

ÚSTAV PŘÍSTROJOVÉ A ŘÍDICÍ TECHNIKY

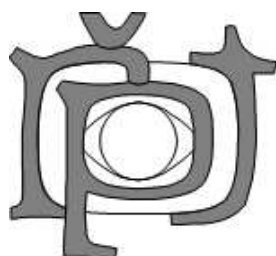
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



SBORNÍK ODBORNÉHO SEMINÁŘE

NOVÉ METODY A POSTUPY V OBLASTI PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY, AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ A INFORMATIKY

spojený s prezentací výsledků výzkumných projektů
a nových iniciačních témat na ústavu 12110



28. - 29. května 2009

Třeboň

OBSAH

1. Příspěvky odboru elektrotechniky

Zařízení pro pájení v parách s Peltierovými články.....	3
<i>Mai Lam Do, Martin Novák</i>	
Charakteristiky benzinové elektrocentrály	9
<i>Jan Chyský</i>	
Kombinace taktilních čidel a umělé inteligence	13
<i>René Neděla</i>	
Vektorové řízení vysokootáčkového synchronního stroje	22
<i>Martin Novák</i>	
Návrh a realizace ovládání dynamometru v prostředí controlweb.....	28
<i>Ondřej Stanke</i>	

2. Příspěvky odboru přesné mechaniky a optiky

Nové typy optoelektronických senzorů a jejich využití v konstrukci přístrojů	32
<i>Jan Hošek, Jiří Šťastný</i>	
Čočky s proměnnou ohniskovou vzdáleností	36
<i>Pavel Kajnar</i>	
Rychlý dalekohled pro detekci dosvitu gama záblesků	42
<i>Matěj Karásek, Šárka Němcová, Michael Valášek, Filip Večeřa, Josef Zicha</i>	
Návrh sférického mechanismu HexaSphere	46
<i>Matěj Karásek, Michael Valášek, Josef Zicha, Petr Svatoš</i>	
Zařízení pro měření charakteristik vrtulových pohonů.....	52
<i>Petr Mareček, Filip Kobrzek</i>	
Ustavení montáže dalekohledu na principu redundantních mechanismů	56
<i>Lukáš Marek, Josef Zicha, Michael Valášek</i>	
Povrchové mikrostruktury	60
<i>Jiří Rošický</i>	
Engineering of multi-diagnostic port-plug for COMPASS	65
<i>D. Šesták, V. Weinzettl, D. I. Naydenkova, J. Stöckel, I. Đuran</i>	

Modifikace Kardanova kloubu	72
<i>Josef Zicha</i>	

3. Příspěvky odboru automatického řízení a inženýrské informatiky

Vývoj metod stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech	76
<i>Jiří Bíla</i>	
Rozšíření laboratorního modelu „kaskáda tří nádrží“	80
<i>Jan Čihák, Stanislav Vrána</i>	
WYSIWYG editor pro XML Form.....	84
<i>Tran Thanh Huan, Nguyen Ba Nghien, Josef Kokeš</i>	
Filosofie emergentismu v počítačových vědách	89
<i>Jakub Jura, Jiří Bíla</i>	
Hilbert-Huangova transformace aplikovaná v expertním systému	94
<i>Josef Kokeš</i>	
Vliv spolehlivosti lidí na aktivity v projektově řízených organizacích.....	109
<i>Petr Kolář</i>	
WEbové řízení mechanického systému světelným paprskem	115
<i>Kamil Mrázek</i>	
Termokinetika půdní povrchové vrstvy	121
<i>Růžena Petrová</i>	
Nelineární adaptabilní neuro-regulátor	127
<i>Ladislav Smetana</i>	
Zjišťování frekvenčních vlastností otevřeného obvodu v uzavřené regulační smyčce.....	131
<i>Stanislav Vrána</i>	

4. Příspěvky externích pracovníků

Perspektivní metody spojování materiálů – přivařování svorníků.....	137
<i>Marie Válová, Ladislav Kolařík</i>	

ZAŘÍZENÍ PRO PÁJENÍ V PARÁCH S PELTIEROVÝMI ČLÁNKY

Device for Vapour Phase Soldering with Peltier Heaters

Mai Lam Do, Martin Novák

Abstrakt: A system using peltier heater is provided for vapour phase soldering of components on PCB, system with increasing heating and cooling speed of the components and PCB lands that are to be soldered together. Vapour phase soldering (VPS) uses the latent heat of liquid vaporization to provide heat for soldering. This latent heat is released as the vapour of the inert liquid condenses on components and PCB lands. The peak soldering temperature is the boiling temperature of the inert liquid at atmospheric pressure.

Key words: Vapour Phase Soldering, Solder Paste, Peltier Elements

1. Introduction

Soldering is a process of joining metallic surfaces with solder, without the melting of the base materials. The two metallic parts are joined by a molten filler metal. Vapour phase soldering (VPS), also known as condensation soldering, has gone through changes in popularity. It was the process of choice in the early 1980s [1]. VPS uses the latent heat of liquid vaporization to provide heat for soldering. This latent heat is released as the vapour of the inert liquid condenses on component leads and PCB lands. In VPS, the liquid produces a dense, saturated vapour that displaces air and moisture. The temperature of the saturated vapour zone is the same as the boiling point of the vapour phase liquid. This fluid does not have any known environmental concerns. The peak soldering temperature is the boiling temperature of the inert liquid at atmospheric pressure. VPS does heats uniformly, and no part on the board (irrespective of its geometry) exceeds the fluid-boiling temperature. The process is suitable for soldering odd-shaped parts, flexible circuits, pins, and connectors, as well as for reflowing tin/lead and lead-free surface mount package leads. As VPS is heating uniformly the components and board, the components can not be overheated (the maximal achievable temperature is the temperature of the vapour). This prevents component and board damage by high temperature and can lead to higher reliability of the soldered device.

2. Requirements of the device

A solder reflow process follows an optimized temperature profile to prevent the board from experiencing high thermal stresses while it is undergoing reflow. A typical reflow temperature profile would consist of the following steps:

- Preheat, which consists of gradually ramping up the temperature to the preheat zone temperature at which the solvents will be evaporated from the solder paste;
- Flux Activation, which consists of bringing the dehydrated solder paste to a temperature at which it is chemically activated, allowing it to react with and remove surface oxides and contaminants;
- Actual Reflow, which consists of ramping up the temperature to the point at which the solder alloy content of the solder paste melts, causing the solder to sufficiently wet the interconnection surfaces of both the SMD's and the board and form the required solder fillet between the two; the peak reflow temperature should be significantly higher than the solder alloy's melting point to ensure good wetting, but not so high that damage to the components is caused; and
- Cold down, which consists of ramping down the temperature at optimum speed (fast enough to form small grains that lead to higher fatigue resistance, but slow enough to prevent thermo-mechanical damage to the components) until the solder becomes solid again, forming good metallurgical bonds between the components and the board.

The reflow temperatures required by Pb-free board assemblies are higher than those required by non-Pb-free boards, mainly because Pb-free solders generally have higher melting temperatures than Pb-Sn solders. As such, the optimization of the reflow profile is more critical in Pb-free assemblies with regard to preventing the occurrence of package cracking in the surface mount components on the board [2].

Table 1 Requirements of device

Profile feature	PB-free Assembly
Average ram up rate	3C ⁰ / second max
Preheat	
Temperature Mn (t _{min})	150 ⁰ C
Temperature Mmax (t _{max})	200 ⁰ C
Time (Tmin to tmax)	60-180 second
Time maintained aboard	
Temperature (It)	220 ⁰ C
Time (It)	60-150 second
Time Peak temperature (tp)	20-40 second
Ramp-Down rate	6 ⁰ C/ second max
Time from 6 ⁰ C to peak	8 minute max

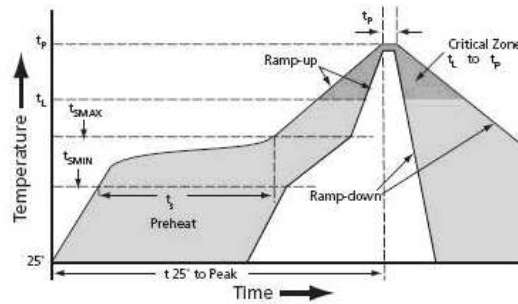


Fig. 1 Lead free reflow profile

3. Automated soldering device with resistance heater

The major parts of this oven are the Soldering Tank, Main frame, Electric Heater, Temperature Sensor, Temperature Indicator, Cooling Device, and Controller. This project concentrated to design and to manufacture the device consisting of these parts above except the cooling device.



Fig 2 Real device picture

4. Test results with resistive heating

The cooling was done by adding some specific amount of cool liquid to the tank. First we added 100ml liquid and then 150ml of the liquid. The results with this type of cooling are shown in figure 4.

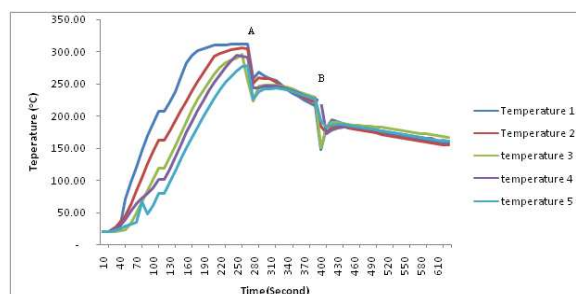


Fig. 3 Temperature graphs. A is the first time cooling, B is the second time cooling

Soldering device with resistance heater increases quickly the temperature of the liquid to the peak temperature. It is easy to built device. But for this device it is difficult to control the increase of temperature as there is a large amount of accumulated energy even when the hearer is switched off. The increase of temperature caused by this thermal inertia is clearly seen in the measured temperature profile. The biggest problem however of this type of construction is the necessity to have a separate device for cooling. For this reasons, we abandoned resistive heating and designed the device with Peltier elements.

5. Soldering device with peltier heater

Peltier element is a thermoelectric element consisting of semiconductor materials paired to accomplish heating or cooling processes as a result of peltier effect. If a voltage is placed on a Peltier element, one side is cooled and the opposite side simultaneously heats up. Simply by reversing the polarity of the supply voltage, the hot and cold sites of the Peltier element can be swapped [4].

Peltier element can be used in single or cascade combination. The elements are arranged to fit the needs. In this project, the elements are interconnected in series and parallel constructing a cascading layer of peltier element. Each element and combination in any layer need to be controlled precisely regarding the temperature curve.

6. Structure of soldering device with Peltier heater

This soldering device uses HB TEC1-12710. This device uses 5 layers peltier. As we keep the temperature on the bottom layer equal environment so the average delta T on 1 layer is:

$$(220-20)/5= 40^{\circ} C$$

The current for each layer is controlled independently.

Table: 2 Peltier HB TEC1-12710

Performance Specifications		
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	85	96
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (Amps)	10.5	10.5
Vmax (Volts)	15.2	17.4
Module Resistance (Ohms)	1.08	1.24

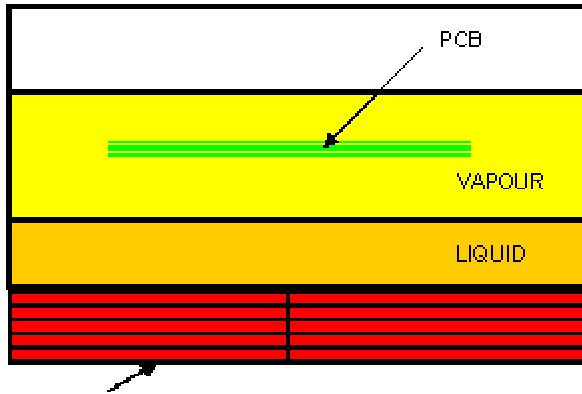


Fig. 4 Structure soldering device with peltier heater

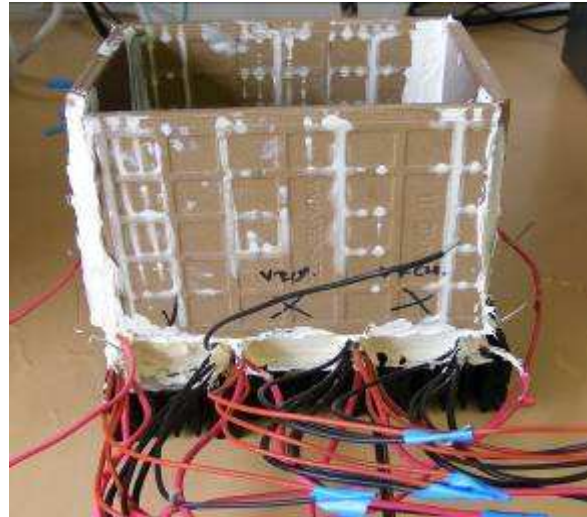


Fig. 5 Real device picture

7. Test results

We ran the test with 5mm thick liquid, the average current was from 10A to 12A, and then the current was reversed at the peak temperature to start cooling.

Control of the current was independent for each layer. During liquid heating, the current was increased from the bottom layer to the top layer, during cooling down of the liquid; the current was decreased from bottom layer to the top layer. The measured results are shown in figure 11. As the used peltier elements had endurance only to 230°C, the measurement was stopped at temperature around 170°C.

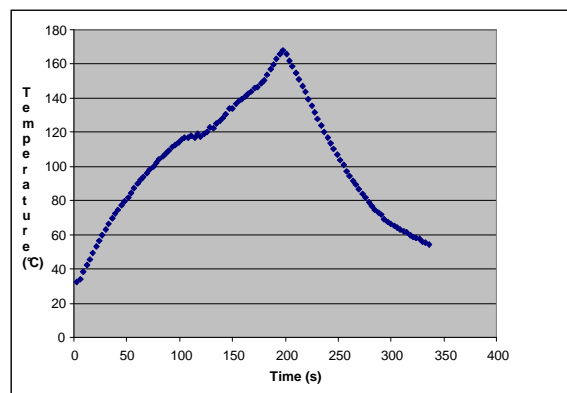


Fig 6 Temperature profile

8. Conclusions

Soldering device with peltier heater solves the problem of resistance heater (high temperature inertia). As it can be seen from the obtained temperature profile, this construction is able to achieve very rapid heating and cooling of the liquid. As this device is supposed to be used for soldering in laboratory or small development team environments, the necessity is to have the soldering process as fast as possible but by maintaining the components manufacturers recommended reflow process. By controlling the peltier elements currents, it is easy to control the temperature profile. But, the biggest advantage of this type of construction is the removal of the temperature inertia and of the second necessary device used only for cooling. On the other hand, compared to resistive heating, as the peltier elements are more expensive, the price of the device is higher. Also, high temperature peltier elements are not easily available yet today. According to manufacturer information's, some of them are developing high temperature elements capable to endure up to 250°C, some have them already available. Our goal for the near future is to test these high temperature types and to get the device operational for lead free soldering process with temperatures up to 240°C.

References (styl literatura)

- [1] Munroe, A.: *Today's Vapor Phase Soldering*, [Chris](#) Publication: [Circuits Assembly](#), [Mar 1, 2008](#)
- [2] *Solder reflow*, online at <http://www.siliconfareast.com/solder-reflow.htm> (as from 17.4.2009)
- [3] Walker, J.: *Pb-Free* Author: [Walter, Markus](#) Publication: [Circuits Assembly](#) [Dec 1, 2005](#)
- [4] Rudometov, V., Rudometov, E. *Peltier basics* : Charles River Media., January 2001 ISBN-10: 1584500794
- [5] Žák, P.: *Tvorba whiskerů při měkkém pájení v elektronice*, ČVUT v Praze, fakulta elektrotechnická, online at <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/zak.pdf> (as from 17.4.2009)
- [6] Kotrčová, E. *Implementation of lead-free soldering technology*, ČVUT v Praze, fakulta elektrotechnická, online at <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/kotrcova.pdf> (as from 17.4.2009)

Kontaktní adresa

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky, odbor elektrotechniky, Technická 4, 166 07 Praha, Česká republika, tel: +420 2 2435 2646, E-mail: MaiLam.Do@fs.cvut.cz

CHARAKTERISTIKY BENZINOVÉ ELEKTROCENTRÁLY

Characteristics of Gasoline Generator

doc. Ing. Jan Chyský, CSc

Abstract: Small electrical generators use simple equipments for voltage and frequency controlling. This paper consists of the results of basic measurement of simple electric generator ASIST AE 8G95-F driven by 2 strokes air cooled gasoline motor. The measurement of basic electric and dynamic parameters was realized with purpose to design new regulator for improvement the output electric parameters.

Key words: Gasoline generator, electrical parameters, 2stroke combustion engine, load characteristic, transfer characteristic, efficiency.

1. Úvod

S rozvojem životní úrovně se stále víc a víc zvětšuje závislost člověka na různých technických zařízeních, z nichž většina potřebuje pro svoji činnost zdroj energie. Ne vždy je ale vhodný zdroj energie k dispozici a tak nezbyvá, než potřebnou energii získat přeměnou z energie jiného druhu. Nejčastěji se jedná o přeměnu energie elektrické na mechanickou, tepelnou světelnou a podobně. Pokud je k dispozici standardní distribuční síť je řešení jednoduché, v ostatních případech je nutné zvolit náhradní řešení, které obvykle spočívá v nějaké formě akumulované energie. Běžně používané baterie nebo akumulátory vyhoví v případě krátkodobého nebo nízkého odběru. V případě větších energetických nároků je nutné se uchýlit k použití vlastní elektrárny. Využití energie slunce či větru je nespolehlivé, proto se běžně používají elektrocentrály. Jejich výkony se pohybují řádově od stovek wattů až po jednotky megawattů. Jedná se vždy o generátor poháněný spalovacím motorem nebo spalovací turbínou. Jako palivo se hlavně používá benzín, nafta nebo plyn. Ekonomika (náklady na výrobu jedné kWh) těchto zdrojů je ve srovnání s klasickými tepelnými elektrárnami výrazně nižší, jejich výhodou je však relativně snadná dostupnost a operativnost použití. Dále uvedený příspěvek se zabývá vlastnostmi jednoduchého elektrického generátoru o nominálním elektrickém výkonu 650 W poháněným vzduchem chlazeným jednoválcovým dvoutaktním motorem o zdvihovém objemu 63 ccm značky ASIST. Uvedený agregát je využíván na pracovišti odboru elektrotechniky pro napájení elektrických spotřebičů v případě práce v místech bez standardní elektrické sítě.

Vzhledem k ne zcela uspokojivým parametrům generované energie (kolísání frekvence a napětí) jsme provedli analýzu vlastností tohoto generátoru s cílem navrhnout jeho přestavbu, aby parametry vyhověly požadavkům běžných zařízení.

2. Měřený agregát

Jedná se o synchronní generátor značky ASIST AE 8G95-F, výrobce Vision France

Jmenovité štítkové hodnoty:

jmenovitý výkon	0,650 kW
krátkodobý maximální výkon	0,95 kW
jmenovité výstupní napětí AC	230 V / 50 Hz
jmenovité výstupní napětí DC	12 V / 8 A
motor	2taktní jednoválec
palivo	benzin BA 85 , nádrž 4,2 l
spotřeba	0,5 l/hod
zdvihový objem	63 ccm
hlučnost	88 dB (A)

Další údaje, zejména odchylky od jmenovitých hodnot výrobce neuvádí

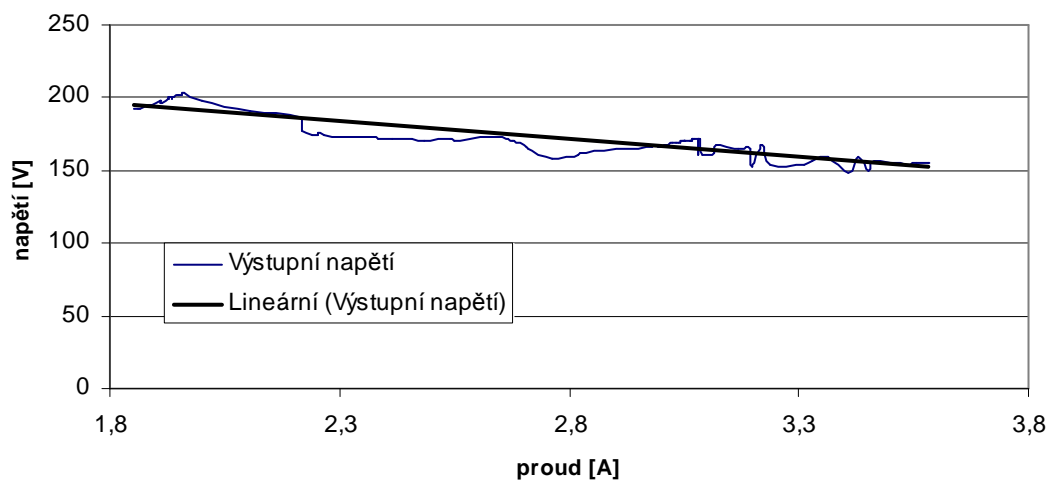


Obr. 1 foto agregátu

3. Změřené parametry

Jako první byla změřena zatěžovací charakteristika generátoru, tj. závislost výstupního napětí a frekvence na zatěžovacím proudu. Při tomto měření byla ponechána původní regulace mechanickým regulátorem ovládající škrticí klapku. Závislost je vynesena na obr. 2.

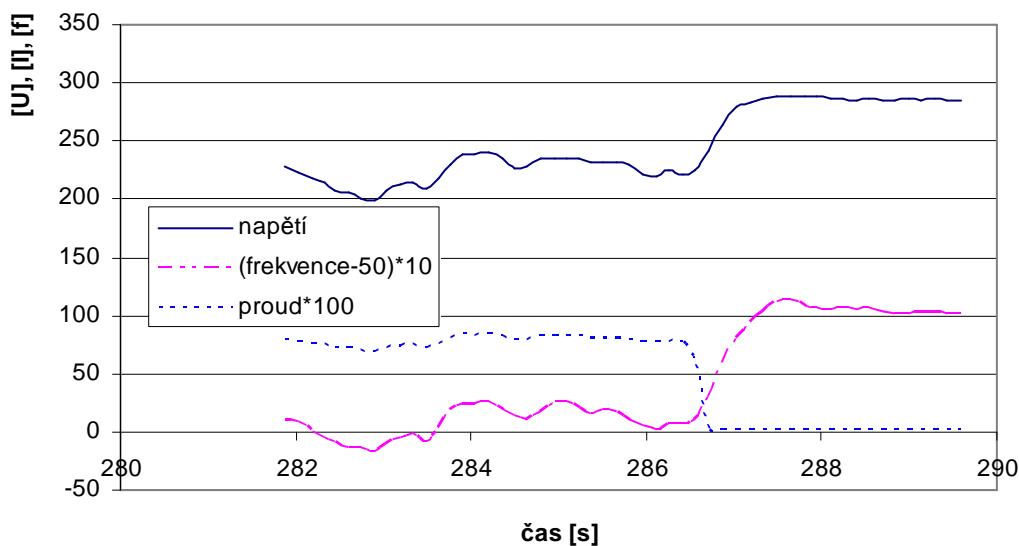
Zatěžovací charakteristika



Obr. 2 zatěžovací charakteristika

Na obrázku 3 je odezva generátoru s odpojeným regulátorem na změnu zátěže (odlehčení). Poloha škrticí klapky byla nastavena tak, aby při 40 % výkonu byly nastaveny nominální otáčky 3000 1/min pro 50 Hz.

Odezva při změně zátěže bez regulace

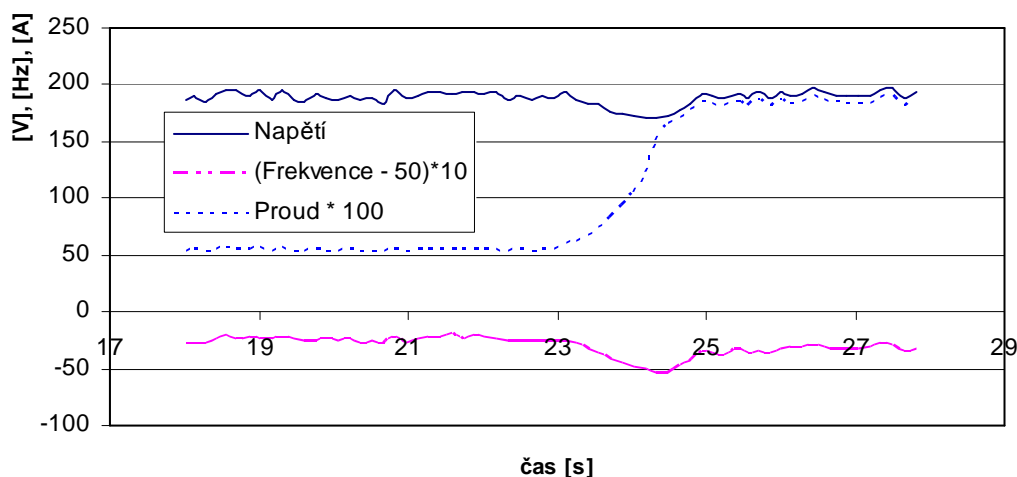


Obr. 3 odezva generátoru na změnu zátěže bez regulátoru

Poslední změřená charakteristika ukazuje odezvu regulovaného generátoru na skokové připojení zátěže. Kromě těchto základních měření byla orientačně změřena účinnost. Motor-

generátor byl zatížen po dobu 10 minut výkonem 500 W a změřena spotřeba paliva, která činila 451 g benzínu BA85. To při uvažovaném spalném teple 41,3 MJ/kg představuje účinnost 9,7 %.

Odezva na změnu zátěže s regulátorem



Obr. 2 odezva na skok zátěže

4. Závěr

Jak je z uvedených charakteristik patrné vyhovuje stabilita parametrů výstupního napětí generátoru jen pro nenáročná použití, zejména co se týká stability výstupního napětí a jeho frekvence. Při měření přechodových charakteristik došlo náhodně k trvalému běhu při zvýšených/snížených otáčkách a zvýšenému/sníženému výstupního napětí. Tato závada byla způsobena vážnutím mechanického regulátoru. Rovněž byla pozorovatelná trvalá odchylka závislá na zatížení, zřejmě způsobená mechanickým regulátorem bez integrační složky. Pro vyřešení těchto problémů je navrženo sestrojení elektronického regulátoru otáček. Pro řešení kolísání parametrů výstupního napětí by bylo nejsnazší řešení použít motor se setrvačником, který by byl schopný dodat/absorbovat energii v přechodových stavech. Toto řešení je však z praktických důvodů nepoužitelné, proto navrhuje použít elektronický regulátor výstupního napětí s kondenzátorem, jako akumulátorem energie.

Acknowledgement

Práce vznikla v souvislosti s činností autora na Výzkumném záměru č. MSM6840770035, Rozvoj ekologicky šetrné energetiky.

References

[1] Uživatelský manuál pro elektrocentrálu Asist AE8G95-F, Vision France 2007

Kontaktní adresa

Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, Praha 6,
Jan.Chysky@fs.cvut.cz

KOMBINACE TAKTILNÍCH ČIDEL A UMĚLÉ INTELLIGENCE

Tactile Sensors and Artificial Intelligence

Ing. René Neděla

Abstract: In this article you can see some examples of combination Tactile Sensors and Artificial Intelligence..

Key words: Tactile Sensors, Tactile Information, Using Tactile Sensors, Artificial Intelligence.

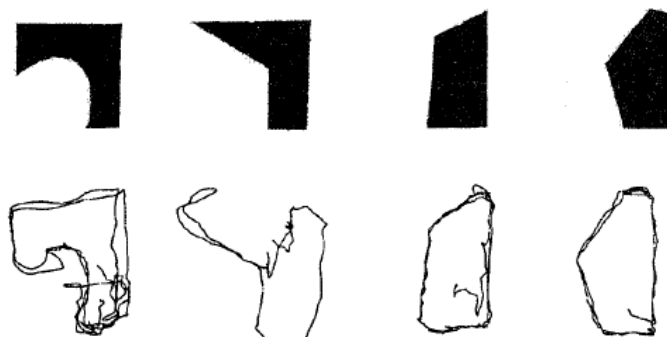
1. Úvod:

V tomto článku se budu snažit uvést několik zajímavých projektů, u nichž nalzáme spojení taktilních čidel a umělé inteligence. Jsou zde popsány metody umělé inteligence, které ve spojení s čidly tvoří dokonalejší nástroj při získávání informací, které jinou metodou nejdou získat.

2. Zajímavé projekty:

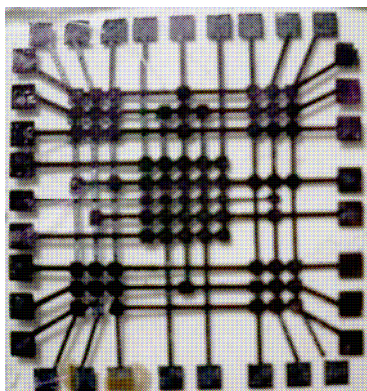
První článek [1], který zde uvádím na první pohled s umělou inteligencí vůbec nesouvisí, ale opak je pravdou. Ne čínské univerzitě v Harbinu se zabývají konstrukcí robotů a taktilních čidel v tomto článku popisují konstrukci podvodního robotu u něhož bylo nutné vyvinout speciální konstrukci podvodního robotu i taktilních čidel. Čidlo bylo vytvořeno z optických vláken. Pro testování byl vytvořen statický i dynamický model, který byl nejdříve výpočtem a poté simulací ověřen. Pro ověření dynamického modelu a pro zlepšení vlastností čidla byla použita neuronová síť. V dalším článku [2] je uváděn speciální případ čidla, který má inteligentní vousky na detekci a rozpoznávání objektů. Něco podobného můžeme nalézt u zvířat, kdy na zvířecím čumáku jsou velké chlupy, které pomáhají při detekci a rozpoznávání prostředí popřípadě nepřítele. Čidlo se skládá z jednotlivých měřících elementů, každý obsahuje pružný vous, který je vyroben ze slitiny titanu a niklu. Vrchní vrstva vousu je opatřena syntetickou gumovou vrstvou. Rozpoznávání probíhá ve dvou fázích. V první fázi

je čidlem rozpoznáno, který vous je deformován (deformace probíhá na gumové vrstvě). Ve druhé fázi je detekována velikost a pozice kontaktního předmětu. Toto rozpoznávání je realizováno kombinací aktivních vousů. Obě fáze jsou realizovány pomocí neuronových sítí. Neuronové sítě jsou nejdříve naučeny pro jednotlivé kroky rozpoznávání a poté jsou experimentálně a numericky testovány. S rozvojem robotiky je potřeba konstruovat inteligentnější senzory. V [3] můžeme vidět řešení problematiky chybných dat u taktilních čidel. Pomocí neuronových sítí se potlačují chybná naměřená data ze snímače a naopak se snaží vyzdvihnout správná naměřená data. Na první pohled se tato technika jeví jako velice jednoduchá nicméně je nutné zároveň řešit problematiku šumu. Je zde demonstrován prototyp neuronové sítě a je vedena diskuse o využití. Článek [4] se zabývá problematikou zápisu dat z hardware. Je řešeno metodou, která je založena na učení back-propagation neuronovém síťovém modelu. Jsou zde řešeny dva problémy a to výzkum a vývoj taktilních čidel a poté získávání informací a zpracování dat z modelu neuronových sítí. Snaha je automatického rozpoznávání dotykové síly. V [5] je řešen fuzzy algoritmus pro získávání dat z taktilních čidel. Je zde nastíněna kalibrace a trénování a je zde ukázáno, že při malém šumu lze dostat velice přesná data z čidla. Práce [6] se zabývá uchopování předmětu. Neuronová síť s jednou skrytou vrstvou je trénována pomocí back-propagation na rozpoznávání úhlu uchopení mezi cylindrickým prstem a uchopovaným předmětem. [7] Opět je zde řešeno uchopování předmětu. V prvé řadě je trénováno uchopování jednoduchých předmětů. Poté je snaha rozpoznat a uchopit neznámé předměty, vše pomocí dvouprsté ruky robota. Příklady předmětů na rozpoznávání a vlastní rozpoznávání jsou na obr.1.

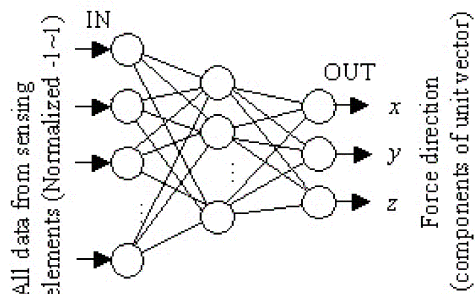


Obr. 1 Příklady rozpoznávaných objektů

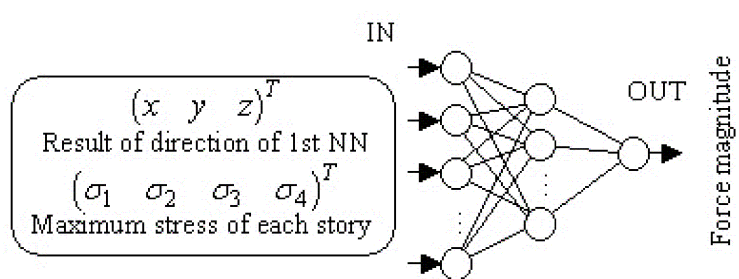
Síla uchopení je zpracovávána pomocí třívrstvé MLP neuronové sítě. Dále jsou zde používány ART neuronové sítě na detekci a rozpoznávání. V dalším článku [8] můžeme vidět konstrukci taktilního čidla, který je složen ze čtyř vrstev. Jedna vrstva je na obr.2. V tomto případě jsou použity neuronové sítě na rozpoznávání. Schéma neuronové sítě je zobrazeno na obr.3. Pro rozpoznávání směru síly dotyku byla použita neuronová síť s 676 vstupních vrstev, 20 skrytých vrstev a 3 výstupní vrstvy. Pro rozpoznávání vektoru síly dotyku bylo použito 7 vstupních vrstev, 169 skrytých vrstev a 1 výstupní vrstva schéma na obr. 4.



Obr. 2 Vrstva taktilního čidla

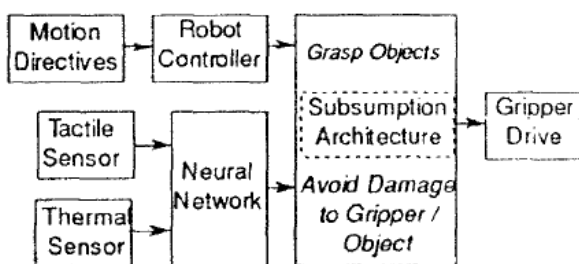


Obr. 3 Schéma neuronové sítě pro rozpoznávání směru síly dotyku

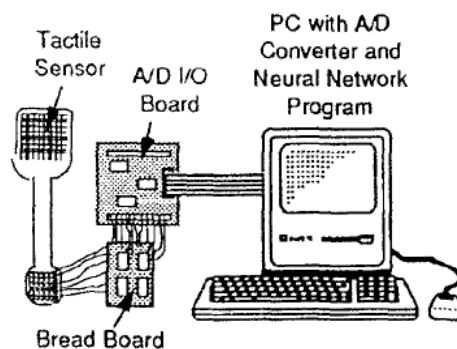


Obr. 4 Schéma neuronové sítě pro rozpoznávání vektoru síly dotyku

V [9] je snaha o integraci do jednoho systému taktilní čidlo a procesor s neuronovou sítí. Na obr 5. můžeme vidět schéma systému. Na obr.6 poté schéma experimentálního pracoviště.

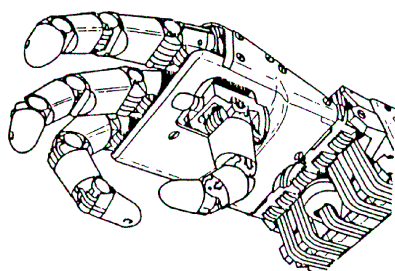


Obr. 5 Kontrolní schéma systému



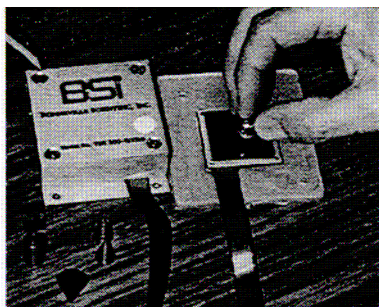
Obr. 6 Schéma experimentálního pracoviště

Neuronová síť v tomto případě obsahovala 16 vstupů ve vstupní vrstvě, jednu skrytou vrstvu a 3 výstupy. [10] V této práci je řešena konstrukce čidla pro umělou ruku na obr.7. Čidlo je tvořeno elektrodami a tenkou odporovou vrstvou. Je rozpoznávána statická síla, dynamická síla a smyk. Vše pomocí MLP vícevrstvé neuronové sítě.



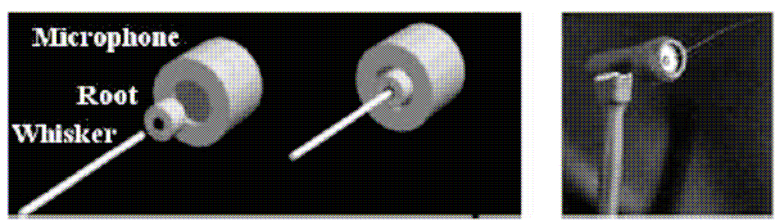
Obr. 7 Konstrukce umělé ruky

V [11] je řešeno rozpoznávání pomocí chytrých textilií. Je zde řešena detekce, orientace a identifikace předmětu. Na obr.8 můžeme vidět konstrukci čidla. Základem tohoto projektu bylo rozpoznání 6-ti předmětů. Vše bylo realizováno pomocí neuronových sítí. Úspěšnost rozpoznávání byla 83%.



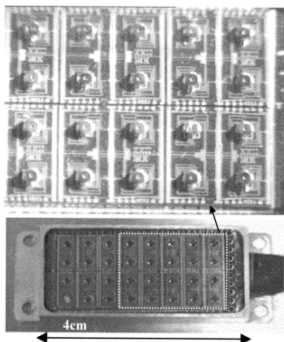
Obr. 8 Konstrukce čidla

[12] Tento článek se zabývá konstrukcí taktilního čidla pro víceprstou ruku robota a uvádí algoritmus pro vytvoření a implementaci neuronové sítě do systému. [13] Zde jsou uvedeny různé příklady neuronových (Kohonen, Hopfield,...) sítí při rozpoznávání a zpracování obrazů. V práci [14] je popisován adaptivní systém tvořený taktilním čidlem, které k rozpoznávání používá akustický signál a poté adaptabilní neuronovou síť. [15] Zde je publikována zajímavá konstrukce čidla, za jehož vývojem stojí chloupky pavouků a škorpiónů. Pavouk používá chloupky k rozpoznávání zvukových signálů a škorpión ke hmatu. Pro rozpoznávání různých signálů jsou použity různé neuronové sítě. Konstrukce čidla obr.9 je tvořena mikrofonem a vláknem.

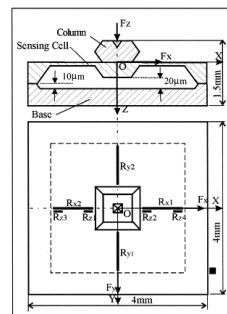


Obr. 9 Konstrukce čidla

[16] Zde je uvedeno tříosé MEMS taktilní čidlo s velkým rozsahem zatěžovací síly (vertikální do 50 N a horizontální do ± 10 N). Rozpoznávání síly je pomocí natrénovaných neuronových sítí. Na obr. 10 je zobrazena konstrukce čidla a na obr.11 schéma snímacího členu.

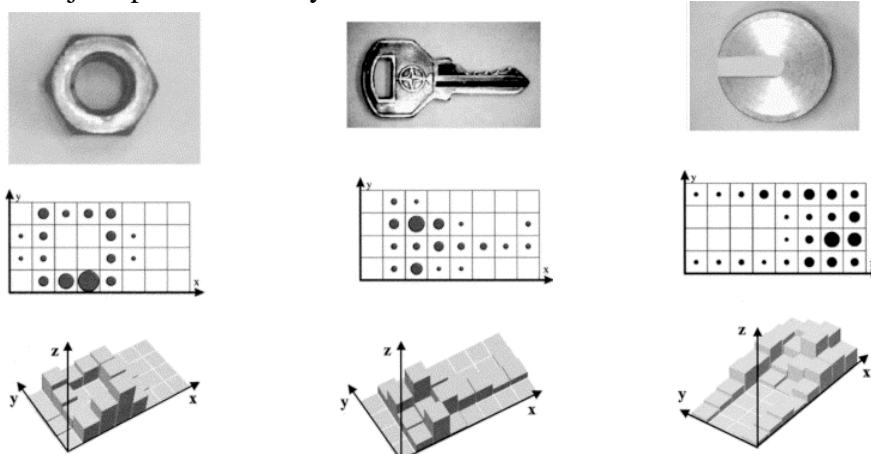


Obr. 10 Konstrukce čidla



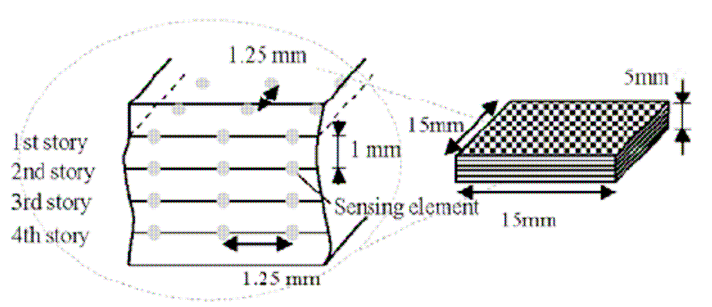
Obr. 11 Schéma snímacího členu

Výsledky měření jsou poté zobrazeny na obr. 12.



Obr. 12 Výsledky měření

[17] V tomto článku je opět řešen projekt s čtyřvrstevným taktilním čidlem. Schéma konstrukce vrstev a snímací elementy můžeme vidět na obr. 13.



Obr. 13 Schéma vrstev a snímací elementy

Hlavním cílem bylo porovnání rozpoznávací schopnosti jednovrstvého a čtyřvrstvého čidla. Rozpoznávání bylo opět prováděno pomocí vícevrstvé neuronové sítě. Výsledky měření jsou zobrazeny v tab.1 a 2.

Tab. 1 Výsledky rozpoznávání při použití jednovrstvého čidla

Output	Unknown input						
	Circle	Doughnut	Ellipse	Octagon	Square	Star	Triangle
Circle	0.45	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00
Doughnut	0.00	0.99	0.00	0.74	0.00	0.02	0.00
Ellipse	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Octagon	0.89	0.00	0.24	0.03	0.03	0.00	0.00
Square	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.26	0.00
Star	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.38
Triangle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Tab. 2 Výsledky rozpoznávání při použití čtyřvrstvého čidla

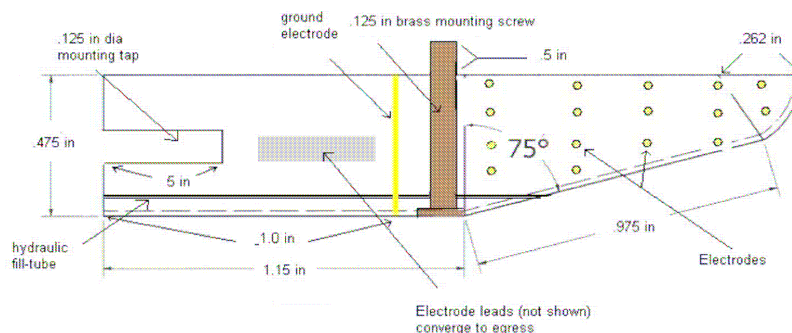
Output	Unknown input						
	Circle	Doughnut	Ellipse	Octagon	Square	Star	Triangle
Circle	0.95	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Doughnut	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ellipse	0.00	0.00	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Octagon	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Square	0.01	0.00	0.01	0.00	1.00	0.00	0.00
Star	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01
Triangle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Cílem tohoto projektu [18] je konstrukce taktilního čidla na umělé prsty ruky robota SARCOS obr.14.



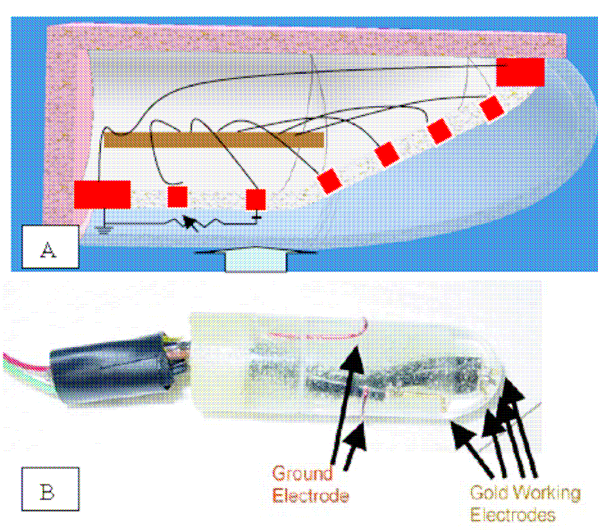
Obr.14 Ruka robota SARCOS

Finální podoba konstrukce umělého prstu je na obr.15. Prst je tvořen tuhým jádrem, které je



Obr.15 Schéma konstrukce umělého prstu

zalito tekutinou a překryto ochrannou elastickou vrstvou (něco jako kůže u člověka). Vrchní vrstva je odolná proti opotřebení a obsahuje texturu stejně jako lidský prst obr.16.



Obr.16 A) Schéma a B) konstrukce umělého prstu

Prototyp obsahoval čtyři snímací elektrody. Pro zjišťování intenzity síly byla použita kombinace MLP vícevrstvé neuronové sítě a sítě s radiální bází. Pro mapování centra síly byla použita Kohonen neuronová síť.

3. Závěr:

Jak je vidět vazba umělá inteligence hraje při konstrukci taktilních čidel velkou roli. Velice hojně se můžeme setkat s různými druhy neuronových sítí, které jsou používány

například při detekci, rozpoznávání, testování a učení. Dále je možné použít různé metody umělé inteligence při zpracovávání dat z čidel, jak tomu například bylo u článku [5], kde se Fuzzy algoritmus používal k potlačení chybných naměřených hodnot a naopak k vyzdvižení správných.

Do budoucnosti je jisté, že snaha kombinace umělé inteligence a taktilních čidel bude ještě hojnější neboť obě problematiky skrývají velkou škálu možností využití v různých technologiích.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 6840770015.

Použitá literatura

- [1] Ding-zhong Tan, Qi-ming Wang, Rui-han Song, Xin Yao, Yi-hua Gu: *Optical fiber based slide tactile sensor for underwater robots, vol. 7, page 122-126*, Harbin Engineering University
- [2] Tachiya Hiroshi (Fac. of Technol., Kanazawa Univ.), Kamenno Seiji (Fac. of Technol., Kanazawa Univ.): *A Basic Study on the Tactile Sensor with Multi Artificial Whiskers. Recognition on the Types, Shapes and Positions of Contact Objects., vol. 66, page 3336-3343*, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers
- [3] Yagyensh C. Pati: *Neural Networks for Low Level Processing of Tactile Sensory Data*, Maryland University College Park Systems Research Center
- [4] Brett P. N, Li Z: *A Tactile Sensing Surface for Artificial Neural Network Based Automatic Recognition of the Contact Force Position*: Professional Engineering Publishing
- [5] L. Carotenuto, D. Famularo, P. Muraca, G. Raiconi: *A Fuzzy Classifier for Tactile Sensing: vol.20, page 71-86*, Journal of Intelligent and Robotic Systems
- [6] Worth, A.J, Spencer, R.R: *A neural network for tactile sensing: the Hertzian contact problem: vol. 22, page 177 – 182*, Systems, Man and Cybernetics, IEEE
- [7] F. Germagnoli, G. Mageses: *A Neural Network-Based System for Tactile Exploratory Tasks*: 1996 International Workshop on Neural Networks for Identification, Control, Robotics, and Signal/Image Processing (NICROSP '96)
- [8] Seiji Aoyagi, Takaaki Tanaka: *Proposal of a Micromachined Tactile Sensor Having Four Stories and Its Information Processing Method using Module Networks*: Department of Systems Management Engineering, Kansai University

- [9] Kemme, David A, McDonnell, John R.: *A Testbed for Autonomous Reflexive Grasping*: Naval Command Control and Ocean Surveillance Center, San Diego
- [10] Nering, Jeffery D.: *Design of an Artificial Neural Network Based Tactile Sensor for the UTAH/MIT Dexterous Hand*: Air Force Indy of Tech Wright – Patterson School of Engineering
- [11] R. Andrew Russell: *Object Recognition by a 'Smart' Tactile Sensor*: Department of Electrical and Computer Systems Engineering Monash University, Clayton
- [12] Pati, Y. C., Friedman, D. , Krishnaprasad, P. S. , Yao, C. T. , Peckerar, M. C. ,Yang, R. ,Marrian, C. R.: *Neural Networks for Tactile Perception*: Maryland Univ College Park Systems Research Center
- [13] M. Egmont-Petersen, D. de Ridder, H. Handrle: *Image processing with neural networks—a review*: Pattern Recognition
- [14] Susic, E., Grabec, I.: *Recognition of Surfaces from Tactile Acoustic Emission Signals*: American Society for Nondestructive Testing
- [15] Poramate Manoonpong: *Neural Processing of Auditory-Tactile Sensor Data to Perform Reactive Behavior of Walking Machines*: IEEE International Conference on Mechatronics and Robotics (MechRob' 04)
- [16] Tao Mei, Wen J. Li, Yu Ge, Yong Chen, Lin Ni, Ming Ho Chan: *An integrated MEMS three-dimensional tactile sensor with large force range*: Sensors and Actuators
- [17] Daisuke Ono, Tsuyoshi Fukutani, Seiji Aoyagi: *Development of an Arrayed Tactile Sensor Having Four Stories and Recognition of Contact State Using Neural Network*: Kansai University
- [18] Nicholas Wettels, Djordje Popovic, Veronica J. Santosand Gerald E. Loeb.: *Biomimetic Tactile Sensor for Control of Grip*: University of Southern Kalifornia

VEKTOROVÉ ŘÍZENÍ VYSOKOotáčkového SYNCHRONNÍHO STROJE

Vector Control of High-Speed Synchronous Motor

Martin Novák

Abstrakt: Paper deals with torque control of high speed permanent magnet synchronous motor. Control structure which includes regimes with both full magnetic flux and flux weakening is described. Paper describes the research working place and presents test results achieved on 40 000 rev/min permanent magnet synchronous motor.

Key words: synchronous motor, vector control, high speed motor

1. Úvod

Technicky a zejména ekonomicky zajímavou možností pro výrobu tepla a současně elektrické energie je kogenerace. Při kogeneraci se využívá zdroj energie (např. spalovací motor, turbína) ke generování mechanické energie, která pohání generátor, a současně je odpadní teplo využíváno jako zdroj elektrické energie. Touto kombinací dochází ke zvýšení účinnosti celého procesu a snížení provozních nákladů na vytápění objektů. V současné době pomalu nastupující technologií je využití mikroturbíny ke kogeneraci. Výhodné je využít vysokorychlostních mikroturbín. Mikroturbína se vyznačuje relativně malým výkonem – ve srovnání např. s leteckými turbínami – řádově jednotky kW a vysokými otáčkami – okolo 100 tis. otáček/min. Zařízení se dále skládá z vysokorychlostního generátoru elektrické energie. Generátor je synchronní stroj s permanentními magnety nebo s budícím vynutím. Tento článek se dále zabývá vektorovým řízením takového vysokorychlostního stroje, který může pracovat jako motor (např. pro startování turbína) i jako generátor.

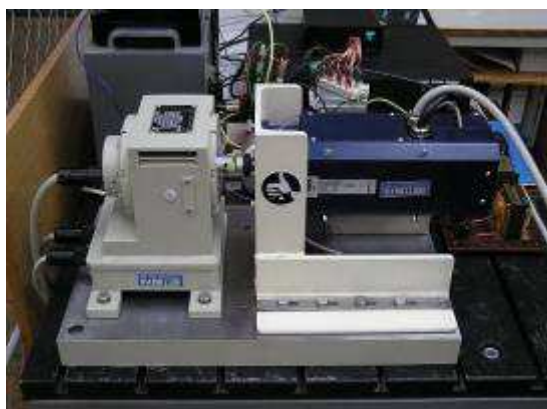
2. Výzkumné pracoviště

Pro účely výzkumu a testování statických a dynamických vlastností vysokorychlostního pohonu se synchronním motorem s permanentními magnety bylo postaveno speciální zkušební pracoviště, navržené a realizované experimentální HW pro řízení. Testy HW byly prováděny na vysokootáčkovém frekvenčně řízeném asynchronním dynamometru 2,3kW, 350V, 70 000min⁻¹, 0,3Nm, dvoupólovém testovacím rychloběžném synchronním motorem s permanentními magnety 2,9kW, 400V, 40 000min⁻¹, 0,7Nm (obr.1). Vyvinutý HW se skládá z IGBT střídače (obr. 2), mikroprocesorového regulátoru synchronního motoru (obr.3) a

systemu pro vyhodnocení točivého momentu s tenzometrickým snímačem. Na základě doporučení výrobce motoru byly pro zmenšení zvlnění proudu synchronního motoru do série se statorovými vinutími zařazeny tlumivky s indukčností 2,4 mH. Synchronní motor má integrovaný dvoupólový resolver pro snímání úhlového natočení rotoru. Pro vyhodnocení úhlového natočení rotoru byla vyvinuta elektronická jednotka, která generuje budící signál resolveru 10kHz a poskytuje dvanáctibitové rozlišení polohy – 4096 poloh na otáčku. Po resetu regulátoru a v klidových stavech se přenáší informace o absolutní poloze rotoru do regulátoru prostřednictvím sériové sběrnice, při chodu pohonu se přenášejí informace o relativní poloze ve formě signálu IRC snímače. Další informace o systému snímání úhlového natočení jsou uvedeny v [2].

Při úvodních zkouškách byl k regulaci momentu použit systém s DSP TMS320F240. Při zkouškách v celém otáčkovém rozsahu 0 – 40 000 min⁻¹ byl použit DSP regulátor na bázi TMS320F2812. Spínací frekvence střídače byla při zkouškách s prvním řídicím systémem 5kHz, při zkouškách s novým řídicím systémem v celém otáčkovém rozsahu byla spínací frekvence 10kHz a frekvence výpočtu regulační struktury momentu 15kHz.

Při budování soustrojí nebyl dostupný dynamometr výkonově a otáčkově sladěný se zkoušeným motorem. Proto mohl být motor zatěžován jen přibližně do čtvrtiny jmenovitého momentu. I tak však bylo možno dobře ověřit možnosti pohonu.



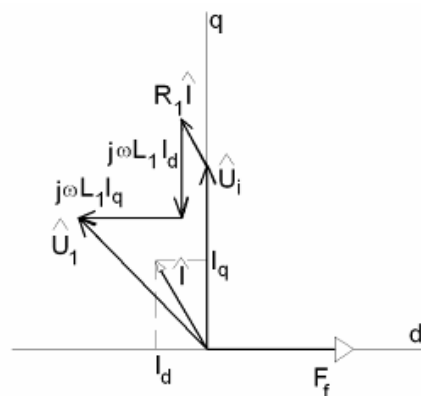
Obr.1 Rychloběžné soustrojí s asynchronním dynamometrem (vlevo) a synchronním motorem (vpravo)



Obr.2 Experimentální IGBT střídač pro vysokootáčkový pohon



Obr.3 DSP regulátor vysokootáčkového pohonu s TMS320F2812 s přídatnou kartou pro vyhodnocení úhlového natočení rotoru



Obr.4 Fázorový diagram synchronního stroje při regulaci momentu

3. Teoretický rozbor regulace moment

Ve sledované aplikaci vycházíme ze standardních metod používaných u pohonů s PMSM. Metody pro regulaci momentu synchronních strojů vycházejí ze základního vztahu:

$$M = 1.5 \cdot p_p \cdot (F_d \cdot i_q - F_q \cdot i_d) \quad (1)$$

F_d je složka magnetického toku v ose d, F_q je složka magnetického toku v ose q, i_d je složka proudu statoru v ose d, i_q je složka proudu statoru v ose q, p_p je počet pólových dvojic stroje. S použitím rovnic matematického modelu synchronního stroje lze tento vztah dále rozepsat do tvaru:

$$M = 1.5 \cdot p_p \cdot [(F_f + L_d \cdot i_d) \cdot i_q - L_q \cdot i_q \cdot i_d] = 1.5 \cdot p_p \cdot i_q \cdot (F_f + L_d \cdot i_d - L_q \cdot i_d) \quad (2)$$

F_f je magnetický tok rotoru, L_d je podélná indukčnost statorového vinutí a L_q je příčná indukčnost statorového vinutí. Jestliže pracuje stroj s plným magnetickým tokem, je složka proudu statoru i_d nulová a pro moment dostáváme vztah:

$$M = 1.5 \cdot p_p \cdot F_f \cdot i_q \quad (3)$$

Rovnice (3) vyjadřuje analogii se stejnosměrným strojem. Regulaci proudu a momentu synchronního stroje je možno provádět buď v transformovaných souřadnicích nebo regulací okamžitých hodnot fázových proudů ve vazbě na okamžitou polohu rotoru. V tomto případě je v režimu s plným magnetickým tokem generována žádaná hodnota proudu v dané fázi tak, že amplituda proudu v dané fázi nastává v okamžiku, kdy je rotor v kolmém postavení na osu vinutí této fáze. Žádané hodnoty proudů v jednotlivých fázích jsou posunuty vzájemně o 120° a jejich okamžitý úhel je dán polohou rotoru. Prostorový vektor proudu statoru předbíhá rotor o 90° . Regulace momentu prostřednictvím regulace okamžitých hodnot proudů ve fázích statoru byla implementována a testována ve spojení s regulátorem na bázi TMS320F240 při otáčkách do 10 000 min⁻¹. Po doplnění adaptace parametrů regulátorů a predikce určení akčních veličin – referenčních hodnot napětí na vstupech PWM modulátoru bylo dosaženo dobrých výsledků. Výsledky byly publikovány v [1]. V režimu se zeslabeným magnetickým tokem předbíhá prostorový vektor proudu statoru indukované napětí. Obecně, pro režim se zeslabeným magnetickým tokem a pro $L_d=L_q=L_1$, vystihuje situaci fázorový diagram na obr. 4. V případě režimu s plným magnetickým tokem je $i_d = 0$ a prostorový vektor proudu statoru leží v ose q. V obr.4 je R_1 odpor vinutí statoru, U_1 napětí statoru a U_i je indukované napětí.

4. Struktura regulace momentu a její implementace

Struktura regulace momentu PMSM použitá při zkouškách vysokootáčkového pohonu do 40 000min⁻¹ a implementovaná v regulátoru na bázi TMS320F2812 pracuje v pravoúhlé soustavě souřadnic d, q ve spojení s příslušnými transformačními bloky. Blokové schéma struktury je uvedeno na obr. 5. Jádrem regulační struktury představuje lineární vektorovou regulaci momentu synchronního motoru v pravoúhlé souřadnicové soustavě. Odděleně se reguluje momentotvorná složka statorového proudu i_q , jejíž žádaná hodnota je vypočtena ze

zadaného momentu a tokotvorná složka statorového proudu i_d , jejíž žádaná hodnota je v režimu s plným magnetickým tokem nulová. Skutečné hodnoty složek i_q , i_d jsou vypočteny z naměřených hodnot fázových proudů motoru s využitím informace o okamžitém úhlovém natočení rotoru φ podle standardních vztahů:

$$i_\alpha = i_U \quad i_\beta = \frac{i_V - i_W}{\sqrt{3}} = \frac{i_U + 2i_V}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

$$i_d = i_\alpha \cos \varphi + i_\beta \sin \varphi$$

$$i_q = -i_\alpha \sin \varphi + i_\beta \cos \varphi$$

Výstupy regulátorů složek i_q , i_d představují složky statorových napětí u_q , u_d . Tyto složky jsou v transformačních blocích přepočítány na referenční hodnoty fázových napětí opět s využitím informace o okamžitém úhlu φ podle standardních vztahů:

$$u_\alpha = u_d \cos \varphi - u_q \sin \varphi$$

$$u_\beta = u_d \sin \varphi + u_q \cos \varphi \quad (5)$$

$$u_U = u_\alpha$$

$$u_V = \frac{\sqrt{3} \cdot u_\beta - u_\alpha}{2}$$

$$u_W = -u_U - u_V$$

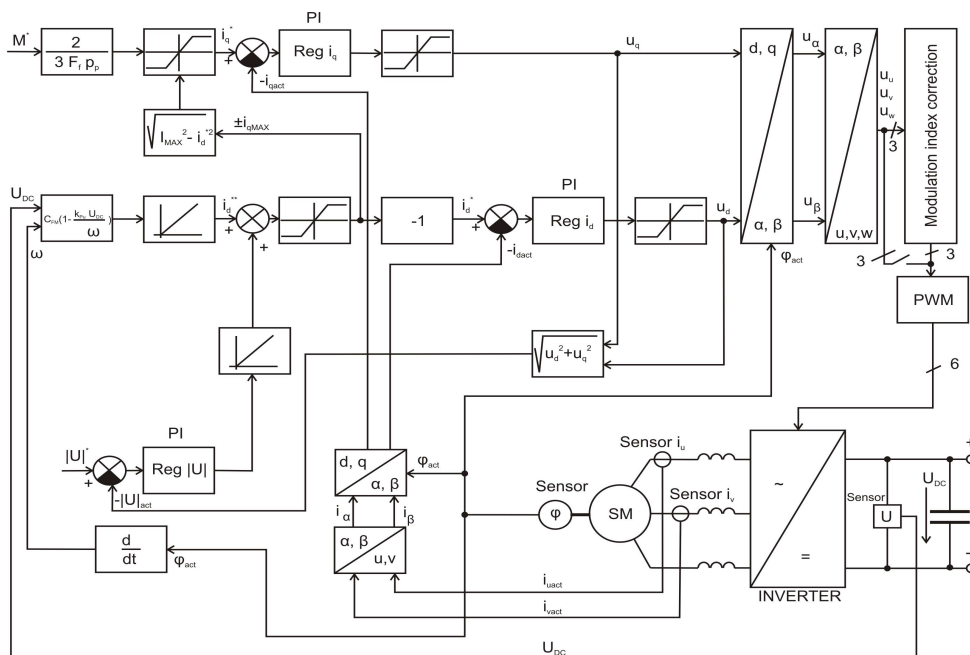
Základní regulační struktura je nadřazen algoritmus pro regulaci v režimu se zeslabeným magnetickým tokem. Systém v tomto režimu generuje nenulovou žádanou demagnetizační složku statorového proudu i_d^* tak velkou, aby se amplituda referenčních napětí zadávaných do PWM modulátoru udržovala na nastavené hodnotě (při zkouškách bylo nastaveno přibližně 85% maximální hodnoty). Žádaná hodnota i_d^* je určena jako součet výstupu PI regulátoru amplitudy vstupních referenčních napětí PWM modulátoru a výpočtového bloku, který určuje velikost i_d^{**} výpočtem pro případ chodu naprázdno, tj. pro kompenzaci té části indukovaného napětí motoru, která převyšuje maximální výstupní napětí střídače pro dané vstupní stejnosměrné napětí střídače a pro dané otáčky. Přírůstek indukovaného napětí, který je po přechodu do režimu se zeslabeným magnetickým tokem potřeba eliminovat složkou i_d^{**} je dán vztahem:

$$\Delta U_i = L_d \cdot i_d \cdot \omega = k_\Phi \cdot F_f \cdot (\omega - \omega_{pr}) \quad (6)$$

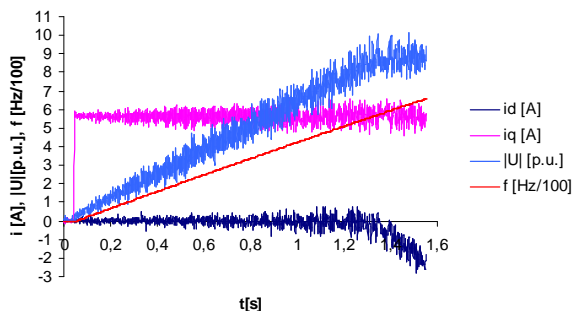
V tomto vztahu je L_d indukčnost statoru, ω je mechanická úhlová rychlost, k_Φ je konstanta motoru určující závislost mezi indukovaným napětím, magnetickým tokem rotoru a otáčkami a ω_{pr} je úhlová rychlost, při které nastává přechod do režimu se zeslabeným tokem při daném vstupním napětí střídače ve stavu na-prázdko.

5. Příklady výsledků testovacích měření

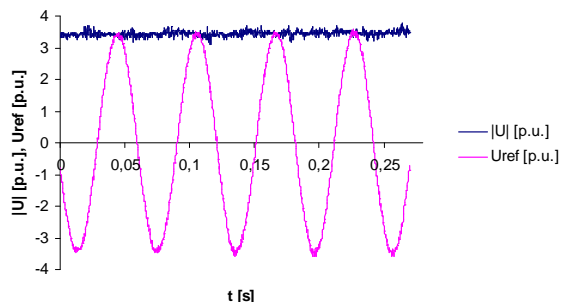
V následujícím odstavci je uvedeno několik průběhů, které byly naměřeny na realizovaném experimentálním pohonu. Byly prováděny zejména zkoušky, při kterých se motor rozbíhal naprázdno při různých momentech a dále zkoušky při zatížení, při kterých byly otáčky udržovány na konstantní hodnotě prostřednictvím zpětnovazební smyčky dynamometru.



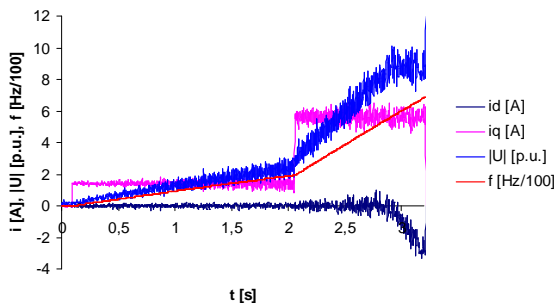
Obr.5 Bloková struktura regulace momentu vysokootáčkového pohonu



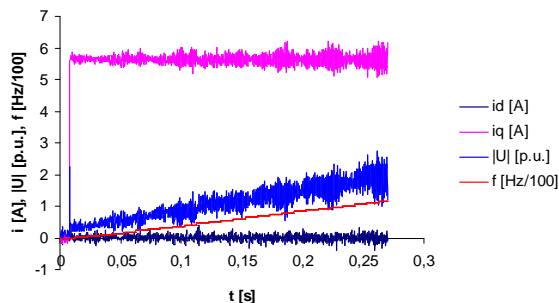
Obr.6 Průběhy složek i_d , i_q , amplitudy referenčního napětí a otáček (frekvence) při rozběhu naprázdno na $40\,000\text{ min}^{-1}$ při momentu $0,44\text{Nm}$ bez korekce modulačního indexu



Obr.7 Časový průběh referenčního napětí zadávaného do PWM modulatoru a amplitudy první harmonické – bez korekce modulačního indexu



Obr.8 Průběhy složek i_d , i_q , amplitudy referenčního napětí a otáček (frekvence) při rozběhu na-prázdně na $40\,000\text{ min}^{-1}$ při momentu $0,11\text{Nm}$ následně změněném na $0,44\text{Nm}$



Obr.12 Detail zahájení rozběhu pohonu naprázdno při momentu $0,44\text{Nm}$

Na obr. 6 jsou uvedeny průběhy veličin pohonu při rozběhu naprázdno z 0 na 40 000 min⁻¹ při momentu 0,44Nm ($i_q=5,7A$) bez korekce zvyšující modulační index. Fialovou barvou je znázorněn průběh skutečné hodnoty složky i_q , tmavě modrou barvou je znázorněn průběh skutečné hodnoty složky i_d , průběh otáček je znázorněn červeně (v měřítku Hz/100), průběh amplitudy referenčního napětí zadávaného do PWM modulátoru v poměrných jednotkách (maximum=10) je modrý. Z obrázku 7 jsou zřejmé průběhy referenčních napětí na vstupu PWM modulátoru bez korekce modulačního indexu. Na obrázku 8 je příklad dalších průběhů složek i_d , i_q , amplitudy referenčního napětí a otáček při rozbězích naprázdno – bez korekce modulačního indexu. Při těchto rozbězích byla měněna žádaná hodnota momentu, to se projeví i na změně rychlosti vzrůstu otáček. Na obrázku 9 je detail průběhů veličin pohonu sejmuté v krátkém čase. Na obr. 9 je detail zahájení rozběhu naprázdno při momentu 0,44Nm (i_d , i_q , amplituda referenčního napětí a otáčky).

6. Závěr

Výsledky testovacích měření uvedené v předcházejícím odstavci dokládají plnou funkčnost a dobré regulační vlastnosti pohonu. Pouze při velmi rychlých rozbězích se projeví určité zpoždění regulační smyčky amplitudy referenčního napětí. Vzhledem k tomu, že jedná jen o vysoce dynamické stavy a ve sledované aplikaci se nepředpokládá velká míra využití režimu se zeslabeným magnetickým tokem, není toto zpoždění regulační smyčky zásadním problémem.

Acknowledgement

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu MSM6840770035

References

- [1] Čerovský Z., Novák J., Novák M., Čambál M.: Digital Controlled High Speed Synchronous Motor, Conference EPE PEMC, Poznaň, Polsko 2008.
- [2] Čambál, M. - Novák, M. - Novák, J.: Study of Synchronous Motor Rotor Position Measuring Methods. 13th International Conference on Electrical Drivers and Power Electronics. Zagreb, Chorvatsko: KoREMA, 2005
- [3] Lettl, J., Fligl, S.: Matrix Converter in Hybrid Drives. Sborník z 8th International Conference "Problems of Present-day Electrotechnics, PPE 2004", Vol. 3, , Kyiv, 2004

Kontaktní adresa

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky, odbor elektrotechniky, Technická 4, 166 07 Praha, Česká republika, tel: +420 2 2435 2573, E-mail: Martin.Novak2@fs.cvut.cz

NÁVRH A REALIZACE OVLÁDÁNÍ DYNAMOMETRU V PROSTŘEDÍ CONTROLWEB

Proposal and realization of dynamo control by ControlWeb

Ing. Ondřej Stanke

Abstrakt: Návrh a realizace programu pro ovládání měniče dynamometru pomocí softwarového prostředí ControlWeb. Připojení vhodných snímačů a jejich využití při řízení dynamometru. Využití celé aplikace pro měření parametrů dalších strojů se zaměřením na soustavu mikroturbína plus vysokootáčkový synchronní generátor.

Klíčová slova: Řízení, Dynamometr, Mikroturbína, Vysokootáčkový synchronní generátor, ControlWeb.

1. Úvod

Kompletní řešení dané úlohy vychází ze zadání doktorské práce, jež se zabývá měřením parametrů v soustavě mikroturbíny a vysokootáčkového generátoru. Je tedy nutné vytvořit specializované pracoviště, které by požadované měření umožňovalo. Celá realizace výzkumného záměru tedy probíhá v několika postupných krocích. Rozbor již splněných kroků je obsahem tohoto příspěvku.

Postup řešení je tedy následující:

- Zprovoznění dynamometru jako celku (dynamometr + měnič dynamometru)
- Volba vhodných měřicích přístrojů (pro elektrické a mechanické parametry)
- Tvorba prostředí řízení a měření pro dotykový terminál (ControlWeb)
- Zprovoznění strojů určených k měření (servomotor, asynchronní motor)
- Implementace kompletního řešení měření

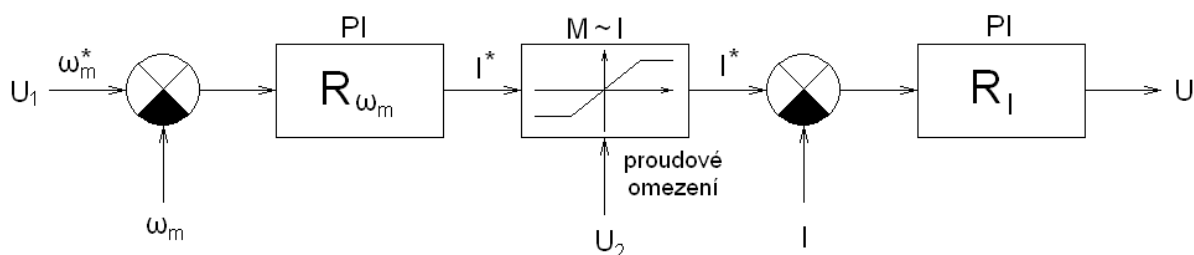
Mezi základní parametry strojů patří otáčky, moment, odebírané napětí, proud a výkon (příkon). Jedním z nejdůležitějších mechanických parametrů z pohledu bezpečnosti a životnosti jsou vibrace. Volba vhodných snímačů vibrací, způsob měření a vyhodnocování signálu jsou předmětem budoucího výzkumu.

2. HW vybavení

Součástí vybavení laboratoře elektrických strojů a pohonů fakulty strojní je nově zakoupený elektrický pracovní stůl. Zatím co spodní část je využita jako rozvaděč (jsou zde umístěny i příslušné měniče k jednotlivým strojům), horní část slouží jako ovládací panel. Ten umožňuje měření jak prostřednictvím běžných přístrojů (manuální přepínače, potenciometry, ručkové měřicí přístroje), tak s pomocí HMI rozhraní spojené s centrálním počítačem. Kompletní řídicí systém se nachází v zadní části stolu, za ovládacím panelem, a je mu věnována jedna z následujících podkapitol.

2.1. Dynamometr

Jedná se o dvoupólový dynamometr s cizím buzením, jehož jmenovité otáčky jsou $1500 \text{ ot. min}^{-1}$ a moment 500 Nm . Dynamometr je řízen z měniče SIMOREG DC MASTER 6RA70, jež je osazen dvěma analogovými a čtyřmi digitálními vstupy [2]. Analogové vstupy jsou využity pro požadavek otáček a momentového omezení a prostřednictvím digitálních vstupů lze ovládat funkce odblokování pulzů, odblokování regulátorů a přepínání směru chodu dynamometru. Základní schéma regulace pro požadované otáčky a moment je patrné z *Obr.1*.



*Obr. 1. Schéma regulace požadovaných otáček a momentu v měniči SIMOREG 6RA70
 U_1 – požadavek otáček U_2 – požadavek momentu U – výstup řízení dynamometru*

2.2. Měřicí přístroje

Na základě požadavků z řízení měniče dynamometru je nutné zvolit snímače pro kontrolu správnosti chodu samotného dynamometru. Pro měření otáček je použito tachodynamo (snímač úhlové rychlosti) s rozsahem 80V na $1000 \text{ ot. min}^{-1}$. Tento rozsah je nutné přizpůsobit napětovému unifikovanému signálu $0 \div 10\text{V}$ pomocí odporového děliče. Snímání momentu probíhá pomocí spojení tenzometrického snímače S2 se zesilovačem iDRN-ST, který umožňuje přesně nastavit vhodnou úroveň výstupního signálu.

Pro měření efektivních hodnot napájecího proudu, napětí a činného příkonu je použit modul měření U, I, P . Výstupem z tohoto modulu jsou unipolární unifikované signály v rozsahu $4 \div 20\text{mA}$ (v případě měření napětí a proudu) resp. bipolární signál $4 \div 20\text{mA}$ (v případě příkonu). Pro získání skutečných hodnot je třeba všechny vstupní signály přepočítat pomocí jednoduchých, v programu naznačených, vztahů.

2.3. Řídicí systém

Softwarové prostředí ControlWeb je přímo určené pro průmyslový počítačový systém stejné firmy s označením DataLab. Kompletní sestava se skládá z:

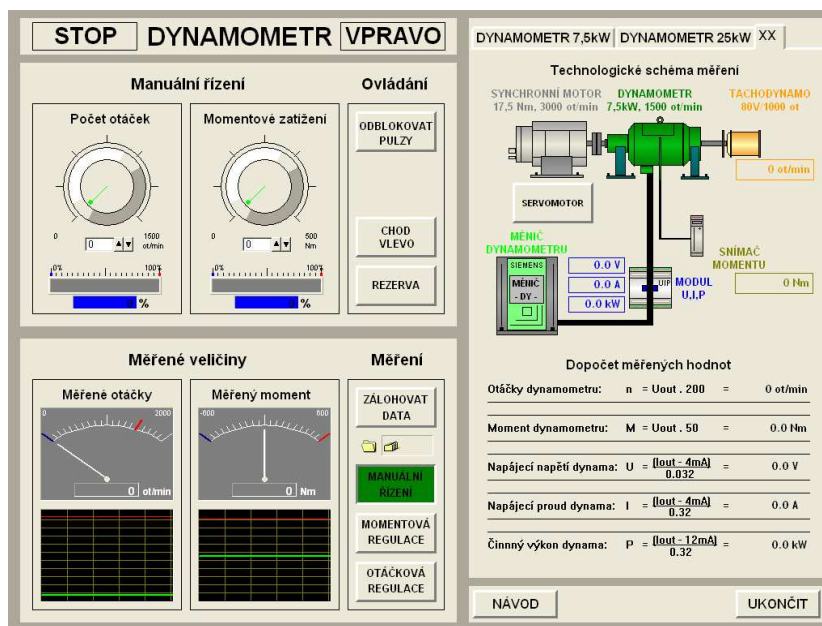
DataLab PC – řídicí počítač plně kompatibilní se standardem PC, tzn. že lze využít běžné operační systémy Windows 2000/XP, Linux i jejich embedded verze. To umožňuje vytvořit, otestovat, odladit a využívat aplikace přímo na používaném stroji. Pro monitorování, měření či ovládání systémů lze využít vlastní rozhraní modulu, jež je osazeno zvolenou kombinací vstupů a výstupů (16 digitálních vstupů a 16 digitálních výstupů).

DataLab IO – rozšiřující vstupně/výstupní jednotky připojené přes USB port. V našem případě je nezbytné použít modul s analogovými vstupy (pro měření) a analogovými výstupy (pro ovládání). Celou sestavu lze jednoduše připevnit na DIN lištu a umístit ji tak do rozvaděče.

DataLab LCD – dotykový terminál slouží pro ovládání a monitorování spuštěných aplikací, a tedy zajišťuje komunikaci mezi strojem a uživatelem.

3. SW realizace

Pro tvorbu aplikace je použit výše zmíněný programovací software ControlWeb. Jedná se o vývojové prostředí založené na grafické bázi, které umožňuje vkládání objektů a jejich programování. Tak lze sestavit podobu celé obrazovky, jež slouží k přehlednému ovládání a odečítání naměřených hodnot. Zároveň je nezbytné nastavit HW sestavu celého řídicího systému a správně přiřadit vstupy a výstupy na příslušné porty. Tvorba programu vycházela z prvotního požadavku možnosti měřit parametry na různých strojích. Obrazovka je tedy rozdělena na dvě hlavní části viz **Obr. 2**.



Obr.2. Obrazovka řízení a měření dynamometru v aplikaci ControlWeb

V ovládací části (na levé straně) je umístěno řízení dynamometru, jeho nastavení a signalizace hlavních veličin (moment a otáčky). V měřicí části (na pravé straně) je vytvořen záložkový panel s možností přepínání mezi měřenými stroji. V případě dynamometru je na příslušné záložce umístěno základní schéma řízení a měření s naznačenými připojenými snímači. Jsou zde též zobrazeny měřené veličiny a jejich přepočet na skutečné hodnoty. V programu je též zakomponován jednoduchý návod pro využití aplikace k běžnému měření.

4. Závěr

Jak bylo již zmíněno, z kompletního zadání je splněno pouze několik bodů. Systém je funkční a ve fázi ladění. V průběhu prvních měření byla zjištěna nevhodná elektromagnetická kompatibilita a to především pro signály napěťového charakteru. Vliv EMC byl sice ze značné míry odstraněn použitím vhodného algoritmu přepočtu (filtru), ale i přes to, je vhodnější použít u těchto signálů proudový rozsah. Dalším krokem je zprovoznění servomotoru a jeho využití pro měření parametrů stejného charakteru, které jsou předpokládány v soustavě mikroturbína a vysokootáčkový synchronní generátor. Tedy připojení snímačů vibrací a vyhodnocování vstupních signálů.

Práce vznikla v souvislosti s činností autora na Výzkumném záměru č. MSM6840770035, Rozvoj ekologicky šetrné energetiky.

Seznam symbolů

U_1	požadovaná hodnota otáček	[ot.min ⁻¹]
U_2	požadovaná hodnota momentu	[Nm resp. A]
U	výstup z regulační smyčky – řízení dynamometru	[A]
M	momentové omezení	[Nm]
ω_m/ω_m^*	skutečné/požadované otáčky	[ot.min ⁻¹]
I^*	regulovaný proud	[A]

Seznam použité literatury

- [1] Uhlíř, I., Novák, L., Novák, J. a kol. Elektrické stroje a pohony, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, ISBN 978-80-01-03730-0
- [2] SIMOREG DC Master 6RA70 - Návod k obsluze a údržbě, SIEMENS s.r.o. 2009
- [3] Force Transducer S2/S9 – Mounting instruction, HBM 2008
- [4] iDRN-ST – Operating manual, OMEGA 2008

Kontaktní adresa

ČVUT FS – Obor Přístrojová a řídicí technika, Technická 4, Praha 6, ČR, +420 728 773465, ondra.stanke@seznam.cz

NOVÉ TYPY OPTOELEKTRONICKÝCH SENZORŮ A JEJICH VYUŽITÍ V KONSTRUKCI PŘÍSTROJŮ

New Kinds of Optoelectronic Sensors and its Application in Instruments Design

Jan Hošek, Jiří Št'astný*

Abstract: This paper presents a review about little new kind of optoelectronic sensors with possible application in optomechanical instruments design. We had bought few examples of presented sensors and we had prepared seven experimental stands for its functional parameters testing. Prepared stands will be used for student's education mainly, but some sensors will be used for real instrument application too.

Key words: Optoelectronic sensors, application, instruments

1. Úvod

Jedním ze specifík přístrojové techniky je její úzká návaznost na aktuální znalosti fyziky, chemie a biologie, kde tyto obory diktují vznik a konstrukci nových typů přístrojové techniky. To zapříčiňuje trvalý vývoj a rozvoj nových přístrojů a s tím souvisejících nových přístupů k jejich konstrukci, pro dosahování stále vyšší citlivosti a rozlišení při zachování dlouhodobě stabilní opakovatelnosti prováděných měření. Tento trend byl ještě umocněn s rozvojem mikroelektroniky a počítačové techniky obecně, kdy nyní lze jen těžko nalézt mechanický nebo optický přístroj, v jehož konstrukci by nebyl použit, elektronický snímač nebo aktuátor. V posledních letech se pak v konstrukci řady optických přístrojů začínají používat nejen běžné integrální fotosenzory typu fotodiody a fotonásobiče nebo lineární a maticové fotodetektory typu CCD, CMOS a další, jejichž funkci lze studentům snadno demonstrovat, ale i řada dalších senzorů různých principů a funkcí. Abychom mohli studenty našeho zaměření seznámit s novými možnostmi použití těchto fotodetektorů, rozhodli jsme se některé vhodné senzory v rámci projektu FRVŠ zakoupit a připravit několik experimentálních úloh pro ověření jejich technických parametrů a funkce.

2. Přehled fotodetektorů

Na základě soustavného průzkumu publikací o využití různých typů fotodetektorů v konstrukci různých optických a mechanických přístrojů bylo rozhodnuto o zakoupení následujících typů fotodetektorů.

Nízkonapěťový fotonásobič:

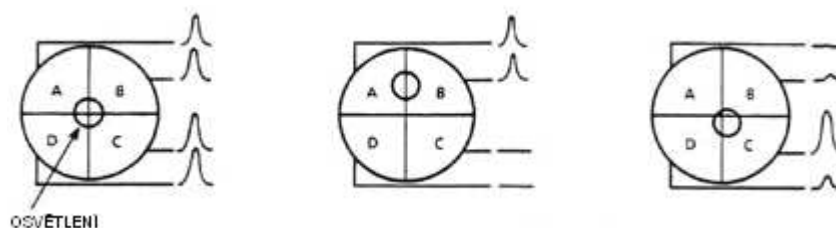
Zásadní výhodou nízkonapěťového fotonásobiče v konstrukci přístrojů představuje použití přijatelného napájecího napětí $U_i = 15V$ a jeho malé konstrukční rozměry, na rozdíl klasických fotonásobičů, kde je nezbytné napájecí napětí řádově tisíc voltů. Tyto výhody jsou pochopitelně vykoupeny poněkud nižší citlivostí $\sim 6 \cdot 10^4$ A/W při temném proudu 0,2 nA, avšak přesto se jedná zvláště pro laboratorní prostředí velmi vhodný fotodetektor.

Lavinová fotodioda:

Jedná se o speciální typ fotodiody, využívající jevu lavinového průrazu ke znásobení procházejícího fotoproudu ve velmi krátkém čase. Zásadní výhodou tohoto typu diody je její vysoká citlivost řádově 10^5 V/W i při vysokých frekvencích signálu až řádu GHz.

Segmentová dioda:

Jedná se o integrální fotodetektor citlivý na polohu světelného bodu na fotocitlivé ploše detektoru. Detektor se skládá z několika, obvykle čtyř samostatných fotodiód v různém uspořádání, nejčastěji ve tvaru naznačeném na obrázku 1, jejichž fotoproud je z detektoru vyveden jako čtyři analogové výstupy A, B, C, D.



Obr. 1 Schéma funkce fotodetektoru polohy – čtyřdiody.

Při osvětlení detektoru kruhovým světelným obrazovým polem přesně na střed detektoru, budou v tomto uspořádání všechny čtyři fotodiody osvětleny stejnou intenzitou záření a hodnoty jejich výstupních proudů budou totožné. Při obecné změně polohy bude výstupní proud dané fotodiody úměrný jejímu osvětlení. Odtud lze snadno určit souřadnice polohy středu světleného pole dle rovnic:

$$X = (A + D) - (B + C) \quad (2.1)$$

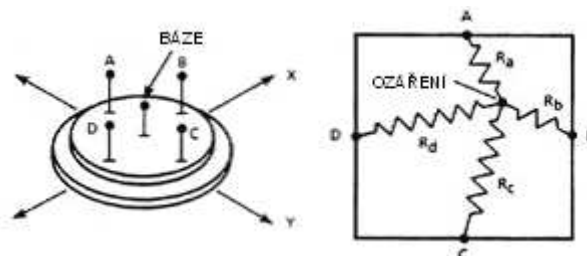
$$Y = (A + B) - (C + D) \quad (2.2)$$

Zásadní výhodou tohoto typu detektoru polohy oproti složitějším maticovým sensorům je jednoduchost zpracování dat a především vysoká použitelná vzorkovací frekvence omezená až 100 MHz.

Křemíkový polohový detektor (PSD):

Principiálně obdobný typ senzoru polohy s analogovými výstupy k segmentové fotodiodě je křemíkový polohový detektor. Tento detektor se však neskládá z několika samostatných fotocitlivých prvků, ale z jediného polovodičového prvku na křemíkové podložce s omezenou vodivostí, jak je naznačeno na obrázku 2. Při lokálním osvětlení fotocitlivé vrstvy detektoru generující v daném místě odpovídající fotoproud, dojde v důsledku vlastního odporu Si vrstvy ke snížení napětí na výstupech A, B, C, D senzoru

v závislosti na vzdálenosti místa ozáření od jednotlivých výstupů. Tím se funkčně PSD detektor chová zcela analogicky, jako výše uvedený detektor využívající čtyřdiodu a polohu osvětlovacího svazku lze určit taktéž pomocí rovnic (2.1) a (2.2).



Obr 2 Schéma funkce křemíkového polohového detektoru.

Dle typu a velikosti citlivé plochy PSD fotodetektoru pak jeho rozlišení dosahuje rozmezí od 0,5 mm až 0,3 μm .

Senzor barvy:

Dalším typem senzoru v současné době používaný v řadě přístrojů i průmyslových aplikací jsou senzory barvy. Jejich funkce je velmi jednoduchá a skládají se většinou ze tří samostatných fotodiód, před kterými jsou umístěny barevné filtry odpovídající třem základním barvám RGB. Vyhodnocení barvy pozorovaného záření pak spočívá v měření poměru výstupních proudů jednotlivých fotodiód. Zásadním problémem řady těchto senzorů je, že fotodiody jsou citlivé především na záření delších vlnových délek a pro dosažení správného vizuálního vjemu je nutné zakoupit senzor s fotosenzitometrickou charakteristikou odpovídající charakteristice lidského oka nebo hodnoty výstupních proudů vhodně korigovat.

Senzor vlnové délky:

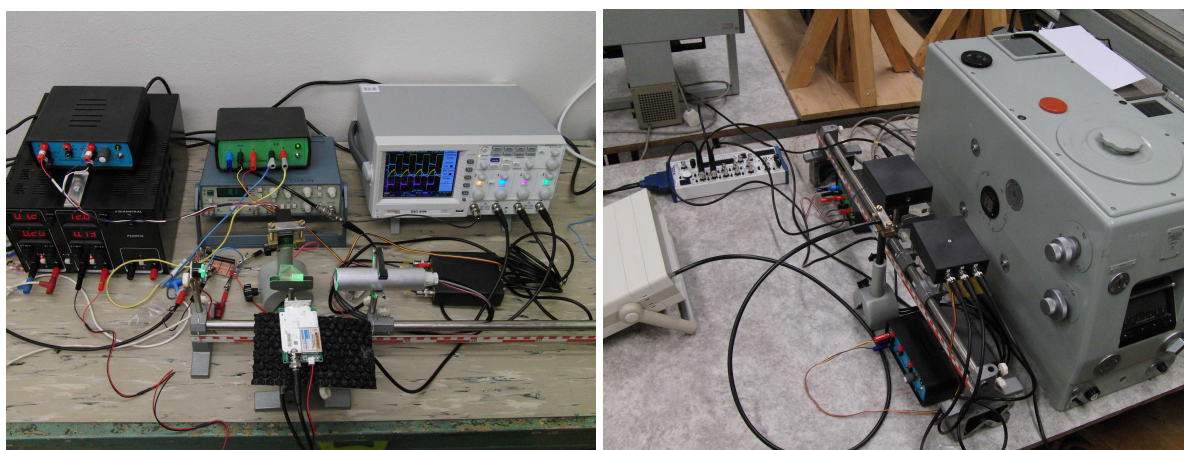
Posledním nově zakoupeným fotodetektozem je senzor vlnové délky, který částečně může nahradit jinak poměrně komplikovanou konstrukci spektrometru pro případ dostatečně monochromatického měřeného zdroje záření. Tento fotodetektor se skládá ze dvou na sobě vytvořených fotodiód s rozdílnou spektrální charakteristikou. Při měření rozdílu fotoproudů obou fotodiód tento detektor umožňuje určit měřenou vlnovou délku dopadajícího záření s rozlišením až 0,01 nm ve spektrálním rozsahu (450) 600-900 nm.

3. Výsledky

Po výběru jednotlivých konkrétních zajímavých typů senzorů byly vybrané typy senzorů zakoupeny od několika dodavatelů. V naprosté většině případů byly uvedené senzory pořízeny pouze jako elektronické součástky a bylo pro ně nutné vyrobit příslušné napájecí zdroje, vyhodnocovací části a mechanické zajištění krytu senzoru. Ukázky jednotlivých vyrobených příslušenství a zakrytování detektorů jsou uvedeny na obrázku 3. Po testování jednotlivých senzorů a ověřování jejich deklarovaných parametrů a funkce bylo přistoupeno k přípravě několika laboratorních úloh, ve kterých se studenti předmětu Konstrukce přístrojů a Optoelektronické systémy mohou seznámit s možnostmi jejich funkce a použití v konstrukci různých přístrojů a experimentálních zařízení. Ukázka příkladů dvou připravených experimentálních úloh je zobrazena na obrázku 4. Zakoupené detektory a další zařízení pak bude použito nejen pro výuku, ale také pro naši vědeckou činnost.



*Obr 3 Ukázky příkladů zabudování jednotlivých senzorů, včetně nezbytné elektroniky a zdrojů.
Zleva nahoře: 1D PSDS 6873, čtyřdioda S 6695-01, 2D PSD S2044, 2D PSD S 7848-01, senzor barvy. Zleva
dole: fotonásobič H 5783, lavinová fotodioda C 5331-04, senzor vlnové délky WS7.56-TO5, stabilizovaný zdroj
5V/12V, stabilizovaný zdroj 5V/12V s ovladačem výkonu laseru.*



*Obr 4 Ukázka přípravy laboratorní úlohy Měření frekvenčních vlastností vybraných snímačů záření – vlevo a
úlohy Měření barev spektrálně citlivými senzory - vpravo..*

Acknowledgement

Tento projekt byl podporován grantem FRVŠ 646/2008.

Kontaktní adresa

Odbor přesné mechaniky a optiky, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní ČVUT, Technická 4, Praha 6, Česká republika, tel.: +420 224 352 552, E-mail: Jan.Hosek@fs.cvut.cz

*Odbor elektrotechniky, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní ČVUT, Technická 4, Praha 6, Česká republika, tel.: +420 224 352 699, E-mail: Jiri.Stastny@fs.cvut.cz

ČOČKY S PROMĚNNOU OHNISKOVOU VZDÁLENOSTÍ

Variable optical Components

Ing. Pavel Kajnar

Abstrakt: Single element optical systems are nowadays used very seldom due their limited optical properties. Possible solution can be the use of the variable optical components. Without need of movable mechanical parts and currently keeping small dimensions it's possible to get optical systems with variable focal length in wide range with just one optical element.

Key word: liquid, fluidic, lens, electrowetting, variable focal length, membrane

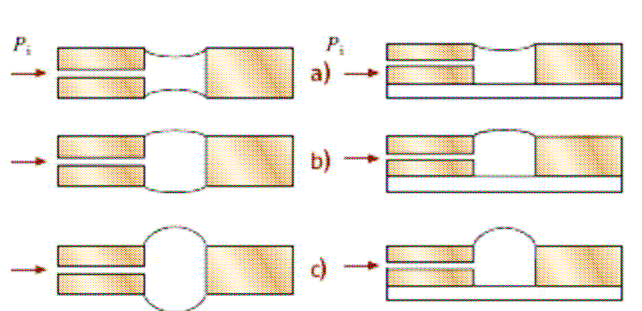
1. Úvod

Jednoprvkové optické systémy jsou v současné době využívány pouze v malém množství aplikací s nízkými požadavky na vlastnosti optického zobrazení. Sklo jako materiál pro výrobu optických prvků je v současné době co se kvality týče stále nejlepší možnou volbou. Jakmile je však čočka jednou vyrobena a vložena do sestavy, není dále možné žádným způsobem měnit její parametry. Často požadovanou vlastností však bývá možnost změny ohniskové vzdálenosti optické soustavy. Konstrukce takových soustav potom musí umožňovat vzájemnou změnu polohy jednotlivých optických členů a ve většině případů také zařazení členů dalších. Díky těmto skutečnostem obsahují tyto soustavy velké množství optických i mechanických částí, s čímž samozřejmě souvisí nárůst jejich velikosti, hmotnosti a v neposlední řadě také ceny. V určitých aplikačních oblastech (v současnosti se jedná převážně o objektivové čočky ve fotoaparátech mobilních telefonů, kamer nebo objektivy endoskopů apod.), kdy hlavním požadavkem je přijatelný optický výkon při zachování mechanické odolnosti a co nejmenších rozměrů, lze klasické optické prvky nahradit tzv. prvky kapalinovými, umožňující dosažení změny optické mohutnosti pouze změnou vlastního tvaru bez nutnosti použití dalších pohyblivých mechanických částí.

2. Kapalinové čočky

Historie čoček s proměnnou ohniskovou vzdáleností sahá do počátku 17. století, kdy britský fyzik Stehen Gray sestavil mikroskop pomocí kapek vody o průměru jen přibližně 0,3mm, díky čemuž byl vliv gravitační síly na křivost kapky zanedbatelný [2]. Kapky byly usazeny v desce s miniaturními otvory, přičemž různé průměry otvorů vedly k různým křivostem povrchu vodních kapek a tím k různým hodnotám zvětšení. V tomto případě byl tvar kapky „řízen“ pouze velikostí otvorů, ve nichž byly kapky usazeny. Z hlediska variability

je však tento způsob podobný klasické optice, kdy je tvar kapky předurčen právě daným otvorem. Na Obr.1 je zobrazena další metoda, kdy tvar povrchu kapky je ovlivňován na kapku působícím tlakem. I tento způsob provedení variabilních čoček však obsahuje převážně nevýhody, jako je např. možnost narušení tvaru kapky vnějšími vlivy (nejčastěji odpařováním) a není tak možné zajistit zachování potřebných vlastností po delší dobu [1].



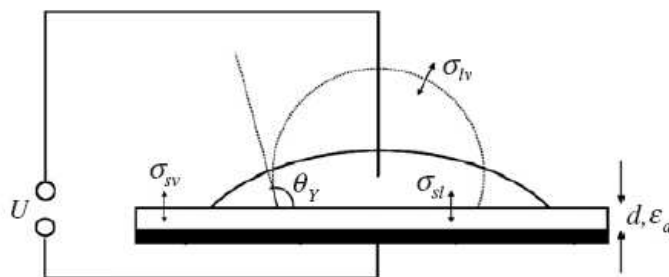
Obr. 1 Různé tvary kapalinových čoček, závisící na tlaku p_i a kapilárních silách

3. Electrowetting

V překladu můžeme tento jev definovat jako smáčivost povrchu v závislosti na přivedeném napětí, někdy je pak také používán pojem „elektrozvlhčování“. Podstata tohoto jevu spočívá ve smáčivosti kapky na pevném povrchu v závislosti na přivedeném napětí, kterou vyjadřuje Young – Lippmannova rovnice [3]

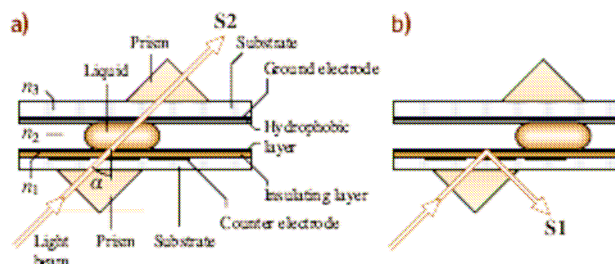
$$\cos \theta = \cos \theta_Y + \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0}{2 \cdot d \cdot \sigma_{IV}} \cdot (U - U_{pzc})^2 \quad (3.1)$$

kde d je tloušťka dielektrické vrstvy, ϵ_r relativní permitivita dielektrické vrstvy, σ_{IV} povrchové napětí rozhraní kapalina-vzduch, θ_Y úhel normály kapky bez přivedeného napětí, U přivedené napětí a U_{pzc} je velikost napětí, samovolně vznikajícího ponořením některých materiálů do roztoku elektrolytu.



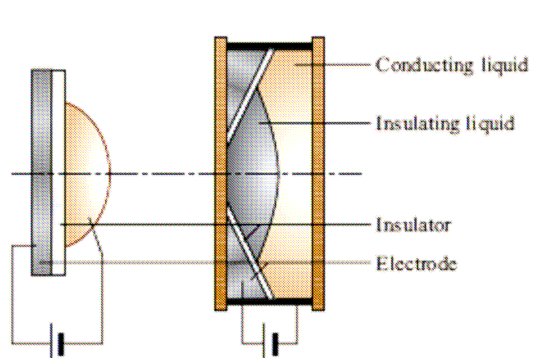
Obr. 2 – Základní podstata jevu „elektrozvlhčování“

V okamžiku přivedení napětí dochází ke zvětšení povrchu, který je kapkou smáčen a tím ke změně jejího tvaru. Kromě tohoto principu je možné electrowetting využít také pro pohyb kapek uvnitř elektrody, kdy pohybuje se kapka neslouží jako zobrazovací prvek, ale jako pomocný nástroj plnící funkci elektrooptického přepínače (Obr. 3) [4]



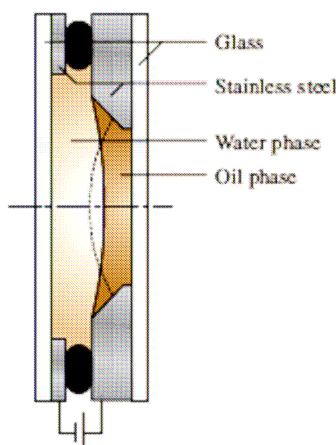
Obr. 3 – Schéma elektrooptického prepínače, fungujícího na principu „elektrozvlhčování“

Výše popsaný princip je však vhodný pouze pro malé rozměry kapek, kdy je vliv gravitační síly na jejich tvar zanedbatelný. Další nevýhodou je potom umístění elektrody přímo do světelného svazku, což má za následek vznik nežádoucí difrakce a reflexí. Abychom odstranili výše popsané nevýhody, bylo třeba do systému zavést další tekutinu (nevodivou), sloužící zároveň také jako ochranná vrstva. Tato musí být nemísitelná s vodivou tekutinou a měla by mít v ideálním případě stejnou hustotu a rozdílný index lomu. Schéma takové čočky v porovnání s předchozí verzí (jen s jednou tekutinou) je uvedeno na Obr. 4 [1].



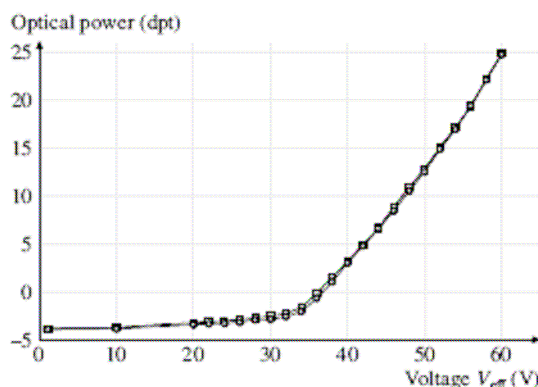
Obr. 4 – Porovnání dvou způsobů provedení kapalinových čoček

Jako izolující kapalina bývá nejčastěji používán nepolární olej, vodivou tekutinou potom nejčastěji bývají vodné roztoky soli. Jak již bylo uvedeno dříve, hustoty obou kapalin by měly být v ideálním případě totožné, v praxi potom stačí, jestliže se jejich hodnoty shodují s přesností 10^{-3} g/cm^3 . Tímto je zajištěna odolnost čočky proti nárazům a vibracím. Schematický příklad provedení skladby čočky je uveden na Obr. 5 (Varioptic).



Obr. 5 – Schematická skladba kapalinové čočky fy. Varioptic

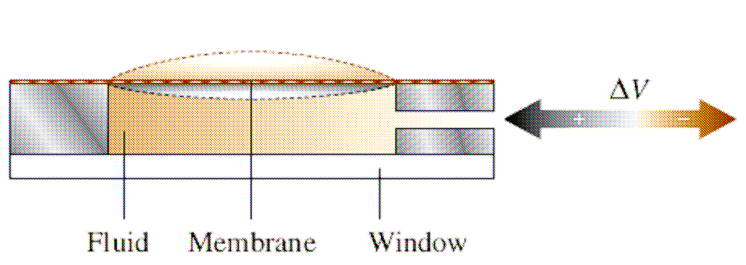
Jak již bylo řečeno, hlavní výhodou těchto prvků je schopnost měnit svou ohniskovou vzdálenost pouze změnou přivedeného napětí. Obvyklý průběh optické mohutnosti v závislosti na přivedeném napětí je uveden na Obr. 6. Např. firma Varioptic uvádí garantovaný optický rozsah $(-2 \div 10)dpt$ u modelu Arctic 314 [6] a $(-5 \div 13)dpt$ u modelu Arctic 416 [5]. Udávaný garantovaný počet změn optické mohutnosti se zachováním požadovaného tvaru povrchu se potom pohybuje v řádu 10^6 při rychlostí změny okolo 10 ms pro čočku o průměru 2,5 mm (Varioptic) [7].



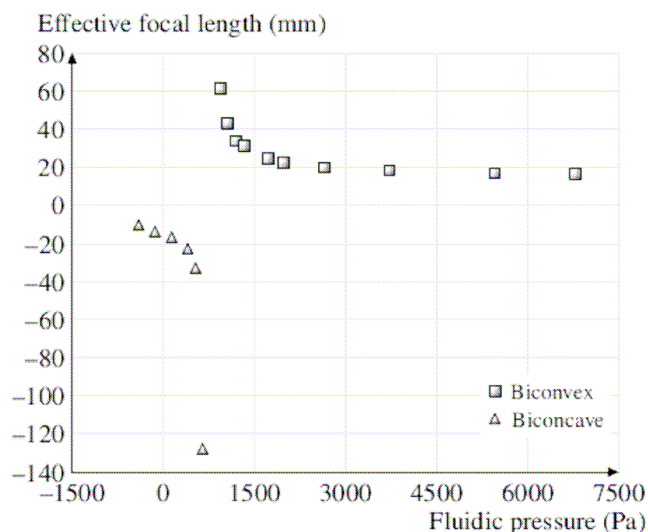
Obr. 6 – Závislost optické mohutnosti na přivedeném napětí

4. Membránové čočky

První pokusy o výrobu čočky s proměnnou ohniskovou vzdáleností s využitím membrány spadají do počátku 19. století. [8]. Schéma takové čočky je uvedeno na Obr. 7. Tekutina o indexu lomu přibližně 1,5 ohraničená ze tří stran pevným prostředím a uzavřena pružnou membránou vytváří plano – konvexní/konkávní čočku o průměru $0,5 \div 20mm$, přičemž je možné vyrobit také pole těchto mikročoček [9]. Jako materiál pro výrobu membrány slouží polydimethylsiloxan (PDMS), příp. polyvinylidenchlorid, polyetylen nebo polvinylchlorid a její tloušťka se pohybuje mezi 10 až $100\mu m$. Tlak uvnitř čočky je řízen napětím ovládaným pístem a nabývá hodnot v rozsahu přibližně -1 až 6,7 kPa. Optická mohutnost se pohybuje v mezích -20 až 16 dpt (Obr. 8).

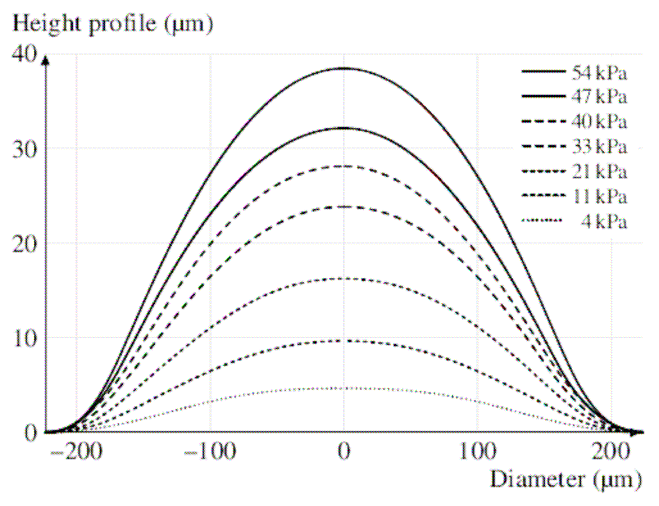


Obr. 7 – Základní schéma membránové čočky



Obr. 8 – Průběh ohniskové vzdálenosti membránové čočky v závislosti na vnitřním tlaku

I přes svou zdánlivou jednoduchost není tento princip fungování v současné době zcela zvládnutý, přičemž největší problémy jsou způsobeny právě membránou samotnou, a to především nelineárním průběhem jejího průhybu a způsobem uchycení. Tyto dva faktory mají největší vliv na výsledný, zatím ne zcela dokonalý tvar povrchu. Průběhy průhybu membrány pro vybrané hodnoty tlaku uvnitř čočky jsou uvedeny na Obr. 9.



Obr. 9 – Průběhy průhybu membrány pro vybrané hodnoty tlaku uvnitř čočky

5. Závěr

Kapalinové čočky nemají v současné době zatím za úkol nahrazení klasických čoček skleněných. Jedná však o vhodnou alternativu určenou k použití v místech, kde je kladen důraz na malé rozměry při dosažení přijatelných zobrazovacích vlastností, dnes převážně objektivy fotoaparátů mobilních telefonů, objektivy levných webových kamer apod. Membránové kapalinové čočky jsou pak i přes svou více než stoletou historii stále v počátcích

vývoje a jejich přechod z laboratoří do komerční výroby bude pravděpodobně ještě nějakou dobu trvat .

References

- [1] TRÄGER, Frank, et al. Springer Handbook of Lasers and Optics. [s.l.] : Springer Science + Business Media, LLC New York, 2007. 1332 s. ISBN 978-0-387-95579-7
- [2] GRAY, Stephen. Philosophical Transactions (1683-1775). Vol. 19. [s.l.] : [s.n.], 1695. A Letter from Mr. Stephen Gray, Giving a Further Account of His Water Microscope, s. 353-356
- [3] MUGELE, Frieder, BARET, Jean - Christophe. Electrowetting: from basics to applications. Journal of Physics: Condensed Matter. 2005, Matter 17, s. 705-774. Dostupný z WWW: <http://www.iop.org/EJ/article/0953-8984/17/28/R01/cm5_28_R01.pdf?request-id=c436722a-ce8e-48a8-80a7-85b455f44ccb>
- [4] GINDELE, Frank, KOLLING, Thomas. Optical systems based on electrowetting. In Proc. SPIE, Vol. 5455. [s.l.] : [s.n.], 2004. s. 89-100.
- [5] MADS - 070902 - ARCTIC 416 [online]. 2007 [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <http://www.linos.com/pages/mediabase/original/MADS_-_070902_-_ARCTIC_416_5034.pdf>.
- [6] MADS - 071130 - ARCTIC 314 [online]. 2008 [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <http://www.linos.com/pages/mediabase/original/MADS_-_071130_-_ARCTIC_314_6587.pdf>.
- [7] GABAY, Claude, et al. Dynamic study of a Varioptic variable focal lens. In FISCHER, Robert E., SMITH, Warren J., JOHNSON, R. Barry. Proc. SPIE, Vol. 4767 : Current Developments in Lens Design and Optical Engineering III. Seattle, USA : SPIE, 2002. s. 159-165. Dostupný z WWW: <http://www.varioptic.com/res/documents/Dynamic_study.pdf>.
- [8] GRAHAM, Robert. J. Opt. Soc. Am. Vol. 30. [s.l.] : [s.n.], 1940. Issue 11. A variable focus lens and its use, s. 560-563.
- [9] WERBER, Armin, ZAPPE, Hans. Applied Optics. Vol. 11. [s.l.] : [s.n.], 2005. Issue 16. Tunable microfluidic microlenses, s. 3238-3245.

Kontaktní adresa

ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Technická 4, 16607 Praha, Česká republika, tel 739 382615,
E-mail: pavel.kajnar@fs.cvut.cz

RYCHLÝ DALEKOHLED PRO DETEKCI DOSVITU GAMA ZÁBLESKŮ

A Project of a Fast Telescope for the Detection of Gamma-ray Bursts Afterglow

Karásek M., Němcová Š., Valášek M., Večeřa F., Zicha J

Abstract: Various types of telescopes are used for the detection of gamma ray bursts afterglow and the following spectral analysis. The gamma burst duration is as short as a second, up to hundreds of seconds. An afterglow can be observed 24 hours after the burst even. The intensity of the afterglow drops rapidly though. Therefore it is essential to start the observing as soon as possible. Gamma ray sources are localized by satellites and data are distributed via GCN network to terrestrial telescopes. A fast and rigid mounting for the terrestrial telescope is needed, with an ability to observe a target at any point of nearly the whole hemisphere.

Key words: gamma ray burst, afterglow, fast telescope, mounting, Cardan joint, mosaic mirror

1. Introduction

The astronomy of high energies is a comparatively new astronomic subject, which is based on a fundamental possibility of gamma-ray bursts detection by specialised satellites. These phenomena are allied to a release of an extra amount of energy. Despite the sources are most probably extra galactic, the radiated energy is so high that these sources are detectable in “our” part of space as well.

The direct detection of the bursts is founded on a satellite observation. The burst is short (approx. 10^2 s) though and the bearings of the source are not very accurate (10^1 arc minutes). The emission of energy has a response in visible part of electromagnetic spectrum too and thanks to this it can be detected by terrestrial optical instruments. Taking into account the short time available and the uncertainty in position, a special type of telescope is needed.

As results from what we mentioned above, a telescope intended for observation of afterglow must fulfil at least following conditions

- it can be quickly set to a direction needed
- the setting must be automatic according to data coming via internet

- it must have a high aperture ratio and a comparatively large field of view
- the telescope mounting must achieve nearly the whole half-space (approx. starting at 10° above horizon) without mechanical singularities

2. Concept

Optical design

An interesting possibility seems to be a design of mosaic monolith primary mirror (brought in by A. B. Meinel & col.). The polished faceplate is a thin shell attached to a monolithic substrate (using vacuum pads). The advantages of this solution are following

- the primary mirror is lightweight
- less amount of an expensive optical glass is needed
- a stiffness of the substrate is sufficient
- the mirror can be removed for realuminizing if needed

The diameter of the primary will be about 600mm and the f-ratio approx. 1.5. The diameter of the primary of 250mm would allow the detection down to 18th magnitude.

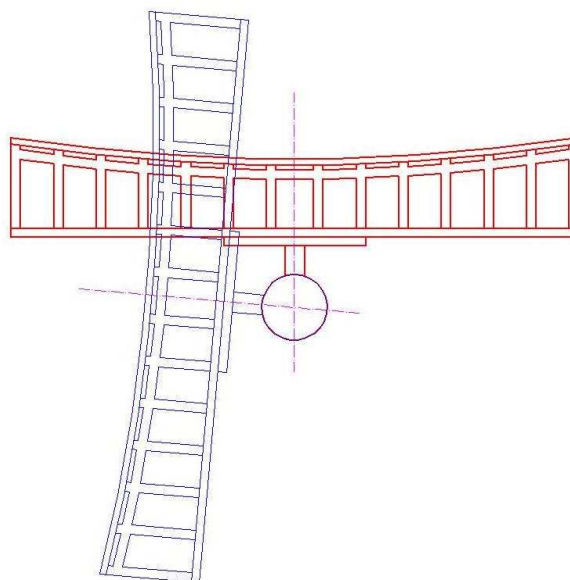


Fig. 1: The concept of the telescope – substrate of the primary

Mounting

Mechatronics is quite a new field with excellent applications in mechanical engineering (manipulators, robots, machine-tools) and in instrument engineering (positioning

tools). Mechatronics unites mechanical systems with information technology. Its applications are often based on parallel kinematic structures that are statically over determined. Difficulties connected to this fact are surmounted just by application of IT.

Systems based on parallel kinematics were tested in the past for astronomical applications; especially it was a famous Hexapod. Its drawback is though a scant tilt range, which is about $\pm 40^\circ$. For higher inclinations, the system comes in on the singularity range what induces a raise of forces in struts and eventually a collapse of the entire system.

The Hexasphere mechanism was developed at Department of Mechanics, Biomechanics and Mechatronics. The kinematic qualification was proved at a functional prototype. In contrast to Hexapod, this system has got a steady abutment with a spherical joint which lessens the number of degrees of freedom of all the three traverses, but it allows a tilt of the platform in a range at least $\pm 120^\circ$.



Fig. 2: The kinematic model



Fig. 3: The platform

The mounting of a telescope based on Hexasphere system brings for the given application the elementary benefit that it can pass from one point at a sphere to another along orthodroma (i.e. the shortest way) and the fastest way without going through any singularity as it is when a telescope on azimuth mounting goes through zenith. A tilt range of $\pm 85^\circ$ is sufficient for a meaningful application. This can be solved without serious problems.

It must be said for sequent designing work that the crucial part of parallel structures are the abutments. Their stiffness, stability and a traverse free of slackness are fundamental parameters for achieving an accurate positioning and reproducibility of settings. For achieving a high dynamic it is needed to minimize inertial effects of both structural members and optical part of the instrument.

Other important parts of the system mentioned above are general-purpose joints mostly designed similarly to Cardan joint. Their influence to accuracy and reproducibility is at least the same as the one of abutments. Therefore a development of abutments is highly wanting for achieving optimal outcome of the whole structure.



Fig. 4: Cardan joints at the upper (left) and lower ends of abutments (right)

3. Conclusion

The next work will focus on a design of the intrinsic telescope, i.e. its both optical and mechanical parts. Hexasphere will be adapted to a smaller range of angles. The job priority for designing the mechanical part is to achieve the maximum stiffness attached to the minimal mass of the structure.

Acknowledgement

The research work was supported by grant of ČVUT Media lab foundation.

References

- [1] Karásek M., Valášek M., Večeřa F., Zicha J.: HexaSphere, 2008
- [2] <http://www.astro.physik.uni-goettingen.de/~hessman/MONET/links.html>

Kontaktní adresa

ČVUT FS, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Technická 4, 166 07 Praha 6

Ing. Šárka Němcová, Ph.D., sarka.nemcova@fs.cvut.cz

Doc. Ing. Josef Zicha, CSc., josef.zicha@fs.cvut.cz

NÁVRH SFÉRICKÉHO MECHANISMU HEXASPHERE

Design of Spherical Mechanism HexaSphere

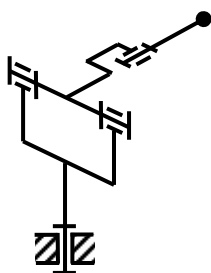
Matěj Karásek, Michael Valášek, Josef Zicha, Petr Svatoš

Abstract: The paper deals with a new type of spherical mechanism - Hexasphere, which is a redundantly actuated parallel kinematical structure that enables spherical motion in large extent of ± 100 degrees. The kinematic analysis is done, the main attention is paid to the dexterity that reaches very good values. High movability is proven on a kinematical prototype of the mechanism, where new design approaches and innovative components were used.

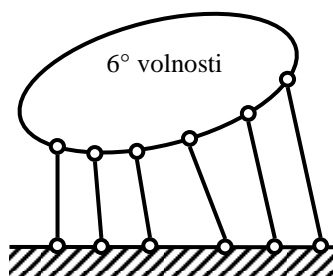
Key words: Parallel kinematical structures, redundant actuation, spherical mechanisms, kinematic analysis, dexterity.

1. Úvod

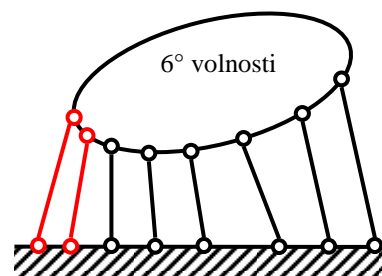
Sférické mechanismy, které umožňují natáčení a orientování objektu v prostoru, jsou používány pro řadu důležitých operací. Jsou to mechanismy naklápěcích hlav s vřetenem pro obráběcí stroje, které tvoří základ naprosté většiny obráběcích center pro pětiosé obrábění. Montáže teleskopů, tj. mechanismy pro jejich pohyb, jsou také sférické mechanismy. Další skupinu tvoří mechanismy pro natáčení různých antén. Mnoho aplikací sférických mechanismů je při směřování optických paprsků.



Obr. 1 Kardanův závěs



Obr. 2 Paralelní kinematická struktura



Obr. 3 Redundantní pohony

Naprostá většina sférických mechanismů je založena na Kardanově závěsu (Obr. 1). Jeho výhodou je velká pohyblivost, často $\pm 90^\circ$. Jedna základní nevýhoda Kardanova závěsu jako sériové kinematické struktury je, že je tvořen po sobě jdoucí posloupností rotačních pohybů a pohony se pohybují spolu s mechanismem. Mimo to je rám konstrukce nevýhodně namáhán ohybem. Důsledek je nevýhodný poměr mezi hmotností a tuhostí i menší dynamické schopnosti mechanismu. Dochází ke sčítání chyb v řetězci dílčích pohybů. Druhá základní nevýhoda Kardanova závěsu je, že obsahuje singulární polohu v zenitu způsobující, že nelze mezi všemi polohami v pracovním prostoru realizovat spojitou trajektorii.

Proto byl hledán nový koncept sférického mechanismu. Všechny zmíněné problémy odstraňují paralelní kinematické struktury (Obr. 2) – namáhání ramen je pouze na tah/tlak, pohony lze umístit na rám stroje, délka řetězců se sčítanými chybami se zkracuje. Nevýhodou prostých paralelních kinematických struktur je omezení pracovního prostoru singulárními polohami a kolizemi, složitější je také řízení. Příklady použití paralelních sférických mechanismů jsou uvedeny na Obr. 4-5.



Obr. 4 Hexapodový teleskop v Chile ($\pm 47^\circ$)



Obr. 5 Naklápěcí hlava Z3 sprint (pohyblivost $\pm 30^\circ$)

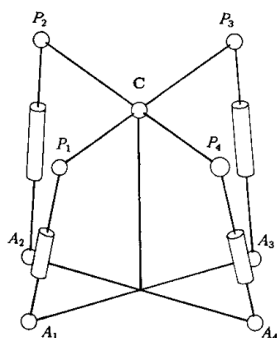


Obr. 6 Mechanismus Sliding Star

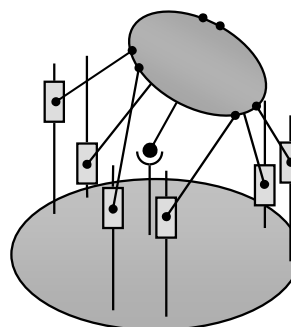
Mnohé výše popsané problémy paralelních kinematik řeší použití redundantních (nadbytečných) pohonů (Obr. 3) - ramen s pohony je více, než má platforma stupňů volnosti. Nenastávají singulární polohy, podstatně roste tuhost i dynamika, zvyšuje se kinematická přesnost, nastává možnost on-line samokalibrace [1]. To se podařilo ukázat na strojích Trijoint 900H a Sliding Star (Obr. 6) pro kartézské posuvné pohyby. Plný funkční ekvivalent Kardanova závěsu s pohyblivostí $\pm 90^\circ$ pomocí paralelních kinematických struktur však byl stále otevřenou výzvou.

2. Koncept mechanismu HexaSphere

Inspirací pro vznik mechanismu HexaSphere byla publikace [2], ve které byl popsán sférický mechanismus na Obr. 7. Pomocí výpočtu dexterity je zde dokázáno, že byl vyřešen problém se singularitami.



Obr. 7 Návrh Kurtze a Haywarda



Obr. 8 Mechanismus HexaSphere

Dexterity, neboli manipulovatelnost je definována jako

$$D = \frac{1}{\text{cond}(\underline{J}_z^{-1} \cdot \underline{J}_q)} \quad (2.1)$$

a může nabývat hodnot od 0 (nejhorší případ značící singularitu) do 1 (nejlepší hodnota). Dexteritu lze chápat jako míru přenosu sil z pohonů na koncový efektor. Jakobiány se vyjádří za pomoci kinematických vazbových rovnic

$$\underline{f}(\underline{q}, \underline{z}) = \underline{0} \quad (2.2)$$

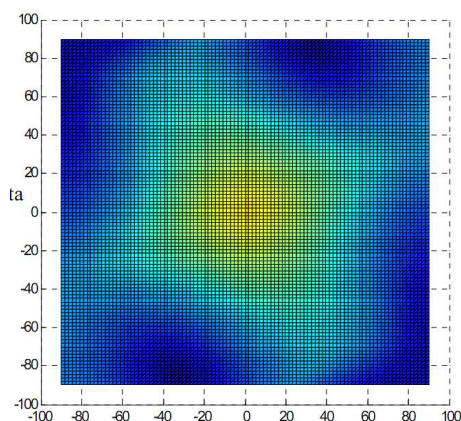
mezi nezávislými souřadnicemi \underline{q} popisujícími polohu platformy a závislými souřadnicemi \underline{z} popisujícími polohu pohonů jako

$$\underline{J}_q = \frac{\partial \underline{f}}{\partial \underline{q}^T}; \quad \underline{J}_z = \frac{\partial \underline{f}}{\partial \underline{z}^T} \quad (2.3)$$

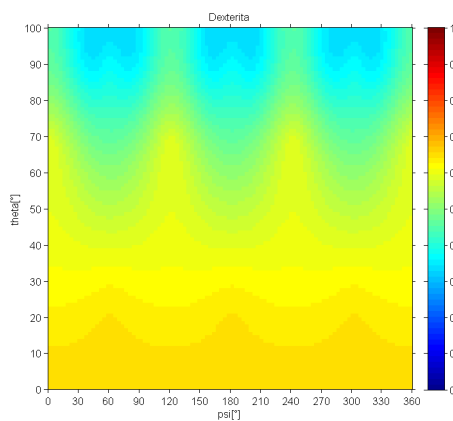
Vazbové rovnice představovaly druhou mocninu vzdálenosti mezi koncovými body prutů na platformě a na rámu, resp. poháněných vozících. Sférický pohyb mechanismu lze popsat pomocí Eulerových úhlů ψ , ϑ a φ . Aby nedocházelo ke kolizím jednotlivých nohou, byla stanovena podmínka zaručující odvalování platformy – úhel vlastní rotace φ musí být záporně vzatý úhel precese ψ . Derivaci vazbových rovnic (2.2) můžeme za použití metody transformačních matic [3] upravit do tvaru

$$\frac{\partial \underline{f}}{\partial \underline{q}^T} \cdot \underline{\omega}_{12} + \frac{\partial \underline{f}}{\partial \underline{z}^T} \cdot \underline{\dot{s}} = \underline{0} \quad (2.4)$$

kde $\underline{\omega}_{12}$ představuje úhlové rychlosti platformy a \underline{s} posunutí jednotlivých pohonů. Z této rovnice je již možné pomocí (2.3) určit jakobiány \underline{J}_q a \underline{J}_z . Tímto postupem bylo napočítáno rozložení dexterity mechanismu v pracovním prostoru. Z Obr. 9 je patrné, že se hodnoty pohybují od 0,0065 do 0,6307. Všechny jsou nenulové a tedy neexistují singularity, nicméně se dexterita v pracovním prostoru mění přibližně 100 krát a minimum je velmi blízko nuly. Dexterita popisuje poměr mezi silami v pohonech a na platformě, její rozložení u tohoto mechanismu je tak velmi nevýhodné.



Obr. 9 Dexterita mechanismu Kurtze a Haywarda



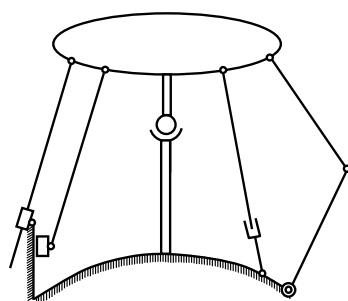
Obr. 10 Dexterita mechanismu HexaSphere

Byl proto vytvořen koncept mechanismu HexaSphere. Platforma mechanismu je k rámu připojena centrálním sférickým kloubem. Díky tomu má jen 3 stupně volnosti a pro její pohyb by stačily 3 pohony. Ty však umožňují jen pohyb v malém rozsahu úhlů, neboť pro

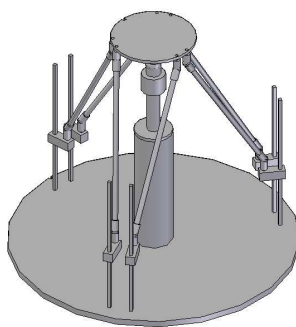
větší pohyby nastávají singulární polohy (platforma získá přidavné neřízené stupně volnosti a zhroutí se). Platforma je proto zavěšena na 6 ramenech s pohony, z čehož 3 jsou redundantní. HexaSphere je tak vlastně složen z hexapodu, jehož platforma je navíc spojena s rámem pomocí pasivního centrálního sférického kloubu. Dexterita byla vypočtena stejným způsobem jako u předchozího mechanismu. Vysoký stupeň redundance pohonů má velmi příznivý účinek na rozložení dexterity. Její hodnoty se pohybují v rozmezí od 0,33 do 0,65 (Obr. 10), její velikost se tak v celém pracovním prostoru mění pouze dvakrát a její hodnoty jsou poměrně vysoké. Znamená to, že síly v pohonech musí být maximálně 2÷3 krát větší, nežli jsou požadované síly na platformě, resp. koncovém efektoru.

3. Návrh a konstrukce mechanismu HexaSphere

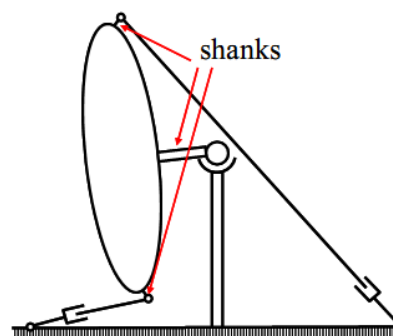
Výsledky výpočtů ukazují, že HexaSphere umožňuje sférický pohyb s pohyblivostí $\pm 100^\circ$. Velkou výhodou mechanismu HexaSphere je odstranění singularity v zenitu, tedy možnost spojitého pohybu mezi všemi polohami v pracovním prostoru. Obrovská pohyblivost si však klade velké nároky na konstrukci, jelikož musí být zabráněno kolizím jednotlivých členů během pohybu. Nejprve bylo vytvořeno několik variant lišících se druhem pohonů ramen (Obr. 11). Ta jsou vždy na jedné straně připojena k platformě pomocí sférických kloubů, ale jejich pohyb je možno zrealizovat několika způsoby. Zvolena byla koncepce s vozíky pojíždějícími po rovnoběžných svislých vedeních.



Obr. 11 Varianty možných pohonů



Obr. 12 Kontrola kolizí



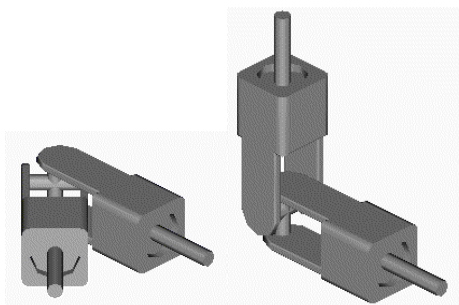
Obr. 13 Klouby umístěné na stopkách

Klíčovým bodem při konstrukci bylo navrhnout rozměry mechanismu tak, aby nedocházelo ke kolizím jednotlivých částí. Byl proto vytvořen a rozpohybován 3D model v programu SolidEdge, kde je možné tyto kolize kontrolovat. První model byl tvořen z primitiv (válců, kvádrů, koulí – Obr. 12) a jeho prvotní rozměry vycházely z 2D návrhu. Iterativním způsobem byly měněny jednotlivé rozměry tak, aby byly nalezeny co nejmenší rozměry mechanismu umožňující návrhem zvolený rozsah pohybů – naklopení platformy až o 100° . Klíčovým rozměrem se ukázala být velikost sférických kloubů, které bylo třeba minimalizovat. Důležitým principem je umístění sférických kloubů na stopkách (Obr. 13), díky nimž nenastávají kolize mezi rameny a platformou při velkých natočeních.

Rozsah pohybů mechanismu vyžaduje sférické klouby s velkou pohyblivostí. Na trhu nabízené sférické klouby mají omezenou pohyblivost do 90° aspoň v jedné ose. Byly proto vyvinuty nové typy sférických kloubů. Pro spojení nohou a platformy resp. nohou a vozíků byly vyvinuty a použity klouby s možným rozsahem pohybu až 300° [4]. Takový rozsah lze získat modifikací tradičního Kardanova kloubu tak, že má celkem 4 rotační vazby (Obr. 14).

Pro zvýšení přesnosti je však nutné odměřování polohy vnitřního kříže, ještě lépe doplněné o možnost řízeného zablokování jedné z os, například pomocí piezoaktuátoru. Centrální kloub je tvořen koulí připevněnou k platformě, která je držena v kulové jamce pomocí magnetické síly generované cívkou [5]. Pro eliminaci tření je sedlo jamky vyrobeno z teflonu (Obr 15).

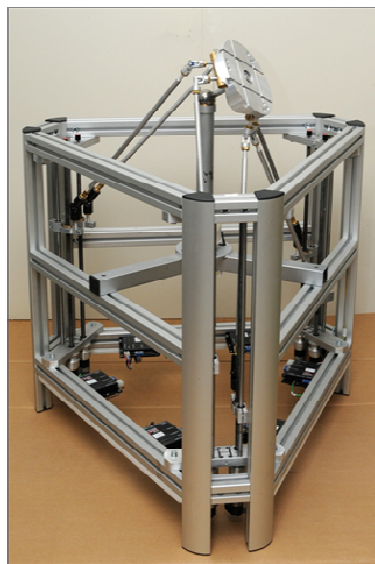
Finální konstrukce mechanismu a její detaily jsou zachyceny na Obr. 16.



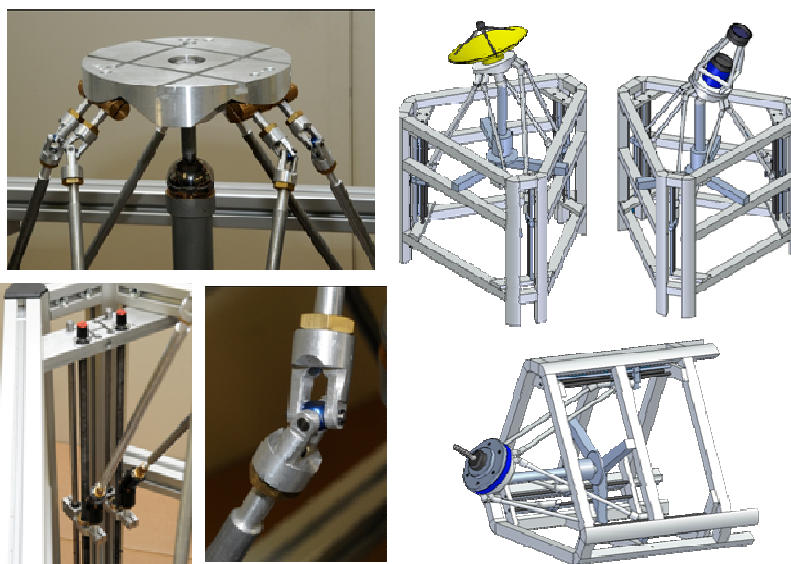
Obr. 14 Sférický kloub použitý na platformě



Obr. 15 Elektromagnetický centrální sférický kloub



Obr. 16 Funkční kinematický prototyp mechanismu HexaSphere



Obr. 17 Příkladů možného použití

4. Použití

Mechanismus HexaSphere může mít široké použití pro všechny aplikace sférických mechanismů. Zvláště důležité je odstranění singularity v zenitu tradičního Kardanova mechanismu. To především přispěje ke zvýšení dynamiky pohybu. Hexasphere může být základem montáže teleskopů (Obr. 17), které budou několikanásobně lehčí než současné, ale současně velmi dynamické, např. pro sledování gama záblesků. Další aplikace se nabízí pro naklápěcí hlavu obráběcího stroje s velkým rozsahem pohybů $\pm 100^\circ$ při velké tuhosti a dynamice. Nadbytečný počet čidel umožňuje i on-line určení a kompenzaci teplotních deformací. HexaSphere může také velmi dynamicky pohybovat anténami, kamerami nebo zrcátky.

5. Závěr

Mechanismus HexaSphere má velmi slibné vlastnosti. V první řadě je to obrovská pohyblivost (úhel naklonění platformy až $\pm 100^\circ$). Důležitá je také relativně malá změna dexterity v pracovním prostoru. Díky tomu lze využít i dalších výhod paralelních kinematických struktur – velké přesnosti, tuhosti i dynamiky. V neposlední řadě je to neexistence zenitové singularity, což umožní plynulý pohyb mezi libovolnými dvěma polohami v pracovním prostoru. Na postaveném funkčním kinematickém modelu se následně podařilo ukázat, že tento koncept je možné zkonstruovat tak, aby nedocházelo ke kolizím. Bylo ověřeno, že je možné platformu naklopit od svislého směru až o 95° .

Do budoucna je nutné vylepšit konstrukci sférických kloubů na platformě, jelikož se ukázaly jako nejvíce problémový člen, případně zvolit koncepci s ovládním pomocí lan, kde sférické klouby úplně odpadnou a navíc bude možné zmenšit nyní dosti velký zástavbový prostor. Je však třeba zajistit trvalé tahové namáhání všech lan, což vyžaduje další bádání.

Poděkování

Autoři oceňují podporu GAČR projektu 101/08/H068 a nadace ČVUT Media Lab.

Reference

- [1] Valášek M., Redundant Actuation and Redundant Measurement: The Mechatronic Principles for Future Machine Tools. Proc. of International Congress on Mechatronics MECH2K4, CTU, Praha, 2004, s. 131-144.
- [2] Kurtz R., Hayward V., Multiple-goal kinematic optimization of a parallel spherical mechanism with actuator redundancy. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1992, vol. 8, no. 5, s. 644-651.
- [3] Stejskal V., Valášek M., Kinematics and Dynamics of Machinery. Marcel Dekker, New York, 1996.
- [4] Sulamanidze D., Spherical Joints with Increased Mobility. Disertační práce, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Praha, 2007.
- [5] Valášek M., Petruš F., Zicha J., Magnetický sférický kloub. Patentová Příhláška PV 2058, Praha, 2008.

Kontaktní adresa

Odbor mechaniky a mechatroniky, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2, tel.: +420 224 357 361, e-mail: Michael.Valasek@fs.cvut.cz

ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ CHARAKTERISTIK VRTULOVÝCH POHONŮ

Measurement Device of Screw Propulsion Characteristics

Ing. Petr Mareček, Ing. Filip Kobrzek

Abstract: Device measures fundamental screw propulsion characteristics in order to correct design of propulsion for concrete flying conditions. Thrust, torque, propulsion input, propulsive efficiency and vibration are measurement characteristics. For forces influence is used deformation plate with semiconductor tensiometers. This device makes possible static as well as dynamic measurement.

Key words: Airship, Propeller, Thrust, Torque, Tensiometer, Halfbridge, Propulsive Efficiency

1. Úvod

U vzducholodí podobně jako u letadel je správná volba pohonu stěžejním bodem vývoje celého prostředku. U našich vzducholodí využíváme synchroních třífázových elektromotorů v kombinaci s pevnými dvoulistými vrtulemi APC. Požadavky na pohon jsou následující:

- velký statický tah pro kolmý vzlet vzducholodě
- maximální rychlost letu vzducholodě cca 18 m/s
- co nejmenší spotřeba v oblasti běžné letové rychlosti 2÷9 m/s

Ke splnění těchto požadavků je zapotřebí zvolit vhodnou velikost vrtule a tomu přizpůsobit výběr elektromotoru zejména po stránce výkonu a otáček.

Dvěma stěžejními parametry vrtule jsou její velikost (průměr či rozpětí) a stoupání. Pro popis jejich vlastností se používá poměrová veličina P/D (stoupání/průměr, "pitch/diameter") než skutečné fyzické rozměry. Stoupání vrtule určuje teoreticky možnou maximální dosažitelnou rychlost v závislosti na otáčkách viz. (1). Vrtule s nízkým stoupáním P/D=0,5 se tedy vyznačují nižší maximální rychlostí a vyšším tahem při malých rychlostech, naopak u vrtule s vysokým stoupáním P/D=0,8 je max. rychlost vyšší a tah při malých rychlostech naopak nižší. Z uvedeného vyplývá, že pro zadané požadavky a tedy pro pohon vzducholodě je třeba volit vrtule s nízkým stoupáním a s velkým průměrem.

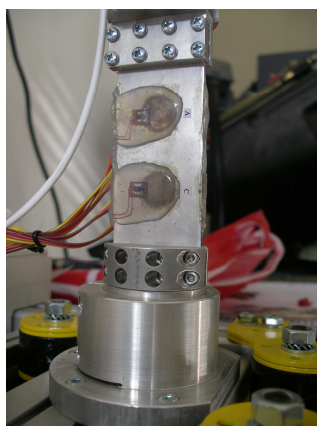
$$V_{\text{MAX}} \cong \frac{P\Omega}{2\pi} \quad (1)$$

Navržený elektromotor umožňuje použití širokého rozpětí vrtulí. Například motor AXI 5320/28 použitý na současné devítimetrové vzducholodi je možné osadit vrtulemi od 18/10" do 22/14". V tomto rozpětí rozměrů se nachází cca 10 typů vrtulí. Volba ideální vrtule může probíhat buďto zkusmo (u většiny modelářů standartní postup) vyhodnocením chování letadla za letu s příslušnou vrtulí a případná záměna za vrtuli s jiným stoupáním. Nebo pomocí různě složitých mechanismů a měřících zařízení změřit základní parametry. Za tímto účelem vzniklo níže zmíněné zařízení.

2. Popis zařízení

Zařízení viz. obrázek 1 se skládá ze základny tvořené hliníkovými profily ITEM v jejichž útrokách se skrývá veškerá elektronika. K základně je přes silentbloky připojena pata nosníku na kterou navazuje měřící element tvořený deformační planžetou. Na planžetu navazuje nosník o délce 360 mm na jehož konci je uchycen L-profil sloužící k přichycení elektromotoru s unašečem a vrtulí.

Zařízení je osazeno kromě planžety s tenzometry popsané níže, snímačem otáček, hallovou sondou pro měření protékajícího proudu. Dalším výstupy jsou napětí na pohonné baterii a napětí baterie napájející můstky. Pro řízení elektromotoru je použit regulátor JETI, který je řízen PWM signálem v rozsahu 1÷2 ms. Veškeré výstupy/vstupy byly v této zkušební verzi připojeny k NiDAQ kartě a celý program programován v LabView (Ing. Filipem Kobrzkem).



Obr. 2 Planžeta s polovodičovými tenzometry

Důležitým prvkem je měřící planžeta viz.

obrázek 2 jenž je osazena 8 polovodičovými tenzometry zapojenými do půlmůstku. Toto zapojení zajišťuje teplotní nezávislost tenzometrů. Všechny půlmůstky jsou napájeny napětově z tvrdého zdroje LiPol baterie o napětí 8V. Rozmístění tenzometrů umožňuje určení tahové síly (síly ve směru osy motoru či vrtule), točivého momentu (okolo osy motoru) a také měření boční síly. Boční síla je nežádoucí a v ideálním případě by se ani na zařízení neměla vyskytovat. Ovšem už jen uložení motoru ale i samotná vrtule může tuto boční sílu vyvolat. Stačí nepatrné natočení osy motoru mimo rovinu planžety. Tudíž měření boční síly slouží k justáži pohonu před měřením, kdy je motor s vrtulí natočen tak, aby boční síla byla nulová v celém spektru otáček.

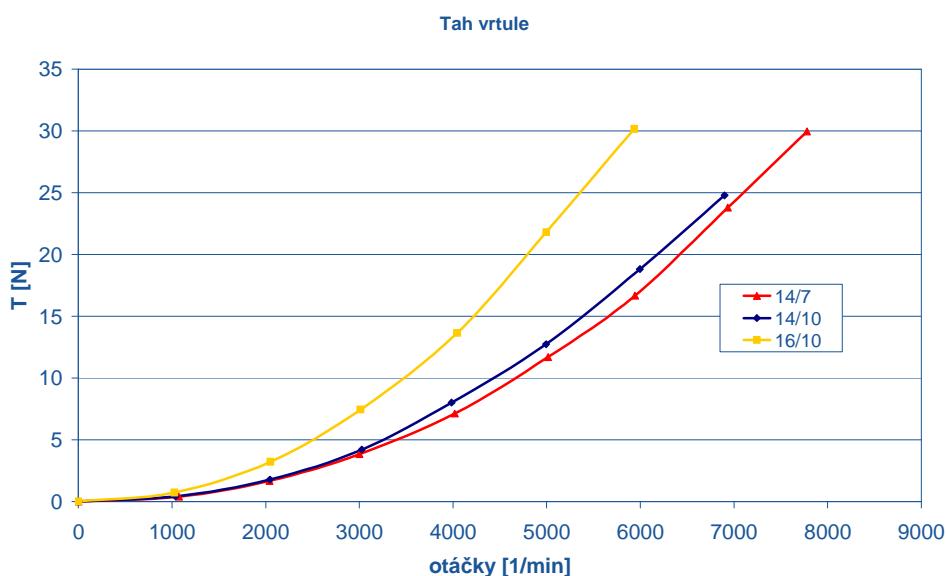


Obr. 1 Pohled na měřící zařízení

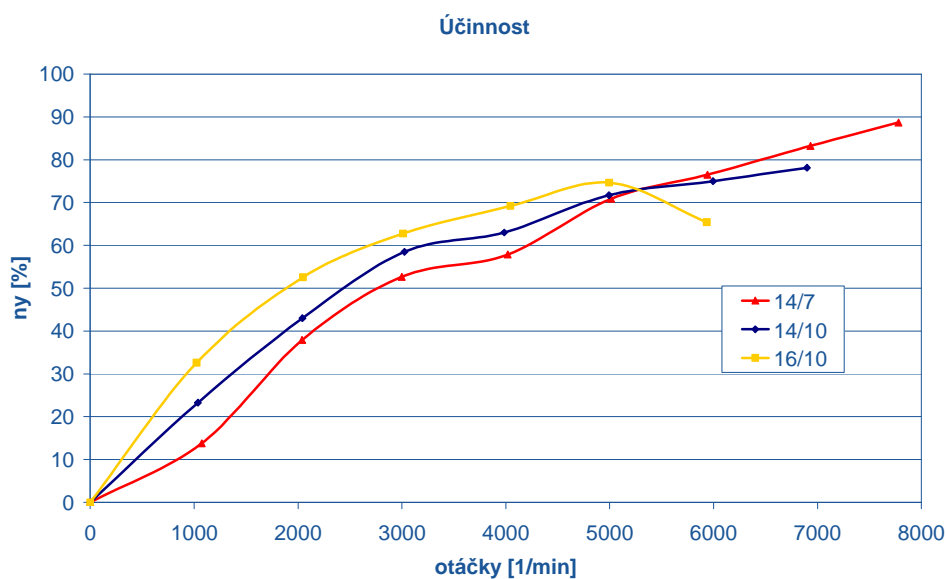
Celé zařízení je koncipováno jak pro statická měření, tedy případ kdy pohon resp. vrtule nekoná žádný dopředný pohyb tak i pro dynamické měření, kdy je simulován pohyb zařízení buď v aerodynamickém tunelu nebo skutečným pohybem např. měření na střeše automobilu za jízdy. Do současné doby bylo na zařízení provozováno jen statické měření.

3. Výsledky měření

Pro příklad byla vybrána měření porovnávající jednak vrtule se stejným stoupáním a rozdílným průměrem (14/10 a 16/10) a zároveň vrtule se stejným průměrem a rozdílným stoupáním (14/7 a 14/10).



Obr. 3 Graf závislosti tahu vrtule na otáčkách vrtule $T=f(\Omega)$. Srovnávají jsou tři velikosti vrtulí 14/7", 14/10" a 16/10"



Obr. 4 Graf účinnosti vrtulového pohonu jako celku tedy i s elektromotorem.

Na obrázku 3 je zobrazena tahová charakteristika, ze které je zřejmé, že právě průměr vrtule je rozhodujícím parametrem ovlivňujícím tah vrtule. Na obrázku 4 je zobrazena celková účinnost pohonu v závislosti na otáčkách počítaná z příkonu a výstupní energie na vrtuli ve formě točivého momentu. Zajímavý je průběh účinnosti v případě vrtule 16/10" kde od 5000 ot/min nastává pokles, vlivem odtržení proudění na vrtuli, které je mimochodem provázeno výraznou změnou intenzity hluku a zvýšením chvění. V tomto případě je zřejmé, že pro tuto vrtuli jsou otáčky nad 5000 ot/min nepřijatelné.

4. Závěr

První verze tohoto zařízení nám objasnila několik zákonitostí návrhu vrtulového pohonu, ale ukázala i nároky na vyhodnocovací a měřicí elektroniku. Volba jednoho měřicího prvku (planžety) pro dvě veličiny (tah a točivý moment) se ukázala nepříliš vhodnou neb se jednotlivé veličiny ovlivňují což značně komplikuje kalibraci. V dalším vývoji proto bude navrženo jiné vhodnější rozmístění měřicích bodů. Halvním cílem je připravit zařízení pro dynamická měření, která poskytují závislosti tahu, odebíraného proudu, účinnosti a otáček na rychlosti proudění.

References

- [1] DC Motor / Propeller Characterization, Lab 3 Lecture Notes. Dostupné na:
<http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Aeronautics-and-Astronautics/16-01Fall-2005-Spring-2006/781B09A7-6599-4AD5-A5E7-0B44DF728CE9/0/sp13.pdf>

Kontaktní adresa

AirshipClub.com, Technická 4, Praha 6, 166 07, Czech Republic, +420721821188,
petr.marecek@airshipclub.com

USTAVENÍ MONTÁŽE DALEKOHLEDU NA PRINCIPU REDUNDANTNÍCH MECHANIZMŮ

Set-up of telescope Stand using principles of redundant mechanism

Lukáš Marek, Josef Zicha, Michael Valášek

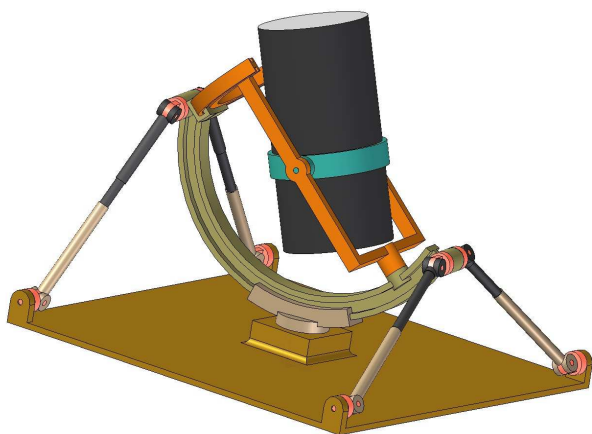
Abstrakt: Práce pojednává o moderním řešení astronomické montáže. Je zde popsán způsob ustavení expediční montáže v terénu na principu redundantních mechanismů. Jsou zde uvedena možná řešení a úrovně elektronického ovládní. U jednoho vhodného řešení je zde popsán výsledek kinematického modelu.

Key words: Speciální dalekohled, Sluneční koróna, Redundantní mechanismy, Uhlíkový kompozit, Stativ dalekohledu

1. Úvod

Delší dobu se snažíme na oboru přesné mechaniky a optiky modernizovat principy používané pro ustavení a navádění astronomických dalekohledů. Model, který uvedu dále, je optimalizován pro speciální dalekohled na pozorování slunečních zatmění. Výhodou však je, že zde tyto principy jen zkusíme uvést ve funkčnost, ale použitelné dále budou pro mnohé aplikace v astronomii.

Naším hlavním cílem tedy bylo pokusit se namodelovat princip řízení a ustavení našeho dalekohledu.



Obr. 1.: Kolíbka je pouze tuhostně zabezpečena 4 tyčemi proměnlivé délky.

2. Možné konstrukční varianty našeho dalekohledu

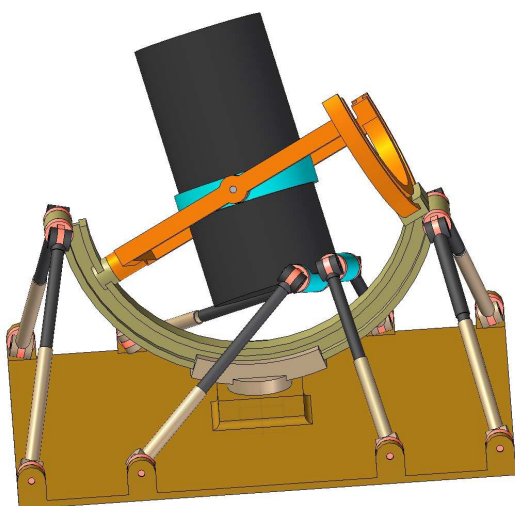
Jde o prostorové mechanismy s vlastnostmi příhradové konstrukce, kde je pohyb realizován změnou délky několika vzpěr konstrukce. Tyto pohyby tyčí vyžadují přesný propočít řízení a přesné ovládní za cenu výrazného snížení hmotnosti a zvýšení tuhosti.

Vyjdu-li z modelu rámové montáže s podkovou ve směru pólu

uložené v kolíbce, mám 2 možnosti úrovně řízení.

V první možnosti (obr. 1.) je pouze tuhostně zajištěna kolíbka vůči podložce přesně nastavitelnými tyčemi. Zde stačí přesné odečítání nastavení kolíbký a přesné odečítání a nastavení délky tyčí. To může být v krajním případě řešeno manuálně. Také je nutné pouze dobře vypočítat požadované délky tyčí a ty nastavit. Během pozorování není nutný pohyb řízený elektronicky, tedy zde odpadá řídicí jednotka a věci s ní spojené.

Druhá možnost (obr. 2.) umožňuje řízení celého dalekohledu dalšími 4 tyčemi. To by zajistilo velice tuhé uložení vlastních objektivů. Zde však již bude nutná řídicí jednotka nebo počítač a přesné elektronicky řízené aktuátory. Byla by zde však možnost snímání a ukládání souřadnic pointace dalekohledu během expozic z čidel natočení dalekohledu. Hlavním problémem této varianty je cena elektronických součástí.



Obr. 2.: Pointace dalekohledu je řešena dalšími 4 tyčemi s elektronickou akucací.

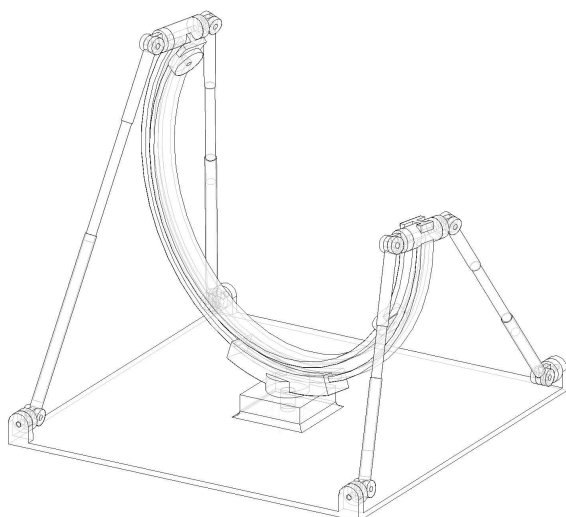
Další možná varianta je při ustavení kolíbký jako na obr. 1. použít pouze 2 řízené tyče, které budou pouze otáčet rámem montáže v níž bude dalekohled pevně zaaretován. Tato možnost přináší obdobné výhody jako obr. 2. při nižším počtu elektronických součástí.

Lze také použít jiných koncepcí montáže (vidlicová, osová), ale zde lze pouze na přesně aretované „zeměpisné poloze“ řídit

dalekohled. V některých polohách není ani tuhostní přínos moc velký.

3. Řešení konkrétního modelu

Pro skutečnou realizaci se jeví nejlépe klasická koncepce rámové montáže v C-kolíbce. Ta přináší veliká tuhostní úskalí pro ustavení kolíbký na podložce. Kolíbka musí mít vůči podložce přesně nastavitelný sklon osy rámu vůči rovině podložky. Rovina kolíbký musí být



Obr. 3.: 3D Náčrt mechanismu který budu řešit.

otočná v podložce. Celá noha kolíbký by musela být velice robustní, aby zamezila vibracím systému během pozorování. Naskýtá se možnost prostorově celou kolíbký „zavětrovat“ vůči podložce.

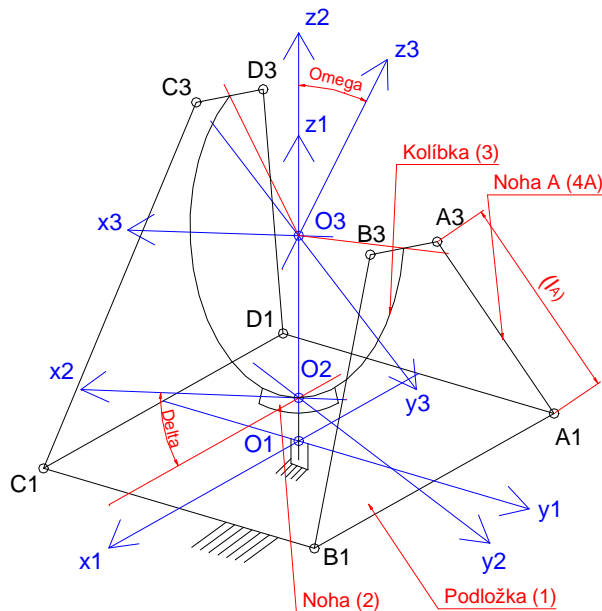
Pro mechanickou analýzu použiji výrazně zjednodušený model. Zajímá nás především pohyb kolíbký vůči podložce, rám a tubus tedy dále neuvažuji, viz. obr. 3. Vlastní zjednodušený mechanický model je na obr. 4. Zde je především dvojice rotačních vazeb v uložení nohou zaměněna za sférickou vazbu.

Stupeň volnosti reálného mechanismu na obr. 3. je:

$n = 6 \cdot (19 - 1) - 5 \cdot 18 - 5 \cdot 4 = -2$, kde je počet dílů celkem 19, rotačních vazeb 18 a posuvné

vazby 4. Proti tomu zjednodušený mechanismus (obr. 4) má stupňů volnosti:

$n = 6 \cdot (11 - 1) - 5 \cdot 2 - 5 \cdot 4 - 3 \cdot 8 = 6$, kde počítám, že každá noha se skládá ze 2 dílů spojených posuvnou vazbou. Tedy je celkem 11 dílů, se 2 rotačními, 4 posuvnými a 8 sférickými vazbami. Vzhledem k tomu že každá noha se může ve sférických vazbách libovolně otáčet, vnáší 2 parazitní stupně volnosti, celkem tedy 8. Pokud ty odečteme od výsledku 6 vyjde $n = 6 - 8 = -2$, a to je stejné jako v reálném modelu.



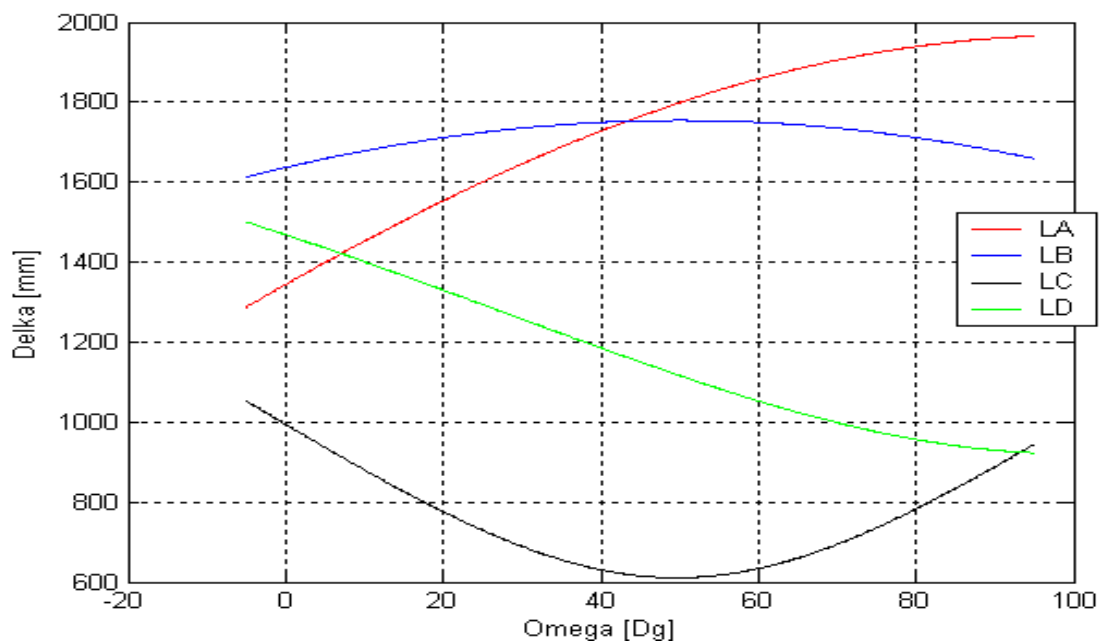
Obr. 4.: Mechanický model řešené montáže.

Souřadnice modelu jsou:

δ ... vodorovné natočení nohy, předpokládám rozsah $\pm 45^\circ$

ω ... vertikální natočení kolíčky, předpokládám $\langle -5^\circ ; 95^\circ \rangle$ (odpovídá zeměpisné vížce)

l_A, l_B, l_C, l_D .. délky jednotlivých nohou.



Obr. 5.: Závislost délky nohou na úhlu natočení ω pro úhel $\delta = 45^\circ$

Především mě zajímá inverzní kinematická úloha, tedy zjištění délky jednotlivých nohou pro požadované nastavení kolíčky, tedy $l_i = f(\delta, \omega)$. Hledané délky nás zajímají v základním

systému „1“, tedy:

$$l_A = \left| {}^1r_{1A3} - {}^1r_{1A1} \right|$$
$$l_B = \left| {}^1r_{1B3} - {}^1r_{1B1} \right|$$
$$l_C = \left| {}^1r_{1C3} - {}^1r_{1C1} \right|$$
$$l_D = \left| {}^1r_{1D3} - {}^1r_{1D1} \right|$$

Vypočítal jsem veškeré nutné transformace a vyšly mě potřebné závislosti délek tyčí na požadovaných úhlech nastavení montáže. Pomocí MatLabu jsem provedl simulace pohybu celé montáže. Výpočtový model zde nepřikládám. Na obr. 5. je průběh délky všech nohou při voleném úhlu δ v závislosti na úhlu ω .

Závěr

Celé toto řešení výrazně sníží hmotnost celku při zachování nebo zvýšení tuhosti. Přináší však nutnost přesného výpočetního algoritmu pro nastavení délek jednotlivých podpěr i jejich drobných změn během přípravy na pozorování

Literatura

- [1] Valášek M., Stejskal V., Březina J.: Mechanika A. Vydavatelství ČVUT, Praha 2004
- [2] Juliš K., Brepta R.: Mechanika I. díl - statika a kinematika. SNTL, Praha 1986
- [3] Grepl R.: Modelování mechatronických systémů v Matlab SimMechanics. BEN - technická literatura, Praha 2007

Kontaktní adresa

ČVUT – FS, Technická 4, 166 07 Praha 6
Ústav přístrojové a řídicí techniky Ú12110.3
Telefon: +420 603 849 375
e-mail: Lukas.Marek@fs.cvut.cz

POVRCHOVÉ MIKROSTRUKTURY

Surface Microstructures

Jiří Rošický

Abstract: This paper presents surface microstructures and their applications in the field of physical object identification. Two types of surface microstructures and some of their properties (i.e. resolution) are described. Modes of their interpretation as identifiers of physical objects are outlined. Two methods of implementation of surface structures are proposed and discussed in the experimental part.

Key words: Surface structure, Microstructure, Identification, Fingerprint, Signature, Tag, Particle, Image analysis.

1. Úvod

Problematika identifikace fyzických objektů je obsáhlou oblastí. Je v popředí zájmu širokého spektra zájmových skupin. Identifikací fyzických objektů se zabývají téměř všechna odvětví průmyslové výroby, obchodníci, poskytovatelé dopravních a logistických služeb, bezpečnostní služby, státní úřady, knihovny, archivy, výzkumné instituce. Výčet není zdaleka úplný. Identifikací objektů se nějakým způsobem zabývá každý člověk. Problematika je předmětem zájmu vědeckého výzkumu. Jednou z možností, jak realizovat identifikaci fyzických objektů je využít vlastností struktur, které tvoří *povrch* fyzických objektů.

2. Cíle práce

Cílem práce je analyzovat způsoby přístupů k povrchovým mikrostrukturám z hlediska jejich interpretace jako identifikátorů fyzických objektů, navrhnout implementaci vytváření povrchových struktur a odhadnout její rozlišovací schopnost.

3. State of the Art

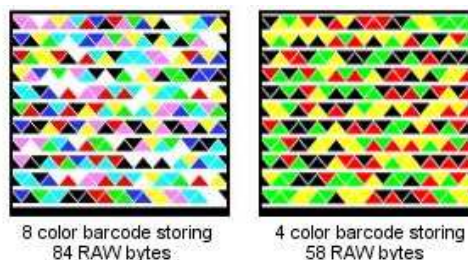
Existují v zásadě dva způsoby, jak využít povrchových struktur k identifikaci fyzických objektů.

Jednou možností jsou metody, které k fyzickému objektu připojí identifikátor ve formě dodatečné entity (např. samolepka s čárovým kódem nebo štítek s RFID čipem), nebo nějakým způsobem modifikují objekt samotný. Příkladem těchto metod jsou: označování

čárovým kódem (obr. 1, v celé řadě variant, v současné době je asi nejpokročilejším řešením High Capacity Color Barcode, obr. 2 [4]), RFID a početná skupina povrchového značení (např. laserem, ražbou, mikroúderem, tepelné nebo chemické značení). Čárové kódy, RFID a ostatní uvedené značení je založené na vytváření *definovaných* identifikátorů; tj. nejdříve je vygenerován požadovaný kód a ten je zobrazen (zhmotněn) pomocí příslušné reprezentace (obrazcem uspořádaných geometrických entit - černých a bílých ploch, barevných trojúhelníků apod.).

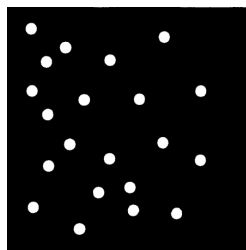


Obrázek 1. Čárový kód PDF-417.

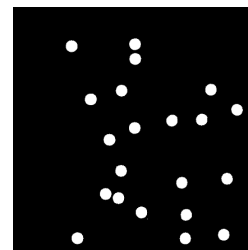


Obrázek 2. High Capacity Color Barcode [4].

Jiným přístupem je vytváření *náhodných* identifikátorů [1]. Identifikátor (struktura) v tomto případě vzniká tak, že na povrch objektu jsou náhodně distribuovány miniaturní elementy. Kód identifikátoru se zde netvoří před vznikem struktury ale až po jejím vzniku. Kód je tedy *náhodný* a odvozuje se od prostorového uspořádání elementů a případně dalších atributů (barva, velikost, tvar elementů, atd.). Náhodnost takto vzniklých identifikátorů otevírá možnosti pro jejich použití zejména v oblasti ochrany proti padělkům.



Obrázek 3. Obraz náhodné povrchové struktury [1]



Obrázek 4. Obraz (jiné) náhodné povrchové struktury [1]

Relevantní otázkou je, kolik unikátních identifikátorů (značek) lze v daném případě vygenerovat a jaká je pravděpodobnost, že se dva *rozdílné* identifikátory (značky) budou vyhodnoceny jako *stejné*. Odpověď závisí na metodě vytváření a měření povrchové struktury. V [1] je počet unikátních značek odhadnut na 5×10^{21} . Odhad platí pro situaci s parametry: rozměry značky 18mm×14mm, velikost objektů (průměr) 0,5mm a rozlišení obrazu značky 640x480bodů.

Druhou možností jsou metody, které identifikátor generují na základě měření charakteristické vlastnosti objektu. V tomto případě nedochází k doplnění objektu o dodatečnou entitu ani k modifikaci samotného objektu. Příkladem jsou biometrické metody (měření otisků prstů - obr. 5 a 6, měření oční rohovky, analýza hlasu), metody počítačového vidění a metody založené na měření nerovností na povrchu objektu [2], [3], obr. 7, 8 a 9.

V případě LSA laserový paprsek osvětluje povrch objektu (papíru) a detektory zaznamenávají intenzitu odraženého záření. Signál zaznamenaný detektory je zpracován a výsledkem je unikátní signatura (fingerprint), která jednoznačně identifikuje daný objekt [2].

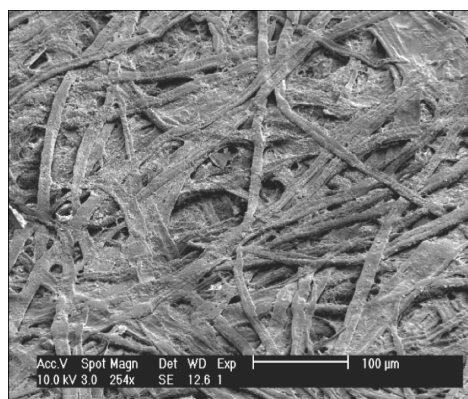


Obrázek 5. Papilární linie tvoří povrchovou mikrostrukturu [5].

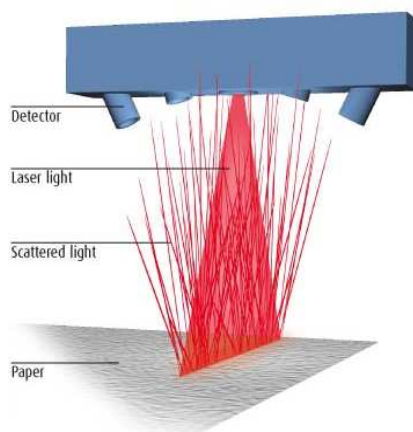


Obrázek 6. Otisk prstu - reprezentace povrchové struktury prstu.

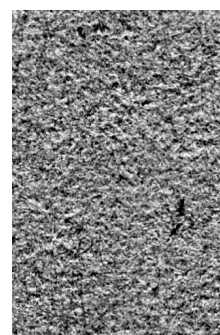
Ve druhém případě [3], je povrch papíru zobrazen běžným skenerem (obr. 9). Ze dvou takto získaných (vzájemně pootočených) zobrazení je rekonstruována topografie povrchu papíru, ze které je odvozena unikátní signatura.



Obrázek 7. Povrch papíru zobrazený mikroskopem. Náhodné uspořádání vláken tvoří unikátní povrchovou mikrostrukturu. (Měřítko 100 μm)[2, 3].



Obrázek 8. LSA [2].

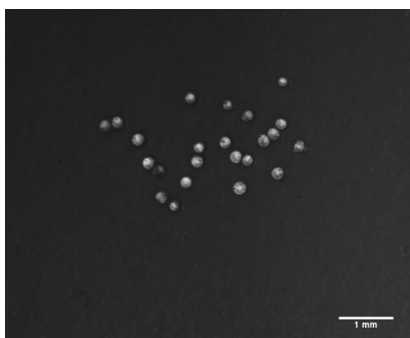


Obrázek 9. Oskenovaný papír -

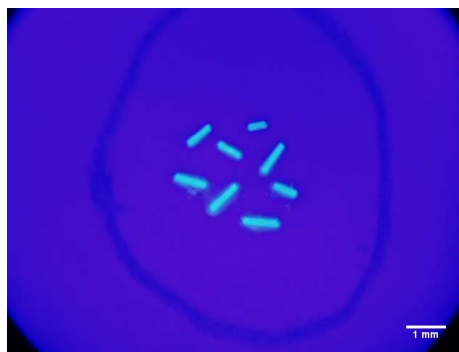
reprezentace povrchové struktury papíru pomocí zobrazení běžným stolním skenerem [3].

4. Návrh řešení, implementace a experimenty

Podle vzoru [1] byly vytvořeny zkušební povrchové mikrostruktury. V jednom případě byly použity miniaturní skleněné kuličky (obr. 10), ve druhém případě byly použity fluorescenční objekty (obr. 11). V případě mikrokuliček je využito retroreflexivity kulového objektu - vlastnost, která způsobuje odrazení světla zpět do směru osvětlení podobně jako u koutových odražečů). V případě fluorescenčních objektů se využívá fluorescence materiálu.



Obrázek 10. Povrchová struktura tvořená mikrokuličkami. (Měřítko 1mm).



Obrázek 11. Povrchová struktura tvořená fluorescenčními objekty. (Měřítko 1mm)

Struktura s kuličkami se zatím jeví jako málo robustní, protože retroreflexivita kuliček závisí na způsobu jejich fixace k povrchu a tato závislost znesnadňuje obrazovou analýzu. Struktura s fluorescenčními objekty se z tohoto pohledu jeví jako robustnější. Geometrický tvar objektů poskytuje navíc širší pole možností pro analýzu takových struktur.

Odhadneme rozlišovací schopnost struktury podle obr. 11. Budeme postupovat jiným způsobem než [1]. Strukturu nebudeme popisovat pomocí *polohy* objektů, ale k popisu využijeme *vzájemnou orientaci* objektů. Postup je velmi jednoduchý. Změříme orientaci objektů (úseček) a z naměřených hodnot (hodnoty budou v rozsahu $\pm\pi/2$) vytvoříme uspořádanou množinu. Ptáme se, kolik takových množin můžeme rozlišit. Předpokládejme, že máme k objektů a jejich natočení měříme s nejistotou $\Delta\varphi^\circ$. Potom měření orientace objektu bude indikovat hodnotu v jednom z $n = 180^\circ/\Delta\varphi$ intervalů. Počet množin, které takto můžeme rozlišit, odhadneme podle modelu:

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{\min(k,n)} \binom{k-1}{n-1} \cdot \binom{n}{j} \quad (1)$$

Pro $k = 10$, $n = 20$ vychází počet přibližně 1×10^6 , což není nijak vysoké číslo – zvláště vzhledem k výsledkům 5×10^{21} [1], případně $10^{51} \div 10^{72}$ [2]. Cílem práce však bylo pouze *navrhnout* implementaci struktury a nikoli *optimalizovat* její parametry. Rozlišovací schopnost se dramaticky zvýší zahrnutím dalších parametrů (např. *délky* objektů).

5. Závěr

Byly popsány dva typy povrchových mikrostruktur a uvedeny způsoby jejich interpretace jako identifikátorů fyzických objektů. Byly uvedeny některé vlastnosti těchto struktur (odhad rozlišovací schopnosti). Byly implementovány dva typy povrchových mikrostruktur a u jednoho z nich provedena elementární analýza rozlišovací schopnosti. Další postup bude směřovat k optimalizaci objektů, použitých pro tvorbu struktury s cílem zvýšit rozlišovací schopnost a k vývoji metody pro porovnávání povrchových struktur.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory interního grantu ČVUT, *Aplikace metod identifikace povrchových mikrostruktur* (CTU0902512).

Literatura

- [1] Alphafox Systems Limited [GB/GB]; Briar Mead Yatton North Somerset BS49 4RE (GB). Security, identification and verification systems. IPC: G06K 19/06 G06K 7/12 G07D 7/12 G07D 7/20 G07F 7/08 G08B 13/24. WIPO PCT Patent, WO/2002/050790. 2002-06-27.
- [2] D. R. Buchanan, R. P. Cowburn, A.-V. Jausovec, D. Petit, P. Seem, G. Xiong, D. Atkinson, K. Fenton, D. A. Allwood, and M. T. Bryan, "Forgery: 'fingerprinting' documents and packaging," *Nature*, vol. 436, p. 475, 2005.
- [3] William Clarkson, Tim Weyrich, Adam Finkelstein, Nadia Heninger, J. Alex Halderman and Edward W. Felten: Fingerprinting Blank Paper Using Commodity Scanners. To appear in Proc. IEEE Symposium on Security and Privacy, May 2009.
- [4] Microsoft Corporation Redmond, WA 98052 (US). System and method for encoding high density geometric symbol set. Jancke, Gavin (inventor). MPT6: G06K 19/06. EPO Patent, EP1612724A1. 2005-06-16.
- [5] http://cs.wikipedia.org/wiki/Otisk_prstu

ENGINEERING OF MULTI-DIAGNOSTIC PORT-PLUG FOR COMPASS

D. Šesták, V. Weinzettl, D. I. Naydenkova, J. Stöckel, I. Ďuran

Abstrakt : The paper generally outlines a design of new multichannel optical diagnostics for the COMPASS (COMPact ASSEMBly) tokamak. The final design of a port plug for a multispectral diagnostic tool is introduced and its evolution taking into consideration spatial and other technical restrictions is reviewed.

Key words : tokamak, optics, diagnostics

1. Introduction

The COMPASS, a divertor tokamak with a clear H-mode and ITER-like geometry (1:10 to the ITER plasma size, $R=0.56$ m, $a=0.23 \times 0.38$ m, $I_p=200-400$ kA, $B_T=1.2-2.1$ T and pulse length up to 1 s), is being re-installed in IPP Prague after its transport from UKAEA, Culham Science Centre, UK. Several new diagnostic tools are being built to address aims of the COMPASS scientific program focused on H-mode physics and pedestal investigations [1].

In the second section of the paper the design of new multichannel optical diagnostics port plug is described. An integrated optical system for visible plasma radiation from 400 nm to 800 nm, soft X-ray, and bolometric measurements has been designed and will be used to obtain information on hydrogen and impurity emission and its evolution during discharges [2]. As a result, neutral atoms density, impurity inflow, recycling processes, and rough estimation of particle confinement time can be derived. Effective ionic charge Z_{eff} will be evaluated from a line free region slightly above the 520 nm comparing to pure hydrogen plasma *bremsstrahlung* using known plasma density and temperature. This optical system will be installed in the sector 6/7 of the COMPASS tokamak (see Fig.1). This contribution addresses port integration issues imposed by a significantly constrained available space. A diagnostic port plug with an inside diameter of 97 mm will be used for two arrays of the AXUV-based bolometers (twenty channels each), thirty-five channel soft X-ray semiconductor sensor, and thirty-five channel visible light diagnostic, all of them integrating radiation along vertically stepped lines of sight with a spatial resolution of about 10 mm. Furthermore, this port plug will also be equipped with a shutter to prevent detectors and optics from an impurity layers deposition during cleaning glow discharge, and with an internal cooling to prevent detectors from overheating during vacuum vessel baking. The same

spectroscopic system will be installed into a similar port located at the same poloidal cross-section below midplane in the same manner as mentioned above.

2. Port design for integrated optical system

A basic design was developed relating to the demand to integrate all above-mentioned spectroscopic systems together with both a cooling channel and a shutter in the limited port area. Therefore, this port plug is assembled from two pieces. The first is an inset which holds detectors, air slits, shutter, and also includes a cooling channel. The second piece is the NW100 flange. This flange contains two electrical feedthroughs, each equipped with 41 pins, one hole for a rotary feedthrough (NW16 flange) intended as a shutter manipulator, and the second hole for the NW35 viewport. The NW35 vacuum window will be made of UF- fused silica. This optical material fully meets tokamak requirements, such as high vacuum tightness ($\sim 10^{-6}$ Pa), immunity to heat loads during baking of the vacuum vessel (150°C), resistance to neutron fluxes, and high transparency for a measured spectral range.

The inset design was developed from a placement scheme of detectors taking into account required observation angles (see Fig.1), and retaining the alternative of easy assemblage of the whole port plug. At the beginning, there were two possible ways of designing a part holding detectors. The first one was to make a separate case for each detector. This option is advantageous in a relatively simple construction and easy connection between detectors and electrical feedthroughs. However, it would be complicated to connect the cooling to more than one case inside a limited port area. The other option was to make a detectors holder as one monolithic inset. This inset is difficult to manufacture, but it has the advantage of compactness. Therefore, this option was chosen. In this case, the cooling channel is drilled through the inset, and holes on the vacuum side are sealed by threaded stoppers and welded. Both the presence of this drilled channel and the requirement to assemble the whole diagnostic port plug “on the table,” before the final connection to the tokamak, resulted in a double flange structure of the inset. One flange which contains input and output of the cooling channel allows assembling the port plug to the tokamak flange; the second is used to connect the NW100 flange to the inset.

During the inset design phase, the placement of detectors was slightly shifted against original scheme. This was done mainly to fit detector sockets, which are bigger than the detectors themselves, inside the inset. Then, a free area was used to fit in the visible light diagnostic system of the largest possible diameter. Moreover, enough space for a cooling channel of 6 mm diameter had to be kept.

In the visible light diagnostic system, light transmitted through the first optical component (the objective located on the vacuum side in the frame of the port plug) is collimated into a parallel beam. The throughput of the detection system is restricted by a maximum possible diameter of the viewport on the NW100 flange, i.e., the NW35 viewport. This viewport should be in-line with the objective, which is the main restriction for a layout of parts on the NW100 flange. Position of the rotary feedthrough is given by a free area left on the inset, the only place large enough for a shutter controller. Then, the electrical feedthroughs are placed. Their positions were chosen considering the electrical plug size and size of the NW35 viewport. Behind the NW100 flange, the parallel beam of light is collected by a set of optical fibers [2]. Each fiber corresponds to one spatial channel. Twenty-meter long optical cables will be used and their output will be connected to a multi-channel detector or to spectrometer, depending on the purpose of measurement. Detectors will be located far

away from the tokamak because they are sensitive to the X-ray radiation from plasma. Moreover, an easy adjustment of the system will be possible in this case.

Thanks to the double flange structure of the inset, detector sockets for bolometric and soft X-ray measurements can be connected to the electrical feedthroughs before a final assemblage of the inset and the NW100 flange. Then, the NW100 flange will be bolted to the inset, and sockets will be bolted to the inset through a mounting hole. The mounting hole will be closed subsequently. Afterwards, detectors will be mounted from the front side and covered by an air slit holder (Fig.2). The air slit holder is used for movement of the slit against the detector centre, if a change of observation angle is required.

As a collimating element for the bolometers and a soft X-ray detector, the 0.1 mm wide and 2 mm long air slit together with the second, exactly the same air slit in a perpendicular direction will be used. The air slits are replaceable allowing an independent change of the vertical and toroidal spatial resolutions by the modification of air slit width. Changing the toroidal resolution, mainly the throughput will be influenced due to a toroidal symmetry of observed plasma. In the case of soft X-rays, a thin beryllium foil (a few micrometers) will be used to filter VIS and UV radiation. To prevent air slits and foils from rupturing during a chamber pumping or refilling, pressure relieve holes were added into the inset.

The cut through the port plug and the final design of the assembled diagnostic port are shown in Figs.3 and 4.

In these days the port plug is being mounted to the tokamak vessel. The photo of port plug during assembly is shown in Fig.5.

The results from port plug cooling test can be seen in the Graf 1. During this the port plug was mounted on the small vacuum chamber. This chamber was heated up to 100°C. The temperature of port plug was measured by two Pt 100 thermocouples. First thermocouple was placed on the far side of the port plug (behind the soft X-ray detector), the second thermocouple next to the cooling channel. When the temperature of the port plug was settled, the cooling water was introduced to the cooling channel (this cooling channel is placed between bolometers). When cooling started (at 13:30), the temperature of vacuum chamber dropped below 100°C what is considered to be minimal baking temperature for the vacuum vessel. For this reason the heating input power was raised to maximum value. Thank to this, the temperature of vacuum chamber raised to 110°C. However the temperature of the port plug did not exceed 60°C what is considered to be the maximum operational temperature for used detectors.

Conclusion

The final design of the port plug for the multispectral diagnostic tool for the COMPASS tokamak and its evolution was reviewed, taking into account spatial and other technical restrictions. In spite of the relatively complex double flange design, the observing system remains as flexible as possible and easily fabricated and settled.

The vacuum and cooling tests were done with satisfactory results.

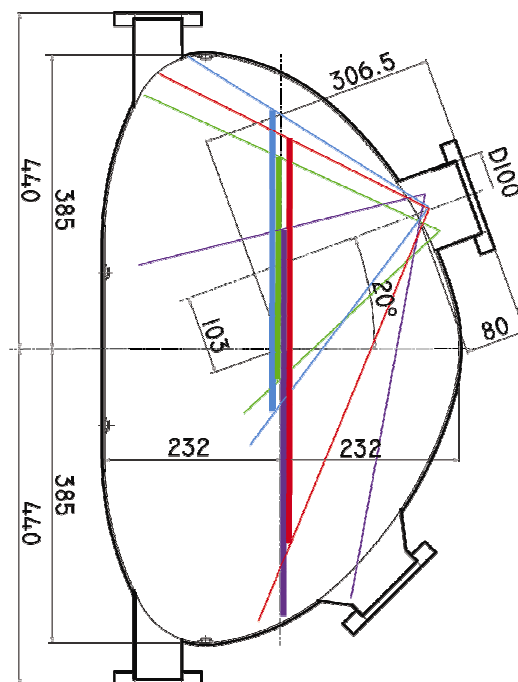


Fig.1 - Scheme of the poloidal cross-section of COMPASS tokamak in sector 6/7. Observation angle of visible light diagnostic is shown - visible light diagnostic view (green), first (violet) and second (blue) bolometric view, soft X-ray detection view (red)

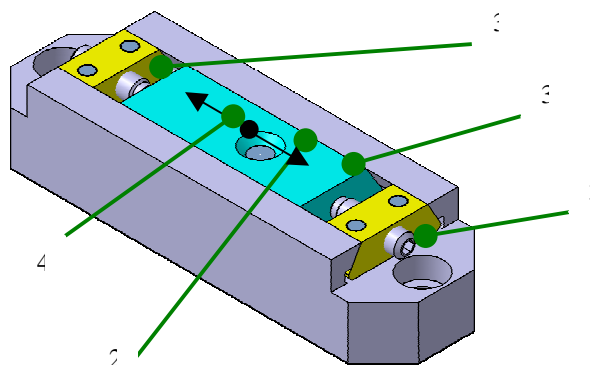


Fig.2 - Air slit holder (1-gliding stone, 2-air slit, 3-fly screw, 4 - movement of gliding stone)

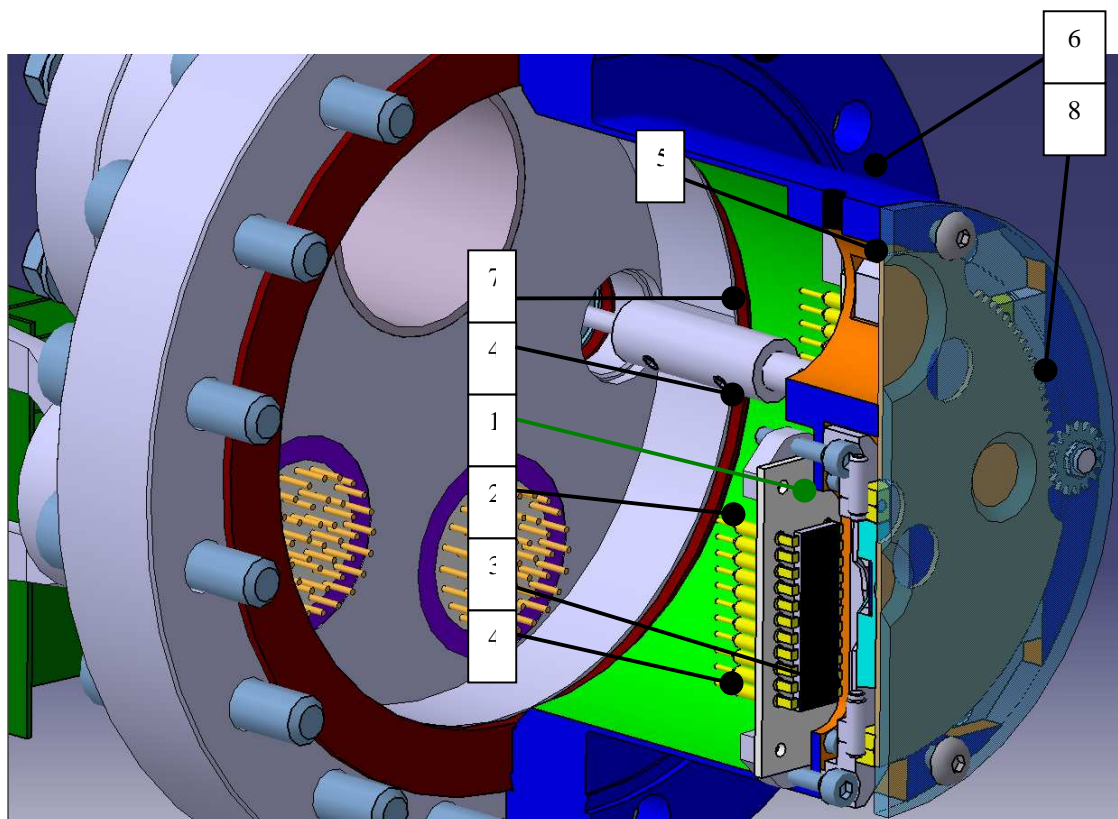


Fig.3 - Port cut through (1-detector, 2-detector socket, 3-air slit holder, 4-nut, 5-shutter, 6-hood (holds the shutter), 7-connection shaft (links shutter jack and rotary feedthrough), 8-shutter jack)

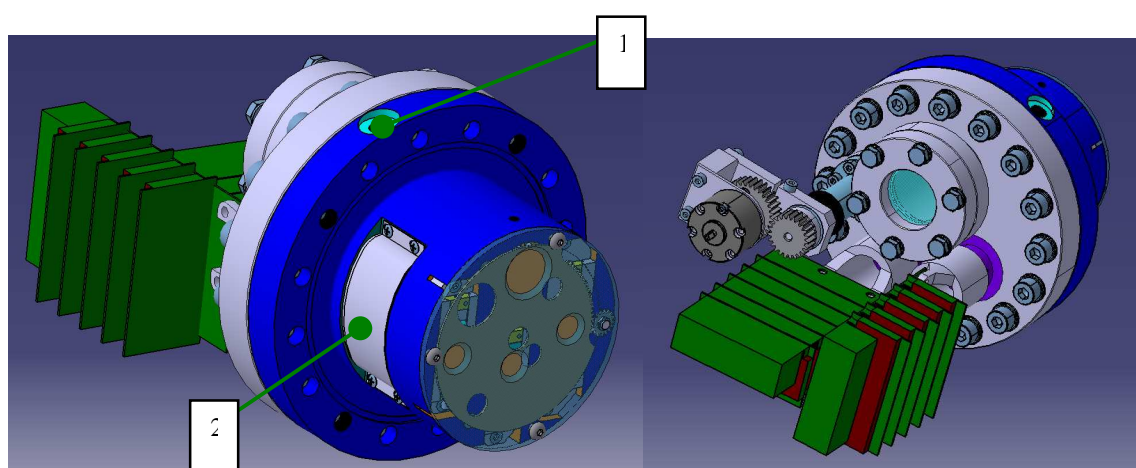


Fig.4 - 3D view of the assembled port (vacuum side – left picture, atmospheric side – right picture, 1-Cooling channel inlet, 2- Mounting hole)

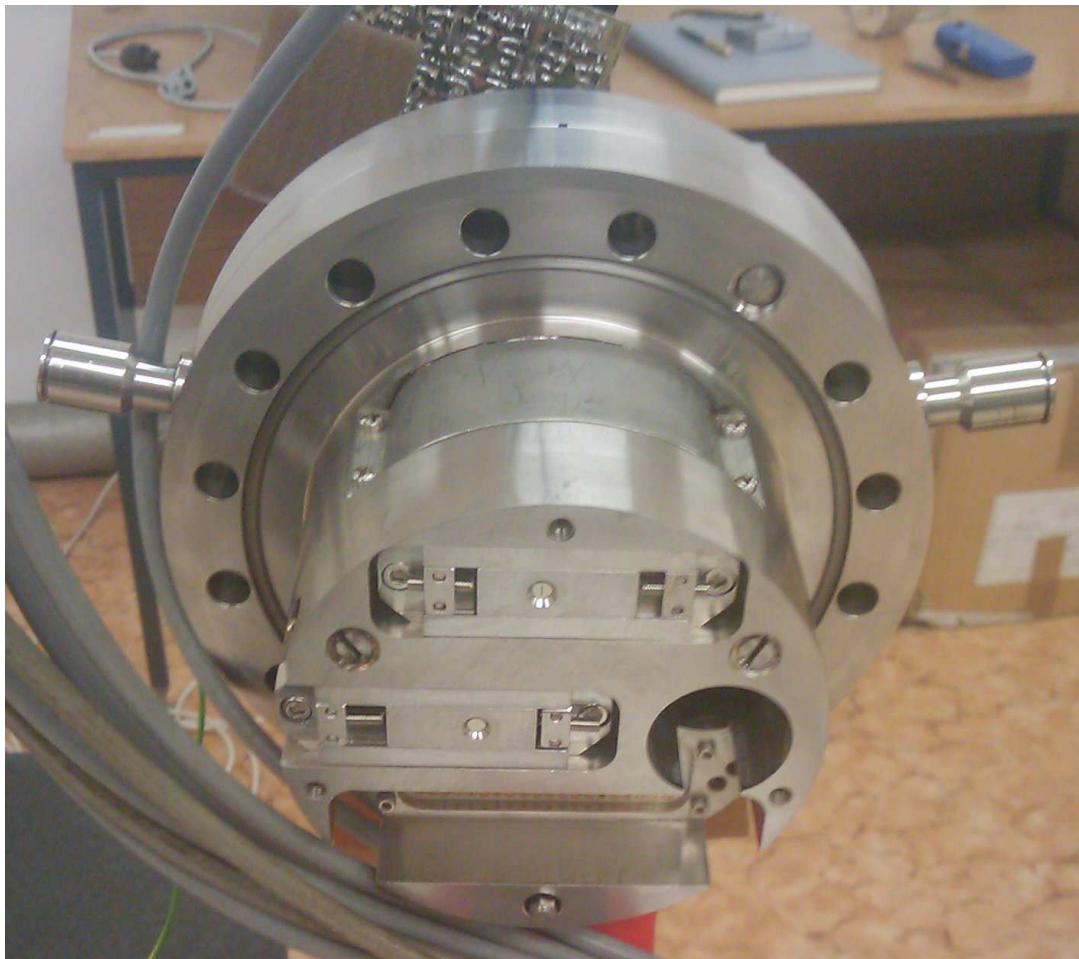
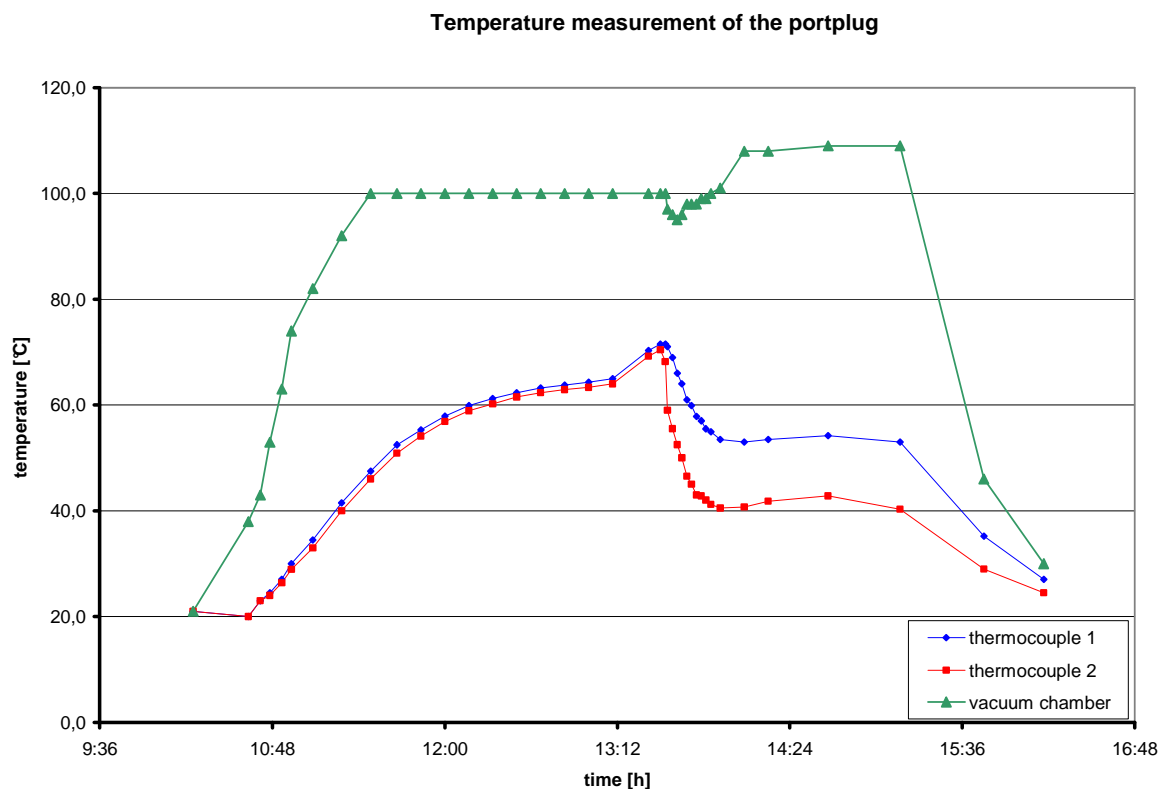


Fig. 5 – Photo of the port plug during assembly. Bolometer air slits are in the position, Soft X-ray air slit is missing.



Graf 1 – temperature measurement of the port plug

Acknowledgement

The work was performed within the frame of EFTS Project EODI №042884 and grant №202/08/H057.

References

- [1] R. Panek et al., Czech. J. Phys. 56 [suppl. B] (2006) B125-B137
- [2] D. Naydenkova et al., “Design of New Optical System for Visible Plasma Radiation Measurements at COMPASS Tokamak,” Proceedings of the 17th Annual Conference of Doctoral Students, WDS 2008, Prague, June 2008.

Kontakní adresa

Ústav Fyziky Plazmatu, Za Slovankou 3, Praha 8, 182 00, Česká Republika
tel: (+420) 266 053 578, e-mail: sestakd@ipp.cas.cz

MODIFIKACE KARDANOVA KLOUBU

On Modification of the Cardan Joint

Zicha J.

Abstract: Aplikace Kardanova kloubu lze najít v rozsáhlém souboru přístrojů, strojů a zařízení. Mechatronika přinesla nové požadavky na tento strojní prvek, které souvisejí s jiným způsobem namáhání a se zvýšenými požadavky na tuhost, minimalizaci pasivních odporů a eliminaci vůlí s cílem dosažení vyšší kinematické přesnosti. Jsou stručně popsány některé netradiční způsoby použití.

Key words: Kardanův kloub, pohon měřicího stolku, altazimutální montáž

1. Úvod

Od svého objevení byl Kardanův (též Hookeův nebo křížový) kloub (Hieronimus Cardanus, 24.9.1501 - 20.9.1576, Robert Hooke, 16.7.1635 – 3.3.1703) používán jako spojka dvou různoběžných hřídelí a tedy sloužil k přenosu krouticího momentu. Ohromný počet jeho současných modifikací a aplikací v konstrukci motorových vozidel, výrobních strojů a měřicích přístrojů využívá právě této funkce. Další aplikací byl Kardanův závěs užívaný např. k uložení námořních chronometrů.

Z obecného pohledu však jeho aplikační možnosti nejsou zdaleka vyčerpány. Zajímavé je např. spojení matice vysoce přesného pohybového šroubu s měřicím stolcem. V této aplikaci - při možnosti axiálního posuvu čepů - je možná kompenzace chyby způsobené mimoběžností a nepřímostí reálných os šroubu a přímého vedení. Tohoto systému bylo patrně poprvé použito Rowlandem (1848 – 1901) při konstrukci rycího stroje na výrobu difrakčních mřížek. V r. 1975 bylo podobného konstrukčního uzlu použito při konstrukci mikrofotometru k pohonu stolku se spektrogramem [1]. Spojení přesného šroubu a stolku Kardanovým kloubem dovoluje navíc kompenzovat první harmonickou periodické chyby zmíněného šroubu. V těchto případech je funkce kloubu odlišná od prvotního použití (spojka), protože se jedná zejména o přenos posouvající síly, schopnost přenosu krouticího momentu je využita jen na zachycení reakce momentu pasivního odporu mezi maticí a šroubem.

Velmi zajímavou aplikací myšlenky dvouosého kloubu jsou montáže astronomických dalekohledů, přičemž zejména na montáži altazimutální lze dobře ukázat limity jeho použitelnosti. Prochází-li totiž pozorovaný objekt zenitem, vyžaduje sledování objektu nekonečnou rychlost rotace kolem azimutální osy, což je technicky nemožné - jedná se o singularitu. K té dojdeme tehdy, když osy vstupní a výstupní hřídele kloubu svírají úhel 90^0 [2].

Možnosti, které se otevřely díky pokroku výpočetní a řídicí techniky, dovolují konstruovat mechanická zařízení s nadměrným počtem stupňů volnosti (paralelní kinematické struktury, redundantní soustavy), jejichž aplikace v oblasti robotů a manipulátorů se stále rozšiřují [3], [4]. Protože funkce těchto systémů je možná pouze v součinnosti s řídicí výpočetní technikou, dostáváme se tak do oblasti známé pod pojmem mechatronika. Pohyby ve zmíněných systémech jsou zpravidla odvozeny od řízeného pohybu táhel, která spojují rám s funkčním prvkem (platformou). Spojení táhel s platformou je zabezpečováno zajímavou modifikací Kardanova kloubu, který není určen pro přenos kroutícího momentu, ale výlučně k přenosu tahové nebo tlakové osové síly v táhle.

Celkově lze i v této oblasti strojírenství nalézt dlouhodobý obecný trend, který směřuje ke kompaktním a přesným prvkům s velkou tuhostí.

2. Mechatronická modifikace Kardanova kloubu

Základní odlišnost mechatronické modifikace od normálního provedení spočívá v podstatném zvětšení dosažitelného úhlu mezi vstupní a výstupní osou a dále v přidání dalšího stupně volnosti - rotace vidlice kolem příslušné osy. Zmíněným způsobem lze při přenosu osových sil překonat dříve uvedenou singularitu a používat tuto úpravu jako náhradu sférického kloubu tvořeného kulovou plochou.

Zdánlivě jednoduchý úkol – prodloužení obou vidlic a aplikace dalších dvou ložisek je ovšem zdrojem několika problémů, zejména požadujeme-li aby všechna otočná uložení byla bez axiálních a radiálních vůlí. Je zřejmé, že ke splnění shora uvedených podmínek je nutná aplikace předepnutých valivých ložisek. Kromě speciálních ložisek různých firem vyhovují uvedené podmínce ložiska řady 33xx D (dvouřadá se šikmým stykem a s děleným vnitřním kroužkem nabízející možnost předepírání), případně ložiska 32xx, která jsou „lehčí“, než ta dříve uvedená a pokud nejsou předepnutá z výroby, lze je předepnout vhodnými tolerancemi protikusů.

Zde je nezbytné upozornit na další omezující parametr, který charakterizuje velikost kloubu – průměr kružnice opsané mechanismu v rovině kardanova kříže. Systémy zahrnující větší počet vzpěr (např. Hexapod či HexaSphere) nemají vzpěry rozmístěné po obvodě platformy a rámu rovnoměrně, ale páry připojovacích kloubů jsou umístěny co nejbližší u sebe. V tom případě jejich velké rozměry způsobují potíže. Protože řada ložisek 32xx začíná s průměrem díry 10 mm, vyhovují tyto typy jen u značně rozměrných systémů vhodných pro přenos velkých sil.

Běžně užívaná jehlová ložiska jsou bez axiálně účinných doplňků nevhodná. Nutné úpravy automaticky vedou ke zvětšování kloubu a to je v rozporu s předcházejícím požadavkem. Některé firmy (např. INA, NTN) však nabízejí kombinaci jehlových ložisek s kuličkovým věncem v jednom prvku, což vede k žádané kompaktnosti konstrukce. Využití těchto prvků se předpokládá v krátké budoucnosti.

Pro rychlé posuzování kompaktnosti kloubů různých konstrukčních řešení je žádoucí nalézt vhodné bezrozměrné číslo, které bude vypovídat i o možném zatížení (tuhosti) této součásti. Jednou z možností je snadno zjiřitelný poměr mezi průměrem kružnice opsané kloubu v rovině kardanova kříže a průměrem čepů ložisek tohoto kříže, tedy D/d . Smyslem optimalizace konstrukčního řešení pak je dosažení poměru co nejmenšího.

3. Realizovaná a navržená řešení

V rámci experimentů byl navržen a vyroben kloub s uložením čepů kardanova kříže do malých kuličkových ložisek 619/7. Poměr D/d mezi průměrem opsané kružnice a průměrem čepu má hodnotu 15. Úhel možného odklonu os dosáhl $\pm 135^0$ a díky tomu, že vidlice je vyrobena z rotačních prvků (koule, válec) nedochází při změnách úhlů os v celém rozsahu k zablokování vzájemného pohybu v důsledku kolizí ostrých hran.

Při posuzování použitelnosti jednotlivých typů ložisek se objevila možnost, jak uvedený poměr výrazně zmenšit - a to tak, že koncepce otočného uložení bude „obrácená“. Zatím co standardní konstrukce vychází z kardanova kříže a z ložisek, jejichž vnější kroužky jsou uloženy ve vidlicích, bylo navrženo dělené pouzdro pro uložení všech čtyř ložisek za vnější kroužky (analogický termín „kardanovo pouzdro“, nejlépe však „kardanova dutina“) a vidlice byly integrovány s čepy. Z kontrolní konstrukce (ložisko 3205) plyne, že zmíněný poměr poklesl na 6, přičemž konstrukci zvětšují těsnící kroužky Gufero a neoptimalizované vidlice. Na průměru D lze ušetřit jiným těsněním a upravenou vidlicí ještě cca 20mm, takže je dosažitelný poměr 5,2. Připomínám, že ložisko 3200 má statickou únosnost 14,3 kN, takže tento kloub je vhodný pro velké osově síly – cca 20 kN. Jedna z výhod tohoto řešení spočívá v tom, že ložiska pracují v uzavřeném prostoru. To umožňuje použití trvalé tukové náplně a omezuje interakci ložisek s vnějším prostředím.

V souvislosti s vývojem měřicí stanice pro měření spektrální emisivity ekosystémů se stožárem o výšce 30 m (grantový projekt ENKI a našeho ústavu s názvem TOKENELEK) je navržena a potenciálním výrobcem schválena konstrukce popsáního kloubu, kterého bude použito k uložení paty stožáru i k uložení manipulačních vzpěr.

K minimalizaci rozměrů kloubu může dále přispět i vhodný výběr ložisek. Shora uvedený průměr kloubu D roste s vnějším průměrem ložiska a jeho šířkou a proto je nutné pečlivě hledat kompromis mezi zatížením, dostupnými typy ložisek a dalšími konstrukčními prvky, jako jsou např. těsnění. Další vývoj – zejména pro asymetrická řešení – vyjde z kombinace jehlového a dvou jednosměrných válečkových axiálních ložisek. Tyto typy valivých ložisek jsou totiž při velké únosnosti rozměrově nejúspornější.

První kinematický model HexaSphere měl Kardanovy klouby vyrobené z modelářských prvků. Uložení čepů (hlavní čep Φ 3 mm, vrtaný čep Φ 4,5 mm) jsou kluzná, takže vůle radiální i axiální dosahují hodnoty několika setin mm. Průměr opsané kružnice D je 20 mm, takže poměr D/d je 6,67.

Druhý model je vylepšen v tom smyslu, že vidlice kloubů jsou za cenu komplikovanější technologie lépe tvarově řešeny a je optimalizována materiálová kombinace otočného uložení (titan a bronz). Poměr D/d zůstává stejný.

Konstrukce kloubů pro nový typ HexaSphere s valivým otočným uložením (minimalizovány vůle a pasivní odpory) vyšla z toho, že kluzná uložení s čepy jsou nahrazena malými kuličkovými ložisky 618/7 s dírou o Φ 7 mm. Průměr D sice vzroste z 20 na 33 mm, ale ze systému zmizí velké vůle, které doposud negativně ovlivňovaly přesnost nastavení. Podstatné zmenšení pasivních odporů zlepší pohyblivost kloubu v oblasti blízké k singularitě. Poměr D/d dosáhne hodnoty 4,7.

4. Závěr

Z obecnějšího pohledu lze konstatovat, že nástup mechatronických systémů konstruovaných na bázi tyčových struktur vyžaduje jednak konstrukci velice tuhých táhel (nejlépe s proměnnou a přesně měřenou délkou) a přímých vedení a dále konstrukci Kardanových kloubů, jejichž tuhost bude s tuhostí táhel korespondovat při malých vnějších rozměrech. Neopomenutelnými parametry, které přímo ovlivňují přesnost mechanismů, jsou minimální pasivní odpory a eliminované vůle mezi pohyblivými prvky. Je zřejmé, že na cestě za prvky s komplexními optimálními vlastnostmi (m.j. též servopohony, odměřovací systémy, atd.) budou nalezena četná nová a zajímavá technická řešení.

V tomto příspěvku jsou shrnuty dosavadní praktické zkušenosti získané při práci v dané oblasti. Za tuto možnost autor děkuje Prof. Ing. Jiřímu Bílovi, DrSc. a řešitelskému týmu projektu TOKENELEK a Prof. Ing. Michaelovi Valáškovvi, DrSc. a jeho spolupracovníkům v projektu HexaSphere.

References

- [1] Zicha J.: Mikrofotometr a komparátor pro vyhodnocování stelárních spektrogramů. Kandidátská disertační práce, Fakulta strojní ČVUT v Praze, 1979.
- [2] Chýlek T., Zicha J.: *SET – Simple Expeditionary Telescope*. Proc. ESO Conference: Progres in Telescope and Instrumentation Technologies, ESO Garching, 27-30 April 1992.
- [3] Karásek M., Večeřa F.: *Funkční model HexaSphere*. Proc. Nadace Czech Technical University Media Laboratory, Workshop 2008, Praha.
- [4] Jakubský O.: *Aplikace nových materiálů a pohonů v konstrukci manipulátorů s paralelní strukturou*. Disertační práce, Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2009.

Kontaktní adresa

ČVUT FS, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Technická 4, 166 07 Praha 6

Doc. Ing. Josef Zicha, CSc., josef.zicha@fs.cvut.cz

VÝVOJ METOD STANOVENÍ TOKŮ ENERGIE A LÁTEK VE VYBRANÝCH EKOSYSTÉMECH

The Development of Methods for Evaluation of Flows of Energy and Matters in the selected Ecosystems

Jiří Bíla

Abstract: The paper describes approaches and results applied and achieved in project MSM 2B06023. The structure and results of research groups as well as the plans for future research are introduced.

Key words: Database System, Classical Modeling, Qualitative Modeling, Visualization, Measurement Centers

1. Úvod

Krajina Třeboňska v Jižních Čechách je známa zejména svojí malebností a svými rybníky, včetně jejich vánočních obsahů. Málokdo by očekával, že zde dochází k pozvolné dehydrataci probíhající již dlouhou řadu let, při které je narušen tzv. Malý vodní cyklus [1]. Malý vodní cyklus (MVC) popisuje chování lokálního ekosystému (např. oblast Třeboňska), při kterém část vody, která je do ekosystému přivedena, a která se odpaří, spadne zpět ve srážkách do tohoto ekosystému. Ve zmíněné oblasti je tento cyklus narušen tím, že odpařená voda je velmi rychle vynášena do výškové zóny, kde ještě nedochází ke kondenzaci a v této zóně je transportována mimo lokální ekosystém až ke vzdáleným horským pásmům, kde ve stoupajících vzdušných proudech dochází ke kondenzaci. (Vlivem vysokých objemů přinesené vodní páry dochází mnohdy k přívalovým dešťům.)

Cílem projektu [2] je popis energetických toků a vývoje biodiverzity v krajině. Krajina se zdá stabilní, ale zásahy do krajiny probíhají dlouho a stále. Výzkum se věnuje modelování energetických toků, zejména pak bilanci dopadajícího, odraženého a pohlceného slunečního záření, dále pak mikro-meteorologii, termodynamice atmosféry v těsné blízkosti povrchů různých lokalit (zelený porost, rašeliniště, betonová plocha, ...) a konečně vlivům, které oslabují nebo posilují malý vodní cyklus.[1]. Data pro vyvíjený monitorovací systém jsou získávána z 13 měřicích stanic rozmístěných ve vybraných lokalitách ekosystému. Každá stanice měří 14 veličin (zpravidla v intervalech 6 minut). Data jsou archivována, testována a editována v databázi, jsou využívána k nejrůznějším výpočtům (např. k výpočtům dělení sluneční radiace – dopadající, odražené, zachycené v povrchu, ...) a k objevování dosud neznámých vztahů a znalostí (Data Mining and Knowledge Discoveries).

2. Výzkumný tým a zaměření jeho skupin

Výzkumný tým má 9 členů a je rozdělen do 4 výzkumných skupin:

G1. Skupina identifikace, klasického modelování a vizualizace.

Skupina se od počátku prací na projektu věnuje možnostem vývoje klasických (kvantitativních) modelů popisujících chod systému, zejména pak výměnu energetických toků a látek. V návaznosti na zobrazování aktuálních měřených dat prostřednictvím sítě Internet, která v reálném čase poskytuje 13 měřicích stanic umístěných v ekosystémech Třeboňské pánve, se hledá cesta, jak vypočítat a zobrazit také hodnoty jim odpovídajících aktuálních energetických toků. Při výpočtu evapotranspirace byla věnována pozornost čtyřem nejčastěji užívaným metodám (s využitím tzv. Bowenova poměru, metoda Penman-Monteith pro suchý porost, metoda Penman-Monteith pro referenční porost FAO56 a metoda Penman-Monteith pro referenční porost ASCE). Ve všech používaných vztazích pro stanovení aktuálních hodnot evapotranspirace hraje významnou roli hodnota toku tepla do půdy, jejíž věrohodné určení by významně zpřesnilo stanovení probíhajících energetických toků v dané lokalitě. Tok tepla do půdy velmi úzce souvisí s místními podmínkami ekosystému (kromě teploty také např. s půdním typem, její strukturou či vlhkostí). V rámci projektu jsou sledovány vybrané ekosystémy v okolí města Třeboň využitím meteorologických stanic zajišťující průběžný sběr potřebných údajů, jež lze odečítat z internetového portálu www.fiedlermagr.cz. Na základě těchto údajů byl výzkumnou skupinou G1 v prostředí Matlab vytvořen program pro modelování energetických toků a evapotranspirace. Výpočty dosud modelovaly sledované ekosystémy jako systémy se soustředěnými parametry. Pro zpřesnění výsledků byl tento klasický postup významně zlepšen v r. 2008 využitím informací o teplotách obdržených z termovizních snímků pořízených termokamerou ThermaCamTM S65 firmy FLIR.

G2. Skupina zpracování dat, kvalitativního modelování a vytěžování znalostí z dat pro monitorovací operace

Skupina se od počátku projektu věnuje analýze, návrhu, vývoji a implementaci databázového systému pro archivaci naměřených dat.

V současné době je databázový systém implementován na speciálním serveru v laboratoři ústavu Přístrojové a řídicí techniky (se speciální sw a hw ochranou). Databázový systém je funkční, je k dispozici skupinám výpočtářů týmu strojní fakulty a pracovníků týmu ENKI, o.p.s, Třeboň. Systém má následující hrubé charakteristiky:

- Je vyvinut v programovém prostředí MS SQL.
- Je koncipován jako vyrovnávací databázový produkt archivující data z měřicích stanic M1 – M13, obsluhovaných systémem Fiedler-Mágr.
- Kromě archivace dat umožňuje prohlížení datových souborů, provádění srovnávacích výpočtů, vynášení a srovnávání grafů, výpočty a přechody do speciálních výpočetních a grafických modulů.
- Databázový systém běží na databázovém stroji Microsoft SQL Server 2008 Express Edition with Advanced Services.
- Systém je provozován pod operačním systémem MS Windows Server 2003 Web Edition.
- Nainstalovaná služba IIS (Internet Information Server) umožňuje publikovat na webu a využívá jí i technologická obrazovka.
- Správa systému je realizována především pomocí nástroje Remote Desktop, který je v zájmu zabezpečení konfigurován na nestandardní port.

Kromě vývoje a údržby databázového systému se skupina věnuje vývoji originálních metod pro vytěžování znalostí z dat. Publikována byla metoda „Kvalitativní stavový popis – Hassův diagram – systém ohodnocených pravidel – systém detekce neočekávaných situací“ spolu s nekonvenčními neuronovými sítěmi (pro zpětnovazební ověřování monitorovacích situací“).

G3. Skupina vývoje a nasazení monitorovacích vzducholodí

Skupina se zabývá návrhem, konstrukcí, vývojem, testováním a nasazováním monitorovacích vzducholodí. Po úspěšně nasazené vzducholodi délky 6m došlo ke zpoždění dalšího vývoje pozdní dodávkou navigační jednotky pro vzducholod' 9 m.

Navigační jednotka IMU od společnosti OPROX byla dodána až v červnu roku 2008. Komunikační software Giraffe byl doplněn a upraven tak, aby byl schopen správně pracovat s novými daty přicházejícími z IMU (náklony PITCH a ROLL a směr YAW + GPS údaje).

Po implementaci IMU do centrální řídicí jednotky vzducholodě přišlo na řadu řešení samotné stabilizace za letu. Byly navrženy regulační algoritmy, a to pro výškovou, směrovou a PITCH regulaci. Tyto algoritmy byly po virtuálním otestování v prostředí MATLAB přepsány a implementovány do řídicí jednotky. Toto vše si vyžádalo velké zásahy do softwaru Giraffe: nastavování parametrů regulátorů za letu, nastavení požadovaných hodnot pitch, výška, směr, úprava předávání ovládání mezi autem (stabilizace) a manuálním řízením. Pro účely spolehlivé komunikace mezi operátorem a vzducholodí byla vyvinuta sektorová anténa. Díky této anténě se zvýšil dosah radiového spojení z 5 km na 25 km.

G4. Skupina vývoje speciálních přístrojů a komponent

Mezi realizační výstupy skupiny G4 náleží zejména:

- speciální experimentální sluneční pracoviště s Fresnelovými okny a s originálním řízením vnitřního prostředí („greenhouse“) pro víceúčelová měření,
- pojezdový systém termovizní kamery („lanovka“) pro měření rozložení teplot na heterogenním povrchu,
- mobilní nosné zařízení („stožár“) pro detailní termovizní snímkování fragmentu krajiny.

3. Dosažené výsledky

Dosažené výsledky jsou jednak publikační výstupy, dále pak vyvinuté metody a realizované technologie. Úplný seznam dosažených výsledků je uveden v dílčích výzkumných zprávách za roky 2006 [4], 2007 [3] a 2008 [2], vybrané publikační výstupy uvádíme v seznamu literatury. Celkem bylo k projektu 2B06023 publikováno za ústav Přístrojové a řídicí techniky cca 20 článků v časopisech a na mezinárodních konferencích, byl udělen 1 patent.

4. Další výzkum

V nepomíjitelné spolupráci s výzkumným týmem ENKI, o.p.s. jsou pro nejbližší období plánovány zejména tyto aktivity:

- Zdokonalení vizualizačních a výpočetních metod pro analýzu termovizních snímků pořízených z letadla nebo ze vzducholodi ve vybraných lokalitách,

- Provedení měřicích letů vzducholodí 9m s termovizní kamerou a dalšími měřicími komponentami.
- Pokračování v ověřování kvalitativních modelů vytěžováním znalostí z databáze.

Acknowledgement

Tento výzkum je prováděn a koordinován za ČVUT v Praze na ústavu Přístrojové a řídicí techniky, fakulty strojní za podpory výzkumného grantu No 2B06023.

Literatura

- [1] M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kováč a E. Tóth: *Water for the Recovery of the Climate. A New Water Paradigm*. Typopress-publishing house s.r.o., Košice. 2008.
- [2] J. Pokorný, J. Bíla- *et al.* : Dílčí zpráva k projektu 2B 06023. MŠMT, ČR, 2008.
- [3] J. Pokorný, J. Bíla- *et al.* : Dílčí zpráva k projektu 2B 06023. MŠMT, ČR, 2007.
- [4] J. Pokorný, J. Bíla- *et al.* : Dílčí zpráva k projektu 2B 06023. MŠMT, ČR, 2006.
- [5] J. Bíla, J. Jura and I.Bukovský: Qualitative Modeling and Monitoring of the Selected Ecosystem Violated with Parasitic Dehumidifying and Dehydrating, in: Proc. of the 10th WSEAS Int. Conf. on Automation and Information, Prague, CR, 2009, s. 211-219.
- [6] J. Bíla, J. Jura and I.Bukovský: Review of Development of Nonconventional Neural Architectures in the Czech Technical University in Prague, in: Proc. of the 10th WSEAS Int. Conf. on Neural Networks, Prague, CR, 2009, s. 211-219. (Awarded by a prize of Best Paper.)
- [7] M. Hofreiter: Sensitivities of Crop Evapotranspiration Models to Input Data, in Proc. of TMT 2008, Istanbul, 2008, s.1029-1032.
- [8] I. Bukovsky, Hou Zeng-Guang, J. Bila and M.M. Gupta: Foundations of Nonconventional Neural Units and their Classification, *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, Vol.5, No.4., 2008, s. 29-43.
- [9] M. Hofreiter and R.Petrová: Assessment of Energetic Fluxes and Evapotranspiration of Monitored Ecosystem, in: Proc. of the 8th Int. Conf. Process Control, SR, 2008, s. 167-174.
- [10] P. Pugat, L.Duvillaret, R.Jost,D.Romanini, G.Vitrantand, J.Zicha - *et al.*: Results from the OSQAR photon-regeneration experiment: No light shining through a wall, *Physical Review D*. vol. 78, no. 8, 2008, s. 92003-92007.
- [11] Zicha, J. - Čáp, J. - Šourek, B. - Jirka, V. - Červený, J. - *et al.*: Simulátor slunečního svitu pro testování optických rastrů, *Jemná mechanika a optika*, č. 6, 2007, s. 194-198.

Kontaktní adresa

Prof. Ing. Jiří Bíla, DrSc., fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6

ROZŠÍŘENÍ LABORATORNÍHO MODELU „KASKÁDA TŘÍ NÁDRŽÍ“

Three Tank Cascade Laboratory Model Improvements

Jan Čihák, Stanislav Vrána

Abstrakt: Pro ověřování nově vyvíjené samoseřizovací metody a porovnávání dosažených výsledků s výsledky jiných seřizovacích metod je využíván laboratorní model „kaskáda tří nádrží“. Pro tyto účely měl laboratorní model některé nepříznivé vlastnosti, proto bylo rozhodnuto laboratorní model dovybavit.

Klíčová slova: laboratorní model, kaskáda nádrží, regulační pochod, seřizovací metoda, regulátor, programovatelný řídicí automat

1. Úvod

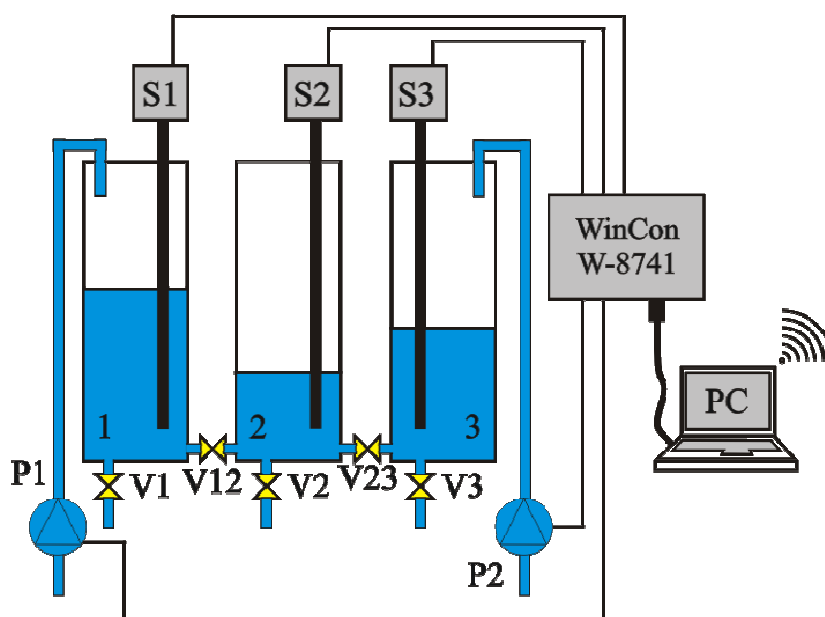
Pro ověřování možností seřizovacích metod regulátorů [1], [8] a porovnání průběhů regulačních pochodů dosažených při nastavení regulátorů podle těchto metod s průběhem regulačního pochodu, kdy je regulátor nastaven pomocí seřizovací metody založené na vyhodnocování indikátorů kvality regulačního pochodu [6], [7], využíváme laboratorní model „kaskáda tří nádrží“. Jedná se o model tří vzájemně propojených nádrží, z nichž každá má i svůj odtokový ventil, voda je přiváděna do dvou krajních nádrží. Tento laboratorní model byl zvolen z několika důvodů: model byl k dispozici, jedná se nelineární model s proměnnými parametry v čase a není složité odvodit jeho matematický model. Po prvních experimentech se ale ukázaly některé nedostatky, které ověřování komplikují. Jedním z těchto nedostatků je nemožnost získat aktuální hodnotu průtoku. Druhým nedostatkem jsou stávající použítá čerpadla, která, pokud je potřebné udržet rovnovážný stav výšek hladin, jsou provozována v režimu, kdy jejich otáčky jsou podstatně menší než otáčky v nominálním režimu a navíc velmi kolísají, čímž způsobují také kolísání průtoku. Proto bylo rozhodnuto doplnit laboratorní model o třetí čerpadlo jiného typu navíc doplněné o měření průtoku, aby bylo možné zajistit konstantní průtok. Možné využití takto rozšířeného laboratorního modelu je popsáno v [5].

2. Výchozí stav

Schéma původního vybavení laboratorního modelu je zobrazeno na obr. 1. Základem laboratorního modelu jsou tři nádrže (1 – 3). Každá z nádrží má svůj odtokový ventil (ventily V1 – V3). Otevřením ventilu V12 je možné propojit nádrže č. 1 a č. 2, otevřením ventilu V23

Ize propojit nádrže č. 2 a č. 3. Měření výšky hladiny je založeno na měření tlaku stlačeného vzduchu v trubici mezi vodní hladinou a snímačem. Jsou použity tlakové snímače Honeywell 142PC01G (snímače S1 – S3). Nádrže č. 1 a č. 3 jsou napájeny pomocí ponorných vodních čerpadel (čerpadla P1 a P2). Původní řídicí jednotka [2] byla později nahrazena programovatelným řídicím automatem WinCon W-8741 [4] vybaveným moduly I-8017H (modul 8kanálového analogového vstupu), I-8024 (4kanálového analogového výstupu), I-8053 (modul 16kanálového digitálního vstupu), I-8064 (8kanálový reléový modul), I-87018 (8kanálový termočlánekový modul) a I-8080 (4/8kanálový čítačový/frekvenční modul). Ne všechny moduly byly využity pro řízení laboratorního modelu, programovatelný řídicí automat byl využíván i pro jiné úlohy, jako například získávání dat z průběhu spalovacího procesu v kotli Verner (součást výzkumného záměru MSM6840770035 – Rozvoj ekologicky šetrné decentralizované energetiky). Jako vnější paměťové médium je možné použít paměťovou kartu Compact Flash (CF).

Softwarově je programovatelný řídicí automat založen na operačním systému Windows CE, díky čemuž je možné využít pro řízení řídicí software Rex. Výhodou řídicího software Rex je především jeho kompatibilita s prostředím Simulink programu Matlab, což zjednodušuje vývoj vlastních řídicích algoritmů. Je také možné předávat parametry ze Simulinku do programovatelného řídicího automatu a stejně tak programovatelný řídicí automat může předávat vybrané hodnoty zpět do Simulinku.

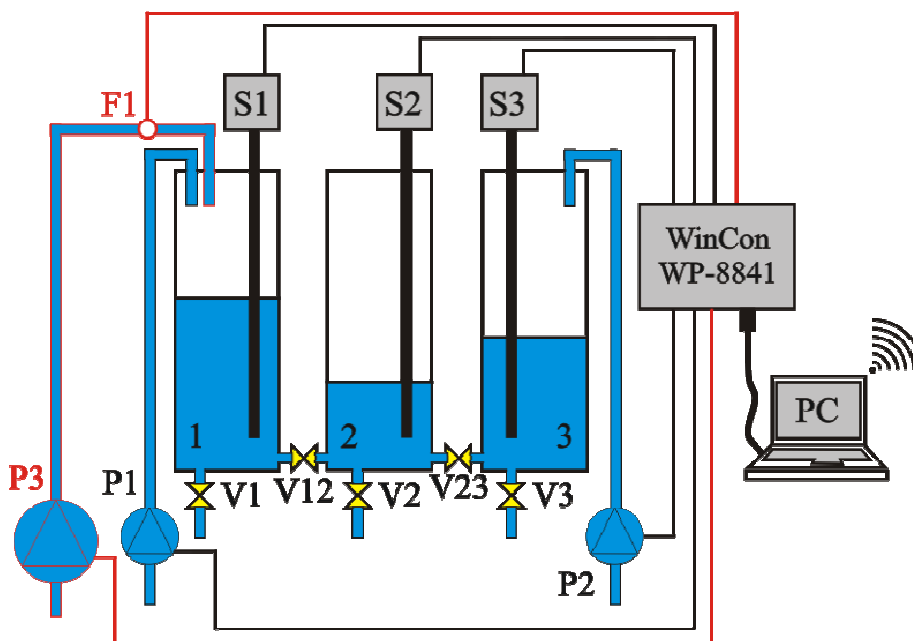


Obr. 1 Schéma laboratorního modelu ve výchozím stavu

3. Rozšíření laboratorního modelu

Protože jedním z nedostatků stávajícího vybavení byly kolísající otáčky čerpadel, nejdůležitější změnou je přidání dalšího čerpadla. Na základě zkušeností popsanych v [3] bylo zvoleno čerpadlo KELLER 5,5 l/min 0,4 bar a současně s ním přidán i průtokoměr VISION

2006 2F66. Schéma laboratorního modelu po dovybavení je zobrazeno na obr. 2, přidané čerpadlo je označeno jako P3, přidaný průtokoměr je označen jako F1. Ovládací elektronika přidaného čerpadla je založena na operačním zesilovači OPA548T, frekvenční výstup průtokoměru je převáděn na napěťový pomocí převodníku PXF-20.924/RS.



Obr. 2 Schéma laboratorního modelu po dovybavení

Došlo také k výměně programovatelného řídicího automatu za WinPAC WP-8841 vybaveným zásuvnými moduly I-817HW (8kanálový analogový vstupní modul), I-8024W (4kanálový analogový výstupní modul) a I-8064W (8kanálový výstupní modul). Jako vnější paměťové médium je možné použít paměťovou kartu micro Secure Digital (micro SD). Z hlediska software se opět jedná o programovatelný řídicí automat softwarově založený na Windows CE, takže výhody poskytované řídicím softwarem Rex mohou být využity také. Výhodou programovatelného řídicího automatu WinPAC proti programovatelnému řídicímu automatu WinCon je přítomnost interního disku pro uživatelská data. Programovatelný řídicí automat WinCon tento interní disk neobsahuje, tudíž použití paměťové karty je v jeho případě nezbytné.

4. Závěr

Dovybavení laboratorního modelu třetím vodním čerpadlem odstranilo podstatný nedostatek tohoto modelu, kterým jsou kolísající otáčky původních čerpadel a tím i průtok, jsou-li tato čerpadla provozována při nižších otáčkách, než jsou otáčky nominální. Také umožňuje získat hodnotu aktuálního průtoku, která může být využita jako zpětnovazební veličina pro regulační algoritmus. I po výměně programovatelného řídicího automatu zůstávají výhody poskytované řídicím softwarem Rex.

Poděkování

Za ochotné zapůjčení laboratorního modelu kaskády k prováděným experimentům a podporu rekonstrukce prof. Hofreiterem oba autoři děkují. Model umožňuje ověřit poznatky, které jsou uplatňovány nejenom v rámci výzkumu s podporu grantu GAČR č. 101/07/1667, ale jsou navázány na právě dokončované závěrečné práce obou autorů (u Ing. Vrány doktorská dizertace, u Bc. Čiháka diplomová práce).

Literatura

- [1] Åström, K. J., Hägglund, T. *Advanced PID Control*. USA: ISA, Research Triangle Park, NC, 2006. ISBN 978-1-55617-942-6
- [2] Hajník, F. 1996. *Návrh, realizace a řízení laboratorní úlohy "Spojené nádoby"*. Diplomová práce, ČVUT v Praze, 1996.
- [3] Hlava, J., Šulc, B. *Advanced Modelling and Control using a Laboratory Plant with Hybrid Processes*. In: Chung, M. J., Misra, P., Shim, H. (eds.) *Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control*, Seoul, Korea, July 6-11, 2008. Seoul: IFAC, 2008, p. 14636-14641
- [4] Vrána, S. *Three Tanks Cascade Control with the Use of Rex Control System*. In: *Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky, automatického řízení a informatiky*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008, p. 128-133. ISBN 978-80-01-04087-4
- [5] Vrána, S., Čihák, J., Šulc B. *Three Tank Cascade Improvement for Model-free Autotuning Testing*. In: XXXIV. Seminar ASR '2009 "Instruments and Control". Ostrava: VŠB - Technická Univerzita Ostrava, 2009.
- [6] Vrána, S., Šulc, B. *Control Quality Indicators in PID Controller Autotuning*. In: *The 4th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications: CITSA 2007 Jointly with The 5th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies: CCCT 2007 PROCEEDINGS Volume II*. Orlando: IIS – International Institute of Informatics and Systemics, 2007, p. 280-285. ISBN 978-1-934272-08-4
- [7] Vrána, S., Šulc B. *Frequency Based Autotuning Tested on a Laboratory Set-up in Comparison with Other Setting Techniques*. In: *Automatizácia a riadenie v teórii a praxi ARTEP 2009 – Zborník príspevkov*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2009, s. 7-1-7-11.
- [8] YU, C. C. *Autotuning of PID Controllers*. London: Springer – Verlag London Limited. 1999. ISBN 3-540-76250-7

Kontaktní adresa

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Odbor automatického řízení a inženýrské informatiky, Technická 4, Praha 6 - Dejvice, Česká republika, +420 2 2435 2651, jan.cihak@fs.cvut.cz, stanislav.vrana@fs.cvut.cz

WYSIWYG EDITOR PRO XML FORM

Ing. Tran Thanh Huan , Ing. Nguyen Ba Nghien, Doc. Ing. Josef Kokeš, CSc

Abstract: In this paper, we introduce the WYSIWYG editor pro XML Form. We also show how to create a form using our tool and save data of form as XML document.

Key words: WYSIWYG editor, Form editor, FE.

1. Introduction

As you know, since the Internet was first unleashed, people have been using it to communicate with each other. It started with newsgroups and text based e-mail and has since progressed to web forums, richly formatted e-mails and more recently, blogs. A common feature of the last three is a text-box that allows the user to enter their own entry or e-mail to be either posted on to the forum or delivered to some destination. Taking a look around at what's on offer these days we have noticed one aspect of these sites that seems a bit primitive.

While users are able to compose richly formatted text with animated emoticons and many other features, there is no way to see what the finished work will look like until it is either posted or a preview is generated.

Recently, there have been many What You See Is What You Get (WYSIWYG) editors. But they can not move object (radio button, checkbox, textbox...) in the form easily and also can not create panes that depend on resolution of screen and printer. They also can not create xml document.

Our tool is called "Form Editor" (FE) that is WYSIWYG editor and permit user to move objects easily, create panes and create xml document.

In this article we will introduce FE and how use it to create form and save it as html and xml documents.

2. Functions of FE

2.1. General

As other editor, FE permits user to perform following actions[1]:

- **Fore color:** Set the fore ground color of the selected region.
- **Back color:** Set the back ground color of the selected region.
- **Bold:** Toggles between the select regions being bolded.
- **Italic:** Toggles between the selected regions being italicized.
- **Underline:** Toggles between the select regions being underlined.
- **Copy:** Copies the selected region to the clipboard.

- **Cut:** Removes the selected region from the document.
- **Paste:** Adds data from clipboard to region.
- **Insert horizontal rule:** Adds a horizontal rule to the region.
- **Insert image:** Displays the dialog for user to choose path of image file then insert it into document.
- **Create link:** Displays an IE defined modal dialog that lets you add a hyperlink using either selected text or new text.
- **Insert unordered list:** Toggles between the selected text being an unordered list and normal text.
- **Insert ordered list:** Toggles between the selected text being an ordered list and normal text.
- **Insert objects (check box, radio button, text field, hidden field, list box,...):** Display the dialog for user to fill all properties of object then insert it into the document.
- **Move objects:** User can drag and drop object around editor region.
- **Create panes:** User can create multi panes (maximum 10 panes) depend on the resolutions of Screen and Printer.
- **Switch mode:** User can switch between editor and HTML mode.
- **Change language:** User can choose either Czech or English language.
- **Save output:** User can save their document as html and xml documents.

All functions of FE can be shown as figure 1 below.

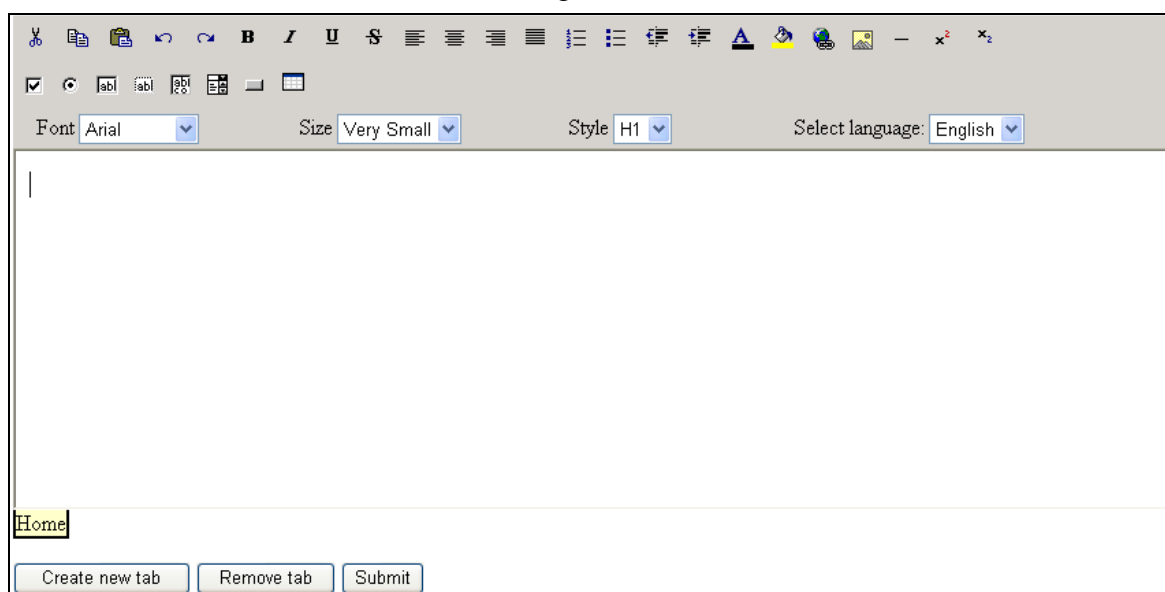


Figure 1. Main interface of FE

2.2. How to insert objects in to the form

- **Insert check box:** User click icon on the tool bar then dialog will appear as figure 2 below:

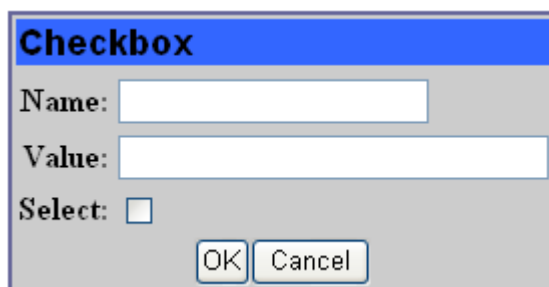



Figure 2. Check box properties dialog

After users fill completely check box's properties, they can click OK button to insert this check box into the form or click cancel to discard insertion.

- **Insert text field:** User click icon  on the toolbar then dialog will appear as figure 3 below:

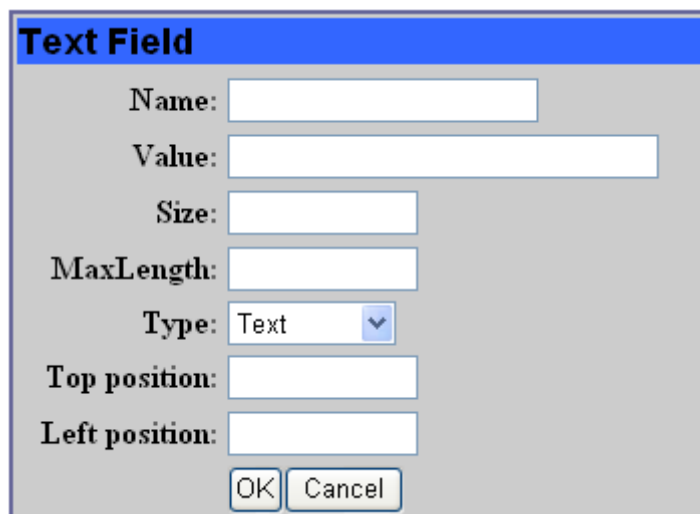



Figure 3. Text field properties dialog

After users fill completely text field's properties, they can click OK button to insert this text field into the form or click cancel to discard insertion.

- **Insert list box:** User click icon  on toolbar then dialog will appear as Figure 4 below:

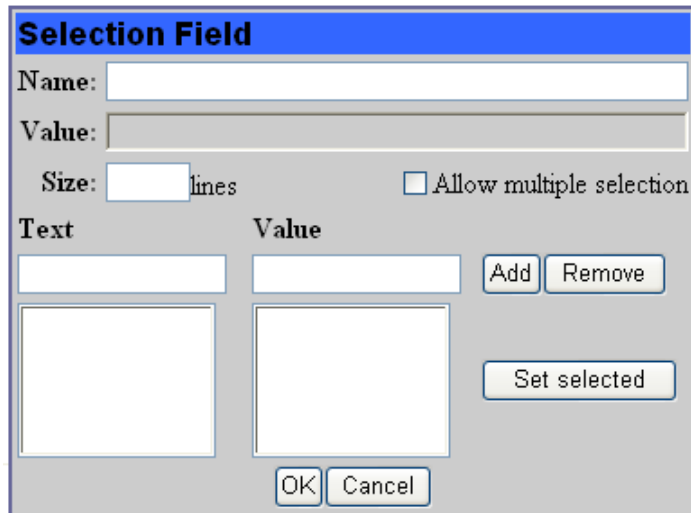


Figure 4. List box properties dialog

After users fill completely list box's properties, they can click OK button to insert list box into the form or click cancel to discard insertion.

Other object can perform the same.

2.3. Create panes

User can use and buttons to create or remove panes depend on resolution of Screen and Printer.

2.4. Output

Assume user creates form as figure 5 below:

Figure 5. Sample form

After users finish creating form they click on test.html and test.xml for this form as figure 6.

button then get two files:

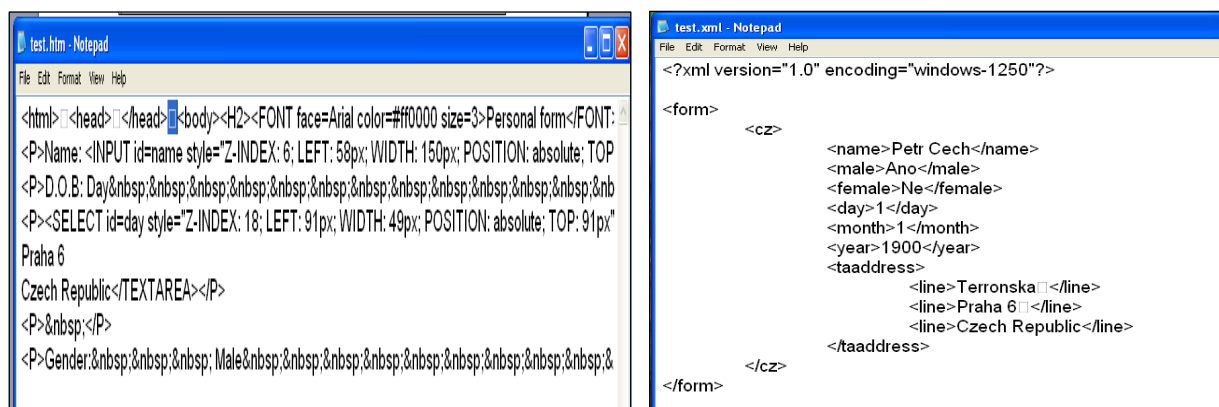


Figure 6. Content of output files

3. Conclusion

FE permits users to create form easily and panes depend on resolution of Screen and Printer. It can also produce two files (html and xml). In the future we will improve FE to apply it to real application; we also add function to automatically create translation for xml file.

Acknowledgement

This paper was supported from grant MSMT 05/941711 (2009).

References

[1] Building a WYSIWYG HTML editor at URL: <http://www.devarticles.com>.

Contact address

Czech Tech. University in Prague, Department of Instrumentation and Control Engineering U12110, Technicka 4, Praha 6 – Dejvice, 166 07. E-mail: tthuan@hau.edu.vn (Tran Thanh Huan), nt_hic@hau.edu.vn (Nguyen Ba Nghien), josef.kokes@fs.cvut.cz (Josef Kokes)

FILOSOFIE EMERGENTISMU V POČÍTAČOVÝCH VĚDÁCH

Philosophy of Emergentismus in Computer Science

Jakub Jura a Jiří Bíla

Abstrakt: Při slově emergentismus se nám nejčastěji vybaví významy jako je náhlost, neočekávanost nebo nepředpověditelnost. Je to jeden z méně známých směrů filosofie vědy, který v současnosti našel širší uplatnění ve vědě a technice – především v umělé inteligenci..

Key words: Emergence, Emergentismus, Emergentní syntéza, Filosofie, Umělá inteligence, Počítačové vědy.

1. Úvod

Emergentismus je filosofický směr, který je hodný pozornosti inženýrů, neboť si našel své uplatnění v současné vědě a technice. Další jeho výjimečnost spočívá v tom, že se uchýlil jako takový (sám o sobě) a nikoliv pouze jako produkt filosofické reflexe vědy. Filosofické koncepty a směry se ve vědě vyskytují – jsou zde dobře ukotveny. Klasická věda je materialistická, redukcionistická a deterministická, v postmoderní vědě se vyskytuje spiritualismus, narativismus či konstruktivismus atd. Ale speciální vědy si jimi nezabývají. Například fyzika se nezabývá materialismem – jako takovým – ačkoliv se tohoto paradigmatu drží. Materialismus je filosofický směr, tedy je doménou filosofie. Ale emergentismu se stalo, že se na filosofii částečně emancipoval. Původní koncepce je čistě filosofická. Před více jak sto lety byl použit pro filosofickou reflexi biologických teorií. I v současnosti je používán pro filosofickou reflexi sociálních a kulturních fenoménů, na které se materialistické pohledy nehodí. Ale našel využití i v umělé inteligenci, která jej dále (zpětnovazebně) rozvíjí a tříbí. Vzniká slabá a silná alternativa, emergentismus diachronní a synchronní atd. Pro začátek můžeme emergenci přiblížit definicí Josefa Kelemena, který ji definuje jako „**jev, který se na určité úrovni popisu skutečnosti zcela přirozeně vyskytuje, něco však stojí v cestě redukcí tohoto jevu na jevy nižších úrovní**“ [1].

1.1. Etymologie slova emergence

Slovo emergence se používá například i k označení výrůstku na povrchu rostliny [2]. Tak i tak slovo emergence vychází z latinského výrazu emergere, který má český význam vynořit se, vymanit se [3]. Latinské emergere je složené z e+mergere. Přičemž mergere je infinitiv od mergo, které znamená ponořit, potopit, spustit, zakopat. Předpona e (event. ex) znamená „z“ a u slova mergere znamená de facto jeho pravý opak. Tedy vynořit, vystoupit,

vytáhnout, vyzdvihnout, přinést na světlo, ale také postavit se na nohy [4]. Ve významu slova emergence se potom nacházejí asociace na něco nového, překvapivého a neočekávaného.

2. Historické kořeny emergentismu

S pojmem **emergentní produkt** přišel jako první **George Henry Lewes** [5], když rozlišil produkty spojování příčin na emergenty a resultanty. Zatímco resultanty je možné odvodit z nižší úrovně, tak emergenty nikoliv. Použil přitom analogii **Jamese Stuarta Milla** [6] o mechanickém a chemickém spojování příčin. Podle Milla [6] cit dle [9], se dvě, či více příčin kombinuje **mechanickým způsobem** tak, že celkovým výsledkem je součet dílčích výsledků (jako kdyby reagovali odděleně). Millovým prototypovým příkladem tohoto je případ dvou, či více sil, které účinkují společně, aby vytvořili daný pohyb: pohyb je vektorový součet toho, co by mohly být účinky jednotlivých sil působících samostatně. Podle Milla se dvě, či více příčin kombinuje **chemickým způsobem** tak, že produkují daný výsledek jen tehdy a právě tehdy, když výsledný účinek není jejich pouhý, mechanický, součet. Mill použil termínu chemický způsob, neboť chemičtí činitelé utvářejí výsledek nechemickou cestou. Vezměme si chemický proces jako například: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (metan a kyslík produkují oxid uhličitý a vodu). Produkt těchto reaktantů působících společně není v žádném případě součet jejich oddělených působení. Mill označil účinek dvou a více příčin působících mechanickým způsobem "**homopathic effects**" a účinek dvou a více příčin působících chemickým způsobem "**heteropathic effects**". Dnes jsou na tomto principu založeny teorie tzv. slabého emergentismu. Poslední z historických zdrojů emergentismu, který by byla chyba opominout, neboť je odrazovým můstkem k současným pojetím emergentismu je C. Lloyd Morgan, který napsal knihu Emergent Evolution [7]. Ten má za své ústřední téma vědomí, které emerguje v procesu vývoje a není možné jej redukovat na organickou strukturu živého organismu. Doslovně říká, že: „během evolučního procesu vznikají nové emergentní kvality, které vytvářejí nové fundamentální síly, které zapříčiňují pohyb událostí neanticipovatelným způsobem, a které jsou způsobeny zákony síly, kterými se řídí hmota na nižší úrovni komplexity“.

3. Současný emergentismus

3.1 Filosofie emergentismu

Definice emergentismu, která bývá uváděna za klasickou v oblasti počítačových věd, je z pera Daniela W. Hillise: „Za emergentní jev můžeme obecně pokládat **cokoliv, co je na určité „vyšší“ úrovni zřetelné a svébytné** (symetrický tvar sněhové vločky), **kauzálně působivé** (úder pěstí), či jakkoliv jinak **pozoruhodné** (lavina, inflace), a **na co lze hledět jako na důsledek vlastností a chování prvků nějaké „nižší“ úrovně** (molekul H_2O , svalových buněk, sněhových vloček, ekonomických subjektů), přičemž to **není snadné nebo dokonce možné prostředky této nižší úrovně popsat, vymezit či předpovědět**“ [8] cit. dle [21].

V současnosti se filosofie emergentismu rozvíjí ruku v ruce s rozvojem umělé inteligence, kde nachází praktické uplatnění. Příkladem filosofa, který se zabývá emergentismem z této pozice, je Stephan Achim z Filosofické fakulty v Karlsruhe, který postuluje tři

typy emergentismus založené na šesti principech [10], [11]. Nejdříve postuluje **slabý emergentismus** (weak emergentism) založený na principu (i) fyzikálního monismu, (ii) systematických vlastnostech a (iii) synchronním determinismu. Další – **silný emergentismus** (strong emergentism) má dvě varianty: synchronní a diachronní emergentismus. **Synchronní** emergentismus se řídí navíc ještě principem (iv) ireducibility a **diachronní** emergentismus k tomu přidává (v) novost a (vi) strukturální nepredikovatelnost.

3.2. Aplikace emergentismu v umělé inteligenci

Další velkou kapitolou je aplikace emergentistických přístupů v jednotlivých odvětvích lidské činnosti. Snad nejrozsáhlejší současnou aplikační oblastí je umělá inteligence, počítačové vědy a kybernetika. Příkladem je snaha Toma De Wolf z Belgického Leuvenu o emergenci samoorganizace AGV – automaticky naváděných vozidel pracujících ve skladu zásob [12]. Dalším autorem, který se věnuje emergenci v kontextu samoorganizace je Iris Breddin. Ten se zabývá možností modelování emergentního, k čemuž užívá principu entropie a formálních jazyků. Základní otázkou je takový návrh počítače, který by mu umožnil využít principu sebeorganizace [13]. A K. Ueda z university v Kobe (Japonsko) se věnuje emergentní syntéze s aplikací do oblasti průmyslu [14], [15].

Další technickou oblastí, kde je uplatňován emergentismus, je konceptuální design. Zde se emergentními jevy, resp. emergentní syntézou zabývá například John S. Gero a emergenci chápe spíše jako důsledek sémiotických procesů v rámci interakce člověka a počítače, respektive jako výpočetní manipulaci se znalostmi [16]. Na našem pracovišti se zabýváme emergentní syntézou v konceptuálním navrhování a redesignu. Emergence v CRDP (Conceptual ReDesign Process) je reprezentována ve třech rovinách. V rovině procesu syntézy řešení problému, v rovině evolučního výpočtu a v rovině popisu procesu dosahování řešení v zakřivujícím se prostoru neurčitostí. Postup se nazývá Emergent Knowledge Discoveries (EKD) [17], [18], [19].

3.3. Aplikace emergentismu v ostatních vědách

Velmi zajímavou pozici si emergentismus našel v neurovědách. Jeden z takových přístupů je Hameroffova představa emergence vědomí jakožto kvantového fenoménu, přičemž nositelem tohoto fenoménu by mohli být cytoskelety typu mikrotubuly a filamenty. Hameroff předpokládá, že mezi mikrotubuly se mohou vyskytovat vlny akčního potenciálu vedoucí ke vzniku inference holograficky uspořádaných paměťových stop [20]. To je i v souladu s definicí I. Havla, která popisuje podobný výsek reality – pouze v jiném měřítku: Mentální stavy a procesy lze pojmout jako emergentní jevy na některé vyšší úrovni dostatečně složitě dynamického systému [21], resp., že mentální stavy a procesy lze pojmout jako emergentní jevy nad rozsáhlou množinou vzájemně vázaných kauzálních domén [21].

Ale emergentistický přístup je možné vidět také například v čistě humanitních vědách. Důkazem toho je článek Jany Horákové, který je svým způsobem můstkem mezi technikou a humanitními vědami [22]. Horáková píše, že jednotlivé prvky postmoderního performance tvoří síť, ve které však tvar/význam není přítomen, ten emerguje až v čase vnímání představení. S odlišným přístupem přichází Luis Felipe de Oliveira, když se na jednu stranu snaží vyhnout zapojení subjektu do teorie disonance, ale na druhou stranu hledá v emer-

gentismu oporu pro její definování mimo jazyk akustiky [23]. Máme-li něco, podle Oliveira, nazvat emergentním, potom to musí být **ireducibilní, nové a nepredikovatelné**.

4. Závěr

Emergentismus – jako filosofický směr – se v materialistické vědě vynořil na světlo světa způsobem jemu vlastním. Tedy jako myšlenka z materialismu vycházející, ale jej samotný významně přesahující. Jeho užitečnost spočívá v tom, že popisuje principy fungování toho výseku reality, který není popsateľný jinými (v západní vědě etablovanými) přístupy.

Acknowledgement

Tento výzkum je prováděn a koordinován za ČVUT v Praze na ústavu Přístrojové a řídicí techniky, fakulty strojní za podpory výzkumného grantu No 2B06023.

References

- [1] **Kelemen J.:** *Strojovia a agenty*. Archa, Bratislava, 1994.
- [2] **Holub, J., & Lyer, S.:** *Stručný etymologický slovník jazyka českého*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1967.
- [3] **Horyna, B. et. al. (Ed.).** (1995). *Filosofický slovník*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, druhé rozšířené vydání, 1998.
- [4] **Lewis, Ch. T. & Short, Ch.:** A Latin Dictionary [Electronic version], Tufts University, Massachusetts Retrieved 10. 12. 2008 from: <http://www.perseus.tufts.edu/cgi-bin/ptext?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0059%3Aentry%3D%2315627>.
- [5] **Lewes, G. H.:** *Problems of Life and Mind*, vol. 2. London: Kegan Paul, Trench, Turbner, and Co, 1875.
- [6] **Mill, J. S.:** *System of Logic*. London: Longmans, Green, Reader, and Dyer. 8th ed., 1872.
- [7] **Morgan, C. L.:** *Emergent Evolution* [electronic version]. London: Williams and Norgate, 1923. Retrieved 10.12.2008 from: http://books.google.cz/books?id=Cb7n_wVQXe0C&printsec=frontcover
- [8] **Hillis, W., D.:** *Intelligence as an emergent behavior; or, the songs of Eden*. The artificial intelligence debate: false starts, real foundations <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=63323&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=15527394&CFTOKEN=66434362>. MIT Press Cambridge, MA, USA, 1989, pp. 175-189. ISBN:0-262-57074-2.
- [9] **Wilson, R. A. & Keil, F. C. (Eds.).** *MIT Encyclopedia of The Cognitive Science*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press. 1999.
- [10] **Achim, S.:** *Varieties of Emergentism*. *Evolution and Cognition* 1999, Vol. 5, No. 1, 1999, pp 49 – 59. Retrieved 19. 11. 2008 from: <http://www.brynmawr.edu/biology/emergence/stephan.pdf>.
- [11] **Achim, S.:** *Emergentism, Irreducibility, And Downward Causation*. *Grazer Philosophische Studien*, 65 (2002), 2002, pp. 77-93. Retrieved 19. 11. 2008 from: http://www.institutnicod.org/Reduction/06_Stephan_GPS65.pdf.

- [12] **Wolf, T. & Holvoet, T. & Samaey, G.:** *Development of Self-Organising Emergent Applications with Simulation-based Numerical Analysis.* , Proceedings of the First IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems, pages 295-298, MIT, Boston, MA, USA, July 9-11, 2007. Retrieved 5. 12. 2008 from: <http://www.cs.kuleuven.ac.be/cwis/research/distrinet/resources/publications/42243.pdf>
- [13] **Breddin, I.:** *Self-Organisation and Emergence.* Organic Computing 2006, Institut für Telekommunikationssysteme, Fakultät IV, TU Berlin, 2006. Retrieved 20.11.2008 from: <http://kbs.cs.tu-berlin.de/teaching/sose2006/oc/folien/SelfOrganizationAndEmergencePaper.pdf>
- [14] **Ueda, K., Lengyel, A. & Hatono, I.:** *Emergent Synthesis to control and planning in make to order manufacturing environments* In: CIRP Annals – manufacturing Technology, No.1, Vol. 53, 2004, pp. 385-388.
- [15] **Ueda, K., Kito, T. & Takenaka, T.:** *Modelling of value creation based on Emergent Synthesis* In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 57, Issue 1, 2008, pp. 473-476. Retrieved 20.11.2008 from: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B8CXH-4SGTMB63&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_usrid=10&md5=8bf29ce47520c40c013b76a765ad9302
- [16] **Gero, J.:** *Creativity, emergence and evolution in design..* Knowledge-Based Systems 9(7), 1996, pp. 435-448. Elsevier, ISSN: 0950-7051 Retrieved 20.10.2007 from: <http://web.arch.usyd.edu.au/~john/publications/1996/96GeroCreativity.pdf>
- [17] **Bíla, J., Jura, J., Tlapák, M. (2006).** *Emergent Synthesis in Conceptual ReDesign Process.* In Proc. of 6th Int. Workshop on Emergent Synthesis - IWES' 06. Tokyo, Japan: IWES' 06, The University of Tokyo, Japan.
- [18] **Bíla, J. & Jura, J. (2007).** *Artificial Intelligence and Emergent Synthesis in Conceptual Design Process.* In 5th International Conference on Soft Computing Applied in Computer and Economic Environments – ICSC 07 (pp. 289-296). Kunovice: European Polytechnical Institute, 2007. ISBN 80-7314-108-6.
- [19] **Bíla, J., Brandejský, T., Bukovský, I., Jura, J. (2006).** *A Non Traditional Software Support Conceptual Design System CD3.* In Proc. of Advanced Engineering Design – AED 2006 [CD-ROM] (pp. F2.01). Prague: CTU. ISBN 80-86059-44-8.
- [20] **Hameroff, S.:** *Quantum coherence in microtubules: A neural basis for emergent consciousness?* Journal of Consciousness Studies, 1, 1994, pp. 91-118.
- [21] **Havel, I., M. Přirozené a umělé myšlení jako filosofický problém** [Electronic version]. 2004. ISSN 1214-8857. Retrieved 2. 10. 2007 from <http://glosy.info/texty/prirozene-a-umele-mysleni-jako-filosoficky-problem/4>
- [22] **Horáková, J.:** *Divadlo, Performance art a umělá inteligence.* 2002. Retrieved 15. 5. 2006 from http://divadlo.cz/gfx/attachments/hq12364_horakova.pdf.
- [23] **Oliveira, L., F., El-Hani, Ch., N. & Zampronha, E., S.:** *Emergentism and musicology: an alternative perspective to the understanding of dissonance.* IX Brazilian Symposium on Computer Music, Campinas, SP, August 2003. Retrieved 20.11.2008 from: http://gsd.ime.usp.br/sbcm/2003/papers/rLuis_F_Oliveira.pdf

Kontaktní adresa

ÚPŘT FS ČVUT, Technická 4, Praha 6 – 166 07, Czech Republic,
Fax : +420 2 3333 5603, Tel : +420 2 2435 2534, 2487, Mob : +420 732 61 41 29
Jakub.Jura@fs.cvut.cz, Jiri.Bila@fs.cvut.cz

HILBERT-HUANGOVA TRANSFORMACE APLIKOVANÁ V EXPERTNÍM SYSTÉMU

Application of Hilbert-Huang Transform in an Expert System

Josef Kokeš

Abstrakt: Paper describes one of successful attempts to utilize Hilbert-Huang Transform in an expert system. Expert system for automatic unattended trading on american share exchanges was developed. Basic principles and selected results are shown in this article.

Key words: Hilbert-Huang Transform, Expert Systém, Intrinsic function, sifting, broker, share.

1. Cíl a prostředky

Základním cílem mého výzkumu proto bylo, vytvořit expertní systém použitelný v reálném čase. Byl zvolen princip *multithreadové* aplikace, jak jsem o tom referoval v [3]. Jakmile byla vyřešena otázka bezpečného paralelního zpracování mnoha pravidel v expertním systému, byla už další realizace poměrně jednoduchá a přehledná. S výhodou bylo využito skutečnosti, že pravidla v expertním systému mohou obsahovat libovolnou procedurální znalost, a tak bylo nejprve vytvořeno několik „obslužných“ pravidel.

V článku popisují jeden pokus o nasazení expertního systému v praxi. Je však třeba poctivě poznamenat, že vedle tohoto úspěšného pokusu jsem absolvoval ještě řadu dalších pokusů neúspěšných. Celková výtěžnost proto byla blízka nule, nebo spíše záporná.

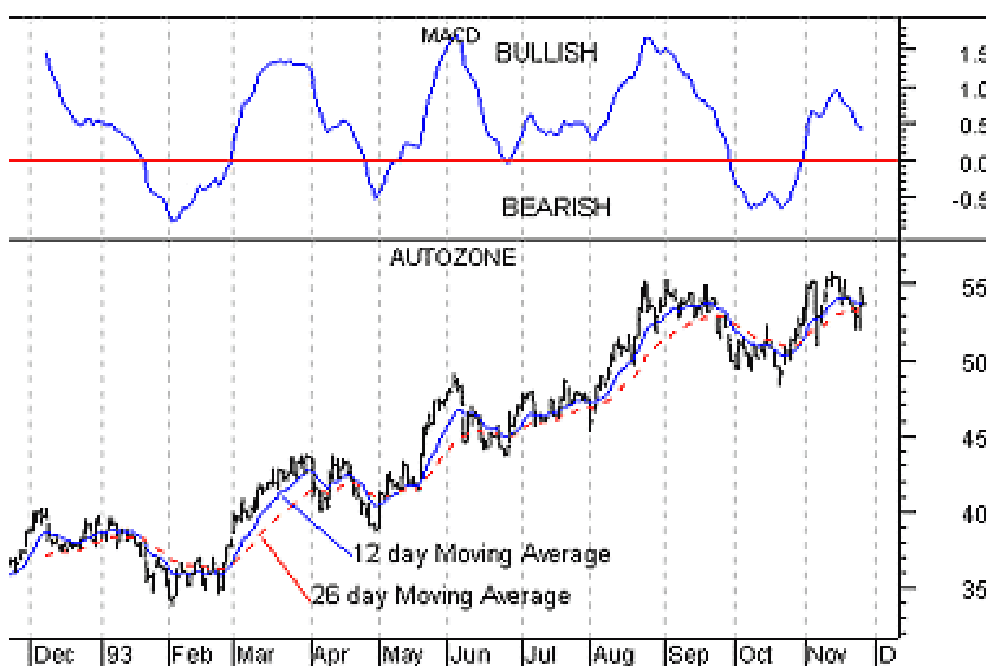
V tomto konkrétním případě jsem využil služeb internetové brokerské společnosti nyní TD AmeriTrade a na její server jsem se připojil. Pravidlo *VstupDat* bylo napsáno tak, že simulovalo chování běžného MS Internet Exploreru. Proud dat, posílaný serverem společnosti DATEK, byl pravidlem *VstupDat* zachycen, očištěn od nepodstatných informací a ve vhodné formě uložen pro potřeby ostatních pravidel. Pravidlo má čistě servisní charakter, k žádnému logickému zpracování informací v tomto pravidle nedochází až na to, že agreguje všechny obchody realizované v dané sekundě.

Zcela obdobně, pravidlo *Rizeni* se stará o provedení příkazů k obchodům. To znamená, že vůči serveru DATEK simuluje chování běžného MS Internet Exploreru tak, jako kdyby příkazy k provedení obchodů prováděl člověk na klávesnici počítače.

Dalším zajímavým a důležitým pravidlem je *WatchDog*. Toto pravidlo v podstatě obsahuje časovač a jeho úkolem je hlídat, jestli se některá část programu nezastavila. Zejména

u internetového spojení se totiž často stávalo, že se přenos z nějakého důvodu zastavil. Pravidlo *WatchDog* fakticky funguje stejně, jako když si uživatel vyžádá překreslení www stránky klávesou F5. Pravidel typu *WatchDog* bylo v různých částech aplikace realizováno několik. Pravděpodobně by bylo vhodné, mít též jakýsi generální *WatchDog*, který by hlídal funkčnost celé aplikace na globální úrovni. Touto možností jsem se však nezabýval.

Všechna obslužná pravidla běží v paralelních *threadech*, tedy nezávisle na sobě navzájem i na zbytku inferenční sítě.



Obrázek 1 Typický průběh ceny akcie vykazuje určitou periodicitu. Nahoře průběh indikátoru MACD.

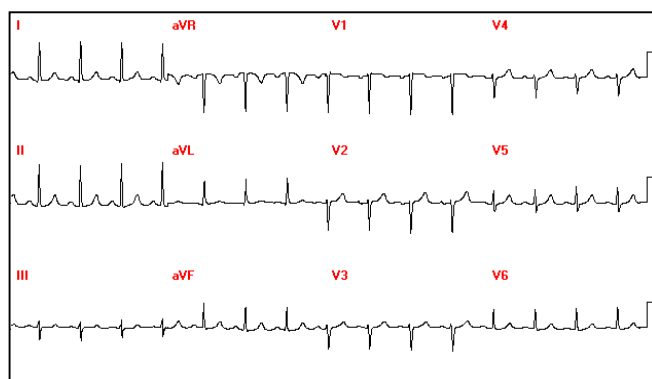
Vlastní odvozovací pravidlová síť expertního systému byla v prvních pokusech realizována jako velice jednoduchá. K rozhodování o okamžicích provedení obchodu bylo použito pravidlo, známé v burzovní terminologii jako indikátor MACD. Jednoduchý příklad tohoto pravidla ukazuje obrázek. Na něm je indikátor MACD, který se vypočítá odečtením dlouhodobějšího (zde 26 dní) klouzavého průměru ceny od krátkodobého (zde 12 dní) klouzavého průměru. Subjektivní míra důvěry tohoto pravidla byla nastavena jako vysoká, takže se fakticky jednalo o hlavní pravidlo, na základě kterého expertní systém rozhodoval o zahájení obchodu. Vedle něj se uplatňovala ještě řada méně významných rozhodovacích pravidel, jako například pravidla o celkovém trendu indexů burzy (indexy stoupají, indexy klesají) a o denním čase (ke konci obchodního dne je tendence pozice spíše uzavírat, na začátku obchodního dne spíše otevírat). Tato pravidla se však na rozhodování podílela spíše okrajově.

Brzy se ukázalo, že toto jednoduché pravidlo vyhovuje jen ve velmi specifické situaci burzy. Proto byl zahájen výzkum, zaměřený na studium nestacionárních procesů a popsany v následujících odstavcích.

2. Predikce nestacionárních dějů

Mnozí filosofové věří, že celý svět se vyvíjí v cyklech. Ať už je tomu jakkoli, v technické praxi se setkáváme s množstvím jevů, které výrazně cyklický charakter mají. Pro jejich popis používáme modely založené na periodicitě. Na obrázcích 1 až 3 jsou příklady naměřených dat; ve všech ukázaných případech cítíme, že jistý prvek cykličnosti v nich obsažen je. Kdybychom uměli nějakým způsobem nelineárně přetransformovat (podle potřeby někde zkrátit, jinde prodloužit), *morfovat*, časovou osu tak, aby všechny cykly získaly stejnou periodu, mohli bychom popsat jejich tvar a dokázali bychom **predikovat** jejich budoucí průběh.

Dá se ukázat, že zcela ekvivalentní je, časovou osu ponechat lineární a naopak podle potřeby průběžně měnit **okamžitou frekvenci** periodického průběhu. Tento postup se na první pohled zdá schůdnější, protože v technické praxi pomocí Fourierovy transformace běžně přecházíme mezi popisem v časové a ve frekvenční oblasti. Můžeme proto předpokládat, že pomocí Fourierovy transformace vytvoříme spektrum průběhu, v něm vyhledáme nejvýznamnější spektrální složku (např. složku nesoucí maximum energie) a tu prohlásíme za okamžitou frekvenci signálu v daném bodě. Je to jednoduché, srozumitelné – a nesprávné.

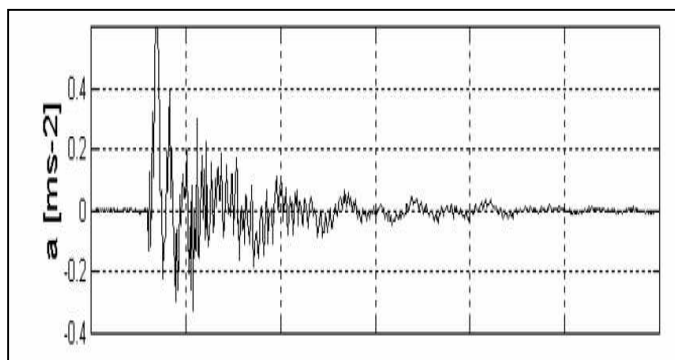


obrázek 2 Typický EKG záznam zdravého srdce



obrázek 3 Periodicita v ceně akcií

Chyba je v tom, že Fourierova transformace, vedle vcelku samozřejmých obecných předpokladů, vyžaduje, aby (a) systém byl lineární a (b) data byla stacionární. Stacionaritou zde míníme požadavek, aby kovarianční funkce byla invariantní vůči časovému posunu (jde o t.zv. stacionaritu 2. řádu). Žádný z těchto požadavků neumíme beze zbytku splnit. Zatímco s nelinearitou systému se umíme do jisté míry vyrovnat pomocí linearizace, požadavek stacionarity je v praxi nesplnitelný.



obrázek 4 Zrychlení naměřené čidlem na železničním svršku

To se v roce 1946 pokusil vyřešit Gabor tím, že ze signálu uvažoval vždy jen krátké časové okno, ve kterém předpokládal, že je průběh dostatečně stacionární. Podle potřeby pak toto okno posouval po naměřeném průběhu. To je princip krátkodobé Fourierovy transformace, STFT (*Short Time Fourier Transform*), někdy označované též jako *Windowed Fourier Transform*. Jestliže pro časově spojité signály je běžná Fourierova transformace definována vztahem

$$F\{x(t), \omega\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

pak krátkodobá Fourierova transformace STFT v čase t_0 je dána podobným vztahem

$$F\{x(t), \omega, t_0\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) h(t_0 - \tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

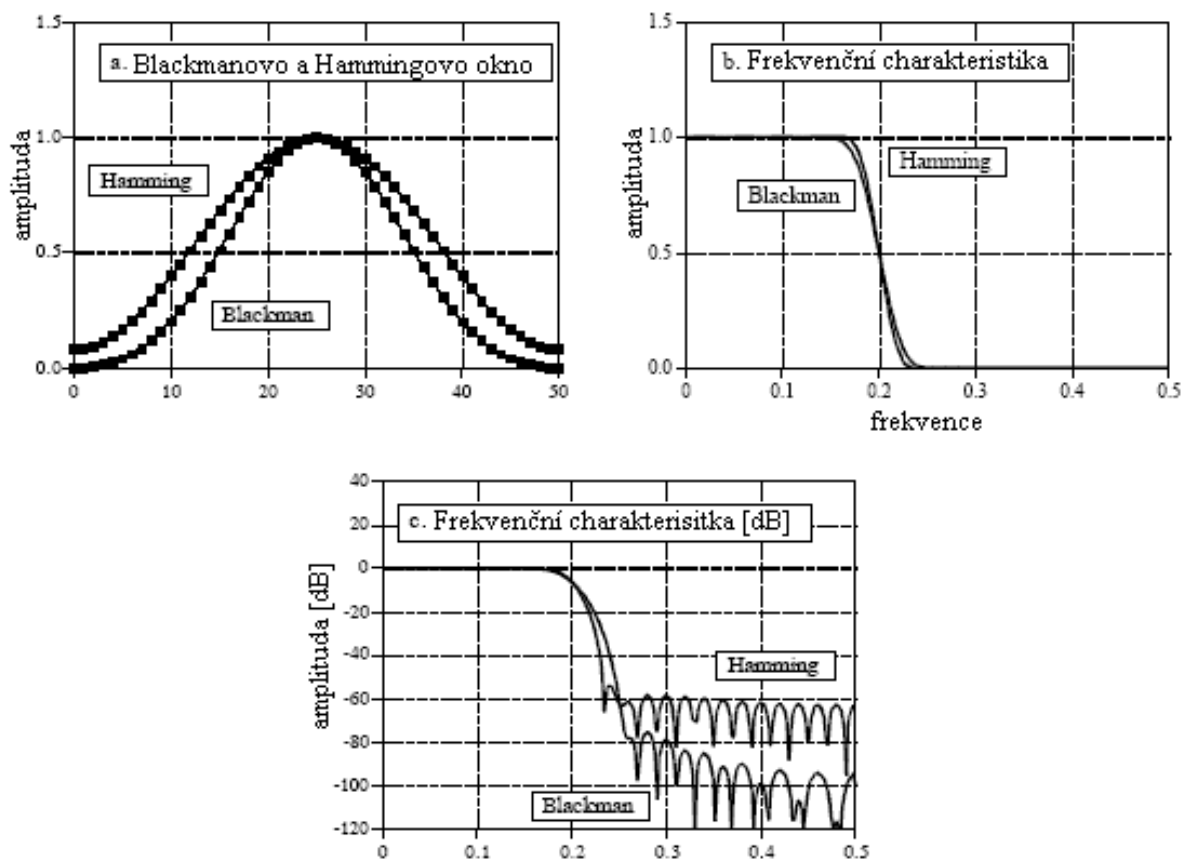
ve kterém $h(\tau)$ je reálná, symetrická funkce realizující časové okno, pro kterou z důvodu normalizace platí $\|h(\tau)\|=1$. V principu by $h(\tau)$ mohla být i obdélníková funkce, ale z praktických důvodů se dává přednost oknům, která ve spektru produkují menší rušivé efekty. K nejpoužívanějším patří „kosínusový zvon“ a z něj odvozené Hammingovo okno

$$h_{Hamming}(\tau) = 0,54 - 0,46 \cos(2\pi\tau)$$

nebo Blackmanovo okno

$$h_{\text{Blackman}}(\tau) = 0,4 - 0,5 \cos(2\pi\tau) + 0,08 \cos(4\pi\tau).$$

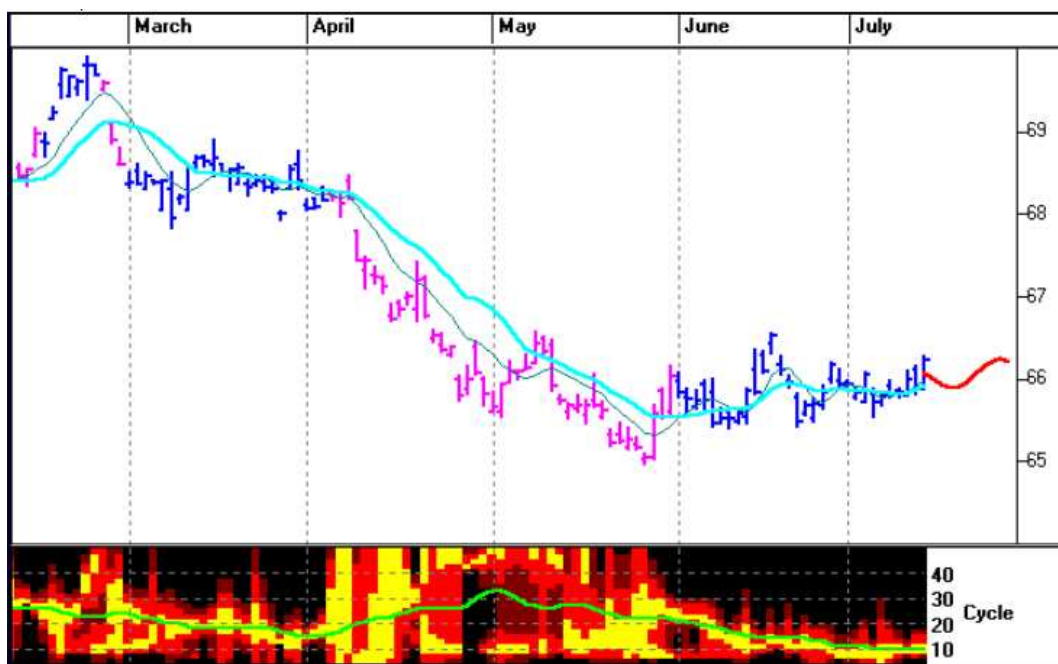
Na obrázku 4a je vidět, že klesání Hammingova okna je zhruba o 20% rychlejší než u Blackmanova. Avšak na části c) vidíme, že potlačení u Blackmanova okna je -74dB, zatímco u Hammingova okna je to pouze -53dB.



obrázek 5 Porovnání Blackmanova a Hammingova okna

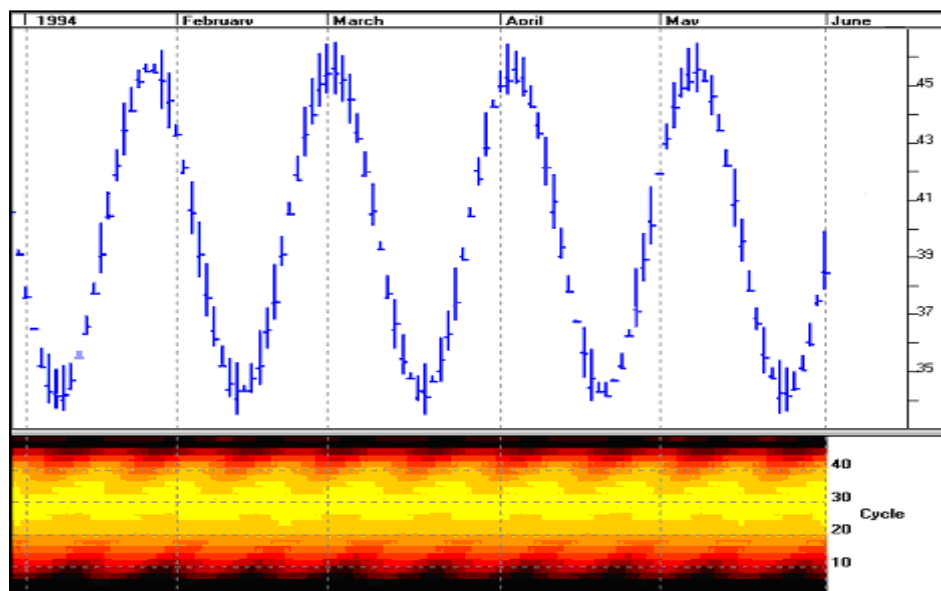
Okénko se postupně posouvá přes celý zkoumaný signál. Pro každý čas t_0 odpovídající středu okna tak dostaneme dílčí spektrum, které odpovídá okamžité poloze okna. Bývá zvykem, že se tato dílčí spektra pro časy t_0 vynášejí pod časovým průběhem, kde vytvářejí spektrogram. Přitom na vodorovné ose je čas (shodný s časem zkoumaného průběhu) a na

svislé ose je frekvence. Spektrální výkonová hustota („amplituda“ spektra) se vyjadřuje intenzitou zbarvení. Na obrázku 5 je příklad spektrogramu pro jednoduchý simulovaný průběh. Je jím sinusový signál o délce periody $T=24$ jednotek. Protože tento signál je stacionární, jsou všechna dílčí spektra stejná (v rámci přesnosti).



obrázek 6 Spektrogram sinusového signálu o periodě $T=24$ při šířce okna $W=64$

U signálů, které jsou sice nestacionární, ale mění se pomalu, je změna uvnitř okna malá a výsledky získané pomocí STFT jsou použitelné. Ale u rychle se měnících průběhů, jako jsou příklady na obrázcích 1 až 3, narazíme na problém: pokud zvolíme široké okno, průběh uvnitř okna nebude ani přibližně stacionární a dostaneme zkreslené výsledky. Naproti tomu, pokusíme-li se okno zúžit v časové oblasti, ve frekvenční oblasti úměrně klesne rozlišovací schopnost. Je to dobře vidět na obr. 5, kde je zvoleno relativně úzké okno (64 jednotek) vzhledem k periodě signálu (24 jednotek). Vidíme, že určit ze spektrogramu nejvýznamnější frekvenci signálu není snadné, a to ani u tohoto čistě harmonického průběhu, protože maximum spektrální hustoty je značně ploché (oblast vyplněná nejsvětlejší barvou je vysoká) a zasahuje frekvence odpovídající periodám od $T=20$ až do $T=40$. Pro průběhy, které nejsou stacionární, jsou výsledky ještě horší. Na připojeném obrázku 6 je ukázán spektrogram, tentokrát vytvořený ze skutečných (nestacionárních) dat. Přímé určení nejvýznamnější spektrální složky, resp. okamžité frekvence, je ze spektrogramu prakticky nemožné. Přesto existují metody, jak ji určit lze a ve spektrogramu na obr. 6 je vyznačena zelenou čarou.



obrázek 6 Spektrogram ze sinusovky

3. Okamžitá frekvence

Pojem okamžité frekvence jsem doposud používal intuitivně. Nyní si jej zavedeme přesněji. Vyjdeme z Hilbertovy transformace, což je konvoluční integrál funkce $x(t)$ a výrazu $\frac{1}{\pi}$, daný vztahem

$$H\{x(t), t\} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x(\tau)}{t - \tau} d\tau$$

Pro lepší porozumění, co vlastně transformace dělá, lze tento vztah přepsat pomocí operátoru konvoluce na

$$H\{x(t), t\} = \frac{1}{\pi} x(t) * \frac{1}{t}$$

a po Fourierově transformaci obou stran dostaneme

$$F\{H\{x(t), t\}\} = \frac{1}{\pi} \cdot F\{x(t)\} \cdot F\left\{\frac{1}{t}\right\} = \frac{1}{\pi} \cdot X(jf) \cdot j\pi(-\text{signum}(f)),$$

což lze interpretovat takto: Hilbertova transformace **ve frekvenční oblasti** pracuje tak, že složkám se zápornou frekvencí posouvá fázi o $+\frac{\pi}{2}$ a složkám s kladnou frekvencí o $-\frac{\pi}{2}$, přičemž v obou případech zachovává jejich amplitudu.

Vezměme nyní naměřená data, což je reálná funkce času $x(t)$. Nejprve vypočítáme Hilbertovu transformaci $x(t)$

$$y(t) = H\{x(t), t\} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x(\tau)}{t - \tau} d\tau.$$

Nyní vytvoříme zvláštní komplexní signál $z(t)$ tak, že jako jeho reálnou složku vezmeme $x(t)$ a jako jeho imaginární složku vezmeme $y(t)$ neboli Hilbertovu transformaci původního $x(t)$. Tento signál nazveme **analytickým signálem** a vyjádříme ho pomocí amplitudy a fáze:

$$z(t) = x(t) + jy(t) = A(t) + e^{j\theta(t)}$$

Amplitudu i fázi můžeme vyjádřit pomocí $x(t)$ a $y(t)$

$$A(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)}$$

$$\theta(t) = \arctan\left(\frac{y(t)}{x(t)}\right)$$

Nyní již konečně můžeme vypočítat **okamžitou frekvenci** (anglicky *instantaneous frequency*) jako časovou derivaci fáze:

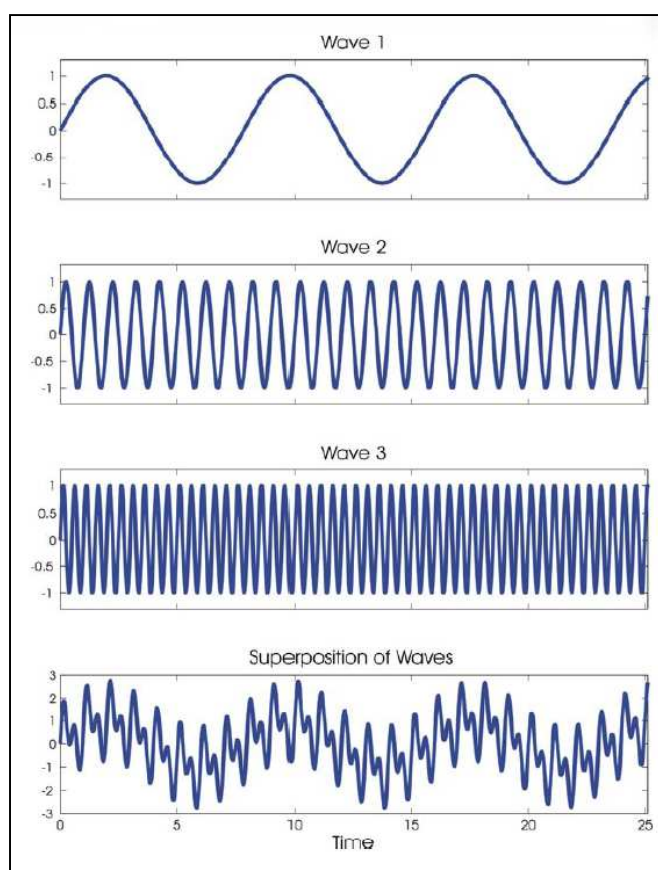
$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{d\theta(t)}{dt}.$$

4. Hilbert-Huangova transformace

Huangův přínos spočívá v tom, že Hilbertovu transformaci doplnil o algoritmus, proces, který nazval *sifting* (doslova „prosévání“). Pomocí prosévání je možno velkou třídu signálů dekomponovat na jejich jednodušší úzkopásmové složky. Tyto složky se nazývají **IMF** (*Intrinsic Mode Functions*). Český ekvivalent ještě není ustálen – snad by se hodilo „vlastní modální funkce“. Vlastní modální funkce je taková funkce, která má stejný počet lokálních extrémů jako původní průběh (také má počet průchodů nulou lišící se od něj maximálně o jedničku, aby vyhovovala tradiční podmínce pro Gaussovský úzkopásmový stacionární signál) a navíc střední hodnota mezi obálkami, počítaná přes všechny body, je

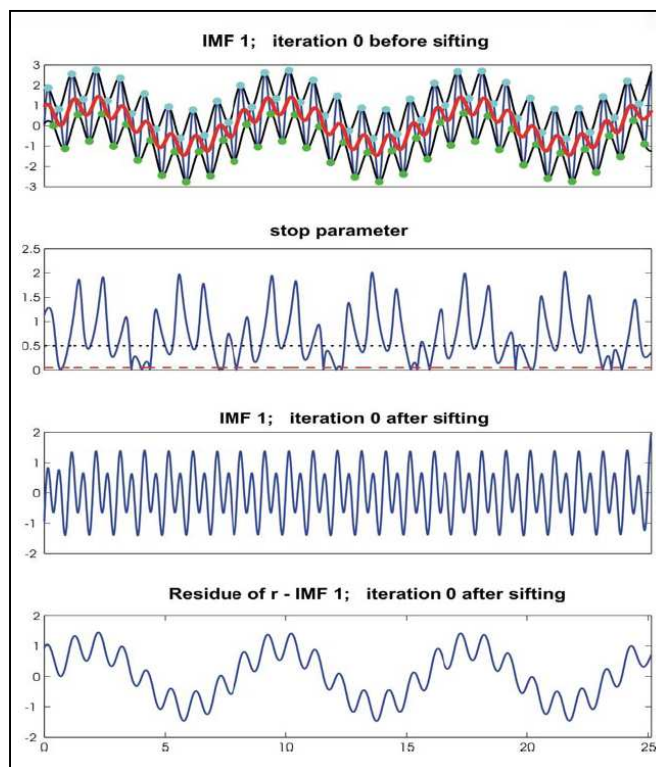
rovna nule. Pomocí **vlastních modálních funkcí** lze ze signálu vyextrahovat podstatné vlastnosti a použít je jak k popisu signálu, tak k jeho predikci.

Celý algoritmus prosévání si vysvětlíme na jednoduchém modelu. Pro jednoduchost vyjdeme z uměle vytvořeného signálu, který sestavíme superpozicí tří sinusovek o známých (nikoliv nutně soudělných) frekvencích. Příklad takového signálu je na obr. 7. Tento signál nyní budeme prosívat pomocí Huang-Hilbertovy transformace (**HHT**). Prvním krokem je zjištění řídicí vlny a symetrizace vlnového profilu.



obrázek 7 Výchozí signál vznikl superpozicí tří sinusovek

Nejprve nalezneme všechny lokální extrémů funkce $x(t)$. Na obrázku 8a jsou lokální maxima vyznačena světle modrými a lokální minima zelenými body. Přes všechna lokální maxima vytvoříme obálku maxim. Vytvoříme ji tak, že jednotlivými lokálními extrémů $e_{\max}(t)$ proložíme kubický splajn. Podobně vytvoříme obálku minim tak, že kubický splajn proložíme lokálními minimy. Obě obálky jsou na obrázku 8a vyznačeny tmavě modrou křivkou.



obrázek 8 První krok HHT

Nyní provedeme „narovnání“. Cílem je, dosáhnout takového stavu, aby v každém bodě byla střední hodnota mezi oběma obálkami co nejbližší nule. Dosáhneme toho tak, že vypočteme střední hodnotu mezi oběma extrémy $m(t) = \frac{e_{\max}(t) + e_{\min}(t)}{2}$ a o tuto střední hodnotu zmenšíme $x(t)$:

$$d(t) = x(t) - m(t)$$

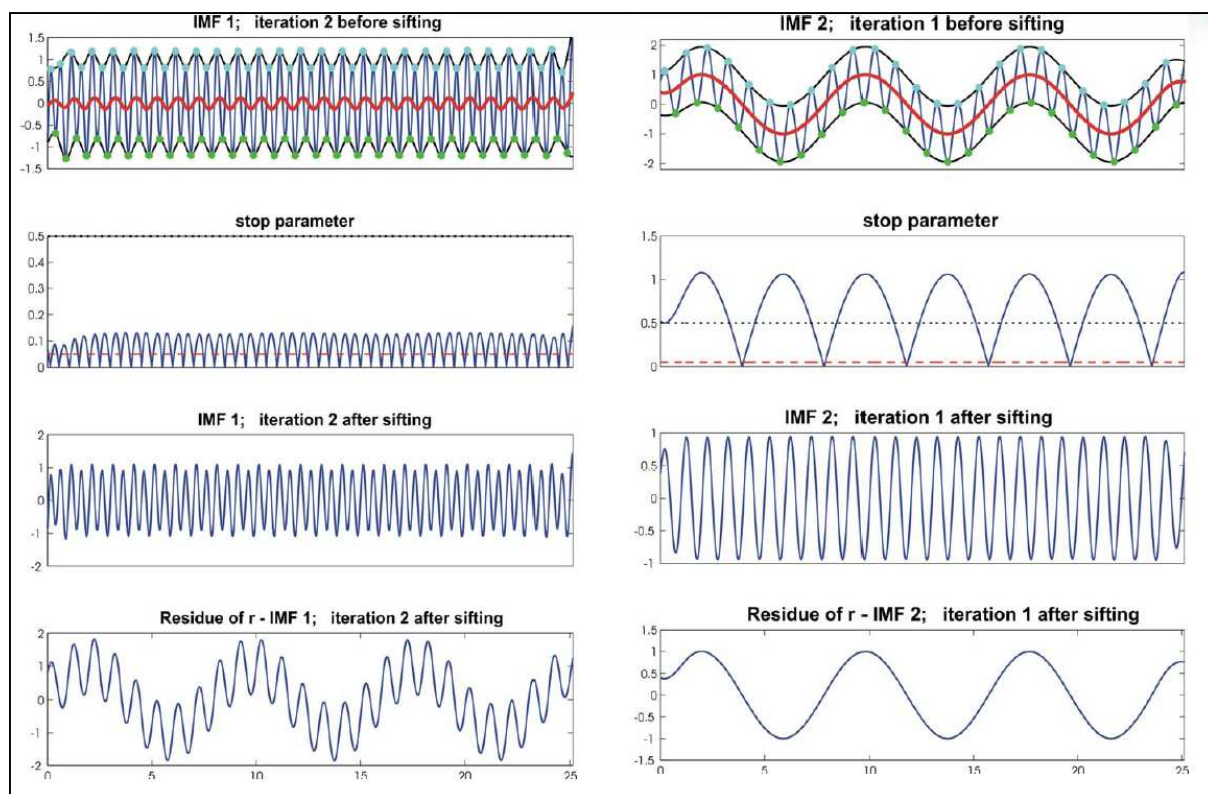
Tím jsem dostali první přiblížení k vlastní modální funkci prvního řádu, kterou označíme IMF1.

Prosívání je iterativní proces, proto celý postup (počínaje nalezením lokálních extrémů) budeme opakovat, dokud není splněno prosívací kritérium. Tímto kritériem je standardní odchylka mezi dvěma po sobě jdoucími iteracemi:

$$SD = \sum_{t=0}^T \left[\frac{|(h_{1(k-1)}(t) - h_{1(k)}(t))|^2}{h_{1(k-1)}^2} \right]$$

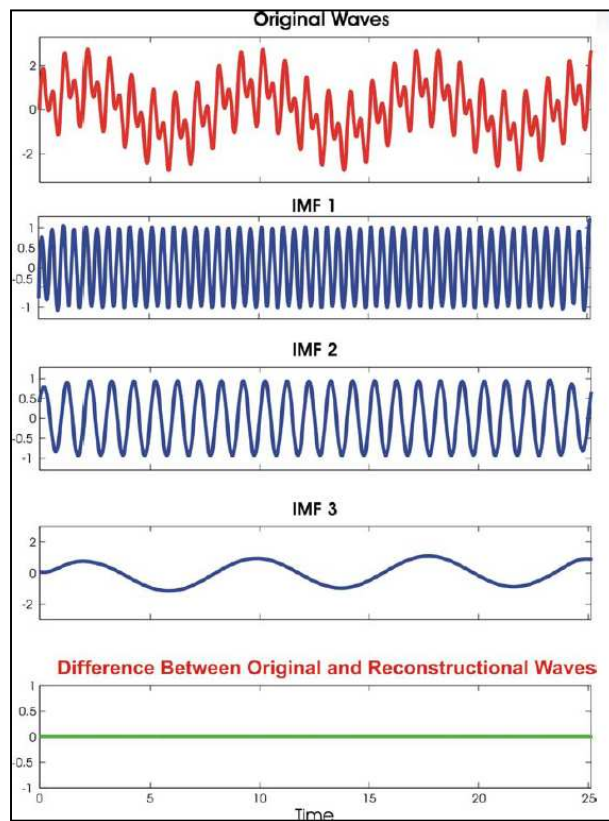
Na obrázku 8b je prosívací kritérium a na obr. 8c je stav po nulté iteraci a na obr. 8d je zbytek (reziduum) mezi IMF1 a původním signálem. Vidíme, že (obr. 8c) prosívací kritérium ještě není minimální, a proto následuje další iterace. Ta je zobrazena na levé polovině obrázku 9. Výsledkem celého iterativního procesu je upřesněná funkce IMF1 tak, jak ji vidíme na obr. 9 v levé polovině na pozici c) a dále zbytkové reziduum.

Toto reziduum je výchozím signálem pro výpočet IMF2. Druhá vlastní modální funkce se vypočítá stejným postupem, který začíná nalezením lokálních extrémů, postupuje iteracemi a končí splněním iteračního kritéria. Tento postup je ilustrován v pravé části obrázku 9.



obrázek 9 Iterativní výpočet vlastních modálních funkcí

Je zřejmé, že analogicky lze celý proces opakovat pro další IMF. Na obrázku 10 vidíme, že algoritmem HHT jsem dostali tři IMF, které se velmi málo liší od původních sinusovek, ze kterých jsem signál sestavili. Podstatné je, že jsou dobře periodické a stacionární, proto je můžeme – pokud to je potřeba - bez potíží identifikovat a použít k predikci.

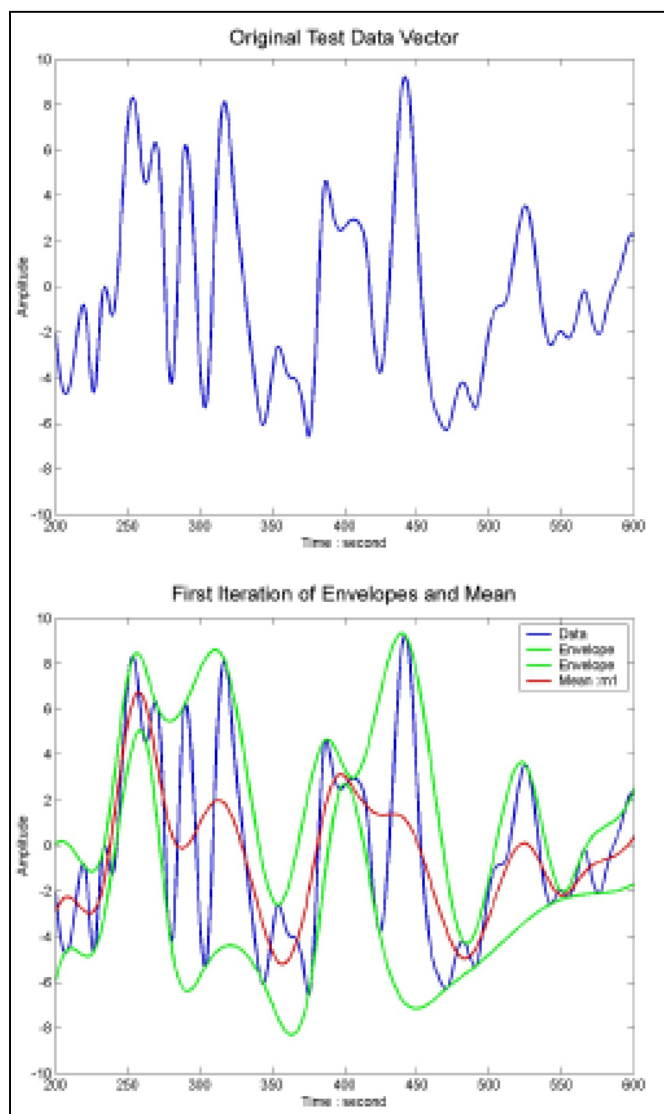


obrázek 10 Přehled výsledků HHT

Praktická aplikace tohoto algoritmu naráží na drobné těžkosti zejména na okrajích datového intervalu, kde kubické splajny jde těžko nastavit, protože mají tendenci divergovat mimo očekávanou oblast signálu.

5. Poznámky k významu HHT

Není bez jisté zajímavosti, že Huang, autor transformace HHT, je Číňan naturalizovaný v USA a pracující pro NASA. Samotná transformace HHT a s ní spojený algoritmus jsou pokládány za velmi perspektivní, a to dokonce do té míry, že NASA si algoritmus HHT nechala patentovat. Proto v otevřených zdrojích ani na internetu není snadno dostupný a za jeho využití (samozřejmě jen v dosahu US patentového zákona) vybírá NASA poplatky. Přesto jeho využití velmi rychle roste: jsou známé aplikace ze všech vědních oborů, a to od zpracování sonarových signálů námořnictvem (samozřejmě, že k detekci rybích hejn), přes predikci sluneční aktivity a zpracování údajů geomagnetických bouří, četné aplikace v medicíně, až po nasazení na akciových trzích. V roce 2002 byla HHT oceněna jako algoritmus roku 2002.



obrázek 11 Aplikace HHT na reálná data

6. Výsledky dosažené s první verzí ES

Expertní systém v první verzi byl testován v reálném provozu na americké akciové burze. K dispozici je autentický záznam obchodů z prvních pokusů s popisovaným expertním systémem tak, jak je realizoval on-line internetový broker DATEK .

V první řadě je zřejmé, že expertní systém neprováděl obchody každý den. Zčásti je to proto, že každý den není na burzách vhodná situace pro tento typ obchodů, zčásti (a hlavně) proto, že v mezidobích se na expertním systému pracovalo. Celkem v období od 16.10. do 12.11., tedy za 27 kalendářních dní, expertní systém obchodoval 11 dní.

Celkově expertní systém za 11 obchodních dní vytvořil čistý zisk 3 939,39 USD. Přitom objem, který byl investován, činil 20 000 USD. (Přesněji řečeno, investovány byly jen dvě třetiny z této částky, protože zbývající třetina představuje „margin“, což je účelová půjčka brokera. Protože otázka *marginu* je složitá a zde není prostor na její podrobnější vysvětlení, zanedbávám tuto okolnost a výpočty provádím, jako kdyby velikost investice byla 20 000. Mějme však na paměti, že fakticky jsou výsledky až o polovinu lepší, než zde uvedeno.)

Počet kalendářních dní	27
- z toho dní, kdy se obchodovalo	11
Nejlepší denní výsledek	2 396 USD
Nejhorší denní výsledek	-261 USD
Celkem zisk	3 939,39 USD
Zisk přepočtený na % z investovaných peněz:	
- za dny, kdy se obchodovalo	1,79% denně
- což v extrapolaci na 365,25 dní činí	654% p.a.
- za kalendářní dny	0,7295% denně
- což v extrapolaci na kalendářní rok činí	266,5% p.a.

To znamená, že za jeden den expertní systém vytvořil zisk v průměru 358,12 USD, což představuje 1,791% vložených peněz. Uvedený zisk však nelze extrapolovat na celý rok (dostali bychom neuvěřitelné 6,5-násobné zhodnocení vložených peněz), protože jednak burza nepracuje o víkendech a svátcích, jednak ne každý burzovní den je vhodný k obchodům.

Proto jsem se pokusil o dolní realističtější vyčíslení dosaženého zisku. Zanedbám-li skutečnost, že expertní systém několik dní nemohl běžet z důvodu, že se na něm pracovalo, bylo zisku 3 939,39 USD dosaženo za 27 kalendářních dní. To znamená, že průměrný zisk na jeden kalendářní den činí asi 145,90 USD, což reprezentuje průměrné denní zhodnocení o 0,729%. Kdybychom tuto hodnotu extrapolovali na celý kalendářní rok, vyšel by nám průměrný roční zisk 266,5% p.a.

Přehledně jsou dosažené výsledky shrnuty v následující tabulce. I s vědomím, že výsledky mohou být zkreslené krátkou dobou sledování a případnými náhodnými vlivy na trhu, přesto dosažený zisk řádu 250% p.a. při relativně nízkém riziku pokládáme za mimořádně úspěšný. Jen pro srovnání připomínám, že současné úrokové sazby u České spořitelny jsou do 2% p.a. (mínus daň).

7. Další vývoj

V současné době připravuji další práce na zlepšení výsledků a bezpečnosti popsaného expertního systému. Současně s tím probíhají pokusy o implementaci ES do českého prostředí. Největším problémem se v současnosti zdá legislativa, konkrétně otázka zdanění ztrát a zisků.

Bohužel nemohu nepřipustit, že při testování systému se objevila řada chyb. Vesměš se jednalo o chyby programátorské: například nesprávně nastavené znaménko v testu způsobilo zcela katastrofické selhání (nečekaný masivní nákup akcií v okamžiku, kdy se naopak mělo prodávat). Takže celkový výsledek, vezmu-li v úvahu i selhání a chyby při neúspěšných pokusech, je spíše záporný.

S příchodem současné celosvětové finanční krize a s tím související nestabilitou na akciových trzích jsem raději další pokusy odložil.

Poděkování

Článek vznikl za podpory Rozvojového projektu VVŠ č. 941711.4/17 na rok 2009.

Literatura

- [1] Kokeš, J.: Okamžitá frekvence a Hilbert-Huangova transformace. Sborník konference Inteligentní systémy pro praxi, Lázně Bohdaneč 2006.
- [2] Kruger, CJC: Constrained Cubic Spline Interpolation for Chemical Engineering Applications. Dostupné na internetu na www.korf.co.uk/spline.pdf.
- [3] Kokeš J.: Expertní systém v reálném čase. Sborník konference Inteligentní systémy pro praxi, Seč 2004
- [4] Verner, M.: EMD – základ pro HHT. Sborník konference Inteligentní systémy pro praxi, Lázně Bohdaneč 2007.
- [5] Bursíková, S.: HHT a glykemická křivka. Sborník konference Inteligentní systémy pro praxi, Lázně Bohdaneč 2007..

Kontaktní adresa

Ústav 12110.3, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika.
josef.kokes@fs.cvut.cz

VLIV SPOLEHLIVOSTI LIDÍ NA AKTIVITY V PROJEKTOVĚ ŘÍZENÝCH ORGANIZACÍCH

Human Dependability Effects on Activities in Project Controlled Companies

Ing. Bc. Petr Kolář

Abstract: Possibilities of dependability increase in project controlled companies with application results of human reliability analysis (HRA). Methods and possibilities of the qualitative and quantitative evaluation of HRA, sketchy increase possibilities, e.g. motivation, training, human/machine interface etc. The possibility to embodiment of the appraisal human reliability analysis into the complex reliability analysis. SW support of HRA in the environment of the project controlled work.

Key word: human factor, human reliability analysis, human/machine interface, motivation, stress, project control, MS Project, SW support

1. Introduction

The emphasis was placed on the complex understanding of the reliability system with embodiment influence on the human reliability analysis, and also the characterization of the analogy between reliability objects and human factors including the explanation of the applicability consistent terminology. Article describes and illustrates HRA implication into the project controlled companies.

In the text it was introduced difficulty during the qualification activities with influence human factor and its possible failure including suggestion for the recruitment information about processes with attendance the human factor. Significant section was dedicated to the methods of the human failure qualification. In the text were introduced partly methods applicable for frequently recurrent processes with application operation statistical data, partly methods for rarely se recurrent or unique activities, or activities with unattainable data records out of praxis. Important part of the article shows, how to include HRA directly to methodology of the project control. There was described recommendation for using SW equipment, which become possible the process of the qualitative and quantitative analysis of the human factor. As a component was the recommend of the orientation follow-up applied research.

2. Human factor influence on the system reliability

The term “system reliability” is chiefly understood as studying, doing analyses and rating reliability attributes of the system with dependency on reliability attributes of the elements, which are building system so, that fill it the desiderative functions and for determined using conditions. This general formulation is fully application-able to the reliability system of the human factor (HF) influence. Also by human factor is necessary to put stress on the indispensability of the systematical approach to supplying reliability system during all live cycle periods in manager, technical and economical view.

By using HRA in praxis is needful awake several fundamental facts:

- Human is inseparable component of the modern technology
- Human is connected in maintenance process and in control of the technology
- Human is often the key factor of the aggregative operation reliability
- In procedures are requirements on the quantitative HRA
- HRA is chiefly the quantitative method for the officiating influence typical incorrect activities any workers (operator, maintenance man etc.) on the system reliability (mostly safety or failure)

3. Qualification of the human factor failure

Human failures are possible to divide in errors produced by failure or momentary blackout of the vigilance, by insufficient training and instruction, by lack of bodily or intellectual competence, by lack of motivation or careful decision, which does not conform to instruction and also manager errors.

In process life cycle is possible to divide these types of HF failure:

- Before-accident mistaken of the maintenance with latent effects
- Weighty break the operation rules leading to emergency state
- In-command response on the issue of the emergency state

It is possible apply the methods used by general procedures of the reliability system analysis to the finding and qualification HF failure, e.g. FMEA or FTA. Benefit of using this method in practice by HF analysis is, that these methods are usually put to use by workers at quality departments and therefore do well apply their advantage. Afterwards they are competent connect result following analysis immediately to the basic reliability system, even not only at qualification phase of the individual failure HF, but also at quantification phase. Overall result of the complete probabilistic system analysis (PSA) is possible present and document using existing quality workers experiences with understandable form. Using HRA method in combination with methods FMEA and FTA is then appropriate for practice.

For increase of the maintenance dependability is optimal to use project control of all activities – project manager is then able to plan time slack, deadlines, using of personnel and material, financial budget etc.

Similarly as in another branches, where appearance evaluation HRA, also is in airplane traffic, that „have no incidents is worse than have some incidence“ – this state aptly stress the difficult accessibility to input data for HRA. Also in airplane industry is by specific sense normal to have some accidents.

However already was recognized, that a lot of active human failures elude from report. Instant recognizing and err correction can't anyway retrieve for produce damage or injury, and also for identify necessity and report incident, let alone full accident. So we have here an example of important (instant) instruction for individual, without whichever instruction benefit for organization. Instruction is not hereafter dispense and potential for identification of the hide failure foundation (human factor) in controlling, organization point of view or working condition is exhaustively lose.

Notable method in scope HRA is e.g. the “error control” – this term is meant as using every accessible data to understanding all the errors causation and intake of the responsible steps, including changeover firm politics, procedures expert preparations to theirs reduction and to minimization the occurred consequences.

4. Quantification of the human factor failure

Quantitative HRA differ from analysis products or machines chiefly in way of the understanding rate, significance and probability of the human failure. Difficulty occurs in first of all by cognitive human activities. Evaluation of these activities become involved also into field of psychology, psychiatry, general medicine, manager controlling and human resources management.

Already at phase of the qualitative analysis have to be evident at least in basic features correlation between individual process and influencing requirement. As general used methods I can give the name of methods ETA or RBD, at deep HRA is possible to use e.g. methods TESEO, THERP or SLIM.

The most elementary is method TESEO. It estimates reliability HF using five key factors, with were value as the most important among all the factors rule probability human errors. Its model defines probability of the personnel error as multiple following factors:

- Type realized activity (K_1) = factor of the activity type
- Disposable time to implementation activity (K_2) = stress factor by usual activities, exceptional activities
- Personnel characteristic (K_3) = factor of the operator quality
- Psychological state of the personnel (K_4) = factor of the trepidation and stress
- Local working condition (K_5) = ergonomic factor

Probability of human failures during realization any fixed activity is then calculate as $P_{HEP} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$.

Concrete numerical values for individual factors K_i it is possible obtain out of given tables. Where reach the product all the five factors of numerical value bigger than 1, presuppose that probability human error is equal 1.

5. SW support of the human reliability analysis

HRA is at least so exacting (because data storage and calculations), as reliability analysis of whatever else reliability system. In foregoing text was explained, that aim one's effort to human activities is different chiefly in the qualitative phase – methods of documentation of component states and errors are similar, in some aspect even coincident with approach to documentation in field of any appraisal products or processes.

To processing HRA it is ergo possible employ whatever SW, which can use any of methods FMEA, FTA, ETA or RBD. The most important factor then is probably, what SW support is available in concrete operation, or in organization outsourcing the processing of the reliability system (e.g. Relex or Isograph).

6. Project control with MS Project support

Managers coordinates planning, course of activities an evaluation of projects must work with huge quantum of information. They can't work efficient without SW support and one of the most used tools is MS Project.

MS Project application serves planning, tracking and control of projects and rationalist communication links around the project team. Project is standard understand as work plan, which has and its end some outcome. It can be marketing campaign, emission new product, house building or carry out maintenance. It's possible to divide project to small parts – tasks. To tasks can be assigned resources – work type (most often peoples, which do their work and put forward the project), material type (use up during the project) and cost type (fixed or variable costs, which can be connected to work/material type).

With the baseline can be calculated difference between plan and reality including critical path and do any optimizations. It's possible to define resources reservoir, draw on them and improve coordination. Workers with participation on more projects can model several changes of projects priority, resources, terms of beginning and finalization of projects and can monitor correlations with reality.

In enterprise project management used in large organizations is profitable MS Project Server implementation, which defines especially roles of single workers in relations to projects, its competence to use project information. Project server becomes robust data store, which use usually MS SQL Server. Project data can be therefore easily used for other applications.

7. Human reliability analysis implemented to project control

Theory of the project control use many of variables and calculations to clarify most important aspects of time schedule, cache flow, work plan and chronogram of using materials. Project control improve quality of operation calculating time total and free slack of tasks and resources on them and is directly applicable to risk management.

MS Project can be defined and use many data fields several data types. It's possible to define evaluations and verifications. Data fields are in database relations to tasks and

resources. Any fields can be shown in custom defined tables, charts and print layouts. All the data are easily exportable to extern databases and applications.

MS Project facilitates definition of the branch solution, concretely including quality and dependability scope. For users is very friendly to have all work data together in only one application to backup and analyses. Very easy is using table methods as REASON, TESEO, FMEA or FMECA.

Assessment of tasks difficulty and criticality rating can be used worksheets structured as follows:

1. Background information
 - a. Reason for carrying out task
 - b. Method of control
 - c. Relationship to other tasks (in terms of plan behavior)
 - d. Personnel required to perform task
2. Task difficulty
 - a. Task critical cues
 - b. Time constraints
 - c. Required accuracy
 - d. Task complexity
 - e. Skills and knowledge required
 - f. Difficulty rating (high=3 / medium=2 / low=1)
3. Task criticality
 - a. Likely errors
 - b. Potential conflicts
 - c. Task failure consequences
 - d. Criticality rating of safety (high=3 / medium=2 / low=1)
 - e. Criticality rating of availability (high=3 / medium=2 / low=1)
4. Overall rating (= 2.6 + greater of 3.4 or 3.5)

Tasks with scoring over specified limit must be redefined or at least properly monitored, to scoring can use more fragmented levels. Tasks with scoring over specified limit must be redefined or at least properly monitored, to scoring can use more fragmented levels or multi levels.

8. Conclusion

In scope of the research was recommended methods of qualitative and quantitative evaluation of the human reliability analysis, including succession to serviceability SW to execution analysis and documentation.

During follow-up research in this theme will be suitable do the complete concrete and complex methodology of human reliability analyses especially in project controlled companies. Consecution will be demonstrated for example on processes of maintenance, which are at the time well described and perform qualitative and quantitative human factor analysis of these activities as a part of project control.

It will be asset to concentrate one's effort on methodology of the inquiry data in concrete workplace conditions, further to analyze responsibility structure the component workers and work technique with high level of secret information.

References

Norms:

- [1] ČSN EN ISO 9001:2001 Systémy managementu jakosti – Požadavky
- [2] ČSN IEC 60300-3-1:2003 Management spolehlivosti – Část 3-1: Pokyn k použití – Techniky analýzy spolehlivosti – Metodický pokyn
- [3] FAA AC 43-6B: Altitude reporting equipment and transponder system maintenance and inspection practices

Books:

- [4] LIBBERTON, G.P.: 10th Advances in Reliability Technology Symposium. Bradford UK: University of Bradford 1988. ISBN 1-85166-202-2. 386 p.
- [5] MYKISKA, A.: Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. Prague: Publisher CTU in Prague 2004. ISBN 80-01-02868-2. 206 p.
- [6] MYKISKA, A. et al.: Elektronický katalog intenzit poruch, analýza vlivu spolehlivosti lidského činitele na složky ukazatelů provozní technologičnosti a koncepce její SW podpory. Report to project FT-TA/026, Theme T3. ČVUT Prague 2005. 62 p.
- [7] NOVÁ, M.: Zahnutí selhání lidského činitele do analýzy spolehlivosti/bezpečnosti letecké techniky. Prague: CLKV 2002. DT 629.7.004.6. T-VZLÚ P 3-8. Č. z. R-3439/02. 50 p.

Contact

Czech Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Instrumentation and Control Engineering, Technická 4, Prague 166 07, Czech republic, +420 224352530, pkolar@fs.cvut.cz

WEBOVÉ ŘÍZENÍ MECHANICKÉHO SYSTÉMU SVĚTĚLNÝM PAPSREM

Web Control of Mechanical System by Light Ray

Ing. Kamil Mrázek

Abstrakt: Tento příspěvek popisuje novou metodu a podmínky pro webové řízení mechanického systému světelným paprskem. Teoretické metody zpracování obrazu, např. RGB schéma a histogramy jsou využity k vytvoření podmínek pro zpracování obrazu z webkamery. IP kamera monitoruje panel vysokosvitivých diod. PHP webserver zpracovává barevné obrázky v závislosti na LED. Problém detekce a zpracování obrázků se svítivými LED jsou vyřešeny i za podmínek dne a noci. Mechanický systém připojený k CTRL V4 webserver je řízený přes Internet, jehož proměnné jsou zpracovávány z detekce obrazu zhasnutých/rozsvícených LED pomocí IP kamery. Žádné fyzické spojení mezi mechanickým systémem a senzory nejsou potřeba. Systém je možné řídit odkudkoliv přes Internet. Výsledkem je také návrh tzv. optického převodníku pro vzdálené řízení mechanického systému přes Internet.

Keywords: zpracování obrazu, webové řízení, světelný paprsek, optický převodník, webkamera

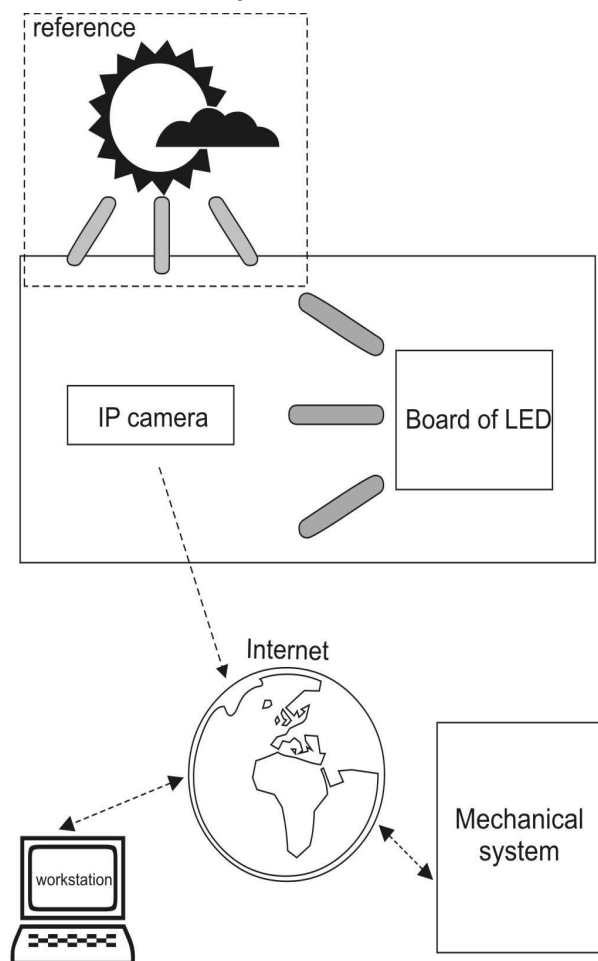
1. Úvod

V poslední době se vzdálené řízení přes internet stává obvyklou záležitostí. Některé návrhy a metody pro spojení řízeného systému přes internet naleznete v [4], [5]. Existují miniwebové procesory, které se využívají pro řízení mechanického systému. Jeden z nich se nazývá CTRL V4. Jeho popis naleznete v [3].

Představme si továrnu, která má mechanický systém, jenž chceme řídit, např. snižovat a zvyšovat otáčky. Tento systém napojíme přes miniwebový server na internet. Jak ho tedy budeme řídit? Vytvoříme panel s LED a můžeme měnit parametry řízení v závislosti na rozsvícení těchto diod. Co je na tom nového? Tento řídicí panel může být v jiné budově, v jiném městě, v jiné zemi. Nepotřebujeme žádnou osobu sedící před řídicím panelem. Jednoduše namíříme webkameru na řídicí panel a monitorujeme rozsvícení diod zpracováním obrázků. Parametry řízené technologie (nebo řízeného systému) jsou automaticky regulované v závislosti na zpracovaných obrazech. Teoretické metody zpracování obrazu lze nalézt v [1]. Můžeme řídit vzdálené technologie nebo monitorovat jejich funkce. Zde využijeme i opačný proces – zhasínat/rozsvěcet diody v závislosti na parametrech řízeného systému.

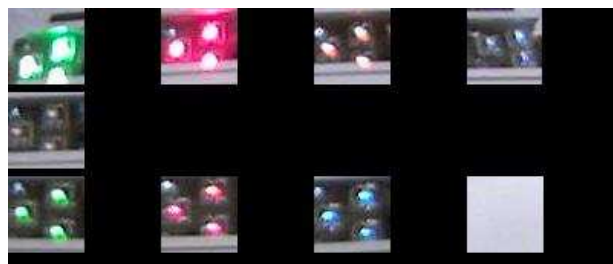
K programování řídicích příkazů je možno využít odlišné webové programovací jazyky. PHP je nejrozšířenější jazyk a užitečný pro řízení přes internet [1]. Tento příspěvek se zabývá metodou bezkontaktního řízení s využitím zpracování obrazu, miniwebového procesoru CTRL V4 a PHP.

2. Návrh metody



Obr. 1 - Schéma

Každá LED na panelu (obr. 2) se bude kontrolovat samostatně. Proto vyřizneme okolí každé LED (např. ve tvaru čtverce o velikosti strany 50px) – obr. 3



Obr. 3 – obrazy LED odděleně

První výhodou této metody je, že není potřeba fyzické propojení (kabely). Další výhodou je jednoduché seřizování webové kamery, nízké náklady. Také mechanický systém je řízený automaticky.



Obr. 2 – Panel LED

Svítilivost závisí na světelných podmínkách. Jestliže chceme zjistit, které diody svítí a které ne, potřebujeme robustní řešení. Tudiž se musíme také zabývat světelnými podmínkami ve dne a v noci.

Velikost okolí zpracování diody bude různá ve dne a v noci, protože LED ve dne svítí odlišně. Okolí diody je nezávislá oblast (nový obrázek). Zpracováváme všechny tyto obrázky samostatně. Pokud je LED zapnuta, obrázek je světlý. Pokud je LED vypnuta, obrázek je tmavý.

3. RGB, histogram

Použijeme barevný histogram pro detekci podmínek zpracování obrazu a analyzujeme každý obrázek v RGB modelu. Vytvoříme histogram pro obraz kolem každé LED.

R,G,B složku zjistíme z PHP funkce „imagecolorat“ pixel po pixelu.

```
$rgb = imagecolorat($image, $sx, $sy);
```

```
$r = ($rgb >> 16) & 0xFF;
```

```
$g = ($rgb >> 8) & 0xFF;
```

```
$b = $rgb & 0xFF;
```

Postup pro vytvoření histogramu:

R – hodnota červené barvy v RGB (0..255)

G - hodnota zelené barvy v RGB (0..255)

B - hodnota modré barvy v RGB (0..255)

BR – sloupec jedné barvy v histogramu

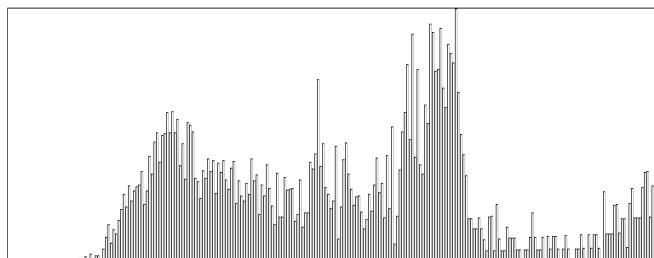
Pro každý bod na obrázku:

Smyčka {

$$PX = \text{round}\left(\frac{R + G + B}{3}\right)$$

$$BR[PX]_{+} = \frac{PX}{TPX}$$

}, kde TPX je součet bodů obrázků, BR je pole a PX je pozice v poli



Obr. 4 – histogram

Hodnota pro podmínky:

```
max=0
```

```
loop for i=0..255
```

```
{
```

```
if BR[i]>max
then
max=BR[i]
and MXBR[i]=max
and MX=i;
and array MPBR[]=max;
}
```

kde i je barva v RGB, pozice pole

4. Podmínky zpracování obrazu pro detekci LED

Dostaneme 5 podmínek pro zjištění rozsvícených/zhasnutých LED.

Podmínka 1:

Histogram je rozdělen na dvě poloviny. První polovina je oblast 0..128, druhá polovina je oblast 129..255 v RGB.

Počet nejvyšších sloupků (součet stejných hodnot v RGB modelu) v první polovině je větší než v druhé polovině => LED nesvítí. V opačném případě LED svítí

$$H_{1p} = \sum MXBR_i, \text{ kde } i \leq 128$$

$$H_{2p} = \sum MXBR_i, \text{ kde } i > 128$$

$H_{1p} < H_{2p}$.. svítí

$H_{1p} > H_{2p}$.. nesvítí

Podmínka 2: Maximální pozice

$MX > 192$ => svítí

$MX < 192$ => nesvítí

Pozice nejvyššího sloupce je větší než 192 => LED svítí. V opačném případě nesvítí.

Podmínka 3: Součet barev

$$TSC = \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} (r_{ij} + g_{ij} + b_{ij})$$

kde i a j jsou pozice bodů v obrázku, a $n_x \times n_y$ je velikost v bodech.

Součet R, G, B složky je větší než 1 400 000 => LED svítí, v opačném případě nesvítí.

Podmínka 4:

Poslední sloupec v histogramu je dvakrát větší než předchozí => LED svítí.

$MPBR[i-1] * 2 < MPBR[i]$.. svítí

MPBR[i-1]*2>MPBR[i] .. nesvítí

Podmínka 5: pouze ve tmě (v noci)

Maximální hodnota sloupce v histogramu je větší než 150 => LED svítí

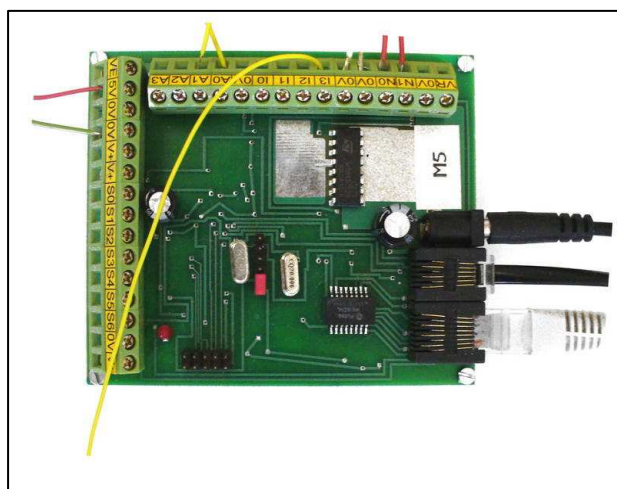
max > 150 => svítí

max < 150 => nesvítí

Podmínky závisí na osvětlení LED panelu, výsledky každé podmínky jsou jejich mírou. Každá podmínka má odlišnou důležitost. Pokud všechny podmínky jsou splněné je pravděpodobnost detekce větší, tomu odpovídá hodnota v procentech. Pokud součet všech podmínek je větší než 50%, pak LED svítí.

Využijeme také druhou webkameru (která je namířena např. ven z okna) jako referenční bod k zjištění, zda je den/noc (světlo/tma). Podle tohoto můžeme měnit hodnoty v podmínkách, což zvyšuje pravděpodobnost správné detekce. V noci LED více září, to znamená také rozšíření detekce oblasti kolem každé LED a změnu měřítka detekce podmínek.

Svítivost závisí také na barvě. LED svítící modře má odlišné vlastnosti než žlutá LED. Například oblast záření modré LED je menší, proto je nutné řešit podmínky pro noc a den, čili tmu a světlo odlišně.



Obr. 5 – CTRL V4

5. Webové řízení mechanického systému na základě obrázků LED

Použijeme miniwebserver CTRL V4 k řízení mechanického systému (obr. 5)

Pokud LED svítí, pak se vyšlou přes HTTP hlavičku parametry do CTRL V4

CTRL V4 je připojeno k internetu a má svou vlastní IP adresu. Rychlost otáček je závislá na tom, kolik LED svítí. Závislost může být lineární, a také lze vytvořit optický převodník.

Pokud je na panelu 8 LED, pak to můžeme využít jako osmibitový převodník.



Obr. 6 – model mechanického systému

Panel je připojen taktéž k miniwebovému procesoru a lze jej využít i opačně k tzv. sledování. Jestliže otáčky jsou vyšší, pak je rozsvíceno více LED.

6. Závěr

Tato metoda může řídit mechanický systém přes internet odkudkoliv. Nepotřebujeme fyzické propojení mezi řídicím místem, řízeným systémem, nepotřebujeme žádné manuální řízení (lidi). Výhodou je také snadné řešení, bez velkých nákladů a bez komplikovaného seřizování. Stačí jen kameru namířit na řídicí místo, ať už je to panel s LED nebo místnost s určitými světelnými prvky.

Literatura

- [1] Russ. C. John (2007): The Image Processing Handbook, Fifth Edition, CRC Press
- [2] Gutmans A., Bakken S., Rethans D. (2005): PHP 5 Power Programming, Prentice Hall
- [3] Klán P., Smid J. (2007): Webprocessors for Measuring, Control and Synchronization, ICOMP 2007, 354 – 359
- [4] D. Hristu-Varsakelis, W.S. Lewine (Eds.) (2005): Handbook of Networked and Embedded Control Systems., Birkhauser
- [5] Sanchez AP, Camalich IS, Arencibia AQ, Rodriguez JC (2008): A General System for Monitoring and controlling via Internet, ICEIS 2008 : Proceedings of the Tenth International Conference on Enterprise Information Systems

TERMOKINETIKA PŮDNÍ POVRCHOVÉ VRSTVY

Thermokinetics of Surface Soil Layer

Růžena Petrová

Abstrakt: Článek se zabývá možnostmi výzkumu a použití modelu termokinetiky povrchové půdní vrstvy, jež úzce souvisí s jednou ze složek základní energetické bilance ekosystému, která popisuje podmínky jeho energetické rovnováhy, tzv. tokem tepla do půdy. Zatím využívané metody jeho výpočtu jsou založeny např. na odhadu s přibližně stanoveným součinitelem vodivosti vrstvy, ve které přenos tepla probíhá. V článku uvedený model přenosu tepla by měl přispět ke zpřesnění výpočtu tepla v půdě a tím i podmínek celkové energetické bilance.

Klíčová slova: Ekosystém, bilanční energetická rovnice, polomasív, tok tepla do půdy, přenos tepla.

1. Úvod

Ústav přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní ČVUT v Praze, odbor automatického řízení a inženýrské informatiky a odbor přesné mechaniky a optiky, se ve spolupráci s ENKI, v.p.o. v Třeboni a s odborníky z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích podílí v rámci národního programu rozvoje na výzkumu podmínek energetické rovnováhy ekosystémů. Přírozená rovnováha jednotlivých územních celků je v souvislosti s lidskou činností a technickým rozvojem stále více narušována. Středem zájmu se proto stává zpřesnění metodiky výpočtu jednotlivých částí energetické bilance zkoumaného ekosystému s cílem včas odhalit trend směřující s trvalému narušení přírozené rovnováhy daného celku.

2. Energetické toky a energetické bilance

Odborníci z fy ENKI a Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích vytipovali reprezentativní případy přírodních ekosystémů (pole, rybník, rašeliniště, vrt, zástavba apod.) v oblasti Třeboňska. V těchto lokalitách byly umístěny standardizované meteorologické stanice, které měří veličiny (teplota vzduchu, rychlost větru, teploty půdy, vlhkost vzduchu, rychlost větru, vlhkost půdy apod.), jejichž hodnoty odrážejí aktuální situaci v daných územích.

Základním znakem ekosystému a organismů vůbec je vzájemná výměna hmoty a energie. Jde o systémy termodynamicky otevřené, do kterých neustále energie přichází. Na druhé straně ale samozřejmě dochází k energetickým ztrátám, které jsou dány odrazem, vyzařováním, biochemickými procesy a přeměnou hmoty [1]. Tento proces lze stručně popsat základní energetickou bilanční rovnicí

$$R = L \cdot E + H + G + J + S \quad (1)$$

kde

R – celková čistá radiace [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

L – tok latentního tepla výparu [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$],

E – intenzita výparu (evapotranspirace) [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$],

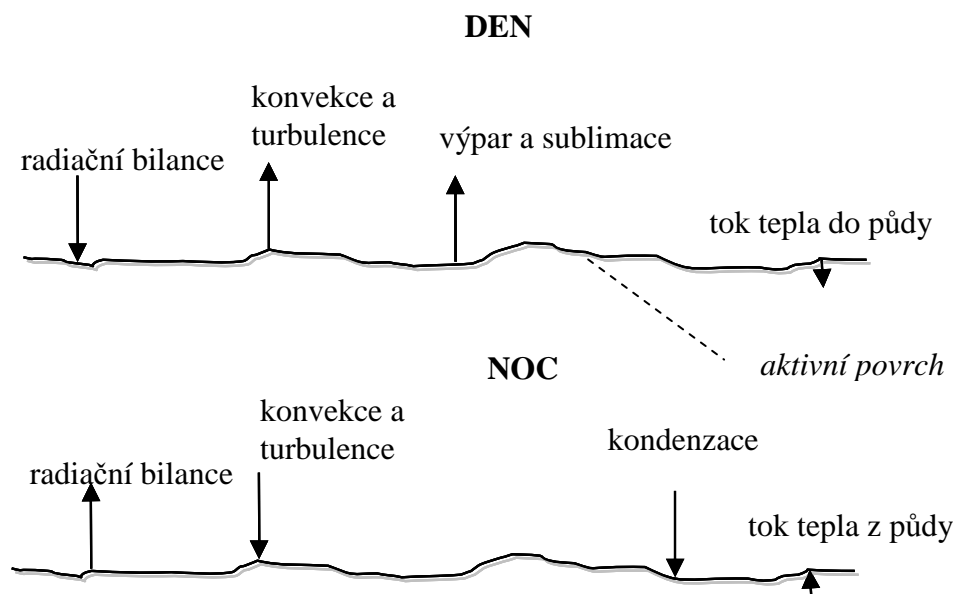
H – intenzita toku tepla odvedeného konvekcí z aktivního povrchu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],

G – intenzita toku tepla do půdy [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],

J – energie spotřebovaná na ohřev porostu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

S – energie spotřebovaná na výpar [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$].

Poslední dvě uvedené složky jsou natolik hodnotově nevýznamné (tvoří cca 2%), že se zpravidla v rovnici (1) neuvádějí [4]. Tok tepla do půdy G představuje cca 10% celkové energetické bilance, a proto metodám jeho přesnějšího stanovení nebyla věnována přílišná pozornost.



Obr.1 Nejvýznamnější faktory bilance tepla v přirodě

3. Přenos tepla do půdy

V důsledku střídání dne a noci je odvod tepla do půdy během dne kladný, v noci záporný (viz Obr. 1), v letním období je celková tepelná bilance půdy kladná, v zimě pak záporná.

Na přenosu tepla se v tomto případě podílí především kondukce – vedení tepla v důsledku konečného rozdílu teplot v pevné fázi hmoty. Pokud by vedení tepla bylo chápáno jako časově stálé, konečný rozdíl teplot¹ by se neměnil. Ke stanovení množství tepla, jež projde v důsledku teplotního spádu kolmo aktivním povrchem, by bylo možné použít Fourierův zákon ve tvaru

$$q = -\lambda \nabla T \quad (2)$$

q – hustota tepelného toku [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],
 λ – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}$],
 T – teplota půdy [K].

Celkové množství tepla Q [J], které projde plochou povrchu A [m^2] za určitý čas τ [s], je pak dáno vztahem [8]

$$Q = -\lambda \nabla T A \tau \quad (3)$$

Aktivní povrch (Obr.1) lze aproximovat představou ideálního tělesa, prostorově neohraňovaného, jehož povrch tvoří rovina a jeho teplota se mění ve směru kolmé osy. Takovéto těleso je v teoriích přenosu tepla nazýváno *polomasívem* [1]. V termokinetice ekosystému v souvislosti se střídáním noci a dne dochází k periodicky proměnné teplotě aktivního povrchu polomasívu (viz Obr. 2).

Rozdíl teplot ve směru kolmé osy k aktivnímu povrchu polomasívu není neměnný, a proto je nutné použít pro popis pole teplotních rozdílů ϑ Fourierovu diferenciální rovnici ve tvaru

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = a \nabla^2 \vartheta \quad (4)$$

kde a – součinitel tepelné vodivosti [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] a teplotní rozdíl ϑ [K] je dán vztahem

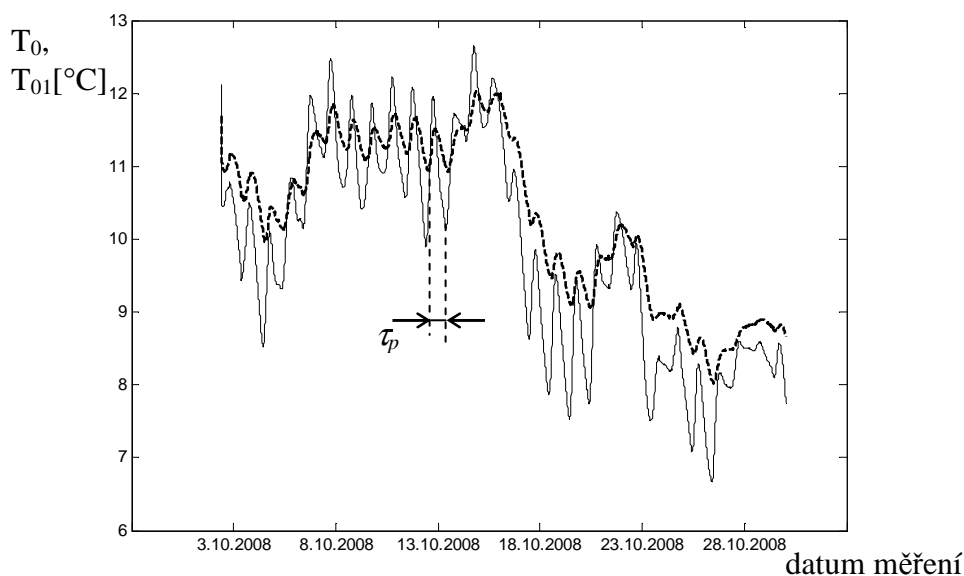
$$\vartheta = \pm(t_x - \bar{t}) \quad (5)$$

t_x [K] je teplota ve vzdálenosti x [m] od aktivního povrchu polomasívu v obecném čase τ [s] a \bar{t} [K] je střední teplota, kolem které periodicky kmitá teplota aktivního povrchu od t_{min} do t_{max} ve sledovaném období.

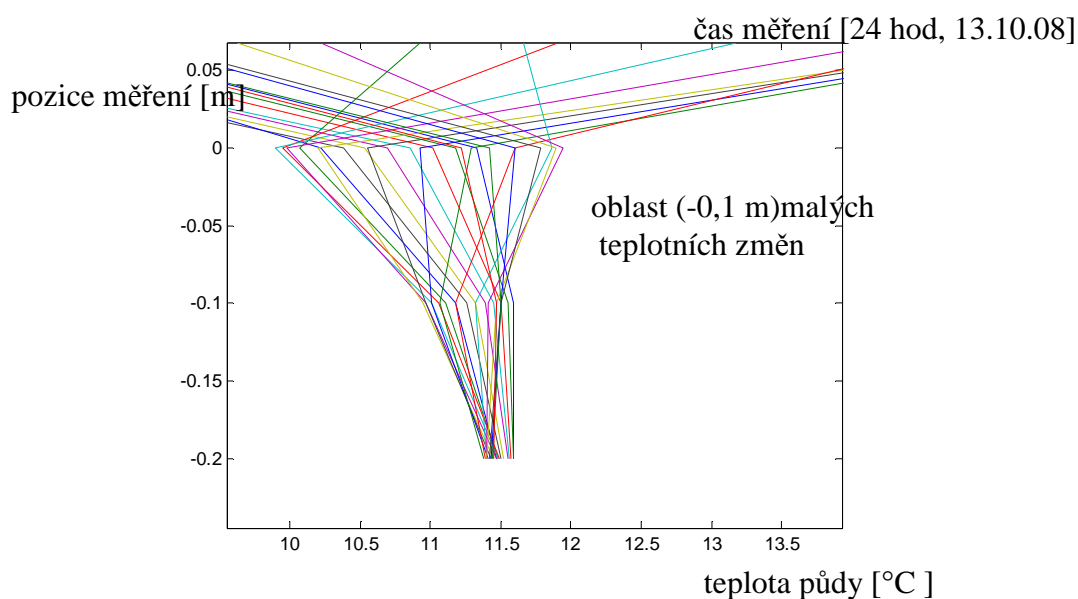
¹ Data z meteorologických stanic poskytují teploty ve výšce 2 m, 0,3 m a teploty půdy na aktivním povrchu (0 m) a v hloubkách 0,1 a 0,2 m.

$$\bar{t} = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} \quad (6)$$

Analýza snímaných teplot půdy ukazuje, že pole teplotního rozdílu ϑ je vhodné sledovat do vzdálenosti 0,1m od aktivního povrchu (viz Obr. 2). Na obrázku je znázorněn detail průběhu snímaných teplot (měřeno ve výšce 2 m, 0,3 m, 0 m, -0,1 a -0,2 m) v souvislosti s pozicí a periodou (10 min.) snímání dat. Je patrné, že hlouběji (-0,1 až -0,2 m) pod povrchem teplota konverguje k určité hodnotě, přenos tepla je hodnotově velmi malý.



Obr. 2 Průběh periodických změn teplot aktivního povrchu a teploty půdy v hloubce 0,1 m (---) v říjnu 2008.



Obr. 3 Zobrazení změn teploty v půdě (13.10. 2008) v závislosti na pozici a periodě měření

Periodicky proměnný teplotní rozdíl na aktivním povrchu polomasívu je vyjádřen vztahem

$$\vartheta_s = \vartheta_{s \max} \cos\left(2\pi \frac{\tau}{\tau_p}\right) \quad (7)$$

kde $\vartheta_{s \max}$ je maximum teplotního rozdílu a τ_p je perioda teplotní změny aktivního povrchu (viz Obr. 1), tj. 24 hod.

Integrací rovnice (4) lze získat vztah (9) pro pole teplotních rozdílů ϑ_x pro Fourierovo kritérium

$$Fo = \frac{a \tau_p}{x^2} \quad (8)$$

a x [m]

$$\vartheta_x = \vartheta_{s \max} e^{\left(-\sqrt{\frac{\pi}{Fo}}\right)} \cos\left(\sqrt{\frac{\pi}{Fo}} - 2\pi \frac{\tau}{\tau_p}\right) \quad (9)$$

Jestliže je do vztahu (9) zavedena frekvence teplotní změny ω [s⁻¹] a je uvažována maximální teplotní výchylka v hloubce 0,1 m od střední teploty na aktivním povrchu polomasívu, bude pole teplotních rozdílů ϑ_x [K] vyjádřeno rovnicí

$$\vartheta_{x \max} = \vartheta_{s \max} e^{\left(-\sqrt{\frac{\pi}{Fo}}\right)} = \vartheta_{s \max} e^{\left(-x \sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right)} \quad (10)$$

Protože během jedné poloviny doby periody τ_p je teplota povrchu polomasívu vyšší než jeho střední teplota a v průběhu druhé poloviny periody je nižší, pak v první půlperiodě teplo proudí z povrchu do vrstvy polomasívu, v druhé půlperiodě přechází z polomasívu k aktivnímu povrchu.

Teplo Q [J], které pohltí nebo uvolní plocha polomasívu za polovinu doby periody τ_p , je dáno vztahem

$$Q_{\tau_{p/2}} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} b A \vartheta_{s \max} \sqrt{\tau_p} \quad (11)$$

kde b je součinitel tepelné jímavosti

$$b = \sqrt{\lambda c \rho} \quad (12)$$

c – měrná tepelná kapacita [J.kg⁻¹.K⁻¹]

ρ – měrná hustota půdní vrstvy [kg.m⁻³]

4. Závěr

Tento postup umožňuje celkové stanovení hodnot prostupujícího tepla Q aktivním povrchem za polovinu periody teplotní změny aktivního povrchu (12 hod.) s využitím určených hodnot součinitele tepelné vodivosti λ , měrné tepelné kapacity c a měrné hustoty půdní vrstvy ρ .

Literatura

- [1] Sazima M., Kmoníček V., Schneller a kol., 1989. *Teplo*. SNTL, Praha.
- [2] Čermák, J., Peterka, V., Závorka J., 1968. *Dynamika regulovaných soustav v tepelné energetice a chemii*. Academia, Praha.
- [3] Klabzuba, J., Kožnarová, V., 2001. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: IV. díl Záření Slunce, Země a atmosféry*. ČZU, Praha.
- [4] Klabzuba, J., Kožnarová, V., 2001. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: V. díl Bilance tepla na aktivním povrchu, teplota půdy*. ČZU, Praha.
- [5] Klabzuba, J., Kožnarová, V., 2004. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie: VI. díl Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálu*. ČZU, Praha.
- [6] Gates, D. M., 1980. *Biophysical ecology*, Dover, Dover Publications, INC.
- [7] Kříž, V., 1994. *Cvičení z meteorologie a klimatologie*. Ostravská univerzita, Ostrava.
- [8] Šesták, J., Rieger, F., 2002. *Přenos hybnosti, tepla a hmoty*. ČVUT, Praha.
- [9] Kemel, M., 1996. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. ČVUT, Praha.
- [10] Novák V., 1995. *Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania*. Veda, Bratislava, SAV.
- [11] Pokorný, J., 2007. *Vývoj metody stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech, návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity*, Praha, prezentace na semináři.
- [12] Tamassy, R., Kemel, M., Komárek, R., 1965. *Klimatologie a hydrologie*. STK, Praha.
- [13] Cambel G. S., Norman, J. M., 1998. *An Introduction to Environmental Biophysics*. Springer, New York.
- [14] Liebethal, C., Foken, T., 2006. *Evaluation of Six Parametrization Approaches for Ground Heat Flux*, Theoretical and Applied Klimatology 88, 43-56, Springer- Verlag.
- [15] Peters – Lidard et al., 1998. *The Effect of Soil Thermal Conductivity Parametrization on Surface Energy Fluxes and Temperatures*, American Meteorological Society.

Poděkování

Tento text vznikl díky podpoře grantu MŠMT Nr. 5606001.

NELINEÁRNÍ ADAPTABILNÍ NEURO-REGULÁTOR

Nonlinear adaptive Neuro-Controller

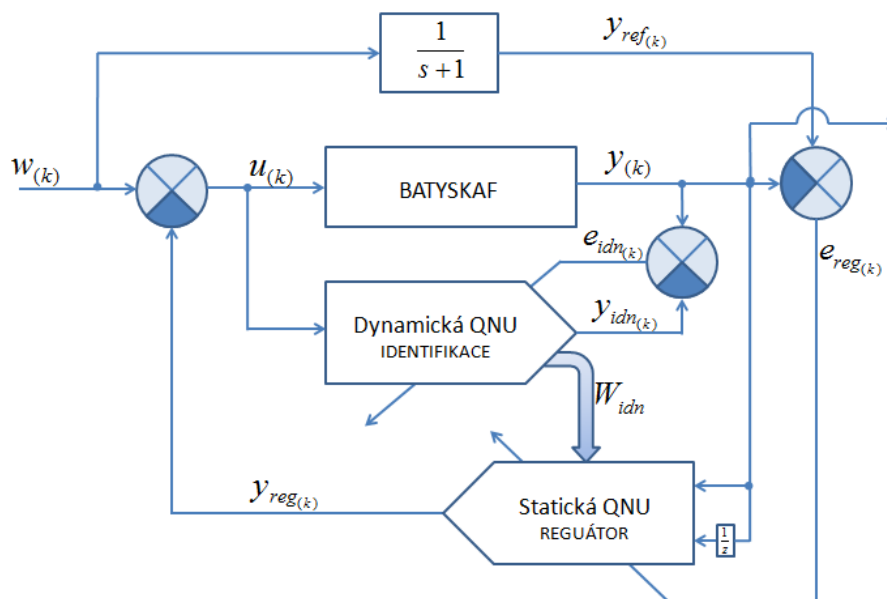
Ladislav Smetana

Abstrakt: Nelineární adaptabilní Neuro-regulátor byl navržen pro regulaci nelineárních soustav. Neuro-regulátor pracuje na principu stavové zpětné vazby s využitím dvou jednotek HONNU z nichž Diskrétní Dynamická Kvadratická Neuronová Jednotka je připojena paralelně k nelineárnímu systému a využívá se k identifikaci vlastností a dynamiky nelineárního reálného systému, Statická Diskrétní Kvadratická Neuronová Jednotka je zapojena ve zpětné vazbě jako adaptabilní stavový regulátor. Obě neuronové jednotky se neustále adaptují a tím zvyšují přesnost a kvalitu regulace. Zavedením zpětné vazby formou proporcionálního členu bylo dosaženo velice rychlého, kvalitního a robustního regulačního procesu pro celý rozsah regulované veličiny. Neuro-regulátor byl aplikován a úspěšně vyzkoušen na nelineární laboratorní úloze Batyskaf.

Key words: Neuron, Neuronová jednotka, Nelineární systémy, adaptabilní řízení, HONNU, QNU

1. Úvod

Protože nelineární dynamické neuronové jednotky mají velice dobrou schopnost adaptace a s tím spojenou vlastnost naučit se vlastnosti a dynamiku reálného nelineárního systému, nabízí se možnost jejich uplatnění při regulaci reálných nelineárních soustav, kde klasické regulátory z mnoha důvodů selhávají. Nejlepším regulátorem pro nelineární soustavu bude regulátor, který zná její vlastnosti nebo matematický popis. Neuro-regulátor složený z neuronových jednotek lze použít i pro neznámé reálné procesy, protože neuronové jednotky jsou schopny si samy vytvořit model neznámé reálné soustavy a průběžnou neustálou adaptací tento model ještě zpřesňují. Neuro-regulátor (Obr. 1), aplikovaný na laboratorní soustavu Batyskaf, obsahuje diskretní dynamickou kvadratickou neuronovou jednotku s vnitřní dynamikou druhého řádu (Discrete Dynamic-Second-Order-Extended QNU [DDSOE-QNU]), která slouží k identifikaci a vytvoření modelu reálné nelineární soustavy druhého řádu (Batyskafu). Diskretní statická kvadratická neuronová jednotka (Discrete Static QNU [DS-QNU]) je zapojena jako zpětnovazební stavový Neuro-regulátor. Identifikaci provádějící DDSOE-QNU předává informace o vytvořeném modelu soustavy Neuro-regulátoru (DS-QNU) a tím zajišťuje schopnost dobré regulace v celém rozsahu regulované veličiny nelineární soustavy.



Obr. 1 – Schéma regulace reálné nelineární soustavy Neuro-regulátorem

2. Odvození a popis Neuro-regulátoru

Matematický popis celého uzavřeného regulačního obvodu získáme následovně. Funkce dynamické neuronové jednotky (identifikace) je uvedena v rovnici (2) a funkce statické neuronové jednotky (regulátor) v rovnici (3).

$$\text{Definice: } D\{y_{(k)}\} \cong y_{(y+1)} \quad (1)$$

$$y_{(k)} \cong y_{idn(k)} = DD\{f_{idn}(u_{(k)}, y_{(k)}, y_{(k+1)}, W_{idn})\} \quad (2)$$

$$y_{reg(k)} = f_{reg}(y_{(k)}, y_{(k-1)}, W_{reg}) \quad (3)$$

Akční veličina $u_{(k)}$ je rozdílem požadované veličiny $w_{(k)}$ a veličiny $y_{reg(k)}$, rovnice (4). Rovnici (4) pak dosadíme zpět do rovnice (2) a z takto získané rovnice (5) vyvodíme pomocí metody Back-Propagation (BP) (6)(7) vztahy pro změny jednotlivých neurálních vah, které se mění v každém kroku.

$$u_{(k)} = w_{(k)} - y_{reg(k)} \quad (4)$$

$$y_{(k)} = DD\{f_{idn}(w_{(k)} - y_{reg(k)}, y_{(k)}, y_{(k+1)}, W_{idn})\} \quad (5)$$

Back-Propagation je Gradientová metoda výpočtu neurálních vah, kdy se jednotlivé neurální váhy upravují v každém kroku proti směru gradientu chyby rozdílu mezi správnou

výstupní hodnotou z reálného systému $y_{r(k)}$ a vypočtenou výstupní hodnotou z neuronové jednotky $y_{n(k)}$ tak, že $e_{(k)} = y_{r(k)} - y_{n(k)}$.

$$\Delta w_{i,j} = -\mu \frac{\partial J}{\partial w_{i,j}}, \text{ kde } J = \frac{1}{2} e^2 \quad (6)$$

$$\Delta w_{i,j} = \mu \cdot e \cdot DD \left\{ \frac{\partial y_{(k)}}{\partial w_{i,j}} \right\} \quad (7)$$

Výsledný rozepsaný obecný vztah pro výpočet změn neurálních vah Neuro-regulátoru je uveden v rovnici (8). Rozepsané eagrační funkce pro jednotlivé neuronové jednotky jsou uvedeny v (9) a (10).

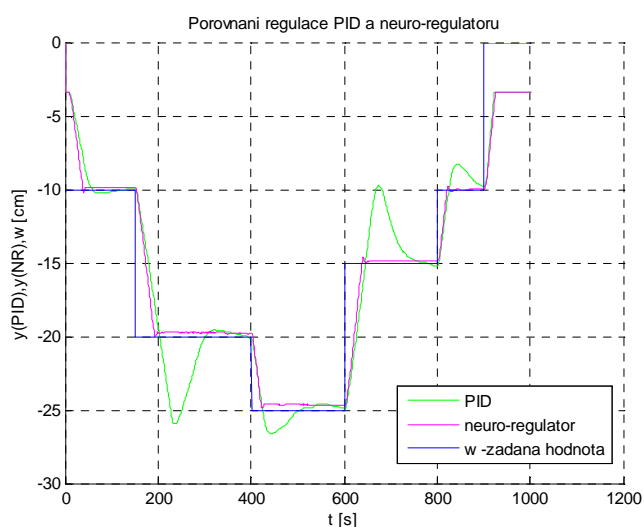
$$\Delta w_{i,j} = \mu \cdot e \cdot DD \left\{ \frac{\partial y_{(k)}}{\partial y_{reg(k)}} \cdot \frac{\partial y_{reg(k)}}{\partial w_{i,j}} \right\} = \mu \cdot e \cdot DD \left\{ \frac{\partial y_{(k)}}{\partial u_{(k)}} \cdot \frac{\partial u_{(k)}}{\partial y_{reg(k)}} \cdot \frac{\partial y_{reg(k)}}{\partial w_{i,j}} \right\} \quad (8)$$

$$y_{(k)} \approx f_{idn(k)} = w_{00} + w_{01}u_{(k)} + w_{02}y_{(k)} + w_{03}y_{(k+1)} + w_{11}u_{(k)}^2 + w_{12}u_{(k)}y_{(k)} + w_{13}u_{(k)}y_{(k+1)} + w_{22}y_{(k)}^2 + w_{23}y_{(k)}y_{(k+1)} + w_{33}y_{(k+1)}^2 \quad (9)$$

$$f_{reg(k)} = w_{00} + w_{01}y_{(k)} + w_{02}y_{(k-1)} + w_{11}y_{(k)}^2 + w_{12}y_{(k)}y_{(k-1)} + w_{22}y_{(k-1)}^2 \quad (10)$$

3. Výsledky a shrnutí

Nelineární adaptabilní Neuro-regulátor se velice dobře uplatnil při praktické regulaci reálné nelineární laboratorní úlohy Batyskaf. Neuro-regulátor je schopný regulovat v celém rozsahu regulované soustavy, naopak klasický PID regulátor lze v nelineárním reálném systému použít jen pro velice úzké okolí pracovního bodu, pro který jsou jeho parametry nastaveny. Pokud bychom chtěli obstojně regulovat reálnou nelineární úlohu Batyskaf pomocí PID regulátoru, tak bychom museli parametry PID regulátoru měnit a regulátor ladit postupně s měnící se hloubkou ponořeného batyskafu, což je prakticky těžko proveditelné.



Obr. 2 - Porovnání regulace PID a Neuro-regulátoru (PID regulátor vyladěn na hloubku 10 cm)

Neuro-regulátor se ukázal také jako velice robustní nástroj, protože výsledky regulačního pochodu měly velice malý nebo žádný vliv na změny parametrů soustavy (například velikost vzduchové bubliny v batyskaфу). Na Obr. 2 je zobrazeno porovnání regulace PID regulátoru a Neuro-regulátoru, kde PID regulátor byl seřízen pro hloubku 10 cm.

Acknowledgement

This research has been conducted on the Department of Instrumentation and Control Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague and has been supported by means of Research Grant MSM CR No. 2B06023.

References

- [1] Bíla, J.: Umělá inteligence a neuronové sítě v aplikacích. Skripta Fakulta strojní ČVUT Praha, 1998.
- [2] Bukovsky, I.: Modeling of Complex Dynamic Systems by Nonconventional Artificial Neural Architectures and Adaptive Approach to Evaluation of Chaotic Time Series. Ph.D. Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, CTU in Prague, 2007.
- [3] Bukovsky, I., Bíla, J.: „Basic Classification of Nonconventional Artificial Neural Units” (In Czech), *Proceedings of Seminar Nové Hrady*, Czech Technical University in Prague, FME, Czech Republic, 2007, pp. 76-80, ISBN: 978-80-01-03747-8
- [4] Bukovsky, I., Anderle, F., Smetana, L.: “Quadratic Neural Unit for Adaptive Prediction of Transitions among Local Attractors of Lorenz System”, accepted paper for 2008 *IEEE International Conference on Automation and Logistics*, Qingdao, China, 2008.

Kontaktní adresa

U12110, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní 16607, Praha 6, Technická 4, Česká republika, +420-22435-2529, Ladislav.Smetana@fs.cvut.cz

ZJIŠŤOVÁNÍ FREKVENČNÍCH VLASTNOSTÍ OTEVŘENÉHO OBVODU V UZAVŘENÉ REGULAČNÍ SMYČCE

Obtaining Open Loop Frequency Indicators from Closed Control Loop Frequency Response Assessment

Stanislav Vrána

Abstrakt: Lineární teorie poskytuje nástroje využitelné pro seřizování regulátorů. Jedním z těchto nástrojů jsou indikátory kvality regulačního pochodu, které jsou odvozeny od přenosu otevřeného regulačního obvodu. Při znalosti modelu soustavy a modelu regulátoru, jsou-li oba tyto modely lineární, lze tyto indikátory vypočítat matematicky. Nejsou-li lineární, je jedinou možností jejich experimentální zjištění. Cílem příspěvku je ověření možnosti získat tyto indikátory nejen v otevřené smyčce, ale i v uzavřeném regulačním obvodu během regulačního pochodu bez nutnosti rozpojení regulační smyčky.

Klíčová slova: frekvenční charakteristika, otevřená smyčka, uzavřený regulační obvod, budicí kmity, harmonický signál

1. Úvod

Indikátory kvality regulačního pochodu definované na Nyquistově křivce jsou vhodným nástrojem pro seřizování regulátorů [1]. Mezi nejznámější indikátory kvality regulačního pochodu patří bezpečnost ve fázi, bezpečnost v amplitudě, maximální citlivost a průchozí frekvence [2], ale je možné definovat i další indikátory. Je-li známý lineární model soustavy a lineární model regulátoru, je možné tyto indikátory kvality regulačního pochodu určit matematicky. Nejsou-li lineární modely známy, je možné podle lineární teorie určit indikátory kvality regulačního pochodu experimentálně v otevřené smyčce, což ale vyžaduje přerušování probíhajícího regulačního pochodu. Pokud jsou indikátory kvality regulačního pochodu získány v uzavřeném regulačním obvodu, tato podstatná nevýhoda odpadá. Indikátory kvality regulačního pochodu lze využít pro samoseřizovací metodu [3], [4].

2. Princip zjišťování frekvenčních vlastností otevřené smyčky v uzavřeném obvodu

Při experimentálním zjišťování frekvenčních vlastností, tj. ustálený přenos kmitů, v otevřené smyčce se spojitou proporcionální setrvačnou soustavou a spojitým regulátorem

obecně platí (viz obr. 1), že přivedené vstupní harmonické kmity se přetransformují na fázově posunuté kmity s jinou amplitudou, tzn. že

$$A_e \sin(\omega t) \neq A_y \sin(\omega t + \varphi_y) \quad (1)$$

Pro zjednodušení můžeme zavést transformační operátor (přenos) vyjadřující vzájemný vztah mezi těmito kmity v rovnovážném stavu v časové oblasti $G = [g, \varphi_g]$, který je definován jako

$$GA \sin(\omega t + \varphi) = gA \sin(\omega t + \varphi + \varphi_g) \quad (2)$$

takže můžeme psát

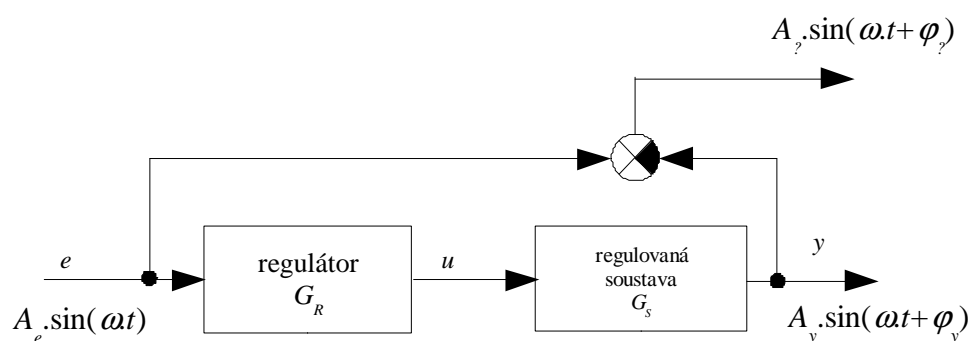
$$A_y \sin(\omega t + \varphi_y) = GA_e \sin(\omega t) \quad (3)$$

Obsahuje-li otevřená smyčka integrační člen, platí

$$A_y \sin(\omega t + \varphi_y) = GA_e \sin(\omega t) + k_\omega(\omega) \quad (4)$$

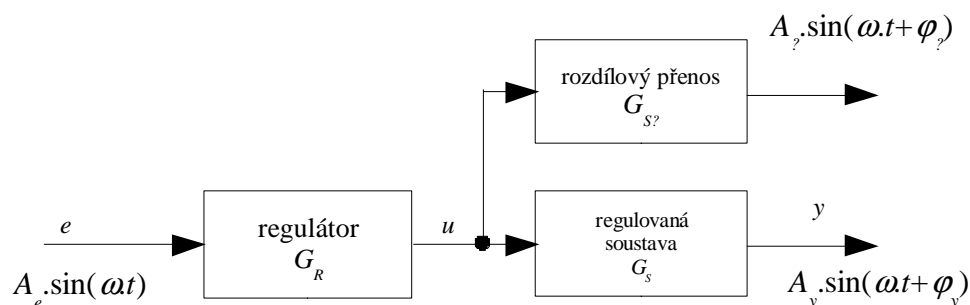
kde k_ω je stejnosměrná složka. Tuto stejnosměrnou složku můžeme zanedbat neboť vyhodnocování frekvenčních vlastností nijak neovlivní. Dále je nutné určit rozdílové kmity

$$A_\gamma \sin(\omega t + \varphi_\gamma) = A_e \sin(\omega t) - A_y \sin(\omega t + \varphi_y) \quad (5)$$



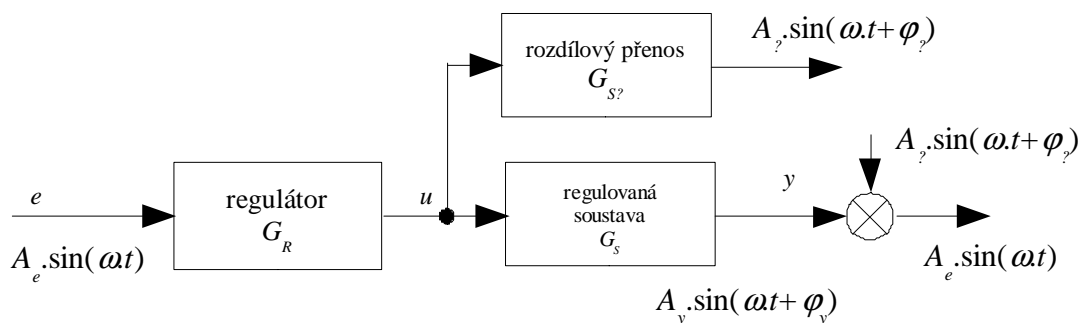
Obr. 1 Schéma otevřeného obvodu doplněného o určování rozdílových kmitů

Po zavedení rozdílového přenosu $G_{S\gamma}$, pro který platí $G_{S\gamma} = \frac{1}{G_R} - G_S$, můžeme schéma na obr. 1 upravit na tvar uvedený na obr. 2.



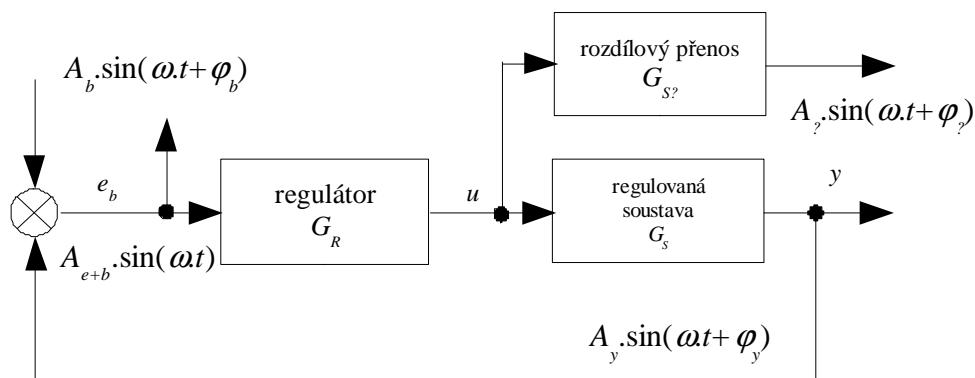
Obr. 2 Schéma otevřeného obvodu doplněného o určování rozdílových kmitů po zavedení rozdílového přenosu

Je-li soustava buzena harmonickými kmitů $A_e \sin(\omega t)$ a podaří-li se nám nějakým způsobem určit parametry kmitů $A_z \sin(\omega t + \varphi_z)$ a přičteme-li tyto kmitů ke kmitům regulované veličiny $A_y \sin(\omega t + \varphi_y)$, získáme opět původní budící kmitů $A_e \sin(\omega t)$, jak je schématicky uvedeno na obr. 3.



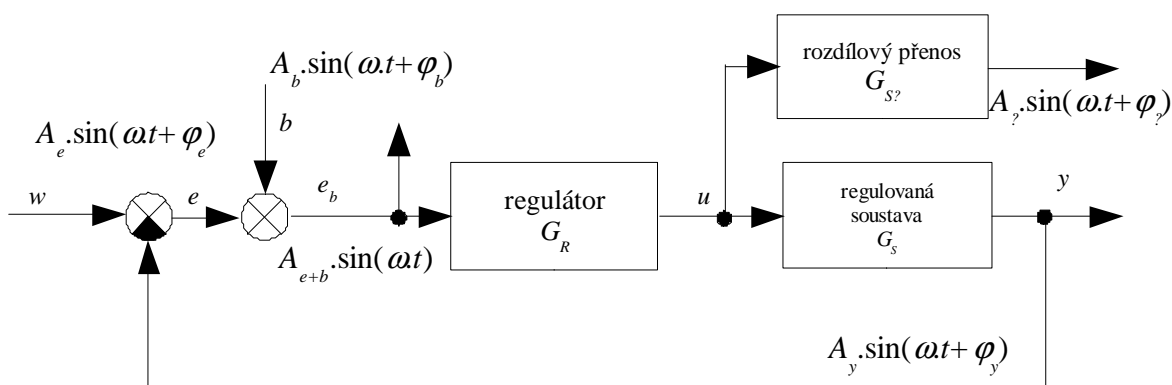
Obr. 3 Schéma otevřeného obvodu se znovuzískáním budících kmitů

Nyní můžeme uzavřít smyčku (budící kmitů jsou dále označovány $A_b \sin(\omega t + \varphi_b)$), přičemž platí $A_b \sin(\omega t + \varphi_b) = A_z \sin(\omega t + \varphi_z)$, čímž získáme uzavřenou smyčku, která je ekvivalentní uzavřené smyčce se samobuzením, což znamená, že získáme uzavřenou smyčku (obr. 4), která umožní měřit frekvenční vlastnosti otevřeného obvodu, neboť umožňuje přítomnost ustáleného harmonického kmitání bez nutnosti nastavení parametrů regulátoru tak, aby se kořeny charakteristického polynomu uzavřeného regulačního obvodu nacházely na mezi stability. Vzhledem k tomu, že stabilní regulační smyčka se v ustáleném stavu nachází v rovnováze, při jakékoliv volbě parametrů budících kmitů $A_b \sin(\omega t + \varphi_b)$ se průběhy harmonických kmitů e_b a y ustálí tak, aby velikost rozdílových kmitů $A_z \sin(\omega t + \varphi_z)$ v soustavě byla rovna velikosti budících kmitů $A_b \sin(\omega t + \varphi_b)$.



Obr. 4 Schéma uzavřeného obvodu umožňujícího zjišťování frekvenčních vlastností otevřeného obvodu

Velmi podstatnou nevýhodou takovéto smyčky je její nepoužitelnost jako regulační smyčky, neboť se v ní nachází pouze kladná zpětná vazba, přičemž pro správnou funkci uzavřeného regulačního obvodu potřebujeme zápornou zpětnou vazbu. Proto je nutné tuto smyčku o zápornou zpětnou vazbu rozšířit (obr. 5), čímž se ale změní vztahy mezi průběhy jednotlivých harmonických kmitů v obvodu.



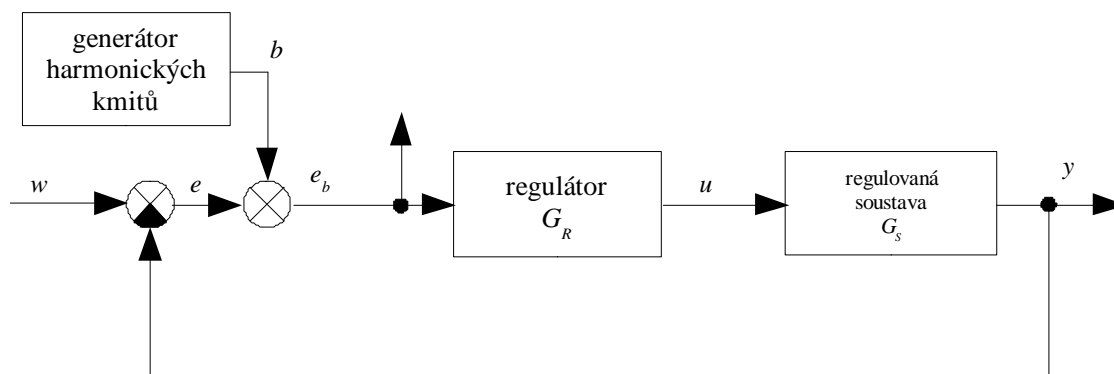
Obr. 5 Schéma uzavřeného obvodu se zpětnou vazbou umožňujícího zjišťování frekvenčních vlastností otevřeného obvodu

Tyto změny se projeví také v tom, že se změní rozdílový přenos

$$G_{S?} = \frac{1}{G_R} - G_S G_- \quad (6)$$

kde G_- je přenos odečítacího členu.

Pro vlastní zjišťování frekvenčních vlastností otevřeného obvodu v uzavřené regulační smyčce není nutné přenos $G_{S?}$ znát (obr. 6).



Obr. 6 Schéma uzavřeného regulačního obvodu s generátorem harmonických kmitů

V uzavřeném regulačním obvodu pak můžeme odvodit

$$G_{E_B E} = G_R G_S G_- \quad (7)$$

$$G_{E_B B} = G_R G_S? \quad (8)$$

(vztah (8) vychází z definice velikosti budících kmitů)

Po sečtení (7) a (8) dostaneme

$$G_{E_B E} + G_{E_B B} = G_R (G_S G_- + G_S?) \quad (9)$$

po dosazení (6) do (9) dostaneme

$$G_{E_B E} + G_{E_B B} = G_R \left(G_S G_- + \frac{1}{G_R} - G_S G_- \right) \quad (10)$$

Vztah (10) můžeme zjednodušit na

$$G_{E_B E} + G_{E_B B} = 1 \quad (11)$$

Díky platnosti vztahu (11) je zajištěno, že nedojde k postupnému utlumení kmitů $e_b = A_{e+b} \sin(\omega t + \varphi_{e+b})$, ani k neomezeně rostoucím kmitům (mimo případu, kdy dojde k rezonanci), pokud je uzavřená regulační smyčka stabilní.

Protože v jakékoliv stabilní uzavřené regulační smyčce platí

$$A_\gamma \sin(\omega t + \varphi_\gamma) = A_b \sin(\omega t + \varphi_b) \quad (12)$$

Ize tento způsob experimentální způsob zjišťování frekvenčních vlastností otevřeného obvodu využít i pro nelineární soustavy a nelineární regulátory.

3. Závěr

Zjišťování indikátorů kvality regulačního pochodu je možné využít k ověření vhodnosti nastavení parametrů regulátoru nebo jako součást samoseřizovací metody. Výhodou zjišťování indikátorů kvality regulačního pochodu v uzavřeném regulačním obvodu je, že pro toto zjišťování není nutné odpojovat regulátor nebo jinak omezovat jeho funkci. Zjišťování může navíc probíhat i během regulačního pochodu.

Poděkování

Práce vznikla za podpory grantu GAČR č. 101/07/1667.

Literatura

- [1] Åström, K. J., Hägglund, T. Advanced PID Control. USA: ISA, Research Triangle Park, NC, 2006. ISBN 978-1-55617-942-6
- [2] Šulc, B., Vítečková, M. Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů. Monografie ČVUT. Praha: ČVUT v Praze, 2004. ISBN 80-01-03007-5
- [3] Vrána, S., Šulc, B. Control Quality Indicators in PID Controller Autotuning. In: The 4th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications: CITSA 2007 Jointly with The 5th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies: CCCT 2007 PROCEEDINGS Volume II. Orlando: IIS – International Institute of Informatics and Systemics, 2007, p. 280-285. ISBN 978-1-934272-08-4
- [4] Vrána, S., Šulc B. Frequency Based Autotuning Tested on a Laboratory Set-up in Comparison with Other Setting Techniques. In: Automatizácia a riadenie v teórii a praxi ARTEP 2009 – Zborník príspevkov. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2009, s. 7-1-7-11.

Kontaktní adresa

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídicí techniky, Odbor automatického řízení a inženýrské informatiky, Technická 4, Praha 6 - Dejvice, Česká republika, +420 2 2435 2651, stanislav.vrana@fs.cvut.cz

PERSPEKTIVNÍ METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ – PŘIVAŘOVÁNÍ SVORNÍKŮ

Perspective Methods of Material Joining – Stud Welding

Ing. Marie Válová, Ing. Ladislav Kolařík, IWE

Abstrakt: The paper deals with modern progressive joining technology of specific type joins and has as one's task to bring near this method of materials joining to wider public

Key words: Stud, Stud Arc Welding, Capacitor Discharge Stud Welding

1. Úvod

Metoda „přivařování svorníků“ je způsob svařování (resp. přivařování), kdy spolu působí přítlačná síla svařovací pistole v kombinaci s natavením styčné plochy svorníku a základního materiálu elektrickým obloukem (v některých modifikacích i pomocí elektrického odporu nebo tření).

Někdy se také tato metoda označuje dříve používaným výrazem - výbojové svařování. Označení podle současně platné normy ČSN EN ISO 4063 je metoda svařování č. 78 a používaný anglický název je Stud welding.

2. Princip metody

Technologii svorníkového přivařování je možné velmi zjednodušeně charakterizovat jako přivařování různých kovových komponentů (svorníků = šroubů, kolíků, matic, elektrokontaktů a dalších tvarovaných prvků – viz. obr. č. 1) k základnímu kovovému materiálu. Podstatou je vytvoření svařovacího elektrického oblouku přímo mezi svorníkem a základním materiálem a jejich následné spojení po natavení.

Jde o vysoce progresivní, velmi úspornou metodu svařování, používanou běžně už desítky let v celém hospodářsky vyspělém světě. Vzhledem k obecně malé informovanosti o této metodě jsme se ji rozhodli zařadit i do náplně této konference, především však pro to, že v současné době dochází i v ČR k velkému rozšíření tohoto způsobu spojování materiálu.

Tato metoda byla podle dostupných pramenů poprvé použita v přístavišti Portsmouth v Anglii v roce 1918. Tehdy byl použit jednoduchý a lehký svařovací zdroj, umožňující vsunutí kolíku (svorníku) do hrotu svařovací hlavy, kde buzená magnetická cívka zajišťovala jeho zdvih. Další použití přišlo o pár let později v americké státní loděnici v New Yorku, kde byly na železnou konstrukci letadlové lodi přivařovány šrouby k připevnění dřevěných částí

paluby. To byl začátek obloukového způsobu přivařování svorníků, který se samozřejmě dále vyvíjel a stejně tak se rozšiřovali i možnosti jeho použití.



Obr. 1 Ukázka různých typů svorníků

V tomto příspěvku jsme se zaměřili pouze na nejpoužívanější způsoby přivařování svorníků, které se v praxi v současné době nejčastěji používají:

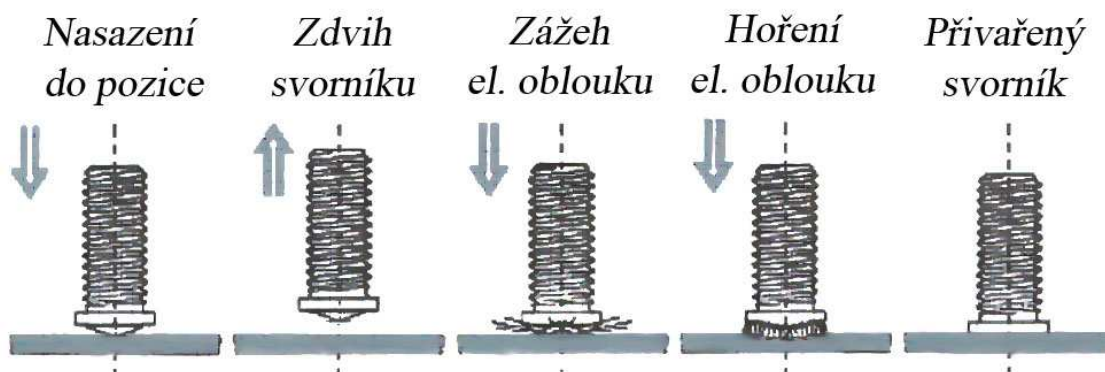
- 1) přivařování svorníků elektrickým obloukem (tzv. zdvihovým zážehem)
- 2) přivařování svorníků kondenzátorovým výbojem (tzv. hrotovým zážehem)

Přivařování svorníků elektrickým obloukem (stud arc welding):

Prvně jmenovaný systém můžeme dále rozdělit na metody zdvihového zážehu:

- s krátkým časem
- s použitím ochranné atmosféry
- s použitím ochranných keramických kroužků

Princip metody je patrný z obr. č. 2. Svorník se zaobleným nebo tupým kuželovým koncem se upevní do kleštiny (správného tvaru a průměru) speciální pistole, přiloží se na místo, kde ho chceme připojit a po stisknutí startovacího spínače proběhne celý cyklus svařování automaticky.



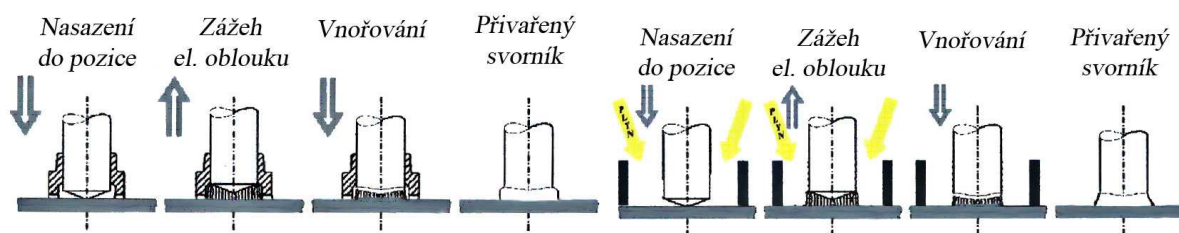
Obr. 2 Princip metody zdvihového zážehu

Proces se zdvihovým zážehem začíná kontaktem svorníku s přilehlým místem svařování na základním materiálu, ve chvíli, kdy je iniciovaný svařovací cyklus. Prívod svařovacího proudu je aplikován do hrotu svorníku a ten je odtahován od svařovaného základního materiálu. Dochází tak k „natáhnutí“ elektrického oblouku a tím k natavení svorníku a přilehlého místa pod ním. Svorník je potom ponořen do roztaveného materiálu a tím je přivařen.

Zkratem svařovacího obvodu a oddálením svorníku od základního materiálu se zapálí elektrický oblouk na takovou dobu, než se dostatečně nataví obě spojované plochy (obvyklý čas je 0,2 až 1 s). Svorník se pak rychle přitlačí k základnímu materiálu, vypne se svařovací proud a tekutý kov ztuhne, čímž se vytvoří svarový spoj.

Aby tekutý kov příliš neoxidoval a nenasytil se dusíkem, je možné elektrický oblouk chránit před okolní vzdušnou atmosférou. To můžeme provádět buď pomocí ochranné atmosféry (většinou argonu či směsi Ar+CO₂) nebo pomocí keramických kroužků, které jsou určeny na jedno použití a po přivaření svorníku je nutno je odstranit.

Přivařování svorníků zdvihovým zážehem s režimem krátkého času slouží pro přivařování svorníku o průměru 2 – 6 (8) mm na tenké plechy od cca 0,6 do 0,8 mm, většinou pro ocelové materiály. Pokud chceme přivařovat svorníky v průměrovém rozsahu od 2 – 12 mm, je vhodné použít ochrannou atmosféru. Při přivařování svorníků do průměru 25 mm (závitových i speciálních tvarů) je vhodné použít ochranných keramických kroužků, které slouží k obdobným účelům, jako ochranná atmosféra, tedy k formování výrobku a vytlačení okolní vzdušné atmosféry z okolí svaru, aby nevznikala poretita svarového kovu a podkladového (základního) materiálu. Tento systém je obzvláště vhodný pro přivařování svorníků nebo čepů o průměrech 5 až 20 mm, kdy pracovní výkon může být i při ručním přivařování až 10 svorníků za minutu.



Obr. 3 Principy metody s použitím keramického kroužku a ochranného plynu

Hlavní výhodou použití tohoto způsobu přivařování svorníků je, že poskytuje kvalitní svarový spoj s minimálním nebo žádným ovlivněním rubové strany svařovaného základního materiálu.

Přivařování svorníků kondenzátorovým výbojem (capacitor discharge stud welding - CD) :

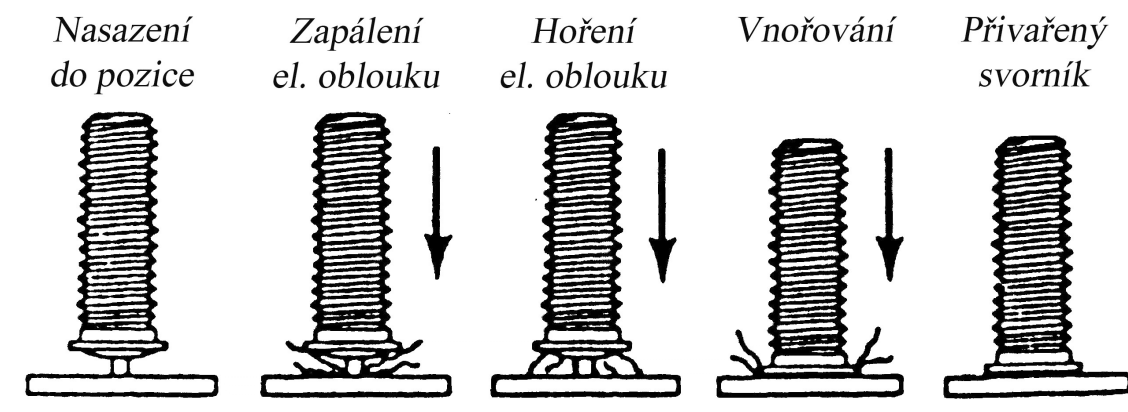
Druhý z uvedených způsobů se od předchozího liší především tím, že na přivařované ploše svorníku je vytvořen výstupek o délce 0,8 až 1 mm (tzv. startovací hrot), kterým se svorník „opírá“ o základní materiál.

V okamžiku sepnutí svařovacího proudu se hrot roztaví, odpaří a tím se zapálí oblouk, který hoří na celé svarové ploše po dobu kratší než 1 ms. Mezitím dosedne svorník na

základní materiál v celém průřezu a vrstva tekutého kovu o tloušťce řádově do 0,1 mm okamžitě ztuhne.

Jako zdroj energie se u tohoto způsobu používá kondenzátorová baterie. Tepelné ovlivnění základního materiálu je tak malé, že lze přivařovat svorníky do M5 na materiály od tloušťky 0,6 mm.

Rozlišujeme několik základních druhů přivařování svorníků touto metodou, z nichž jedna z nejčastěji používaných je metoda s počátečním kontaktem:

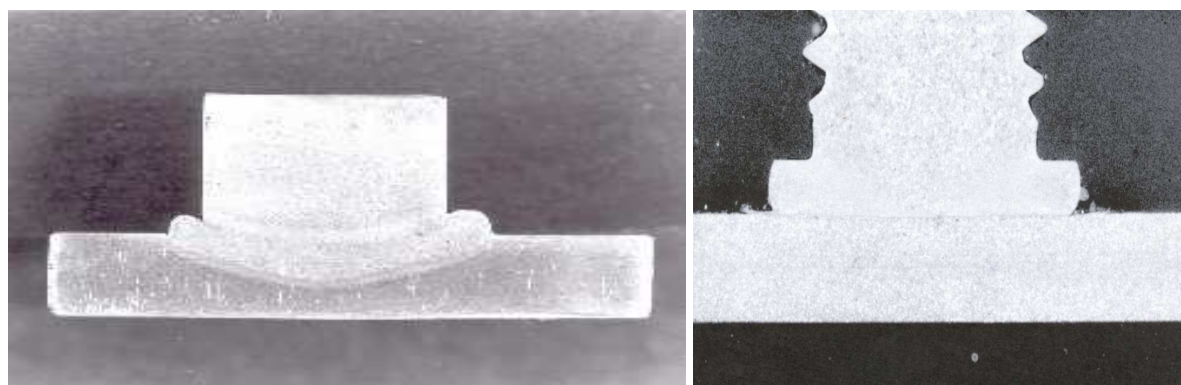


Obr. 4 Princip metody přivařování s hrotovým zážehem

V tomto případě proces začíná kontaktem svorníku s povrchem základního materiálu. Svařovací cyklus je iniciovaný prudkým zvýšením svařovacího proudu, roztavením „startovacího hrotu“ svorníku a přilehlé oblasti základního materiálu s okamžitým kontaktem. Svorník je přitlačeny do svařovaného materiálu a tím se vytvoří pevný a homogenní svar. Tento proces má délku svařovacího cyklu přibližně 6 ms.

Tento proces umožňuje svařovat velmi tenké materiály s dobrými výsledky a je možné svařovat i množství rozličných materiálů a jejich kombinací, např. hliníkové svorníky na pozinkovanou ocel.

Nevýhodou použití tohoto procesu je omezená velikost parametrů a fakt, že místo svaru musí být čisté. Bez okujů, oxidů, mastnoty apod.



*Obr. 5 Metalografické výbrusy přivařených svorníků
Zdvihovým zážehem Hrotovým zážehem*

3. Používaná zařízení

Zařízení používaná pro tento proces svařování mohou být buď přenosná, nebo stabilní. Výrobní jednotky, které jsou používány při vyšší produktivitě výroby, mají menší toleranci a požaduje se nízké teplotní ovlivnění rubové strany základního materiálu, automatické podávání svorníků, svařovaných součástí a automatické vyhledávání místa svaru.

Produktivita přenosných zařízení je přibližně 4-6 přivařených svorníků za minutu a u stabilních zařízení může dosahovat 3-20 ks/min.

Příklad používaného přenosného zdroje a přivařovací pistole je na obr. č. 6.



Obr. 6 Zařízení pro metodu kondenzátorového přivařování svorníků

4. Výhody a nevýhody přivařování svorníků

Ve srovnání s mechanickými spoji nebo zavrtávanými svorníky a i oproti klasickým metodám svařování obdobných aplikací, je u všech modifikací metody přivařování svorníků produktivita práce nesrovnatelně vyšší. Přitom nároky na kvalifikaci a zručnost obsluhy jsou minimální – což však často vede k podceňování této metody svařování resp. nedodržování bezpečnostních i kvalitativních předpisů. Jedná se však o metodu svařování pomocí elektrického oblouku (i když ten hoří po velmi krátký čas) a proto tato metoda spojování materiálu vyžaduje stejný přístup jako jiné metody svařování pomocí elektrického oblouku. Následná automatizace celého procesu (pohybu svařovací pistole i přísunu svorníků) je navíc velmi snadná, což opět velmi významně může zvyšovat produktivitu procesu.

Tato metoda svařování je použitelná pro všechny běžné kovy, jejich slitiny a i většinu jejich kombinací. Je tedy možné kombinovat základní materiály a materiály svorníků (např. Fe – Al apod.) Tavná zóna je cca 0,1 mm, což umožňuje přivařování na základní materiály od tloušťky 0,6 mm, aniž by došlo k zbarvení nebo mechanickému poškození druhé strany materiálu. Z této vlastnosti vyplývá využití v elektrotechnickém průmyslu a všude tam, kde se vyskytuje potřeba zachovat nenarušený vzhled základního materiálu.

Metoda je však použitelná pouze pro konkrétní typický druh spoje přivaření svorníku kolmo na podkladový materiál.

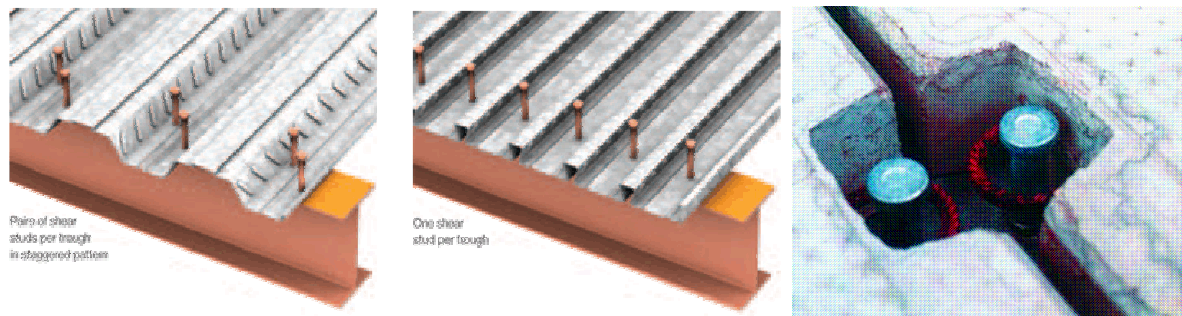
5. Použití metody

Jedná se o technologii svařování, která je velice progresivní a v současné době nachází stále větší uplatnění. U řady výrobků je konstrukce řešena tak, že na rám nebo kostru je třeba připevnit buď spojovací elementy (svorníky) nebo čepy. Tento proces má velké uplatnění v rozličných oblastech průmyslu, například v potravinářském, leteckém průmyslu, při výrobě stavebních prvků apod. Široké využití nachází tento způsob spojování i v automobilovém, lodním průmyslu a při výrobě elektrických komponent. Impulsně lze svařovat i tenké drátky na zatavení vakuové průchodky apod.

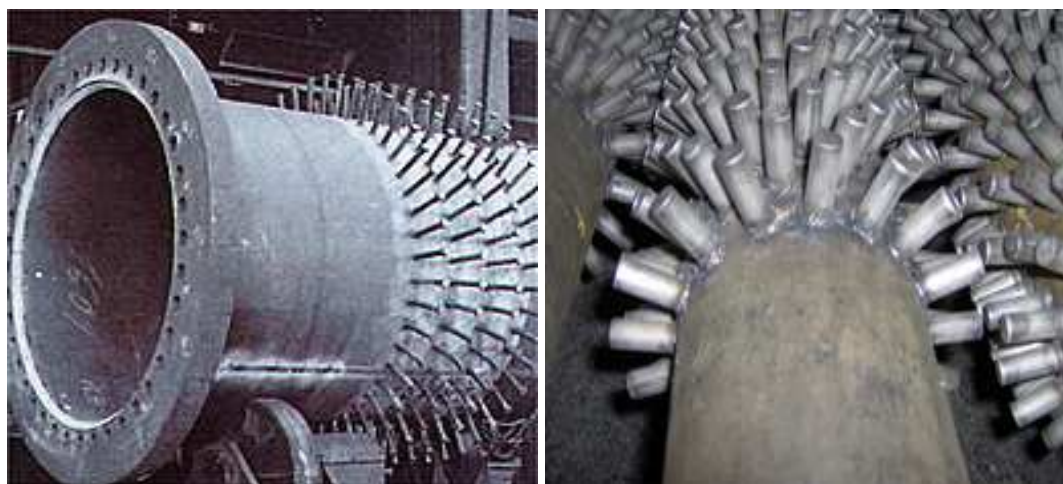
Tento způsob svařování slouží k přivařování závitových svorníků, bezzávitových plochých elektrokontaktů, izolačních trnů a jiných součástí z oceli (i korozivzdorné), mosazi a hliníku.

Jako příklad je možné uvést skříně rozvaděčů, kostry měřících přístrojů, energetická zařízení, dopravní prostředky, spřažené železobetonové konstrukce apod. (viz. obr. č. 7, 8, 9) Zpravidla se jedná o výrobky pro kusovou nebo malosériovou výrobu, případně o rozměrné a hmotné díly. Výrobní zařízení by proto měla být lehká a mobilní. Stále častěji ale tato metoda svařování nachází uplatnění i v automatických linkách při výrobě velkých sérií rozličných výrobků.

Tento proces se obvykle používá na spoje tloušťek od 0,25 mm až po tloušťku, jakou daná aplikace potřebuje. Svařované materiály mohou být nízkouhlíkové, středněuhlíkové i korozivzdorné oceli, hliník, měď, nikl (ale je možné použít i Ti, Zr, Au, Ag, Pt apod) a jejich slitin.



Obr. 7 Varianty přivařování spřahovacích trnů pro vytvoření spřažené železo-betonové konstrukce.



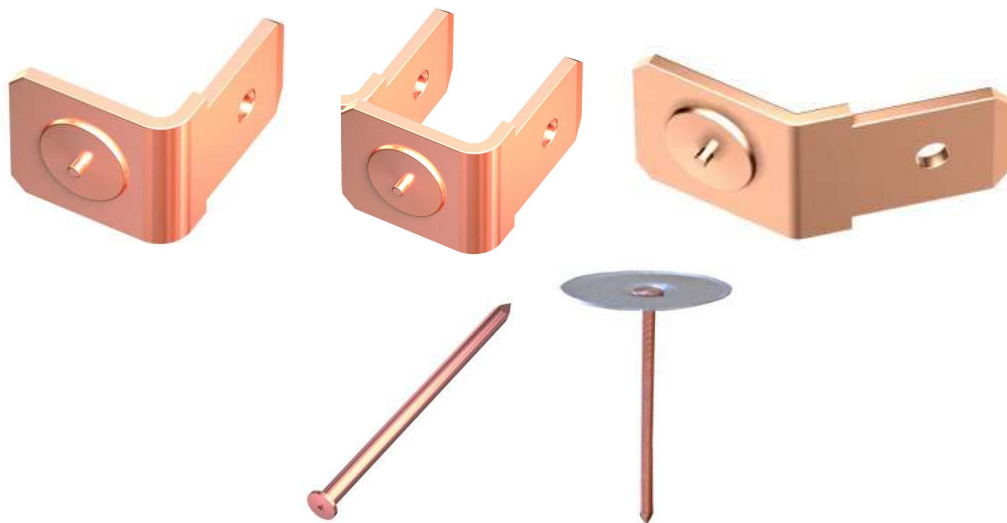
Obr. 8 Příklady použití obloukového přivařování svorníků v energetickém průmyslu



Obr. 9 Příklad použití přivařování svorníků při výrobě domácích elektrických spotřebičů a přístrojů



Obr. 10 Příklad použití přivařování svorníků ve stavebnictví



Obr. 11 Příklady typů svorníků - elektrokontaktů a izolačních trnů

Poděkování

Příspěvek vznikl pro podporu řešení grantového projektu FRVŠ 1856/2009 a ve spolupráci s fy.Proweld.

Literatura

- [1] Turňa, M.: Špeciálne metódy zvarovania, prednáška na kurzu IWE, ČVUT v Praze, 2008
- [2] Spurný, J.: Optimalizace parametrů při kondenzátorovém přivařování svorníků, diplomová práce, ČVUT v Praze, FS, 2008
- [3] Stewart, J.P.: The Welders Handbook, Reston Publishing Company, Reston, 1981
- [4] Firemní materiály fy. Proweld
- [5] Firemní materiály fy. Köster
- [6] Firemní materiály firmy NIPPON STUD WELDING Co.,Ltd.

Kontaktní adresa

Ústav strojírenské technologie, FS, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07, Praha, Česká republika, +420 224 352 628, marie.valova@fs.cvut.cz

Název: Sborník odborného semináře
*Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky,
automatického řízení a informatiky*

Editor: Doc. Ing. Stanislava Papežová, CSc.

Vyšlo: květen 2009

Stran: 144

DTP: Editor a autoři

Náklad: 40 kusů CD ROM

Vydala: Fakulta strojní ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07 Praha 6

ISBN: 978-80-01-04353-0