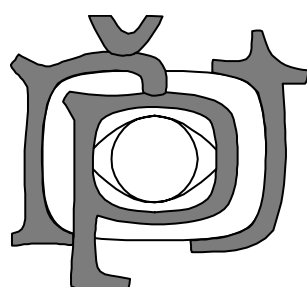


**ÚSTAV PŘÍSTROJOVÉ A ŘÍDICÍ TECHNIKY
ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE**



**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



1. – 3. června 2008

Klášter Želiv, Česká republika

OBSAH

1. Příspěvky odboru elektrotechniky

Jednofázový asynchronní motor napájený frekvenčním měničem	3
<i>Jan Chyský</i>	
Automatické řízení s internetovou komunikací v PHP	6
<i>Kamil Mrázek</i>	
Úsporné polohové servo s nízkými požadavky na dynamiku	12
<i>Lukáš Novák</i>	
Rezistivní dotykové obrazovky a využití v univerzálním regulátoru	16
<i>Martin Novák</i>	
Měření elektrických parametrů v obvodech s PWM řízenými zdroji napětí	22
<i>Martin Novák, Marek Čambál, Jaroslav Novák</i>	
Vysokorychlostní synchronní stroje s permanentními magnety – regulace momentu	28
<i>Martin Novák, Marek Čambál, Jaroslav Novák</i>	
Optický taktilní senzor	34
<i>Jan Oliva</i>	
Elektromechanické kmitání jako možný důvod výpadků elektrorozvodných sítí	36
<i>Ivan Uhlíř</i>	
Výceosový snímač rozložení tlaků a smyku	40
<i>Jaromír Volf, Karel Vítek, Pavel Děd, Petr Novák, Jiří Šťastný, Josef Vlček</i>	

2. Příspěvky odboru přesné mechaniky a optiky

Analýza citlivosti justáže slunečního derotátoru	43
<i>Jiří Čáp</i>	
Konstrukce fázově Dopplerovského anemometru pro určování velikostí bublin v širokém měřeném prostoru	45
<i>Jan Hošek</i>	
Gradientní optické prvky	49
<i>Pavel Kajnar</i>	
Uhlíkové kompozity v konstrukci vzducholodí	55
<i>Petr Mareček</i>	
Použití uhlíkových kompozitů při konstrukci speciálních dalekohledů	59
<i>Lukáš Marek, Josef Zicha</i>	
Měřicí platforma pro rentgenovou reflektometrii XRR	63
<i>Jiří Maršík</i>	
Transmisní holografické mřížky	69
<i>Šárka Němcová, Pavel Václavík</i>	

3. Příspěvky odboru automatického řízení a inženýrské informatiky

Využití prostředků vytěžování znalostí z databázi v systému monitorování vývoje krajiny.....	71
<i>Jiří Bíla, Jakub Jura</i>	
Adaptivní predikce přechodů mezi lokálními traktory Lorenzova systému	77
<i>Ivo Bukovský, Ladislav Smetana, František Anderle</i>	
Strategie řízení toku energie pro pohon vozidla s pneumaticky hybridním motorem.....	83
<i>A. Ivančo, J. Bíla, Y. Chamaillard</i>	
Návrh koncepce přenosu dat z webového portálu Fiedler-Mágr do vyrovnávací databáze sloužící pro archivaci, analýzu a provádění výpočtů pro projekt monitorování vývoje krajiny: MSM 2B06023	89
<i>Jakub Jura, Jiří Bíla,</i>	
Jazyk XSLT a sémantický web.....	95
<i>Josef Kokeš</i>	
Implementace analýz spolehlivosti v prostředí projektově řízené organizace.....	103
<i>Petr Kolář</i>	
Device Controlled by Java.....	109
<i>Miroslav Kopecký</i>	
Taktilní plošné snímače a jejich kalibrace.....	115
<i>René Neděla</i>	
Odhad průběhu energetických toků ve sledovaných ekosystémech.....	120
<i>Růžena Petrová</i>	
Regulace soustavy „Kaskáda tří nádrží“ pomocí řídicího systému REX.....	128
<i>Stanislav Vrána</i>	

JEDNOFÁZOVÝ ASYNCHRONNÍ MOTOR NAPÁJENÝ FREKVENČNÍM MĚNIČEM

Single Phase Induction Motor Supplied by Frequency Converter

Jan Chyský

Abstract: For driving small mechanisms with power to 1 kW usually uses electrical induction motors supplied by 1 phase distribution network. For correct function it needs rotating circular or ellipsis magnetic field inside of motor. Field can be generated by various way, by auxiliary poles, auxiliary run up devices or auxiliary winding. For auxiliary winding they use capacitor for generating delayed waveform of power source needed for rotating field generation. Rotating speed can be controlled by frequency converter. In article are presented experimentally obtained speed-torque characteristics.

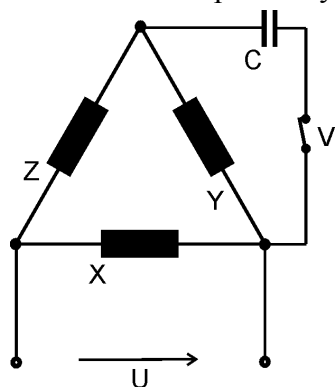
Key words: One phase induction motor, condenser, frequency converter, torque-speed characteristics

1. Úvod

Pro pohon malých zařízení s výkonem do 1 kW se běžně používají asynchronní motory napájené z jednofázové sítě. Asynchronní motor, jak známo, potřebuje ke své funkci vznik točivého magnetického pole. To je u motorů s třífázovým vinutím statoru dosaženo vzájemným natočením os cívek statoru o 120° a jejich napájením harmonickými napětími vzájemně posunutými o 120° . Při napájení takového motoru do jedné fáze z jednofázové sítě vzniká pulzující pole, které při nulových otáčkách rotoru nevzbuzuje žádný točivý moment, který vzniká pouze účinky pole točivého. Pro jeho vznik je ideální použít, jak již bylo výše uvedeno třífázové napájení. Další používaná možnost je použití motoru speciální konstrukce s osami statorových cívek posunutými o 90° a napájením z elektronického zdroje harmonickým napětím vzájemně posunutým též o 90° . I v tomto případě vzniká uvnitř motoru kruhové točivé pole. Toto řešení se obvykle používá u malých servopohonů a není v současnosti příliš rozšířené. Další možnost je použití motoru s nekruhovým – eliptickým točivým polem, které lze získat například pomocí stíněných pólů statoru (pro nejmenší výkony) nebo použitím běhového či rozběhového kondenzátoru. Dále uvedený příspěvek se bude zabývat vlastnostmi třífázového asynchronního motoru s pomocným běhovým kondenzátorem napájeným z frekvenčního měniče.

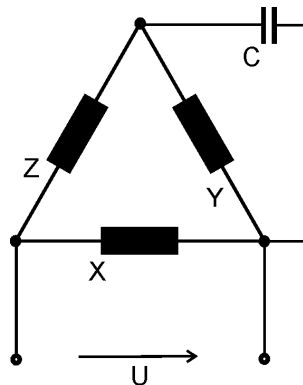
2. Motor s běhovým kondenzátorem

Třífázový asynchronní motor je v současnosti asi nejběžnějším hnacím strojem. Jedná se o robustní a spolehlivý stroj vyráběný ve velkých sériích. Jednou z jeho nevýhod je však



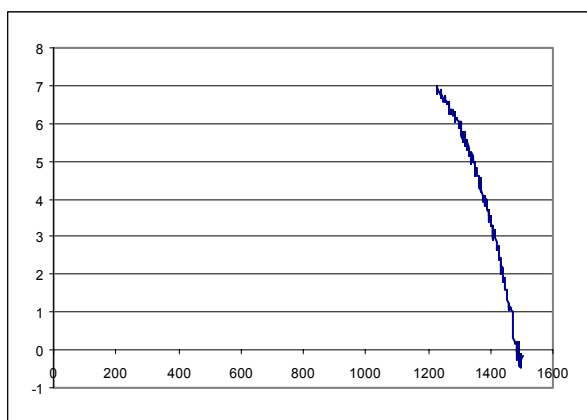
potřeba třífázového napájení, které nebývá vždy k dispozici. Pokud se motor podaří rozběhnout generuje se uvnitř eliptické točivé pole, které generuje točivý moment. nejběžněji se používá způsob s rozběhovým kondenzátorem zapojeným podle obrázku 1, kondenzátor se po dosažení cca 60% jmenovitých otáček odpojí odstředivým spínačem V. Výhoda tohoto uspořádání je nenulový rozběhový moment, provoz kondenzátoru jen při rozběhu, nevýhoda pak nutnost použití odstředivého spínače a menší moment zvratu ve srovnání s klasicky napájeným motorem. Motor vzhledem k využití jen jednoho vinutí má cca 50% výkon i moment.

obr. 1

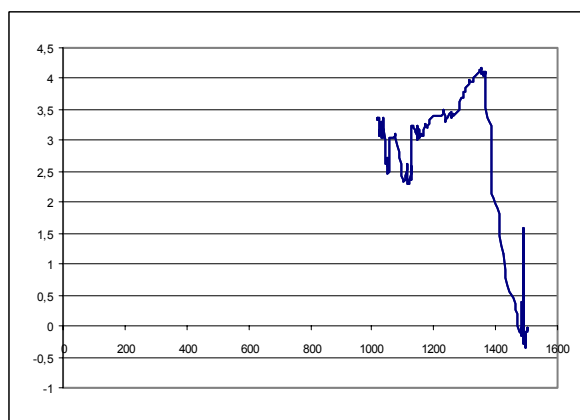


obr. 2

Lepších výsledků lze dosáhnout trvale připojeným běhovým kondenzátorem podle obrázku 2. V tomto případě lze dosáhnout až asi 80 % jmenovitého výkonu a momentu motoru. Vhodnou velikost kondenzátoru lze učit experimentálně, nebo použít výpočtu viz např. [1]. Pro hrubé stanovení jeho velikosti lze vyjít z odhadu $70 \mu\text{F}/1 \text{ kW}$. Průběh momentových charakteristik byl experimentálně ověřen na motoru 550 W, 400/230 V. Na obrázku 3 je změřená momentová charakteristika při napájení z 3 fázové sítě s vinutím zapojeným Y 400 V, na obr. 4 je charakteristika motoru při napájení podle obr. 2 napájeného napětím 230 V s kondenzátorem $50 \mu\text{F}$. Průběh charakteristiky odpovídá předpokladům. Rozkolísanost charakteristiky je způsobena rozkmitáním dynamometru způsobeným nerovnoměrným průběhem momentu v důsledku eliptického pole.



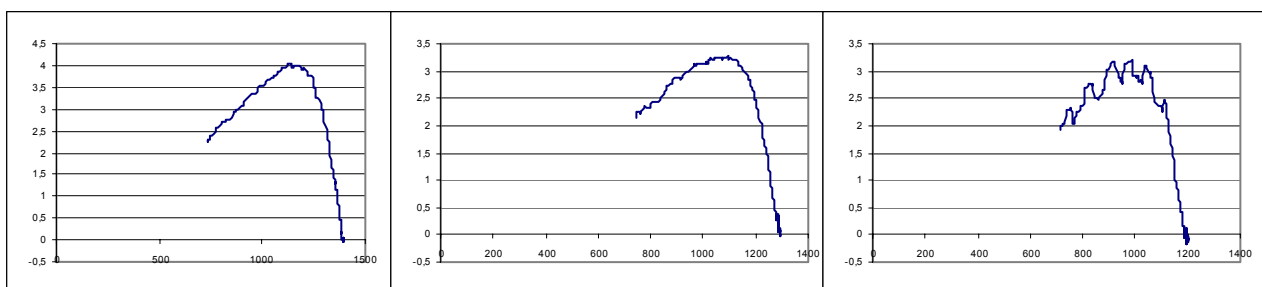
obr. 3



obr. 4

3. Regulace otáček frekvenčním měničem

Pro regulaci otáček asynchronního motoru se běžně používá frekvenční měnič buď ve skalárním nebo vektorovém režimu. Tento způsob poskytuje široký regulační rozsah otáček při dobré účinnosti a zachování momentové přetížitelnosti. V praxi se však občas vyskytne potřeba regulovat otáčky jednofázově napájeného asynchronního motoru, aniž by bylo možné motor přepojit na třífázové napájení. Pro tyto účely jsme experimentálně ověřili použití standardního frekvenčního měniče v V/f režimu (při vektorovém řízení použitý model neodpovídá motoru s kondenzátorem a proto ho nelze použít). Při použití běhového kondenzátoru se změnou frekvence mění i reaktance kondenzátoru a tím i velikost proudu pomocnou fází. Při nižších otáčkách reaktance roste a proud v pomocné fázi se zmenšuje, což způsobí zmenšení momentu a neklidný běh v důsledku deformace kruhového pole na eliptické. Průběh změřených charakteristik pro otáčky 1400, 1300 a 1200 1/min je na obr. 5.



obr. 5

Ze změřených charakteristik je patrný pokles momentu s otáčkami, který byl zaznamenán až do synchronních otáček cca 700 1/min. Při nižších otáčkách však došlo ke spontánnímu zastavení motoru.

4. Závěr

Bylo prokázáno, že i jednofázový asynchronní motor lze napájet v určitém rozsahu z frekvenčního měniče a tak regulovat jeho otáčky. Použití je však omezeno snižujícím se momentem při nižších otáčkách a to až do cca 50 % jmenovitých otáček stroje. Způsob je využitelný například při pohonu ventilátorů.

Acknowledgement

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

References

- [1] Štěpina J., Jednofázové indukční motory. SNTL Praha 1957

AUTOMATICKÉ ŘÍZENÍ S INTERNETOVOU KOMUNIKACÍ V PHP

Automatic Control with Internet Communication in PHP

Kamil Mrázek

Abstrakt: Jazyk PHP a jeho využití v řízení přes internet, získávání dat z webových senzorů a tvorbě výsledků formou tabulek, grafů.

Klíčová slova: PHP, řízení, internet, grafy, senzory

1. Seznámení s PHP

PHP je serverový skriptovací jazyk (server-side) navržený pro tvorbu dynamických webových. PHP je jednoduchý, kód je možno vložit do HTML stránek. Můžeme komunikovat s mnoha databázemi (MySQL, PostgreSQL, MSSQL, Oracle, Access). Od verze 5 má zabudovanou nativní podporu XML formátu a také PHP umí pracovat se standardními textovými soubory - ukládat a číst data. Lze programovat standardně nebo použít objektově orientované programovací metody.

Mnoho funkcí, knihoven pro vývojáře, které se dále rozšiřují a vyvíjí, děla z jazyka PHP kvalitní programovací nástroj i pro vědecké účely. PHP je volně šiřitelný a zdarma. Samozřejmě nechybí ani návody, nápovědy [1].

Ukázka vložení PHP kódu do HTML stránky:

soubor index.php:

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<title>PHP - example 1</title>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<center><font face="Arial CE, Arial" size="5">
```

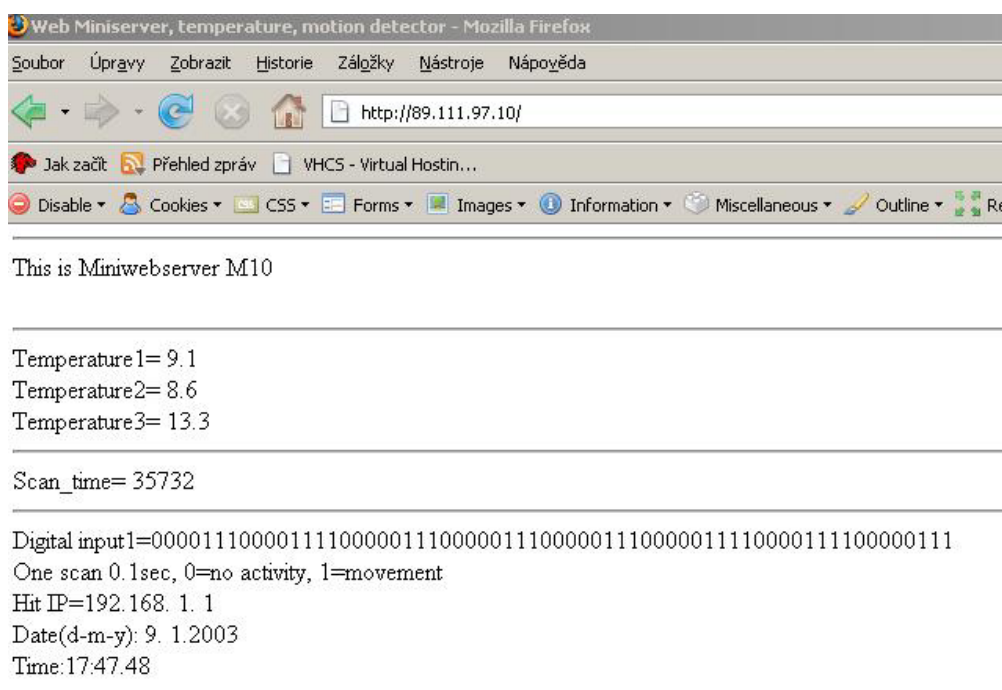


```
Time: <?php echo Date ("H:i:s"); ?>  
</font></center>  
</body>
```

```
</html>
```

Kód stránky výše zobrazí aktuální čas. Kód PHP vložený v tomto HTML začíná počáteční značkou „<?php“ a ukončuje se „?>“ a obsahuje funkci „Date“, jejíž popis najdete v manuálu[1], která se zobrazuje příkazem „echo“.

2. Čtení dat z webové stránky



Obrázek 1. Ukázka dat čtených z webové stránky.

Chceme-li vložit do textového souboru aktuální data zobrazená na webové stránce, jak je naznačeno na obrázku 1, např. teploty a poté s těmito proměnnými pracovat, pak můžeme postupovat tímto skriptem:

searchtemp1.php:

```
<?php
```

```
// připojit se k dané webové stránce
```

```
$stringtemp = join ('', file ('http://89.111.97.10/'));
```

```
// vyhledat hodnotu temperature1
```

```
$x=StrPos(" " .Sstringtemp, 'Temperature1=');
Stempstringmax=substr($stringtemp,$x+13,20);
$firstpointstring=strpos($tempstringmax, ' ');
$markpoint=strpos($tempstringmax, '<');
$searchtemp1 = substr($tempstringmax,$firstpointstring+1, $markpoint-
$firstpointstring-1);
//uložit do souboru
if ($tempfile=fopen("temp1.txt","a")) {
$temp1=trim($searchtemp1);
fwrite($tempfile,"$temp1\n");
}
// uzavřít soubor
fclose($tempfile);
?>
```

Tento komentovaný skript vykoná dané operace při každém spuštění, což znamená, že můžeme skript spouštět každých deset minut a za hodinu máme v daném textovém souboru „temp1.txt „ 6 hodnot, s kterými můžeme dále pracovat – analyzovat, tvořit grafy ...

temp1.txt:

9.1

9.0

8.3

10.9

6.5

3.6

V PHP lze programovat i objektově, takže:

```
<?php
```

```
include("bargraph.class.php");
```

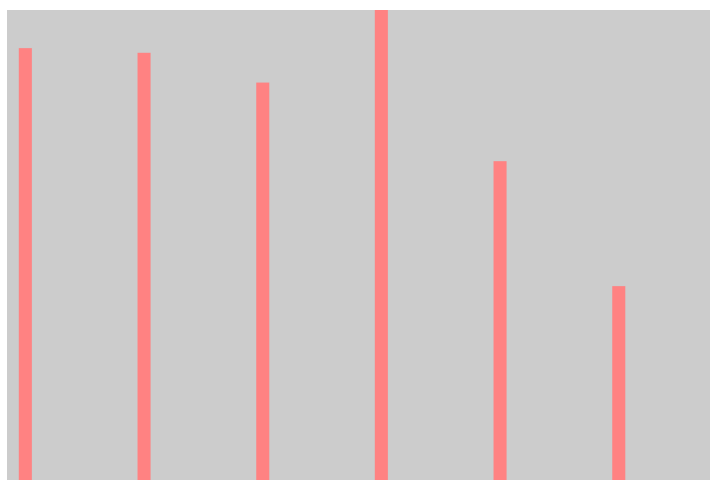
```
$pr=array(9.1, 9.0, 8.3, 10.9, 6.5, 3.6);
```

```
$g->new BarGraph;
```

```
$g->setHeightWidth(400,600);
```

```
$g->init();  
$g->setMax(10); //maximum data possible in the data set  
$g->setBarWidth(10);  
$g->setBarPadding(10);  
$g->setBarColor(255,130,130);  
$g->setBgColor(204,204,204);  
$g->loadData($pr);  
$g->drawGraph();  
$g->renderImage();  
?>
```

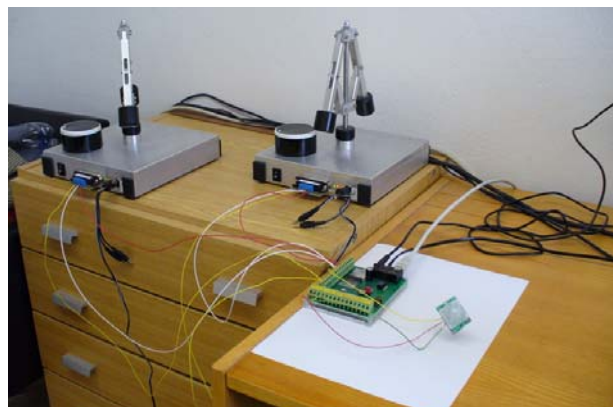
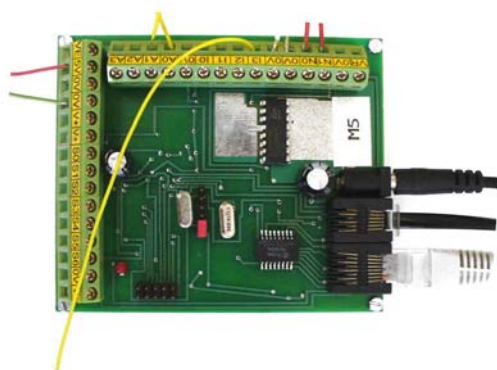
Tento skript je jednoduchou ukázkou zobrazení sloupcového grafu na obrázku 2 z daných hodnot, kde v souboru bargraph.class.php jsou naprogramované dané metody, neboli funkce.



Obrázek 2. Ukázka zobrazení sloupcového grafu.

3. Závěr

Pomocí vyvinutého webového serveru CTRL V4, můžeme buď ovládat dané přístroje a analyzovat jejich pohyb nebo získávat data např. z teplotních senzorů, PIR čidel ve formě textového souboru, XML a také s nimi dále pracovat v PHP.

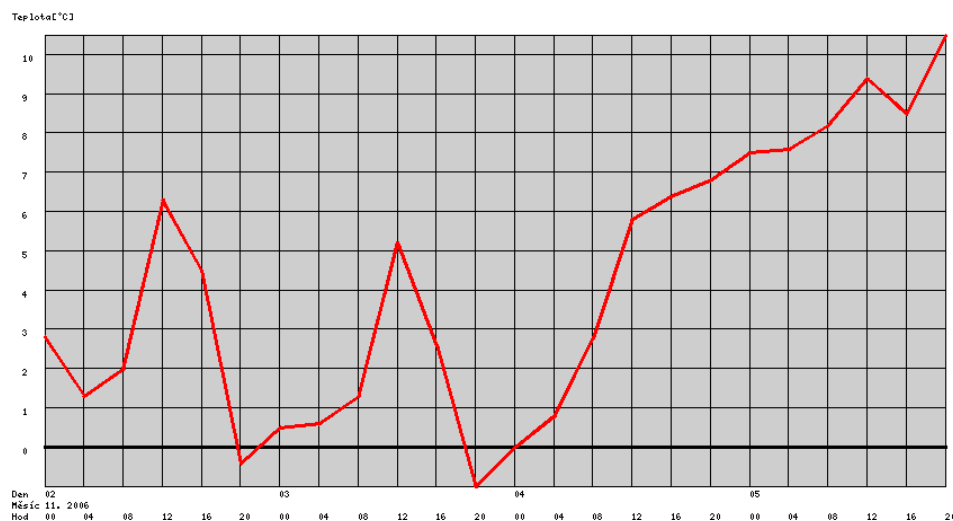


Obrázek 3. Ukázka webové jednotky CTRL V4 - vlevo a příkladu připojení k CTRL V4 – vpravo.

Zpracované výsledky z teplotního senzoru a zobrazení v tabulce na obrázku 4 a v grafech na obrázku 5, které lze vložit do PDF a to vše vytvořeno v PHP.

Den	Měsíc	Rok	Čas	Teplota [°C]
02	11	2006	00:00	2.8
02	11	2006	04:00	1.3
02	11	2006	08:00	2.0
02	11	2006	12:00	6.3
02	11	2006	16:00	4.5
02	11	2006	20:00	-0.4
03	11	2006	00:00	0.5
03	11	2006	04:00	0.6
03	11	2006	08:00	1.3
03	11	2006	12:00	5.2
03	11	2006	16:00	2.6
03	11	2006	20:00	-1.0
04	11	2006	00:00	0.0
04	11	2006	04:00	0.8
04	11	2006	08:00	2.8
04	11	2006	12:00	5.8
04	11	2006	16:00	6.4
04	11	2006	20:00	6.8
05	11	2006	00:00	7.5
05	11	2006	04:00	7.6
05	11	2006	08:00	8.2
05	11	2006	12:00	9.4
05	11	2006	16:00	8.5
05	11	2006	20:00	10.5

Obrázek 4. Ukázka tabulky výsledků.



Obrázek 5. Ukázka zobrazeného grafu výsledků.

Pro vědecké účely je PHP skvělý jazyk, ke kterému nepotřebujeme žádné vývojové prostředí, psát můžeme v textovém editoru. Jazyk je nenáročný na systémové prostředky, nemusí běžet na straně klienta a lze s ním vytvářet plnohodnotné webové aplikace, které spustíme třeba jen přes internetový prohlížeč kdekoliv, kdykoliv, v PC, mobilním telefonu, PDA - stačí být připojen k internetu.

Literatura

- [1] PHP: Hypertext Preprocessor, www.php.net, 5.5.2008

ÚSPORNÉ POLOHOVÉ SERVO S NÍZKÝMI POŽADAVKY NA DYNAMIKU

Low Cost Position Servomechanism with Small Request for Dynamics

Lukáš Novák

Abstract: Position synchronization of conveyers can be realized with asynchronous motors supplied by frequency converters. Article shows simple connection of control loops with employment current possibility of modern frequency converters. Control algorithm and attained results are presented.

Key words: Asynchronous motor, Control loop, Frequency converter, Incremental encoder, Position synchronization.

1. Úvod

Pro synchronní pohyby dopravníků výrobních linek se v dnešní době nejčastěji používají servopohony, realizované synchronními motory s permanentními magnety napájené ze speciálních servodriverů. Požadovaná pozice servopohonu se u těchto servodriverů nastavuje pomocí digitálního dvoufázového pulsního řízení s posunem fází o 90° , kdy počet pulsů upravený elektronickým převodem odpovídá úhlovému natočení hřídele (případně posunu v ose u lineárních motorů) a sled fází určuje směr otáčení. Servodriver ke své činnosti potřebuje znát aktuální pozici hřídele, k čemuž se obvykle používá resolver nebo inkrementální snímač spojený s hřídelí motoru.

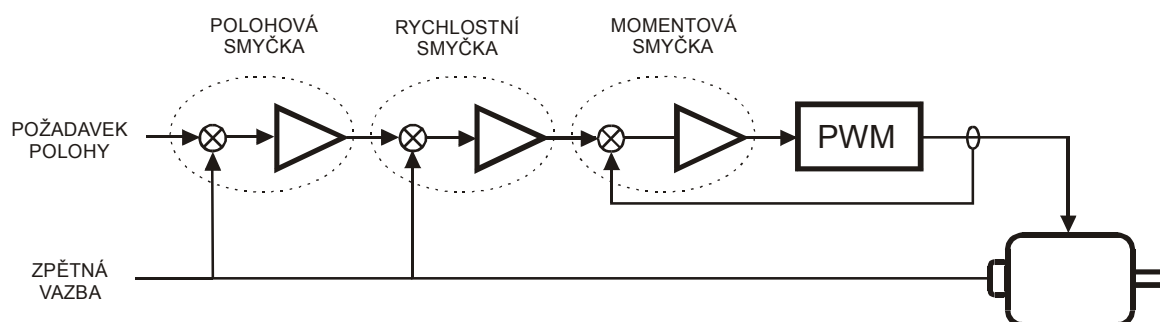
Implementace takto řešených servopohonů vyžaduje, kromě nastavení převodového poměru, seřízení konstant PID regulátoru. Někteří výrobci mají v servodriveru zabudovanou funkci automatického ladění, která nastavení těchto parametrů významně usnadní, případně mají dokonce funkci adaptace během činnosti.

Pokud se směr pohybu řídicího pohonu (tzv. master) během činnosti nemění a změny rychlosti jsou pozvolné, lze tuto úlohu vyřešit i s použitím jednodušších prostředků. Významní výrobci frekvenčních měničů mají dnes ve své nabídce možnost použití speciální karty do frekvenčního měniče pro polohovou synchronizaci, kde akčními členy jsou asynchronní motory a zpětnovazební signál polohy je získáván pomocí inkrementálních čidel. Synchronizační karta pak nastavuje polohu závislého pohonu (tzv. slave), na základě polohy master pohonu. Řídicí program vyhodnocuje pulsy obou inkrementálních čidel v nastaveném

převodovém poměru a vypočítává potřebný akční zásah. Pokud nejsou požadavky na dynamiku pohonu příliš vysoké, jde řešení této úlohy ještě zjednodušit.

2. Popis řešení

Na obr. 1 je uvedeno obvyklé zapojení regulačních smyček používaných pro polohové řízení pohonů. Regulační smyčka polohového řízení obsahuje ještě podřízené smyčky řízení rychlosti a momentu. Momentová smyčka zajišťuje, aby byl motor napájen proudem odpovídajícím požadovanému momentu. Zpětnovazební informaci získává z proudového transformátoru, který snímá proud tekoucí do motoru. Rychlostní smyčky je zadávána požadovaná rychlost z polohové smyčky a zpětnovazební signál o rychlosti získává vyhodnocením frekvence pulsů inkrementálního snímače. Zesílení smyčky je dáno proporcionální a integrační konstantou. Polohová smyčka má požadovanou polohu zadávanou z nadřazeného systému a zpětnovazební signál získává vyhodnocením počtu impulsů z inkrementálního snímače. Zesílení této smyčky je upraveno pouze proporcionální složkou.



Obr.1

Předkládané řešení používá inkrementální snímač polohy pouze na master pohonu. Frekvence tohoto inkrementálního snímače udává rychlost pohybu master pohonu a načítané impulsy čítačem udávají úhlové natočení hřídele. Nulová značka inkrementálního snímače čítač nuluje. Na slave pohonech je poloha vyhodnocována pomocí indukčního snímače, který dává jediný impuls na otáčku. Pro momentovou smyčku jsou využity obvody frekvenčního měniče, který napájí slave pohony. Z frekvence impulsů inkrementálního snímače je vypočítána rychlost otáčení master pohonu a v požadovaném převodovém poměru je přepočítána na frekvenci generovanou frekvenčním měničem, který napájí slave pohon. Skutečná rychlost otáčení asynchronního motoru takto nastavená je však vlivem skluzu nižší a proto je třeba vypočtenou frekvenci o tento skluz zvýšit. Některé frekvenční měniče již tuto funkci kompenzace skluzu mají v softwarové výbavě.

Impuls indukčního snímače při otáčení slave hřídele vyvolá přerušení v řídicím procesoru a v tomto okamžiku je zachyceno natočení hřídele master pohonu v rozsahu $0^\circ - 359^\circ$ čtením čítače inkrementálního snímače. Tímto způsobem je zjištěno vzájemné natočení master a slave pohonu, které je třeba synchronizovat. Odchylka od požadované polohy je zesílena a sečtena s požadavkem rychlosti. Aby nedocházelo ke kmitání v oblasti natočení o 180° , je regulační odchylka omezena na úhlovou diferenci $\pm 90^\circ$. Protože synchronizujeme na polohu v rozsahu $0 - 359^\circ$ v uzavřeném kruhu, musí být stanovena regulační odchylka zprava

i zleva a pro další výpočty použita hodnota menší. Regulační odchylka se vypočítá podle vzorce

$$\alpha_{dif} = \alpha_z - \alpha_s \quad (1.1)$$

kde α_z je požadované úhlové natočení

α_s je změřené úhlové natočení

Pokud je splněna podmínka $\alpha_{dif} > 179$ upraví se α_{dif} podle rovnice

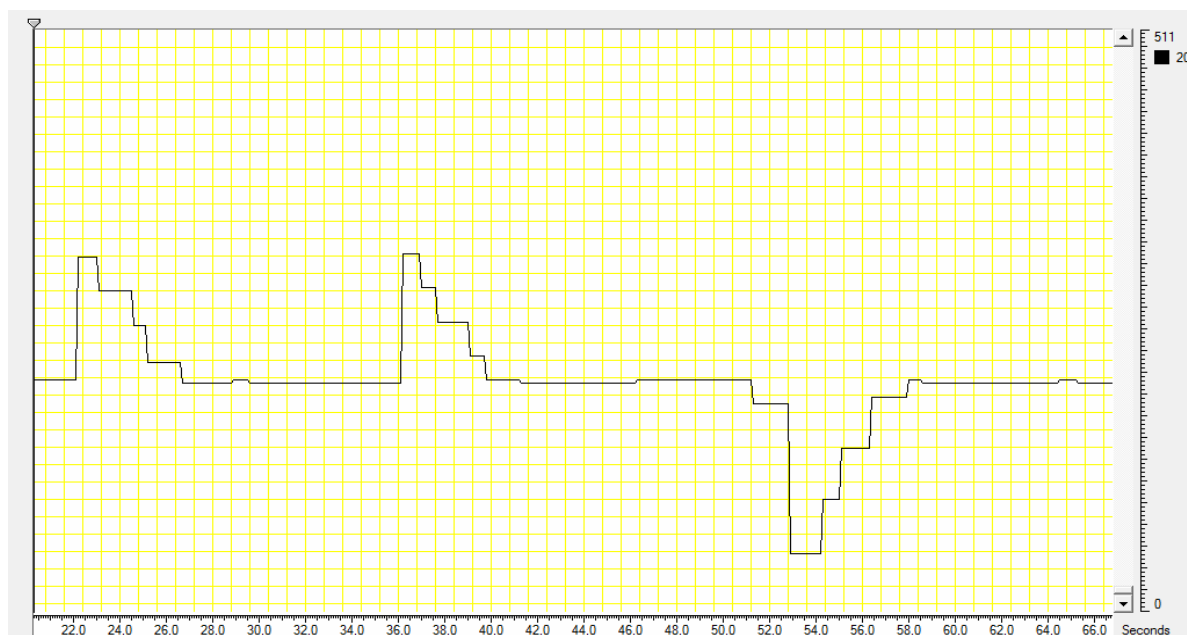
$$\alpha_{dif} = \alpha_{dif} - 360 \quad (1.2)$$

Pokud je splněna podmínka $\alpha_{dif} < -179$ upraví se α_{dif} podle rovnice

$$\alpha_{dif} = \alpha_{dif} + 360 \quad (1.3)$$

Tím dostáváme regulační odchylku v rozsahu $-180 < \alpha_{dif} < 180$, kterou by bylo možné použít k výpočtu potřebného akčního zásahu. V případě, že je rozdíl úhlů blízko 180, mohlo by při malých změnách polohy docházet po provedení výše uvedených výpočtů k přecházení hodnoty α_{dif} z hodnoty -180 na hodnotu 180 a naopak s následkem velkých změn vypočtené regulační odchylky a tím i kmitání regulace. Proto je vhodné vypočtenou regulační odchylku omezit, nejlépe na hodnotu ± 90 .

Na obr. 2 je uveden časový záznam průběhu regulace polohy dvou řetězových dopravníků. Master pohon byl poháněn asynchronním motorem výkonu 2,5 kW 1380 min⁻¹ a synchronizovaný pohon byl poháněn asynchronním motorem výkonu 0,75 kW 1420 min⁻¹. Oba motory byly napájeny z frekvenčních měničů se zapnutou kompenzací skluzu. Žádaná hodnota byla po celou dobu 200. Regulovaný pohon byl třikrát náhodně sepnut (na grafu strmá změna polohy v čase 22s, 36s a 53s). Z průběhu lze vyhodnotit, že regulovaný pohon rychle spěje do ustálené polohy, které dosáhne během 7 regulačních cyklů s nejistotou menší než 1%.



Obr.2

3. Závěr

Díky jednoduchosti je uvedené řešení polohového řízení robustní, nenáročné na složité nastavování parametrů regulátoru a je složeno z běžných prvků pohonářské techniky. Uvedené výsledky ukazují rychlé nastavení při skokové změně požadavku polohy, kdy tato poloha je s neurčitostí menší než 1% dosahována během 7 regulačních cyklů. Cenová úspora se zvyšuje s počtem synchronizovaných pohonů na pohon hlavní. Úspora je nejen v samotném počtu použitých inkrementálních snímačů, ale také v požadavcích na jejich mechanickou montáž k pohonu ve srovnání s jednoduchou montáží snímačů indukčních. Z cenových srovnání odpovídajících výkonů vychází popisované řešení zhruba na 30% nákladů ve srovnání s řešením pomocí synchronních motorů s permanentními magnety a servodriverů a na 55% při použití asynchronních motorů se speciálními frekvenčními měniči s polohovací kartou (Yaskawa). Pro aplikace, kde hlavní pohon mění během činnosti směr pohybu, nebo když prudce mění rychlost (v měřítku regulačního cyklu), toto řešení nelze použít.

References

- [1] Valenzuela,M.A, Lorenz,R.D.: Electronic line-shafting control for paper machine drives. Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2000, Conference Record of 2000 Annual Volume, Issue 2000, s.106-112.
- [2] Yaskawa: Electronic Line Shaft, Yaskawa Electric Europe GmbH, 2005.

REZISTIVNÍ DOTYKOVÉ OBRAZOVKY A VYUŽITÍ V UNIVERZÁLNÍM REGULÁTORU

Resistive Touch Screens and Usage in a Universal Controller

Martin Novák

Abstrakt: This paper presents the principles of resistive analog touch screens and their usage in a universal controller MReg. The universal controller MReg is presently being developed at the Department of Instrumentation and Control Engineering, Faculty of Mechanical Engineering of the Czech Technical University in Prague. The controller is developed for the usage mainly in small private breweries.

Key words: Resistive TouchScreens, Universal Controller

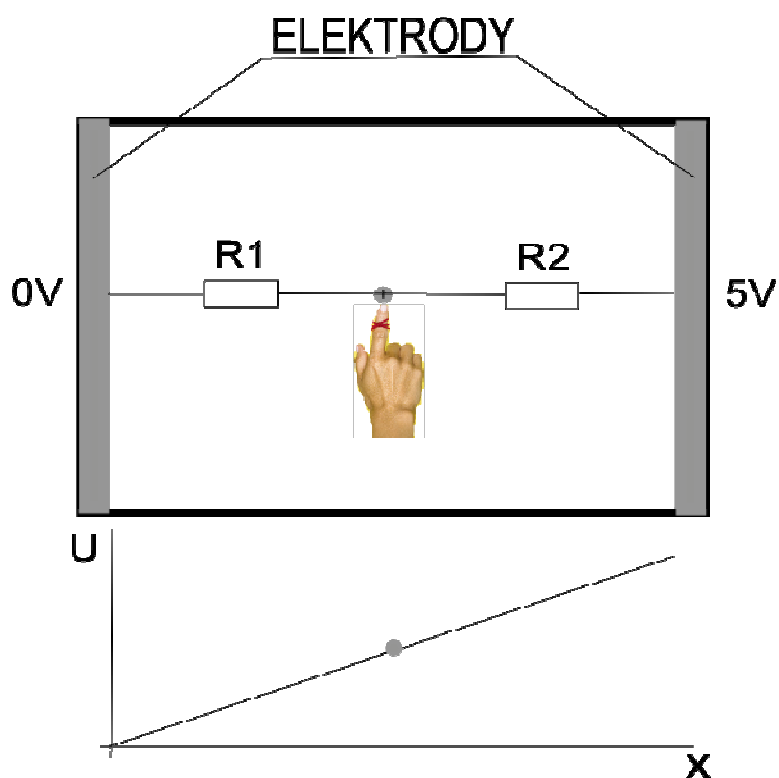
1. Úvod

Ve vývoji průmyslových regulátorů je možné sledovat několik trendů. Jeden z nich je rozšiřování počtu nabízených funkcí regulátoru, další trend je ve snaze zjednodušit obsluhu regulátoru. Jedním z možných způsobů řešení, které splňuje oba tyto požadavky, tj. integraci většího počtu funkcí a zároveň jednodušší ovládní, je vybavení regulátoru dotykovou obrazovkou. Na ní se nacházejí veškeré menu pro nastavení regulátoru, je zobrazován aktuální stav, informace o regulovaném procesu atd. Uživatel pak jednoduchým stiskem dotykové obrazovky vybírá z předem připravené nabídky funkcí, které chce využívat a zobrazovat. Cílem tohoto příspěvku je seznámení s jedním z principů dotykových obrazovek a dále ukázka universálního regulátoru s barevným dotykovým displejem, který je v současné době vyvíjen na Ústavu přístrojové a řídicí techniky fakulty strojní ČVUT v Praze. Primární nasazení regulátoru je uvažováno v provozech s menším počtem regulovaných veličin (řádově jednotky) jako jsou např. malé soukromé pivovary nebo podobná zařízení. Důraz je při vývoji kladen zejména na celkovou cenu řešení (při zachování užitných vlastností), protože standardní průmyslové regulátory s podobnými vlastnostmi jsou relativně nákladná zařízení a do těchto soukromých provozů se z důvodů finančních většinou neinstalují.

2. Princip rezistivní dotykové obrazovky

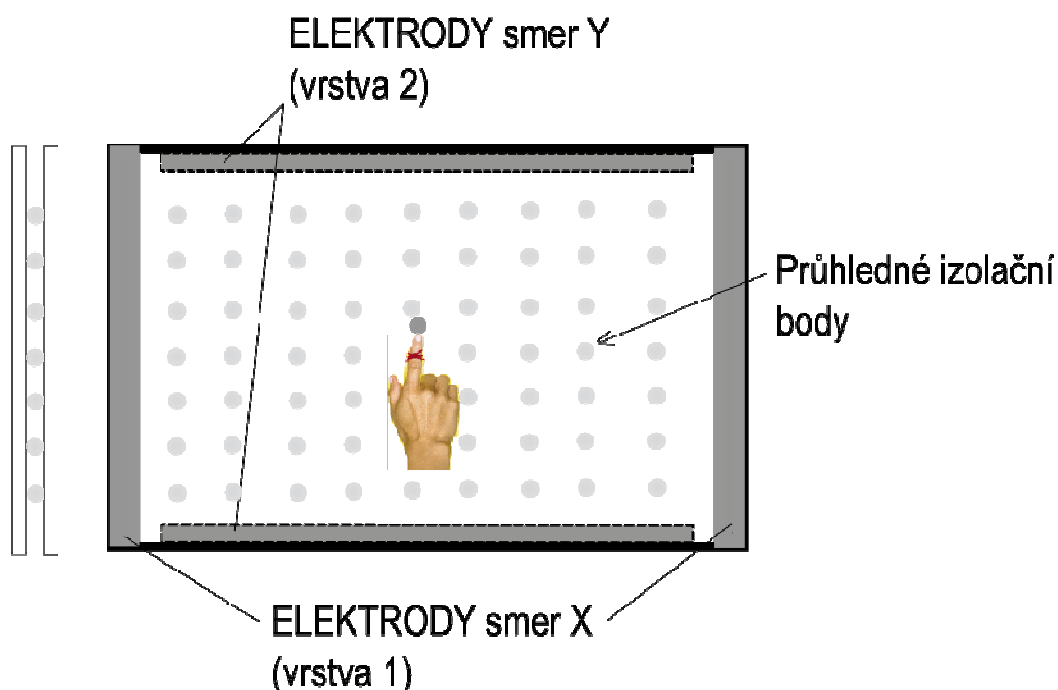
Jedním z principů dotykových obrazovek (touch panel, touch screen v anglicky psané literatuře) je princip rezistivní.

Panel se skládá z několika vrstev. Dvě vrstvy jsou potaženy průhlednou vodivou fólií s proměnným odporem v podélném směru vrstvy. Uspořádání jedné vrstvy ukazuje obr. 1. Na stranách fólie jsou nanесeny dvě elektrody. Mezi elektrody je připojeno napětí známé velikosti, např. 5V. V místě dotyku dojde k rozdělení napětí v poměru odporů R_1 , R_2 . V případě, že následující vyhodnocovací obvody mají velký vstupní odpor, je závislost výstupního napětí takto vytvořeného odporového děliče lineárně závislá na poloze.



Obrázek 1. – Princip rezistivní dotykové obrazovky

Pro měření polohy dotyku ve směru X a Y jsou potřebné dvě takto uspořádané průhledné folie, otočené vzájemně o 90° . Folie jsou vzájemně izolovány průhlednými body, které zabraňují náhodnému dotyku fólií. Uspořádání viz. obr. 2. Při měření polohy dotyku je nejprve nutné připojit na elektrody v první vrstvě napětí, při dotyku dojde ke styku dvou dosud vzájemně izolovaných fólií a na elektrodách druhé fólie se objeví napětí, jehož velikost je úměrná souřadnici místa dotyku. Pro měření druhé souřadnice se napětí připojí na druhou fólii a měří se na elektrodách fólie první.



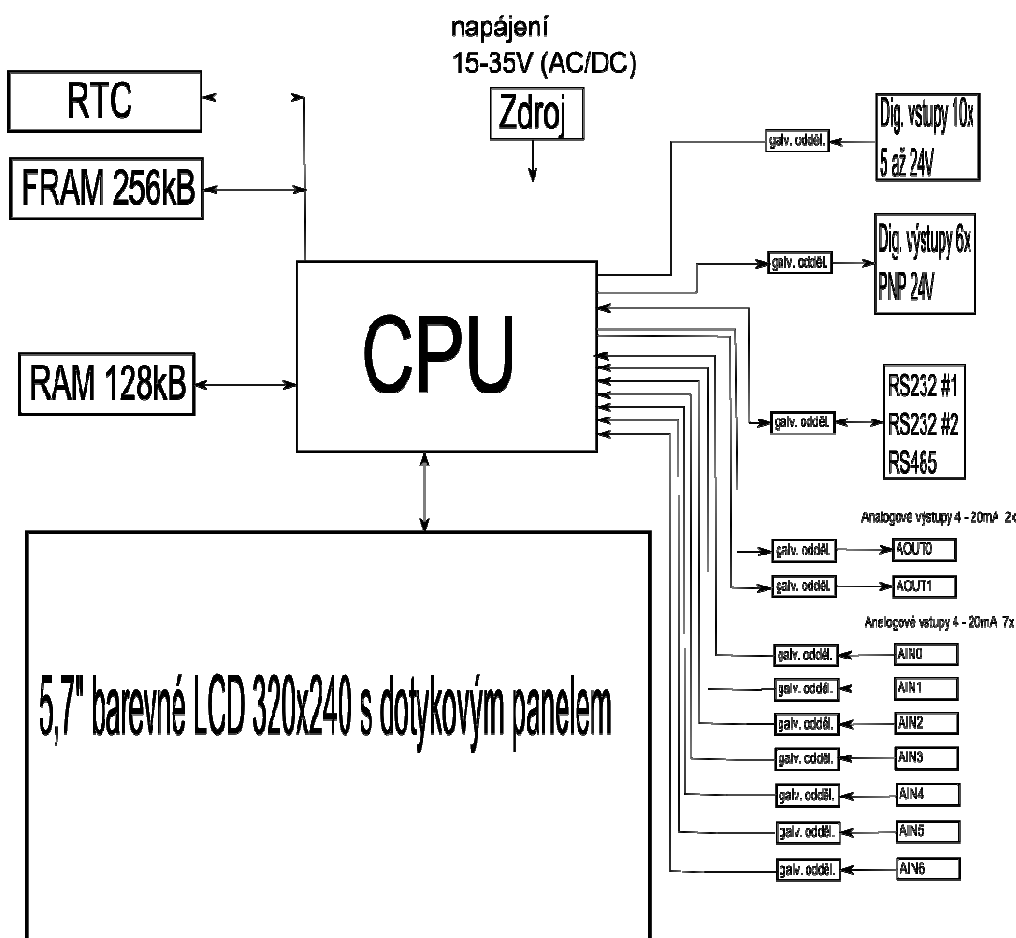
Obrázek 2. – Celkové uspořádání rezistivní dotykové obrazovky

Popsaný dotykový panel se nazývá 4 vodičový, podle počtu vyvedených elektrod. Patří mezi jeden z nejčastěji používaných typů dotykových panelů. Mezi výhody patří zejména nízká cena, vysoká spolehlivost, možnost ovládání v panelu v rukavicích, odolnost proti chemickým vlivům atd. Další typy dotykových panelů jsou např. 5 vodičový rezistivní panel, kapacitní dotyková obrazovka, infračervená dotyková obrazovka, dotyková obrazovka s povrchovou akustickou vlnou a další.

3. Universální regulátor MReg

Popsaný typ 4 vodičového rezistivního panelu je využitý i v universálním regulátoru MReg, vyvíjeném v současné době na Ústavu přístrojové a řídicí techniky fakulty strojní ČVUT v Praze. Regulátor je vyvíjen pro firmu Vojta s.r.o. (resp. B-System). Nasazení regulátoru je uvažováno pro řízení technologie výroby piva v malých soukromých pivovarech. Nicméně regulátor je koncipován jako zcela universální jednotka se standardizovanými rozsahy vstupů a výstupů a je možné ho tedy nasadit do libovolné jiné technologie.

Jako zobrazovací jednotka regulátoru je použit barevný grafický LCD s rozměrem 5,7", rozlišením 320x240 bodů a dotykovou obrazovkou. Blokové schéma regulátoru je na obr. 3.



Obrázek 3. – Blokové schéma regulátoru MReg

Řídicí procesor regulátoru je 8 bitový procesor Silabs C8051F120. Taktovací frekvence je 100MHz, procesor obsahuje 8 vstupně/výstupních 8 bitových portů, osmikanálový 12 bitový 100kps AD převodník, dvoukanálový 12 bitový DA převodník a další periférie.

Napájecí část regulátoru je spínaná a umožňuje běh regulátoru s napájecím napětím v širokém rozsahu 15 až 35V. Napájení je možné jak střídavé, tak i stejnosměrné, přičemž nezáleží na polaritě na vstupních svorkách.

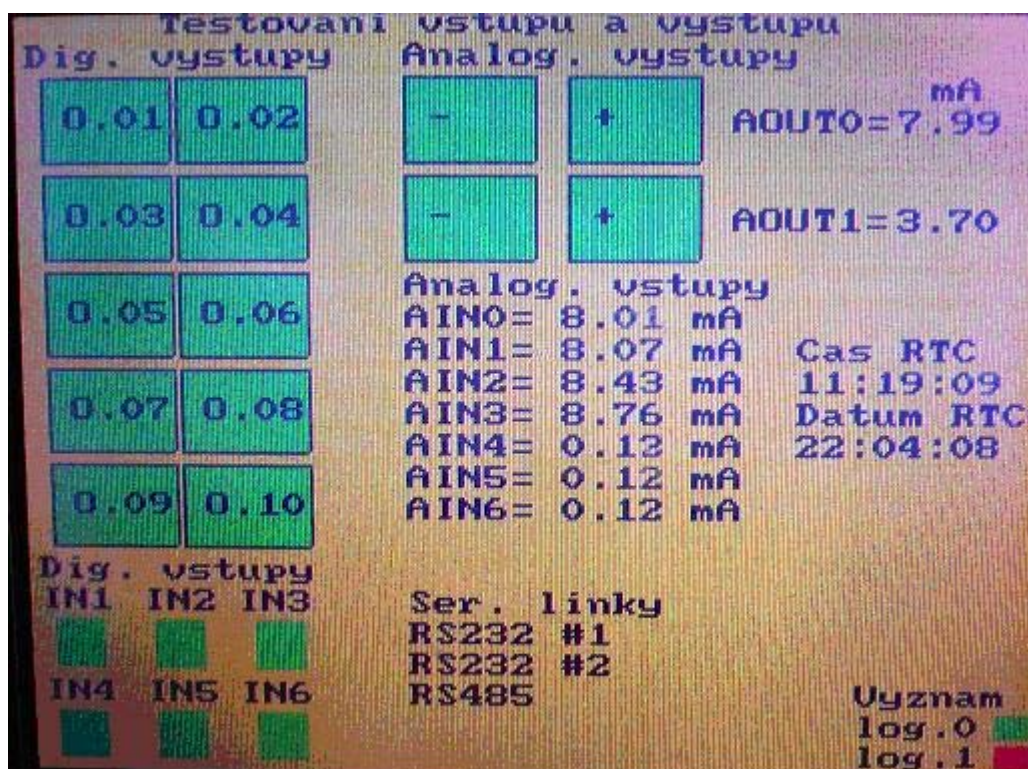
Regulátor obsahuje nezálohovanou paměť RAM s kapacitou 128kB. Paměť RAM je využita jako grafická paměť dotykové obrazovky a pro uložení veličin regulátoru, které nevyžadují zálohování hodnot v případě výpadku napájecího napětí. Pro zálohované veličiny je určena paměť FRAM s kapacitou 256kB. V paměti FRAM je také uložen záznam o průběhu regulace. Jsou ukládány hodnoty všech digitálních vstupů/výstupů a analogových vstupů/výstupů regulátoru společně s datem a časem záznamu. Záznam je možné přenést po sériové lince do PC k dalšímu vyhodnocení. Při době mezi záznamy 15 sekund (běžná doba mezi záznamy v oblasti potravinářství) vystačí kapacita paměti FRAM na dobu přibližně 68 hodin.

Digitální vstupy jsou galvanicky oddělené od ostatních částí zařízení. Každý digitální vstup má vlastní indikační diodu, která udává jaká logická úroveň je na něj připojena. Vstupy vyhodnocují jako úroveň log. 1 napětí větší než 5V, standardně jsou navrženy na vstupní napětí 24V. Vstupy jsou chráněny proti přepětí a proti přepólování.

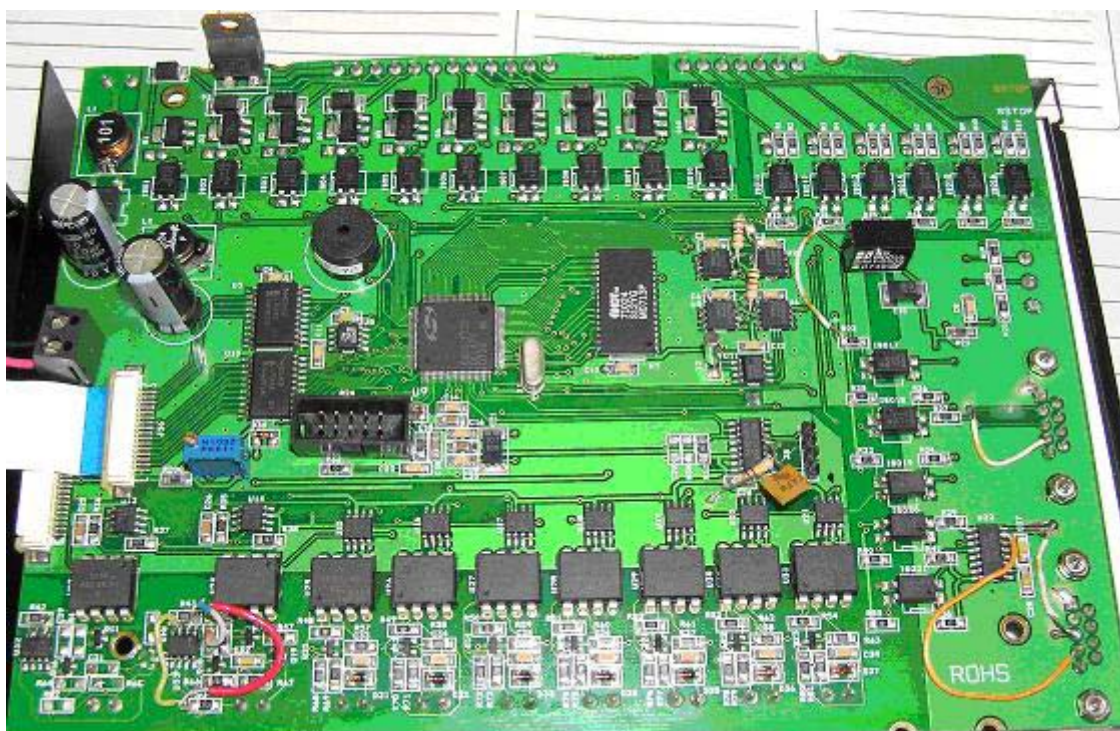
Digitální výstupy jsou galvanicky oddělené od ostatních částí zařízení. Každý digitální výstup má vlastní indikační diodu, která udává jaká logická úroveň je na něj připojena. Výstupy jsou zapojeny jako výstupy typu PNP, tj. při log. 1 na výstupu regulátoru se na svorce objeví kladné výstupní napětí. Standardně je uvažováno napětí 24V, které je přivedeno na samostatnou svorku vstupů. Je tedy možné použít i jiné výstupní napětí. Výstupy jsou chráněny proti přepětí, přepólování a nadproudu. Výstupní ochrana se aktivuje při proudu větším než 400mA.

Regulátor dále obsahuje 2 sériové linky RS232 a jednu sériovou linku RS485. Linky jsou galvanicky odděleny od ostatních částí.

Sedm analogových vstupů regulátoru je navrženo pro standardizovaný rozsah 4 – 20mA. Všechny analogové vstupy jsou galvanicky odděleny od jádra regulátoru a navzájem od sebe. Dva analogové výstupy regulátoru jsou navrženy pro standardizovaný rozsah 4 – 20mA. Všechny analogové výstupy jsou galvanicky odděleny od jádra regulátoru a navzájem od sebe.



Obrázek 4. – Ukázka testovací obrazovky regulátoru



Obrázek 5. – Ukázka vnitřního uspořádání regulátoru

4. Závěr

Popsaný univerzální regulátor MReg je určený pro jednodušší aplikace, jako je např. řízení technologie v malých soukromých pivovarech. Tomu odpovídá i jeho koncepce s menším počtem vstupů/výstupů. Přesto poskytuje velký uživatelský komfort díky grafickému vyjádření informací na barevné obrazovce a dotykovému ovládání. Cílem vývoje tohoto regulátoru není vytvářet profesionální průmyslové regulátorům. Ty nabízejí mnohem větší možnosti nastavení a pro uživatele dávají k dispozici komfortní prostředky pro tvorbu uživatelských obrazovek a vizualizaci procesu. Regulátor je vyvíjen jako jednodušší alternativa pro řízení s podstatně nižšími náklady na pořízení regulátoru.

V současné době probíhá příprava na nasazení regulátoru v provozu a příprava nové verze regulátoru, která bude disponovat dalšími rozšířeními, jako je např. přístup do regulátoru přes síť Ethernet a dalšími.

Literatura

- [1] Hampshire Company, Inc, Application note AN103, How an Analog Resistive Touch Screen Works, online na <http://www.hampshiretouch.com/doc/appnotes/AN103%20How%20an%20Analog%20Resistive%20Touch%20Screen%20Works.pdf> (stav 29.4.2008)
- [2] firemní materiály firmy Silicon Laboratorie, online na www.silabs.com

MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH PARAMETRŮ V OBVODECH S PWM ŘÍZENÝMI ZDROJI NAPĚTÍ

Electric Parameter Measurement in PWM Powered Circuits

Martin Novák, Marek Čambál, Jaroslav Novák

Abstrakt: V článku je věnována pozornost možnostem jednoduché implementace metod pro číslicové měření elektrického výkonu v ustálených stavech a při pomalých přechodných dějích v obvodech napájených ze zdrojů, jejichž výstupní napětí je formováno šířkově pulsní modulací. V článku jsou prezentovány možné koncepce měřicích zařízení a výsledky zkušebních měření.

Key words: Digital measurement, PWM powered circuit, Electric power

1. Úvod

Na našem pracovišti se zabýváme metodikou měření elektrických výkonů v ustálených stavech pomocí jednoduchých číslicových prostředků nebo pomocí prostředků pro řízení, kde je měření výkonu doplňkovou funkcí. Cílem není dosažení extrémní přesnosti, ale spíše realizace metody, implementovatelné na robustním hardwarovém vybavení s komponenty, které jsou standardní v řídicích aplikacích a s možností elektrických či datových výstupů. Popisované prostředky a metody jsou použitelné jako podpora při vývoji a testování systémů pracujících s pulsním napájením. Další oblastí využití jsou jednoduchá měření v ustálených stavech v obvodech se standardními, průmyslově vyráběnými, zdroji pulsního napájení. Některé tyto zdroje, například typicky frekvenční měniče pro asynchronní motory, jsou vybaveny diagnostikou, poskytující údaje o výstupních veličinách. I v těchto případech jsou však prezentované postupy a prostředky použitelné pro provádění nezávislých měření nebo například při měřeních v soustavách s paralelním napájením více elektromotorů z jednoho měniče.

2. Snímače

Cílem je zjištění elektrického výkonu při použití robustních hardwarových komponent, které jsou standardní i ve zpětnovazebních řídicích aplikacích. Vyhodnocení výkonu se provádí v číslicových obvodech jeho výpočtem ze vzorků proudů a napětí. Ve zpětnovazebních regulačních soustavách, realizujících elektronické řízení elektrických či elektromechanických systémů, se pro měření napětí a proudů používají velmi často galvanicky oddělené snímače s Hallovou sondou, které pracují na principu kompenzace magnetických účinků měřeného proudu či proudu, který je úměrný měřenému napětí. V našich zařízeních se nám osvědčily snímače od firmy LEM. Pro měření proudů a napětí v nízkonapěťových obvodech s výkony do přibližně 15 kW používáme nejčastěji proudové snímače LA55P a napěťové snímače LV25P.

Snímače LV25P se typicky používají pro měření vstupních napětí střídačů a pulsních měničů. Pro tyto aplikace, kde je měřené napětí stejnosměrné, filtrované kondenzátorem s velkou kapacitou, je použití snímačů bezproblémové. V obvodech, ve kterých se uplatňují zdroje pracující se šířkově pulsní modulací, není možno pomocí popisovaných snímačů měřit průběh okamžité hodnoty, neboť snímač průběh v podstatě filtruje. Nicméně, jak bude uvedeno v dalším textu, jsou snímače použitelné pro vyhodnocování výkonových poměrů v ustálených stavech i ve spojení s běžnými prostředky mikroprocesorového řízení se vzorkovacími frekvencemi vycházejícími z period výpočtů regulačních algoritmů pro řízení výkonových polovodičových měničů.

V obvodech se sinusovým napětím s frekvencemi do 50Hz jsou snímače LV25P použitelné k měření, vzhledem ke zpoždění odezvy však v těchto obvodech nejsou použitelné pro přesnou synchronizaci řízení měničů.

3. Možnosti číslicového vyhodnocení elektrického výkonu

Pro okamžitou hodnotu elektrického výkonu platí známý vztah:

$$p = u \cdot i \quad (1)$$

Při statických měřeních v obvodech s nekonstantními průběhy napětí a proudů se nejčastěji pracuje se střední hodnotou výkonu za periodu napětí, resp. proudu, pro kterou v případě číslicového vyhodnocení platí vztah:

$$P = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{i=n} u_i \cdot i_i \cdot \Delta t \quad (2)$$

Kde u okamžitá hodnota napětí, i je okamžitá hodnota proudu, p je okamžitá hodnota výkonu, P je střední hodnota výkonu, T je perioda, t je čas, Δt je perioda vzorkování a výpočtu a n je počet vzorků napětí resp. proudu za periodu, za kterou se počítá střední hodnota výkonu, platí tedy $T=n \cdot \Delta t$.

Má-li být číslicové určení výkonu dostatečně přesné, musí být splněn Kotelnikovův vzorkovací teorém, tj. proud a napětí musí být vzorkovány alespoň s dvojnásobnou frekvencí vůči frekvenci nejvyšší harmonické složky, která se v průběhu napětí resp. proudu vyskytuje.

Při vyhodnocování výkonů v obvodech napájených pulsními zdroji, kde jsou napětí nebo proudy snímány snímači na principu Hallovy sondy s elektronickou kompenzací a kde se k výpočtu výkonů používá prostředků mikroprocesorového řízení, tedy jednočipových mikrokontrolérů, je vysoká pravděpodobnost, že Kotelnikův teorém splněn nebude. Může potom docházet k situacím, kdy výpočet poskytuje v jednotlivých periodách rozdílné výsledky a to i v případě, že jsou reálné poměry v obvodu ve sledovaných periodách totožné. Příčinou je malá vzorkovací frekvence a možné zkreslení průběhů především napětí, ale i proudů, snímači. V popsaném měřicím řetězci není reálné zjištění správných hodnot výkonů po každé periodě. Statickou hodnotu výkonu je však možno určit výpočtem definičního integrálu, respektive sumy, za dobu několika period základní harmonické napětí a proudu. Pro střední hodnotu potom bude platit vztah:

$$P = \frac{1}{k \cdot T} \sum_{i=1}^{i=k \cdot n} u_i \cdot i_i \cdot \Delta t \quad (3)$$

Ve vztahu (3) je k počet period základní harmonické napětí resp. proudu, za které se počítá střední hodnota výkonu. S rostoucím k poroste přesnost výpočtu střední hodnoty výkonu za předpokladu, že nedochází k výrazným interferencím mezi vzorkováním a měřeným průběhem. Jedná se vlastně o zpřesnění dané výpočtem střední hodnoty výkonu v ustáleném stavu jako průměrné hodnoty středních hodnot za k period. V oblasti obvodů s pulsním napájením je použití vztahu (3) aktuální především při výpočtech elektrických výkonů v ustálených stavech v obvodech s pulsními měniči nebo střídači či měniči frekvence. Při výpočtech se zpravidla uplatňuje skutečnost, že vlivem indukčností zátěže je v průběhu proudu výrazně vyjádřena základní harmonická. Je známou skutečností, že činný elektrický výkon je vždy vytvářen jen odpovídajícími si harmonickými složkami napětí a proudu. Z toho důvodu se ve výkonu v obvodech s pulsním napětím a s proudy výrazně filtrovanými indukčnostmi uplatňuje prakticky jen základní harmonická napětí. Při měření výkonů v obvodech s pulsními měniči koresponduje tedy vypočtený výkon s výkonem stejnosměrných složek napětí a proudu. Základní perioda výpočtu T je u pulsního měniče dána periodou jeho spínání. U měničů se střídavým výstupem poskytuje výpočet výkon daný první harmonickou proudem a napětím.

Specifickou skupinu úloh tvoří výpočty výkonů v třífázových soustavách s pulsními zdroji napětí. Typicky se jedná o obvody napájené z měničů frekvence, které pracují s šířkově pulsní modulací a které se používají nejčastěji pro napájení regulovaných elektrických pohonů s asynchronními a synchronními motory. Nemá-li měřicí systém informaci o okamžité výstupní frekvenci měniče, je nereálné bez frekvenčních analýz a vysokých vzorkovacích frekvencí provádět jednoduchý výpočet výkonu po každé periodě podle vztahu (2). Možnosti výpočtu statického výkonu jsou v tomto případě, kdy není exaktně známa frekvence první harmonické proudu a napětí a kdy jsou napětí i proud zatíženy vyššími harmonickými složkami, v podstatě dvě.

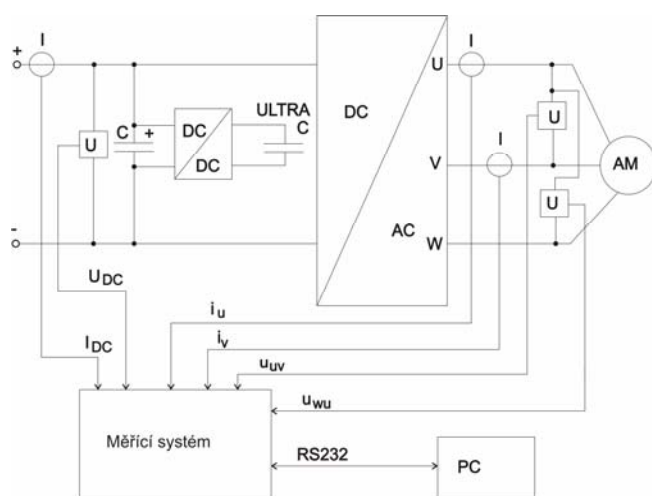
První možností je přímá aplikace vztahu (3) v třífázové soustavě. V obvodech s pulsními zdroji není zpravidla vhodné vycházet z předpokladu souměrnosti zdroje a zátěže a proto je nutno měřit třífázový výkon buď měřením výkonu ve všech fázích nebo pomocí Aronova zapojení. Při měření ve všech fázích je celkový třífázový výkon dán vztahem:

$$P = \frac{1}{k \cdot T} \sum_{i=1}^{i=k \cdot n} u_{ui} \cdot i_{ui} \cdot \Delta t + \frac{1}{k \cdot T} \sum_{i=1}^{i=k \cdot n} u_{vi} \cdot i_{vi} \cdot \Delta t + \frac{1}{k \cdot T} \sum_{i=1}^{i=k \cdot n} u_{wi} \cdot i_{wi} \cdot \Delta t \quad (4)$$

Ve vztahu (4) jsou indexy u, v, w , označeny vzorky proudů a napětí v jednotlivých fázích. Při neznámé hodnotě frekvence první harmonické napětí a proudu je nutno volit dostatečně velkou hodnotu k , aby se ve výsledné hodnotě výkonu prakticky neprojevila nepřesnost daná výpočtem střední hodnoty na pravděpodobném neceločíselném počtu period. V rovnici (4) je výpočet prováděn na základě znalosti fázových napětí. Je-li zdrojem napětí třífázový můstkový střídač a je-li zátěž zapojena do trojúhelníka, nejsou fázová napětí přímo měřitelná. V tomto případě je nutno použít zapojení měřících elementů s umělou nulou, nebo, což je vhodné u elektronických měřících programovatelných systémů, měřit dvě napětí sdružená a z nich fázová napětí dopočítat.

4. Příklad implementace měření výkonu do systému pro řízení výkonových měničů

Na Ústavu přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní ČVUT v Praze byl navržen a opakovaně realizován univerzální systém pro řízení výkonových měničů, především pro elektrické pohony. Systém je založen na použití DSP regulátoru s mikrokontrolérem TMS 320F240. Jednou z aplikací byla implementace číslicových algoritmů pro měření stejnosměrného a třífázového elektrického výkonu. Zajímavé využití této aplikace bylo při proměňování účinností komponent laboratorního modelu hybridního pohonu v laboratoři Katedry elektrických pohonů a trakce Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

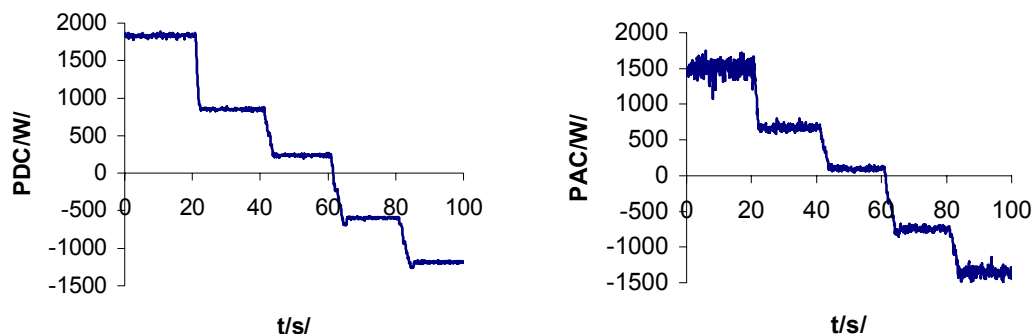


Obr. 1 Měření výkonů na komponentech modelu hybridního pohonu

Na obr. 1. je zapojení části obvodu při provádění výše uvedených měření. Na stejnosměrné straně byl obvod napájen ze stejnosměrného dynama. Na této straně byly prováděny testy účinnosti při přenosu a akumulaci energie v systému superkondenzátor (ultracapacitor) – pulsní měnič (DC/DC). Měřícím systémem byl zjišťován výkon a jeho integrál, tj. energie, při řízeném nabíjení a vybíjení superkondenzátoru přes pulsní měnič. Elektrický výkon byl určován prostřednictvím definičního vztahu (1). Bylo vyhodnocováno, kolik energie je

možno zpětně ze superkondenzátoru odebrat při různých nabíjecích a vybíjecích výkonech. Tato měření byla prováděna v rámci výzkumu možností rekuperace brzdové energie na vozidlech s elektrickými a hybridními pohony.

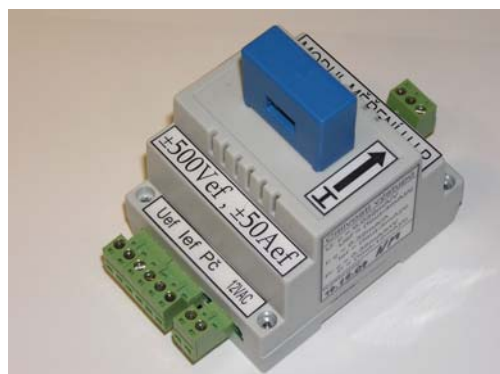
Příkladem dalšího měření je zjišťování elektrického výkonu na vstupu a výstupu střídače trakčního motoru modelu hybridního pohonu. Vzhledem k poměrně malé periodě vzorkování a výpočtu 0,5ms a vzhledem k použitým snímačům napětí LV25P byla hodnota výkonu významně filtrována vlečeným číslicovým filtrem prvního řádu s časovou konstantou přibližně 0,5s. Tím bylo možno zachytit průběhy výkonu jen v ustálených stavech nebo při pomalých přechodných dějích. Příklady výstupů těchto měření jsou na obr. 2.



Obr. 2. Příklady výsledků měření elektrických výkonů na vstupní a výstupní straně střídače

5. Elektronické moduly pro měření výkonu a jejich testování na frekvenčně řízeném pohonu

Pro účely realizace měřících bodů v technologickém zázemí laboratoří, pro účely výzkumu a výuky byly navrženy a realizovány jednoduché mikroprocesorové měřící moduly pro měření střední hodnoty výkonu a efektivní hodnoty proudu a napětí. Vstupními veličinami modulu jsou jeden proud a jedno napětí. Proud je snímán snímačem LA55P, napětí snímačem LV25P. Tyto typy snímačů byly voleny zejména z důvodu robustnosti. Modul poskytuje na svém výstupu odpovídající údaj výkonu a efektivní hodnoty proudu. Modul má proudové výstupy s rozsahem 4 až 20 mA. Jako výpočetní člen je použit mikrokontrolér C8051F300 od firmy Silabs. Vzorkovací perioda A/D převodníku a výpočtu je 2 μ s. Střední hodnota výkonu a efektivní hodnota proudu a napětí jsou počítány za dobu 2s. Modul byl cejchován na výpočet výkonu při sinusovém proudu a napětí.



Obr. 3 Mikroprocesorový modul pro měření výkonu a efektivní hodnoty proudu a napětí – na obrázku je patrný průvlekový snímač proudu LA55P

Vybrána skupina výsledků z měření výstupního elektrického výkonu nepřímého měniče frekvence, který napájel asynchronní motor zatížený stejnosměrným dynamometrem. Specifikace komponent použitých při měření a jejich zapojení je následující: Frekvenční měnič Siemens Master Drives VC, 3x400V, výstupní proud 10,2A, poskytuje údaj výstupního výkonu P_{FM} : Asynchronní motor 3x380V; 9,6A; 4,4kW; 50Hz; 1370 ot/min P_{02} : elektrodynamický wattmetr Metra Blansko s třídou přesnosti 0,2 – použity dva wattmetry v Aronově zapojení, proudové okruhy připojeny přes měřící transformátory proudu, třída přesnosti 0,2 P_{05} : elektrodynamický wattmetr Metra Blansko s třídou přesnosti 0,5 – použity dva wattmetry v Aronově zapojení, proudové okruhy připojeny přes měřící transformátory proudu, třída přesnosti 0,2 P_M : výše popsany mikroprocesorový měřící modul s čidly LA55P a LV25P, použity dva moduly v Aronově zapojení P_S : elektronický třífázový wattmetr určený pro měření v obvodech se sinusovým napájením, typ PMP3, výrobce ELKO Štřovice a.s., proudy ve třech fázích měřeny přes měřící transformátory s třídou přesnosti 0,2

Mechanický výkon motoru na hřídeli P_{mech} byl určen z momentu dynamometru a naměřených otáček.

$f[\text{Hz}]/f_{\text{PWM}}[\text{kHz}]$	$P_{\text{FM}}[\text{W}]$	$P_{02}[\text{W}]$	$P_{05}[\text{W}]$	$P_{\text{M}}[\text{W}]$	$P_{\text{mech}}[\text{W}]$	$P_{\text{S}}[\text{kW}]$	$\eta_{\text{M}}[-]$	$\eta_{\text{FM}}[-]$
30/5	2737	2880	2880	2789	2002	2.8-3.2	0.72	0.73
30/8	2864	2910	2960	2765	1970	2.5-3.2	0.71	0.69
40/2	3549	3720	3920	3850	2803	3.4-4.8	0.73	0.79
40/5	3650	3750	3840	3617	2787	3.0-4.8	0.77	0.76
40/8	3711	3750	3760	3578	2755	3.0-4.4	0.77	0.74
40/10	3802	3780	3800	3453	2739	3.6-4.4	0.79	0.72
50/5	4461	4620	4760	4664	3604	4.5-5.2	0.77	0.81

Lze konstatovat, že odpovídající údaje spolu v tabulce korespondují, avšak s nepříliš velkou přesností, v některých případech s odchylkou nad 5%. Relace mezi údajem měniče a mikroprocesorových modulů je dána spínací frekvencí, údaje elektrodynamických wattmetrů mají tendenci překračovat údaje mikroprocesorového modulu, avšak tato tendence není jednoznačná.

6. Závěr

Z provedeného rozboru je zřejmé, že přesné měření elektrického výkonu v obvodech s pulsními zdroji napětí není triviální záležitostí a při požadavku dosažení vyšší přesnosti nelze použít standardní elektrodynamické wattmetry cejchované na sinusové průběhy ani jednoduché prostředky pro elektronické vyhodnocování výkonu. Na druhou stranu jsou však tyto prostředky a metody použitelné pro řadu technických měření a indikací s přesností přibližně okolo 5%. Není-li požadavek elektrického výstupu měřidla, jsou v této oblasti použitelné i ručkové elektrodynamické wattmetry.

References

- [1] NOVÁK, J. 2007 *Prostředky pro mikroprocesorové řízení elektrických pohonů - 3. část*. Elektro.2007, roc. 17, c. 7, s. 4-6. ISSN 1210-0889.
- [2] ČEŘOVSKÝ, Z.; MINDL, P.; PAVELKA, V.; DREŠER, J.; NOVÁK, J. 2004 *Hybridní pohon se superkapacitorem*. Sborník příspěvků z konference XVI. oborový den vědeckých a pedagogických pracovníků vysokých škol. Liberec: Technická univerzita, 2004, díl 1, s. 41-46. ISBN 80-7083-895-7
- [3] NOVÁK, J. ;GREGORA, S. ;SCHEJBAL, V. 2004 *Real Time Torque and Power Analyses of Electromechanical Systems*. EPE-PEMC 2004 [CD-ROM]. Riga: Riga Technical University, 2004, vol. 6, ISBN 9984-32-070-7
- [5] NOVÁK, J. 2004 *Systém pro měření výkonových poměrů elektromechanických soustav*. CVUT FEL, Katedra elektrických pohonů a trakce, 2004
- [6] NOVÁK, J. 2003 *Programovatelné zařízení pro testování elektromechanických soustav v reálném case*. XXVIII. celostátní konference o elektrických pohonech. Praha: Česká elektrotechnická společnost, 2003, s. 305-310. ISBN 80-02-01563-0.
- [7] NOVÁK, J. ;GREGORA, S.; SCHEJBAL, V. 2003 *Hardware for Real-Time AC Drive Analyses*. Electrical Drives and Power Electronics [CD-ROM]. Košice: Technical University of Košice, 2003, p. 380-383. ISBN 80-89061-77-X.

VYSOKORYCHLOSTNÍ SYNCHRONNÍ STROJE S PERMANENTNÍMI MAGNETY – REGULACE MOMENTU

High-speed Permanent Magnet Synchronous Motors – Torque Control

Martin Novák, Marek Čambál, Jaroslav Novák

Abstrakt: Příspěvek se zabývá problematikou regulace momentu vysokootáčkových synchronních motorů s permanentními magnety určených především pro náhradu neelektrických pohonů v automobilní technice. Jsou diskutovány různé přístupy k tvorbě regulační struktury pro vysokootáčkový pohon. Je prezentována navržená a realizovaná jednoduchá metoda založená na predikci průběhů okamžitých hodnot statorových napětí z úhlového natočení rotoru, z okamžité rychlosti a žádané hodnoty proudu. Jsou uvedeny výsledky testů pohonu s navrženou strukturou.

Key words: Permanent Magnets Synchronous Motor, High-speed, Torque Control

1. Úvod

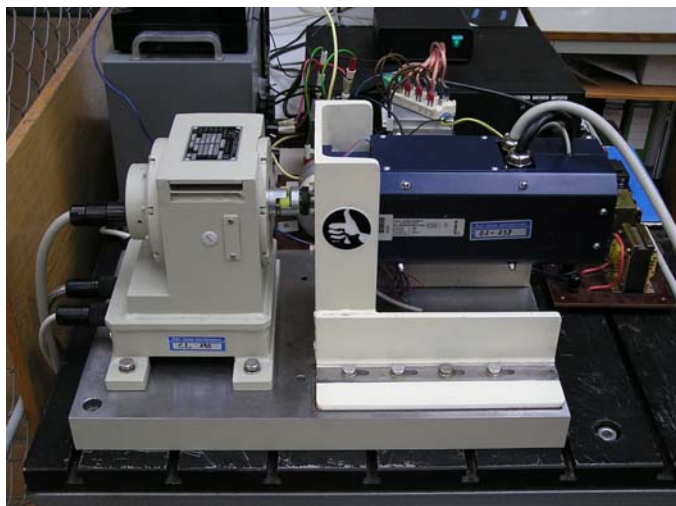
V současné technice pohonů a energetických systémů se ve velké míře začínají uplatňovat řešení založená na zvyšování výkonu při zachování malých rozměrů a hmotnosti zařízení cestou provozu při vysokých rychlostech. V oblasti pohonů se často jedná o neelektrické systémy.

Jednou z etap činnosti ve Výzkumném centru spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka na ČVUT v Praze, Fakultě strojní je výzkum možností náhrady některých neelektrických pohonů v automobilní technice pohony elektrickými. V oblasti vysokootáčkových pohonů je věnována velká pozornost například pohonu turbokompresoru, kde se předpokládá pokrytí otáčkového rozsahu od 40 000 min⁻¹ (u velkých pohonů např. pro traktory a nákladní automobily) až do 120 000 min⁻¹ pro pohony nižších výkonů. Výkony těchto pohonů dosahují desítek kW. V těchto aplikacích se při použití elektrického pohonu předpokládá zejména dosažení výrazně lepší dynamiky při regulaci momentu. V kontextu s požadavky na minimální rozměry a hmotnost pohonu, maximální účinnost a dobré momentové vlastnosti se jako nejperspektivnější jeví použití synchronního motoru s permanentními magnety. Na trhu jsou běžně dostupné elektronicky komutované motory pro otáčkový rozsah do 50 000 min⁻¹ s výkony desítek až stovek W a s účinnostmi až 90%.

Regulace těchto motorů je zpravidla prováděna na základě vyhodnocování šesti poloh za otáčku pomocí jednoduchého čidla nebo prostřednictvím vyhodnocování průchodu indukovaného napětí motoru nulou.

Na ČVUT v Praze byl postaven zkušební stav s asynchronním vysokootáčkovým dynamometrem. V současnosti je stav osazen synchronním motorem s permanentními magnety 2,9kW, 40 000 min⁻¹ se snímáním úhlového natočení rotoru pomocí resolveru. To dává předpoklady pro ověřování preciznějších regulačních struktur s výkonnějším motorem ve srovnání s běžnými velkosériově vyráběnými elektronicky komutovanými motory.

Na Odboru elektrotechniky Fakulty strojní se věnujeme implementacím regulačních struktur momentu synchronních strojů a v rámci Výzkumného centra byla zaměřena pozornost i na vysokootáčkové pohony, zejména v automobilní technice. Předpokládáme však, že vyvinuté algoritmy řízení vysokootáčkových strojů budou použitelné v širší aplikační sféře. Zkoušky probíhají na výše uvedeném zkušebním stavu.



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

testovacím rychloběžným synchronním motorem s permanentními magnety 2,9kW, 400V, 40 000min⁻¹, 0,7Nm (obr.1), IGBT střídačem a mikroprocesorovým regulátorem synchronního motoru a systémem pro vyhodnocení točivého momentu s tenzometrickým snímačem. Pro zmenšení zvlnění proudu synchronního motoru byly do série se statorovým vinutím zařazeny tlumivky s indukčností 2,4mH. 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 paralelní 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 [1].

2. Zkušební pracoviště

Pro účely testování statických a dynamických vlastností vysokorychlostního pohonu se synchronním motorem s permanentními magnety bylo v rámci Výzkumného centra spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka postaveno speciální zkušební pracoviště. Pracoviště je tvořeno vysokootáčkovým frekvenčně řízeným asynchronním dynamometrem 2,3kW, 350V, 70 000min⁻¹, 0,3Nm, dvoupólovým

3. Teoretický rozbor lineární regulace momentu

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. Souřadnicová soustava je osou d vázána na magnetický tok rotoru, tj. její poloha je dána polohou rotoru. Při regulaci momentu není složka i_d statorového proudu potřebná, neboť magnetický tok v ose d, který je nutný pro vznik točivého momentu, je buzen permanentními magnety. Proto se tedy proud reguluje tak, aby předbíhal polohu rotoru a magnetického toku o 90° , aby tedy byl souosý s indukovaným napětím. Za tohoto předpokladu platí pro moment vztah:

$$M = 1.5 \cdot p_p \cdot F_d \cdot I \quad (2)$$

kde I je efektivní hodnota proudu statoru. Celkový statorový proud je totožný se složkou i_q .

4. Použitá struktura zpětnovazební regulace momentu

Při tvorbě struktury regulace momentu se vycházelo z předchozích prací, které byly ve Výzkumném centru prováděny v oblasti řízení synchronních strojů - [2], [3], [4].

Lineární regulace s regulátory ve všech fázích, kdy je výstup regulátoru zadáván jako poměrné napětí u_R na vstup PWM modulátoru v dané fázi střídače, měla nenulovou střední hodnotu žádaných hodnot fázových napětí u_R . Dále byl upraven výstup regulátoru podle vztahu:

$$u_R = R \cdot i + L \cdot di / dt + u_i = u_{PI} + u_i \quad (3)$$

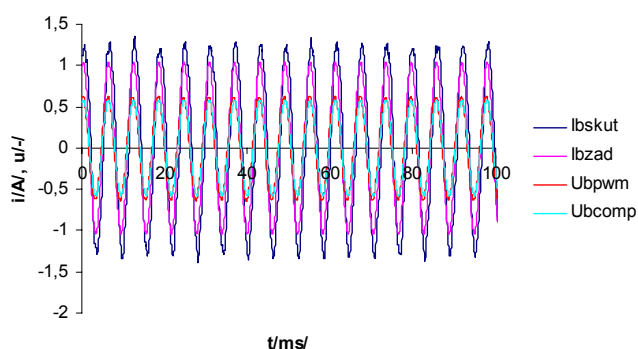
R a L jsou odpor a indukčnost statorového vinutí ($L_d=L_q=L$), u_R je poměrné napětí ve fázi, u_i je indukované napětí, i je proud a u_{PI} je výstup regulátoru fázového proudu. Vztah (3) je napěťovou rovnicí vinutí fáze statoru. Je z něho zřejmé, že regulátor v principu reguluje proud RL článku, tj. soustavy prvního řádu. Popsaná kompenzace vlivu indukovaného napětí při regulaci fázových proudů má podobnou funkci jako člen odvázení při regulaci v transformované souřadnicové soustavě.

Jak bylo uvedeno v [3], kvalita regulace nebyla po výše uvedených úpravách stále dostatečná vzhledem k odlišným vlastnostem při různých otáčkách a při stálém nastavení proporcionalní a integrační konstanty regulátoru. Proto byla implementována adaptace konstant regulátorů podle vztahů:

$$\begin{aligned} K_p &= K_{p0} + C_{p1} \cdot \Delta i_{set} / \Delta t + C_{pu} \cdot u_i \\ K_I &= K_{I0} + C_{I1} \cdot \Delta i_{set} / \Delta t + C_{Iu} \cdot u_i \end{aligned} \quad (4)$$

K_P je aktuální hodnota proporcionální konstanty regulátoru, K_I je aktuální hodnota integrační konstanty, K_{P0} je proporcionální konstanta odpovídající optimálnímu nastavení pro nízké frekvence, K_{I0} je integrační konstanta odpovídající optimálnímu nastavení pro nízké frekvence, C_{P1} a C_{I1} jsou konstanty odpovídající váhám derivace žádané hodnoty proudu v aktuální proporcionální resp. integrační konstantě, Δset je změna žádané hodnoty proudu za periodu výpočtu regulátoru, Δt je perioda výpočtu regulátoru. C_{Pu} a C_{Iu} jsou váhy okamžité hodnoty indukovaného napětí u_i v dané fázi v aktuálních hodnotách konstant regulátorů.

Dosud popisované postupy zdokonalování regulační struktury byly prováděny na synchronním stroji 4kW, 1500min⁻¹, 50Hz a na tomto stroji bylo dosaženo dostatečné kvality regulace, jak je detailně prezentováno v [3]. Při prvních testech regulační struktury s vysokootáčkovým pohonem se ukázalo, že kvalita regulace je dostatečná jen do otáček přibližně 5000min⁻¹. Při dalším zvyšování rychlosti ze začalo projevovat úhlové zpoždění skutečných hodnot fázových proudů (v obr.2 I_{bskut}) za žádanými hodnotami (v obr. 2 I_{bzad}) a vyskytovala se velká regulační odchylka v oblasti amplitudy proudu. Zlepšení kvality regulace nebylo dosaženo žádnou modifikací konstant regulátorů ani vah adaptace těchto konstant.



Obr. 2 Průběhy skutečné (modrá) a žádané (fialová) hodnoty proudu ve fázi, napětí zadávaného do PWM modulátoru (červená) a kompenzačního napětí (světle modrá) bez kompenzace vlivu indukčnosti, $n=10\ 000\text{min}^{-1}$, $M=0,08\text{Nm}$

V případě rychloběžného pohonu se v širokých mezích mění frekvence statorového proudu a tím i velikost úbytku napětí na indukčnosti statoru a přidavných tlumivek $\omega L_1 I$. Regulační struktura byla doplněna o kompenzaci tohoto vlivu. V modifikované struktuře je napětí zadávané do PWM modulátoru vypočítáváno jako součet regulátoru okamžité hodnoty fázového proudu a kompenzačního napětí. Toto kompenzační napětí je vypočteno z průběhu okamžité hodnoty indukovaného napětí tak, že

kompenzační napětí předbíhá indukované napětí o úhel, jehož velikost roste přímo úměrně s napájecí frekvencí a velikostí žádaného momentu, resp. s efektivní hodnotou žádaného proudu. Výpočet úhlu probíhá podle vztahu:

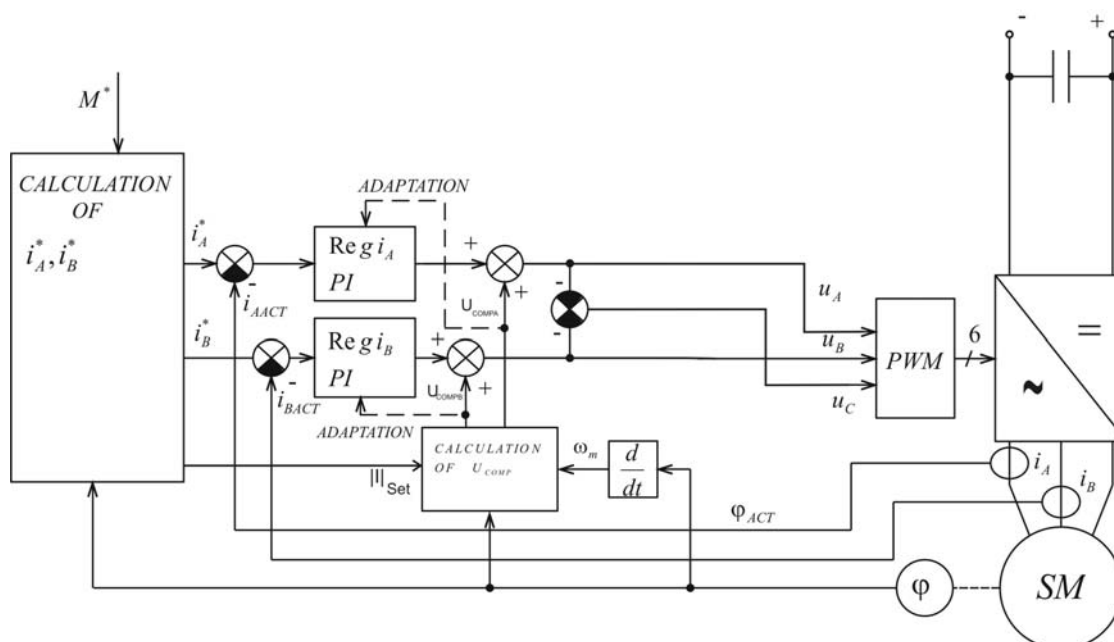
$$\varphi_U = \varphi_{U_i} + k \cdot I \cdot \omega \quad (5)$$

Závislost úhlu předstihu kompenzačního napětí před napětím indukovaným na proudu a frekvenci koresponduje se závislostí úbytku napětí na indukčnosti statorového obvodu na proudu a frekvenci.

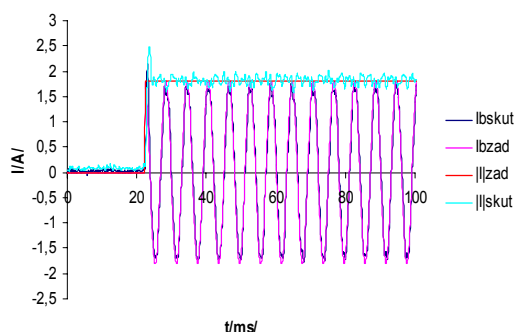
Blokové schéma regulační struktury je na obr. 3. Při řízení střídače byla využita symetrická asynchronní šířkově pulsní modulace s frekvencí 5kHz. S touto frekvencí bylo synchronizováno taktování výpočtu regulační struktury. Vzorkovací perioda výpočtu regulátoru odpovídá periodě aktualizace vstupů šířkově pulsního modulátoru při symetrické šířkově pulsní modulaci, tj. 100 μs . Se stejnou periodou je vyhodnocována i aktuální poloha rotoru stroje.

5. Výsledky testovacích měření

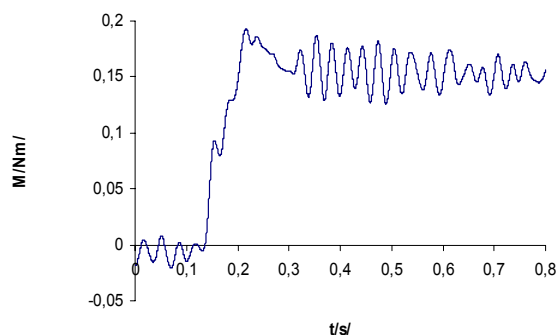
Na zkušebním pracovišti byla provedena řada testovacích měření v ustálených stavech i přechodných jevech. Vzhledem ke sledované aplikační sféře, tj. pohon turbokompresoru, a vzhledem k omezenému momentu dynamometru byl pohon testován jen v motorickém režimu. Při zkouškách byl dynamometr provozován v režimu otáčkové regulace, testovaný synchronní motor v režimu momentové regulace. Dosud byly zkoušky prováděny do otáček cca. 10000min^{-1} . Na následujících obrázcích jsou znázorněny průběhy žádaných (I_{bzad}) a skutečných (I_{bskut}) hodnot fázových proudů a amplitud fázových proudů - $|I|_{\text{zad}}$ - žádaná, $|I|_{\text{skut}}$ - skutečná - a momentu při přechodných jevech při změnách žádaných hodnot. Časové průběhy momentu na obr. 5 jsou změřeny tenzometrickým snímačem, který vyhodnocuje mechanickou reakci statoru dynamometru.



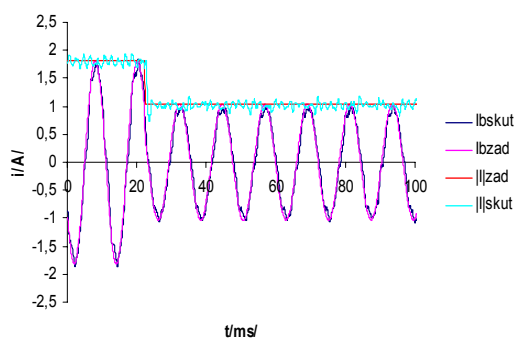
Obr. 3 Použitá struktura regulace rychloběžného motoru



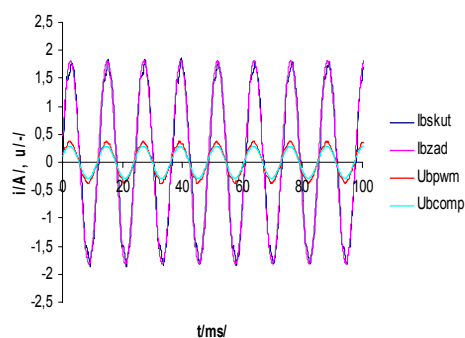
Obr. 4 Skok žádané hodnoty amplitudy proudů z 0 na 1,8A (0,14Nm) při $n=10\,000\text{min}^{-1}$



Obr. 5 Skok žádané hodnoty amplitudy proudů z 0 na 1,8A (0,14Nm) při $n=10\,000\text{min}^{-1}$ - záznam časového průběhu momentu sejmутý tenzometrickým snímačem



Obr. 6 Skok žádané hodnoty amplitudy proudu z 1,8A na 1A ($M=0,14 \rightarrow 0,08\text{Nm}$) při $n=5000\text{min}^{-1}$



Obr. 7 Průběhy žádané a skutečné hodnoty proudu a napětí na vstupu PWM modulátoru a kompenzačního v ustáleném stavu při 5000min^{-1} a $0,14\text{Nm}$

6. Závěr

Jak je zřejmé z naměřených průběhů, je kvalita regulace momentu pomocí popsané struktury dobrá v ustáleném stavu i v přechodných dějích při zachování jednoduchého řídicího algoritmu. Odladěná regulační struktura je v principu založena na predikci přibližného průběhu okamžitých hodnot napětí ve fázích statoru vypočtených z úhlového natočení rotoru, rychlosti otáčení a žádané hodnoty momentu. Regulátory proudů ve dvou fázích statoru zabezpečují pak jen menší korekce regulačních odchylek. Popsaná metoda je algoritmicky a regulačně nenáročná, má dobré regulační vlastnosti, avšak je vhodná jen pro aplikace, kde se nevyžaduje režim generátorického brzdění.

V současnosti připravujeme nasazení výkonnějšího regulátoru na bázi TMS320F2812. V souvislosti s použitím výkonnějšího regulátoru plánujeme zvýšení frekvence PWM na 20kHz a testování motoru při otáčkách do $40\,000\text{min}^{-1}$.

References

- [1] Čambál, M. - Novák, M. - Novák, J.: Study of Synchronous Motor Rotor Position Measuring Methods. In 13th International Conference on Electrical Drivers and Power Electronics. Zagreb, Croatia: KoREMA, 2005, p. 62-66. ISBN 953-6037-42-4.
- [2] Novák, M. - Čambál, M. - Novák, J.: Application of Sinusoidal Phase Current Control for Synchronous Drives. In ISIE 2006 International Symposium on Industrial Electronic [CD-ROM]. Montreal, Canada: IEEE Industrial Electronic Society, 2006, ISBN 1-4244-0497-5.
- [3] Čambál M. - Novák M. - Novák J.: Possibilities to Increase the Quality of Phase Current Control for Synchronous Motors, The 15th Mediterranean conference on Control and Automation - MED 07 - 27. - 29.6. 2007, Athina, Grece
- [4] Čambál, M. - Novák, M. - Novák, J.: Synchronous Motors Phase Current Adaptive Control. In *Proceedings of the 8th International Carpathian Control Conference*. Košice: Technical University, BERG Faculty, 2007, p. 91-94. ISBN 978-80-8073-805-1.

OPTICKÝ TAKTILNÍ SENZOR

The Optical Tactile Sensor

Jan Oliva

Abstrakt: Příspěvek se zabývá možností snímání taktilní informace a její přípravou pro zpracování počítačem

Key words: vodivá guma, paprsek světla, optické zařízení

1. Úvod

Ideou náhrady lidského hmatu se vědci intenzivně zabývají posledních 20 let. Bohužel žádný senzor nedokáže získat všechny taktilní informace, proto většina senzorů se zabývá snímáním síly a prokluzu. Tyto senzory pro získávání taktilní informace jsou založeny na mechanickém principu získávání taktilní informace, zejména síly a prokluzu. Tento princip se ale nejeví jako ten nejlepší, pokud jím budeme snímat prokluz. Při prokluzu se může stát, že systém dosáhne svého maxima a prokluz bude pokračovat nebo už počáteční podmínky budou identifikovat prokluz, přičemž k žádnému nedojde.

2. Snímání normálové a tangenciální síly

Náš senzor snímá sílu mechanicky tak, že se zatíží dotykové plochy senzoru. Ke členu s dotykovou plochou je připojena elektroda A. Druhá elektroda B je připojena ke kostře senzoru. Mezi elektrodami A a B je vložen vodivý elastomer. Zatlačíme-li na dotykovou plochu senzoru, vyvolá se tlak na vodivý elastomer. Vodivý elastomer mění svůj vnitřní elektrický odpor v závislosti na tlaku – zatěžující síle. Připojíme-li rezistor R do série k soustavě elektroda A – vodivý elastomer - elektroda B a uzavřeme obvod přes zdroj napětí U_v , lze poté na rezistoru získávat velikost napětí v závislosti na změně vnitřního odporu vodivého elastomeru. Vzniká tak lineární závislost mezi snímaným napětím a zátěžnou silou dle rovnice (1).

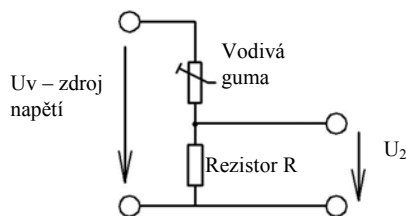
$$U_2 = k * F \quad (1)$$

kde U_2napětí získané na rezistoru [V]

k..... lineární konstanta [VN^{-1}]

F..... zatěžující síla [N]

Výše popsany princip snímání síly znázorňuje obrázek 1.



Obr.1 – Snímání normálové a tangenciální síly (elektrické schéma)

Získali jsme analogovou hodnotu napětí. Předpokládáme, že získané napětí bude malé, a bude potřeba ho zvětšit. K tomu použijeme klasický operační zesilovač. Protože počítače pracují většinou s digitální hodnotou, je potřeba analogovou hodnotu převést na digitální vhodným AD převodníkem.

3. Smyk a prokluz

Pro detekci smyku a prokluzu je použita, narozdíl od ostatních senzorů, optická soustava. Zdroj světla vyše paprsek, který se odrazí od povrchu předmětu (nejčastěji uchopený předmět). Odražený paprsek přijme vyhodnocovací člen – optický senzor. Ten dokáže z přijatého paprsku udělat mapu pixelů, jakýsi obrázek. Optický člen zachytává odražený paprsek s frekvencí, která je přímoúměrná frekvenci externího oscilátoru. Pomocí mapy získané z k -tého a $(k+1)$ paprsku, lze vyhodnotit posuv – skluz a tuto informaci lze zakódovat do digitální informace. Za prokluz objektu lze považovat pouze situaci, kdy je naměřena nějaká síla. Pokud bude vyhodnocen prokluz, ale nebude naměřena žádná síla, jde o falešný prokluz, kdy objekt se pohybuje blízko senzoru, avšak není v kontaktu se senzorem.

4. Shrnutí

Podařilo se nám získat taktilní informace – sílu a skluz. U síly známe její hodnotu a směr v pravoúhlém souřadném systému. U skluzu definujeme pouze dvě logické hodnoty – nastal / nenastal. Výše získané informace lze použít jako základ v náhradách lidského hmatu.

Literatura

- [1] Agilent, Agilent ADSN-2610 Optical mouse sensor. Datasheet. [online].
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9774EN.pdf>

ELEKTROMECHANICKÉ KMITÁNÍ JAKO MOŽNÝ DŮVOD VÝPADKŮ ELEKTROROZVODNÝCH SÍTÍ

Electromechanical Oscillation - Maybe some Reason of Blackouts of Power Lines

Ivan Uhlíř

Abstract: An article presents the influence of dynamic loading to declination of angle of voltage phasors in power electrical lines. Mechanical model of oscillation system in power lines is presented too.

Key words : Electromechanicals oscillations, Power lines, Phasor, Blackout.

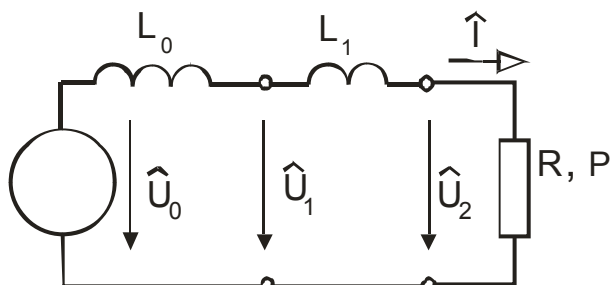
1. Úvod

Vyspělé státy se bojí opakování blackoutů, rozsáhlých plošných výpadků elektrorozvodných sítí. Poslední na jaře 2007 a zasáhl Evropu od Dánska po Itálii. První plošné výpadky byly v USA před 15 lety a dosud se opakují. Způsobují veliké národohospodářské ztráty, ohrožují technologie i přímo lidské životy, jsou postrachem civilizovaných zemí. Kdy přijdou další, budou i v ČR? Elektrorozvodné společnosti vydávají pro novináře komická vysvětlení náhodnými příhodami: Pád čápa na vedení, nebo náhodný zkrat kabelu. Co je však skutečnou příčinou blackoutů? Odborníci vysvětlují, že lokální přetížení linek, nedostatečný výkon zdrojů v systému, chybná manipulace v kritických okamžicích před výpadkem. Zatím ale málokdo vysvětluje dynamický jev při výpadku, co se v síti děje poslední vteřiny před jejím rozpadem. Datové záznamy z dispečinků zatím měly příliš řídké vzorkování. Intensivně, často utajovaně jsou zkoumány dynamické parametry elektrických sítí, zejména je v popředí zájmu statické a dynamické měření pružování fázového úhlu, z závislosti na zatížení. Měření probíhá mezi jednotlivými, často stovky vzdálenými místy, rozvodnami, v elektrorozvodné síti.

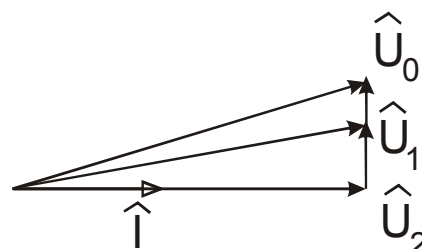
2. Závislost změn fáze fázoru sítě na jejím zatížení

Náhradní schéma části sítě, např. přípojky na rozvodnu je obr.1. U_0 je náhradní zdroj napětí sítě, L_0 je náhradní indukčnost sítě, chápáno na nadřazené rozvodně. V těchto hodnotách jsou zahrnuty hodnoty paralelně pracujících generátorů celé sítě a náhradní

impedance sítě, kterou získáme teoreticky výpočtem podle Theveninovy poučky, prakticky však hodnoty lze získat jen měřením impedance.



Obr.1.



Obr.2.

L_1 je indukčnost vedení vývodu k rozvodně, případně i rozptylové indukčnosti transformátorů v rozvodu. Při zatížení ohmickou zátěží, tj. zatížení činným výkonem s $\cos \varphi = 1$ se vyvine fázorový diagram znázorněný na obr. 2. Všimněme si, že jednotlivá napětí na distribuční lince se oproti sobě fázově posunou. Jejich fázový posuv bude přibližně úměrný odebíranému činnému výkonu.

$$\Delta\varphi \cong \frac{1}{k} P \tag{1}$$

Tato rovnice je analogická popisu chování mechanické pružiny

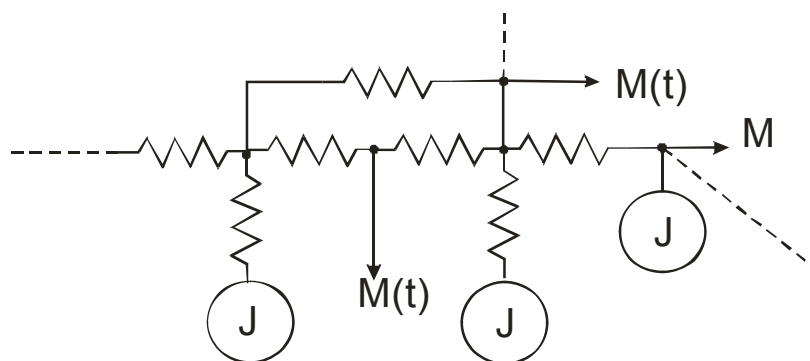
$$\Delta\varphi \cong \frac{1}{k} M . \tag{2}$$

Konstanty v rovnicích (1) a (2) a jejich analogie platí:

veličina, konstanta	elektrická analogie	mechanická
$\Delta\varphi$ [rad]	P [W] [MW]	M [Nm] [Nm]
$\frac{1}{k}$ poddajnost	$\frac{1}{k}$ el. poddajnost	$\frac{1}{k}$ mech. poddajnost

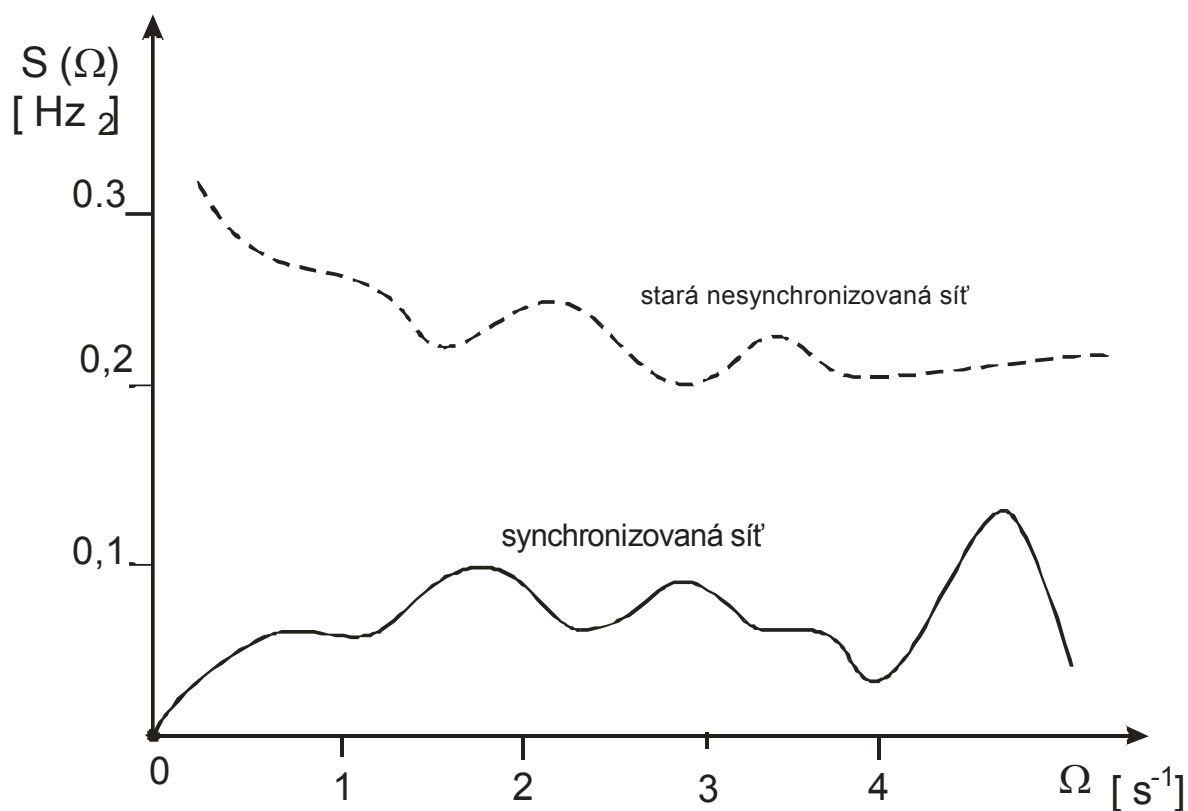
Úsek rozsáhlé elektrorozvodné sítě si lze na základě ukázané analogie představit jako složitou mechanickou soustavu na obr. 3, sestávající se z pružných členů na jejichž sít' jsou v různých uzlech připojeny hmotnosti, vzhledem k točivému systému si je raději představme jako momenty setrvačnosti generátorů a také motorů. Na tuto soustavu v různých uzlech dále působí točivé momenty v čase se měnící, tak jak se mění odebírané činné výkony spotřebičů, jak jsou tyto spotřebiče zapínány a odpojovány.

Tlumící účinky v této soustavě jsou malé a vytváří je především amortizační klece na rotorech generátorů, také připojené asynchronní motory. Literatura udává výsledný poměrný koeficient tlumení je kolem 0,15, u malých soustav, např. ostrovních sítí může být i pod 0,1. Časové kolísání výkonu zátěže a nerovnoměrnosti chodů generátorů a motorů budí ve kmitavé soustavě kolísání fázového úhlu, tedy i kolísání frekvence v určitém uzlu oproti koherentním průběhům.



Obr. 3

Příklad spektrogramu kolísání okamžité frekvence ukazuje obr. 4 ukazující na svislé ose výkonovou spektrální hustotu fluktuací výkonu v závislosti na frekvence na vodorovné ose.



Obr. 4

3. Závěr

Model elektrické rozvodné sítě je ve skutečnosti mnohem složitější než uvedené jednoparametrické zjednodušení. Ve skutečnosti jde o dvouparametrickou neautonomní

soustavu, ve které se vyskytují spojité nelinearity goniometrických funkcí místo zjednodušeného vztahu (1), navíc je soustava velmi rozlehlá a obsahuje i podstatné nelinearity některých spotřebičů, např. měřičů. Zjednodušení model však složí k vytvoření názoru, že jde o soustavu kmitavou, s malým tlumením. Pokud v ní působí opakující se rázové vzruchy, může dojít k rozkmitání soustavy takovou amplitudou oscilací fázorů, která má za následek překročení mezních povolených výkonů v linkách. Pak dojde k rozpojování linek, tím k dalším skokům činných výkonů, které vybudují další oscilace, a soustava se rozpadá.

Zvláště nebezpečná pro stabilitu soustavy jsou zařízení s velkými výkony, které jsou schopny se rychle měnit. Nebezpečí představují také točivé stroje s velkým momentem setrvačnosti, pokud současně nemají dostatečně velké tlumicí účinky. Takovým stroji jsou např. velké větrné elektrárny. Je velmi suspektní, že právě po zprovoznění velkého množství "větrných farem" v Německu a Dánsku se dochází k rozsáhlým výpadkům. Právě větrná elektrárna při poryvech větru rychle mění dodávaný výkon, z plné hodnoty až na nulu z jediné vteřiny. Problém není řešitelný regulací, neboť v soustavě není dostatečný zásobník energie, který by rychlý výpadek pokryl.

Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s činností autora na Výzkumném záměru č. MSM6840770035, Rozvoj ekologicky šetrné energetiky, jako inicializace výzkumu kmitání fázorů elektrických rozvodných sítí.

Literatura

- [1] Uhlíř I.: Vliv elektromagnetické rezonance alterátorů na paralelní chod elektrocentrál, Habilitační práce, Fakulta strojní ČVUT v Praze. 1991.
- [2] Mu W., Zhe Ch.: A Fast PLL Method for Power Electronic Systems Connected to Distorted Grids, TD-013986 IECON Taipei November 2007.
- [3] Hui W., Furong L., Yong K., Jian Ch., Xueliang W.: Experimental Investigation on Non Detection Zones of Active Frequency Drift Method for Anti-Islanding, TD-009148, IECON Taipei November 2007.

VÍCEOSOVÝ SNÍMAČ ROZLOŽENÍ TLAKŮ A SMYKU

Multi-axes Transducer of Pressure Distribution and Slip

Jaromír Volf, Karel Víték, Pavel Děd, Petr Novák, Jiří Šťastný, Josef Vlček

Abstrakt: Příspěvek se zabývá popisem víceosového snímače rozložení tlaků. Uvedený snímač je určený pro měření smykové a normálové síly, včetně rozložení tlaků, při studiu probíhajících dějů při pohybu v sypkých nebo tekutých materiálech.

Key words: víceosový snímač, rozložení tlaku, smyk, měření, vodivý elastomer

1. Úvod

S rozvojem automatizace je třeba stále více získávat informace o interakci pohybujících se částí, např. lopatek turbín, míchadel apod., s okolním prostředím a informace o probíhajících technologických operacích. Snímání kontaktních tlaků patří k důležitým charakteristikám vzájemného působení mezi systémy nebo jejich částmi. Dosud nikde neexistuje snímač, který by současně měřil tlaky působící na čelní plochu a současně měřil ve dvou osách smykové síly, které jsou způsobeny obtékáním sypkého nebo tekutého materiálu kolem snímače. Uvedené možnosti měření nabízí námi vyvinutý a vyrobený víceosový snímač.

2. Popis snímače

Jedná se o kompaktní přenosný přístroj, viz. Obr. 1 a 2.



Obr. 1 Pohled na snímač v sypkém materiálu



Obr. 1 Celkový pohled na snímač



Obr. 3 Čelní snímač rozložení tlaku

Uvedený víceosový snímač je složený ze dvou snímačů, z nichž jeden je umístěn na čelní ploše o velikosti 22 x 25 mm s 286 senzory o velikosti 1x1 mm, který měří rozložení tlaků na čelní plochu celého víceosového snímače, viz. Obr. 3. Konstrukce této části snímače principiálně vychází z využití závislosti změny odporu vodivého elastomeru na působícím tlaku.

Druhá část snímače je pevně spojená s čelním snímačem a je tvořena šesti osovým snímačem ve tvaru S, na němž jsou vhodným způsobem umístěny tenzometry, měřící deformaci tohoto nosníku v šesti osách, viz. Obr. 4 a 5.. Tento snímač měří smykové síly ve dvou osách a současně měří celkový tlak na čelní plochu celého víceosového snímače. Tím je umožněna korekce a současně autokalibrace čelního snímače. Celý snímač je umístěn v nerezovém pouzdrů včetně elektroniky čelního snímače.



Obr. 4 Detail tenzometrického S snímače

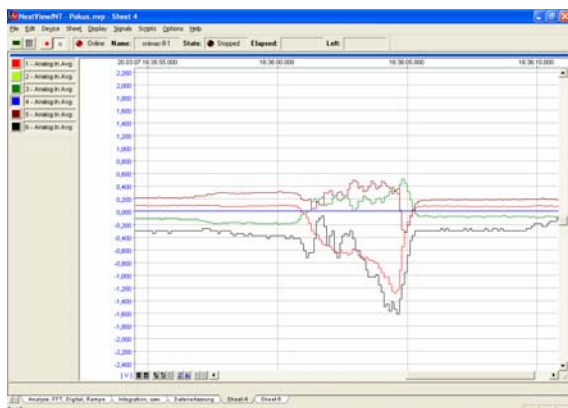


Obr. 5 Porovnání velikosti tenzometrického S snímače

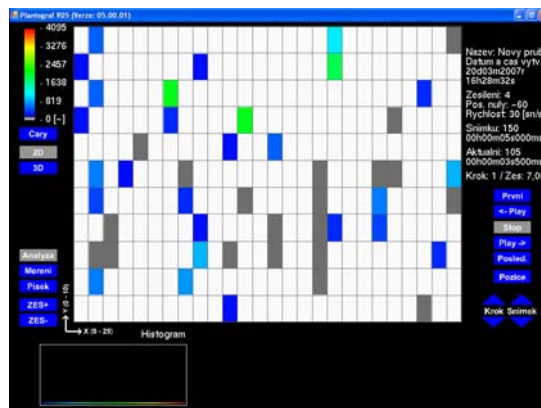
Výstupy tenzometrů jsou připojeny na tenzometrický můstek, čelní snímač přes komunikační elektroniku k PC. Při dynamickém měření jsou obě měření (čelní snímač a tenzometrický snímač) synchronizovány. Na Obr. 6 je znázorněny elektronické obvody uvnitř snímače. Obr. 7 ukazuje výstup z tenzometrického snímače, Obr. 8 pak rozložení tlaku z čelního snímače, měřícího rozložení tlaků.



Obr. 6 Elektronika snímače



Obr. 7 Výstup tenzometrického snímače



Obr. 8 Výstup z čelního snímače rozložení tlaků

3. Technická data

čelní měřicí plocha	25 x 55 mm
počet senzorů na čelní ploše	286
uspořádání senzorů	11 x 26
rozměr senzoru	1 x 1 mm
maximální normálová síla na čelní měřicí plochu	300 N
maximální normálová síla na jeden senzor	6 N
maximální smyková síla	100 N
snímací frekvence	30 snímků/s
rozměr snímače	30 x 60 x 160 mm

4. Shrnutí

Na vývoji snímače se podíleli pracovníci Fakulty strojní ČVUT v Praze z Ústavu přístrojové a řídicí techniky a Ústavu mechaniky, Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze z Katedry kybernetiky a Technické fakulty ČZU v Praze z Katedry elektrotechniky a automatizace.

References

- [1] VOLF, J. - VÍTEK, K. - DĚD, P. - NOVÁK, P. - ŠŤASTNÝ, J. – VLČEK, J.: Proporcionální snímač smykových sil a rozložení kontaktního tlaku. Patentová přihláška Patentové středisko TIC ČVUT, 2007-11-26.
- [2] VOLF, J. - VÍTEK, K. - DĚD, P. - NOVÁK, P. - ŠŤASTNÝ, J. – VLČEK, J.: Proporcionální snímač smykových sil a rozložení kontaktního tlaku. Užiténý vzor č. 18265, Praha, udělen 2008

ANALÝZA CITLIVOSTI JUSTÁŽE SLUNEČNÍHO DEROTÁTORU

The Sun Derotator Setting Analysis

Jiří Čáp

Abstrakt: Sluneční derotátor je optomechanické zařízení používané v astronomii pro kompenzaci natáčení obrazu z dalekohledu při spektroskopických měření. Protože se jedná o soustavu složenou ze tří odrazných ploch, kde vstupní a výstupní optická osa musí být ztotožněna s otočnou osou mechanickou, je justáž tohoto zařízení poměrně náročnou a citlivou procedurou.

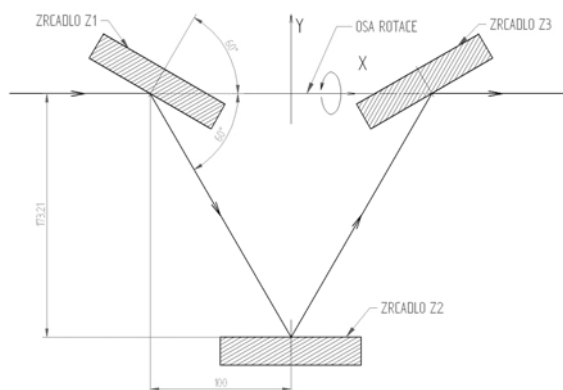
Key words: sluneční derotátor, astronomické přístroje, kompenzace, justáž

1. Úvod

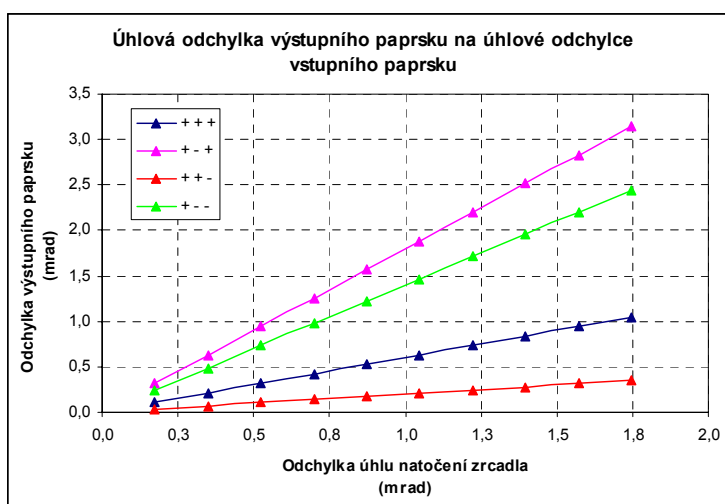
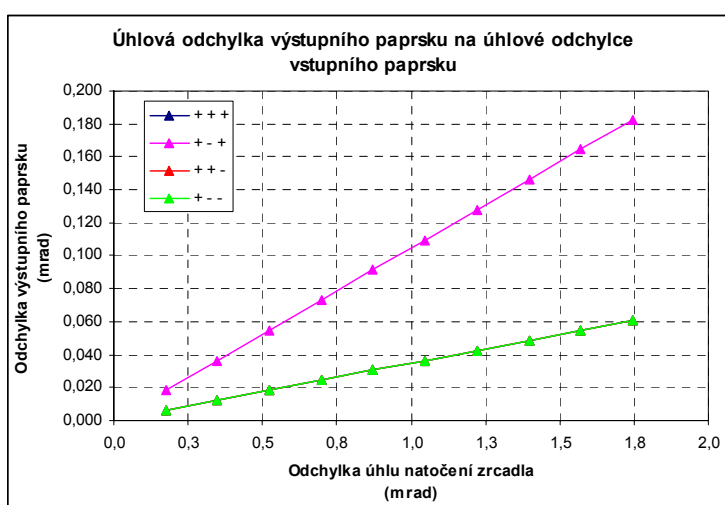
Optické zařízení zajišťující otáčení obrazu nebo naopak zařízení otáčení obrazu způsobené předchozí soustavou kompenzující lze realizovat například soustavou tří odrazných ploch. Tyto tři plochy mohou být vytvořeny na jednom dílu optického skla, pak se jedná o Abéův hranol. V případě větších příčných rozměrů svazku jsou obrazné plochy vytvořeny na jednotlivých rovinných zrcadlech umístěných v mechanickém rámu (Obr. 1). V případě hranolu je přesnost vzájemné polohy a sklonu jednotlivých ploch dána výrobními tolerancemi při optické výrobě, a ty mohou být dodrženy v potřebných mezích. V případě oddělených zrcadel je však situace složitější a jednotlivé prvky vyžadují možnost justáže při montáži. Vzhledem k tomu, že uvedený problém má mnoho stupňů volnosti (v podstatě 20), je justáž takové soustavy značně obtížná. Proto je vhodné dopředu odhadnout vliv odchylek v jednotlivých stupních volnosti na výslednou přesnost polohy a směru výstupního paprsku.

2. Vypočtené závislosti

Na následujících grafech jsou výsledky zjednodušeného výpočtu derotátoru, který počítá odchylky paprsku pouze v rovinném řezu. Znázorněné odchylky výstupního paprsku jsou počítány pro různé úhlové odchylky úhlu natočení všech tří odrazných zrcadel. Příslušné čtyři závislosti v grafu odpovídají kombinacím orientace odchylky od nominálního směru. První graf vyjadřuje odchylku směru výstupního paprsku, druhý graf pak příčnou odchylku paprsku ve vzdálenosti 100mm za třetím zrcadlem.



Obr 1. Optické schéma derotátoru



Obr 2. Grafy závislosti odchylky výstupního paprsku (úhlová odchylka a odchylka polohy) na úhlových odchylkách natočení zrcadel

Literatura

[1] Klabazňa J., Metodika určování tolerancí optických soustav s odraznými hranoly. *Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci*. 1984, Olomouc

KONSTRUKCE FÁZOVĚ DOPPLEROVSKÉHO ANEMOMETRU PRO URČOVÁNÍ VELIKOSTÍ BUBLIN V ŠIROKÉM MĚŘENÉM PROSTORU

Design of Phase Doppler Anemometer for Bubbles Dimension Determination in Large Volume

Jan Hošek

Abstract: This paper presents a design of phase Doppler anemometer applied for bubbles dimension distribution determination contained in the volume of 20 liters of super pure water. In other to inspect the all bubbles a phase Doppler technique has to be extended from local measurement volume to the large volume with cross section 1 cm^2 . This approach expects small number of bubbles in the measurement volume simultaneously to facilitate data processing.

Key words: Phase Doppler Anemometer, Bubble, Large Cross Section

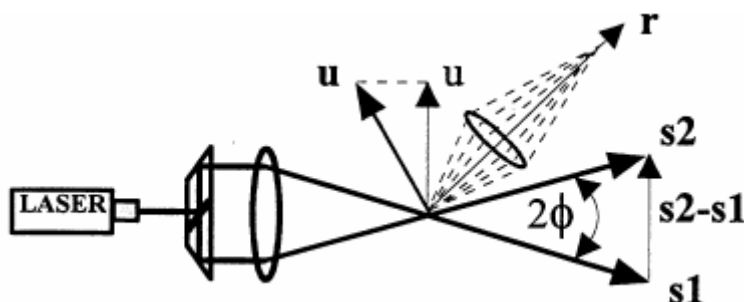
1. Úvod

Kavitační procesy vznikající v hydrodynamických strojích následky tlakových změn bublin obsažených v proudící tekutině hrají významnou úlohu na poškození a životnost všech jejich tuhých částí obtékaných tekutinami. Účinek kavitačního procesu závisí na řadě faktorů, jakými jsou například typ materiálu, rychlost a úhel dopadu a hlavně velikost a počet bublin nesených proudem. Zatímco první tři faktory jsou poměrně jasně dány hydraulickými a geometrickými parametry stroje, poslední dva faktory jsou obecně vlastností tekutiny a její historie [1]. Bubliny se do tekutiny mohou dostat turbulentním prouděním na rozhraní se vzduchem či obecně plyny, avšak mohou také vznikat lokálním varem uvnitř tekutiny v oblastech velkých smykových sil nebo záporných tlaků. Velikost takto vzniklých bublin se následně mění dle lokálních tlakových poměrů místa v tekutině, kde se daná bublina právě nachází. Z těchto důvodů může být rozdělení velikostí a počtu bublin v tekutině protékající hydrodynamickým strojem značně různorodé a obecně také časově proměnné. Pro určení aktuálního stavu rozdělení bublin v tekutině byla vyvinuta řada experimentálních metod shrnuté například v publikaci [2]. Tyto metody lze rozdělit na metody globální, sledující rozsáhlý měřený prostor – ultrazvukové metody, IPI – Interferometric Partical Imaging, holografické metody, Global Phase Doppler anemometrie a metody lokální sledující malý prostor metody, jako je měření rozptylu záření nebo Phase Doppler anemometrie, které však mohou mít kontinuální analogový výstup.

Zařízení popisované v tomto článku je vyvíjeno pro určení rozdělení velikostí a počtu všech zárodečných bublin v superčisté vodě o objemu 20 litrů. Aby bylo možné odhalit všechny bubliny od jisté kritické velikosti, musela být zvolena měřicí metoda s dostatečně vysokou vzorkovací frekvencí. Pro průtok tekutiny přes měřicí komoru o průřezu 1 cm² rychlostí 150 mm/s vychází čas kontinuálního měření cca 20 minut. Odtud při obvyklé tloušťce měřicího prostoru globálních metod 1 mm činí minimální vzorkovací frekvence měření globálními metodami, kde detektor je většinou CCD kamera s vysokým rozlišením, na 400 Hz. Pro dodržení této frekvence by bylo nutné použít rychlokameru. Běžné rychlokamery však nejsou schopné provádět kontinuální záznam po celou dobu experimentu a kameru s filmovým pásem nemáme k dispozici. Proto bylo nutné použít některou z lokálních metod s kontinuálním výstupem a rozšířit jejich měřicí prostor na rozměr průřezu měřicí komory.

2. Fázová Dopplerová anemometrie

Fázová Dopplerová anemometrie [3] je experimentální metoda pro určení rychlosti a velikosti částice procházející soustavou lokalizovaných interferenčních proužků dvou laserových svazků, jak je zobrazeno na obrázku 1.



Obr. 1 Schéma měření rychlosti částice pomocí Laser Dopplerovského anemometru.

Vlivem pohybu částice přes soustavu interferenčních proužků dojde vlivem Dopplerova jevu k frekvenčnímu posunu rozptýleného záření od obou osvětlovacích svazků. Ty pak ve vzdáleném poli interferují za vzniku optické zázněje, jejíž frekvence je úměrná velikosti složky rychlosti částice u v normále soustavy interferenčních proužků a lze ji určit ze vztahu:

$$f_d = f_1 - f_2 = f + \frac{\vec{u} \cdot (\vec{r} - \vec{s}_1)}{\lambda} - f - \frac{\vec{u} \cdot (\vec{r} - \vec{s}_2)}{\lambda} = \frac{2u \sin \phi}{\lambda} \quad (2.1)$$

Frekvence interferenčního zázněje částicí rozptýleného záření je do všech směrů stejná, avšak mění se čas jeho příchodu. Pro případ, kdy nebude použit pouze jeden snímač intenzity rozptýleného záření, ale dva nebo více snímačů vůči sobě úhlově posunutých, budou všechny snímače detektovat stejný zázněj, avšak fázově posunutý. Pro hodnotu fázového posunutí lze na základě geometrické optiky odvodit vztahy:

$$\Phi_{12} = C_2 d = \frac{2\pi d}{\lambda} \frac{\sin \phi \sin \psi}{\sqrt{2(1 + \cos \phi \cos \psi \cos \theta)}} \quad (2.2)$$

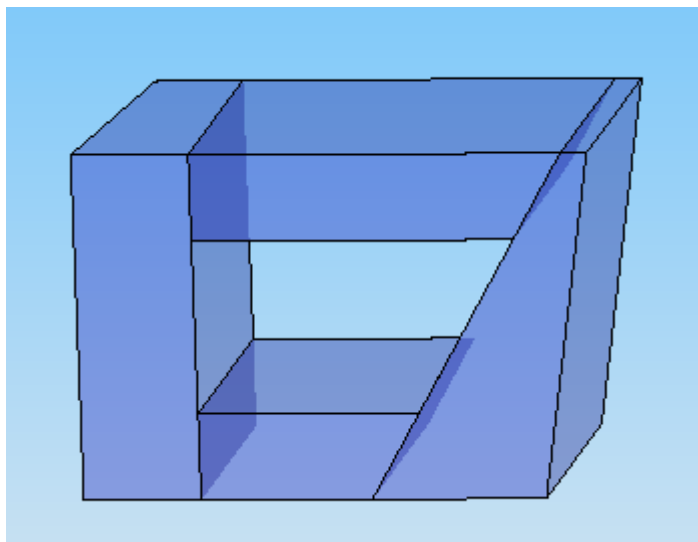
pro odražené paprsky a:

$$\Phi_{12} = -C_1 d = -\frac{2\pi d}{\lambda} \frac{n \sin \phi \sin \psi}{\sqrt{2(1 + \cos \phi \cos \psi \cos \theta) [1 + n^2 - n\sqrt{2(1 + \cos \phi \cos \psi \cos \theta)}]}} \quad (2.3)$$

pro lomené paprsky, kde d je průměr částice, λ je vlnová délka, n je relativní index lomu, ϕ je poloviční úhel mezi ozařujícími svazky, θ je úhel rozptylu a ψ je úhel snímačů nad a pod rovinu obou svazků. Protože tyto funkce jsou různé, dochází obecně ke zkreslení vyhodnocení měření velikosti částice. Nicméně je možné nalézt pro daný relativní index lomu částice n hodnotu rozptylného úhlu θ takovou, že hodnoty fází Φ obou závislostí jsou shodné [4]:

$$\theta = \arccos \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \cos \psi} (2n^2 - 1) \right], \text{ pro } n < 1 \quad (2.4)$$

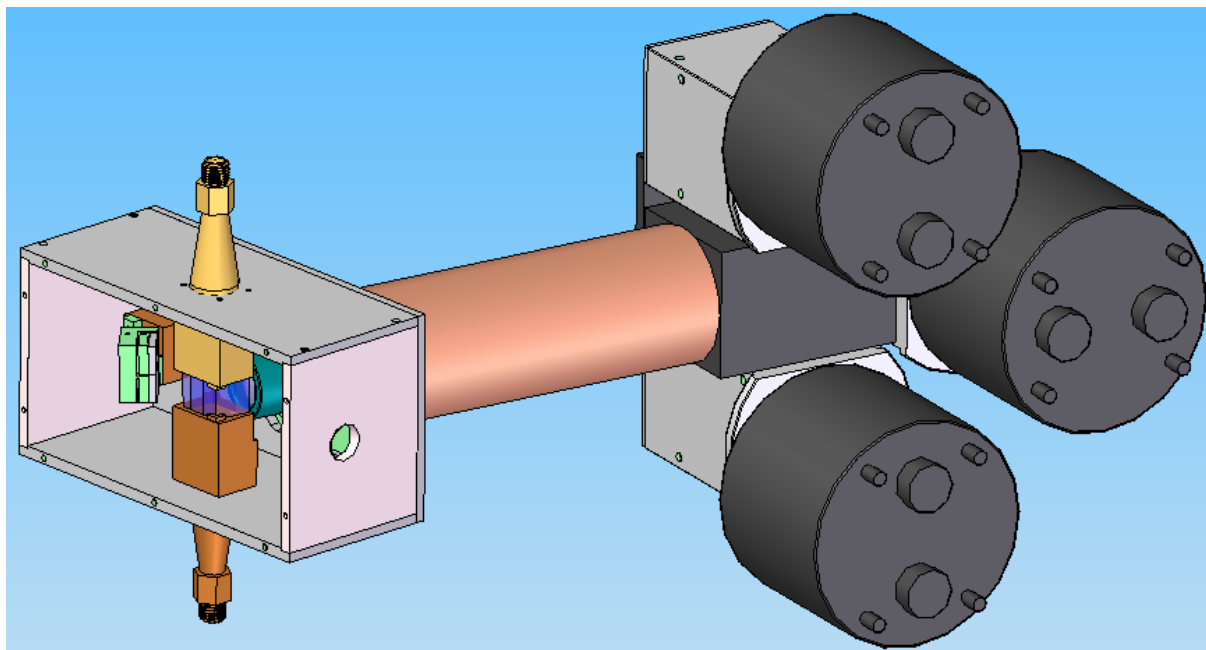
Pro vzduchovou bublinu ve vodě $n = 0,752$ a uvažované úhly $\phi = 3^\circ$ a $\psi = 4^\circ$ vychází jako optimální úhel pro měření hodnoty fázového posunutí $\theta = 82,47^\circ$. Nevýhodou tohoto úhlu měření rozptýleného světla je nízká účinnost rozptylu, takže bude nutné pro měření použít velmi citlivé fotodetektory – fotonásobiče a minimalizovat vliv nežádoucího rozptýleného světla. Aby bylo možné měřit pomocí fázově Dopplerovské anemometrie pod požadovaným úhlem θ celý průřez měřeného profilu, zkonstruoval jsem měřicí komoru tak, aby bylo možné měřit celý profil pod libovolným úhlem $\theta = 90^\circ - 60^\circ$ a přitom osvětlovací svazky vystupovaly z měřicí komory v horizontální rovině. Konstrukce navržené měřicí komory je zobrazena na obrázku 2:



Obr. 2 Konstrukce komůrky pro měření rozptýleného záření z celého profilu pod úhly $\theta = 90^\circ - 60^\circ$.

Na základě směrové citlivostní analýzy metody fázové Dopplerovské anemometrie pro zvolený úhel měření byl navržen a zkonstruován celý experimentální stand, na kterém bude měření probíhat. Pro minimalizaci vlivu rozptýleného záření je celé zařízení světlotěsně uzavřeno a nežádoucí záření je eliminováno soustavou clon a optických pastí. Přesto konstrukce umožňuje značnou variabilitu volby měřicího úhlu a předpokládá se její doplnění o možnost globálního měření difrakčních obrazců jednotlivých bublin pomocí externí

trigované CCD kamery pro detekci bublin velmi malých rozměrů. Ukázka konstrukce experimentálního zařízení je uvedena na obrázku 3:



Obr. 3 Konstrukce celého experimentálního zařízení pro měření rozdělení velikosti zárodečných bublin v superčisté vodě pomocí metody fázové Dopplerovské anemometrie.

3. Závěr

Bylo navrženo experimentální zařízení pro měření rozdělení velikosti zárodečných bublin v superčisté vodě pomocí metody fázové Dopplerovské anemometrie. Měřený prostor v tomto zařízení vyplňuje celý profil komůrky o rozměru 1 cm^2 . Nejistota určení fázového posunutí v důsledku přítomnosti záření pod jinými než návrhovými úhly θ , ϕ a ψ je omezena soustavou clon tak, dosahovala maximální odchylky 3%. Celé zařízení bude vyrobeno a uvedeno do experimentálního provozu v druhé polovině roku 2008.

Tento projekt je podporován grantem GA ČR č. 101/07/1612.

Literatura

- [1] C. E. Brennen, *Cavitation and Bubble Dynamics*, Oxford University Press, New York, 1995.
- [2] J.-P. Franc, J.-M. Michel, *Fundamentals of Cavitation*, Kluwer Academic Publisher, New York, 2004.
- [3] H.-E. Albrecht, N. Damaschke, M. Borys, C. Tropea, *Laser Doppler and Phase Doppler Measurement Techniques*, Springer, Berlin, New York, 2002.
- [4] H. Qiu, W. Jia, Ch.-T. Hsu, M. Sommerfeld, High accuracy optical particle sizing in phase-Doppler anemometry, *Meas. Sci. Technol.* **11**, 142-151, 2000.

GRADIENTNÍ OPTICKÉ PRVKY

Gradient Index Optical Components

Pavel Kajnar

Abstract: Gradient index optical components are the possibility how to achieve requested optical assemblies optical properties by the help of smaller number of components or without need of use aspheric optics. This part of optics is known more than 100 years but nowadays by the help of modern technologies it's possible to get desired optical components properties.

Key words: Gradient Index, Optics, Radial Gradient, Axial Gradient, GRIN, AGRIN

1. Úvod

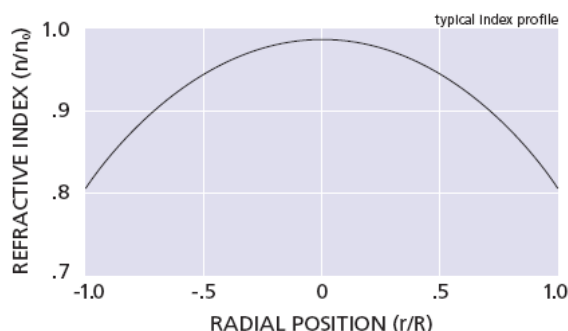
Ve většině případů dnes běžně používaných optických elementů jsou tyto vyrobeny z optického skla, jež můžeme považovat za izotropní a homogenní prostředí. Paprsky, šířící se tímto prostředím mají tvar přímky. Jestliže však světelný paprsek prochází prostředím, ve kterém hodnota indexu lomu závisí na souřadnicích $n = n(x, y, z)$, vykazuje dráha paprsku tvar obecné křivky. Tento typ čoček nazýváme gradientními, často označovány jako prvky GRIN (GRadient INdex). Pod tímto označením je myšleno rotační symetrické rozložení indexu lomu kolem optické osy. Čočky, u nichž je index lomu proměnný v závislosti na poloze ve směru osy z , jsou označovány zkratkou AGRIN (Axial GRadient INdex).

2. Gradientní optika radiální (GRIN)

V současné době nejvíce používané rozložení indexu lomu je rozložení radiální, mající průběh hodnoty indexu lomu v závislosti na vzdálenosti r od osy z , který podle [1] můžeme vyjádřit pomocí řady

$$n(r) = n_0 \cdot \left(1 - \frac{A \cdot r^2}{2} + h_4 \cdot r^4 + h_6 \cdot r^6 + \dots \right) \quad (2.1)$$

kde $n(r)$ je index lomu v příslušné vzdálenosti od osy z , n_0 index lomu na optické ose a A, h_i jsou konstanty.



Obr. 1 – Průběh indexu lomu v závislosti na poloze od optické osy, typický pro materiály SELFOC®

Podle [5] se můžeme omezit pouze na první dva členy rozvoje a vztah (2.2) tak zjednodušit do tvaru

$$n(r) = n_0 \cdot \left(1 - \frac{A \cdot r^2}{2} \right) \quad (2.2)$$

Podle [2] můžeme závislost hodnoty indexu lomu na vzdálenosti od optické osy vyjádřit také pomocí vztahu

$$n(r) = n_0 \cdot \sec h(\sqrt{A} \cdot r) \quad (2.3)$$

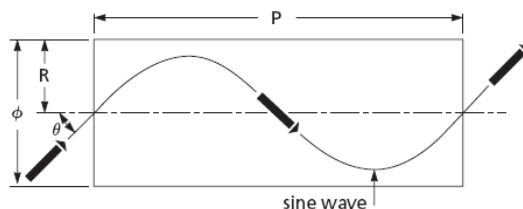
kde \sqrt{A} vyjadřuje tzv. gradientní konstantu, charakterizující strmost změny indexu lomu s měnící se vzdáleností od optické osy. Světelný paprsek se uvnitř radiální gradientní čočky pohybuje po sinusoidě, jejíž perioda je dána právě gradientní konstantou. Velikost periody potom nezávisí na úhlu, pod kterým světelný paprsek do čočky vstupuje a podle [5] ji můžeme určit ze vztahu

$$P = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{A}} \quad (2.4)$$

Dalším důležitým parametrem je mezní úhel, pod kterým může světelný paprsek do čočky vstupovat. Podle [5] pro něj platí

$$\theta = \arcsin(n_0 \cdot R \cdot \sqrt{A}) \quad (2.5)$$

kde R je poloměr čočky.



Obr. 2 – Dráha světelného paprsku uvnitř gradientní čočky

V případě, že známe délku čočky L , můžeme pomocí gradientní konstanty podle [2] jednoduše určit další známé, optické prvky charakterizující parametry:

$$f' = \frac{1}{n_0 \cdot \sqrt{A} \cdot \sin(\sqrt{A} \cdot L)} \quad (2.6)$$

$$s_F = \frac{1}{n_0 \cdot \sqrt{A} \cdot \tan(\sqrt{A} \cdot L)} \quad (2.7)$$

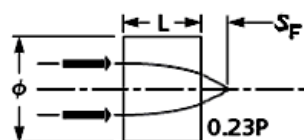
$$s_H = \frac{1}{n_0 \cdot \sqrt{A}} \cdot \tan\left(\frac{L \cdot \sqrt{A}}{2}\right) \quad (2.8)$$

$$s' = \frac{1}{n_0 \cdot \sqrt{A}} \cdot \frac{n_0 \cdot \sqrt{A} \cdot s \cdot \cos(L \cdot \sqrt{A}) + \sin(L \cdot \sqrt{A})}{n_0 \cdot \sqrt{A} \cdot s \cdot \sin(L \cdot \sqrt{A}) - \cos(L \cdot \sqrt{A})} \quad (2.9)$$

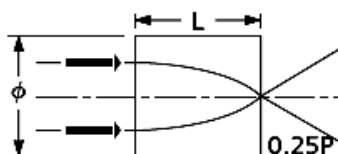
$$\beta = \frac{-1}{n_0 \cdot \sqrt{A} \cdot \sin(L \cdot \sqrt{A}) \cdot \left[s - \frac{1}{n_0 \cdot \sqrt{A}} \tan(L \cdot \sqrt{A}) \right]} \quad (2.10)$$

kde f' je ohnisková vzdálenost gradientního prvku, n_0 index lomu na optické ose, \sqrt{A} gradientní konstanta, s_F a s_H poloha předmětového ohniska a poloha předmětové hlavní roviny, s a s' předmětová a obrazová sečná vzdálenost, β příčné zvětšení.

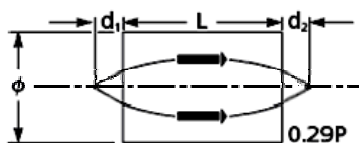
Výhoda gradientní optiky spočívá především v sinusové trajektorii paprsku uvnitř materiálu, díky níž můžeme volbou vhodného poměru délky čočky ku periodě sinusoidy dosáhnout požadovaného chování optického prvku. Na následujících příkladech jsou uvedeny nejpoužívanější případy.



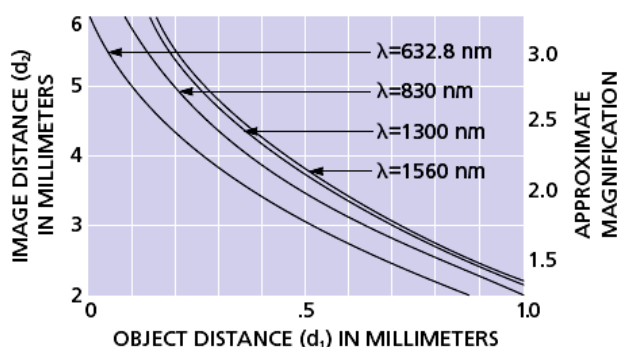
Obr. 3 – LGT GRIN lens: $L = 0,23 \cdot P$. Rovnoběžný svazek paprsků je čočkou fokusován do ohniska. Obraz vzniká vně čočky.



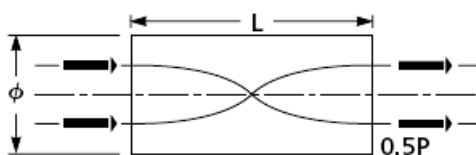
Obr. 4 - LGS GRIN lens: $L = 0,25 \cdot P$. Obraz předmětu v nekonečnu vzniká převrácený a na odlehlém konci čočky.



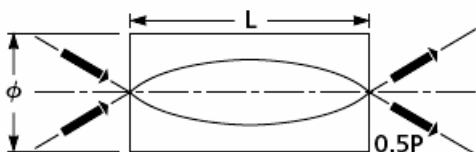
Obr. 5 - LGE GRIN lens: $L = 0,29 \cdot P$. Daný předmětový bod ve vzdálenosti d_1 je pro různé vlnové délky zobrazen do bodu d_2 , viz. Obr. 6



Obr. 6 – Závislost obrazové sečné vzdálenosti na vzdálenosti sečné předmětové při zobrazení světlem dané vlnové délky radiální gradientní čočkou o délce $L = 0,29 \cdot P$



Obr. 7 - LGD GRIN lens: $L = 0,5 \cdot P$. Rovnoběžný svazek světla je transformován opět ve svazek rovnoběžný, avšak převrácený.



Obr. 8 - LGD GRIN lens: $L = 0,5 \cdot P$. Předmět na přilehlém konci čočky je zobrazen na odlehlém konci jako převrácený.

3. Gradientní optika axiální (AGRIN)

V případě, že hodnota indexu lomu je konstantní vzhledem k souřadnicím x, y a je funkcí souřadnice z , nazýváme optické prvky axiálně gradientními. Úkolem těchto čoček ve většině případů není modifikace zobrazení jako takového, ale slouží především jako korekční členy pro potlačení aberací. Jak ukázal P. J. Sands v [4], hodnota korekce monochromatických vad,

jíž je dosaženo pomocí axiální gradientní optiky, je stejná, jako při použití asférické optiky. Podle [1] můžeme obecně říct, že libovolný asférický člen je možné nahradit členem sférickým s axiálně proměnným indexem lomu při zachování stejného stupně korekce až do třetího řádu aproximace. Při použití gradientní optiky namísto asférického členu musíme však počítat s jedním důležitým rozdílem, a to rozdílnou proměnností profilu indexu lomu s vlnovou délkou. Dále platí, že asférickými prvky není možné korigovat barevnou vadu v paraxiálním prostoru. Tato skutečnost však neplatí v případě použití axiální gradientní optiky. Díky proměnlivosti profilu indexu lomu s vlnovou délkou je možné podstatným způsobem korigovat změnu sférické aberace a v případě, že hodnota indexu lomu ve směru od předního k zadnímu povrchu čočky roste, můžeme ovlivnit také barevnou vadu v paraxiálním prostoru. V závislosti na disperzi materiálu gradientního prvku, může být sférická aberace měněna nezávisle na korekci vady monochromatické.

Nejjednodušším příkladem axiálního gradientu indexu lomu je průběh lineární, který můžeme vyjádřit vztahem

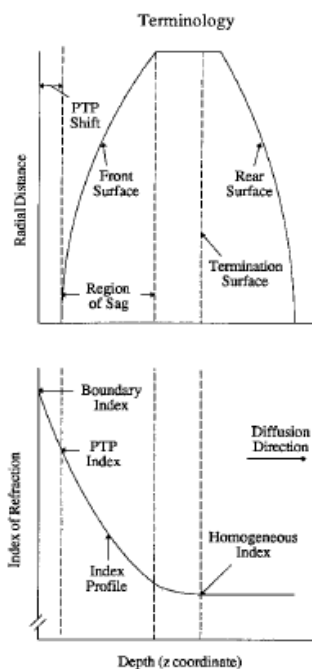
$$N(z) = N_{00} + N_{01} \cdot z \quad (3.1)$$

Koeficient N_{01} je další stupeň volnosti, který můžeme použít pro korekci monochromatických vad třetího řádu, kromě zklenutí pole. Zde jsou dvě možnosti, jak dosáhnout požadovaných parametrů. V případě, že index lomu není proměnný v celé délce čočky (viz. Obr. 9), můžeme podle [3] velikost změny indexu lomu, potřebnou pro úplnou korekci sférické aberace třetího řádu a komy, vyjádřit vzhledem k clonovému číslu c vztahem

$$\Delta n = \frac{\left[\frac{0,0375}{(N_{00} - 1)^2} \right]}{c^2} \quad (3.2)$$

kde N_{00} je základní index lomu, Δn rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou indexu lomu a c clonové číslo.

Z výše popsaných příkladů vyplývá, že výhody tohoto druhu optiky spočívají především v možnosti nahrazení složitých optických soustav menším počtem členů gradientní optiky. Prvky gradientní optiky je možné vyrobit na míru dle požadovaného průběhu hodnoty indexu lomu uvnitř materiálu a dosáhnout tak parametrů specifických pro danou konkrétní aplikaci.



Obr. 9 – Příklad průběhu hodnoty indexu lomu uvnitř axiálně gradientní čočky

4. Závěr

V práci byla popsána základní podstata gradientní optiky s uvedením některých možných příkladů její aplikace. V současné době jsou gradientní optické prvky dále používány jako převraccí optické členy nebo také v optických modelech lidského oka, či kopírovacích strojích a jejich aplikační oblast se stále rozšiřuje

Použité zdroje

- [1] BASS, Michael, et al. *Handbook Of Optics, Volume II : Devices, Measurements, and Properties*. BassMichael. [s.l.]: McGraw-Hill, Inc, 1995.1496 s. ISBN 0-07-047974-7.
- [2] GRINTECH GmbH \ "Gradient Index Optics Technology\ " [online]. 2007 , 20. září 2007 [cit. 2007-11-20]. Dostupný z WWW: <http://www.grintech.de/e_main_grin.htm>.
- [3] KINDRED, D. S. *Development of New Gradient Index Glasses for Optical Imaging Systems [s.l.]*, 1990. Univ. of Rochester. Dizertační práce. pp. 207-210
- [4] SANDS, P. J. *Third-Order Aberrations of Inhomogenous Lenses. : J. Opt. Soc. Am.*, 1970. pp. 1436-1443
- [5] *Chapter 15 : Gradient Index Lenses [online]*. 1999 [cit. 2007-12-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.mellesgriot.com/pdf/0015.16-15.20.pdf>>. <<http://www.physikinstrumente.com/en/products/prdetail.php?sortnr=200900>>.
- [6] MIKŠ, A., *Aplikovaná optika 10* (Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000).

UHLÍKOVÉ KOMPOZITY V KONSTRUKCI VZDUCHOLODÍ

Graphite Composites used in the Airship Design

Petr Mareček

Abstract: The question number one in the airship design is the weight of entire parts of the airship. To increase load capacity of the airship is necessary to minimize weight of parts and still keep sufficient safety factor and functionality. Composites materials based on carbon fibers are characterized by high strength, stiffness and low weight. Lamination technology destined for single-part or small-lot production allows produce almost any shape that cannot be produce by classic methods like machining or bending sheets. Carbon fibers can be combined with other composite or metallic materials thereby markedly lighten construction, because you can eliminate connection via screws or rivets.

Key words: Carbon fiber, Lamination, Composite, Airship, Gondola.

1. Vlastnosti uhlíkových vláknových kompozitů

Vláknové kompozity jsou tvořeny maticí nejběžněji polymerní vyztuženou vlákny s vysokou pevností či vysokým modulem pružnosti. Jelikož charakteristické hodnoty pevnosti a tuhosti se projevují jen ve směru vláken, jsou vlastnosti výsledného kompozitu ovlivněny orientací vláken v něm. Při výrobě kompozitních dílů se vlákna kladou ve vrstvách v různých směrech lze tak dosáhnout plošně izotropního materiálu. Na druhou stranu lze orthotropie vláken využít pro upřednostnění některého směru, ve kterém je součást značně namáhána.

Nejběžnější používaná vlákna pro výrobu kompozitů jsou skleněná, aramidová, borová a uhlíková. Pro speciální účely existuje celá řada vláken kovových (W, Be), přírodní (bavlna, hedvábí, len), minerální (křemenná skla). Vlastnosti nejrozšířenějších vláken jsou zobrazeny v *tabulce 1* v porovnání s klasickými konstrukčními materiály. Mechanické vlastnosti se pro účely srovnání kompozitů s klasickými materiály většinou uvádějí v měrných veličinách tedy vztažených na hustotu. Vzhledem k rozsahu článku zde uvádím pouze absolutní veličiny. Z tabulky je patrné, že uhlíkové kompozity z hlediska mechanických veličin převyšují hliníkové slitiny a v měrných jednotkách převyšují i vlastnosti ocelí.

Důležitou vlastností uhlíkových vláken je nízká teplotní roztažnost, dokonce v rozsahu teplot 0÷250 °C je součinitel teplotní roztažnosti záporný $\alpha = -1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. V kombinaci s epoxidovou maticí je pak teplotní roztažnost $\alpha = 1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Epoxidová pryskyřice má nejlepší přilnavost (smáčivost) s uhlíkovými vlákny. Uhlíková vlákna jsou chemicky a tepelně

odolná. U kompozitů je teplotní odolnost dána maticí většinou do 160°C. Dobře tlumí vibrace.

Tab. 1

Materiál	Hustota ρ [kg·dm ⁻³]	Mez pevnosti v tahu R_m [MPa]	Modul pružnosti v tahu E [GPa]
Sklo typ E	2,54	3500	72
Uhlík	1,90	2500	240
Bór	2,63	2800	210
Aramid (Kevlar 29)	1,44	3620	59
Dřevo	0,2÷0,8	100	10
Plasty	0,9÷1,8	100	2
Slitiny hliníku	2,76	100÷600	76
Ocel	7,85	340÷2100	210

2. Technologie výroby – laminování

Výrobní proces laminovaných kompozitních dílů se skládá ze tří hlavních částí – výroba formy, pokládání a sycení tkaniny maticí, vytvrzení. Výroba formy je časově nejnáročnější a mnohdy i technologicky složitá. V kusovém či malosériovém měřítku se lze setkat s formami z polystyrenu, dřeva či umělého dřeva. Nejrychlejší na výrobu a nejméně nákladné je řezání polystyrénových bloků odporovým drátem a jejich složení do výsledné podoby formy. Polystyrénové formy málokdy vydrží více jak jedno či dvě zaformování. Pro více kusů se vyplácí forma dřevěná, kde je tvar většinou frézován na NC strojích. Dřevěná forma oproti polystyrénové je tužší a lépe leštitelná. Další moderní možností výroby formy je využít technologie rapid-prototype. Při návrhu formy je nutné počítat s rozměrovým přírůstkem na separační a ochranné vrstvy. Čistá hladká forma je několikrát lakována a opatřena separačním nátěrem (vosk, silikon, speciální pryskyřice), aby se po vytvrzení laminát nepřilepil k formě a bylo jej možné jednoduše vyjmout.

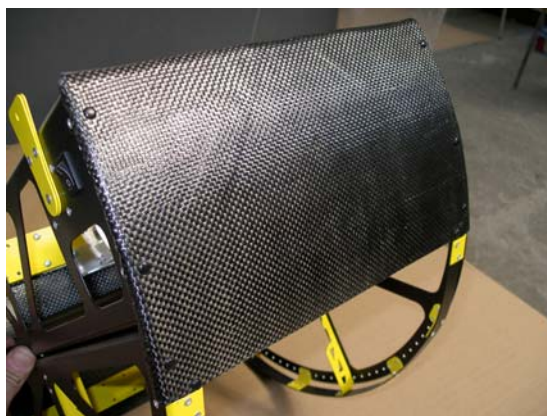
Pokládání tkaniny je provázáno sycením pryskyřicí nejčastěji epoxidovou. Na trhu existují stovky druhů pryskyřic jejichž parametry jsou viskozita, doba zpracovatelnosti, doba tuhnutí (za pokojových teplot či v peci), teplotní odolnost, hustota, chemická odolnost, biokompatibilita a další. O něco snazší je výběr výztuží ve formě tkaniny, pásek či rovingu. Volba materiálu závisí na požadovaných mechanických vlastnostech viz. *tabulka 1* a technologii zpracování. Samotná laminace probíhá pokládání jednotlivých vrstev s požadovanou orientací vláken střídaná prosycováním pryskyřicí. Uhlíková vlákna během vytvrzování do sebe nasáknou až 50% pryskyřice, prosycení tedy musí být dostatečné, aby nedocházelo k oddělení jednotlivých vrstev od sebe nebo vzniku děr. Po prosycení poslední vrstvy se celá plocha pečlivě stlačí – válečkováním nebo přiložením druhého dílu formy a zatížením. Další možností je vakuování resp. potažení povrchu fólií, která je po obvodu formy utěsněna a přes uzavíratelný ventil vysát veškerý vzduch. Podtlak je třeba udržovat alespoň polovinu doby vytvrzování.

Vytvrzení probíhá buď za pokojových teplot nebo za zvýšených teplot dle volby použité matrice. Doba vytvrzení i zpracování je závislá na použitém tvrdidlu a je volitelná v širokém rozsahu časů. Po vytvrzení již zbývá jen vyjmutí z formy, očištění a případné přebroušení a povrchová úprava.

3. Konstrukční kompozitní prvky na vzducholodi

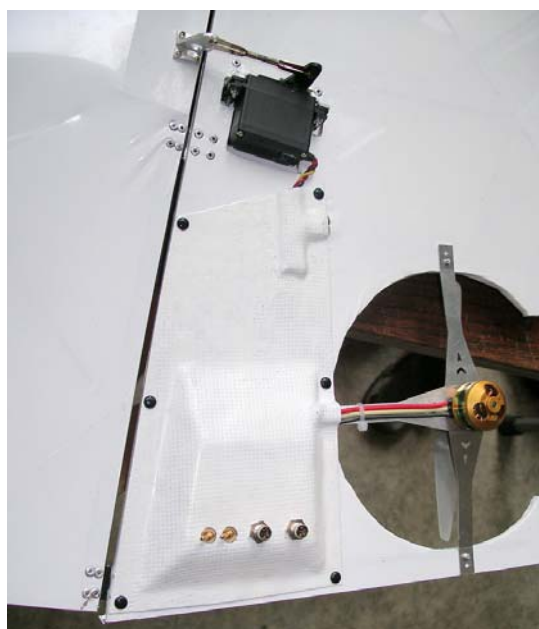
Z předchozích kapitol jasně vyplývá, že použití uhlíkových dílů přináší sebou značnou úsporu hmotnosti při zachování mechanické tuhosti, možnost výroby spojitých hladkých ploch, vzhledově atraktivní povrchy součástí, a to při relativně nenáročném výrobním procesu. Ukázky již realizovaných komponent pro vzducholod' jsou zobrazeny a popsány níže. Veškeré zmíněné díly jsou vlastní výroby.

Kryty a přepážky oddělené gondoly obr. 1 nesoucí řídicí elektroniku, navigační jednotku, IR a vizuální kameru jsou laminovány na jednostrannou pozitivní formu ze tří vrstev uhlíkové tkaniny prosycené epoxidovou pryskyřicí. Tloušťka stěny uhlíkové přepážky/krytu je 0,8 mm. V prvních verzích našich gondol jsme používali přepážky z 1 mm tlusté překližky. V tomto případě jsou obě varianty hmotnostně rovnocenné. Významným přínosem použití krytů z uhlíku spočívá v možnosti vytvoření záhybů kolem hran a tím zpevnění celé plochy. Díky tomu se nosná konstrukce z duralového plechu obejde bez přidavných přepážek, které celou gondolu vyztužovali a je celkově odlehčena o 300 g. V tomto případě byl uhlíkový laminát volen zejména pro jeho jednoduché tvarování a estetický dojem.



Obr. 1 Čelní kryt gondoly pro devítimetrovou vzducholod'. Rám je tvořen z duralových ohýbaných plechů snýtovaných k sobě (černý a žlutý lak). V přední a zadní části jsou použity uhlíkové díly.

Kryt kabeláže a regulátorů směrovky obr. 2 opět využívá možnosti lehkého tvarování uhlíku. Díky tloušťce křídla tvořeného 5 mm silnými smrkovými profily potaženými nažehlovací fólií, je problematické do tak malých rozměrů vměstnat jakékoliv konektory, regulátory či kabely. Vytvarováním uhlíkového krytu je získáno potřebné místo pro uložení regulátorů pro pomocné motory směrovky, kabeláže propojující motory přes regulátory ke konektorům a samotné konektory. Celý kryt je uchycen k tělu směrovky snímatelnými plastovými nýty, aby bylo možné v případě poruchy snadno kryt demontovat. Kryt je vyroben jen ze dvou vrstev uhlíkové tkaniny laminované do pozitivně-negativní formy. Díky oboustrannému zaformování a následném zatížení je tloušťka krytu konstantní 0,5 mm a bez vzduchových mezer, které mohou vznikati při nesprávném přilnutí jednotlivých vrstev tkaniny.



Obr. 2 Kryt směrovky je osazen dvěma konektory s ochranou IP67 a dvěma zlatými konektory pro napájení pomocných motorů směrovky. Celý kryt je nalakován ve shodné barvě se směrovkou.

Aerodynamicky profilovaný kryt měřící planžety slouží k zakrytí tenzometrů nalepených na planžetě v zařízení pro měření charakteristik vrtulových pohonů. Jelikož celý uhlíkový nosník (nyní ve vývoji) ukotvený přes měřící planžetu k rámu zařízení je obtékán proudícím vzduchem za vrtulí, je nutné, aby měl co nejmenší součinitel odporu a ovlivňoval tak proudění co nejméně. Stejný tvar jako nosník má i kryt planžety viz. obr. 3, který chrání tenzometry zapojené do můstků před teplotním ovlivňováním proudícím vzduchem. Kryt je laminován do oboustranné formy ve dvou vrstvách s tím, že se směry vláken střídají po 45°.



Obr. 3 Tvar krytu odpovídá symetrickému profilu NACA 0024. Na odtokové hraně je rozříznut, aby jej bylo možné nasadit na měřící planžetu.

Tloušťka profilu je 0,5 mm a hmotnost při rozměrech 100×100×20 mm 5 gramů.

Dalšími, v této době navrhovanými, díly z uhlíkového laminátu jsou již zmíněný aerodynamický nosník, jehož mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s duralovou tyčí Ø 40 mm a hmotnost 2x menší. Pro novou pohonnou gondolu devítimetrové vzducholodě je

navrhována kompozitní otočná hřídel nesoucí hlavní motory. Opět se jedná o aerodynamicky profilovaný nosník s optimalizovanou tuhostí ve směru působení tahu motorů. Oproti stávajícímu řešení, kdy je použita duralová trubka, nové řešení umožňuje veškerou kabeláž, regulátory a elektroniku pohodlně schovat dovnitř profilu a tím ji uchránit před okolními vlivy.

References

- [1] Dresselhaus, M.S.; Dresselhaus, G. et al. *Graphite Fibers and Filaments*. Springer Series in Materials Science 5. Springer Verlag, 1988. 382 s. ISBN 3-540-18938-6.
- [2] Machek, V.; Sodomka J. *Polymery a kompozity s polymerní matricí*. Praha: ČVUT, 2008. 85 s. ISBN 978-80-01-03937-4.
- [3] Legendre, A. *Uhlíkové materiály : od černé keramiky k uhlíkovým vláknům*. Informatorium. Praha, 2001. 173 s.
- [4] HEXCEL, *Prepreg Technology*, dostupné na www.hexcel.com, 32 s.

POUŽITÍ UHLÍKOVÝCH KOMPOZITŮ PŘI KONSTRUKCI SPECIÁLNÍCH DALEKOHLEDŮ

Using Carbon Composites by Design of Special Telescopes

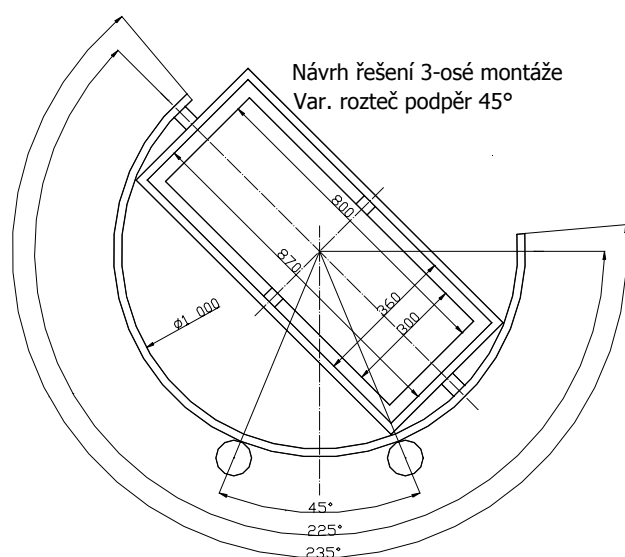
Lukáš Marek, Josef Zicha

Abstrakt: Konstrukce speciálních astronomických přístrojů musí vyhovět rozličným požadavkům. V mém případě, expediční montáže pro pozorování zatmění slunce, je to především hmotnost celku a odolnost materiálů proti povětrnostním vlivům. Nedostatek prototypu objektivu pro tato pozorování spočíval zejména v jeho hmotnosti, proto jsem se v návrhu nové verze rozhodl pro použití trubky z kompozitu s uhlíkovými vlákny. Další výhodou tohoto řešení je možnost ovlivnění teplotní roztažnosti kompozitu a jeho tuhosti. To vede k výraznému snížení hmotnosti celé montáže při použití „příhradové“ konstrukce z uhlíkových trubek.

Key words: uhlíkový kompozit, speciální dalekohled, sluneční koróna, zatmění slunce

1. Co předcházelo návrhu použít uhlíkové kompozity

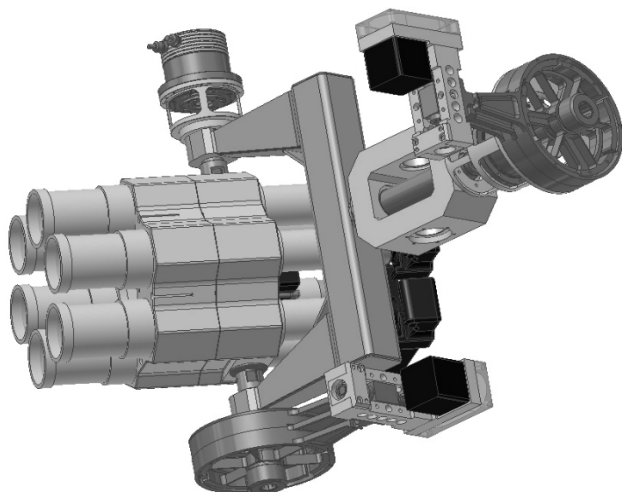
Pozorováním zatmění Slunce a sluneční koróny se zabývá mnoho pracovišť a odborníků. Především pozorování úplných zatmění Slunce má velký přínos pro pochopení sluneční fyziky. Je zde jedinečná možnost pozorovat části vnitřní a střední koróny, které zatím jinak pozorovat neumíme. Úplné zatmění je však jev velice zřídka pozorovatelný a trvá maximálně 6 minut.



Obr. 1.1: Koncepte rámové montáže v C-kolibce.

To vše dává rozličné požadavky na speciální přístroj pro toto určený. Jsou to nízká hmotnost a rozebiratelnost na menší díly do 20kg hmotnosti pro transport do hůře přístupných míst. Dále je to odolnost proti vysokým a nízkým teplotám a agresivnímu prostředí třeba tropického rázu. Systém musí být

schopen po dobu totality přesně sledovat Slunce, tedy je nutné řešit hodinový pohon s polární osou nastavitelnou dle zeměpisné šířky. Poslední hlavní požadavek je množství snímků, které chceme získat pro další zpracování. Požadavek je až 1000 snímků což vede na synchronizovaný systém několika kamer, v našem případě 7 kamer.



Obr. 1.2: Model vidlicové montáže osazený navrženým prototypem objektivů. Jsou zde vidět i pružné klouby použité v návrhu pointace.



Obr. 1.3: Fotografie objektivu připraveného na testování.

Nejprve byla vytvořena celková koncepce přístroje. Ta měla 2 základní verze. Rámová montáž v C-kolíbce viz obr. 1.1 a vidlicová montáž, kterou rozpracoval D. Šesták, obr. 1.2. Na obr 1.2 je také vidět návrh pružného kloubu, který bude použit v pointačních mechanismech. Z tuhostních a hmotnostních důvodů vychází lépe rámová montáž, proto se dále budeme zabývat touto variantou.

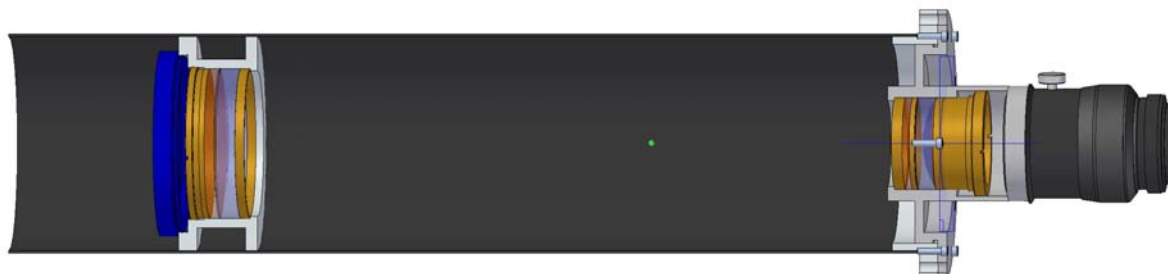
Pro zatmění v r. 2006 byla vyrobena mechanika pro jeden testovací objektiv. Její konstrukce vycházela z několikadílného duralového tubusu, který se nechal rozebrat k čištění vnitřku, nebo rozložit na transport, viz obr. 1.3. Důležité optické parametry objektivu jsou průměr vstupní pupily $D=100\text{mm}$ a ohnisková vzdálenost $f'=550\text{mm}$. Mechanika tohoto objektivu však nevyhověla především požadavkům na hmotnost a na úpravu vnějšího i vnitřního povrchu.

2. Objektiv z uhlíkové trubky

Požadavky na materiál a hmotnost vedly k jednání s firmou KompoTech, která vyrábí uhlíkové trubky pro sportovní výbavu, ale také třeba přesné válce do tiskařských strojů. Firma sama nabídla trubku s vnitřním průměrem 140 mm a možnost ovlivnit nejen hmotnost kompozitu, která je i tak velice nízká, ale také délkovou teplotní roztažnost a tuhost ve všech osách.

Uložení optických dílů bude stejné jako v duralové variantě s tím, že do trubky budou vlepena 2 duralová osazení, která ponесou veškerou optiku. Výstup z objektivu bude opět osazen díly BORG a fotoaparátem CANON EOS 20D. Pro přesné vlepení dílů byl navržen tuhý přípravek, který přesně vymezení polohu obou duralových osazení v prostoru.

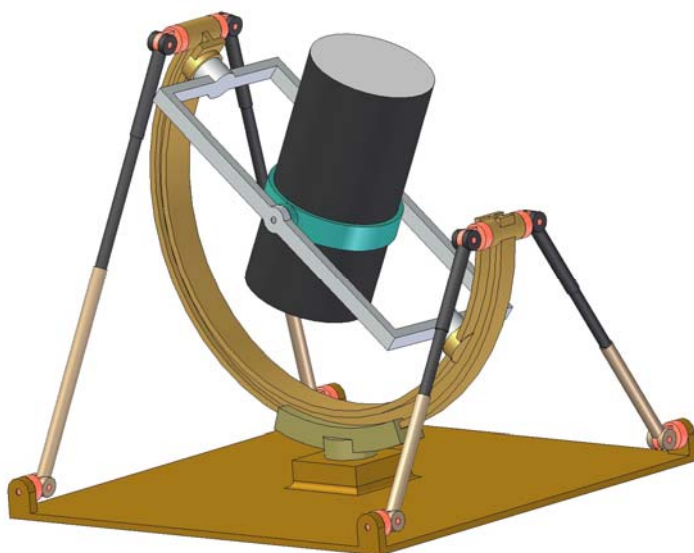
Předpokládaná hmotnost objektivu i s fotoaparátem je 4,5 kg. Řez modelem objektivu je na obr. 2.1.



Obr. 2.1: Řez modelem navrženého objektivu z uhlíkové trubky.

Nakonec byla vypočítána požadovaná teplotní roztažnost tubusu z uhlíkového kompozitu. Ta byla vypočítána pro změnu polohy teoretického ohniska od reálné polohy čipu při extrémních teplotách 80°C a -50°C. Zakalkulovány byly změny poloměru křivosti čoček a změny vzdáleností čoček v důsledku teplotní roztažnosti materiálů jednotlivých komponent. Nejvhodnější tepelná roztažnost uhlíkové části objektivu vyšla na $\alpha_K = 1,77 \cdot 10^{-6} K^{-1}$.

3. Montáž na principu redundantních mechanismů



Obr. 1.3: Model prostorového ustavení montáže.

„zavětřovat“ vůči podložce, viz. obr. 3.1.

K realizaci bude použito sady uhlíkových trubek předepsané délky a přesným mechanismem pro justáž délky celé podpěry. Sada odstupňovaných uhlíkových trubek bude vyměnitelná podle požadované délky podpěry. Přesný mechanismus pro přesné nastavení

V článku nebude popsáno konkrétní řešení jednotlivých pohonů rámu v kolébce a objektivů v rámu. Bude však popsán návrh vedoucí k výraznému odlehčení celé kolébky za použití principu „redundantních mechanismů“.

Klasická koncepce rámové montáže v C-kolébce přináší velká tuhostní úskalí pro ustavení kolébky na podložce. Kolébka musí mít vůči podložce přesně nastavitelný sklon osy rámu vůči rovině podložky. Rovina kolébky musí být otočná v podložce. Celá noha kolébky by musela být velice robustní, aby zamezila vibracím systému během pozorování. Naskýtá se možnost prostorově celou kolébku

délky podpěry bude na principu manuálně nebo elektronicky ovládaného pohybového šroubu. Odečet polohy nastavení kolíčky bude odečítán přímo na noze kolíčky.

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. To je otázkou přesného kinematického rozboru.

Závěr

S uhlíkovými kompozity se dnes počítá při konstrukci mnoha speciálních zařízení. Jeho dostupnost se poslední dobou zlepšuje a jeho vlastnosti pro speciální účely jsou vynikající. U navrhovaného přístroje lze očekávat výrazné snížení hmotnosti celku při zachování tuhosti. Bohužel však zatím není k dispozici žádný prototyp pro další testování.

Literatura

- [1] V. Rušin, M. Rybanský: Slnečná koróna. VEDA Bratislava, 1990
- [2] M. Hajn: Přehled přesné mechaniky. SNTL Praha, 1969
- [3] J. Bumbálek: Základy technické optiky. Vydavatelství ČVUT v Praze, 1995

MĚŘÍCÍ PLATFORMA PRO RENTGENOVOU REFLEKTOMETRII XRR

Measurement Platform for XRR

Jiří Maršík

Abstrakt: Řada moderních technických odvětví stále intenzivněji využívá struktury tvořené velice tenkými vrstvami nanesenými na podložku. Ty nachází uplatnění především při výrobě mikroprocesorů, fotovoltaických článků novější generace nebo speciální rentgenové optiky. Metoda rentgenové reflektometrie (XRR) je nesmírně důležitým diagnostickým nástrojem, který umožňuje měřit celou řadu vlastností těchto struktur. Proto neustále roste zájem o velice rychlá měřicí zařízení využívající metodu XRR. Tento článek popisuje konstrukční řešení takové měřicí platformy, která byla navržena ve spolupráci s Fakultou strojní ČVUT v Praze.

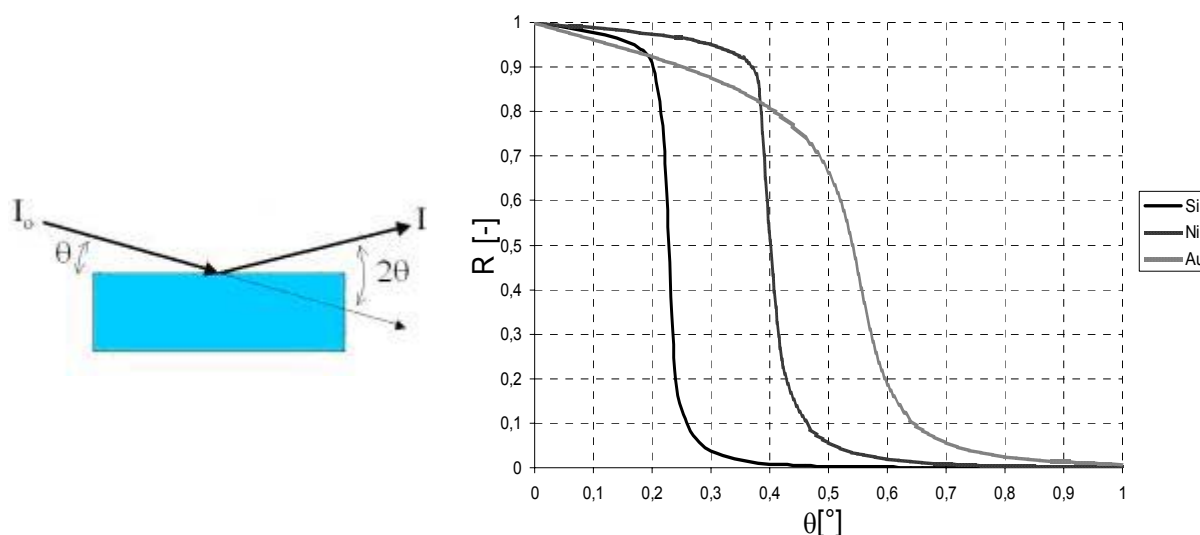
Klíčová slova: XRR, paralelní kinematika

1. Úvod

Rentgenová reflektometrie XRR (X-Ray Reflectivity) je moderní měřicí metoda určená především k zjišťování vlastností tenkých vrstev a multivrstev nanesených na podložce. Slovo “tenká“ v tomto případě znamená tloušťku v řádu nanometrů až stovek nanometrů. Takovéto struktury se dnes používají například v polovodičovém průmyslu při výrobě mikroprocesorů nebo jako základ moderních fotovoltaických panelů. Tenké vrstvy jsou většinou připravovány naprašováním nebo napařováním ve vakuu. Jedná se o velice náročné technologie, neboť funkčnost výsledného zařízení závisí nejen na přesném dodržení tloušťky vrstev, ale také na kvalitě rozhraní, které musí být co nejostřejší, bez pronikání jednoho materiálu do druhého, a na co nejmenší poréznosti materiálu. Metoda XRR v podstatě jako jediná dokáže měřit nejen tloušťku vrstev, ale i jejich hustotu a mikrodrsnost povrchu. Obrovskou výhodou XRR je navíc její naprostá bezkontaktnost a nedestruktivnost. Měření je přitom relativně časově nenáročné, nevyžaduje žádnou přípravu vzorku a probíhá v běžných laboratorních podmínkách. Jedinou nevýhodou je nutnost znát alespoň přibližnou skladbu měřeného vzorku, tj. složení a pořadí jednotlivých materiálů. Protože však XRR slouží hlavně během vývoje a výroby jako kontrolní mechanismus a nikoliv k identifikaci zcela neznámých vzorků, jsou tyto informace k dispozici.

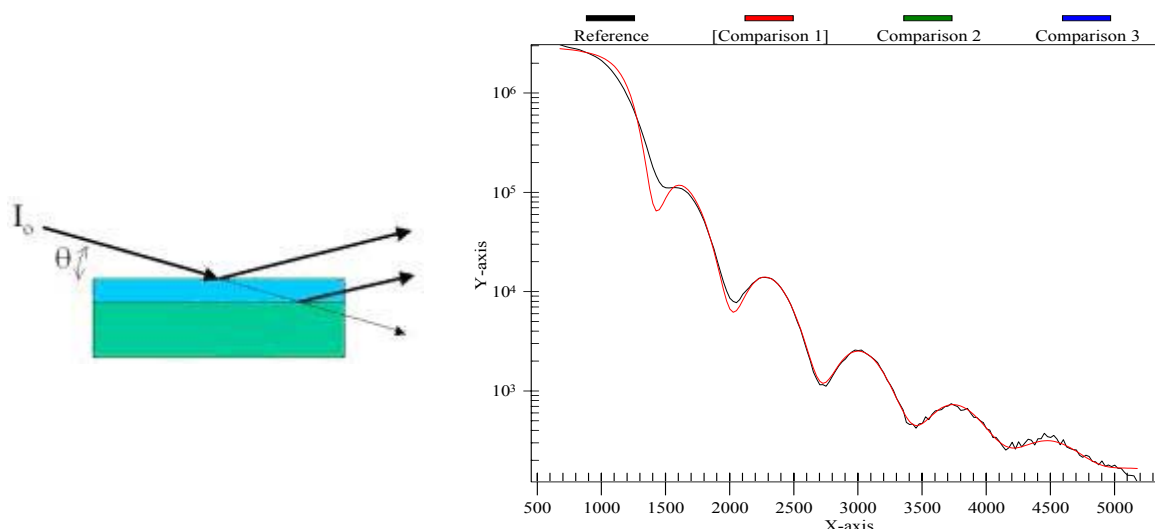
2. Princip metody XRR

Metoda XRR je založena na zkoumání odrazu rovnoběžného svazku rentgenového záření od povrchu vzorku při velmi malých, téměř tečných, úhlech dopadu. Pro úplnost připomínám, že v oboru rentgenového záření se na rozdíl od běžné optiky měří úhel dopadu k povrchu vzorku, nikoliv k jeho normále. Pokud je úhel dopadu menší než tzv. kritický úhel, dochází k totálnímu odrazu dopadajícího záření. Tento kritický úhel je například při dopadu rentgenového záření spektrální čáry $\text{CuK}_{\alpha 1}$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$) na ideální povrch křemíku $0,22^\circ$, na nikl $0,42^\circ$ nebo na zlato $0,57^\circ$. Při dopadu pod větším úhlem dochází k velmi rychlému poklesu intenzity odraženého záření (Obr.1). Velikost kritického úhlu souvisí s hustotou odrážejícího materiálu, a proto lze hustotu materiálu zjistit právě na základě měření kritického úhlu. Množství odraženého záření navíc silně závisí na kvalitě povrchu. Zjednodušeně řečeno, čím je povrch drsnější, tím méně záření se odrazí. Odtud pramení schopnost XRR měřit mikrodrsnost vysoce kvalitních povrchů.



Obr. 1 – Odrazivost dokonalého povrchu plného materiálu pro vlnovou délku $0,154 \text{ nm}$ (zdroj: Center for X-Ray Optics)

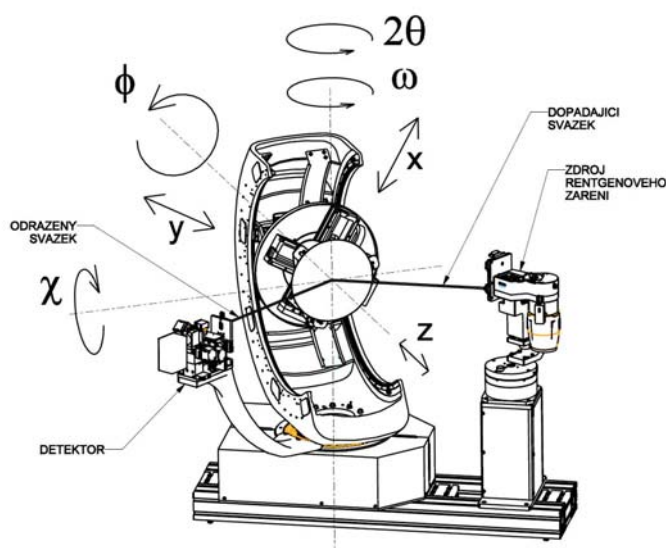
Tím však možnosti metody XRR zdaleka nekončí. Další ohromné využití nachází XRR právě v oboru tenkých vrstev. Nejjednodušším příkladem tenkovrstvé struktury je jednoduchá vrstva nanosená na podložce (Obr.2). Pokud totiž rentgenové záření dopadá pod větším než kritickým úhlem, dochází na povrchu jak k odrazu tak k průniku záření dovnitř vrstvy. Na rozhraní mezi vrstvou a podložkou dojde opět k částečnému odrazu a vlny odražené od vnějšího povrchu a od rozhraní vrstvy s podložkou spolu interferují, což vede v závislosti na úhlu dopadu k zesílení nebo k zeslabení výsledného záření. Pokud vykreslíme závislost intenzity odraženého záření na úhlu dopadu, objeví se v grafu periodická křivka. Rozteč jednotlivých period přímo souvisí s tloušťkou vrstvy, zatímco rozdíl mezi sousedními lokálními maximy a minimy je dán kvalitou vnějšího povrchu a jednotlivých rozhraní. Skutečnost, že přesnost měření tloušťky vrstvy je lepší než 1%, jasně ukazuje, jak nesmírně mocný nástroj při vývoji struktur s tenkými vrstvami metoda XRR představuje.



Obr. 2 – Odraz na tenké vrstvě Ti nanesené na Si podložce. Tloušťka vrstvy 197Å, vlnová délka použitého rentgenového záření 0,154 nm. Měření provedeno na realizovaném prototypu měřící platformy.

3. Požadavky na novou měřící platformu

Z principu metody XRR vyplývá, že úkolem měřícího přístroje je změřit odrazivost vzorku v závislosti na úhlu dopadu záření. Takové měření lze provádět na konvenčním goniometru, který se skládá z nepohyblivého zdroje úzkého rovnoběžného svazku rentgenového záření, vlastního goniometru a pohyblivého detektoru. Při vlastním měření se goniometr se vzorkem otáčí okolo osy ω a detektor se otáčí dvojnásobnou rychlostí okolo osy 2θ , která je s osou ω totožná (Obr.3). Goniometr umožňuje pohybovat se vzorkem nejen kolem osy ω , ale i v dalších pěti stupních volnosti, takže je možné proměřit libovolný bod vzorku.



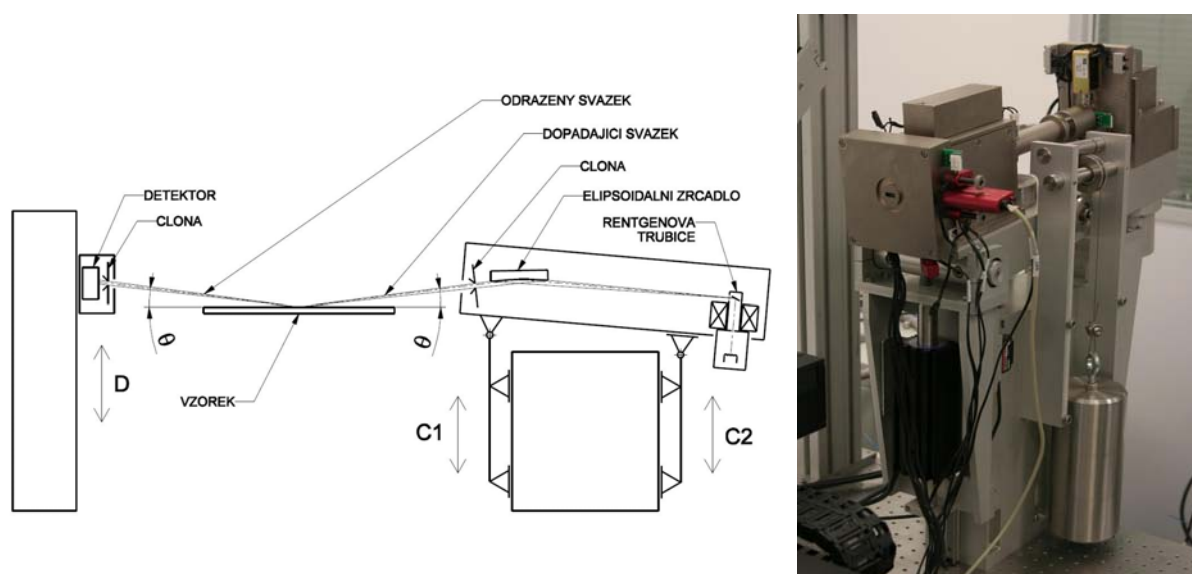
Obr. 3 – Konvenční goniometr

Konvenční goniometr využívá klasické sériové kinematiky, přičemž každá osa má přímou vazbu na geometrii měření. Pokud se všechny tři rotační osy protínají v jednom bodě, který zároveň leží na povrchu vzorku, a posuvné osy jsou vzájemně kolmé, pak můžeme těžit z hlavní výhody – řízení a odměřování polohy je nejjednodušší možné, neboť v případě XRR stačí používat pouze aktuátor a odměřování osy ω , která má přímou vazbu na úhel dopadu θ . Skutečnost je však jiná. Musíme si uvědomit, že starší goniometr na Obr.3 má na výšku téměř 1,5m. Jedná se o výrobně i montážně složité zařízení a rotační osy jsou ve skutečnosti mimoběžné až o milimetry. Goniometr proto nemá žádný skutečný mechanický střed, se kterým by bylo možné ztotožnit jak povrch vzorku, tak dopadající měřící svazek. Střed goniometru je proto pouze virtuální a při měření jsou ve skutečnosti aktivní téměř všechny osy, které pouze díky složitému řízení zajistí správnou kinematiku měření. Další nevýhodou je poměrně špatná tuhost celého systému, složitá výroba i montáž a časová náročnost zakládání vzorku, neboť to je nutné provádět ve vodorovné poloze a teprve pak dopravit vzorek do měřící polohy pohybem osy χ . Všechny tyto nevýhody se staly impulsem ke konstrukci měřící platformy nové generace.

Hlavní požadavek na nové zařízení přesně odpovídá duchu dnešní doby: rychlost měření, rychlost měření a zase rychlost měření. Konečným cílem je totiž nahradit současnou namátkovou kontrolu ve výrobě kontrolou všech dílů. Přitom platí, že nahradit dva současné stroje jedním dvakrát rychlejším se rozhodně vyplatí, i kdyby byl dvakrát dražší. Vedlejší prioritou je zvýšení přesnosti měření s ohledem na cenu a rozměry zařízení.

4. Navržené řešení

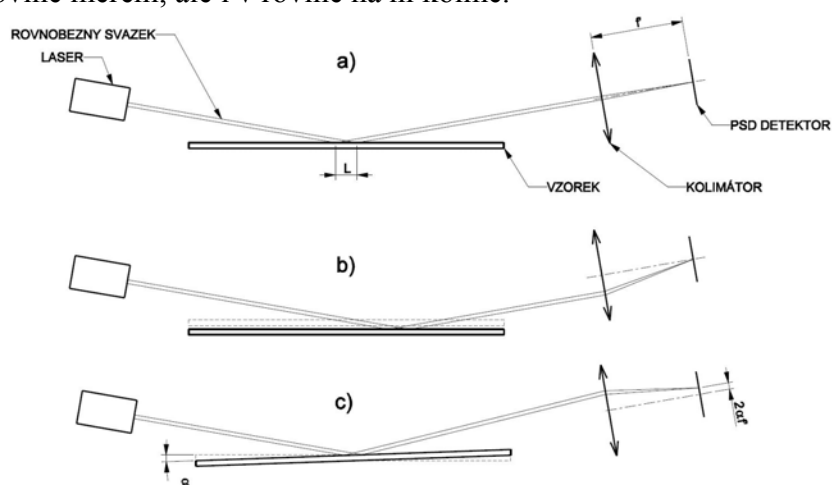
Cesta ke splnění požadavků vedla přes dvě základní inovace. Za první byla kompletně změněna kinematická koncepce stroje. Za druhé byl vyvinut nový systém zaměření natočení vzorku pomocí světla místo dosud používaného hlavního rentgenového svazku. Podívejme se postupně na řešení v obou oblastech.



Obr. 4 – Optické schéma měření XRR použité v navržené platformě (vlevo) a realizovaný zdroj rentgenového svazku (vpravo)

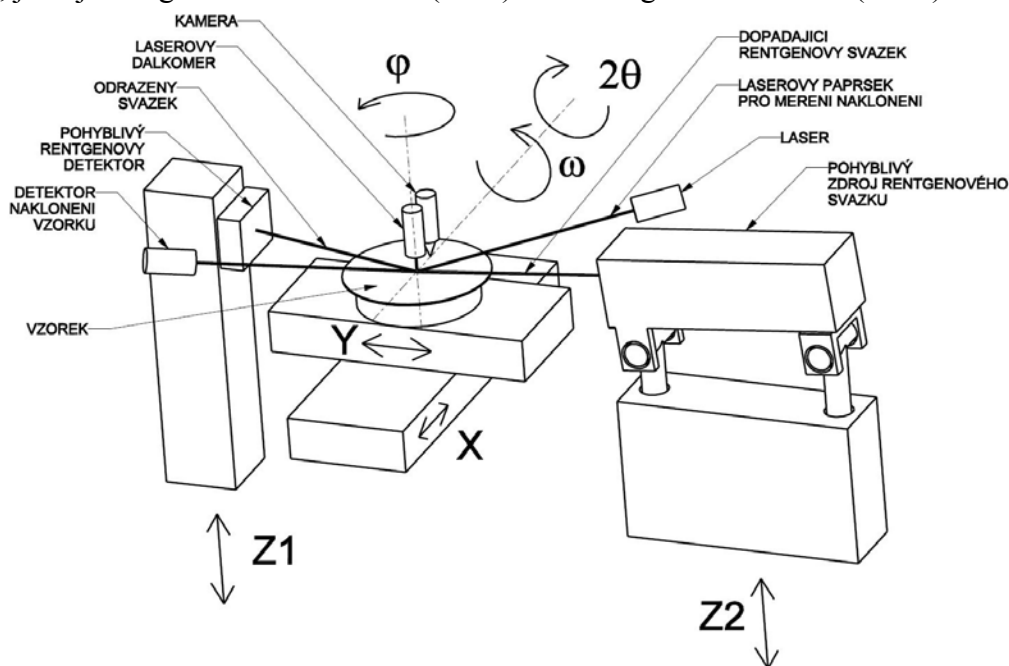
Uspořádání měření je znázorněno na Obr. 4. Vzorek zůstává vodorovný a během měření je nepohyblivý, zatímco zdroj i detektor se „otáčí“ okolo virtuálního středu goniometru, který leží na povrchu vzorku. Většina měření se odehrává v rozsahu úhlu dopadu 0° - 2° , nikdy nepřesahuje 5° , a proto je možné přesný kruhový pohyb zdroje a detektoru nahradit pohybem přibližným. Důležité jsou totiž pouze úhly, zatímco drobná změna dráhy paprsku je přípustná. V případě pohyblivého zdroje měřícího svazku se tak přímo nabízí řešení s využitím paralelní kinematiky. Mechanismus je tvořen dvěma lineárními aktuátory, které jsou připojeny přímo k tuhé základně a jejich osy jsou svislé a rovnoběžné. Pomocí přesných ložisek a lineárního vedení se pohyb lineárních aktuátorů přenáší na tuhý pohyblivý rám, ke kterému je připevněna rentgenová trubice a další optické prvky. Díky poměrně velké vzdálenosti mezi oběma aktuátory má toto uspořádání velmi dobré úhlové rozlišení ($1''$) a zároveň dovoluje měnit výšku virtuálního středu goniometru v závislosti na tloušťce vzorku. U detektoru je situace ještě jednodušší, neboť jsou jeho vlastnosti v uvedeném rozsahu úhlů prakticky neměnné a není s ním tedy třeba natáčet kolmo na odražený svazek. Takže jako náhrada kruhového pohybu stačí realizovat pohyb posuvný.

Metoda XRR ze své podstaty závisí na přesném odměřování úhlu dopadu. Jak ale nalézt počátek pro měření, kterým je povrch vzorku? Vzorky jsou totiž často klínovité nebo prohnuté a nelze spoléhat na upínací systém. Jednou možností je využít přímo měřící rentgenový svazek. Tento postup je však zdlouhavý, protože je nejprve třeba vzorek zaměřit a pak teprve je možné zahájit vlastní měření. Proto je žádoucí změřit skutečné natočení jiným nezávislým systémem a hodnotu vložit jako korekci při zpracování výsledků. Místo složitěho rentgenového záření navíc k zaměření stačí světlo. K tomuto úkolu by standardně postačil autokolimátor, který využívá svazek světla dopadající kolmo na povrch. Oblast nad vzorkem však není přístupná kvůli dalším měřicím modulům. Proto byl vyvinut nový systém založený na použití laserového svazku, jehož funkce je patrná z Obr.5. Úzký rovnoběžný svazek dopadá na vzorek pod téměř tečným úhlem. Do značné míry tak stopa svazku na vzorku kopíruje stopu vlastního rentgenového svazku, takže měříme tam, kde nás to skutečně zajímá. Svazek po odrazu prochází kolimátorem, v jehož ohniskové rovině leží PSD detektor. Toto uspořádání není citlivé na svislý pohyb vzorku (Obr.5b), ale měří pouze naklopení (Obr.5c). Další výhodou tohoto systému je, že dokáže měřit v omezené míře naklopení v obou směrech, tedy nejen v rovině měření, ale i v rovině na ní kolmé.



Obr. 5 – Navržený systém měření naklopení vzorku

Kromě měření úhlu naklopení nás samozřejmě zajímá poloha vzorku ve svislém směru, aby bylo možné ztotožnit virtuální střed goniometru s povrchem vzorku. Pro tento účel byl použit standardně dodávaný laserový dálkoměr. Posledním zaměřovacím prvkem je kamera umožňující nalézt na povrchu vzorku žádanou oblast, která má být měřena. Celkové uspořádání celé platformy je znázorněno na Obr.6. Tento obrázek navíc napovídá, proč zde hovoříme o metrologické platformě. Záměrem do budoucna totiž není sestavit jednocelový stroj pouze pro XRR, ale univerzální platformu skládající se ze společných částí, jako je manipulační systému vzorku nebo základna stroje, a z částí volitelných dle přání zákazníka, což jsou měřicí moduly nejen pro uvedenou metodu XRR ale i pro jiné rentgenové měřicí metody, jako je rentgenová fluorescence (XRF) nebo rentgenová difrakce (XRD).



Obr. 6 – Celkové uspořádání navržené měřicí platformy

5. Závěr

V prostoru tohoto příspěvku samozřejmě nelze postihnout všechny další důležité prvky, které byly nezbytné k úspěšné realizaci celého stroje, jako je izolace stroje od vibrací z okolí, stabilizace teploty nebo čistota vnitřního prostředí, které jsou jistě nezbytné pro úspěch celého projektu. Tím podstatným však zůstávají dva body: využití paralelní kinematiky, která nabízí především vynikající tuhost a přesnost, a použití paralelní metrologie pro zaměření vzorku, která pro změnu značně šetří čas potřebný k měření. Výhody obou principů jasně prokázal i realizovaný prototyp.

TRANSMISNÍ HOLOGRAFICKÉ MŘÍŽKY

Transmitting Holographic Gratings

Šárka Němcová, Pavel Václavík

Abstrakt: Holografické difrakční mřížky nacházejí uplatnění v široké oblasti technických oborů a aplikací. Difrakční účinnost a podíl rozptýleného světla jsou důležitými parametry, které vyjadřují kvalitu a použitelnost takové mřížky. Tyto dva parametry lze významně ovlivnit vhodnou expozicí a způsobem chemického zpracování holografické desky

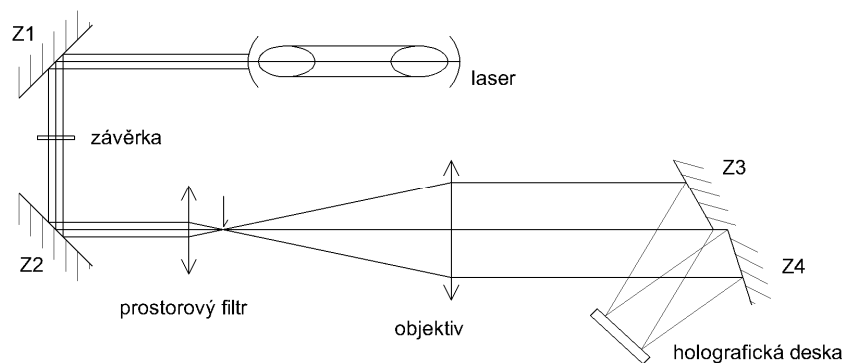
Key words: holografická mřížka, difrakční účinnost, rozptýlené světlo

1. Úvod

Holografické difrakční mřížky jsou vytvářeny pomocí interference dvou koherentních svazků. Mohou to být v zásadě svazky rovnoběžných paprsků nebo svazky rozbíhavé. Interferenční obrazec (proužky s požadovanou roztečí) je zaznamenán do holografické emulze nanesené na skleněné podložce. Vlnová délka použitého záření a úhel, který spolu svírají interferující svazky, určují rozteč interferenčních proužků (tedy mřížkovou konstantu).

2. Expozice a holografický materiál

Pro výrobu holografických mřížek v naší laboratoři máme k dispozici He-Ne laser o výkonu 15mW ($\lambda = 632,8\text{nm}$). Optické schéma záznamu mřížky je na obr.1.

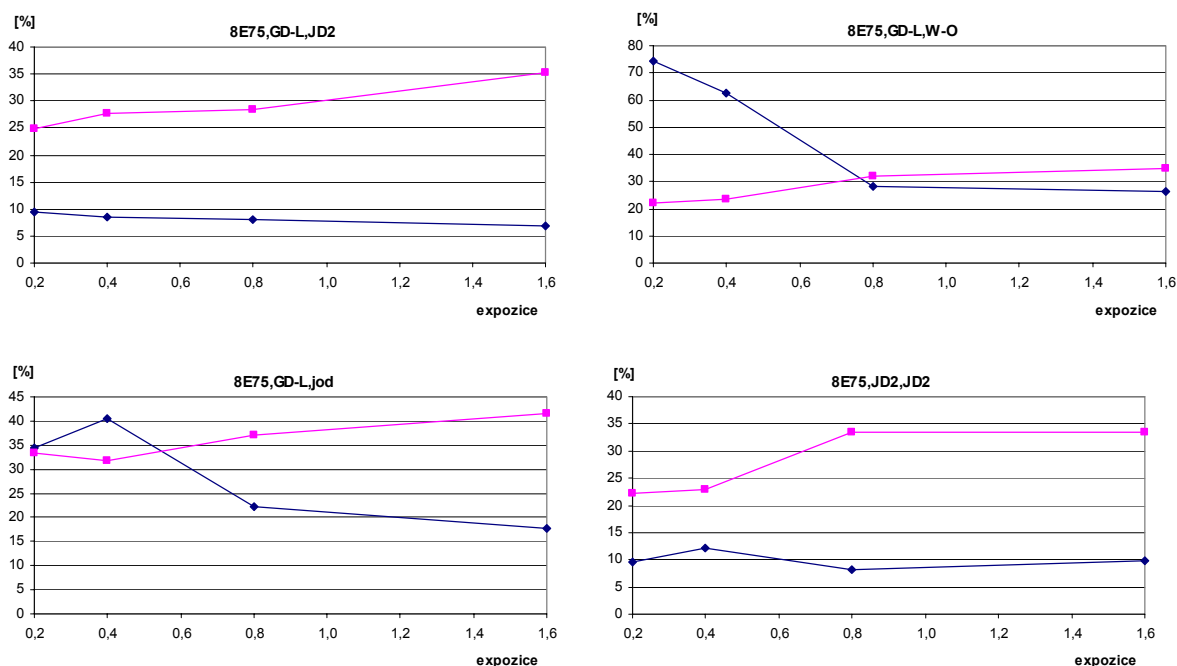


Obr. 1 Záznam holografické mřížky

Jako záznamový materiál používáme holografické desky Agfa Scientia 8E75. Jedná se o záznam s dělením vlnplochy, úhel natočení zrcadel Z3 a Z4 určuje mřížkovou konstantu. Testované mřížky měly 900 čar/mm.

3. Chemické zpracování

Pracujeme s mřížkami fázovými, tzn. po expozici a vyvolání (případně ustálení) následuje bělení. Zkoumali jsme vliv expoziční doby a kombinace vývojky a bělicí lázně na difrakční účinnost a podíl rozptýleného světla. Použili jsme vývojku GD-L (Foma) a vývojku JD2 (Integraph). Na jedné holografické desce jsme vytvořili vždy 4 sekce s různými expozičními časy, konkrétně 0,2s, 0,4s, 0,8s a 1,6s. Použili jsme 3 různé bělicí lázně: JD2, jodovou a bělicí lázeň W-O. Na vytvořených mřížkách jsme měřili difrakční účinnost jako poměr množství signálového zářivého toku v 1. ohybovém řádu k dopadajícímu zářivému toku. Dále jsme určili podíl rozptýleného zářivého toku k signálovému zářivému toku v 1. ohybovém řádu v [%], tedy poměr N/S. Změřené hodnoty jsou zpracovány v následujících grafech na obr. 2. Světlé čáry značí difrakční účinnost, tmavé podíl rozptýleného světla.



Obr. 2 Změřené hodnoty difrakční účinnosti a rozptýleného světla mřížek

Jako nejlepší se zatím ukázal proces JD2 a expoziční doba 0,8s. Difrakční účinnost je 33,5% a podíl rozptýleného světla 8,2%. V testech budeme pokračovat s dalšími vývojkami.

Literatura

- [1] Bjelkhagen H.I.: Silver-Halide Recording Materials for Holography and Their Processing. *Springer-Verlag Berlin*, 1995.
- [2] Dvořáková P., Němcová Š., Václavík P.: Holografie, *nakladatelství ČVUT*, 2008.

VYUŽITÍ PROSTŘEDKŮ VYTĚŽOVÁNÍ ZNALOSTÍ Z DATABÁZÍ V SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ VÝVOJE KRAJINY

Jiří Bíla a Jakub Jura

Abstrakt. Článek informuje o jedné linii výzkumu sledované v rámci výzkumného úkolu „Vývoj metod stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech. Návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity“. Je stručně uvedena základní struktura systému měřících stanic a struktura databáze. Hlavní pozornost je věnována technice vytěžování znalostí z databází. V daném případě jsou blíže popsány dvě metody: metoda využívající tzv. *konceptuálních svazů*, která vede k objevování znalostí ve formě systému pravidel a metoda *rough množin*, která umožňuje vytvářet aproximace datových a znalostních struktur. Demonstrace metod je provedena na segmentu databáze získaného z jedné z měřících stanic monitorovacího systému.

Klíčová slova: Databáze, vytěžování znalostí z databází, konceptuální svaz, rough množiny, aproximace dat, systém pravidel.

1. Úvod

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 zejména mikro-meteorologii, termodynamice atmosféry v těsné blízkosti povrchů různých lokalit (zelený porost, rašeliniště, betonová plocha, ...), velkému a malému vodnímu cyklu, [1]. Data pro monitorovací systém jsou získávána z 11 měřících stanic rozmístěných ve vybraných lokalitách ekosystému. Každá stanice měří 13 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. Struktura databáze systému

Struktura databáze na obr. 1 a má následující komponenty:

- *Centrální modul:* Umožňuje vstup do systému a koordinační funkce jednotlivých bloků.
- *Třída Uživatelské rozhraní centrálního modulu (TUR_CM):* Představuje obrazovku uživatele s možností spouštění základních funkcí jednotlivých bloků.
- *Třída měřících stanic:* Je nadřazenou třídou pro koordinaci funkcí měřících stanic.
- *Třída měřící stanice (TMS):* Obsahuje základní manipulační operace s daty měřících stanic.
- *Třída Uživatelské rozhraní měřící stanice (TUR_MS):* Představuje obrazovku uživatele pro ovládání manipulačních operací s daty měřících stanic.
- *Třída Řízení (TRřízení):* Je třídou s operacemi předávání řízení mezi jednotlivými bloky.

3. Konceptuální svazy a rough množiny

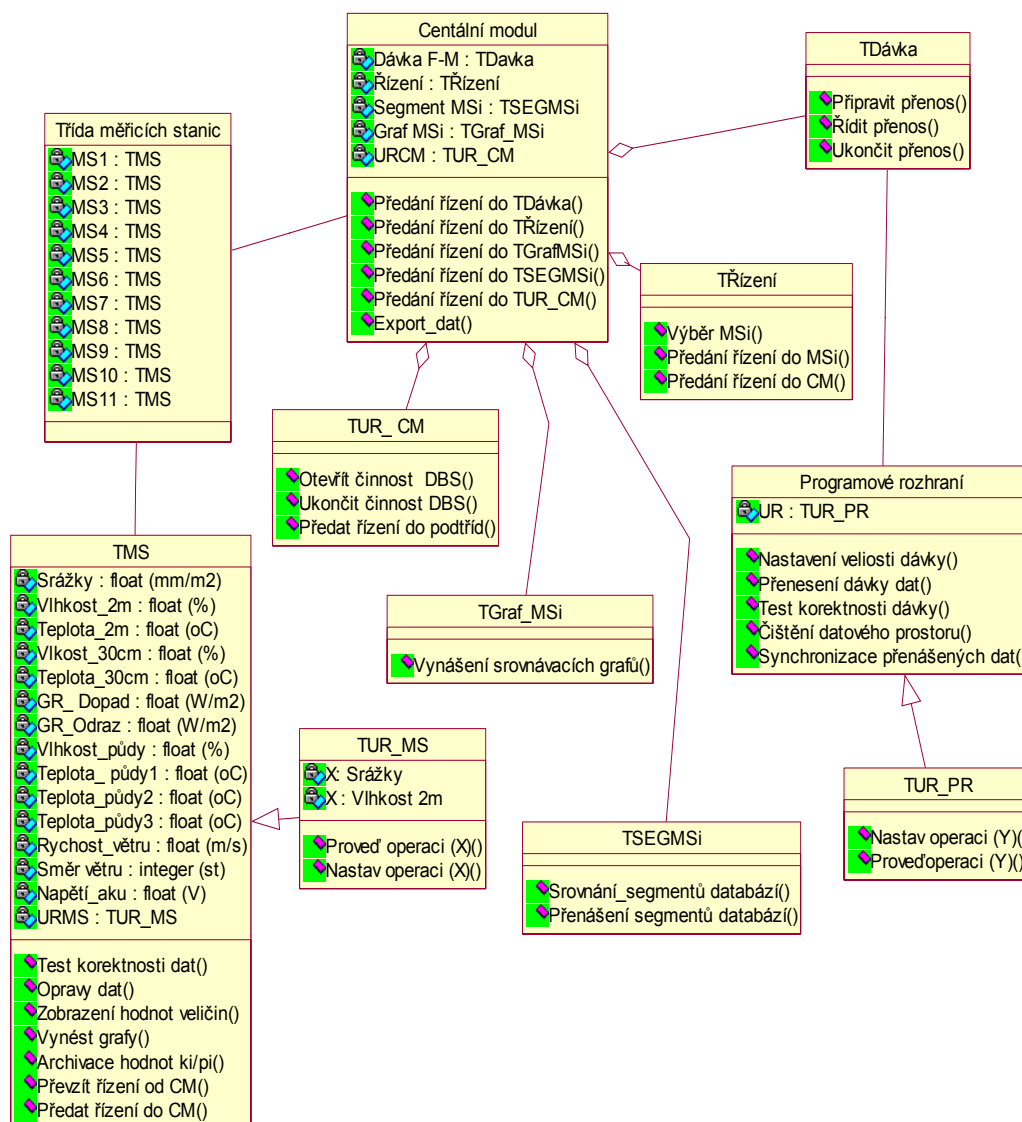
3.1 Konceptuální svaz

Definice 1: Trojici $C = (O, I, R)$, (O je množina objektů, I je množina položek (atributů) a R je binární relace $R \subseteq O \times I$) nazýváme *kontextem vytěžování dat* (Data Mining Context), [3].

Přirozeným sdružováním objektů a vztahů mezi objekty a jejich množinami položek získáme tzv. *konceptuální svaz* na kontextu vytěžování dat (dále označovaný L). Každý prvek svazu L odvozený z kontextu C je dvojice $\langle X, Y \rangle$, kde X je množina objektů $X \subseteq O$ a Y je množina položek $Y \subseteq I$. Každá dvojice $\langle X, Y \rangle$ splňuje následující podmínky vzhledem k relaci R .

$$X = \{x \in O \mid \forall y \in Y, x R y\}, \quad (1)$$

$$Y = \{y \in I \mid \forall x \in X, x R y\}. \quad (2)$$



Obr.1. Schéma databázového systému

X je největší množina objektů popsaná vlastnostmi z Y , a Y je největší množina položek společná všem objektům z X . Prostřednictvím parciálního uspořádání “ $<$ ” (které je vyjádřeno daným svazem) lze zkonstruovat tzv. *Hassův diagram*:

- Hrana z H_1 do H_2 existuje pokud $H_1 < H_2$ a není žádný prvek H_3 svazu takový, že $H_1 < H_3 < H_2$.
- H_1 je předchůdce prvku H_2 (H_2 je následník prvku H_1).
- Dvojice $\langle X, Y \rangle$ představuje uzel v Hassův diagramu.

Hassův diagram vyjadřuje vztah “*zobecnění/specifikace*” mezi konceptuálními uzly. Hassův diagram uvažován jako acyklický graf s jedinou dodatečnou podmínkou: každá dvojice uzlů má jediného společného nejbližšího předchůdce a jediného následníka.

Příklad 1: Použití řádků databáze pro metodu konceptuálního svazu není přímé. Položky v řádcích databáze je nutno sdružit v *monitorovací třídy* (např. standardní podmínky malého vodního cyklu v lokalitě L_1 , rozpad malého vodního cyklu $V L_1$, standardní evaporace a transpirace rostlin v L_1 , vysušování oblasti L_1 , ...) a *situace* (např. fragmenty databáze (soubory 13 složkových vektorů) popisujících pohyb měřených veličin v daném monitorovacím období), které přicházejí. Pak lze uplatnit techniky vytěžování dat. Řekněme, že máme 5 monitorovacích tříd a fragment databáze transformovaný do 5 opakovaných situací. Příslušnost jednotlivých situací k monitorovacím třídám popisuje matice na obr. 2. Nyní můžeme použít pojmů kontextů na konceptuálním svazu: Uvažujme *kontext vytěžování dat* $C = (\{A_0, A_1, A_2, A_3, A_4\}, \{3, 4, 7, 8, 9\}, R)$ s relací R reprezentovanou v tabulce M_G na obr. 2. Hassův diagram, který reprezentuje daný kontext C , je na obr.3.

M_G	3	4	7	8	9
A_0	1	1	1	1	1
A_1	1	1			
A_2		1	1	1	1
A_3	1		1	1	
A_4	1	1	1		1

Obr. 2. Příklad relace R na kontextu vytěžování dat

Získání *pravidel* z daného Hassova diagramu je procedurálně velmi jednoduché. Pravidla ovšem nemusejí pokrývat celou databázi (celý vybraný fragment databáze). Proto ke každé množině pravidel získané z Hassova diagramu jsou přiloženy jisté záruky jejich věrohodnosti a platnosti, vzhledem k dané databázi. Mezi nejjednodušší způsoby, jak tyto záruky věrohodnosti a platnosti vyjádřit, patří výpočet dvou limitujících veličin, označovaných v [3] jako *podpora* (*support* - **Supp**) a *spolehlivost* (*confidence* - **Conf**).

Uvažujme množinu situací S a množinu monitorovacích tříd A (obě množiny jsou předpokládány konečné). Asociační pravidlo je výraz $A_i \Rightarrow A_j$, kde $A_i, A_j \in A$, $A_i, A_j \neq \emptyset$, $A_i \cap A_j = \emptyset$.

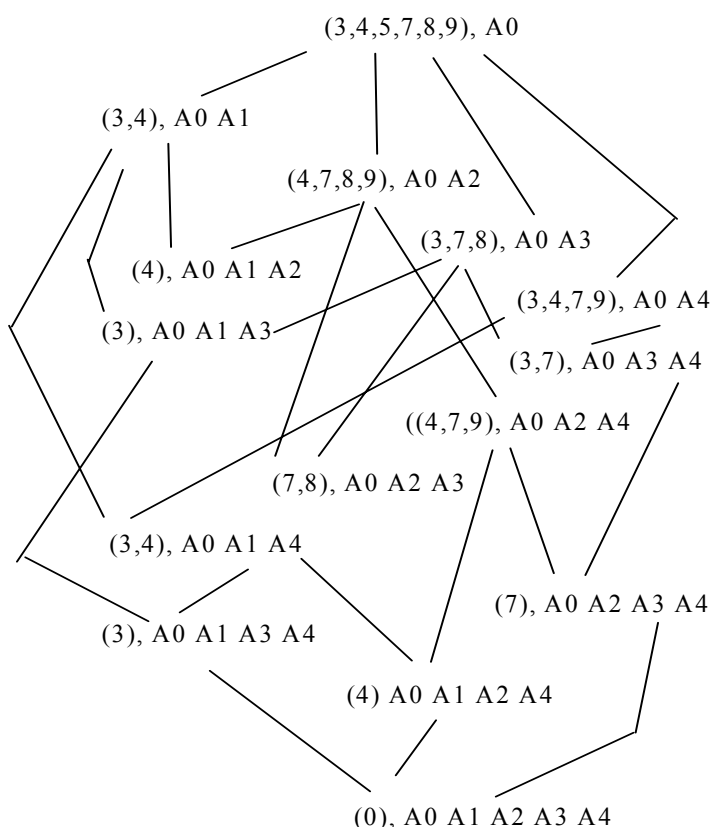
Pravidlo $A_i \Rightarrow A_j$ znamená: “každá situace s , která je indikována (**Ict**) monitorovací třídou A_i (**Ict**(s, A_i)), je indikována také třídou A_j , (**Ict**(s, A_j))”.

Podporu a spolehlivost pravidla $A_i \Rightarrow A_j$ vyjadřujeme následovně:

$$\text{supp}(A_i, \mathcal{S}) = (\#\{s \in \mathcal{S} \mid \text{Ict}(s, A_i)\}) / (\#\mathcal{S}), \quad (3)$$

$$\text{Supp}(A_i \Rightarrow A_j, \mathcal{S}) = \text{supp}(A_i \cup A_j, \mathcal{S}), \quad (4)$$

$$\text{Conf}(A_i \Rightarrow A_j, \mathcal{S}) = \text{Supp}(A_i \Rightarrow A_j, \mathcal{S}) / \text{supp}(A_i). \quad (5)$$



Obr.3. Hassův diagram sestavený z matice \mathbf{M}_G .

Systém pravidel sestavený z Hassova diagramu na obr. 3 s vypočítanými hodnotami **Supp** a **Conf** je uveden v tabulce Tab.1. (Nejsou uvedena pravidla se **Supp** nebo **Conf** = 0.)

3.2 Rough množiny

Původní definice *rough množiny* náleží Pawlakovi [4] a dostaneme se k ní přes následující posloupnost pojmů:

Definice 2: Relace nerozlišitelnosti. Mějme universum prvků U , množinu atributů A a množiny hodnot V_{a_i} , kterých mohou atributy a_i z množiny A , nabývat ($V = \cup V_{a_i}$).

Uvažujeme funkci $g: U \times A \rightarrow V$, která zajišťuje hodnoty atributů pro prvky universa U . Pomocí funkce g je zavedena *relace nerozlišitelnosti* $RE(A)$ (vzhledem k atributu a_j) následovně :

$$x_1, x_2 \in U, (x_1 RE(A) x_2) \Leftrightarrow (g(x_1, a_j) = g(x_2, a_j)). \quad (6)$$

Pawlak dále zavedl pojem "**informačního systému**" jako dvojice $\langle U, A \rangle$ (s implicitně existující funkcí $g: U \times A \rightarrow V$, (viz. výše)).

Pomocí relace nerozlišitelnosti $RE(A)$ a pomocí základních operací na množině U byly dále definovány následující konstrukce a míry. Většina z nich je zavedena pro řešení následujícího problému " *Které prvky universa U a s jakou jistotou (vyjádřeno kvalitativně), aproximují podmnožinu $X \subset U$, která nás zajímá* ".

Tab.1.

Pravidlo No. i	Pravidlo r_i	Supp(r_i)	Conf (r_i)
1	$A_1 \Rightarrow A_2$	0.2	0.5
2	$A_1 \Rightarrow A_3$	0.2	0.5
3	$A_1 \Rightarrow A_4$	0.4	1
4	$A_2 \Rightarrow A_3$	0.4	0.5
5	$A_3 \Rightarrow A_4$	0.4	0.66
6	$A_1 A_2 \Rightarrow A_4$	0.2	1
7	$A_2 A_4 \Rightarrow A_4$	0.2	0.33
8	$A_2 A_3 \Rightarrow A_4$	0.2	0.5
9	$A_2 A_4 \Rightarrow A_3$	0.2	0.33
10	$A_1 A_3 \Rightarrow A_4$	0.2	1
11	$A_3 A_4 \Rightarrow A_1$	0.2	0.5

Definice 3: Dolní aproximace je popis objektů, o nichž lze s jistotou tvrdit, že náležejí do podmnožiny. Dolní aproximace bývá někdy nazývána pozitivní oblastí $\mathbf{Posi}_{RE}(X)$.

$$\mathbf{Posi}_{RE}(X) = \cup \{Y \mid (Y \in (U/RE)) \text{ AND } (Y \subseteq X)\}, \quad (7)$$

kde U/RE je faktorová množina zkonstruovaná na U podle relace $RE(A)$.

Definice 4: Horní aproximace je množina prvků z U , které mohou (možná) patřit do X . Označuje se $\mathbf{Poss}_{RE}(X)$ (possibility) a je definována následovně :

$$\mathbf{Poss}_{RE}(X) = \cup \{Y \mid (Y \in U/RE) \text{ AND } (Y \cap X \neq \emptyset)\}. \quad (8)$$

Definice 5: Množinový rozdíl mezi horní a dolní aproximací X se nazývá **hraniční množina** $\mathbf{Bound}_{RE}(X)$

$$\mathbf{Bound}_{RE}(X) = \mathbf{Poss}_{RE}(X) - \mathbf{Posi}_{RE}(X). \quad (9)$$

Definice 6: Rough množina (hrubá, aproximovaná množina) je podmnožina X universa U , která je definována pomocí horní a dolní aproximace ($\mathbf{Poss}_{RE}(X)$, $\mathbf{Posi}_{RE}(X)$) a pro kterou platí

$$\mathbf{Bound}_{RE}(X) \neq \emptyset. \quad (10)$$

Pomocí pojmu *rough množiny* lze definovat přibližnou přesnost α_{RE} , s jakou nalezená aproximace reprezentuje vybranou množinu X :

$$\alpha_{RE}(X) = \text{card}(\text{Posi}_{RE}(X)) / \text{card}(\text{Poss}_{RE}(X)). \quad (11)$$

Pokračování příkladu 1: Uvažujme nyní množinu X , která je podmíněna pravou stranou pravidel: $P = A_4$. Množina X je reprezentována příslušnými řádky tabulky $X = \{3, 5, 6, 7, 8, 10\}$. Zajímá nás, jak tuto množinu bude aproximovat množina podmíněná levou stranou pravidel $L = A_3$.

Tzn., že naše relace nerozlišitelnosti je v daném případě definována výrazem

$$RE1(A) = \{y | y, x \in U \mid (y \text{ RE1}(A) x) \Leftrightarrow (g(y, L) = g(x, L)) = A_3\}.$$

Na základě vztahů (7) - (9) můžeme nyní formovat příslušné množiny a míry :

$$\text{Posi}_{RE1}(X) = \{5, 8, 10\}, \text{ Poss}_{RE1}(X) = \{5, 8, 10, 11\}.$$

$$\text{Bound}_{RE1}(X) = \text{Poss}_{RE1}(X) - \text{Posi}_{RE1}(X) = \{5, 8, 10, 11\} - \{5, 8, 10\} = 11.$$

$$\alpha_{RE1}(X) = \text{card}(\text{Posi}_{RE1}(X)) / \text{card}(\text{Poss}_{RE1}(X)) = 3/4 = 0.75.$$

Pravá strana pravidel A_4 je tedy aproximována levou stranou pravidel A_3 ze 75 %.

4. Závěr

V předloženém článku byla naznačena aplikace dvou metod vytěžování znalostí z databází. Jako datová podpora byly použity podmínky z databáze monitorovacího systému. Přínos článku je i v tom, že ukazuje, do jaké formy je nutno atributy a položky databáze transformovat, aby bylo možno použít uvedené metody vytěžování. Úspěšnost vytěžování ovšem závisí na definování monitorovacích tříd a obecného tvaru „provozních“ situací.

Poděkování

Předložený článek náleží do výzkumu podporovaného grantovým projektem č. 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, V. Jirka, L. Pechar, J. Bíla, M. Hofreiter, R. Petrová, J. Zicha, F. Kobrzek a J. Mareček.: *Dílčí zpráva k projektu 2B 06023*. MŠMT, Česká republika, 2008.
- [3] Z. Yi, S. Jianliang, Da Ruan and S. Pengfei: Interesting Rough Lattice-based Implication Rules Discovery. (Da Ruan, J.Kacprzyk, M.Fedrizzi (Eds.)), *Soft Computing for Risk Evaluation and Management*, Heidelberg, Springer-Verlag, 2001, pp. 155-169.
- [4] Z. Pawlak: *Rough Sets. Theoretical Aspects of Reasoning about Data*. Kluwer Academic Publishers. 1991.
- [5] J. Bíla and J. Jura.: Fuzzy Concepts in the Detection of Unexpected Situations. *Acta Polytechnica*. Vol. 47, No.1., 2007, pp. 5-8.

ADAPTIVNÍ PREDICKE PŘECHODŮ MEZI LOKÁLNÍMI ATRAKTORY LORENZOVA SYSTÉMU

Adaptive Prediction of Transitions between Local Attractors of Lorenz's System

Ivo Bukovský, Ladislav Smetana, František Anderle

Abstract – The paper demonstrates an adaptive prediction of trajectory transitions between local basins of attraction of deterministic chaotic systems using low-dimensional dynamic quadratic neural unit with periodically forced neural inputs. The forthcoming transitions of higher dimensional chaotic systems are predicted by a low dimensional discrete dynamic neural unit implemented as a special adaptive forced oscillator. The real-time sample-by-sample evaluation of complex system behavior is based on monitoring of parameters of an adaptive model during its adaptation. The behavior of chaotic systems in the state-space is adaptively transformed to system behavior in an approximated parameter-space using special higher order nonlinear neural unit forced with periodical inputs. Added forcing inputs naturally allow a low dimensional dynamic neural unit to better approximate higher dimensional behavior; the forcing neural inputs are initially configured upon analysis of frequency spectra of the evaluated time series.

Key words: adaptive evaluation, chaos, inter-attractor transition, higher order nonlinear neural unit, forced nonlinear dynamic oscillator

1. Introduction

The Lorenz's system [1] is one of the most familiar chaotic systems. Most, it is known as a continuous nonlinear dynamic non-dissipative system that exhibits chaos in the three dimensional state-space (Eq.(1)). Typical for the complex trajectory of Lorenz's system are trajectory transitions between local basins of attraction thus creating the well known two-wing shape of the whole system attractor (Fig.1). The simulations experiments in this work focuses on the detection of the forthcoming transitions between the local basins of attractions. The contribution of this work is that the local transitions of three-dimensional nonlinear dynamic system (Lorenz's system) are adaptively predicted by a low dimensional dynamic quadratic neural unit (QNU) with forcing inputs. The notion of quadratic and other nonconventional neural units was originally introduced in [3] and more recently developed also in works [4] and [5]. In this paper, the dynamics of the QNU is of a first order (the unit performs in 1-D state space) and the unit is further enhanced by appropriate forcing inputs so it creates a

forced dynamic oscillator. It is shown in [2], that adding forcing inputs to a dynamic system naturally increases dimensionality of a unit by an additional dimension and thus it allows better approximation of more complex behavior. The adaptive approach for evaluation of high dimensional complex system by lower dimensional neural units with forcing inputs was recently introduced in [5], where the forcing inputs were originally designed with respect to the physiological nature and the spectral frequency analysis of the evaluated signals, i.e. heart beat tachograms. An original technique for visualization of approximated system in its parameter space was also introduced in [5].

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= 10y(t) - 10x(t) \\ \dot{y}(t) &= 28x(t) - y(t) - x(t)z(t) \\ \dot{z}(t) &= x(t)y(t) - \frac{8}{3}z(t)\end{aligned}\tag{1}$$

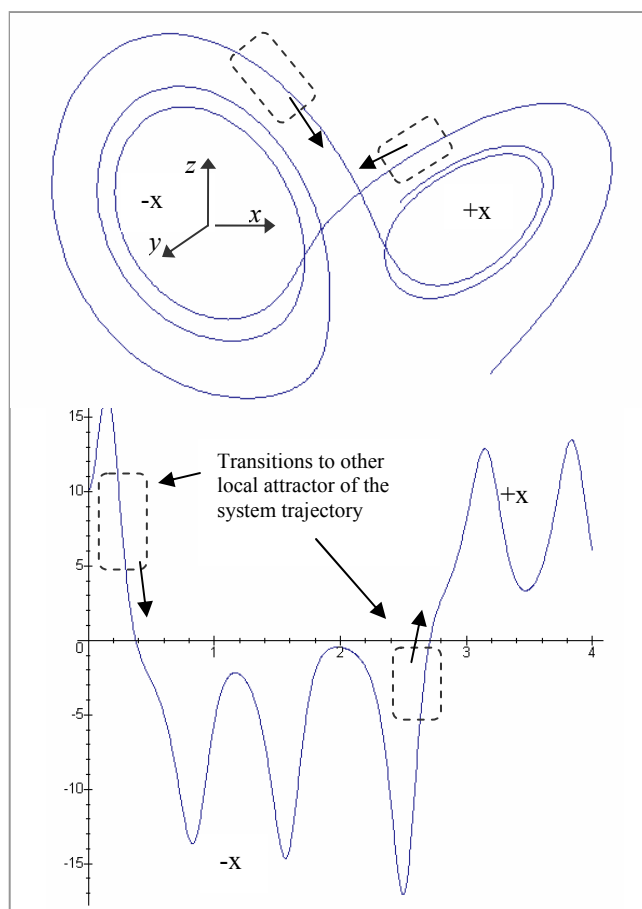


Fig. 1: The evaluated Lorenz's attractor (top). The goal is to detect incoming transitions between the local attractors of the system trajectory.

In this paper, 1-D static and dynamic quadratic neural units with forcing inputs (thus better approximating higher dimensional systems) are shown as designed for prediction of local attractor transitions of a Lorenz's system running in chaotic regime. The adaptation plot (introduced as monitor plot in [5]) that visualizes the real-time behavior of a neural unit in its parameter space is introduced with focus on vertical patterns detection of incoming significant changes in system behavior (the inter-attractor transition). The results of forced one-dimensional QNU for early detection of incoming inter-attractor transients of (higher dimensional) Lorenz's system running in chaotic mode are shown via adaptive monitoring of state variable $x(t)$ from system Eq.(1).

2. Quadratic Neural Units with Forcing Inputs

The quadratic neural unit with linear somatic operation and two forcing neural inputs is shown in Eq.(2). In case of static QNU, the neural input $xa_3=x(k)$ is fed to a unit as an external input (previously obtained from system in Eq.(1)). In case of dynamic QNU, the neural output $x(k+1)$ is delayed by a discrete sampling period and fed back to neural input thus creating a recurrent neural unit ΔT .

$$x(k+1) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=i}^3 w_{ij} x_{a_i}(k) x_{a_j}(k),$$

where $w_{00} = 0, x_{a_0} = 1$

$$u_1 = x_{a_1} = \cos(\omega_1 \cdot \Delta T + \phi_1),$$

$$u_2 = x_{a_2} = \cos(\omega_2 \cdot \Delta T + \phi_2),$$

$$x_{a_3} = x(k).$$
(2)

The frequencies ω_1 and ω_2 were chosen as the two most significant frequencies of frequency spectra of state variable $x(t)$, the phase delays ϕ_1 and ϕ_2 of forcing inputs u_1 and u_2 of QNU in Eq.(2) were configured manually to appropriately fit the plot of variable $x(t)$ from Eq.(1) without the use of any sophisticated routine. Note that amplitudes of both neural inputs are included in the neural weights and were configured automatically later during the adaptation of a unit. According to the technique for stable adaptation of neural units introduced in [5], the neural weights w_{ij} of static QNU (Fig.1.) were first adapted so the static unit approximated state variable $x(t)$ of system Eq.(1). Then, the neural weights w_{ij} of the static neural unit were used as initial weights of the dynamic QNU to assure its stability during the adaptation (for an appropriate learning rate that may be a very small number). Both the static and dynamic neural units were adapted by the gradient-descent based back-propagation learning rule [3], and the initial use of static neural unit prior the dynamic neural unit avoids the issues of its adaptation instability. Consequently, the dynamic QNU shown in Eq.(2) is used for the higher accuracy of system approximation naturally resulting from its recurrent delay feedback of $x(k)$.

3. The Adaptation Plot

The plot of markers detecting the unusually large neural weight increments is called as the Adaptation Plot (formerly the monitor plot in [5]).

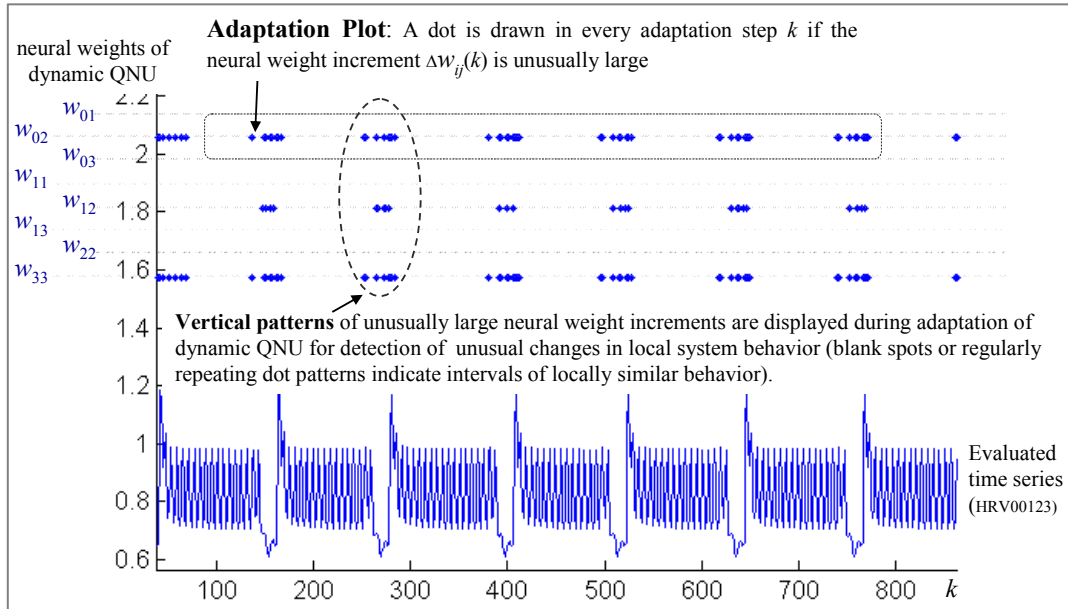


Fig. 2: The adaptation plot for monitoring and visualization of unusual neural weight increments during the adaptation of dynamic quadratic neural unit.

The algorithm for drawing the markers of each unusually large neural weight increments in the Adaptation Plot is as follows:

IF $ABS(w_{ij}(k+1) - w_{ij}(k-1)) > p \cdot Ref_ \Delta w_{ij}$ THEN detection is positive, record and draw the marker ;

where p is the detection sensitivity parameter, w_{ij} represents adaptable neural weights of QNU, n is the number of all adaptable neural parameters including the optional signal input preprocessor, N is the number of samples. For more details on the Adaptation Plot, we refer kind readers to [5].

4. The results

The quadratic neural units were adapted to visualize the unusual weight increments during the adaptation of dynamic QNU Eq.(2) with sampling $\Delta T=0.01$ seconds during approximation of state variable $x(t)$ of Lorenz's system in Eq.(1). The appropriate detection sensitivity parameters p were found so the markers appearing in top right corners in Fig.4 and Fig.5 clearly predicted forthcoming local attractor transition (see the insets in Fig.4 and Fig.5). The number of adaptation passes for static QNU was five and the dynamic QNU was consequently adapted once to visualize the neural increments in the adaptation plot.

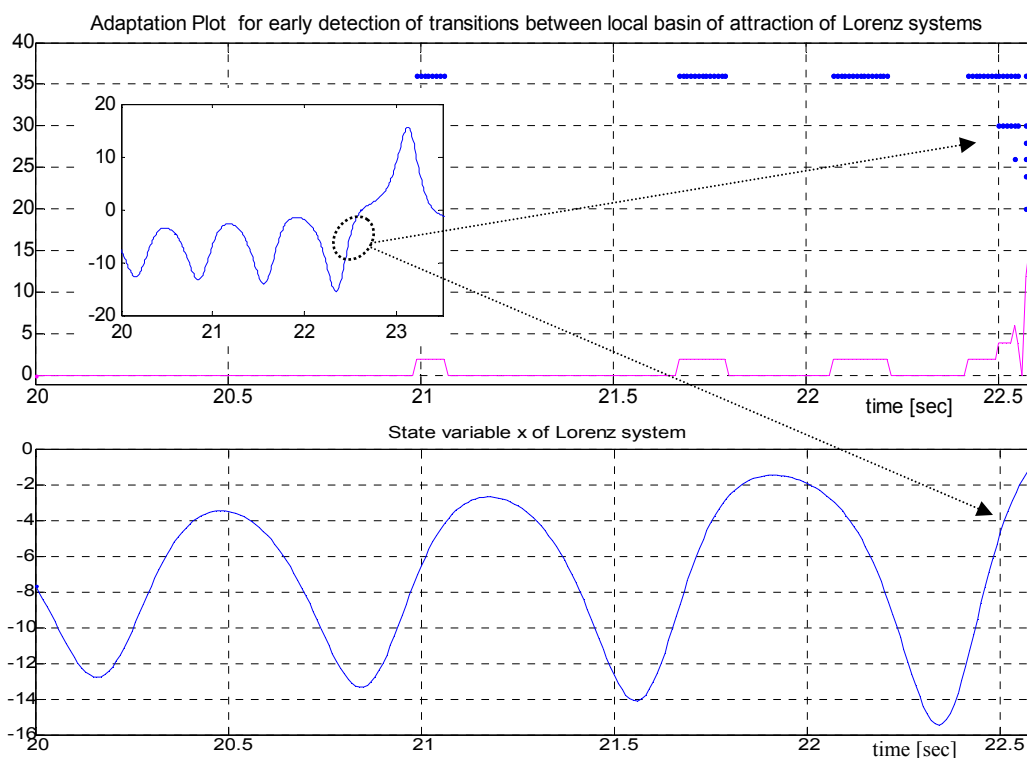


Fig. 4: Prediction of the transient of variable x from region of negative values (-local attractor) to the region of positive values (+local attractor). Notice the blue markers appearing in top right corner that indicate the incoming transition to other local attractor.

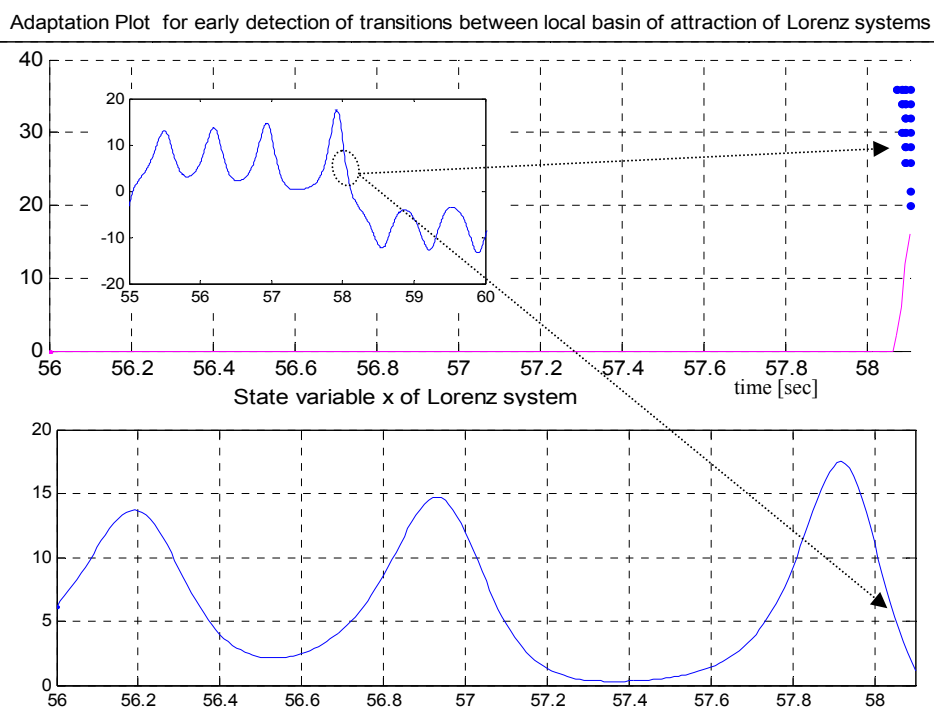


Fig. 5: Prediction of the transient of variable x from region of negative values (-local attractor) to the region of positive values (+local attractor).

5. Conclusions

The results have confirmed that incoming transitions between local attractors of three-dimensional Lorenz's system running in highly chaotic regime can be well ahead predicted by the adaptive approach with the use of one-dimensional (single-recurrence) quadratic neural unit neural unit enhanced by the appropriate forcing inputs that naturally improves their approximating capability. The dynamic QNU with forced inputs was able to detect incoming transitions of state trajectory of usually at least 10 samples ahead, that is in fact much higher number than it is its own dimensionality (the single recurrence QNU was used). The research work and simulation experiments in this paper have come along our emerging research on adaptive evaluation of complex systems merging the use of new cognitive systems such as the nonconventional neural architectures [4] and chaos theory in order to handle complex behavior of real, esp., biological systems [5].

Acknowledgement

The research has been supported by grant No. MSMT 2B06023

References

- [1] Lorenz, N. Edward: "Deterministic Non-Periodic Flows". *Journal of Atmospheric Science*, 1963.
- [2] Alligood, K., T., Sauer, T., D., Yorke, J., A.: *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, New York, Springer-Verlag, 1996.
- [3] Gupta M. M., Liang, J., Homma, N., : *Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory*, IEEE Press and Wiley-Interscience, published by John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [4] Bukovsky, I., Hou, Z-G., Gupta, M., M., Bila, J.: "Foundation of Notation and Classification of Nonconventional Static and Dynamic Neural Units", *ICCI 2007, The 6th IEEE International Conference on COGNITIVE INFORMATICS*, California, USA, 2007.
- [5] 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, Czech Technical University in Prague (defended September 7, 2007, supervisor Bila, J., supervisor-specialist Gupta, M., M.)

STRATEGIE ŘÍZENÍ TOKU ENERGIE PRO POHON VOZIDLA S PNEUMATICKY HYBRIDNÍM MOTOREM

Energy Management Strategies for Hybrid Pneumatic Engine

A. Ivančo, J. Bíla, Y. Chamailard

Souhrn: Článek představuje nový koncept hybridního pohonu pro automobily. Dále nabízí a porovnává vícero strategií hospodaření s energií s hlavním cílem snížit spotřebu pohonných hmot. Celkem byly navrženy dvě strategie řízení použitelné v reálném čase. První heuristická, která používá parametry vozidla a motoru pro výběr vhodného způsobu pohonu. Druhá se zakládá na bilancování spotřeby paliva mezi konvenčním motorem a motorem na stlačený vzduch. Tyto dvě strategie jsou v závěru porovnány za pomoci dynamického programování. Dosažené výsledky nabízejí dostatek možností pro další rozvoj a perspektivy na poli hybridních vozidel.

Klíčová slova: hybridní vozidlo, pneumaticky hybridní motor, strategie řízení pohonu, dynamické programování.

1. Úvod

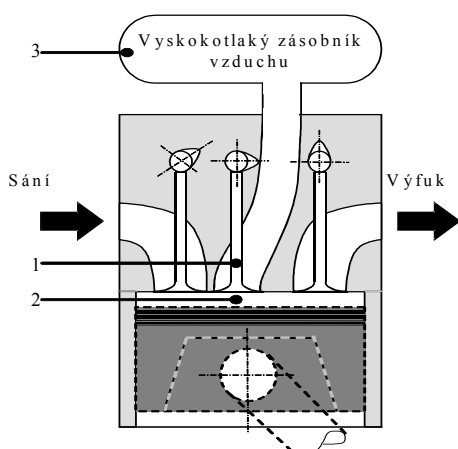
V dnešní době představují hybridní vozidla novou evoluci v automobilovém odvětví. Hybridní funkce dovoluje výrazné snížení obsahu vypouštěného CO₂ díky zvýšení celkové účinnosti pohonu vozidla, což následně vede ke snížení znečištění ovzduší a to hlavně v městských aglomeracích.

V našem případě je použito originálního přístupu v hybridizaci pohou, neboť to není vozidlo hybridní (víceru motorů ve stejném voze), ale jedná se o hybridní motor (víceru zdrojů energie ve stejném motoru). Dodatečná energie použitá v motoru jako doplněk k chemické energii paliva je stlačený vzduch [1]. Během brzdění je kinetická energie vozidla opět získána přeměnou do formy stlačeného vzduchu a uskladněna v zásobníku. To se děje ve spalovacím prostoru díky dodatečnému ventilu vsazenému do hlavy válce (Obrázek 1). Ten spojuje spalovací komoru se zásobníkem stlačeného vzduchu. Postupnou aktivací plnicího ventilu a uzavřením přívodu paliva dochází k přeměně klasického spalovacího motoru na pneumotor, který je schopen dodat mechanickou práci (expanzí stlačeného vzduchu ve spalovací komoře), nebo ji naopak odebrat jako pneumatický kompresor.

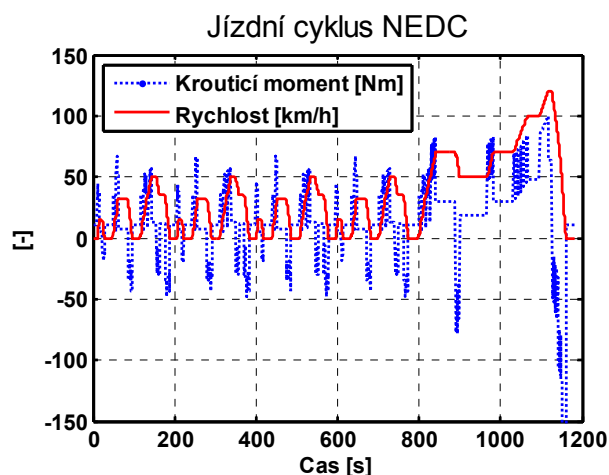
Pro upřesnění je třeba dodat, že tento systém představuje zároveň integraci systému stop & start, neboť motor je v režimu pneumotoru schopen dodat kroutící moment i při rozběhu tj. z nulových otáček.

Pro správné využití výhod nabízeného konceptu je nutno definovat a následně optimalizovat strategie řízení pro rozhodování o aplikaci jednotlivých funkčních módů. Hlavním cílem bylo snížit spotřebu pohonných hmot a to při současném zachování vnějších charakteristik vozidla. Pro dodržení funkce konceptu bylo nutno zahrnout i některé kompromisy vzhledem k zásobníku a stavu jeho naplnění.

Hlavním úkolem tohoto článku je navrhnout, upravit a porovnat dvě strategie řízení pro pneumatiky hybridní pohon. Simulace vychází z modelu vozidla při průjezdu jízdním cyklem (např. NEDC, Obrázek 2).



Obrázek 1: Schéma uspořádání motoru



Obrázek 2: NEDC cyklus s odpovídajícím krouticím momentem

2. Model systému

Jako řídicí veličina vstupuje rychlost vozidla, která je sledována dokonalým řidičem (přesné určení odchylky okamžité od žádané rychlosti) a která pochází z definice jízdního cyklu. Signál rychlosti je nadále přepočten na signál krouticího momentu k dodání motorem, za pomoci modelu vozidla a převodového ústrojí. Tento postup je dále podrobněji rozebrán:

Řidič obdrží signál požadované rychlosti pro vozidlo v_d , který je nadále srovnán s aktuální rychlostí vozidla v_v pro výpočet nutné akcelerace γ :

$$\gamma = \frac{(v_d - v_v)}{\Delta t} \quad (1)$$

Po započtení bilance sil (aerodynamika F_a , valivý odpor F_v , setrvačnost F_i , atd.) a aplikaci prvního zákona dynamiky

$$m \cdot \gamma = \sum F \quad (2)$$

je vypočtena celková síla působící při vozovce F_{voz} . Znalost charakteru převodového ústrojí (převodový stupeň nápravy ρ_c , převodovky ρ_b a ujeté dráhy na jedno otočení kola l_w) dovoluje dále vypočítat potřebný krouticí moment C_m motoru:

$$C_m = (F_{voz} \cdot \rho_b \cdot \rho_c \cdot l_w) / 2\pi \quad (3)$$

Jestliže je požadovaný krouticí moment kladný C_m může být uplatněn konvenční nebo pneumatický mód. Jestliže je však záporný, vybraný mód je kompresor (nebo brzdění v případě běžného vozidla). Jestliže je požadovaný záporný krouticí moment větší nežli jsme schopni odebrat módem kompresor, dochází k zapojení klasických brzd. A konečně, jestliže

je žádaný krouticí moment C_m nulový, máme možnost zastavit motor a nastartovat až při následném požadavku na krouticí moment, nebo nechat běžet konvenční motor na volnoběh. Řízení dodávaného krouticího momentu je rozděleno na dva bloky. První blok se stará o přiřazení správného funkčního módu, kdežto druhý upravuje parametry motoru (převážně plnicího ventilu) tak, aby byl termodynamickým cyklem vyprodukován požadovaný krouticí moment.

1.1 Model vozidla

Bylo použito jednoduchého modelu vozidla střední třídy (hmotnost vozidla 1500 kg, 5-ti rychlostní skříň, objem válců 1.6l, palivo-benzín)

Pro možnost porovnání výsledků vzhledem k použití konvenčního pohonu (referenční spotřeba pro vozidlo bez hybridního pohonu), nebo pro každou navrženou strategii řízení zvlášť, byla zachována stejná strategie pro změnu převodových stupňů jako u konvenčního pohonu.

1.2 Jízdní cykly

Pro rozpoznání výhod konceptu bylo použito pět různých jízdních cyklů. Na každém z nich můžeme porovnat celkovou spotřebu. První je cyklus NEDC (New European Driving cycle **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), který je normalizován pro porovnávání spotřeby vozidel na trhu. Dále bylo použito čtyř jízdních cyklů, které lépe vystihují podmínky reálné jízdy (rychlost vozidla, zrychlení, atd.).

1.3 Omezení a okrajové podmínky systému :

Pro zachování reprezentativnosti modelu musela být zohledněna některá omezení. Pro konvenční mód nesmí být otáčky ω_{conv} nižší než ty při volnoběhu.

$$\omega_{konv} \geq \omega_{konv} \quad (4)$$

Stejné omezení platí i pro krouticí moment C_m , který musí být udržen v mezích:

$$C_{max} \geq C_m \geq C_{min} \quad (5)$$

Při uplatnění módu pneumotor tlak v zásobníku p_t musí být mezi hodnotami $p_{t,min} = 6.5\text{bar}$ (tlak potřebný pro nastartování) a maximální hodnotou $p_{t,max} = 22\text{bar}$ odvozenou od kompresního poměru motoru. Může ovšem nastat i situace, že tlak v zásobníku bude pod spodní hranicí $p_{t,min}$, potom při zastavení vozidla nemůže dojít k zastavení motoru a jsme nuceni přejít do volnoběhu konvenčního motoru (odkud plyne nadbytečná spotřeba).

$$p_{t,max} \geq p_t \geq p_{t,min} \quad (6)$$

Pro snížení času potřebného pro celkový výpočet byl systém považován jako kvazistatický s periodou vzorkování jízdního cyklu 0.5s (tato perioda může být ještě snížena pro dosažení lepší absolutní přesnosti, ale při relativní přesnosti výsledky zůstávají srovnatelné).

Všechny módy motoru jsou zpracovány ve formě map spotřeby. Mapy spotřeby pro mod pneumotor a kompresor byly odvozeny od znalostí fyzikálních vztahů termodynamických dějů v nich probíhajících. Mapa spotřeby konvenčního módu je odvozena od měření ve zkušebně.

2 Strategie řízení pohonu

Strategie řízení energie pohonu mohou být chápány jako rozhodovací systém, kde jako hlavní kritérium vystupuje minimalizace spotřeby nevratné energie (pohonných hmot). Navržené strategie mohou být rozděleny do dvou skupin.

- Strategie použitelné v reálném čase: K rozhodnutí o změně způsobu pohonu zde slouží pouze informace o aktuálním stavu, ve kterém se systém nachází (rychlost pohybu

vozidla, požadavek na krouticí moment, tlak v zásobníku, aj.) bez znalosti následného stavu. Za jistých okolností lze ke zlepšení vlastností rozhodovacího mechanismu použít i vhodně zpracované informace o historii vývoje stavové trajektorie.

- **Posteriorní :** Ze znalosti celkového průběhu stavové trajektorie lze odvodit optimální strategii řízení (zde za použití Dynamického programování). Jako hlavní kritérium byla stanovena minimalizace spotřeby za současného dodržení všech okrajových podmínek. Tento typ strategie nemůže být přímo použit v reálném čase, ale jen za pomoci doplňujících komponent (predikce stavové trajektorie, dolování znalostí, atd.)

Celkově byly navrženy dvě strategie řízení v reálném čase. První (Kauzální) je heuristická a je založena na sledování stavových parametrů vozidla a motoru pro výběr vhodného módu. Druhá (Penalizační) je založená na poměru spotřeby mezi konvenčním a pneumatickým motorem.

2.1 Kauzální strategie

Kauzální strategie je založena na rozhodnutích typu « Jestliže, potom ». Je to heuristická metoda tudíž je závislá na konkrétní aplikaci a způsobu jejího využití a nezaručuje tedy plné využití výhod konceptu [2]. Po vyladění však dává obstojné výsledky (Obrázek 3 a Obrázek 4). Strategie používá měřitelných parametrů systému jako rychlost otáček motoru ω_{conv} , požadavku na krouticí moment C_m nebo tlaku v zásobníku p_z pro výběr nejvhodnějšího módu.

2.2 Strategie s penalizační funkcí

Tato strategie je založena na minimalizaci okamžité spotřeby. Penalizační funkce f_{pen} je použita pro vyvážení spotřeby stlačeného vzduchu vůči spotřebě paliva. Výběr nejvhodnějšího módu se děje na základě minimalizace ekvivalentu spotřeby pro provedení žádané práce. Pro porovnání energetické náročnosti je však nutno definovat množství stlačeného vzduchu (m_{vzduch}) přepuštěného ze zásobníku a množství pohonných hmot (m_{palivo}) odebraných z palivové nádrže ve stejných jednotkách. K tomu bylo použito prvního termodynamického zákona a spotřeba na obou stranách vyjádřena v Joulech. Pro práci odebranou ze zásobníku stlačeného vzduchu platí rovnice:

$$\Delta U = W + Q + \Delta H \quad (7)$$

Když víme že

$$\Delta H = \sum_{i=1}^k C_{pi} T_i \Delta m_i \quad (8)$$

Nakonec úbytek energie v zásobníku:

$$E_{vzduch} = m_{vzduch} \cdot C_p \cdot T_{zasobnik} \quad (9)$$

Na straně palivové nádrže bylo použito zákona výhřevnosti:

$$E_{paliva} = m_{palivo} \cdot PCI \quad (10)$$

Z výpočtu vyplývá, že použití stlačeného vzduchu pro pohyb vozidla je energeticky méně náročné. V konečném důsledku je tedy nutné pro vyvážení energetické náročnosti použít penalizační funkce f_{pen} . Když vybereme penalizační funkci f_{pen} příliš slabou, riskujeme rychlé vyprázdnění zásobníku bez výrazných úspor paliva. Na druhé straně, pokud zvolíme penalizační funkci příliš silnou, upíráme možnost snadného uplatnění pneumatického módu a tak plně nevyužíváme výhod konceptu hybridně pneumatického motoru.

Pro první přiblížení byla penalizační funkce f_{pen} použita jako konstantní a po uvážení předchozích omezení zvolena:

$$f_{pen} = const = 2.15 \quad (11)$$

V druhé fázi byla penalizační funkce f_{pen} navržena jako funkce jedné proměné, a to v závislosti na tlaku v zásobníku stlačeného vzduchu.

$$f_{pen_var} = \lambda_{stredni} - x_{SOC}^3 \quad (12)$$

Kde výraz x_{SOC} vyjadřuje stav naplnění zásobníku:

$$x_{SOC} = \frac{2 \cdot p_t - (p_{t,max} + p_{t,min})}{p_{t,max} - p_{t,min}} \quad (13)$$

Tudíž využití pneumatického motoru je v přímé závislosti na stavu naplnění zásobníku.

2.3 Dynamické programování

Dynamického programování (DP) je použito jako reference pro porovnání celkové spotřeby dosažené jednotlivými strategiemi.

2.3.1 Přiblížení z pohledu matematiky

Uvažujme systém v diskrétním čase (jízdní cyklus je tradičně diskretizován časem od 0,1s do 0.5s). Odkud :

$$x_{k+1} = f_k(x_k, u_k), k = 0, 1 \dots N - 1 \quad (14)$$

Kde x_k je stav systému, který nabývá hodnot z množiny S_k , (rychlost vozidla, požadavek na krouticí moment, tlak v zásobníku, aj.). Řídicí veličina u_k je prvkem prostoru C_k a je nahlížena jako prvek prostoru všech módů vhodných pro naše uspořádání pohonu. u_k je tedy omezena nabývání hodnot z neprázdné množiny $U(x_k) \subset C_k$, použitelných módů pro uspokojení požadavku na krouticí moment za stavu x_k . Předpokládáme, že strategie spočívá v sekvenci funkcí

$$\pi = \{\mu_0, \dots, \mu_{N-1}\} \quad (15)$$

Kde μ_k přiřazuje ke každému stavu x_k jednu řídicí veličinu $u_k = \mu_k(x_k)$ kde $\mu_k(x_k) \in U_k(x_k)$ pro všechny $x_k \in S_k$.

S počátečním stavem x_0 a trajektorií $\pi = \{\mu_0, \dots, \mu_{N-1}\}$, jsou stavy systému jsou definovány jako :

$$x_{k+1} = f_k(x_k, \mu_k(x_k)) \quad (16)$$

Tudíž pro jízdní cyklus $g_k, k = 0, 1, \dots, N - 1$, cena pro trajektorii navrženou sekvencí π jednotlivých módů a počátečním stavu x_0 je :

$$J_\pi(x_0) = E\{g_N(x_N) + \sum_{k=0}^{N-1} g_k(x_k, u_k(x_k))\} \quad (17)$$

Za optimální strategii π^* je tedy možno považovat takovou, která minimalizuje celkovou cenu :

$$J_{\pi^*}(x_0) = \min_{\pi \in \Pi} J_\pi(x_0) \quad (18)$$

kde Π je obor všech přípustných sekvencí.

Optimální cena $J^*(x_0)$ závislá na x_0 je vyjádřena [4] jako;

$$J^*(x_0) = \min_{\pi \in \Pi} J_\pi(x_0) \quad (19)$$

3. Výsledky

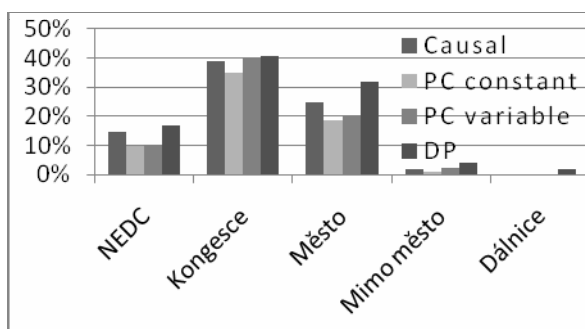
Výsledky byly rozděleny do dvou částí. Nejdříve jsou představeny pro stejný výchozí stav ($p_t = 10 \text{barů}, 0b$) a pro různé strategie řízení. Později pro tlak v zásobníku, který na

konci cyklu odpovídá počátečnímu (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Tento druh srovnávání však nevystihuje reálné podmínky v provozu, kdy se jen těžko stane, že tlak v zásobníku na počátku a konci cyklu bude stejný. Nakonec však jedině v tomto případě je spotřeba promítnuta jen do pohonných hmot a tím plně srovnatelná.

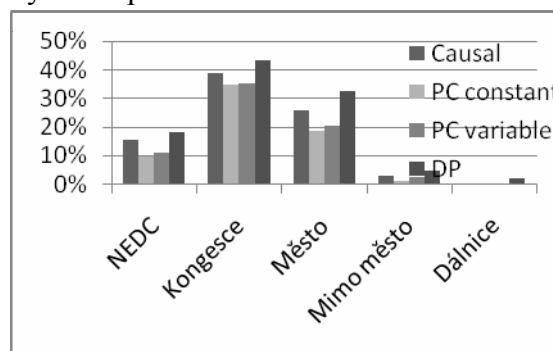
Pro stejné výchozí podmínky pozorujeme, že nejlepších výsledků je dosaženo za pomoci dynamického programování, ale také to, že celková spotřeba dosažena za použití kauzální strategie nebo penalizační funkce v závislosti na tlaku v zásobníku, jsou si relativně blízké. Když ještě uvážíme skutečnost, že ve většině případů je na konci cyklu tlak v zásobníku větší než na počátku, lze usoudit, že existuje rezerva pro dodatečné využití pneumatického módu.

4. Závěr

Tento článek představuje nový koncept hybridizace pohonu, navrhuje a porovnává vícero strategií pro řízení toku energie, to vše za účelem snížit a pokud možno minimalizovat spotřebu pohonných hmot. Výsledky (Obrázek 3 Obrázek 4) ukazují na relativně slabou citlivost strategií na počáteční podmínky. Toto je příznivé zjištění nejen pro nadcházející práce na zlepšování strategií řízení, ale i pro samotný koncept.



Obrázek 3: Stejná výchozí podmínky



Obrázek 4: Výchozí podmínky rovná konečným

Reference

1. HIGELIN, P., A. CHARLET, and Y. CHAMAILLARD, *Thermodynamic Simulation of a Hybrid Pneumatic-Combustion Engine Concept*. *Int.J. Applied Thermodynamics*, 2002. 5(1): p. 1-11.
2. SCIARRETTA, A. and L. GUZZELLA, *Rule-based and optimal control strategies for energy management in parallel hybrid vehicles*, in *6th International Conference on Engines for Automobile 2003: Capri*.
3. RIZZONI, G., P. PISU, and E. CALO, *Control strategies for parallel hybrid electric vehicles*, in *Advanced in automotive control 2003: Salerno, Italy*.
4. BERTSEKAS, D.P., *Dynamic Programming and Optimal Control*. 3 ed. Vol. 1. 2005, Nashua, USA: Athena Scientific.

NÁVRH KONCEPCE PŘENOSU DAT Z WEBOVÉHO PORÁLU FIEDLER-MÁGR DO VYROVNÁVACÍ DATABÁZE SLOUŽÍCÍ PRO ARCHIVACI, ANALÝZU A PROVÁDĚNÍ VÝPOČTŮ PRO PROJEKT MONITOROVÁNÍ VÝVOJE KRAJINY: MSM 2B06023

Jakub Jura a Jiří Bíla

Abstrakt. Článek informuje o provedené analýze, z které plynou návrhy na technické řešení přenosu, správy a sdílení dat získaných z měřicích stanic. Analýza byla vypracována pro výzkumný úkol „Vývoj metod stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech. Návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity“. Článek se věnuje popisu možných způsobů přenosu dat z terénních měřicích stanic do databáze, v které budou data archivována a jednotlivé navrhované možnosti řešení jsou také zhodnoceny z hlediska funkčního a ekonomického. Analýza je provedena i v návaznosti na další požadované funkčnosti systému, kterými jsou například vizualizace a analýza dat, integrace heterogenních výzkumných naměřených a vypočtených dat a souhrnně jejich správa.

Klíčová slova: Databáze, procesní databáze, přenos dat, vizualizace dat, vizualizační software.

1. Úvod

Výzkum, který se zabývá zjišťováním toků energie a látek v ekosystémech a ověřováním podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity produkuje velké objemy v terénu naměřených dat a tato data je zapotřebí nejen dále využívat pro plnění vědeckých úkolů (výpočty, datamining), ale také pro tyto účely sbírat, kontrolovat, dlouhodobě archivovat a zprostředkovávat v uživatelsky přívětivé podobě. Tímto zde navazujeme na dílčí zprávu k výše uvedenému projektu [1].

V současné době je v terénu umístěno 11 měřicích stanic firmy Fiedler-Mágr, přičemž každá z nich měří 13 veličin. Tato naměřená data jsou sbírána a archivována na serveru Fiedler-Mágr (obvykle v šestiminutové periodě). Z tohoto serveru jsou data zpřístupněna oprávněným uživatelům prostřednictvím webového rozhraní formou grafů, tabulek hodnot a datových souborů v formátu CSV (Comma-separated values) [2]. Byla provedena analýza jiných možností tohoto zpracování a přenosu dat a bylo zjištěno, že stávající řešení je z hlediska funkce, spolehlivosti i nákladů nejvýhodnější. Snad jen dvě nevýhody má využití stávajícího systému firmy Fiedler-Mágr. První z nich je, že tímto způsobem je možné získat jen relativně nová (maximálně jeden měsíc stará) data a starší naměřené hodnoty jsou tímto způsobem nedostupné – ačkoliv jsou zde archivované a dostupné jinými způsoby. Druhou nevýhodou je nízké, přesto však existující, riziko, které vychází ze skutečnosti, že data jsou archivována pouze na serveru Fiedler-Mágr a jakýkoliv problém s tímto serverem by mohl potenciálně vést k ztrátě dat z celého výzkumu. Pravděpodobnost ztráty dat ze serveru Fiedler-Mágr je

sice malá, ale důsledky této možné ztráty jsou pro výzkum natolik kritické, že záloha na jiném serveru je jednoznačně nutná.

Z výše zmíněných důvodů je nutné vytvořit archivační databázi. Nespornou výhodou také je, že vlastní systém bude možné účelně rozšiřovat například o snímky pořízené vzducholodí a vypočtené hodnoty a výsledky dataminingu. V tomto smyslu bude navrhovaný systém více než jen archivační databází, ale také prostorem pro integraci naměřených dat a průběžných výsledků. Zástupci ENKI se vyjádřili, že by uvítali také možnost ukládat na tento server i jiná data, která jsou k tomuto výzkumu relevantní – též za účelem archivace a sdílení členy výzkumné skupiny.

2. Sběr dat do archivační databáze

Jak již bylo řečeno, cílem je vytvoření databázového systému, který by archivoval naměřená data z měřicích stanic, umožnil jejich vizualizaci a poskytoval uživatelsky vybraná data za účelem dalších výpočtů a expertních analýz. Přenos dat z měřicích stanic do této archivační databáze je možný dvěma navrhovanými způsoby:

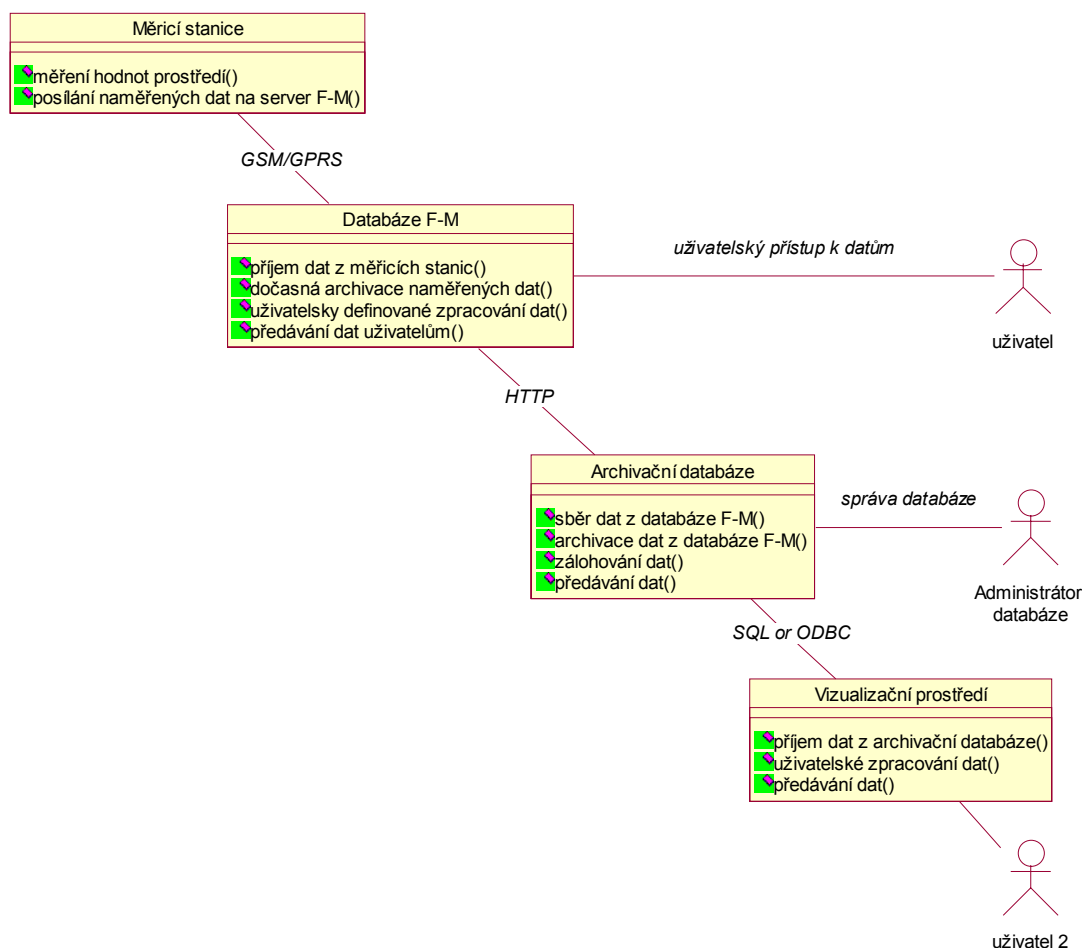
1. Přes datový server firmy Fiedler-Mágr.
2. Pomocí textových zpráv posílaných sítí GSM/GPRS přímo z měřicích stanic do archivační databáze.

2.1. Přenos dat přes datový server Fiedler-Mágr.

Prvním z možných způsobů přenosu dat do archivační databáze je použít jako zdroj dat databázi firmy Fiedler-Mágr, kde jsou naměřená data dočasně archivována. Tento přenos dat je možné realizovat několika způsoby:

1. Využít stávající webové rozhraní firmy Fiedler-Mágr a pomocí některého programovacího jazyka pro web (např. PHP), který umožní vyplnění webového formuláře a stáhnutí příslušného souboru s daty a jeho uložení, získávat data z tohoto webového rozhraní. Toto řešení nevyžaduje žádnou další domluvu s firmou Fiedler-Mágr.
2. Elegantnějším řešením je, po domluvě s firmou Fiedler-Mágr, využít jiný (přímější) způsob předávání dat. Např. přímý přístup do databáze na jejich serveru pomocí SQL či zřízení ODBC serveru pro předávání dat. Nevýhodou je, že by se firma Fiedler-Mágr musela na realizaci tohoto přístupu aktivně podílet. V případě přístupu k SQL serveru by bylo potřeba získat heslo k databázi (tím se nemyslí uživatelské heslo k webovému rozhraní tohoto serveru) a v případě ODBC by bylo zapotřebí, aby firma Fiedler-Mágr zřídila zmíněný ODBC server.
3. Metodou, která je sice nejméně zajímavá technicky, ale pravděpodobně by byla nejekonomičtější je přímé získávání dat od firmy Fiedler-Mágr na přenosném médiu. Perioda přenosu byla navržena tříměsíční.

Nad databází naměřených hodnot by měl ještě fungovat systém, který by shromážděná data v uživatelsky přívětivé podobě vizualizoval, sdílel a integroval s ostatními daty nečíslného typu (viz níže).

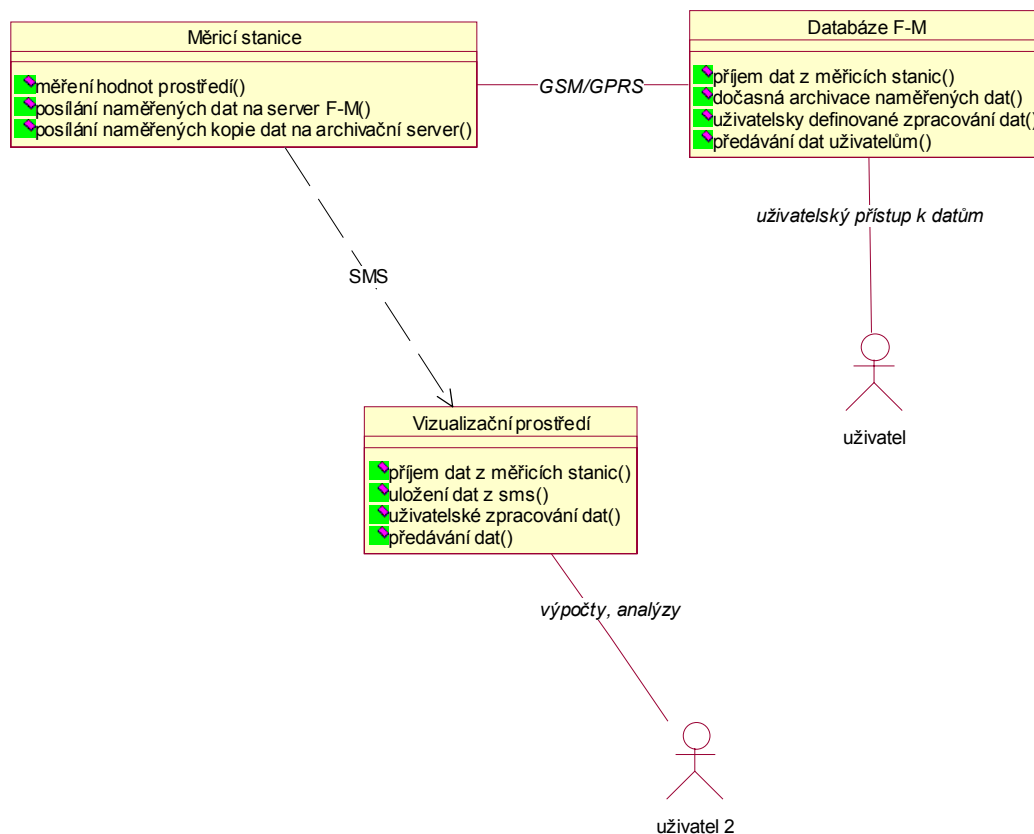


Obr.1. Schéma systému přenosu a sdílení dat s využitím datového serveru Fiedler-Mágr.

2.2. Přenos dat pomocí textových zpráv z měřicích stanic do archivační databáze.

Druhým z možných způsobů přenosu dat do archivační databáze je použít jako zdroj dat přímo měřicí stanice v terénu. Ty v běžném provozu předávají naměřené hodnoty datovému serveru Fiedler-Mágr pomocí textových zpráv posílaných sítí GSM (Global System for Mobile communications) resp. pomocí služby GPRS (General Packet Radio Service). Měřicí stanice Fiedler-Mágr umožňují nastavit zasílání kopie těchto zpráv na uživatelsky definovanou adresu [2]. Většina stávajících vizualizačních software (a všechny níže uvažované) umožňují příjem dat v SMS formátu. Možnou výhodou tohoto řešení by byla úplná nezávislost na datovém serveru firmy Fiedler-Mágr, což aktuálně potřeba není. Další výhodou by bylo, že by odpadla potřeba programovat SQL server – tuto službu zajistí přímo vizualizační software (který má vlastní metody nejen příjmu, ale také ukládání dat). Nevýhodou je, že by bylo k vizualizačnímu software potřeba dokoupit SMS, resp.

GSM/GPRS modul. Dalším mínusem tohoto řešení je nárůst nákladů na provoz stanic způsobený zdvojnásobením objemu přenášených dat. Technicky je to uzpůsobeno tak, že každá ze stanic má svou SIM (Subscriber Identity Module) kartu s daným kreditem, kterým za přenos dat platí.



Obr.2. Schéma systému přenosu a sdílení dat s využitím přímé komunikace s měřicími stanicemi pomocí textových zpráv.

2.3. Předběžný závěr.

S ohledem na aktuální požadavky na systém a při zohlednění ekonomické stránky projektu se ukazuje jako nejvýhodnější přenos dat přes datový server Fiedler-Mágr. Přenos dat z tohoto serveru buď přes jejich webové rozhraní nebo v delší časové periodě na datovém nosiči.

3. Vizualizace a správa dat

Z výše uvedených požadavků vyplývá, že mimo samotného přenosu a archivace naměřených dat je potřeba data také uživatelským způsobem sdílet, propojovat a poskytovat další služby. Aktualizovaný požadavek na centrální databázový systém umístěný na serveru ČVUT:

- Sběr dat (automatizovaná, či ruční podoba je otázkou ekonomické rozvahy).
- Dlouhodobá archivace dat.
- Kontrola dat např. metodami robustní statistiky.
- Sdílení archivovaných dat prostřednictvím webového rozhraní.
- Rozšíření databáze o vypočtené hodnoty.

- Integrace¹ číselných a obrazových dat.
- Archivace a integrace dalších výzkumných dat.
- Vizualizace dat v podobě grafů.

Podstatnou část těchto požadavků by bylo možné realizovat pomocí vizualizačních software SCADA/HMI (Supervisory Control And Data Acquisition/ Human Machine Interface). Nasazení těchto systémů by bylo smysluplné v situaci, kdyby se realizoval přenos dat z měřicích stanic pomocí textových zpráv posílaných sítí GSM. S ohledem na předběžný závěr, který podpořil variantu předávání dat z datového serveru Fiedler-Mágr, k nasazení těchto systémů nejspíše nedojde. Uvažovány byly tři vizualizační systémy: Intouch, Promotic a Reliance.

Wonderware – Intouch (Pantek) [3]

Pro nasazení systému Wonderware – Intouch by bylo zapotřebí (dle vyjádření zástupců Pantek) tří modulů:

- Development Studio Limited (základní modul s vývojovým prostředím).
- ActiveFactory (trendy, dotazy).
- Historian server (obsahuje archivační databázi IDAS).

Historian server je pro náš návrh klíčový, neboť obsahuje databázový systém industrial SQL (IDAS), který umožňuje zpracování dat v reálném čase. Tato funkce je však pro navrhovaný systém nadbytečná. Cenově je Intouch pěti až desetinásobně dražší než Promotic a Reliance. Navíc levnější verze Historian serveru (Personal Edition) neumožňuje žádnou editaci získaných dat. Dražší verze Historian serveru (Standard Edition) sice umožňuje modifikaci uložených dat, ale technicky je tato editace realizována vytvořením další databáze, kam se ukládají pozměněné hodnoty. Změnit hodnoty v původní databázi není možné. Tento koncept, který má pozitivní důsledky v oblasti bezpečnosti aplikace, je užitečný pro uživatelský přístup. Z hlediska dlouhodobé správy databáze je zcela nevyhovující, neboť ani administrátor by neměl plnou paletu práv k databázi.

Promotic (Microsys) [4]

- Načítání dat do systému je možné z formátu CSV (v kterém webový portál Fiedler-Mágr předává naměřená data), eventuálně je možné se připojit k vzdálené databázi pomocí ODBC serveru. Po zakoupení rozšiřujícího modulu i pomocí textových zpráv ze sítě GSM.
- Ukládání dat je možné v rozličných souborových formátech (Access, dBase, Oracle) a Promotic preferuje Dbase. Tyto databáze jsou však s ohledem na množství dat rizikem. Promotic podporuje i využití databázového systému MS SQL a MySQL, který by byl tento účel vhodný.
- Dále je možné zobrazení dat v podobě tabulek, grafů, plovoucích grafů, tvorba technologických obrazovek, export vizualizačních obrazovek do webového prostředí, řešení přístupových práv atd.

Reliance (Geovap) [5]

¹ Integrací je rozuměno vzájemné propojení relevantních dat.

- Načítání externích dat je možné přes MEM soubor Reliance, eventuelně přes OPC server a pomocí rozšiřujícího modulu i z SQL databází. Po zakoupení rozšiřujícího modulu i pomocí textových zpráv ze sítě GSM.
- Ukládání dat je možné ve formátu Paradox DB, Dbase a SQL. Volba typu SQL závisí na uživateli.
- Reliance dále umožňuje zobrazení dat v podobě tabulek, grafů, plovoucích grafů, tvorbu technologických obrazovek, řešení přístupových práv a export vizualizačních obrazovek do webového prostředí.

Nevýhodou zmíněných systémů je, že jsou primárně určeny pro průmyslovou vizualizaci a ačkoliv umožňují archivovat procesní data v databázích, tak neposkytují prostředí pro správu těchto databází – například neumožňují zpětně zapisovat data do původní databáze (ačkoliv z bezpečnostních důvodů to má i své klady).

Webové vizualizační prostředí

Další možností pro vizualizaci a správu dat je vytvořit webové uživatelské rozhraní v některém z programovacích jazyků pro web – pro databázi konkrétně v jazyce PHP/SQL. Dynamická technologická obrazovka by mohla být vytvořena pomocí JavaScriptů v HTML kódu (eventuelně staticky v čistém HTML). Tento postup je programátorsky náročnější než zmíněné využití vizualizačních software SCADA/HMI. Výhodou jsou však mnohem širší možnosti realizace různých funkcí.

4. Závěr

Článek se zabývá možnostmi sběru, archivace a sdílením dat pro popis energetických toků a změn v biodiverzitě krajiny. V článku je prezentována analýza a zhodnocení možností přenosu dat z terénních měřicích stanic do databáze za účelem archivace naměřených hodnot a jejich dalšího zpracování. Účelem je vytvořit databázový systém, který umožní data dále zpracovávat, provádět s nimi výpočty, vytěžovat z nich znalosti metodami dataminingu a získaná data prezentovat v smysluplné a názorné podobě.

Poděkování

Předložený článek náleží do výzkumu podporovaného grantovým projektem č. 2B06023.

Literatura

- [1] J. Pokorný, V. Jirka, L. Pechar, J. Bíla, M. Hofreiter, R. Petrová, J. Zicha, F. Kozbrzek a J. Mareček.: Dílčí zpráva k projektu 2B 06023. MŠMT, Česká republika, 2008.
- [2] Fiedler-Mágr: Webový prohlížeč měřených dat: uživatelská příručka verze 1.02. Retrieved 1.5. 2008 from https://fiedler-magr.cz/pdf/manual_WebProhlizec.pdf, 2007.
- [3] Pantek (CS) s. r. o.: Seznam produktů Wonderware software. Retrieved 1.5. 2008 from http://www.pantek.cz/pdf/cenik/seznam/seznam_sw.pdf, 2008.
- [4] Microsys, spol. s r. o.: Ceník systému PROMOTIC. Retrieved 1.5. 2008 from <http://www.microsys.cz/cz/pmdoc/PriceList/PriceList.htm>.
- [5] GEOVAP, spol. s r. o.: Reliance, Industrial SCADA/HMI system: Ceník systému Reliance 4. Retrieved 1.5. 2008 from <http://www.reliance.cz/cs/reliance4-pricelist>.

JAZYK XSLT A SÉMANTICKÝ WEB

XSLT Language and Semantic Web

Josef Kokeš

Abstrakt: Basic semantic oriented languages and ontological schemes are discussed and transformation formulas are shown. Empiric approach to create semi-semantic Web is presented. Based on empiric approach, a simple solution of personal web pages is presented. This solution is intended as a machine-readable part of department's web portal.

Key words: XML, XSLT, sémantický web

1. Kritické zhodnocení současného vývoje

Již od roku 1996, kdy byly provedeny první pokusy o sémanticky standardizovaný popis webových zdrojů, bylo předpovídáno masové nasazení technologií, umožňujících automatizovanou excerpci a zpracování metadat obsažených na webu. Bohužel, jak se dnes ukazuje, skutečný vývoj jde cestou spíše opačnou: zatímco objem dat dostupných přes webové rozhraní exponenciálně roste, objem strojově zpracovatelných znalostí spíše stagnuje a propast mezi nimi se rozevírá.

Domnívám se, že existují dvě hlavní příčiny. První z nich – poněkud paradoxně - je významné zlepšení kvality webových vyhledávačů a indexerů. Ty jsou s to dodat výsledky s tak vysokou relevancí, v tak krátkém čase a (pro uživatele) natolik bezpracně, že velmi poklesla potřeba prohledávat web podle významu, tzn. sémanticky.

Druhou významnou příčinou nepochybně je, že pro sémanticky orientované technologie neexistují všeobecně rozšířené prostředky pro praktické použití, zejména ne pro vstup a pro výstup. Publikace a odborné práce se zaměřují spíše na rozšiřování možností stávajících jazyků a schémat, což ústí v rostoucí komplexitu. To z nich činí složité a obtížně uchopitelné nástroje, jejichž masová použitelnost je sporná.

Smyslem tohoto příspěvku je ukázat, že prvním krokem směrem k sémantickému webu by mohlo být vhodné používání zcela standardních nástrojů, jako jsou Excel a Internet Explorer.

2. Ontologie jako základ sémantického webu

Ve filosofii se ontologie chápe jako nauka (či soubor nauk) o "bytí", popřípadě jako univerzální soustava znalostí popisující objekty, jevy a zákonitosti světa. V informatice je ontologie specifikována jako "explicitní specifikace konceptualizace".

V současnosti rozeznáváme tři základní typy ontologií:

- **terminologické** – to jsou vlastně pokročilejší tezaury. Používané jsou v knihovnictví a oborech zaměřených převážně na textové informace.
- **informační** – představují rozvinutí databázových konceptuálních schémat. Zajišťují abstrakci a vyšší kontrolu integrity
- **znalostní** - reprezentace znalostí v rámci umělé inteligence. Objekty a relace mezi objekty jsou důsledně definovány pomocí formálního jazyka.

Základním prvkem sémantického webu je **konceptualizace** dat. Konceptualizací rozumíme vytvoření systému pojmů, modelujícího určitou část světa. Důležitým předpokladem sémantického webu je standardizovaný popis webových zdrojů, které ovšem mohou být prakticky jakékoliv (zvuk, video, text, obrázek, atd.). Protože konceptualizace musí být specifikována explicitně, vytváří se například pomocí vhodných „dat o datech“, neboli metadat, připojených k těmto webovým zdrojům.

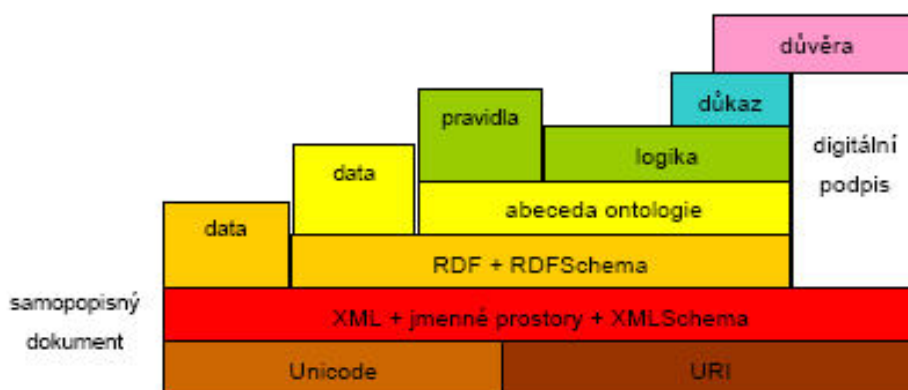
Historii pokusů o konceptualizaci webovou ontologií pomocí formálních jazyků lze podle [1] schématicky popsat takto:

- **SHOE** (*Simple HTML Ontology Extension*) – první jazyk, který vznikl pro specifické potřeby přidání sémantiky (významu) k informacím na webových stránkách. Vyvinutý týmem J. Hendlera na University of Maryland v roce 1996. Nevýhodou je vazba objektu na konkrétní HTML stránku identifikovanou pomocí URL.
- **Ontobroker** - vznikl přibližně ve stejné době jako SHOE na univerzitě v Karlsruhe. Má stejný koncept, ale důslednou centralizaci. Předpokládá existenci centrálního serveru.
- **RDF Schema** – První ontologický jazyk orientovaný na RDF (*Resource Description Framework*) – metadatový standard konsorcia W3C. Metadata jsou data vkládána do HTML stránky a to buď do hlavičky anebo jako samostatný doplněk k dokumentu. Obsahují ontologický popis informací na stránkách. Ontologické jazyky dodávají metadatům sémantiku (význam). Tento jazyk vznikl již v r.1999, relativně nezávisle na hlavním proudu "ontologického" výzkumu, přímo na půdě W3C.
- **DAML+OIL** – v polovině roku 2000 byl zahájen projekt DAML (*DARPA Agent Markup Language*), sponzorovaný vojenskou institucí DARPA.. Cílem bylo vytvořit sémantický jazyk pro RDF s větší vyjadřovací silou než má RDFS. Je překonán jazykem DAML+OIL.
- **OWL** - *Ontology Web Language*. Vzniká v současné době na základě zkušeností s DAML+OIL pod hlavičkou W3C Ontology Working Group. Z praktického hlediska je významné vyčlenění minimální podmnožiny tohoto jazyka: OWL Lite - to by mělo usnadnit implementaci programových nástrojů, která byla pro plnou verzi DAML+OIL (i pro plnou verzi OWL) velmi komplikovaná.

3. Na půlce cesty

Výše popsané formální jazyky sice jsou vhodné pro popis metadat a vytváření ontologií, ale jejich praktická využitelnost je sporná. Zejména proto, že se zatím ani neustálil jeden (nebo několik málo) procesních modelů, ani nejsou k dispozici prostředky pro práci s nimi.

Domnívám se, že daleko větší šanci na úspěšné nasazení mají méně ambiciózní postupy, založené na důsledném využití už existujících a rozšířených postupů. Jedná se zejména o „samo-popisné“ dokumenty založené na schématu XML. Přestože jazyk XML sám o sobě je definován pouze na syntaktické úrovni, lze obvyklými prostředky jednoznačně určit konkrétní význam značek. Důležité je, že XML lze využít pro zápis metadat. XML vlastně definuje gramatiku a využívá zápisu pomocí UNICODE, a tak může být v takovémto dokumentu uloženo cokoliv v jakémkoliv jazyce. Je tedy možné, nad XML vytvářet nadstavby ve vyšších, tentokrát už sémantických (významových) jazycích, jako je RDF. Pozici jazyka XML ukazuje obrázek převzatý z [2]:

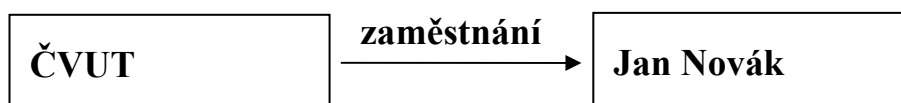


Obrázek 1 Pozice XML v sémantickém webu

Odtud je již velmi blízko k popisu sémantiky, významu. Například tvrzení, že Jan Novák je zaměstnancem ČVUT, může zapsáno být v jazyce RDF a odtud již automatizovaně zpracováno. Forma zápisu v RDF se ovšem může lišit podle použitých prostředků. Standardní je „predikátový zápis“, ve kterém je vytvořena trojice **subjekt**→**predikát**→**objekt**, například

subjekt: ČVUT
predikát: zaměstnání
objekt: Jan Novák

Tentýž vztah ovšem lze zapsat i graficky, například



Obrázek 2 Predikátový vztah

Pro nás ovšem je zajímavé, že totéž lze také vyjádřit pomocí reprezentace zapsané v XML, například takto:

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
        xmlns:s="http://www.description.org/schema/">
  <rdf:Description about="ČVUT">
    <z:Zamestnanec >Jan Novák</z:Zamestnanec>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Vlastní sémantickou informaci nese tučně vytištěná část, zatímco první token odkazuje na standard konsorcia W3C, podle kterého je RDF schéma zadáno.

Jako experiment jsem realizoval jednoduchou úlohu – webové stránky pracovníků odboru – pomocí standardních prostředků a s využitím technologie XML tak, aby bylo možno nad nimi vytvářet sémanticky orientované nadstavby. To ovšem bude předmětem až dalších prací.

Cílem bylo provedení následujícího experimentu: Co nejjednoduššími prostředky a pokud možno s minimalizací chyb, pořídit znalosti o jednotlivých pracovnících. Tyto znalosti automatizovaně přepracovat do takového XML, aby v něm byla zřejmá sémantika. A konečně, vytvořit prostředky, pomocí kterých se uvedené XML soubory budou prezentovat formou osobních webových stránek.

4. Vstup a prvotní zpracování dat

Data lze pohodlně zadávat pomocí specializovaného formuláře, pokud jej vytvoříme, přičemž můžeme současně aplikovat všechny myslitelné kontroly. Kontrolovat data hned na vstupu je nejlepší, nejspolehlivější a současně nejlevnější cestou, jak ověřit jejich bezchybnost. Všechny pokusy o následné kontroly dat jsou dražší (ve smyslu sumárních nákladů na vytvoření, validaci a následnou opravu). Pro vstup tak jednoduchých údajů, jak jsou osobní data, by ovšem programování specializovaného formuláře bylo neefektivní a navíc, takové řešení je naprosto neoperativní: jakákoliv změna je pracná a zdlouhavá.

Proto byla dána přednost tomu, vytvořit v tabulkovém procesoru (v našem případě Excel) jednoduchou tabulku, do které se údaje zapisují. Vzor tabulky byl rozeslán všem pracovníkům a po vyplnění byly všechny vyplněné tabulky umístěny do společného adresáře. Příklad vyplněného úseku tabulky je na obrázku na následující stránce.

Jak je vidět, jednotlivé údaje jsou řazeny do skupin (označeny nadpisem na tmavém pozadí). V daném řádku je vždycky ve sloupci A otázka (resp. sémantický význam), ve sloupci B je příslušná odpověď. Kde to má význam, jsou povolené vícenásobné odpovědi, které se zapisují do dalších sloupečků C, D,... atd. Výhodou vstupu přes tabulkový kalkulátor je, že je všeobecně rozšířený a obecně dobře zvládaný, tzn. respondentům práce s ním nečiní problémy. Navíc není velký problém v něm doplnit kontroly a validace.

Na tomto místě bych rád poznamenal, že Excel sám o sobě také umí vytvořit soubor XML. Můžeme se o tom přesvědčit z menu *Soubor-Uložit jako*, když vybereme *Typ souboru* „Datové soubory ve formátu XML“. Bohužel je třeba říci, že výsledný XML soubor je vytvořen z hlediska grafického formátování, tzn. prostřednictvím *tagů* XML obsahuje

všechny formátovací značky tak, aby se správně zobrazil jak v Excelu, tak i v jiných prostředích. Sémantika tam ale není nijak vyjádřena, a proto se nám tento způsob převodu na XML nehodí.

	A	B	C
1	Základní údaje		
2	Titul před jménem	Doc. Ing.	
3	Jméno	Jan	
4	Příjmení	Novák	
5	Titul za jménem	CSc.	
6	Fakulta	Fakulta strojní	
7	Ústav	Ústav přístrojové a řídicí techniky Ú12110	
8	Odbor	Automatického řízení a inženýrské informatiky Ú12110.3	
9	Poštovní adresa	Technická 4, 166 07 Praha 6	
10	Budova	Dejvice A1	Dejvice A1
11	Místnost	12345	24680
12	Telefon - linka	987654	5773 sekret.
13	Telefon - přímá		
14	Telefon - mobil		
15	Osobní webová stránka		
16	Email	demo@fs.cvut.cz	
17	Fotografie	demo.jpg	
18			
19	Funkce a hlavní úkoly a odbornosti		
20	Pracovní zařazení	docent	
21	Funkce	Vedoucí odboru Automatického řízení a inž. Proděkan pro racionalizaci a rozvoj	
22	Odborné zaměření	Teorie programování, operační systémy a programovací jazyky, expertní systémy	
23			
24	Osobní údaje		
25	Datum narození	11. března 1959	
26	Místo narození	Praha	
27	Rodinný stav	ženatý	
28	Děti	Josef 1978	Jan 1979
29			Dian
30	Profesní životopis		
31	Stručný popis současné činnosti	Přednášky a semináře v programech bakal. Expertní a konzultační činnost v oblastech Sou	
32	Univerzitní a vědecké hodnosti	1971-1976 ČVUT Praha, Fakulta elektrotec 1976-1981 PhD student on ČVUT Praha, F 1993	

Obrázek 3 Příklad vyplnění tabulku v Excelu

Já jsem namísto toho vytvořil jednoduchý program v jazyce JAVA, jehož účelem je číst jednotlivé řádky datového souboru Excel a tyto řádky přepracovat do formy XLS souboru. V tomto souboru jsou jednotlivé údaje o zaměstnancích hierarchicky strukturovány pomocí značek (*tagů*), jejichž význam je zřejmý.

Částečný výpis XML souboru, který odpovídá ukázce na obrázku „Příklad vyplnění tabulku v Excelu“, je uveden na následující stránce. Je z něj vidět, že všechny relevantní údaje jsou umístěny mezi *tagy* XML, které definují jejich sémantický význam. Současně je zřejmé, že *tagy* vytvářejí hierarchickou stromovou strukturu, jejímž kořenem je *<pracovník>* a která shrnuje všechny nashromážděné údaje o pracovníkovi. Údaje o jednom pracovníkovi jsou v jednom souboru XML.

Sestavení RDF schématu z takto strukturovaného souboru už je jen formální záležitostí a z nedostatku času jsem se jím nezabýval.

```
<pracovnik>
<cz>
  <identifikace>
    <titul_pred>Doc. Ing.</titul_pred>
    <jmeno>Jan</jmeno>
    <prijmeni>Novák</prijmeni>
    <titul_zo>CSc.</titul_zo>
    <fakulta>Fakulta strojní</fakulta>
    <ustav>Ústav přístrojové a řídicí techniky Ú12110</ustav>
    <odbor>Automatického řízení a inženýrské informatiky Ú12110.3</odbor>
    <adresa>Technická 4, 166 07 Praha 6</adresa>
    <budova>Dejvice A1</budova>
    <budova>Dejvice A1</budova>
    <mistnost>12345</mistnost>
    <mistnost>24680</mistnost>
    <linka>987654</linka>
    <linka>5773 sekret.</linka>
    <email>demo@fs.cvut.cz</email>
    <fotografie>demo.jpg</fotografie>
  </identifikace>
  <odbornost>
    <zarazeni>docent</zarazeni>
  . . . . .
```

5. Výstupní transformace

Na první pohled by se mohlo zdát, že takto provedený soubor XML je popřením toho, co jsem tvrdil v úvodu. Nikdo sice nemůže zpochybnit, že tento soubor je strojově dobře čitelný (a pochopitelný), dokonce v něm lze jednoduše provádět i změny a opravy (protože to je ryze textový soubor). Ale z výše uvedené tabulky je také zřejmé, že jeho čitelnost a uchopitelnost lidským uživatelem je nízká. Jednoduše řečeno, text je nepřehledný a pro lidi špatně čitelný.

Naštěstí existuje poměrně snadná cesta, jak tento problém vyřešit. Tato cesta se nazývá **XSL**, *Extensible Stylesheet Language*, tedy Rozšířitelný jazyk pro šablony stylů.

Moderní webové programování se už dávno nespokojuje se statickými webovými stránkami, na kterých by se zobrazovaly ručně zapsané texty a obrázky. Pro moderní web je charakteristické, že odděluje formu od obsahu. **Obsah** webových stránek se dnes různými způsoby generuje, například z databází, jiných webových stránek, na základě interaktivní spolupráce s uživatelem a podobně. To vše s využitím moderních programovacích nástrojů, například PHP, JAVA, ASP a dalších. Naproti tomu **forma** webových stránek, jejich vzhled, je vesměs určena pomocí nějaké šablony. Zpočátku se používaly kaskádové styly, což je jednoduchá forma šablony, dnes jich existuje značné množství.

Pro moderní webové stránky je charakteristické, že na serveru se vygeneruje datový obsah stránky, připojí se k němu informace o formátování (například formou šablon) a obojí se odešle do internetového prohlížeče. Na straně klienta pak to je internetový prohlížeč, ve kterém se data naformátují podle příslušné šablony stylu (a také podle vlastností a nastavení prohlížeče) a výsledek se uživateli prezentuje na obrazovce.

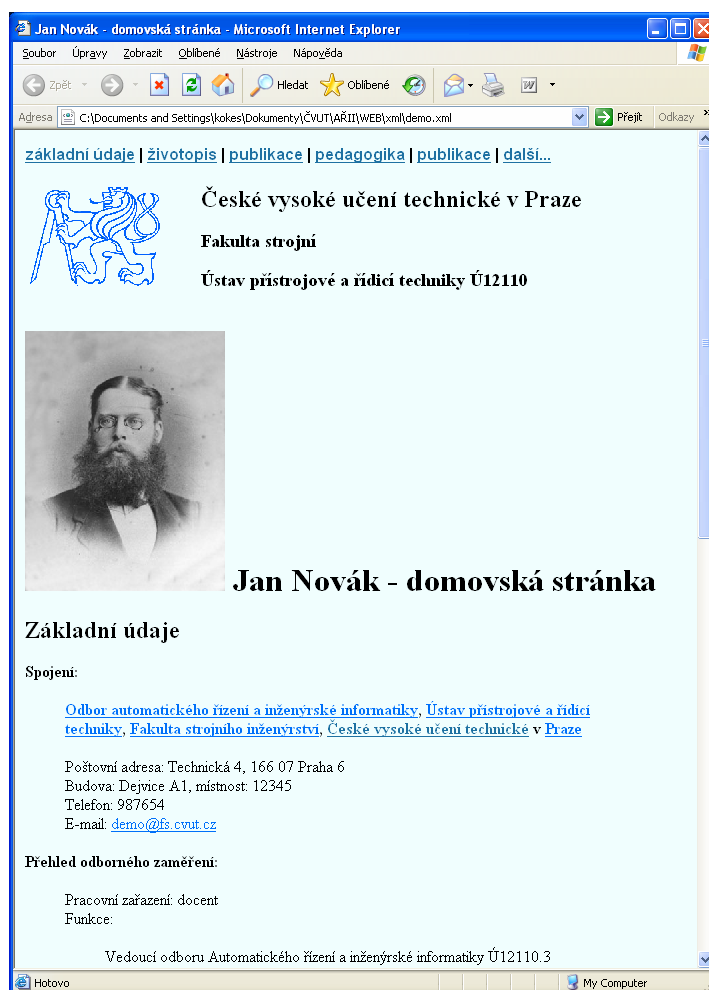
XSL je jedním z mnoha jazyků, ve kterých lze popsat šablony stylů pro webové stránky. Uživatele to nemusí příliš zajímat, to je práce webového programátora. Zajímavé a důležité ale je, že součástí XSL také mohou být **transformace**. Transformace popisují, jakým způsobem se mají ze vstupního souboru XML vyextrahovat data a jak se mají naformátovat, aby je bylo možno prezentovat uživateli. Jazyk, který spojuje XSL a transformace, se souhrnně označuje **XSLT**.

Pro náš účel je důležité, že je možno poměrně snadno psát stylové šablony, které nejen určují, jak se má příslušná webová stránka zobrazit a jak má vypadat, ale současně také říkají, jakým způsobem se do ní mají načíst data z příslušného XML souboru. Přesněji řečeno, je to obráceně: XML soubor může obsahovat odkaz na XSLT šablonu, která říká, jak se tento soubor má zobrazit a zpracovat.

Pro ilustraci uvedu několik základních značek (*tagů*), které jsem použil k vytvoření šablony *styl.xml* a shrnu je do následující tabulky:

<code><xsl:template match="/"></code>	otevírací závorka šablony určuje, na které prvky se bude šablona aplikovat (zde je „/“, což znamená na všechny prvky). Touto závorkou musí začínat každá šablona.
<code></xsl:template></code>	uzavírací závorka šablony je párová k otevírací závorce a každá šablona musí touto závorkou končit.
<code><xsl:if test="výraz"></code>	otevírací závorka pro test znamená, že pokud je pravdivá hodnota výrazu „výraz“, provede se všechno, co následuje až po uzavírací závorku testu
<code></xsl:if></code>	uzavírací závorka testu
<code><xsl:for-each select="určení"></code>	otevírací závorka cyklu určuje, že všechno co je mezi touto otevírací závorkou a příslušnou uzavírací závorkou, se zopakuje pro každý jednotlivý element z „určení“
<code></xsl:for-each></code>	uzavírací závorka cyklu
<code><xsl:value-of select="určení"/></code>	namísto této závorky se do webové stránky vloží data, definovaná hodnotou „určení“

Podobných značek existuje velké množství, ale jak vidno, jazyk XSLT je poměrně jednoduchý.



Obrázek 4 Příklad aplikace XSLT šablony na soubor XML

S využitím jazyka XSLT jsem vytvořil šablonu *styl.xml*, kterou spolu se souborem *demo.xml* a s několika obrázky přikládám na CD. Aplikací šablony *styl* na soubor *demo* vznikne webová stránka se standardizovaným vzhledem, jak ukazuje obrázek.

Poděkování

Tento článek vznikl v rámci projektu „Systémy pro management znalostí a universitních informací“, dílčí část „Pilotní implementace vybraného produktu CMS pro řízení FS“, akce číslo 070572103.

Literatura

- [1] Hanyáš, P.: Sémantický web. Webové stránky <http://www.hanyas.net/seweb/index.php>
- [2] Hradský, J.: Jazyk OWL a sémantický web. Webové stránky http://www.hradsky.name/skola/bc/bp_utf.html#ch01

IMPLEMENTACE ANALÝZ SPOLEHLIVOSTI V PROSTŘEDÍ PROJEKTOVĚ ŘÍZENÉ ORGANIZACE

Implementation of the Reliability Analyses in the Enterprise Environment Based on Project Control

Petr Kolář

Abstrakt: Managers in organizations have usually many of responsibilities and they often use methodology of the project control to clarify task system and also they need the effective way to regulation of the timesheet. Many of these managers need have reliability data by hand. Their work can be supported by MS Project and MS Project Server.

Key words: Reliability analyses, Human factor, Project control, MS Project

1. Projektové řízení s podporou aplikace MS Project

Manažeři, kteří koordinují plánování, průběh a hodnocení libovolných projektů, jsou nuceni pracovat s velkým množstvím informací. Neobejdou se bez SW podpory a jedním z nejpoužívanějších nástrojů je MS Project. Aplikace MS Project slouží k **plánování, sledování a řízení** projektů a ke komunikaci s projektovým týmem. **Projekt** je standardně chápán jako *plán práce*, který má na konci nějaký výsledek. Ať už je to marketingová kampaň, uvedení nového produktu, stavba domu, či provádění údržby. Projekt lze rozdělit na malé dílčí části – **úkoly**. K úkolům se přiřazují **zdroje**. Ty mohou být buď *pracovní*, tedy lidé, kteří odvádějí práci a tím posouvají projekt kupředu, nebo *materiálové*, které se během plnění projektu spotřebovávají (např. olej, mazivo). Ke každému zdroji i úkolu je možno definovat **náklady**, a to jak *fixní* tak *variabilní*.

Pomocí tzv. *Směrného plánu* lze porovnávat plánované a ve skutečnosti realizované údaje včetně **kritické cesty** a provádět optimalizace. Lze nadefinovat tzv. **rezervoár zdrojů**, ze kterého lze zdroje čerpat a koordinovat. Pracovníci, kteří se účastní na více projektech, mohou modelovat různé situace změn **priorit projektů**, změny zdrojů či termínů zahájení nebo dokončení projektu a sledovat, jak by se taková změna promítla v reálu.

V této aplikaci lze definovat a používat množství **datových polí** různých datových typů. Lze mezi nimi definovat výpočty a ověřování. Datová pole jsou databázovým způsobem relačně připojena k úkolům či zdrojům. Jakákoli pole lze zobrazit v uživatelsky nadefinovaných **tabulkách, grafech a tiskových pohledech**. Všechna data lze jednoduše exportovat do externích databází a aplikací.

V příspěvku je ilustrováno, jak lze do MS Project nadefinovat oborové řešení, konkrétně oblast **spolehlivosti**. Pro uživatele je pak velice výhodné, že má všechna jeho pracovní data uchována a analyzována v jediné SW aplikaci. Konkrétní ukázkou je aplikace metod *TESEO*, *FMEA* a jsou předvedeny dvě možnosti použití metody *FMECA*.

V prostředí větší organizace podléhající zejména projektovým metodám řízení lze implementovat MS Project Server, který definuje zejména role jednotlivých pracovníků ve vztahu k projektům, jejich oprávnění k využití projektových informací. **Projektový server** se také stává robustním datovým úložištěm využívajícím obvykle MS SQL Server, projektová data pak mohou být jednoduše využívána i jinými aplikacemi.

2. Metodika definice projektu

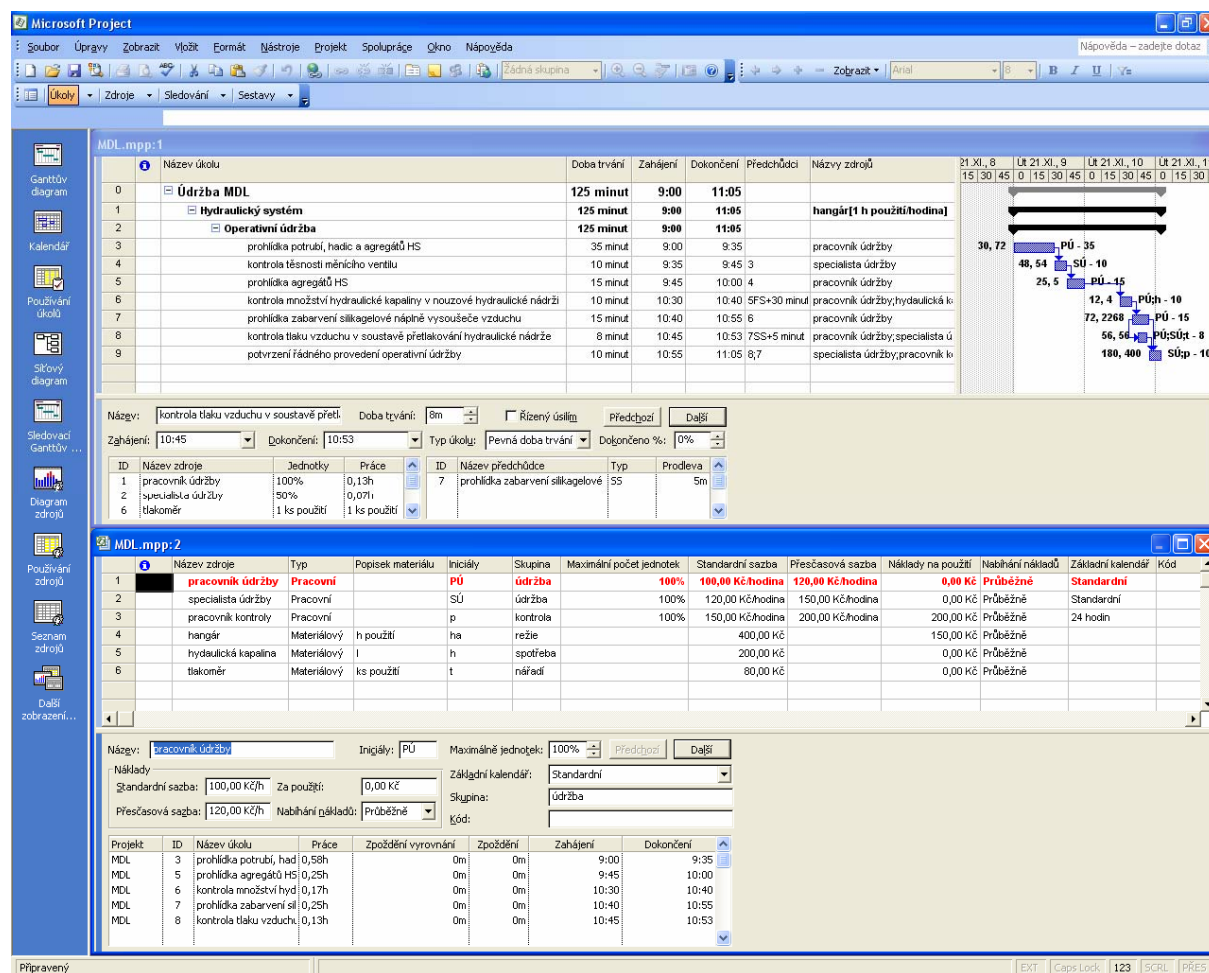
Definice úkolů

Základní definování projektu zpravidla obsahuje vyjmenování pracovních úkolů a jejich detailnější popis. Veškeré údaje je možno definovat pomocí různých tabulek a grafických zobrazení. Obr. 1 ilustruje kombinované zobrazení, kde v horní části okna je nejběžnější pohled na proces zadávání úkolů. Je použito zobrazení **Ganttova diagramu** – v horní části okna je jedná Zadávací tabulka a jedná po pravé straně *Ganttův graf*, v dolní části okna je použito rozdělení okna, konkrétně *Zdroje a předchůdci*.

V *Zadávací tabulce* jsou zobrazeny nejpoužívanější sloupce datových polí o konkrétních úkolech, další data lze zadávat např. v dialogovém okně Informace o úkolech.

V *Ganttově grafu* jsou zobrazeny grafické pruhy symbolizující časovou alokaci úkolů, jejich dobu trvání a pomocí šipek jsou zobrazeny funkční návaznosti jednotlivých úkolů. U pruhů mohou být zobrazeny různé údaje, v ukázce jsou po levé straně *Míra rizika* a *Rizikové číslo*, po pravé straně *Iniciály zdroje* a *Doba trvání úkolu*.

V dolní části jsou zobrazeny detailnější informace o přiřazení zdrojů na úkol (úkol č. 8) a detailní informace o předchůdcích (úkolech, na který tento navazuje).



Obr. 1 – Kombinované zobrazení Ganttova diagramu a seznamu zdrojů

Definice zdrojů

Další podstatnou částí je definice zdrojů. Obr. 1 ve spodním okně ilustruje nejběžnější pohled na proces zadávání úkolů. Je použito zobrazení **Seznam zdrojů**, okno je rozděleno na *Zadávací tabulku* v horní části obrazovky a v dolní části je zobrazen *Plán práce* vybraného zdroje. Červená barva u zdroje informuje, že daný zdroj je

přetížen, tj. pracuje s větší intenzitou než mu byla přidělena (např. pracuje na více úkolech najednou, nebo přesáhl svoji denní pracovní dobu).

Pracovní zdroje je možné definovat jako *konkrétní zdroje* (jméno a příjmení) nebo jako *obecné zdroje* (např. kontrolor). Při definici úkolů je pak možné definovat konkrétní osobu, která bude na úkolu pracovat, nebo definovat obecně dovednosti, které musí zdroj mít ke splnění úkolu a dosazení konkrétních osob provést později ručně či automaticky z *Rezervoáru zdrojů* podle dovedností a časové dostupnosti pracovníků.

Definice nákladů

Pro *úkoly*, *zdroje* a jejich eventuální *chyby* lze kompletně nadefinovat **fixní** a **variabilní** náklady.

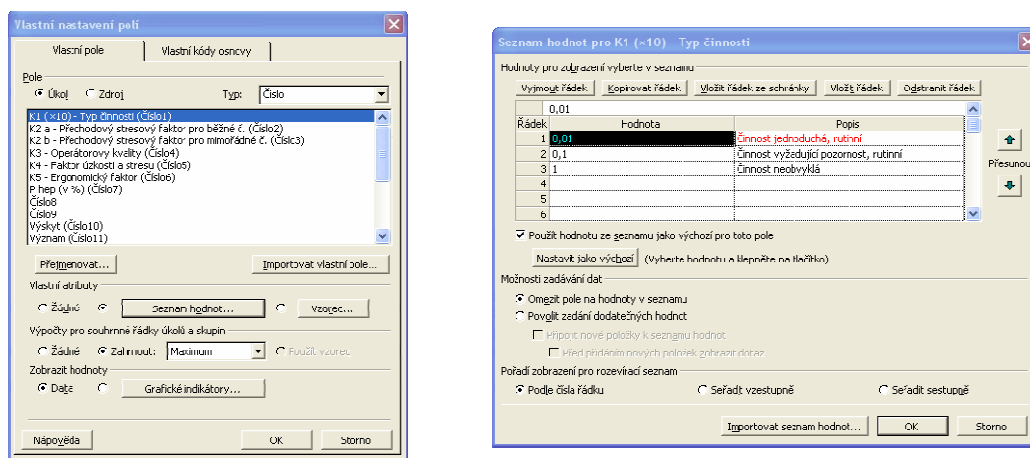
Obvykle je použito zobrazení **Ganttova diagramu**, tabulka **Náklady** včetně **Ganttova grafu**, kde okno je rozděleno a v dolní části okna je rozdělení **Náklady zdroje**. V tomto okně lze tedy řešit velké množství rozličných ekonomických údajů včetně *Toku peněz*.

Druhý způsob zjišťování nákladů je možný pomocí zobrazení **Seznam zdrojů** s rozdělením **Nákladů zdrojů**.

3. Pokročilá nastavení projektu

Definice vlastních datových polí

Pro jednotlivé úkoly a zdroje je možno definovat i desítky **datových polí** všech datových typů, které jsou buď zadávány uživatelem, vybírány ze seznamu připravených hodnot, nebo jsou vypočítávány pomocí vzorců. MS Project má integrováno mnoho algebraických, pojmenovaných, databázových i agregačních funkcí. Ty mohou být použity i pro *Souhrnné úkoly*, v ukázkách je pro souhrnné úkoly použita funkce maximum.



Obr. 2 – Definice vlastních datových polí pro TESEO

Jednotlivá datová pole se definují pomocí snadno pochopitelných dialogových oken. Jako ukázka je na Obr. 2 uvedena definice datového pole pro metodu TESEO, K1 – Typ činnosti včetně definice přednastavených hodnot, mezi kterými se je možno při vyplňování konkrétních dat přepínat pomocí rozbalovacích seznamů.

Definice vlastních tabulek

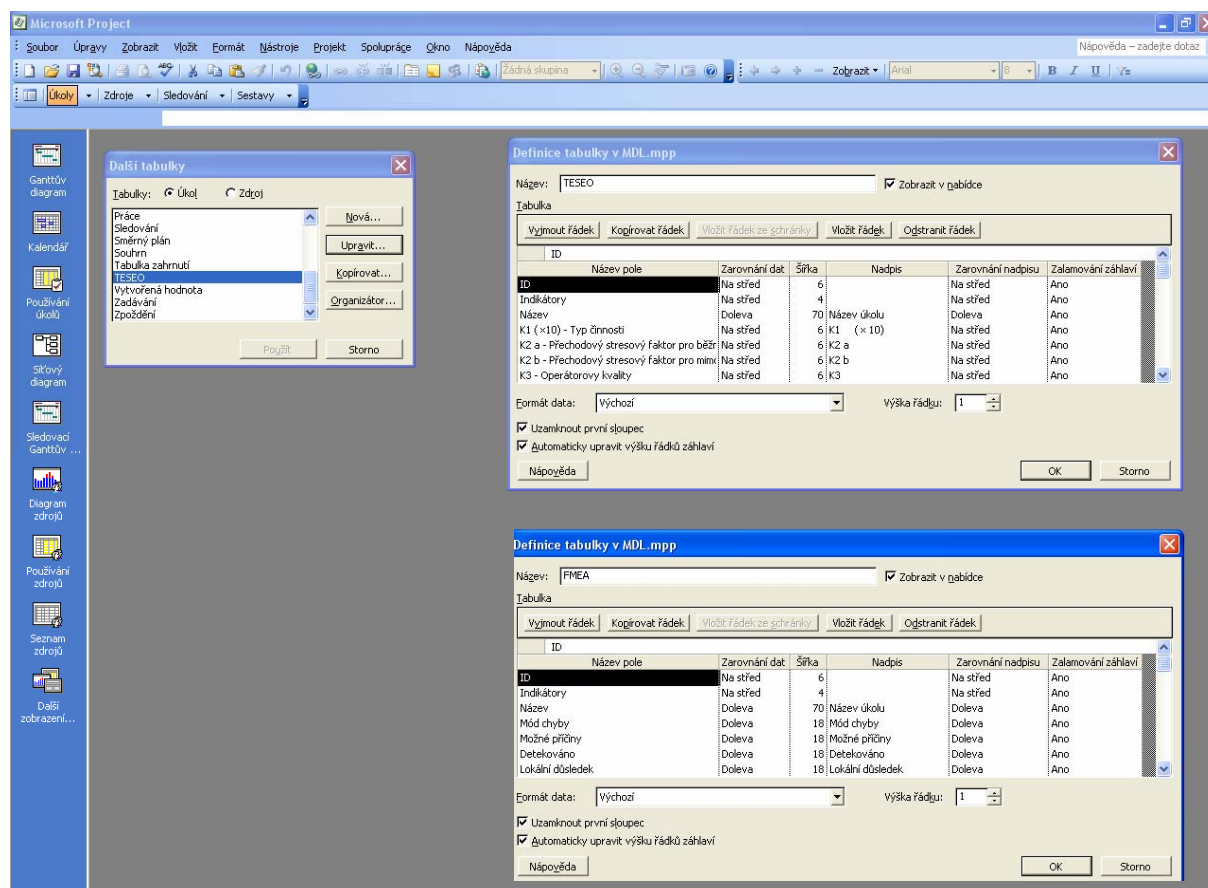
Flexibilitu programu bylo využito k vytvoření tabulek pro metody:

- TESEO - expertní kvantitativní hodnocení lidského selhání
- FMEA - kvalitativní analytická metoda aplikovaná v tomto případě na oblast lidského selhání
- FMEA 1 - kvantitativní analytická metoda aplikovaná v tomto případě na oblast lidského selhání – standardní podoba
- FMEA 2 - kvantitativní analytická metoda aplikovaná v tomto případě na oblast lidského selhání – rozšířená podoba

Tabulky se definují v jednoduchých dialogových oknech. Na Obr. 3 je předvedena definice tabulek TESEO a FMEA.

Tabulky mohou být použity nejen pro zobrazení požadovaných datových polí na obrazovce, ale také jako základní seznam datových polí pro definici **Tiskových sestav** a **Exportních schémat**.

Při použití *MS Project Server* lze v rámci definice *uživatelských oprávnění* mimo jiné nadefinovat, kteří uživatelé mohou zobrazovat jednotlivé pohledy, tabulky, sestavy a zobrazení.



Obr. 3 – Definice vlastních tabulek TESEO a FMEA

Definice vlastních sestav

Všechny informace z *MS Project* je možno přehledně zobrazit či vytisknout pomocí sestav. Lze vytvořit sestavy kombinující plánovací, ekonomické a personální údaje s údaji o spolehlivosti, rizikovosti a možných chybách. Definování sestavy je opět jednoduché.

4. Pracovní prostor spolehlivostní analýzy

Kompletní zobrazení analýz spolehlivosti tedy může vypadat velmi přehledně a systematicky, viz Obr. 4. V horním okně je zobrazena tabulka TESEO včetně *Ganttova grafu*, ve střední části tabulka FMEA, v dolní části vlevo tabulka FMECA 1 a vpravo tabulka FMECA 2.

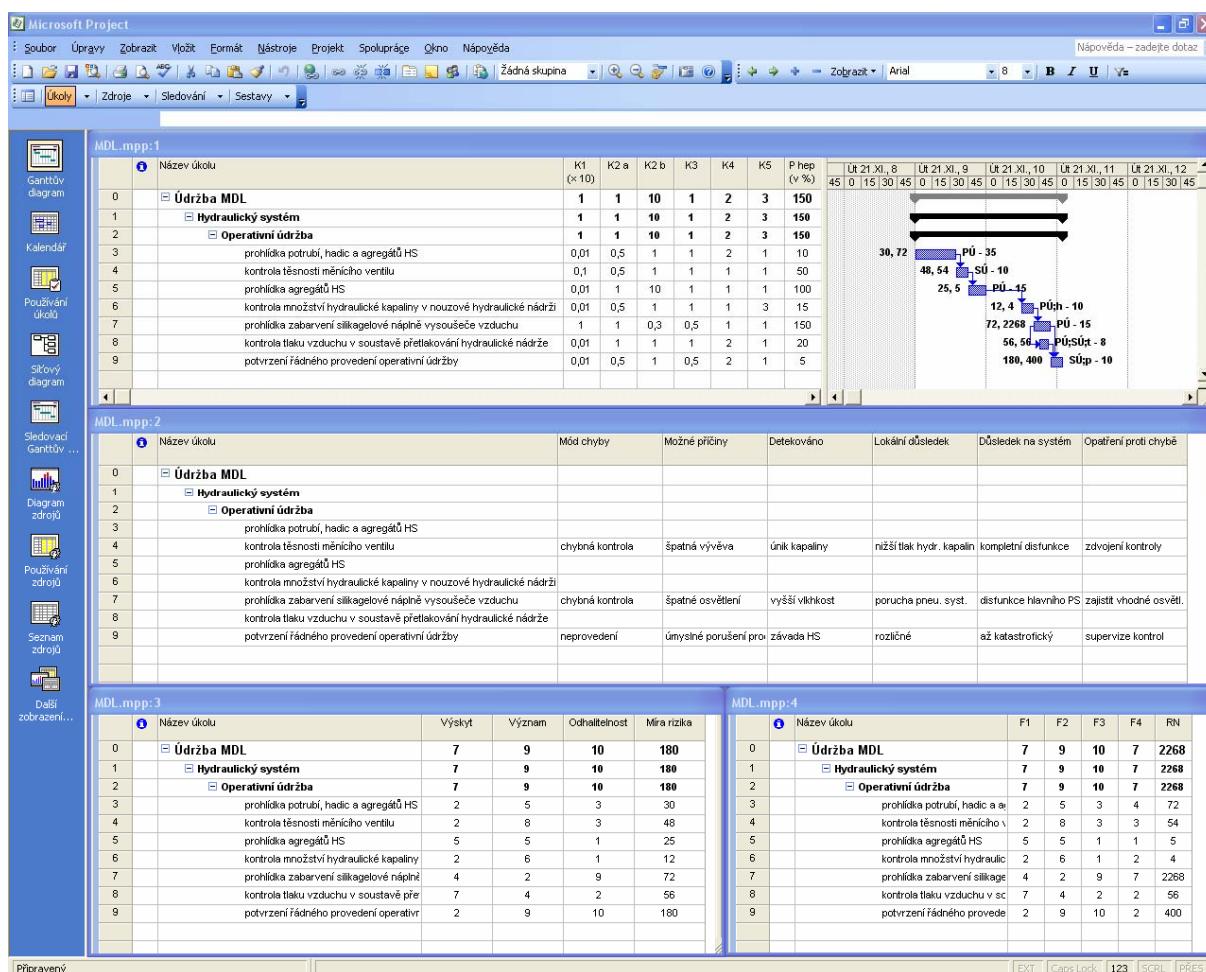
Takové rozvržení pracovní plochy programu *MS Project* je možno uložit pomocí funkce *Uložit pracovní prostor*.

Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky, automatického řízení a informatiky
Ústav přístrojové a řídicí techniky ČVUT v Praze, odbor automatického řízení a inženýrské informatiky
Technická 4, 166 07 Praha 6

Všechny tabulky jsou k sobě relačně provázány přes pole **ID úkolu**, což je primární klíč těchto čtyř tabulek. **Typ relace** je **1:1**, ve všech tabulkách jsou pro snazší orientaci zobrazena tato pole:

- ID
- Indikátory
- Název úkolu

Nejpřehlednějším způsobem vytvoření relačního vztahu **1:N** je použití některé úrovně osnovy souhrnných úkolů pro konkrétní chyby. Pro každý pracovní úkol je pak možné nadefinovat velké množství konkrétních chyb a pro každou definovat konkrétní data a vlastnosti pomocí tabulek TESEO, FMEA, FMECA 1 a FMECA 2.



Obr. 4 – Pracovní prostor hodnocení spolehlivosti

5. Závěr

Pracovníci spolehlivosti a manažeři v systému TQM jsou neustále zahlceni nejrůznějšími informacemi. V nich se potřebují dobře orientovat a soustředit se na stěžejní data. V tomto úsilí jim velmi pomůže využití výpočetní techniky a kvalitního programového vybavení.

Specializovanou problematikou spolehlivosti je hodnocení lidského faktoru. Analýza lidského selhání a zejména adekvátní reakce na něj je profesně rozmanitou disciplínou. V procesu návrhu pracovních procesů ji může víceméně samostatně řešit technolog např. pomocí metody FMEA návrhu uzpůsobené pro řešení problematiky lidského faktoru. Častěji však k hodnocení a zlepšování pracovních postupů a požadavků na personál dochází díky konkrétním lidským chybám v praxi. Taková selhání řeší s pracovníkem primárně personální pracovník či manažer. Eliminaci možných selhání typu nedodržení doby provedení úkolu dle předdefinovaných normohodin řeší projektový manažer.

Tito pracovníci potřebují zakalkulovat spolehlivost a rizika selhání do analýz rizik a kritických cest projektů, což obvykle provádějí pomocí CRM systémů či speciálních aplikací. Velmi často využívaným SW je právě MS Project, a to jednak z důvodu snadného propojení do jiných systémů a jednak pro relativně nízkou cenu tohoto SW. Je tedy nanejvýš efektivní zakomponovat i analýzy spolehlivosti do SW, který již používají.

References

- [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] Cézová, E. - Dohnal, G. - Havel, M. - Kolář, P. - Mykiska, A. *Hodnocení provozní technologičnosti pro hydraulickou soustavu malého dopravního letadla se zahrnutím vlivu lidského činitele a nákladů* [Výzkumná zpráva]. Praha: ČVUT, Fakulta strojní, 2006. TANDEM 2006-01. 65 s.
- [4] Dohnal, G. - Havel, M. - Kolář, P. - Mykiska, A. - Wretzl, O. *SW podpora hodnocení provozní technologičnosti* [Výzkumná zpráva]. Praha: ČVUT v Praze, 2006. TANDEM 2006-02. 60 s.
- [5] Kolář, P. *Analýza vlivu spolehlivosti lidského faktoru na PT* In: Zajišťování provozní spolehlivosti v etapě návrhu. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, s. 20-25.
- [6] Kolář, P. *MS Project jako nástroj pro analýzu spolehlivosti* In: Request '06. Praha: Centrum pro jakost a spolehlivost výroby, 2007, s. 178-186. ISBN 978-80-01-03709-6.
- [7] Mykiska, A. *Bezpečnost a spolehlivost technických systémů*. Praha: ČVUT 2006. ISBN 80-01-02868-2. 206 s.

DEVICE CONTROLLED BY JAVA

Zařízení řízené pomocí prostředí Java

Miroslav Kopecký

Abstract: Java language becomes to be very popular past few years. Many of universities started developing their own applications, libraries or whole enterprises solutions. The big advantage of this language is its freedom of choices. Maybe that's why becomes to be very popular even among students. You can find lot of opensource projects and developed applications. You can join this project as developer or you can contribute to any of them with any ideas of improvements. For age Java language was limited by its usage for computer systems or mobile phones. It was because there was implemented Java Virtual Machine which is needed for its initiation. Last year time changed and Sun presented Small Programmable Object technology to public. This device gives opportunity to developers to work with Java language, sensors and real devices together. More detail will be mentioned in this article.

Key words: Java, Sun SPOT, Java Virtual Machine, Squawk, Sensor, Communication, Accelerometer

1. Introduction

Project Sun SPOT (Sun; Small Programmable Technology) is a snapshot of ongoing research in Sun Microsystems Laboratories [3]. In 2003 researchers at these laboratories began working on Wireless Sensor Networks. Over course of the first year of research, they found that they wanted more powerful sensor devices that were easier to program [6]. They thought that Java language helped them to get past some of limits that showed up. In November 2004 started project SPOT to build their own sensor hardware and to adapt a small, flexible Java Virtual Machine (Project Squawk) [8][9] to the sensor platform. Within days of development were shown many of ideas for SPOT usage. Outcome of this research is device where is running Java Virtual Machine called Squawk. To the SPOT you are able to attach sensor board with sensors. Through this sensor board you are also able to connect other sensors, servo motor or other supported device. This fact gives to developers many opportunities of usage and creates their ideas real in the simple way. One of the biggest advantages is ability to control or program all connected devices by Java programming language. This makes usage of Sun SPOT very simple and easy to learn as you can see below.

2. Hardware inside the Sun SPOT

A SPOT device is built by stacking a processor board with a sensor board and battery. For better imagination it's created by three slices (Figure 1). Hurt of the SPOT is on processor board. There is ARM920T processor who is running on 180 MHz and is created by 32-bit technology. Operation memory is 512K RAM and flash memory is 4 MB. Processor board contains also integrated radio antenna on 2.4 GHz IEEE 802.15.4. By this antenna device can communicate with other devices. On this board is also USB interface, connector for 3.7 rechargeable 720 mAh lithium-ion battery and 32 uA deep sleep mode.



Figure 2-Sun SPOT anatomy [2]

Better overview of the main board concept [2] can be seen on the Figure 3.

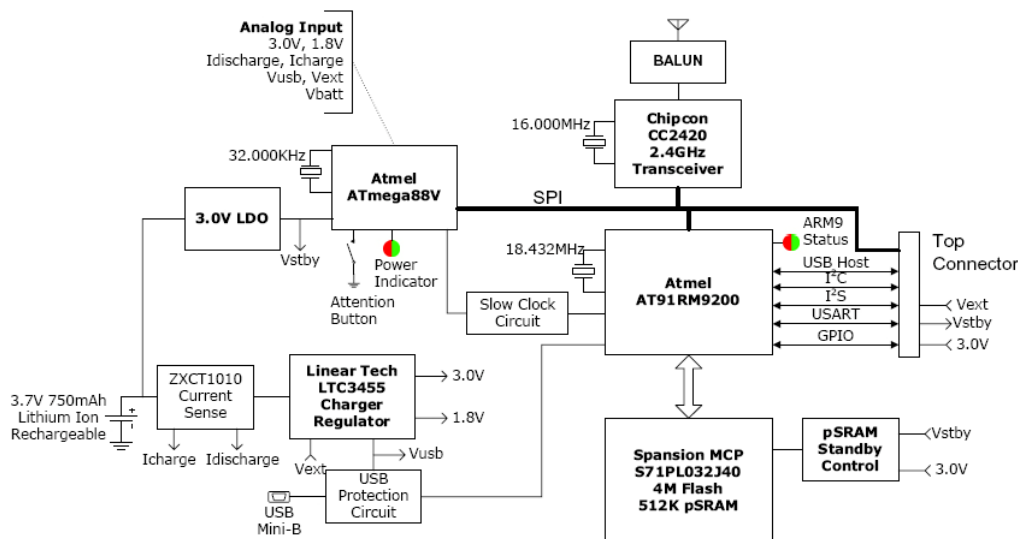


Figure 3- Main board concept

3. Sensor board

Sensor board [2] is very important part of whole device. It is connected to processor board and contains sensors. Installed demo sensors are light and temperature sensors, 2G/6G 3-axis accelerometer, eighth 3-colors LED diodes and 4 high current output pins and an ACD.

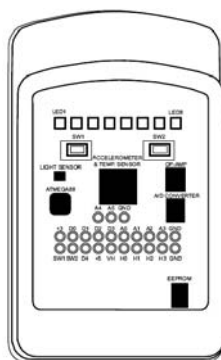


Figure 4- Sensor board schema

Whole sensor board is controlled by Atmega88 processor who is communicating with main board over the SPI channel as a slave device. The Atmega88 processor provides interrupts the ARM9 processor, controls mode bits on the accelerometer, scan analog inputs and reports digitized values.

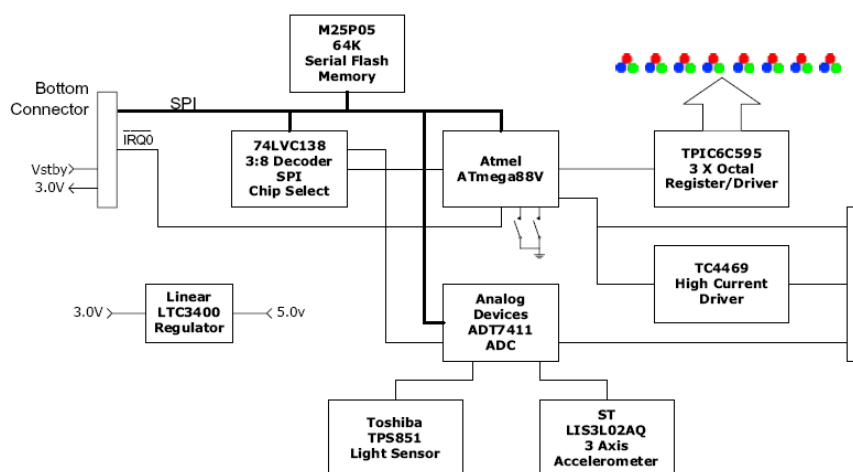


Figure 5 - Sensor board concept

4. Introduction to developing application for Sun SPOT

Developing application [1] for this device is quite simple. Developer needs only Java language [6] and Apache Ant project [4] as the build manager. Ant is mapping all needed libraries. For more comfortable applications programming you can use IDE like NetBeans [7] or Eclipse. All SPOT demos you are able to open inside IDE and also you are able to deploy your developed application directly to the Sun SPOT. Application deployment you can do by USB port or over the air through the basestation (with Ant [4] script usage). The basestation is the same device like the SPOT. It's created only by main board. On the main board there is the radio antenna as I have written upon. If the deployment is successful you can reset your Sun SPOT and start to use your developed application.

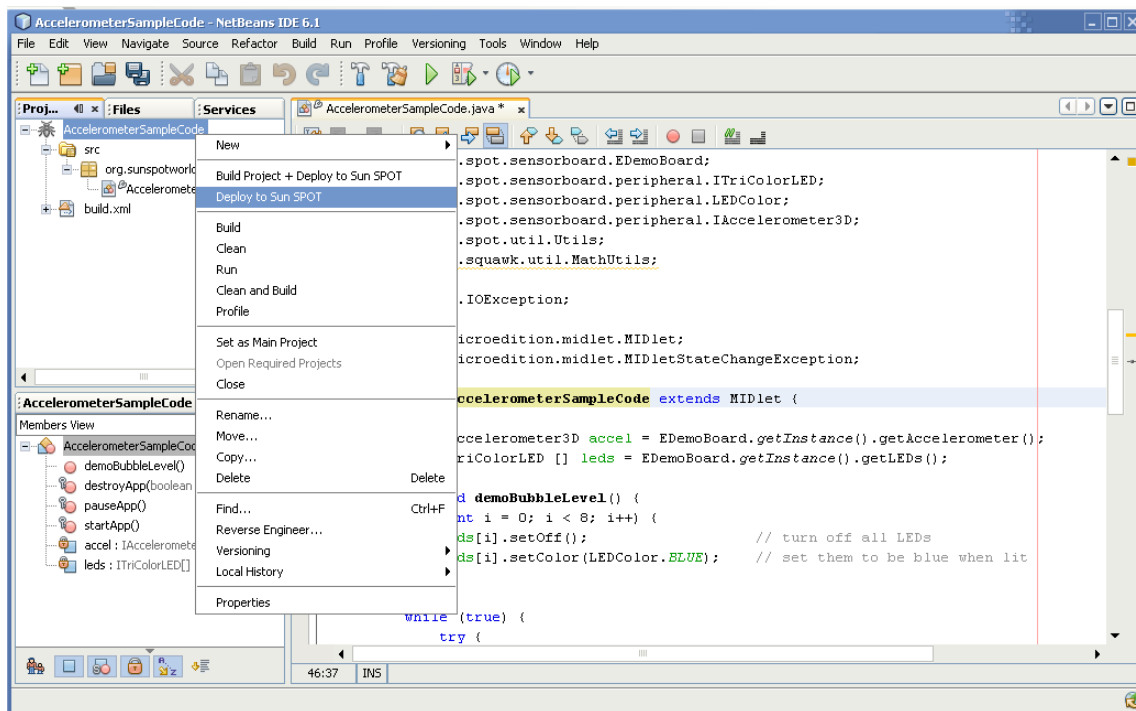


Figure 6 - NetBeans accelerometer demo

When you are developing application [1] for SPOT device it's very important to know something. The main class of your SPOT application has to extend MIDlet interface (Example 2). This interface implements three members *startApp()*, *pauseApp()* and *destroyApp()*. For more information you can see manuals [2][1]. At the start of all application you have to also import sun spot libraries (Example 1).

```
import com.sun.spot.sensorboard.EDemoBoard;
import com.sun.spot.sensorboard.peripheral.ITriColorLED;
import com.sun.spot.sensorboard.peripheral.LEDColor;
```

Example 1 - library import

```
public class AccelerometerSampleCode extends MIDlet {
```

Example 2 - MIDlet usage

After you have imported all necessary libraries you can use sensors installed or connected to the sensor board (Example 3). In this part I have used 3-D accelerometer which will be described more detailed latter in the article.

```
private IAccelerometer3D accel =
EDemoBoard.getInstance().getAccelerometer();
private ITriColorLED [] leds = EDemoBoard.getInstance().getLEDs();
```

```
public void demoBubbleLevel() {
    for (int i = 0; i < 8; i++) {
        leds[i].setOff(); // turn off all LEDs
```

Example 3 - Peripheral devices on sensor board

5. Accelerometer sensor

I decide to use accelerometer sensor based on the demo sensor board [5] (Figure 31) because it shows every nicely how Sun SPOT is working with. The Z axis is perpendicular to the board surface, the Y axis is parallel with the board surface perpendicular with the row of LEDs, and the X axis is parallel with the row of LEDs (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). This accelerometer has three voltage outputs V_{out_x} , V_{out_y} , V_{out_z} representing acceleration in 3-D axis.

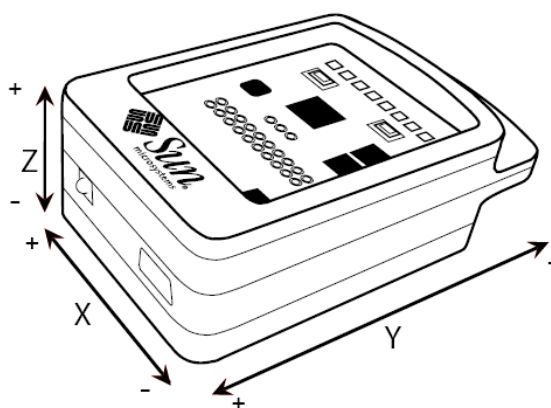


Figure 7 - Accelerometer axes orientation

The force accelerating the Sun SPOT in any dimension is measured in g-force units.

$$g = \frac{ADC - 465.5}{186.2} \quad (5.1)$$

For each axis, the maximum sample rate is 160Hz. The capacitors C5-C7 [2](Figure 31) provide a single pole low pass filter to band limit the accelerometer. The frequency of this limit is

$$F_t = \frac{1}{2\pi \cdot R_{out} \cdot Cf(x, y, z)} \quad (5.2)$$

C5-C7 are $0.01 \mu F$ capacitors and R_{out} is 100K internal resistance of the accelerometer. Therefore the cutoff frequency F_t is 160Hz.

6. Summary of Sun SPOT usage

In the end of this article I want to motion important fact of this device. This device is giving opportunity to use and increase your Java language knowledge. It's easy to program and to deploy it into device. Systems of devices can communicate together over the air by radio antenna usage. Standard Java applications can be also developed. Client's applications

are called host's applications. Host application can run up on any computer system (Windows, Mac OS, Linux, UNIX, and Solaris) and you can through the basestation control all installed Sun SPOTs. It's meant control all SunSPOTs over the air through the basestation.

These facts create from Sun SPOT very powerful device not only a toy. It can be used for building robot or sensors station. It can be used also for technology demonstration for students. By sensors connected to the Sun SPOT you can measure every value you want. Sun SPOT system can be also used for presentation of the faculty or university. In current version there is developed very sophisticated emulator. This emulator gives opportunity to develop application without real Sun SPOT needs. Every student could try Sun SPOT out at home.

References

- [1] Sun Microsystems :*Sun Small Programmable Object Technology – Developer's Guide*, Sun Microsystems, 2007
- [2] Sun Microsystems :*Sun Small Programmable Object Technology – Theory of Operation*, Sun Labs, May 2007
- [3] Project Sun SPOT, <http://www.sunspotworld.com> , 2008
- [4] The Apache Ant project, <http://ant.apache.org> , 2008
- [5] Ron Goldman: *Using the LIS3L02AQ Accelerometer*, Sun Labs, 2007
- [6] Rogers Cadenhead, Laura Lemay: *Sams Teach Yourself Java™ 2 in 21 Days*, Fourth Edition, Sams, 2004
- [7] NetBeans, <http://www.netbeans.org> , 2008
- [8] Java Micro Edition, <http://java.sun.com/javame/index.jsp> , 2008
- [9] The Squawk project, <http://research.sun.com/projects/squawk/> , 2008

TAKTILNÍ PLOŠNÉ SNÍMAČE A JEJICH KALIBRACE

Tactile Surface Sensors and Their Calibration

René Neděla

Abstract: In this article you can see some examples of Tactile Surface Sensors, their using, different construction. At the end are some examples of methods how to calibrate tactile sensors.

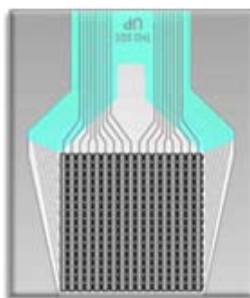
Key words: Tactile Sensors, Tactile Information, Using Tactile Sensors, Calibration of Tactile sensors.

1. Úvod

Touha po získávání informací vede k rozvoji taktilních snímačů. Jejich konstrukce a užití je velice rozmanité. V tomto článku je uvedeno několik zástupců této skupiny. Je zde stručně popsána jejich charakteristika a jejich využití. V závěru článku je rozebrána problematika kalibrace.

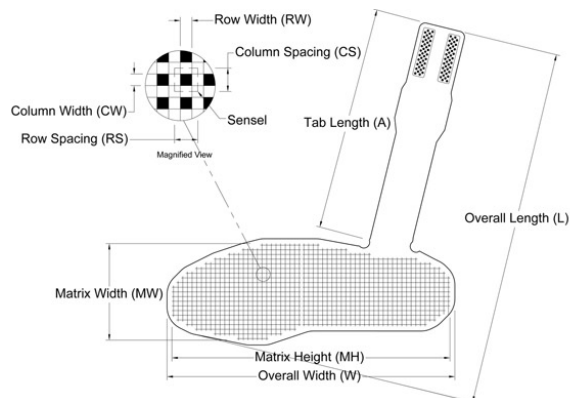
2. Příklady taktilních snímačů

Pokud hovoříme o taktilních snímačích nesmíme opomenout firmu Tekscan. V dnešní době jednička na světovém trhu v počtu odlišných konstrukcí a možností využití. Snímač se skládá ze dvou vrstev. Každá vrstva je tvořena elastickou podložkou na které jsou nalepeny elektrody. Schéma můžeme vidět na obrázku 1.

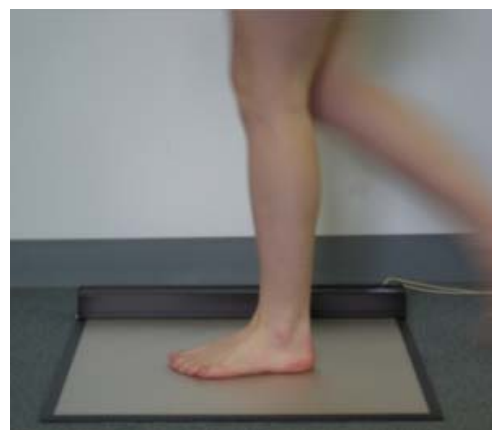
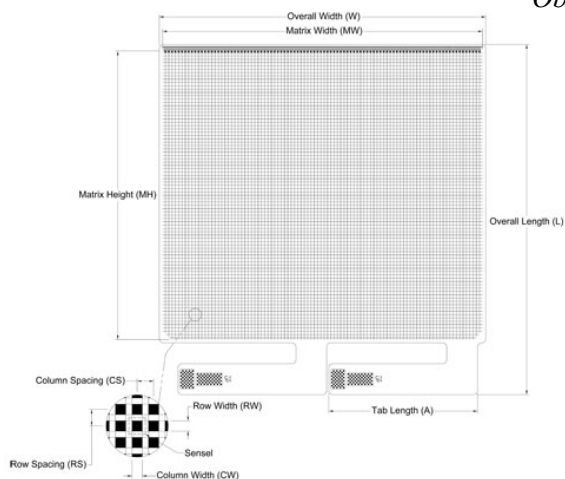


Obr. 1 Příklad konstrukce senzoru od firmy Tekscan

Na dalším obrázku poté můžeme vidět schéma senzoru, který se vkládá do bot.



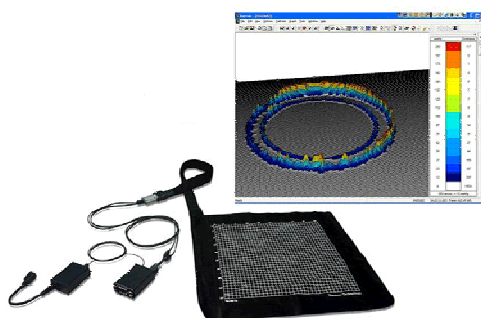
Obr. 2 Schéma senzoru do boty



Obr. 3 Schéma senzoru vlevo a konstrukce vpravo

Na obrázku 3 poté můžeme vidět schematicky strukturu a poté i fyzickou podobu snímače.

Další zástupce jsou PPS senzory, které pracují na obdobném principu. Příklad můžeme vidět na obrázku 4.



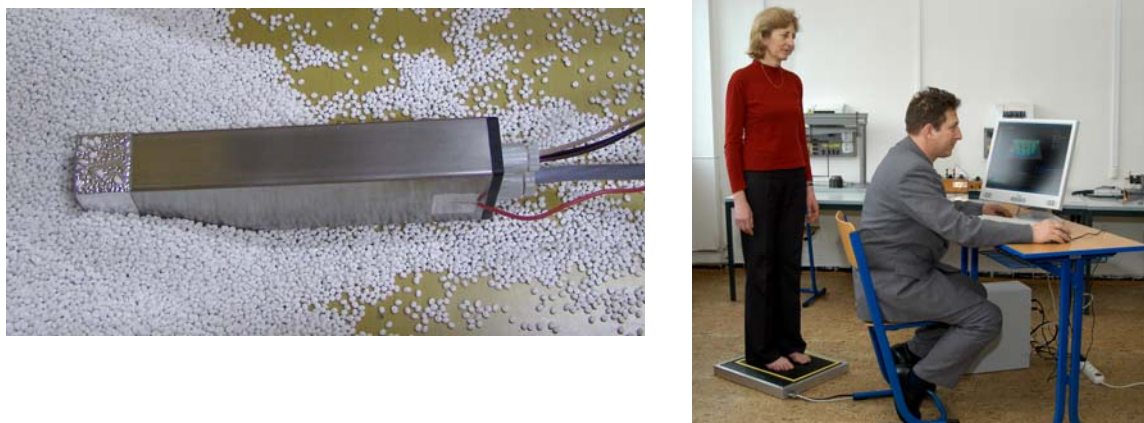
Obr. 4 Konstrukce PPS senzoru

Dále zde uvádím dva příklady senzorů obrázek 5, jejichž součástí jsou kamery pro získávání dalších informací. Jejich využití je pro získávání informací pro výrobu speciálních ortopedických vložek.



Obr. 5 Dva typy senzorů, které se využívají při výrobě ortopedických vložek

Na závěr jsou zde dva typy senzorů obrázek 6, jejichž výroba byla uskutečněna na ČVUT. V levé části můžeme vidět víceosý snímač a vpravo je poté Plantograf V05. V obou případech je snímač tvořen z vodivého elastomeru. Kdy na základě deformace vodivého elastomeru dochází k jeho deformaci, která je závislá na změně odporu.



Obr. 5 Dva typy senzorů, které se využívají při výrobě ortopedických vložek

3. Problematika kalibrace

Všechny snímače, které jsou zde uvedeny jsou špička na světovém trhu. Jejich konstrukce, rychlosti snímání se každým dnem zdokonalují. Mají pouze jednu nevýhodu. Tou je jejich kalibrace. Výstupy jsou pouze procentuální a tedy nemůžeme s přesností říci jaké vlastně je zatížení v jednotlivém místě. V tomto odstavci se budu snažit nastínit problematiku kalibrace taktilních snímačů.

Hlavní problémy:

- Velké množství senzorů
- Nestabilita senzorů – velké množství okolních rušivých elementů
- Rušivý element ostatních senzorů
- ...

Mohou být použity dva přístupy:

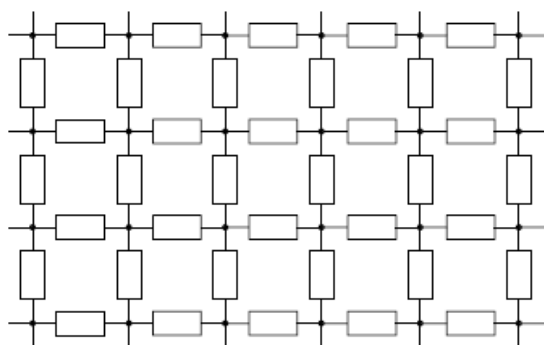
- Softwarový
- Hardwarový

Hardwarová kalibrace

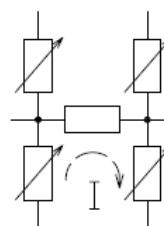
Pomocí tohoto přístupu můžeme odstranit několik rušivých elementů. Základem je vytvoření jakési porovnávací matice (popřípadě řádku), pomocí něhož získáváme přesnější údaje. V praxi to vypadá tak, že ve snímači je umístěn kalibrační řádek, který není nijak zatížen. Jakmile změříme hodnoty na zatíženém řádku, odečteme hodnoty i z nezatíženého řádku a tím pádem dostaneme daleko přesnější hodnoty, které odpovídají našemu měření.

Další možnost je konstrukčně upravit senzor tak, aby nedocházelo k vzájemnému rušení od ostatních. V praxi to znamená vytvoření pouze aktivního členu v jednou místě a odizolování ho od okolí.

Pro představu uvádím zjednodušeně konstrukci Pantografu V05. Základem tohoto snímače je vodivý elastomer. Tento elastomer je po celé ploše snímače a pro představu vypadá jako obrázek 6.



Obr. 6 Elektronické schéma



Obr. 7 Elektronické schéma

Základní problémem je rušení ostatních členů. Naší snahou je tomuto zamezit a dostat se do fáze, která je na obrázku 7. To lze docílit nepoužitím celého plástu vodivé gumy, ale pouze výřezků. Problém je v tom, že snímač poté ztrácí citlivost.

Softwarová kalibrace

Zde je několik možností jak ji využít. V první řadě je možno vytvořit polynom, pomocí něhož by se hodnoty korigovaly. Problém vidím v nestabilitě systému a proto podle mého názoru nejde vytvořit jeden polynom, který by tohoto docílil, vše záleží na experimentech jestli je toto možné. Další možností je detekce aktivních čidel, na základě toho se vypočítá obvod zatěžovaného předmětu a této skutečnosti se potom využije při vlastní kalibraci. V neposlední řadě v dnešní době velice zajímavé téma je použití neuronových sítí. Tato teorie je velice slibná a záleží na experimentu, zda bude použitelná či ne. Jako základní nedostatek neuronových sítí vidím jejich pomalost a tudíž bude vždy nutné vypnout online režim u snímače a poté prohnat uložená data přes neuronovou síť.

4. Shrnutí

Jak je vidět užití taktálních snímačů je velice rozmanité. Můžeme se s nimi setkat v širokém spektru užití i konstrukcí. V poslední kapitole jsem se snažil dát náhled s problematikou kalibrace. Veškeré tyto skutečnosti vedou k dosud nevyřešení této problematiky. Ve světě se touto problematikou zabývá velké množství expertů. Zajímavé výsledky mají v Japonsku a i u nás v Brně.

Použitá literatura

- [1] Neděla R. Tactile Information and Their Use in Biomedicine. Diploma Thesis (Supervisor: Doc. Ing. J. Volf, DrSc.). CTU in Prague 2006.
- [2] J.Volf, S.Holý, S.Papežová: *Tactile Transducer for Pressure Distribution Measurement and its Practical Test – Proceeding, IMEKO XV, Osaka, Japan, 1999, pp. 153 - 157*
- [3] J.Volf : *Technical documentation Plantograf V05*, 2005.
- [4] J.Volf : *Technical documentation Multi-axes Transducer of Pressure Distribution and Slip*, 2007.
- [5] Neděla R. : *Tactile Sensors with Using Possibility in Biomedicine*. STČ, CTU in Prague 2007.
- [6] <http://www.conform-able.com>, 2008.
- [7] <http://www.tekscan.com>, 2008.
- [8] <http://www.sensorprod.com>, 2008.

ODHAD PRŮBĚHU ENERGETICKÝCH TOKŮ VE SLEDOVANÝCH EKOSYSTÉMECH

Estimation of Energetic Fluxes and Evapotranspiration of Monitored Ecosystems

Růžena Petrová

Abstrakt: Článek popisuje analýzu metod výpočtů energetických toků a evapotranspirace, jež by umožnily na základě systematicky měřených dat posoudit podmínky dynamické rovnováhy ekosystémů. S rozvojem techniky a rostoucí energií dochází ke změnám v látkových tocích a přírodních energetických procesech. Cílem výzkumu je poukázat na meze, které mohou svědčit o dosažení kritických stavů a tím narušení přirozené rovnováhy v přírodě.

Klíčová slova ekosystém, přirozený energetický proces, energetický tok, evapotranspirace, Bowenův poměr, FAO

1. Úvod

Ústav přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní ČVUT v Praze, odbor automatického řízení a inženýrské informatiky se v těsné spolupráci s ENKI, v.p.s z Třeboně a specialisty z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích účastní v rámci národního programu rozvoje výzkumu zaměřeného na stanovení podmínek trvale udržitelné rovnováhy přírodních systémů. Přirozená rovnováha ekosystému a její obnovování je významně narušováno lidskou činností, jejíž vliv s technickým pokrokem a zvyšující se energetickou náročností roste. Vzniká nebezpečí nevratných dějů. Proto je nutné dopad těchto vlivů monitorovat a predikovat možné trvalé následky. Jednou z možností je odhad průběhu energetických dějů a stanovení mezí, jejichž překročení by způsobilo trvalé narušení přirozené rovnováhy.

1.1. Lokality reprezentující přírodní ekosystémy

Experti z ENKI a Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích vytipovali v okolí Třeboně několik oblastí, které reprezentují různé přírodní ekosystémy. Jejich systematické monitorování umožňuje odhadnout probíhající energetické toky, které významně ovlivňují jejich přirozenou rovnováhu. Jedná se o tyto lokality:

- rybník Ruda – tři monitorovaná místa - hladina, rašeliniště, litorál

- pole s porostem jetele,
- stoka,
- město Domanín – čtyři monitorovaná místa,
- město Třeboň - tři monitorovaná místa,
- pastviny,
- louka.

V uvedených lokalitách jsou umístěny univerzální meteorologické měřicí stanice M4016-G3 (Obr. 1). Stanice jsou osazeny čidly, která v krátkých časových intervalech ($\delta t=10$ min.) zaznamenávají data potřebná pro výpočet odhadu probíhajících energetických toků a evapotranspirace (zahrnuje evaporaci (výpar z neživých povrchů), intercepci (výpar intercepční vody) a transpiraci (výpar z tkání živých rostlin)). Stanice jsou spojeny s datovým serverem, kde se údaje ukládají. Webový prohlížeč fy Fiedler – Mágr umožňuje všem řešitelům jejich zobrazení prostřednictvím přehledných tabulek a grafů a následné zpracování a analýzu.



Obr. 1 Měřicí místo s meteorologickou stanicí na poli s jetelem

Vypařování, jako součást koloběhu vody v přírodě, je proces spotřebovávající energii. Protože přímé využití kinetické teorie pro vypařování v přírodních podmínkách je velmi obtížné, byl pro analýzu využit přístup „makroskopický“, založený na měření vlastností

makrosvěta. Veličiny, které byly k dispozici pro energetickou a hmotnostní bilanci vztahující se k vypařování, jsou uvedeny v Tab.1.

Tab. 1 Tabulka veličin měřených ve stanicích

Veličina	Rozměr	Význam
u_z	$m.s^{-1}$	rychlost větru ve výšce z
Dir	deg	směr větru
$Prec$	mm	vodní srážky
Rh_z	%	relativní vlhkost ve výšce z
T_z	°C	teplota vzduchu ve výšce z
Rh_{zp}	%	relativní vlhkost ve výšce zp
T_{zp}	°C	teplota vzduchu ve výšce zp
$Rsdop\downarrow$	$W.m^{-2}$	dopadající záření
$Rsodr\uparrow$	$W.m^{-2}$	odražené záření
Θ	%	vlhkost půdy
Tp_0	°C	teplota půdy v hloubce 0 m
$Tp_{0.1}$	°C	teplota půdy v hloubce 0,1 m
$Tp_{0.2}$	°C	teplota půdy v hloubce 0,2 m

Sluneční energie dopadající na zemský povrch [$kWh/m^2/den$] je základem všech přírodních energetických dějů. Energetickou bilanci na úrovni aktivního povrchu [11] představuje Obr. 2. Tato metoda distribuce sluneční energie byla určující pro stanovení základních a podpůrných veličin, které jsou snímány v měřicích stanicích (Tab.1).

2. Výpočty energetických toků a evapotranspirace

Základním předpokladem výzkumu je pochopení a stanovení vlivu přímo či nepřímo měřených veličin na chování ekosystému. Tento vliv se pak jednoznačně projeví v parametrech, kterými je ekosystém charakterizován – vegetace, vodní režim, agrotechnické postupy, místní a časová lokalizace, kvalita půdy atd.

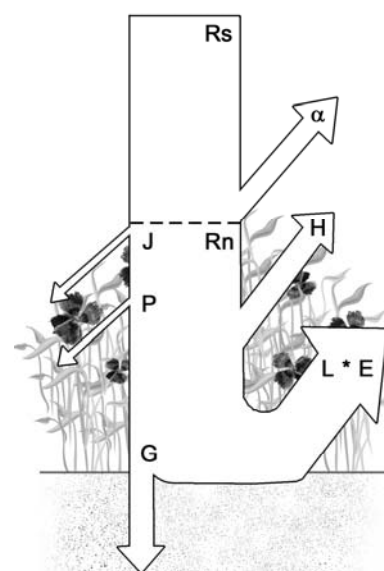
Vypařování je spojovacím procesem mezi procesy přenosu vody a energie. Základní energetickou bilanci na úrovni aktivního povrchu můžeme napsat ve tvaru

$$R = L \cdot E + H + G + A_f + A_r, \quad (2.1)$$

R - algebraický součet intenzit radiačních toků v referenční úrovni [$W.m^{-2}$], pro který platí

$$R = R_n(1 - \alpha) + R_{ld} - R_{lu} \quad (2.2)$$

R_n - čistá radiace [$W.m^{-2}$], α albedo [1], R_{ld} intenzita záření atmosférou [$W.m^{-2}$], R_{lu} intenzita záření povrchu země [$W.m^{-2}$],



Obr. 2 Distribuce slunečního záření

E - intenzita evapotranspirace [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$],
 H - intenzita konvektivního toku tepla z aktivního povrchu do atmosféry [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],
 L - skupenské teplo vypařování [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$],
 G - intenzita toku tepla do půdy [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],
 J - intenzita spotřeby tepla na fotosyntézu [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],
 P - intenzita změny tepelné kapacity porostu [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$].

Jelikož člen J je zpravidla 2 % hodnoty R a P je ještě menší, byly členy J , P při výpočtech opírajících se o energetickou bilanci zanedbány.

Pro bilanci vody v polních podmínkách za předpokladu, že přenos probíhá jen ve vertikálním směru na jednotkové ploše, platí

$$m_f - m_i = S - I - O - ET \pm Q \quad (2.3)$$

m_f - hmotnost vody v půdě na konci časového intervalu [kg]
 m_i - hmotnost vody v půdě na začátku časového intervalu [kg]
 S - srážky za daný časový interval na jednotkové ploše [kg]
 ET - úhrn evapotranspirace za daný časový interval z jednotkové plochy [kg]
 I - intercepce ze srážek [kg]
 Q - hmotnost vody, která projde skrz dolní hranici bilancovaného objemu za daný časový interval [kg]
 O - hmotnost vody povrchovým odtokem za daný časový interval [kg].

Pro výpočet evapotranspirace byly testovány následující metody:

- metoda Bowenova poměru
- metoda Penman-Monteith (pro suchý porost)
- metoda Penman-Monteith-FAO56 ((Food and Agriculture Organisation, pro referenční porost), [9])
- metoda Penman-Monteith-ASCE (American Society of Civil Engineers, pro referenční porost)

Následně jsou uvedeny základní vztahy využívané uvedenými metodami. Podrobnější popis jednotlivých uvedených metod lze nalézt v [4], resp. v odkazech, které jsou výše uvedeny.

Při aplikaci uvedených metod výpočtu energetických toků a evapotranspirace byly používány nejen standardní fyzikální konstanty, ale byly zohledněny i zcela specifické podmínky související se sledovanou lokalitou (např. výška porostu, jeho dynamická drsnost, nadmožská výška lokality, chemické složení půdy atd.)

3. Metody výpočtu latentního tepla a evapotranspirace

- metoda s použitím Bowenova poměru β [1]

$$LE_{BP} = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (3.1)$$

LE_{BP} – latentní teplo [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

R_n – čistá radiace [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$], vypočítáno na základě měření T_z

G – tok tepla do půdy [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$], vypočítáno na základě měření T_{p0}, T_{p01}, T_{p02}

β - Bowenův poměr [1], vypočítáno na základě měření $T_z, T_{zp}, Rh_{zp}, Rh_z$,

$$E_{BP} = \frac{LE_{BP}}{L} \quad (3.2)$$

E_{BP} – evapotranspirace [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]
 L – skupenské teplo vypařování [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$]

- metoda Penman-Monteith (pro suchý porost)

$$LE_{PM} = \frac{\Delta(Rn - G) + \frac{\rho_a c_p (e_{zp} - e_z)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \left(\frac{r_s}{r_a} \right) \right]} \quad (3.3)$$

ρ_a – hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], vypočítáno na základě měření T_z
 γ – psychometrická konstanta vypočítáno na základě měření T_z
 e_{zp} e_z – tlak vodní páry [kPa], vypočítáno na základě měřených Rh_{zp} , Rh_z ,
 c_p [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] – měrná tepelná kapacita vzduchu

$$E_{PM} = \frac{LE_{PM}}{L} \quad (3.4)$$

E_{PM} – evapotranspirace [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]

- metoda Penman-Monteith- FAO56 (pro referenční porost)

$$LE_0 = \frac{\Delta(Rn_0 - G) + \gamma \frac{900}{T_z + 273,16} u_z (e_{zp} - e_z)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_z)} \quad (3.5)$$

Rn_0 – radiace pro referenční porost ve výšce 20 cm, [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],
 u_z - rychlost větru ve výšce z , ostatní veličiny jsou popsány u vztahu (2.3)

$$E_0 = \frac{LE_0}{L} \quad (3.6)$$

E_0 – evapotranspirace [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]

- metoda Penman-Monteith-ASCE (pro referenční porost)

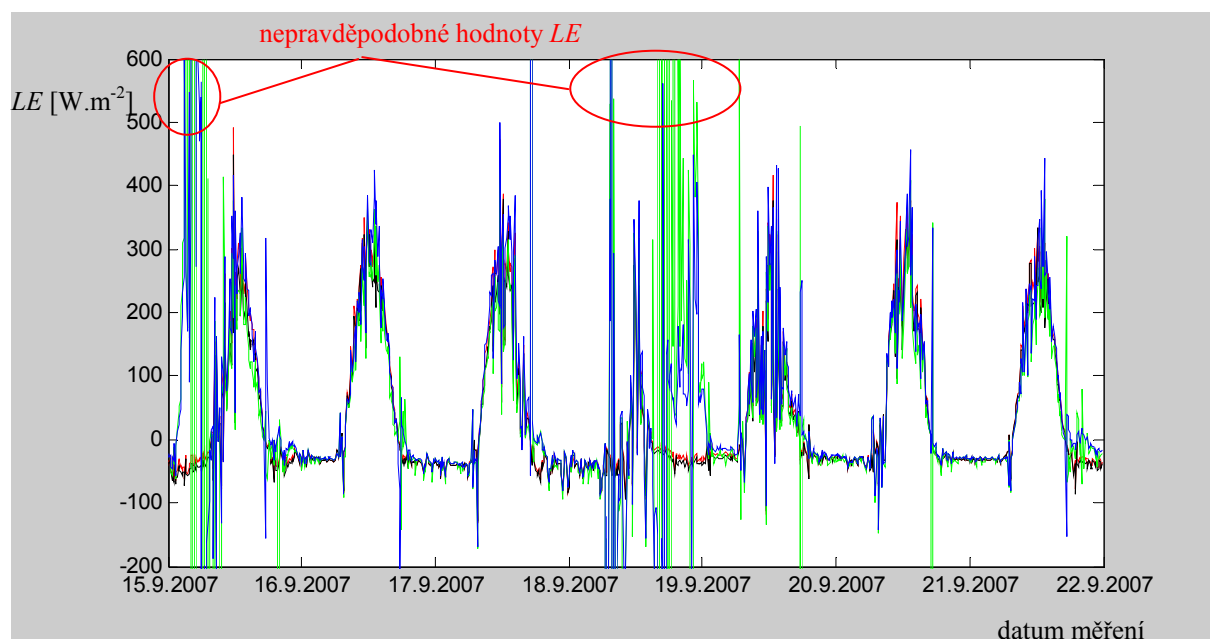
$$LE_{0_II} = \frac{\Delta(Rn_0 - G) + \frac{\rho_a c_p (e_{zp} - e_z)}{r_{aref}}}{\Delta + \gamma \left[1 + \left(\frac{r_{sPM}}{r_{aref}} \right) \right]} \quad (3.7)$$

r_{Pef} , r_{sPM} – odpor porostu pro přenos vodní páry [$\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$], ostatní veličiny viz výše

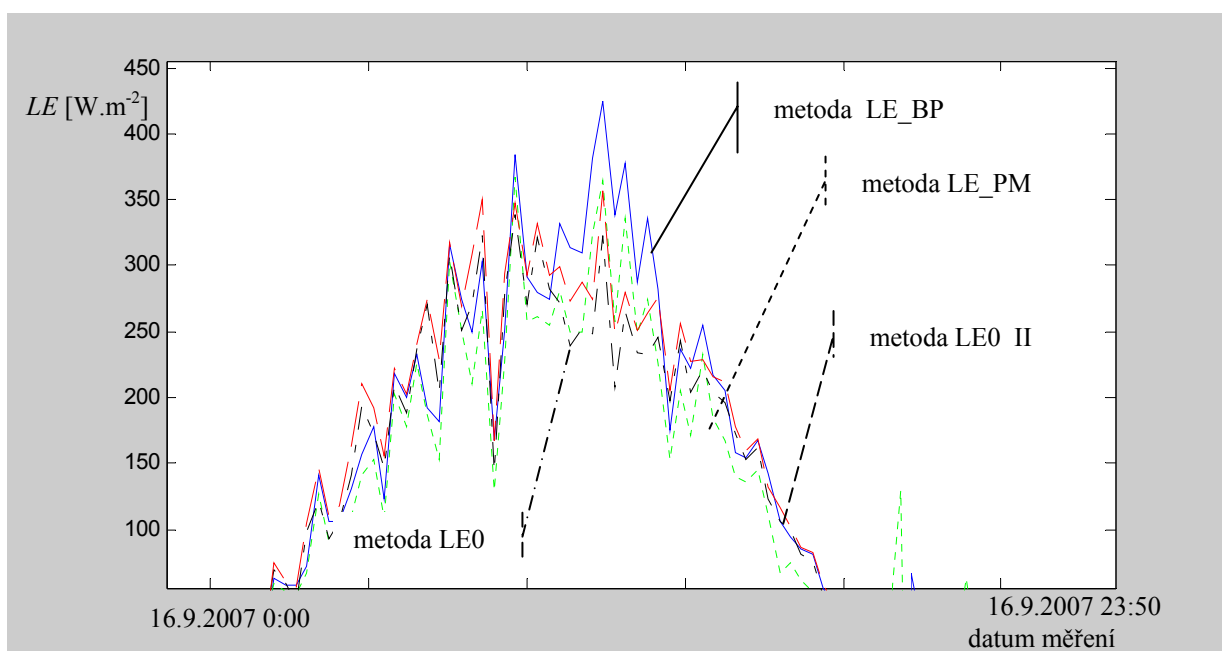
$$E_{0_II} = \frac{LE_{0_II}}{L} \quad (3.8)$$

E_{0_II} – evapotranspiration [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]

Výše uvedené metody byly aplikovány na data z měřicí stanice umístěné na louce v období září 2007. Vykreslené průběhy (Obr. 4) vykazují místa, ve kterých dochází k velmi nepravděpodobným hodnotám vypočítaných veličin LE . Takovéto úrovně nejsou reálně dosažitelné (latentní teplo LE se pohybuje v intervalu $\langle -300, 700 \rangle [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}]$).



Obr. 3 Záznam průběhu latentního tepla výparu LE metodami ASCE, FAO 56, PM pro suchý porost a s pomocí Bowenova poměru



Obr. 4 Detail průběhů latentního tepla LE dne 16.9. 2007 (0:00, 23:50)

4. Závěr

Z průběhů (Obr. 3, Obr. 4) je patrné, že některé naměřené hodnoty sledovaných veličin (Tab. 1) použité ve výpočtech vyvolávají numerickou nestabilitu, která se projeví nepravděpodobnými hodnotami LE (Obr. 3). Je způsobena hodnotami čitatele i jmenovatele (rovn. (3.1), (3.3), (3.5), a (3.7)) blízkými nule a tím limitního růstu podílu. Použité metody jsou různě citlivé na pracovní hodnoty sledovaných veličin a kombinací takto získaných výsledků lze zpřesnit odhad energetických toků a evapotranspirace v monitorovaných oblastech. Měřená data budou doplněna informacemi o rozložení teplot využitím termovizní kamery a ta budou začleněna do metodiky výpočtů energetických toků a evapotranspirace.

V živé přírodě existuje obrovské množství vzájemných vazeb a vztahů, z nichž některé jsou okrajové, další jsou pro stabilitu systému rozhodující, fundamentální. Soustavné vyhodnocování latentního tepla a evapotranspirace pomůže přispět k jejich vyjasnění.

Literatura

- [1] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements*, Roma, FAO Irrigation and drainage paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations,
- [2] Anonymus, 2002. *Calculation of Derived Variables*, Hayward, CA Davis Instruments, Diablo Ave, p. 37.
- [3] Pya, S. P., 2001. *Introduction to Micrometeorology*, London, International Geophysics Series, Vol. 79, Academic Press.
- [4] Brom, J., 2007. *Výpočty energetických toků a evapotranspirace*, příloha periodické zprávy projektu.
- [5] Eagleson, P. S., 2002. Darwinian expression of vegetation form and function, *Ecohydrology*, Cambridge, University Press.
- [6] Gates, D. M., 1980. *Biophysical ecology*, Dover, Dover Publications, INC.
- [7] Gavilán, P., Berengena, J., Allen G., 2007. Measuring versus Estimating Net Radiation and Soil Heat Flux. Impact on Penman–Monteith reference ET estimates in semiarid regions. *Agricultural Water Management* 89 (3): 275-286.
- [8] Jirka, V., 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.
- [9] Jones, H. G., 1992. *Plants and Microclimate*, Cambridge, Cambridge University Press. Monteith, J. L., Unsworth, M., 1990. *Principles of Environmental Physics*, Oxford, Butterworth-Heinemann.
- [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] Příbáň, K., Jeník, J., Ondok, J. P., Popela, P., 1992. *Analysis and Modeling of Wetland Microclimate*, Praha, Academia, ČSAV 2-92.

Poděkování

Tento text vznikl za podpory grantu MŠMT grant Nr. 5606001.

REGULACE SOUSTAVY „KASKÁDA TŘÍ NÁDRŽÍ“ POMOCÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU REX

Three Tanks Cascade Control with the Use of Rex Control System

Stanislav Vrána

Abstract: This paper presents Rex control system and its use to three tanks cascade control. The basics of the Rex control system and the Wincon PAC are described and some examples of the three tanks cascade are shown in the paper.

Key words: Wincon, PID controller, control, three tanks cascade

1. Introduction

The three tanks cascade is a laboratory model that allows testing various control algorithms. It is simple model which contains nonlinearities as a variable time constants, variable sensitivities or nonlinear valve characteristics. It is mostly used as a tool for students. The new controller for the three tanks cascade based on PAC WinCon and Rex control system is being developed.

2. REX block set and RexLib library

RexLib library contains all block which are necessary to develop control algorithm and which are also contained in RexDraw (see fig. 1) program. RexLib library is designated to the use with Simulink (see fig. 2). The algorithm configuration blocks are include also, so it is possible to simulate whole algorithm even in situations if the algorithm is divided into more individual block schemes. The possibility to simulate all of particular algorithms separately is also available. The description of all blocks of RexLib and Rex block set is in [4].

When the algorithm which is designated for the use outside the Simulink is developed in Simulink it is necessary to use only block included in RexLib library. It is possible to use other blocks also but only for simulation purposes, they cannot be a part of developed algorithm. It can be use the extension of Rex control system that allow to leave these block in the scheme if they are named so that their name contain the word simulation. Then it is not necessary to delete these block before the final compilation of developed algorithm.

3. User defined functions

The Simulink itself contains user defined function blocks MATLAB function and S-Function. RexLib library contains block Rexlang. Language of this block is derived from ANSI C language but it has some restrictions and of course some extensions that compensate the restrictions.

The advantage of block RexLang in comparison to block MATLAB function is more simple initial statement definition and makes easy algorithm portability into other device. The advantage in comparison to the block S-Function is nonuse of internal Simulink states so it is not necessary to respect Simulink restrictions.

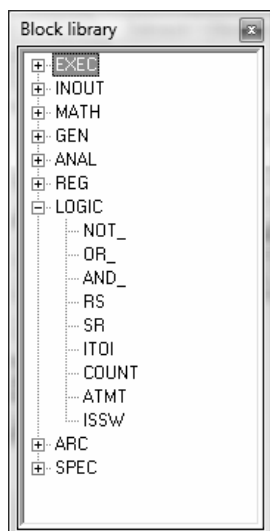


Fig. 1 – Rex block set as a part of standalone program RexDraw

The block RexLang have to work properly inside the Simulink scheme and also outside simulink scheme. It is not allowed to use variables defined in the Matlab

workspace. Block RexLang can use only its own variables. The next restriction is the maximum number of used variables. It is possible to use at most 16 input variables, 16 output variables and 16 parameters. The number of internal variables is not restricted.

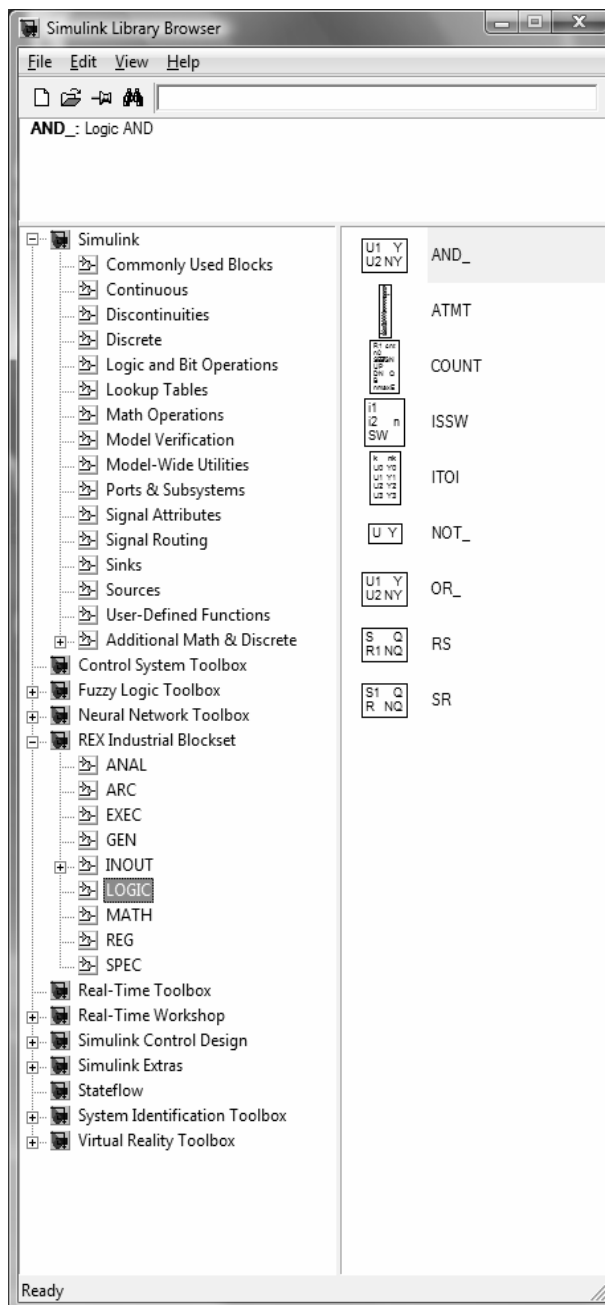


Fig. 2 – RexLib library as a part of Simulink block library

4. Communication block

Rex control system contains communication block RDC. It can be used as a communication tool among devices in the distributed control loop or as a communication tool with superior device. Of course it is possible to use this block to connect more Simulink schemes too. The communication is based on UDP internet protocol. One block RDC can transfer at most 16 variables into other device. If the requisition to transfer more than 16 variables occurs it is necessary to use more RDC blocks.

5. WinCon PAC

The fundamental hardware part is control device. As a control device the PAC WinCon (PAC means Programmable Automation Controller) have been chosen. There exists more types of this PAC that differs in built-in devices. For example W-8741-G contains seven expansion card slots, two LAN connectors, two USB connectors, one RS-232 connector, one RS-485 connector, one VGA connector and one Compact Flash card slot, W-8331-G contains three expansion card slots, one LAN connector, one USB connector, one RS-232 connector, one RS-485 connector, two PS/2 connectors (keyboard and mouse), one VGA connector and one Compact Flash card slot. Because the PAC is based on ARM processor the embedded operating system is used. WinCon use Windows CE as an operating system. There exists also LinCon product line which use Linux as an operating system.

6. The three tanks cascade

The three tanks cascade consists of three tanks, three pressure sensors and two water pumps as is shown in the fig. 3. The pressure sensors are used as water level detectors.

The scheme of the control algorithm is shown in the fig. 4. There is only one controller of PID type in the scheme. The controller drives the pump P1. The pump P2 is driven manually to simulate a disturbance. The pump P1 can be driven manually also to allow to get chosen initial state. Because the controller is only one, it can be chose which tank water level is controlled.

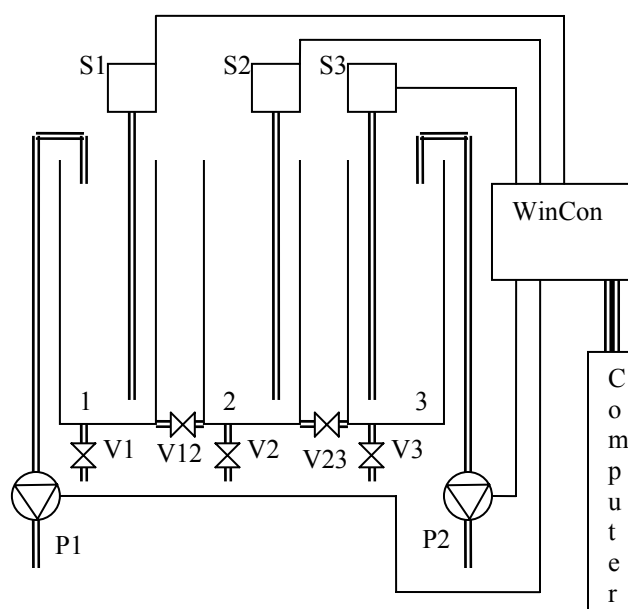


Fig. 3 – Three tanks cascade scheme

There are two block RDC in the scheme. One of them is used to transfer process variables from and to the superior device (Simulink is the superior device in this case), the second is used to transfer constraint values, e. g. the pressure values corresponding to maximum allowed water level. The reason of use of two independent RDC block is separation of process and constraint values.

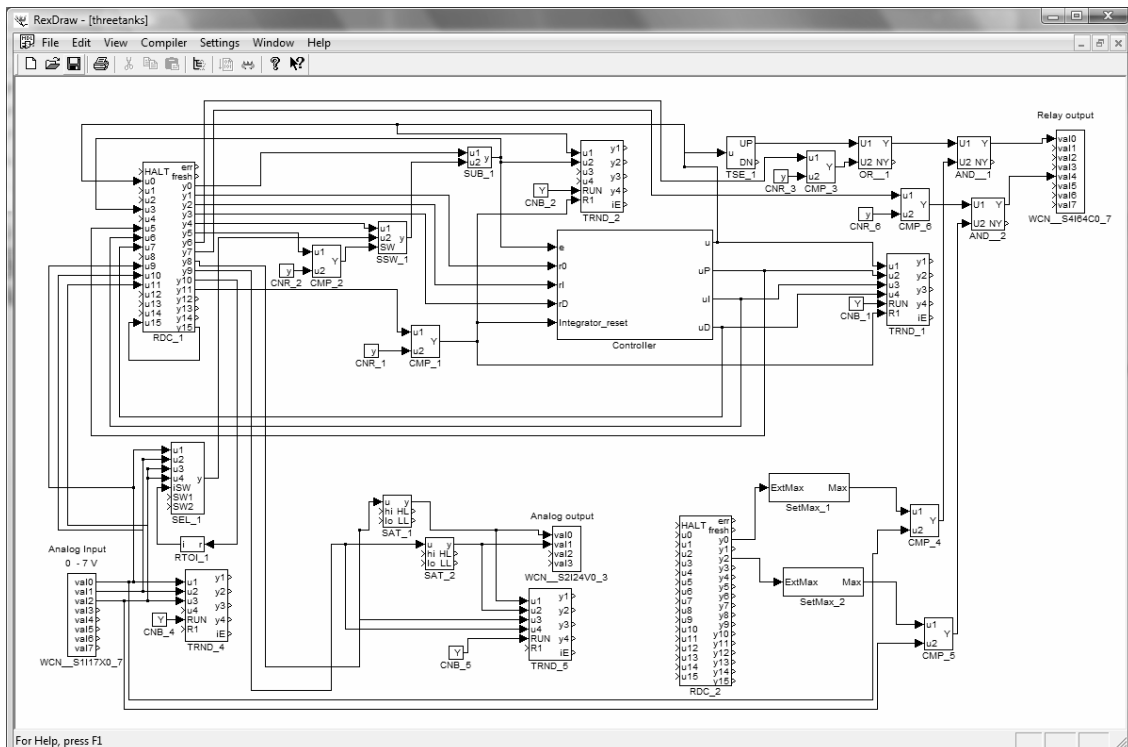


Fig. 4 – Controller algorithm scheme

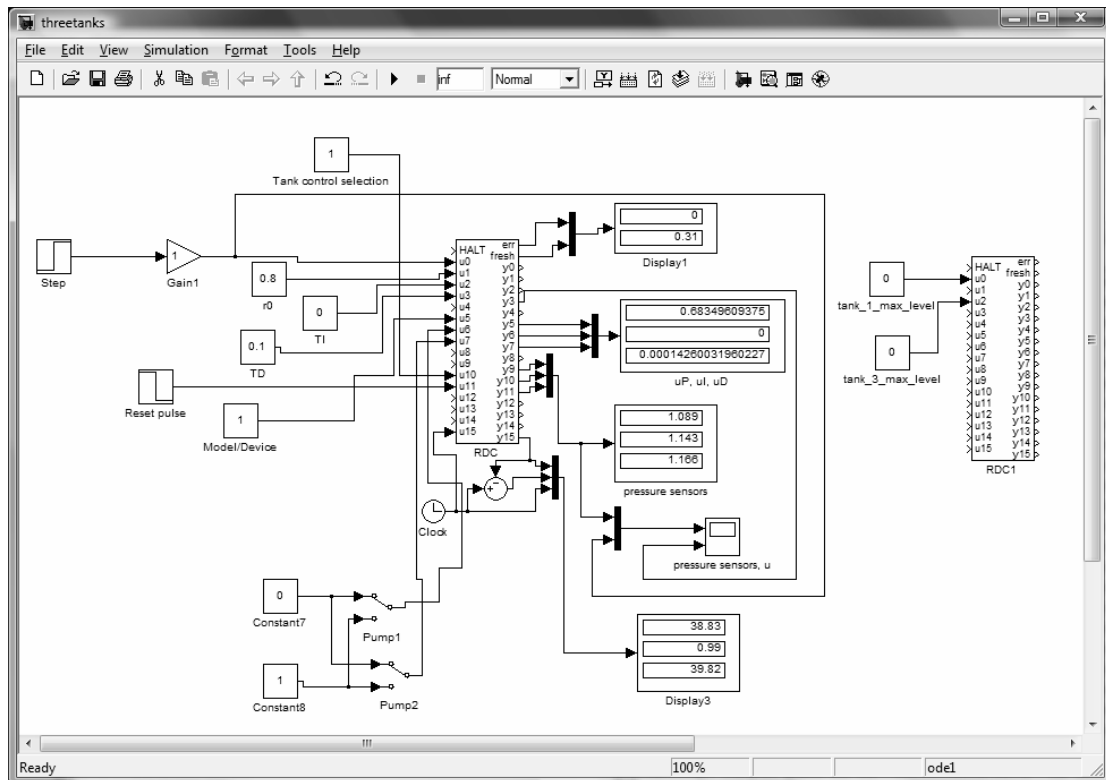


Fig. 5 – Superior algorithm scheme

The superior algorithm is shown in fig. 5. It is very simple algorithm which only allows to set controller algorithm variables and monitor process variables (controlled values, manipulated values). It also contains two RDC blocks which are paired with the RDC blocks in the controller algorithm.

7. Illustrative example

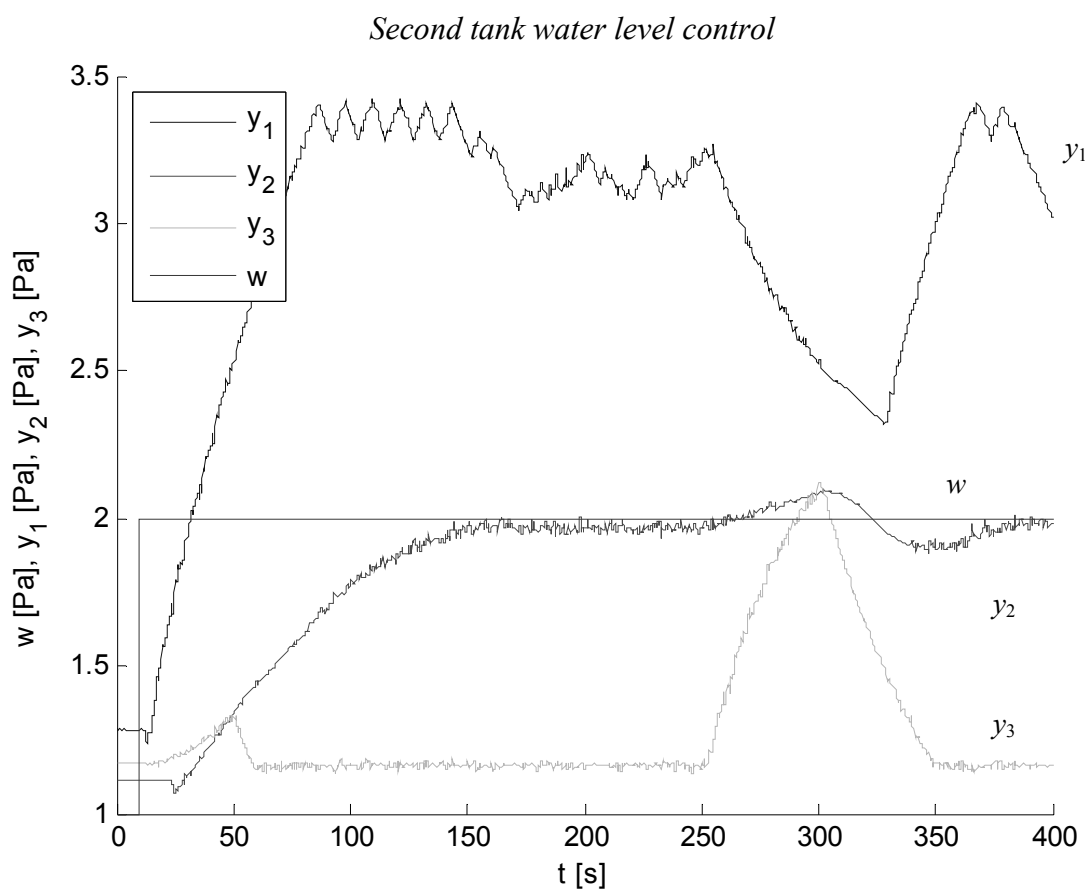


Fig. 6 – Illustrative example

Fig. 6 shows a control algorithm function example. The second tank water level y_2 is controlled, the course of its desired value w is shown as a straight line. The valves V1 and V2 are closed and the valves V12, V23 and V3 are opened. The pump P1 is manipulated, the pump P2 is used to make a disturbance. The control process starts at the time 10 s, when the desired value changes its value from value one to value two. Then the control error occurs and the pump P1 is switched on. The water levels in tanks number one and number two y_1 and y_2 start to increase. The water level in tank three y_3 starts to increase too, but it started to decrease to its original level in 25 s. This first peak in the third tank water level course is caused probably by the water viscosity and by the tank and pressure sensor construction. Till the third tank water level y_3 reaches its peak the water does not flow out the tank, the water starts to flow out the third tank after the peak reaches its maximum.

The first tank water level y_1 reaches its maximum earlier than the second tank water level y_2 reaches its desired value w . When the first tank water level y_1 reaches its maximum it is necessary to switch the pump P1 off to avoid the first tank water level overflow. The control algorithm contains a hysteresis that causes the peaks under the first tank water level maximum. At time about 150 s the second tank water level reaches y_2 its desired value w .

The pump P2 (disturbance) is switched on at time 250 s and it is switched off at time 300 s. It causes the third tank water level y_3 increasing. The flow in the cascade is higher than the flow out the cascade so the second tank water level y_2 increases although the first tank water level y_1 decreases. After the pump P2 switch off the water level in all of three tanks decreases and at time about 330 s the first tank and second tank water level started to increase so that the second tank water level reaches y_2 its desired value.

8. Conclusion

The use of Rex control system is simple. Rex development environment is similar to well-known Simulink, Simulink can be also used to Rex algorithm development. Rex control system offers useful tools to connect more algorithms as is shown in this paper.

Acknowledgement

This research has been supported by Czech Science Foundation Grant No 101/07/1667, and by project MSM6840770035.

References

- [1] Åstöm, K. J., Hägglund, T. *Advanced PID control*. ISA, Research Triangle Park, North Carolina, USA, 2006, ISBN:978-1-55617-942-6
- [2] Vrána, S., Šulc, B. Zjišťování indikátorů optimálního seřízení regulátorů z frekvenčních odezev. In: *Technical computing Prague 2006*. [CD-ROM] Humusoft, Praha, Česká republika, 2006, s. 106 - 109, ISBN: 80-7080-616-8
- [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*. IIS, Orlando, Florida, USA, 2007, s. 280 - 285, ISBN-10:1-934272-08-6, ISBN-13:978-1-934272-08-4
- [4] Rex Controls. *Funkční bloky systému REX – Referenční příručka*. Rex Controls, Plzeň, ČR, 2007, 5. vydání.

Název:	Sborník odborného semináře <i>Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky, automatického řízení a informatiky</i>
Editoři:	Ing. Jan Hošek, Ph.D., Ing. Miroslav Žilka, CSc.
Vyšlo:	květen 2008
Stran:	133
DTP:	Editoři a autoři
Náklad:	25 výtisků; 30 CD ROM
Vydala:	Fakulta strojní ČVUT Technická 4, 166 07 Praha 6
ISBN:	978-80-01-04087-4