělit do dvou na sobě nezávislých okruhů - na elektrickou instalaci hnacího stroje a na elektrickou instalaci zdrojové části - asynchronního generátoru. Elektrická instalace měřicího soustrojí musí splňovat řadu požadavků.

V první řadě to jsou požadavky bezpečnosti, tedy ochrana před úrazem elektrickým proudem podle ČSN 33 2000-4-41 [2] a ČSN 33 2000-4-43 [3]. Oba okruhy jsou galvanicky oddělené, v základním zapojení jsou kostry obou strojů připojeny na společné uzemnění, přičemž v případě potřeby lze v rozvaděči rozpojit uzemnění pohonu a generátoru a nezávisle uzemnit generátorový okruh nebo ho nechat na volném potenciálu (tzv. ground lift).

Další požadavky vyplývají z vlastního využití soustrojí pro měřicí účely a z možností měřicích úloh. Soustrojí má vlastní rozvaděč, který jednak zajistí nezávislý provoz s plným místním ovlá-

dáním, a jednak umožní připojit k soustrojí libovolné externí jednotky.

Principy návrhu a řešení elektrických obvodů měřicího soustrojí budou pak využívány při výuce elektrotechnických předmětů, a to zejména v předmětech Průmyslová elektrotechnika a Elektrotechnické laboratoře, při návrhu schémat zapojení, návrhu a výpočtu jistění, dimenzování vodičů, při tvorbě spínacích schémat a při konstrukčním návrhu radičů a vačkových spínačů.

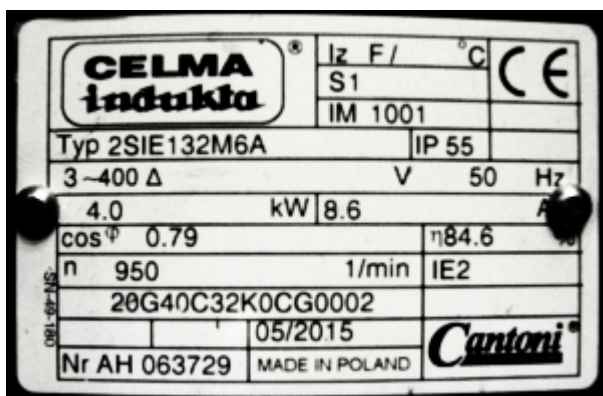
2 OKRUH HNACÍ JEDNOTKY

Pohon měřicího soustrojí tvoří šestipólový asynchronní elektromotor Celma-Indukta, typ 2SIE-132M6A o výkonu 4 kW. Základní parametry motoru jsou uvedeny v tabulce 1, typový štítek je na obrázku 1.

Tab.1 Základní parametry hnacího motoru

typ	2SIE132M6A
jmenovité napětí	400/690 V
standardní zapojení vinutí	D/400 V
jmenovitý výkon	4 kW
jmenovitý proud při 400 V	8,6 A
proud nakrátko při 400 V	58,5 A
účinnost	85 %
účinník (cos φ)	0,81
jmenovité otáčky pro 50 Hz	950 ot/min
synchronní otáčky pro 50 Hz	1 000 ot/min
maximální přípustné otáčky	2 400 ot/min

podle [4]



Obr.1 Typový štítek hnacího motoru

Napájení měřicího soustrojí je primárně navrženo ze sítě TN-S 3+PE+N 3 × 230/400 V - 50 Hz. Lze použít i napájení ze sítě TN-C, TN-C-S nebo TT. Napájení ze sítě IT je možné v případě, že je provedena jako pětivodičová.

2.1 Hlavní vypínač

Volba provozního režimu hnací části se provádí hlavním vypínačem soustrojí. Pětipolohový zákaznický radič Obzor typ VSR20-1805-C8, s polohami označenými P-F-0-Y-D umožňuje následující typy připojení a provozu:

0 - vypnuto.

Y - zapojení vinutí hnacího motoru do hvězdy, při připojení k normální síti rozběh a chod soustrojí se třetinovým výkonem a měkčí momentovou charakteristikou.

D - zapojení vinutí hnacího motoru do trojúhelníku, při připojení k normální síti chod soustrojí s plným výkonem v podsynchronních (jmenovitých) otáčkách se standardní momentovou charakteristikou. Poloha D se použije také při napájení hnacího motoru ze zvláštní externí jednotky, kdy může být pomocí reostatu, regulačních tlumivek, regulačního autotransformátoru nebo externího měniče měněna momentová charakteristika motoru, otáčky a výkon soustrojí.

F - *frequency control* - vinutí hnacího motoru je zapojeno do trojúhelníku a připojeno na výstup frekvenčního měniče v rozvaděči soustrojí. Měnič je odpojen od sítě.

P - *power* - frekvenční měnič s připojeným motorem je připojen k síti a řídí rozběh, otáčky, kompenzaci skluzu, momentové charakteristiky, přetížitelnost pohonu, výkon, atd.

Posloupnost spínání od střední nulové polohy je 0→Y→D a 0→F→P. Pevné řazení poloh brání nežádoucím spínacím režimům, jako například připojení hnacího motoru k síti přímo na plný výkon, odpojení motoru od měniče pod napětím, spojení výstupních svorek měniče se sítí, atd. Prakticky se tak eliminují nebezpečné poruchové nebo dokonce destruktivní stavy, zaviněné lidským faktorem, tj. nesprávnou obsluhou zařízení.

2.2 Frekvenční měnič

Řídícím prvkem hnací části soustrojí, při provozu v autonomním režimu, je frekvenční měnič Hitachi řady WJ200, typ 040HFE (obr.2).

Měniče řady WJ200 jsou kompaktní vektorové měniče, určené pro tzv. malé pohony až do výkonu 15 kW. Mají zdokonalené vektorové řízení výstupního proudu bez zpětné vazby, umožňující

ňují vektorové momentové řízení s otevřenou smyčkou s počátečním zvýšením momentu motoru až na 200 % jmenovité hodnoty, a to již od frekvence 0,5 Hz, a dvojitý typování pro konstantní a kvadratický moment. Pro komunikaci s počítačem je určen vstup USB. Měnič splňuje standardy CE a RoHS. Základní parametry měniče jsou uvedeny v tabulce 2.



Obr.2 Frekvenční měnič Hitachi WJ200-040HFE

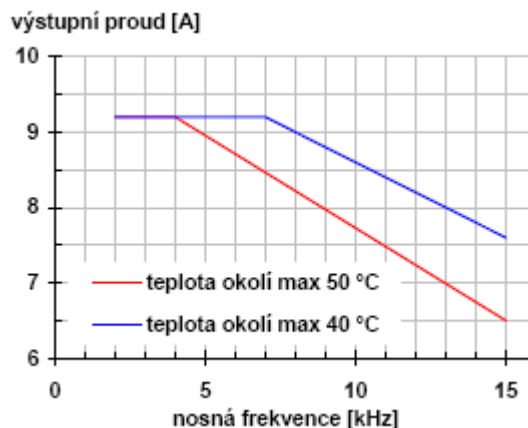
Tab.2 Základní parametry frekvenčního měniče Hitachi WJ200-040HFE

jmenovité vstupní napětí	400 V
přípustné vstupní napětí	345-480 V
požadované jištění	15 A
jmenovité výstupní napětí	400 V
maximální výkon motoru	
- konstantní točivý moment	4,0 kW
- proměnný točivý moment	5,5 kW
jmenovitý výstupní proud	
- konstantní točivý moment	9,2 A
- proměnný točivý moment	11,1 A
výstupní frekvence	0,1-1 000 Hz
krok nastavení frekvence	0,01 Hz
nosná frekvence	2-15 kHz
řízení	sinusová pulzní modulace PWM

podle [5]

Frekvenční měnič umožňuje nastavit dobu rozběhu a doběhu v rozmezí od 10 ms do 1 hodiny. Tvary náběhových a doběhových charakteristik lze volit mezi jednostupňovou a dvoustupňovou lineární náběhovou rampou (otáčky rostou nebo klesají lineárně s časem) nebo tzv. S-křivkou. Ta se používá zejména u výtahových strojů, kdy se po velmi pozvolném počátečním rozběhu v krátkém čase dosáhne téměř provozních otáček. Následně je s menším zrychlením dosaženo požadovaných provozních otáček.

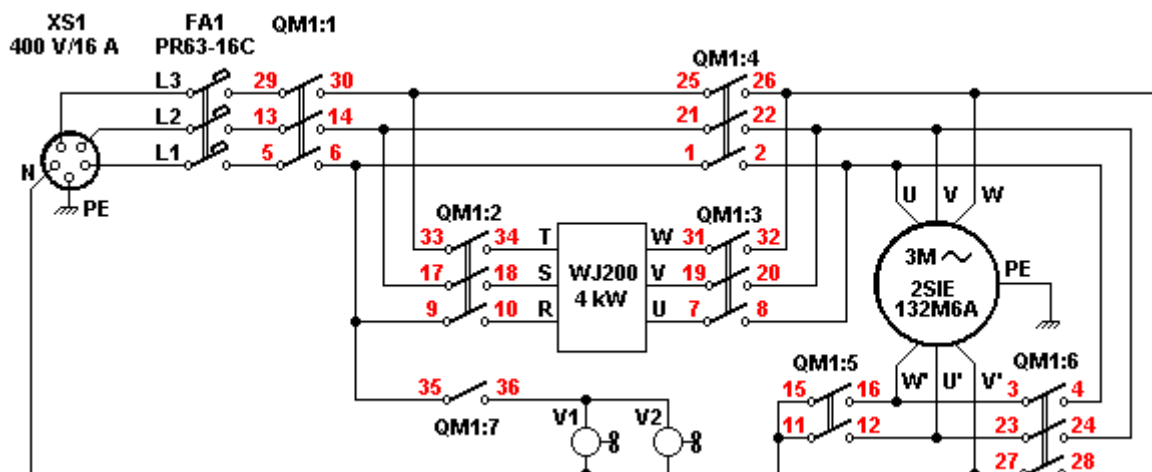
V závislosti na teplotě okolí výrobce předepisuje omezit výstupní proud měniče podle zvolené nosné frekvence (obr.2) [5]. Doporučená nosná frekvence pro těžké pohony se šestipólovými stroji je 2 kHz, podle charakteristik v grafu na obr.3 není tedy nutné omezovat výstupní proud měniče v závislosti na nosné frekvenci.



Obr.3 Omezení výstupního proudu měniče v závislosti na teplotě okolí (charakteristiky pro těžké pohony)

2.3 Schéma zapojení hnací jednotky

Schéma zapojení hnací jednotky je na obr.4. Napájecí napětí se do rozvaděče soustrojí přivádí pětipólovou přívodkou MN-1408 (XS1), 400 V/16 A/6 h, dle ČSN EN 60309-1 [6]. Jištění pohonu soustrojí je provedeno trojpolovým jističem (FA1) PR63-16C dle ČSN EN 60947-2 [7].



Obr.4 Schéma zapojení hnací jednotky

Devítipatrový zákaznický vačkový spínač Obzor VSR20-18004009-C8 s funkcí hlavního vypínače a radiče provozních funkcí soustrojí je rozdělen do sedmi sekcí. Funkční význam sekcí uvádí v přehledu tabulka 3.

Tab.3 Funkční význam sekcí hlavního vypínače

sekcce	kontakty	význam
QM1:1	5-6 13-14 29-30	hlavní vypínač soustrojí
QM1:2	9-10 17-18 33-34	napájení frekvenčního měniče
QM1:3	7-8 19-20 31-32	připojení výstupu frekvenčního měniče k hnacímu motoru
QM1:4	1-2 21-22 25-26	připojení hnacího motoru k napájecí síti
QM1:5	11-12 15-16	spojení vinutí hnacího motoru do hvězdy (rozběh soustrojí)
QM1:6	3-4 23-24 27-28	spojení vinutí hnacího motoru do trojúhelníku (plný výkon)
QM1:7	35-36	spínání ventilátorů v rozvaděči

V jednotlivých polohách (viz kapitola 2.1) potom sekce spínají podle následující tabulky (tab.4).

Tab.4 Funkční význam sekcí hlavního vypínače

poloha	význam	sepnuté sekce
0	vypnuto	-
Y	spojení vinutí hnacího motoru do hvězdy (rozběh soustrojí)	QM1:1 QM1:4 QM1:5 QM1:7
D	spojení vinutí hnacího motoru do trojúhelníku (plný výkon)	QM1:1 QM1:4 QM1:6 QM1:7
F	připojení výstupu frekvenčního měniče k hnacímu motoru	QM1:3 QM1:6
P	zapnuto napájení frekvenčního měniče, chod soustrojí řízen z panelu měniče	QM1:1 QM1:2 QM1:3 QM1:6 QM1:7

Poznámka:
Popis spínacích schémat a principů jejich tvorby je uveden v didaktické části, v kapitole 4.

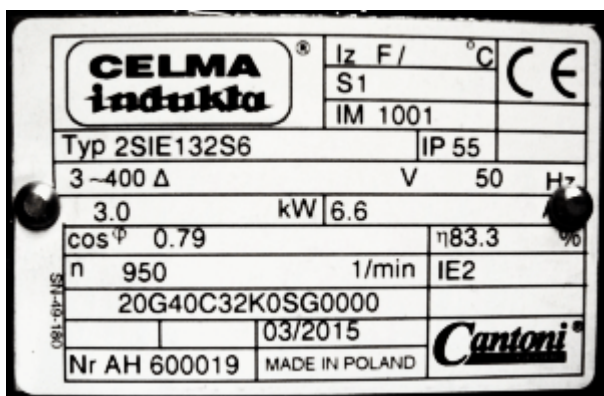
3 OKRUH GENERÁTORU

Měřicí soustrojí je osazeno asynchronním generátorem, kterým je šestipólový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko, Celma-Indukta, typ 2SIE-132S6 o výkonu 3 kW. Základní parametry motoru (generátoru) jsou uvedeny v tabulce 5, typový štítek generátoru je na obrázku 5.

Tab.5 Základní parametry generátoru

typ	2SIE132S6
jmenovité napětí	400/690 V
standardní zapojení vinutí	D/400 V
jmenovitý výkon	3 kW
jmenovitý proud při 400 V	6,6 A
proud nakrátko při 400 V	36,3 A
magnetizační proud při 400 V	4,1 A
účinnost	83 %
účinník (cos φ)	0,79
jmenovité otáčky pro 50 Hz	950 ot/min
synchronní otáčky pro 50 Hz	1 000 ot/min
maximální přípustné otáčky	2 400 ot/min

podle [8]



Obr.5 Typový štítek asynchronního generátoru

Koncepce elektrických obvodů generátoru plně odpovídá laboratornímu charakteru soustrojí a požadované variabilitě provozních režimů. Výstupy generátoru odpovídají izolované síti IT. Standardně je uzemněna pouze kostra generátoru. V případě potřeby je možné uzemnění generátoru v rozvaděči rozpojit a generátorový okruh uzemnit nezávisle nebo ho nechat na volném potenciálu (tzv. ground lift).

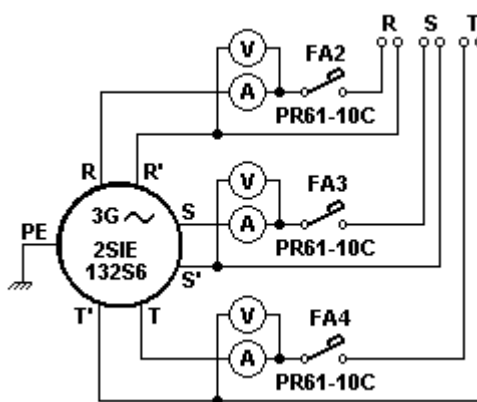
Generátor může pracovat ve čtyřech základních režimech:

- G1** - vinutí generátoru jsou vyvedena samostatně, s možností připojení externích prvků nezávisle do jednotlivých fází.
- G2** - vinutí generátoru jsou vyvedena samostatně, ke každému vinutí lze připojit budící kondenzátorovou baterii. Kapacitu lze pro jednotlivé fáze nastavit nezávisle v sedmi stupních.
- G3** - vinutí generátoru jsou spojena do trojúhelníku, ke každému vinutí lze připojit budící kondenzátorovou baterii a pro jednotlivá vinutí můžeme nastavit kapacitu nezávisle v sedmi stupních.

G4 - vinutí generátoru jsou spojena do hvězdy, ke každému vinutí lze připojit budící kondenzátorovou baterii a pro jednotlivé fáze můžeme kapacitu nastavit nezávisle v sedmi stupních.

3.1 Měření a jištění generátoru

Základní zapojení generátoru (obr.6) odpovídá provoznímu režimu G1. Na vývody generátoru jsou připojeny ampérmetry a voltmetry pro kontrolu napětí a proudů ve vinutích. Jištění generátoru je provedeno samostatně pro každou fázi třemi nezávislými jističi (FA2-FA4) PR63-10C. Jištěné výstupy jsou vyvedeny na výstupní svorky R-S-T.



Obr.6 Základní zapojení generátoru

Pro měření proudů a napětí jsou použity rozvaděčové elektromagnetické měřicí přístroje řady EQ96K třídy přesnosti 1,5 dle ČSN EN 60051-1 [9]. Přesnost je zaručena ve frekvenčním rozsahu 16-100 Hz. Ampérmetry mají rozsah 5 A a prodlouženou stupnici do 10 A. Trvalá přetížitelnost je 120 %, tj. 6 A. Po dobu 5 s mají přetížitelnost až 50 A. Voltmetry mají rozsah 500 V s dvojnásobnou přetížitelností po dobu 5 s.

Jmenovitý proud generátoru je podle štítkových údajů 6,6 A při zapojení do trojúhelníku. Pro samostatně zapojená vinutí je jmenovitý proud I_f

$$I_f = \frac{I_\Delta}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Pro $I_\Delta = 6,6$ A vychází výpočtem z (1) jmenovitý proud každým vinutím $I_f = 3,81$ A. Při využití trvalé přetížitelnosti ampérmetru lze generátor zatěžovat až na 157 % jmenovitého proudu. Úpravou rovnice (1) můžeme při známém přetěžovacím činiteli měřicího přístroje κ a měřicím

rozsahu I_m určit výstupní proud při zapojení do trojúhelníku

$$I_{\Delta} = \kappa I_f \sqrt{3} \quad (2)$$

kde pro náš případ ($\kappa = 1,2$ a $I_f = 3,81$ A) vychází proud $I_{\Delta} = 10,4$ A.

3.2 Buzení generátoru

Jednou z podmínek návrhu měřicího soustrojí byla schopnost tzv. nájezdu do tmy [1]. To znamená, že se asynchronní generátor musí sám nabudit a pracovat v autonomním režimu se symetrickou i silně nesymetrickou zátěží. Buzení generátoru je proto výhradně pasivní, s použitím kondenzátorových baterií. Na rozdíl od podobně zaměřených prací, například [10] a [11], musí být soustrojí schopno pracovat i jako jednofázové, s výkonem odpovídajícím třetině plného výkonu, s možností mírného přetížení, kdy se ve statoru nebude uplatňovat tepelná zátěž zbývajících vinutí. Vzhledem k tomu, že vinutí šestipólového stroje jsou rovnoměrně rozdělena po celém obvodu statoru, lze předpokládat, že se na ochlazování bude přímo podílet celý plášť stroje.

Určit potřebnou budící kapacitu asynchronního třífázového generátoru je relativně jednoduché u symetrické zátěže. Zpravidla se používá zapojení kondenzátorů do trojúhelníku a pro výpočet se používá magnetizační nebo jmenovitý proud stroje v motorickém režimu. Lániček [12] uvádí předpoklad, že výstupní napětí kapacitně buzeného asynchronního generátoru s vinutím i kondenzátory zapojenými do hvězdy je

$$U = I_C \cdot \frac{1}{2\pi f C} \quad (3)$$

budeme-li, s určitým zjednodušením předpokládat, že budící proud I_C má stejnou velikost jako magnetizační proud I_{μ} , který se změří při chodu naprázdno, potom z rovnosti $I_{\mu} = I_C$ a rovnice (3) můžeme odvodit potřebnou kapacitu budícího kondenzátoru

$$C = \frac{I_{\mu}}{2\pi f U} \quad (4)$$

Velikost budící kapacity lze s jistým přiblížením stanovit bez znalosti magnetizačního proudu I_{μ} . Potřebnou kapacitu budícího kondenzátoru můžeme určit z jmenovitého proudu podle rovnice

$$C = k \cdot \frac{I}{2\pi f U} \quad (5)$$

Konstantu k určíme z tab.6, ve které je zvýrazněna hodnota pro námi použitý stroj. V našem případě je však generátor zapojen do trojúhelníku a stejně tak i kondenzátory. V každém uzlu se tak proudy kondenzátorů vektorově sčítají. Rovnice (4) a (5) je proto nutné upravit do tvarů

$$C = \frac{I_{\mu\Delta}}{2\pi f U \sqrt{3}} \quad (6)$$

a

$$C = k \cdot \frac{I_{\Delta}}{2\pi f U \sqrt{3}} \quad (7)$$

Kapacitu kondenzátorů, při spojení vinutí generátoru i kondenzátorů do trojúhelníku, z rovnic (6) a (7) určíme pro napětí $U = 400$ V a frekvenci $f = 50$ Hz. Pro hodnoty z tab.5 ($I_{\Delta} = 6,6$ A, $I_{\mu\Delta} = 4,1$ A) a konstantu $k = 0,6$ vychází kapacita kondenzátorů $18,8 \mu\text{F}$ (6) a $18,2 \mu\text{F}$ (7).

Tab.6 Konstanta k pro asynchronní stroje s kotvou nakrátko

počet pólů	výkon [kW]	k
2	< 2,2	0,5
	3-13	0,4
	14-75	0,3
4	< 1,1	0,7
	1,5-4	0,6
	4-22	0,5
	> 22	0,3
6	< 1,1	0,8
	1,1-7,5	0,6
	7,5-22	0,4
	> 22	0,3
8	< 0,75	1
	0,8-3	0,6
	3-13	0,5
	> 13	0,4

podle [12]

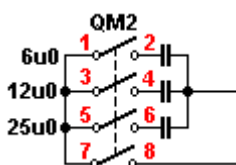
Vzhledem k tomu, že pro výukové účely v laboratořích i pro praktické využití předpokládáme nestandardní provozní režimy, provedli jsme experimentální měření. Cílem bylo zjistit, za jakých podmínek generátor nabudíme na jmenovité napětí 400 V a jaký vliv má způsob připojení budících kondenzátorů a spojení vinutí.

Při jednofázovém buzení vychází podle (7) kapacita kondenzátoru $24,3 \mu\text{F}$. Musíme však nabudít mnohem větší stroj, než odpovídá jednofá-

zovému výkonu. Experimentálním měřením bylo zjištěno, že při jednofázovém buzení a chodu naprázdno dosáhne výstupní napětí generátoru hodnoty 400 V s budicí kapacitou 30 μF až při otáčkách 1 203 ot/min. Přepočítáno na frekvenci 50 Hz při magnetizačním proudu 4,54 A je potřebná kapacita 36 μF .

V závislosti na zapojení vinutí generátoru jsme zjistili rozdíly i při třífázovém buzení. Pro zapojení do trojúhelníku, s kondenzátory $3 \times 30 \mu\text{F}$, bylo dosaženo napětí 400 V při 911 ot/min. Přepočítaná kapacita pro frekvenci 50 Hz je 27 μF . Při samostatně buzených vinutích ($3 \times 30 \mu\text{F}$) a 916 ot/min bylo výstupní napětí 440 V a přepočítaná kapacita pro frekvenci 50 Hz je 30,2 μF .

Na základě vypočítaných a změřených hodnot byla pro měřicí soustrojí navržena nezávislá sedmistupňová regulace. Budicí kondenzátory lze přepínat nezávisle pro jednotlivá vinutí a nezávisle na zapojení generátoru. Pro předpokládaný provozní rozsah byla zvolena třikondenzátorová baterie s kapacitami 6, 12 a 25 μF (obr.7), postupným spínáním lze nastavit hodnoty 6, 12, 18, 25, 31, 37 a 43 μF .



Obr.7 Schéma kondenzátorové baterie

Řazení kontaktů a spínání kondenzátorů pro jednotlivé budicí stupně na obr.7 uvádí tabulka 7. Osmipolohový zákaznický radič Obzor VSR20-06007028-A8 přepíná bez přerušení obvodu a bez výpadku buzení.

Tab.7 Spínání kapacitní zátěže (budících okruhů) asynchronního generátoru

poloha	kapacita	sepnuté kontakty	kondenzátory
0	-	-	-
1	6 μF	1-2, 7-8	6 μF
2	12 μF	3-4, 7-8	12 μF
3	18 μF	1-2, 3-4, 7-8	6 + 12 μF
4	25 μF	5-6, 7-8	25 μF
5	31 μF	1-2, 5-6, 7-8	6 + 25 μF
6	37 μF	3-4, 5-6, 7-8	12 + 25 μF
7	43 μF	1-2, 3-4, 5-6, 7-8	6 + 12 + 25 μF

3.3 Schéma zapojení obvodů generátoru

Schéma zapojení obvodů asynchronního generátoru (obr.8) můžeme rozdělit do pěti vzájemně propojených a na sobě závislých elektrických obvodů. Obvod generátoru, obvod kapacitních (pasivních) budičů a tři výstupní okruhy pro připojení zátěží, dva z toho jsou třífázové, třetí je okruh tří jednofázových výstupů.

3.3.1 Obvod generátoru

Obvod samotného asynchronního generátoru je popsán v kap.3.1. Jeho součástí je generátor a trvale připojené měřicí přístroje a jisticí prvky. Voltmetry a ampérmetry zajišťují stálou kontrolu jednotlivých vinutí, použité jističe umožňují krátkodobé trojnásobné přetížení jednotlivých vinutí generátoru. Nezávislé jištěné výstupy jsou vyvedeny na připojovací svorky R-S-T, na které je možné připojit externí prvky.

3.3.2 Obvod pasivního budiče

Budicí okruhy jsou nezávislé pro každé vinutí generátoru. Princip buzení je popsán v kap.3.2. Přepínače QM2, QM3, QM4 umožňují nastavit jednofázové, dvojfázové i trojfázové buzení, nezávisle v sedmi úrovních. Při kombinaci tří radičů a devíti kondenzátorů je k dispozici celkem 343 úrovní nastavení buzení generátoru, což dává široký prostor pro zkoumání vlastností generátoru a laboratorní měření.

3.3.3 Obvod přímého výstupu

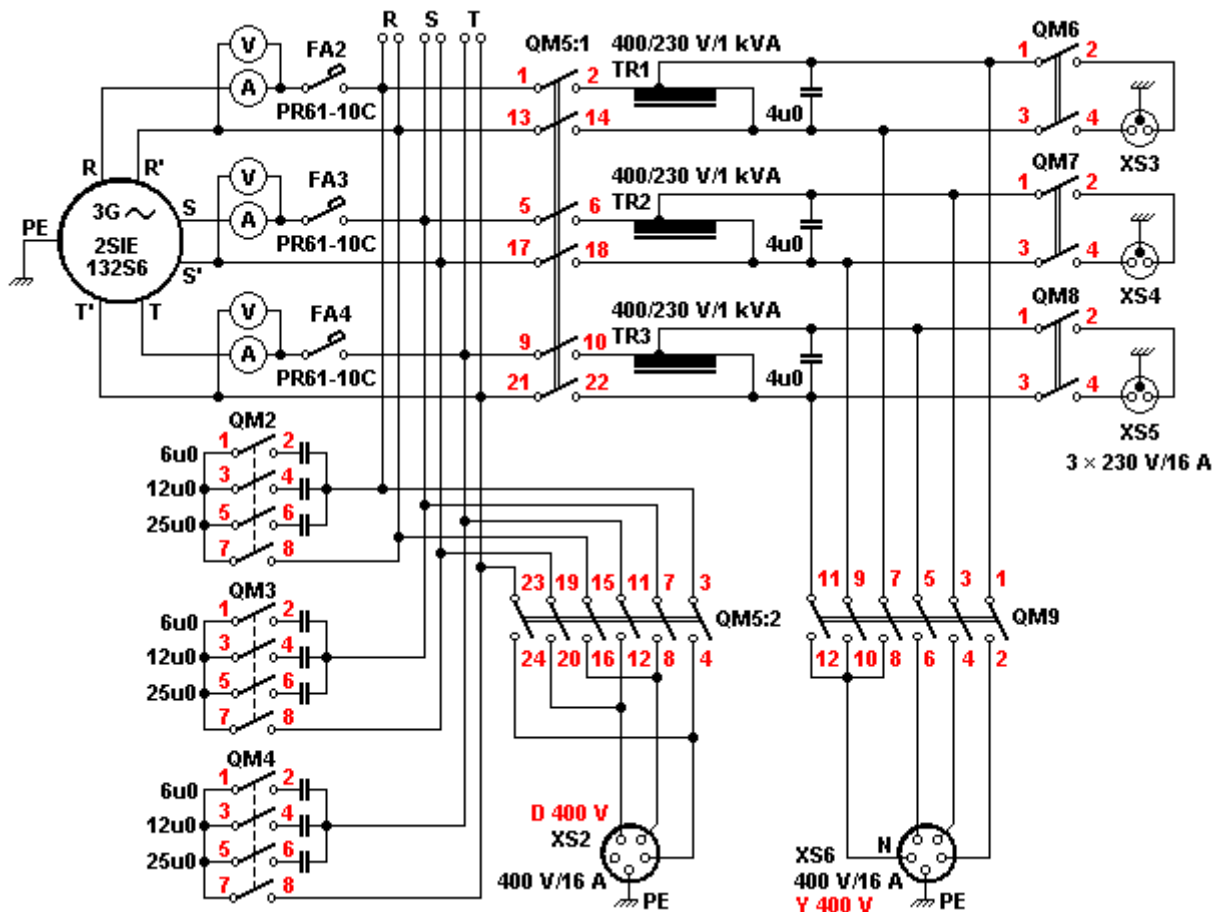
Vzhledem k tomu, že na místě generátoru je pro měřicí soustrojí použit průmyslový asynchronní motor, určený pro provozní zapojení $\Delta 400 \text{ V}$, je přímým hlavním výstupem z generátoru třífázový vývod $3 \times 400 \text{ V}$. Spíná se hlavním vypínačem generátoru QM5 s polohami D400-0-Y230 (vačkový spínač Obzor VSR20-2206-C8). Zátěž se připojuje sekcí QM5:2 v poloze D400 přes pětipólovou zásuvku 400 V/16 A/6 h, typ 1385 (ČSN EN 60309-1 [6]).

3.3.4 Obvod jednofázových výstupů

Jednofázové výstupy jsou určeny pro samostatné nebo kombinované zatěžování jednotlivých fází generátoru. V poloze Y230, hlavního vypínače generátoru, připojí sekce QM5:1 ke generátoru tři samostatné jednofázové výstupy. Jmenovité výstupní napětí generátoru je 400 V, proto jsou do výstupů zařazeny snížovací autotransformátory 400/230 V s typovým (vnitřním) výkonem

425 VA (obr.9). Autotransformátory jsou navrženy na jádře EI 120×50, pro standardní provozní frekvenci v rozsahu 40-60 Hz. Jmenovitý výkon 1 kVA jsou schopny přenášet ve frekvenčním

rozsahu 35-120 Hz. Základní údaje autotransformátorů jsou uvedeny v tabulce 8, průběh závislosti syčení jádra (magnetické indukce) na frekvenci je v grafu na obrázku 10.



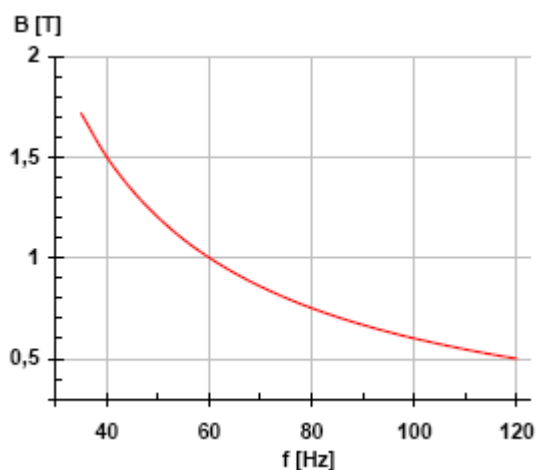
Obr.8 Schéma zapojení obvodů asynchronního generátoru



Obr.9 Autotransformátor 400/230 V - 1 kVA (výroba BV elektronik Holice)

Tab.8 Základní parametry autotransformátoru 400/230 V - 1 kVA

typ	EI 155996 LEZ
primární napětí	400 V
sekundární napětí	230 V
primární proud	2,8 A
sekundární proud	4,8 A
jmenovitý výkon	1 kVA
typový výkon	425 VA
jádro	EI 120×50
pracovní frekvence	40-60 Hz
indukce v jádře	1,5 T pro 40 Hz 1,2 T pro 50 Hz 1,0 T pro 60 Hz
mezní frekvence pro 1 kVA	35-120 Hz
počet závitů (400 V)	750 z
odbočka (230 V)	435 z
průměr drátu	1 mm CuL
proudová hustota ve vinutí	3,56 A/mm ²



Obr.10 Frekvenční závislost sycení jádra autotransformátoru

Kondenzátor 4 μF , připojený na odbočce 230 V, slouží jako předkompenzace zátěže a zlepšuje účinnost transformátoru. Na primární stranu se převádí jako zatěžovací kapacita 1 μF . Zátěže se připojují spínači QM6, QM7, QM8 přes zásuvky 250 V/16 A, typ SEZ VZ16 (ČSN EN 60309-1 [6]). Spínání výstupů je dvoupólové, vačkovými spínači Obzor VSR20-1102-A8.

3.3.5 Obvod třífázového výstupu

Druhý třífázový výstup je vyveden z odboček redukčních autotransformátorů. Spínačem QM9 (vačkový spínač Obzor VSR20-1106-A8) se výstupy autotransformátorů propojí do hvězdy. Na výstupu je napětí $3 \times 230/400 \text{ V}$, zátěž se připojuje přes pětipólovou zásuvku 400 V/16 A/6 h, typ 1385 (ČSN EN 60309-1 [6]).

4 ROZVADĚČ SOUSTROJÍ

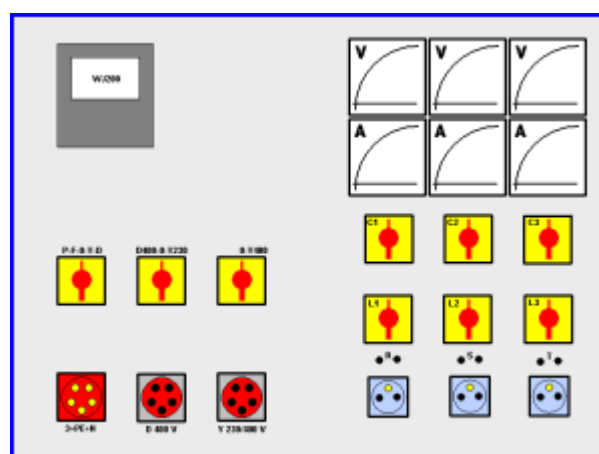
Rozvaděč měřicího soustrojí obsahuje kompletní elektrickou výzbroj, potřebnou pro autonomní provoz. Je navržen plně v souladu s normami ČSN EN 61439-1 [13] a ČSN EN 61439-2 [14]. K základové desce měřicího soustrojí je rozvaděč přišroubován osmi šrouby M12. Vnější rozměry rozvaděče vycházejí z podmínek pro rozměry základové desky celého soustrojí [1] a rozměrů použitých přístrojů. Skříň rozvaděče je navržena v oceloplechovém provedení o rozměrech $750 \times 650 \times 175 \text{ mm}$. Rám rozvaděče je vyroben z hlubokotažného plechu tloušťky 1,5 mm. Dveře rozvaděče, na kterých jsou instalovány měřicí přístroje, prepínače a připojovací místa a zadní stěna rozvaděče, která nese frekvenční měnič, autotransformátory, jističe, svorkovnice, kondenzátorové baterie a průchodky pro kabely pro

připojení obou točivých strojů, jsou z hlubokotažného plechu tloušťky 2,5 mm.

Propojení obvodů je provedeno vodiči H07V-K (dřívější značení CYA) o průřezu $2,5 \text{ mm}^2$, barevné značení vodičů odpovídá ČSN 33 0165 [15]. Zvláštní barevné označení je použito pro obvody kondenzátorových baterií a pro obvody autotransformátorů. Točivé stroje jsou připojeny dvěma kabely H07VV-F 4G4 (dřívější značení CYSY) o průřezu $4 \times 4 \text{ mm}^2$ přes svorkovnice RSA uvnitř rozvaděče. Všechny vodiče mají nalisované izolované ukončovací prvky.

Odvod ztrátového tepla z rozvaděče (frekvenční měnič, autotransformátory, kondenzátory) zajišťují dva ventilátory Sunon DP203A se sníženou hlučností, instalované do stropu skříňe. Pro spolehlivý provoz byly zvoleny ventilátory osazené kuličkovými ložisky.

Povrchová úprava rozvaděče je provedena spékanou práškovou barvou Komaxit. Skříň v odstínu RAL 5017 - modrá, dveře RAL 7035 - světle šedá. Schématické uspořádání panelu rozvaděče je na obr.11.



Obr.11 Návrh panelu rozvaděče

5 MOŽNOSTI DIDAKTICKÉHO VYUŽITÍ NÁVRHŮ ELEKTRICKÝCH OBVODŮ

Přestože má projekt specifického výzkumu čistě odborný elektrotechnický charakter, představuje měřicí soustrojí z didaktického hlediska širokospektrální učební pomůcku. Kromě praktických aplikací multidisciplinárních vazeb a přiblížení se komerční i průmyslové praxi (jak jsme uvedli v [1], se elektrické obvody měřicího sou-

strojí uplatní jako názorný příklad prakticky ve všech elektrotechnických předmětech, které se na Katedře technických předmětů vyučují. Cíle didaktických aplikací jsou podřízeny budoucímu zaměření našich absolventů - katedra nepřipravuje elektroinženýry, ale budoucí učitele technických předmětů pro základní a střední školy.

Zejména pro oblast základního školství považujeme za mimořádně důležité, aby naši absolventi měli široký přehled v technických oborech, dokázali jednotlivé technické obory propojovat mezi sebou (což je jedna část multidisciplinárních vazeb), znali základní principy prvků a zařízení, a tomu odpovídající teoretická východiska. Při reálném pohledu na obsah Rámcového vzdělávacího plánu (RVP) v oblasti 5.9 Člověk a svět práce bychom mohli za téměř ideální stav považovat to, kdyby v oblasti elektrotechniky učitel praktických činností precizně ovládal látku na úrovni elektrotechnické průmyslovky, s mírným přesahem do vysokoškolské elektrotechniky. Je celkem pochopitelné, že při širokém záběru, jaký musí na základní škole zvládnout, nelze jít příliš do hloubky (a ani to není účelem) ve všech technických disciplínách.

V následujícím textu uvedeme některé příklady propojení teoretické výuky s konkrétní aplikací na praktické využití návrhu měřicího soustrojí a jeho využití v prakticky orientovaných předmětech. Znovu připomínáme, že naším cílem není konkurovat technickým univerzitám a jejich laboratořím, ale poskytnout studentům učitelství technických předmětů pomůcku, která má charakter a vlastnosti reálného zařízení.

5.1 Elektrotechnika 1 a 2

Předměty Elektrotechnika 1 a Elektrotechnika 2 tvoří základní kurz elektrotechniky pro studenty 2. a 3. ročníku. Teoreticky probírané tematické celky Vedení proudu, vodiče; Základní zákony elektrotechniky; Střídavý proud; Obvody RLC; Třífázová soustava; Točivé a netočivé stroje; lze v rámci navazujících cvičení zopakovat na konkrétních příkladech a početních řešeních. Např. výpočty odporu vodičů, výpočty ztrátových výkonů, výpočty středních, efektivních a maximálních hodnot střídavých napětí a proudů, výpočty činného, zdánlivého a jalového výkonu, výpočet účinníku, štítkové údaje točivých strojů a práce s nimi, výpočty obvodů RLC a třífázových soustav s využitím fázorových diagramů, návrh transformátoru a autotransformátoru, atd. Za dů-

ležitá a podstatná považujeme to, že v řadě případů mají studenti při výpočtech právo volby. V technické praxi obvykle neexistuje tzv. jedině správné řešení ani jediný správný postup návrhu, jak mnohdy někteří učitelé žákům a studentům prezentují. Technický návrh vyžaduje určitou dávku kreativity, a to, že se ve výsledku jednotlivé návrhy více či méně liší, ještě neznamená, že jsou špatné. Například právě návrhy transformátorů jsou charakteristické možnou volbou řady parametrů a ve výsledku dostáváme transformátor s požadovanými parametry, ale s různým jádrem, jiným počtem závitů, jiným sycením, atd.

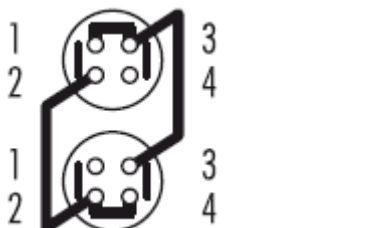
Za připomínku stojí i skutečnost, že ačkoliv to na první pohled nemusí být zřejmé, má, v rámci multidisciplinárních vazeb, výuka elektrotechniky velmi blízko k předmětu Materiály a technologie. V případě točivých strojů potom i k předmětu Části strojů. Můžeme se proto při přednáškách a cvičeních odkazovat v konkrétních příkladech na vlastnosti materiálů, konstrukční řešení a mechanické prvky, které studenti už znají z jiných předmětů.

5.2 Průmyslová elektrotechnika Technická praktika elektro

Předmět Průmyslová elektrotechnika a na něj navazující Technická praktika elektro jsou orientovány na oblast silnoproudých zařízení, rozvod elektrické energie a rozvodné sítě, připojování energetických zdrojů a malých i velkých spotřebičů. V rámci přednášek a cvičení studenty také seznamujeme s výsledky vývoje a výzkumu, na kterém se, kromě pracovníků elektrotechnických laboratoří, formou specifických výzkumů podílejí i studenti katedry. Nedílnou součástí technických praktik jsou měření v silnoproudých obvodech, kdy využíváme i speciální snímače na bázi magnetických pryskyřic, vyvinuté doc. Lokvencem v elektrotechnických laboratořích Katedry technických předmětů [16] [17] [18] a transformátorově kompenzovaný výkonový zdroj [19] s konvenční bezindukční zátěží [20].

Ve výuce tím dále posílíme téma konstrukce řadičů pro speciální spínací programy na bázi vačkových spínačů Obzor, řady VSR a VSN. Jako jeden z příkladů můžeme použít hlavní vypínač soustrojí. Cílem návrhu řadiče je minimalizovat počet doplňkových propojení jednotlivých kontaktů vačkového spínače. Při výrobě zákaznického řadiče lze použít normalizované způsoby vzájemného propojení kontaktů v jednom patře,

lichý-lichý nebo sudý-sudý nebo propojení kontaktů v sousedních patrech, opět lichý-lichý nebo sudý-sudý (obr.12). Kontakty jsou číslovány podle běžných zvyklostí, kdy liché číslo je primárně určeno pro vstupní kontakt (přívod), sudé číslo potom zpravidla označuje výstupní kontakt (vývod). Ve vačkových spínačích Obzor jsou kontakty zcela rovnocenné a respektování vstupní a výstupní svorky je spíše formální záležitostí, zajišťující přehlednost a snadnou orientaci v zapojení.



Obr.12 Normalizované spoje pro spínače řady VSR a VSN [21]

Propojení jednotlivých kontaktů v patrech a mezi nimi se zakresluje do formuláře spínacího programu (příloha A na konci článku). V jednotlivých polohách se potom vyznačují sepnuté kontakty, včetně přechodových dějů. Standardizované značky pro specifikaci programu spínání a jejich význam uvádí tabulka 9.

Tab.9 Značky pro specifikaci programu spínání

označení polohy	funkční význam
X	sepnutý kontakt
X X	sepnutý kontakt ve dvou (nebo více) po sobě následujících polohách, s přerušením v mezipoloze
X X	sepnutý kontakt ve dvou (nebo více) po sobě následujících polohách, bez přerušení v mezipoloze
X - - X	překrývající se kontakty - jeden z kontaktů spíná/rozepíná až po rozepnutí/sepnutí druhého kontaktu
X	impulsní kontakt - je sepnut v mezipoloze po dobu potřebnou ke změně polohy

podle [21]

Na obrázku 13 je konkrétní příklad specifikace atypického spínacího programu pro hlavní vypínač měřicího soustrojí. Podrobný návod a typizovaná spínací schémata najdou zájemci v katalogu vačkových spínačů Obzor [21], případně na www.obzor.cz. Sestavený radič je na obr.14

		Teoretické značení poloh				
		1	2	3	4	5
		Požadované značení poloh				
Číslo kontaktu		O	F	P	Y	D
1 - 2		X	X	X	X	X
3 - 4		X	X			X
5 - 6					X	X
7 - 8		X	X			
9 - 10				X		
11 - 12						X
13 - 14					X	X
15 - 16					X	
17 - 18				X		
19 - 20		X	X			
21 - 22		X	X	X	X	
23 - 24		X	X			X
25 - 26		X	X	X	X	
27 - 28		X	X			X
29 - 30					X	X
31 - 32		X	X			
33 - 34				X		
35 - 36				X	X	X

Obr.13 Příklad specifikace atypického programu spínání
(hlavní vypínač soustrojí P-F-0-Y-D)



Obr.14 Sestavený radič VSR20-18004009-C8
(5 poloh, 9 pater, 36 vývodů, délka 14 cm)

V souvislosti s konstrukcí elektrotechnických zařízení je potřeba studentům připomínat, že přes všeobecnou digitalizaci jsou klasické radiče pro svoji jednoduchost a provozní spolehlivost v řadě aplikací nenahraditelné.

5.3 Integrované obvody a výkonová elektrotechnika Moderní řídicí systémy

Předměty Integrované obvody a výkonová elektrotechnika a Moderní řídicí systémy představují další z multidisciplinárních vazeb. Spojovacími tématy jsou Výkonové prvky pro silnoproudou elektrotechniku, Požadavky na řídicí elektroniku, Řízené výkonové spínače, Vlastnosti regulačních obvodů, Ukazatele kvality regulace, Stabilita regulačních obvodů a Koncepce frekvenčních měničů. Vzhledem k tomu, že v inventáři elektrotechnických laboratoří máme také klasický skalární frekvenční měnič, mohou studenti při praktických cvičeních porovnávat chování skalárního a vektorového řízení a sledovat změny chodu při různém zatížení. Rozsáhlejší měření se předpokládají v předmětu Elektrotechnické laboratoře.

5.4 Elektrotechnické laboratoře 1 a 2

Pro práci studentů v předmětech Elektrotechnické laboratoře 1 a Elektrotechnické laboratoře 2 bude měřicí soustrojí jednou z klíčových didaktických pomůcek. Svým průmyslovým charakterem umožní studentům realizovat řadu souběžných měření v oboru silnoproudé a slaboproudé elektrotechniky a elektroniky. Kromě standardních měření napětí, proudů a výkonů, účinnosti, otáček, izolačních odporů, atd., bude možné snímat osciloskopicky průběhy proudů a napětí na vstupu i výstupu frekvenčního měniče i na výstupu generátoru, zjišťovat charakteristiky A/D D/A převodníků měniče, apod. Měřicím úlohám a měřením na soustrojí věnujeme v budoucnosti samostatný článek.

5.5 Bezpečnost především

Jak jsme již uvedli v [1] je měřicí soustrojí silové energetické zařízení průmyslového charakteru. Nelze proto v žádném případě podceňovat rizika, vyplývající z jeho provozu. Práce v elektrotechnických laboratořích jsou podřízeny normám ČSN EN 50110-1 [22], ČSN EN 50110-2 [23] a provoznímu řádu elektrotechnických laboratoří. Každý semestr je v úvodní hodině provedeno proškolení studentů o možných rizicích, bezpečnosti práce a první pomoci při úrazech elektrickým proudem. Podle schváleného provozního řádu elektrotechnických laboratoří pracují studenti výhradně pod dozorem.

Soustrojí je v laboratoři napájeno ze sítě TN-S 3+PE+N 3 × 230/400 V - 50 Hz přes proudový chránič s reziduálním proudem $I_{\Delta N} = 30$ mA a při pravidelných revizních kontrolách jsou měřeny hodnoty vypínacího proudu a doba vypnutí. Zjištěné hodnoty $I_{\Delta N} = 22$ mA a $t_0 = 7,5$ ms leží podle ČSN IEC/TS 60479-1 [24] v počátku bezpečné oblasti AC-2, kde působení elektrického proudu nevyvolá škodlivé fyziologické účinky.

Riziko úrazu elektrickým proudem na sekundární (generátorové) straně soustrojí je vyšší, protože při spojení vinutí generátoru do hvězdy bude jmenovité napětí výstupu na úrovni průmyslové rozvodné sítě 3 × 400/690 V. Na druhé straně je ale výstupem izolovaná síť IT, která je bezpečná při jednobodovém dotyku. Celková minimalizace rizik spočívá v tom, že veškerá propojování, včetně připojování zátěží před měřením se provádějí zásadně v klidovém (vypnutém) stavu soustrojí, pro ovládání a připojování zátěží jsou používány jednak spínače v rozvaděči a jednak připojovací místa osazená odpovídajícími zásuvkami podle ČSN EN 60309-1.

ZÁVĚR K DRUHÉ ČÁSTI

Koncepce elektrické části měřicího motor-generátorového soustrojí představuje dokončení komplexního návrhu nové didaktické pomůcky pro podporu výuky elektrotechnických předmětů na pedagogických fakultách, i když není vyloučeno její použití i v laboratořích technických univerzit. Zdánlivě jednoduchá konstrukce elektrické části s manuálním ovládáním se může zdát krokem zpět (zejména z pohledu všeobecné, někdy i překotné a zbytečné digitalizace čehokoliv), na druhé straně však zvolené řešení umožňuje kombinaci možností, které nejsou u běžného digitálního řízení proveditelné.

Pasivní regulace asynchronních generátorů se téměř bez výjimky realizuje přepínáním budících kapacit (zpravidla se využívá techniky pro kompenzaci účinníku a předpokládá se symetrická zátěž sítě), případně se ke generátoru připojují zátěžovací, tzv. šuntovací (z německého der shunt, *pozn. aut.*), rezistory, kde se spotřebovává přebytečný elektrický výkon. Náš výzkumný záměr do budoucna předpokládá jiný přístup k řešení stability sítě napájené asynchronním generátorem. V rámci navazujících projektů specifického výzkumu a diplomových prací studentů chceme ověřit možné použití neregulovaného anebo jen

hrubě regulovaného asynchronního generátoru, na jehož výstupu by byly připojeny usměrňovače s filtrací stejnosměrného napětí, a stabilitu výstupního napětí a stabilitu frekvence by zajišťoval DC/AC měnič, který se standardně využívá ve fotovoltaických zařízeních.

Potěšitelné je, že se po určitém období nezájmu a stagnace zvolna zvyšuje zájem studentů o technické, prakticky zaměřené diplomové práce. Pro katedru je potom významným přínosem realizace diplomových úkolů v rámci projektů specifického výzkumu, bez jejichž finančních prostředků by nebylo možné vývoj a výzkum realizovat.

Článek vznikl s podporou projektu specifického výzkumu SV PdF 2132/2015 Stabilita parametrů asynchronního generátoru jako energetického mikrozdroje v ostrovním režimu

Použité zdroje

- [1] DRTINA, R. - LOKVENC, J. - ŠKODA, J. *Podpora výuky předmětu Obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích. Část 1: Koncepte modelového mikrozdroje v ostrovním režimu.* Media4u Magazine, 3/2015. s.51-59. ISSN 1214-9187.
- [2] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem.* Praha, ČNI. 2007.
- [3] ČSN 33 2000-4-43 ed.2 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy.*
- [4] CELMA-INDUKTA. *Three-phase squirrel cage high efficiency motors - 2SIE (IE2) series, 2SIE 132M6A.* Bielsko-Biala. Cantoni Group - Fabryka maszyn elektrycznych Indukta s.a. 2015. Katalogový list.
- [5] HITACHI. *WJ200 Series Inverter - Instruction Manual.* Hitachi Industrial Equipment Systems Co., Ltd. 2010. Manual No: NT325X.
- [6] ČSN EN 60309-1 ed.3. *Vídlíce, zásuvky a zásuvková spojení pro průmyslové použití - Část 1: Všeobecné požadavky.* Praha, ČNI. 2000.
- [7] ČSN EN 60947-2 ed.3. *Spinací a řídicí přístroje nízkého napětí - Část 2: Jističe.* Praha, ČNI. 2007.
- [8] CELMA-INDUKTA. *Three-phase squirrel cage high efficiency motors - 2SIE (IE2) series, 2SIE 132S6.* Bielsko-Biala. Cantoni Group - Fabryka maszyn elektrycznych Indukta s.a. 2015. Katalogový list.
- [9] ČSN EN 60051-1. *Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství - Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části.* Praha, ČNI. 2000.
- [10] HORNÍK, V. *Problematika provozu asynchronních generátorů malých vodních elektráren v praxi a možnosti jejich využití pro napájení ostrovních sítí.* Brno. VUT. 2013. Diplomová práce.
- [11] DUŠEK, J. *Speciální asynchronní motor jako zdroj elektrické energie.* Brno. VUT. 2008. Bakalářská práce.
- [12] LÁNIČEK, T. *Asynchronní generátor v izolované (ostrovní) síti.* Brno. VUT. 2004. Diplomová práce.
- [13] ČSN EN 61439-1 ed.2. *Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení.* Praha, ČNI. 2012.
- [14] ČSN EN 61439-2 ed.2. *Rozváděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozváděče.* Praha, ČNI. 2012.
- [15] ČSN 33 0165 ed.2. *Značení vodičů barvami nebo číslicemi - Prováděcí ustanovení.* Praha, ČNI. 2014.
- [16] LOKVENC, J. - DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. *The modern current sensors of synthetic magnetic resin.* Zurich. Trans tech publications. Advances in civil engineering. 2013. 5s. ISBN 978-3-03785-565-2. ISSN 1660-9336.
- [17] LOKVENC, J. - DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. *The modern current sensors of synthetic magnetic resin. Part 2 - AC current sensor up to 2 000 amps.* In Advanced Materials and Engineering Materials IV. Trans Tech Publications. Advanced materials research. 2015 (1082). s.581-587. ISSN 1022-6680. ISBN 978-3-03835-367-6.
- [18] LOKVENC, J. - DRTINA, R. et al. *The modern current sensors of synthetic magnetic resin. Part 3 - Transmission characteristics and design of the sensor amplifier.* In Advanced Materials and Engineering Materials IV. Trans Tech Publications. Advanced materials research. 2015 (1082). s.562-569. ISSN 1022-6680. ISBN 978-3-03835-367-6.
- [19] LOKVENC, J. - DRTINA, R. - SOBEK, M. *Three-phase high overload DC power supply voltage with the mid frequency transformer ripple filter.* POWER 2012 - proceedings of the 12th WSEAS international conference on electric power systems, high voltages, electric machines. Athens. WSEAS. 2012. 6s. ISBN 978-1-61804-128-9. ISSN 1790-5117.
- [20] LOKVENC, J. - DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. *Principled proposal of the high-power passive non-inductive load for the measuring purposes in the electrotechnical laboratories.* Rukopis článku.
- [21] OBZOR, výrobní družstvo Zlín. *Vačkové spínače.* Zlín. Obzor. 3/2013.
- [22] ČSN EN 50110-1 ed.3. *Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Část 1: Obecné požadavky.* Praha, ČNI. 2015.
- [23] ČSN EN 50110-2 ed.2. *Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Část 2: Národní dodatky.* Praha, ČNI. 2011.
- [24] ČSN IEC/TS 60479-1. *Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo - Část 1: Obecná hlediska.* Praha, ČNI. 2013.

Kontaktní adresy

doc. dr. René Drtina, Ph.D.
doc. Ing. Jaroslav Lokvenc, CSc.
Bc. Jan Škoda

Katedra technických předmětů
Pedagogická fakulta
Univerzita Hradec Králové
Rokitanského 62
500 03 Hradec Králové

e-mail: rene.drtna@uhk.cz

PŘÍLOHA A

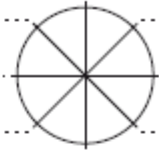
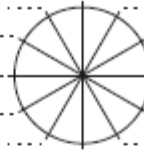
SPECIFIKACE ATYPICKÉHO PROGRAMU SPÍNÁNÍ

Zákazník	
Adresa	
IČO	DIČ
Kontaktní osoba	Fax
Tel.	
Datum	
Spínač je určen pro	

Spínací úhel (zakroužkujte)

30° - 60°

45° - 90°



Jednosměrné otáčení

Výchozí poloha - označte šipkou

Vratný pohyb - označte šipkou ve směru návratu (jen pro 45°)

45° a 90°: Doporučená výchozí poloha 1 nebo 7. Je však možno ji umístit v kterékoli vyznačené poloze.

30°: Doporučená výchozí poloha 1 nebo 10.

Typová řada	VSR10	VSR16	VSR20									
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	VSN10	VSN16	VSN20	VSN25	VSN32	VSN40	VSN63	VSN75	VSN80	VSN100	VSN125	VSN150
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Normalizované spoje

Normalizované spoje pro spojení kontaktů ve stejném páru a mezi dvěma sousedními páry.



Separatní kontakt

Separatní kontakt ve dvou (nebo více) po sobě následujících polohách, s přerušením v mezipolose.

Separatní kontakt ve dvou (nebo více) po sobě následujících polohách, bez přerušení v mezipolose.

Překrývají se kontakty: jeden z kontaktů spíná (nebo rozpoíná) až po rozepnutí (nebo zapnutí) druhého kontaktu

Impulsní kontakt: Je spínán v mezipolose po dobu potřebnou ke změně polohy

Přifažení ovladačů k čelním deskám (pro spínače VSN 10 - 150):

čelní deska \ ovladač	NM	NS	NO
AN	✓	✗	✗
PN	✗	✓	✗
PN/Z*	✗	✗	✗
HN	✗	✗	✓

čelní deska \ ovladač	NZS	KS	KO
AN	✗	✗	✗
PN	✗	✓	✗
PN/Z*	✓	✗	✗
HN	✗	✗	✓

* pouze jako náhradní díl

Poznámky:

Příslušenství:

Číslo kontaktu	Teoretické značení poloh											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Požadované značení poloh											
1 - 2												
3 - 4												
5 - 6												
7 - 8												
9 - 10												
11 - 12												
13 - 14												
15 - 16												
17 - 18												
19 - 20												
21 - 22												
23 - 24												
25 - 26												
27 - 28												
29 - 30												
31 - 32												
33 - 34												
35 - 36												
37 - 38												
39 - 40												
41 - 42												
43 - 44												
45 - 46												
47 - 48												

Číslo výkresu schématu

Číslo výkresu zákazníka

Nezávislé recenze pro vydání Media4u Magazine 4/2015 zpracovali:

prof. Ing. Bohumil Král, CSc.
prof. PhDr. Libor Pavera, CSc.
prof. PhDr. Alena Vališová, CSc.
doc. PhDr. Dana Dobrovská, CSc.
doc. PhDr. Jiří Dvořáček, CSc.
doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
doc. PhDr. Alena Kajanová, Ph.D.
doc. Ing. Vratislav Kozák, Ph.D.
doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.
doc. Ing. Miloslav Rotport, CSc.
doc. PhDr. Jan Trnka, CSc.
doc. Ing. Lenka Turnerová, CSc.
Ing. Kateřina Berková, Ph.D.

Ing. Marie Fišerová, Ph.D.
Ing. Lucia Krištofiaková, Ph.D.
PhDr. Jan Lavrinčík, Ph.D.
Ing. Markéta Lexová, Ph.D.
Mgr. Václav Maněna, Ph.D.
PhDr. Jitka Petrová, Ph.D.
Ing. Eva Tóblová, Ph.D.
Mgr. Jitka Tomková, Ph.D.
Ing. Marie Urbanová, Ph.D.
Mgr. Martin Doleček
Mgr. Irina Hafijčuková
Ing. Miloš Sobek
Ing. Jan Šiba

Redakční rada děkuje všem recenzentům za ochotu a za čas, který věnovali zpracování recenzních posudků.

Vydáno v Praze dne 15. 12. 2015, šéfredaktor - Ing. Jan Chromý, Ph.D., zástupce šéfredaktora - doc. dr. René Drtina, Ph.D.
Korektura anglických textů - doc. PhDr. Ivana Šimonová, Ph.D., sazba a grafická úprava - doc. dr. René Drtina, Ph.D.

Redakční rada:

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.
prof. Ing. Ján Bajtoš, CSc., Ph.D.
prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.
prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.
prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
prof. Valentina Ilganayeva, DrSc.
prof. nadzw. dr hab. Mariusz Jędrzejko
prof. Ing. Jiří Jindra, CSc.
prof. Dr. hab. Mirosław Kowalski
prof. Dr. hab. Ing. Kazimierz Rutkowski
prof. PhDr. Ing. Ivan Turek, CSc.

doc. Ing. Marie Dohnalová, CSc.
doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.
doc. Sergej Ivanov, CSc.
doc. Ing. Vladimír Jehlička, CSc.
doc. Ing. Pavel Krpálek, CSc.
doc. PaedDr. Martina Maněnová, Ph.D.
doc. Ing. Štěpán Müller, CSc., MBA
doc. PaedDr. Jiří Nikl, CSc.
doc. PhDr. Ivana Šimonová, Ph.D.

Mgr. Anica Djokič, MBA
PaedDr. PhDr. Jiří Dostál, Ph.D.
Donna Dvorak, M.A.
PhDr. Marta Chromá, Ph.D.
Ing. Jan Chromý, Ph.D.
Mgr. Ing. Olga Jurášková, Ph.D.
Ing. Katarína Krpálková-Krelová, Ph.D.
Mgr. Liubov Ryashko, kandidát nauk
Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D.
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.
PhDr. Jan Závodný Pospíšil, Ph.D.

URL: <http://www.media4u.cz>
Spojení: prispevky@media4u.cz

Seznam literatury

Seznam literatury podle šablony ID záznamu

[1]**Drtina, R., Lokvenc, J., Škoda, J.** Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích Část 1: Koncepce modelového mikrozdroje v ostrovním režimu. *Media4u magazine*. J. Chromý, 2015. 9s. ISSN: 1214-9187. Kód RIV: AM - Pedagogika a školství. granty: 0

Spec. výzkum: S.

Forma: J_ČLÁNEK V ODBORNÉM PERIODIKU

(ID: 43870528) (RIV ID: 50003590)

[2]**Drtina, R., Lokvenc, J., Škoda, J.** Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích. Část 2: Koncepce rozvaděče měřicího soustrojí.. *Media4u magazine*. J. Chromý, 2015. 13s. ISSN: 1214-9187. Kód RIV: AM - Pedagogika a školství. granty: 0

Spec. výzkum: S.

Forma: J_ČLÁNEK V ODBORNÉM PERIODIKU

(ID: 43870959) (RIV ID: 50004009)
