

MASARYKOVA UNIVERZITA

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra fyziky



Dálkově řízený fyzikální experiment

Diplomová práce

Brno 2009

Autor práce: Bc. Lukáš Pawera

Vedoucí práce: doc. RNDr. Petr Sládek, CSc.

Bibliografický záznam

Pawera, Lukáš. *Dálkově řízený fyzikální experiment: diplomová práce*. Brno : Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, 2009. 89 l., 11 l. příl. Vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Petr Sládek, CSc.

Anotace

Cílem diplomové práce "DÁLKOVĚ ŘÍZENÝ FYZIKÁLNÍ EXPERIMENT" je sestavení sady úloh, které jsou provozovány prostřednictvím dálkově řízených laboratoří. Všechny laboratoře jsou vystavěny na platformě ISES a softwarové nadstavbě Ises Web Control. Úlohy jsou nazvány podle tématického zaměření, "Nucené kmity", "Meteorologická stanice", "Měření na fotovoltaickém panelu".

Annotation

The aim of diploma called "Remote Controlled Physical Experiment" is create a complex of experiments, witch is controlled by remote laboratory. All remote laboratory is created by ISES and software Ises Web Control. Experiments are called "Forced Oscilations", "Weather Station", "Solar cell".

Klíčová slova

vzdálená laboratoř, on-line laboratoř, ISES, Ises Web Control, kmity, oscilátor, meteorologická stanice, fotovoltaický panel,

Keywords

remote laboratory, , on-line laboratory, ISES, Ises Web Control, oscillations, oscillator, weather station, solar cell

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jen prameny uvedené v seznamu literatury.

Souhlasím, aby práce byla uložena na Masarykově univerzitě v knihovně Pedagogické fakulty a zpřístupněna ke studijním účelům

V Brně dne 18.dubna 2009

Lukáš Pawera

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. RNDr. Petru Sládkovi, CSc. za vedení mé práce, doc.RNDr. Františku Lustigovi, CSc. za cenné rady při řešení nestandardních situací v začátcích a Bc. Janu Válkovi za pomoc při tvorbě webového rozhraní experimentů.

Obsah:

1	Úvod	8
1.1	On-line laboratoře	8
1.2	Cílové skupiny on-line laboratoří	9
1.3	On-line laboratoře v České republice	10
1.4	Vzdálené laboratoře ve světě	12
2	Školní experimentální systém ISES	14
2.1	Měřicí karty	14
2.2	Ovládací panel (Control Board)	15
2.3	Moduly systému ISES	16
2.4	Bližší popis a parametry vybraných modulů systému ISES	17
2.5	Programové vybavení ISES	21
3	I ses Web Control	23
3.1	MeasureServer	23
3.1.1	Konfigurace programu MeasureServer	24
3.1.2	Logování	25
3.1.3	Pluginy	25
3.2	HTTPRelay	27
3.3	ImageServer	27
3.4	Java applety	28
3.5	Tvorba webového rozhraní	28
4	Konstrukce vlastních doplňků, snímačů a modulů	32
5	Studium kmitavého pohybu	36
5.1	Fyzikální základ	36
5.1.1	Harmonický oscilátor	36
5.1.2	Tlumený harmonický oscilátor	38
5.1.3	Nucené kmity harmonického oscilátoru	40
5.2	Experiment "Nucené kmity"	43
5.2.1	Sestava experimentu "Nucené kmity", použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě	44
5.3	Měření on-line experimentu "Nucené kmity"	49
5.3.1	Měření rezonanční křivky	51
5.3.2	Měření tlumených kmitů oscilátoru	54
6	Meteorologická stanice	55
6.1	Fyzikální základ	55
6.1.1	Měření teploty	56
6.1.2	Měření atmosférického tlaku	57
6.1.3	Měření slunečního záření	59
6.2	Experiment meteorologická stanice	60
6.2.1	Sestava experimentu "Meteorologická stanice", použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě	61
6.3	Měření on-line experimentu "Meteorologická stanice"	67
6.3.1	Zjišťování průměrné teploty, maximální a minimální hodnoty	69
6.3.2	Zjišťování délky dne	71
7	Fotovoltaický panel	74
7.1	Fyzikální základ	74

7.1.1	Přeměna sluneční energie na elektřinu	74
7.1.2	Fotovoltaické články	75
7.2	Experiment měření na fotovoltaickém panelu	76
7.2.1	Sestava experimentu “Měření na fotovoltaickém panelu“, použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě	77
7.3	Měření on-line experimentu “Měření na fotovoltaickém panelu“	84
8	Závěr	88
9	Použité zdroje	89

Přílohy:

Příloha A	- Slovník klíčových odborných termínů z oblasti informatiky vyskytující se v práci.	90
Příloha B	- Seznam Java appletů se stručným popisem jejich funkce.....	91
Příloha C	- Zdrojový kód webového rozhraní ukázkového experimentu “Teplota“ ...	95
Příloha D	- Fotodokumentace.....	99

Teoretická část

1 Úvod

Internet, fenomén dnešní doby, přináší nové možnosti vzdělávání. Také termín e-learning není mezi nynější generací ničím neznámým. Zaměříme-li se na výučování fyzice, tak lze používání e-learningových metod brát jako skvělý doplněk klasické výuky. Různé e-learningové texty, sbírky cvičení, testy se dají poměrně snadno realizovat dnešními prostředky informačních technologií a internetu. Je zde však jedna součást klasické výuky, která neoddělitelně patří do hodiny fyziky, a to je pokus. Tahle součást se však v alternativní e-learningovém vzdělávání naplňuje obtížněji. Nejběžněji lze klasický pokus obejít tím, že se provede animace pokusu na počítači, nebo pokud to charakter pokusu dovoluje, lze sledovat jeho videozáznam. Nevýhodu takové alternativy je, že do takového pokusu není možno zasahovat zvenčí, měnit parametry, natož provádět na něm fyzikální měření. Tyto nevýhody jsou z velké části řešeny využitím speciálních laboratoří, do kterých má uživatel přístup odkudkoliv ve světě, prostřednictvím osobního počítače připojeného k síti internetu. Někteří učitelé ale jistě mohou říci, že takovéto laboratoře nejsou, co se týče výuky metodicky vhodné, neboť pokud si žák neosahá knoflíky reálného měřicího přístroje, tak takový kurz pro něho nemůže mít veliký přínos.

Tato práce pojednává o laboratořích typu “remote laboratory“ a “remote sensing“, kdy u těchto typů laboratoří se na vzdálené straně opravdu nachází měřicí aparatura s experimentem, který probíhá v reálném čase. Cílem je pak sestavení funkčních úloh použitelných pro potřeby školního praktika. Úlohy bude mít možnost také používat jakýkoliv zájemce o fyzikální měření v těchto vzdálených laboratořích.

1.1 On-line laboratoře

Pod pojmem vzdálené laboratoře jsou často zahrnovány i virtuální laboratoře, kde se fyzikální jevy pouze modelují pomocí appletů. Někdy je pod pojmem vzdálené laboratoře zahrnuto také vysílání živého obrazového přenosu, nebo záznamů experimentů.

On-line remote laboratory se dají rozčlenit do třech skupin. První skupinu tvoří jednoúčelové nemodifikovatelné aplikace, kde si uživatel musí stáhnout speciální jednoúčelový klientský software. Další skupinou jsou vzdálené experimenty využívající například software LabVIEW. Uživatel si opět musí stáhnout a nainstalovat speciální klientský software, který není již jednoúčelový, ale použitelný pro všechny aplikace vystavěné na této platformě. Pro platformu LabVIEW to je RunTimeEngine. Poslední třetí skupina je specifická tím, že nepotřebuje instalaci žádného speciálního softwaru. Na klientské straně stačí libovolný internetový prohlížeč, například Internet Explorer, Opera nebo Firefox.

1.2 Cílové skupiny on-line laboratoří

To co se ve škole naučíme, bychom měli také umět uplatnit v praxi. Chceme-li uplatnit nějakou teoreticky zvládnutou látku, nebo vysvětlit nějaký fyzikální jev, je velmi vhodné ve fyzice použít pokus. Všichni učitelé fyziky vědí, že žádná věta z úst učitele se nevyrovná jedinému experimentu, který si žák sám provede. Staré klasické kyvadlové hodiny všichni znají, ale co je perioda, frekvence, jak nakreslit pohyb kyvadla v čase? Jestliže jednoduché kyvadlo umístíme do laboratoře, umožníme k nim přístup a necháme je ovládat přes internet, tak vytvoříme jednoduchou vzdálenou laboratoř. Co může případný experimentátor pozorovat a jak mu umožníme ovládání takto vzdáleného experimentu? Stačí k tomu osobní počítač připojený k internetu, ovládací software, měřicí a řídicí hardware a pro sledování vzdáleného experimentu i kamera. Pomocí e-learningu se student může teoreticky připravit a v on-line laboratoři si úlohu proměří.

Některé experimenty jsou tak nebezpečné nebo nákladné, že by se k nim běžný smrtelník nikdy nedostal. Jestliže umožníme, aby tyto experimenty byly přístupné z internetu, máme tady také možnost vytvoření online laboratoře. Experimenty, ve kterých je lidská přítomnost rušivým faktorem, který může ovlivňovat měření, najdou v této oblasti experimentování také svoje místo.

Ve fyzikálním pozorování existují také jevy, které má smysl sledovat jen z dlouhodobého hlediska. Umožníme-li tyto jevy a veličiny snímat a ukládat v počítači, poté není problém si tato data kdykoliv a odkudkoliv vyvolat prostřednictvím internetu k aktuálnímu zpracování, či kontrole. Jedinou podmínkou je vytvoření experimentu ve formě vzdálené laboratoře.

V dnešní době se také stává, že se těžce hledají finanční prostředky k vybavení fyzikální laboratoře nebo kabinetu. Spojí-li se více vzdělávacích organizací a investují peníze dohromady do takovéto laboratoře, pak není problém tuto laboratoř sdílet mezi sebou. To umožní všem žákům a studentům z těchto škol se připojovat a provádět měření. Celý postup měření se dá sledovat a dokumentovat, dokonce i zaznamenávat jednotlivé kroky procesu. Samozřejmostí je možnost zaznamenávat si svoje naměřené hodnoty i celá měření v elektronické formě a následně celé měření opakovat, což může sloužit jako dobrá zpětná vazba.

On-line laboratoř je určena:

- *Pro distanční výuku, tzn. výuku, která probíhá bez ohledu na čas a vzdálenost.*
- *Jako cvičný experiment pro ty studenty, kteří pak jdou do skutečné laboratoře.*
- *Pro větší návštěvnost drahých laboratorních experimentů.*
- *Pro sdílení několika univerzitami, které dají finanční prostředky na její vybavení.*
- *Jen tak pro zábavu, pro osvětu, pro rodiče i děti.*

[1]

1.3 On-line laboratoře v České republice

Zadáme-li si vyhledat vzdálené laboratoře ve vyhledávači na internetu v České republice, dostanete mnoho odkazů, ale pouze několik jich je typu remote laboratory. Na adrese <http://www.ises.info> pod odkazem "Vzdáleně řízené laboratoře", nebo

v anglické verzi stránek "Remote Laboratory" se nacházejí experimenty, které můžeme řídit pouhým webovým prohlížečem. Zatím se jich tam nachází již sedm a to jsou :Regulace výšky vodní hladiny

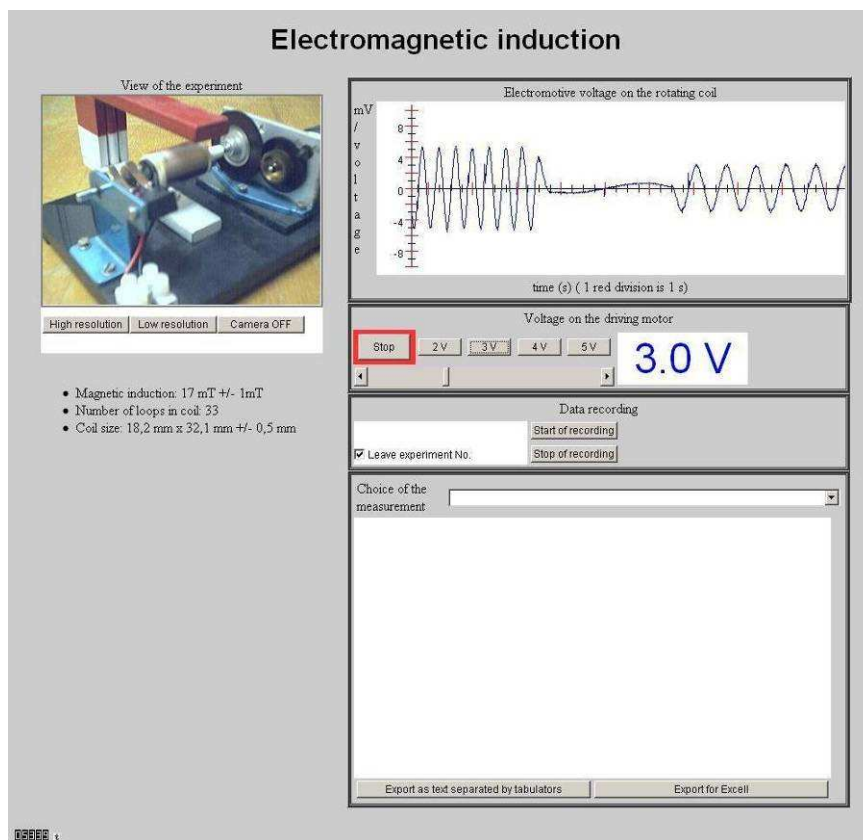
- Meteorologická stanice v Praze
- Vlastní a vynucené oscilace
- Elektromagnetická indukce
- Přeměna solární energie
- Ohyb na mikroobjektech
- Heisenbergův princip neurčitosti

U těchto pokusu nám opravdu stačí pouze připojení na internet a internetový prohlížeč (Internet Explorer, Firefox..). Je zde ale jedna podmínka správné funkčnosti. Uživatel musí mít nainstalované některé podpory jazyku Java. Takže vidíme, že i tady je už první omezení, i když se to na první pohled nezdá. Java se dá volně stáhnout a popřípadě doinstalovat do prohlížeče ze stránek "<http://java.com>". Ovšem smůlu budou mít všichni uživatelé, kterým není dovoleno na počítači cokoli instalovat nebo přinstalovat.

Co vše musí být na straně laboratoře? Měřicí aparatura – AD/DA převodník, který nám analogová data převádí do počítačem srozumitelného kódu. V těchto případech je to měřicí a řídicí jednotka sestavená ze školního experimentálního systému ISES plus použité moduly ISES a webová kamera, klasický WEB server a ještě několik serverových podpor pro měření a přenos obrazu. Podíváme se jen na jednu z těchto úloh, která se nachází na adrese <http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz>. Jedná se o úlohu elektromagnetická indukce. Uživatel má možnost zde volit rychlost otáčení cívky v magnetickém poli permanentního magnetu a sledovat naměřené průběhy v reálném čase. V cívce se indukuje napětí, velikost indukovaného napětí závisí na rychlosti rotující cívky v homogenním magnetickém poli permanentního magnetu. Indukované napětí na výstupu se měří soupravou ISES. Úlohu je možno ovládat, lze ji sledovat webovou kamerou, v reálném čase je vykreslován graf. Naměřené hodnoty lze přenést přes datový soubor, ale i přes schránku do vlastního počítače, například rovnou do aplikace MS Excel. Úloha je jednopřístupová, jen jeden uživatel má právo

řídít úlohu, ostatní ji můžou jen sledovat. Uživatel ji má k dispozici 5 minut, případní další uživatelé čekají v řadě. Tato úloha vypadá velmi reálně a experimentátor z ní může mít dojem, že provádí měření v klasické laboratoři. Naměřené hodnoty lze velmi rychle a pohodlně zpracovat na počítači.

Jiné vzdálené laboratoře v tomto rozsahu typu remote laboratory v České republice neexistují, takže se dá říci, že katedra didaktiky fyziky na MFF UK je v tomto průkopníkem. Ovšem zájemci o tento druh laboratoří stále přibývají, zvláště ze stran vysokých škol a univerzit, které se snaží v této oblasti proniknout, takže se dá předpokládat, že se tato situace za pár let změní.



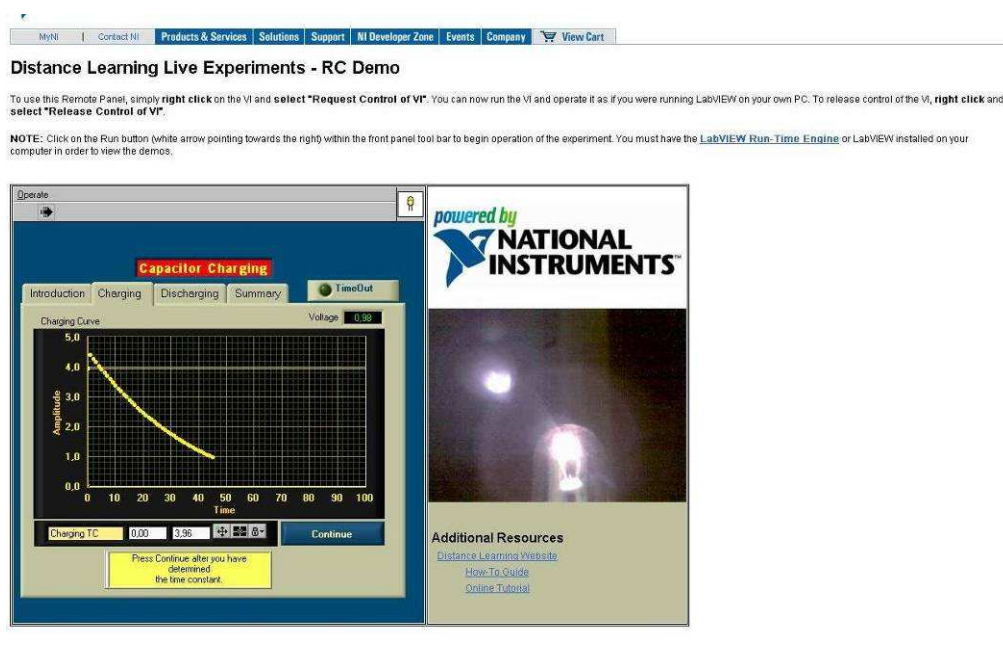
Obr.1.1 - Vzdálená laboratoř katedry didaktiky fyziky MFF UK, úloha "Elektromagnetická indukce"

1.4 Vzdálené laboratoře ve světě

Většina vzdálených laboratoří v zahraničí je vystavěna na vývojovém prostředí LabVIEW. Tyto laboratoře pro správné zobrazení a ovládání vyžadují instalaci speciálního pluginu "LVRunTimeEng". Na oficiálních stránkách LabVIEW je

sestavena jednoduchá aplikace - nabíjení a vybíjení kondenzátoru, v grafické podobě je zviditelněno webovou kamerou, když se s rostoucím a klesajícím napětím rozsvěcuje i žárovka (obr. 1.2).

Další jednoduchý experiment přináší regulační úloha s termistorem, který je zahříván od žárovky a ta je ovládána prostřednictvím internetu. Lze volit ruční i automatický režim ovládání žárovky. Úkolem je udržet na termistoru zvolenou teplotu. Žárovka se zahřívá a vyzářené teplo se přenáší na termistor. Tuto úlohu má uživatel možnost také sledovat prostřednictvím webové kamery.



Obr. 1.2 Vzdálená laboratoř National Instruments – nabíjení a vybíjení kondenzátoru

Samozřejmě existují i jiné dálkově řízené laboratoře, ale jejich konstrukce je velice specifická a individuální. Údržba vzdálených laboratoří je docela složitá záležitost, proto mnoho z nich moc dlouho nepřežívá a upadají v zapomnění.

2 Školní experimentální systém ISES

Školní experimentální systém ISES slouží pro měření a řízení experimentů ve fyzice, chemii a biologii ve spolupráci s počítačem. Základní prvky tohoto systému tvoří měřicí AD/DA karta, která se instaluje do volného slotu PCI, u starších verzí ISA slotu, osobního počítače. Souprava kromě měřicí karty obsahuje dále ovládací panel (Control Board) a moduly, které se prostřednictvím toho panelu připojují ke kartě.

2.1 Měřicí karty

Existují tři verze měřících karet, které se instalují do počítače prostřednictvím slotů PCI nebo ISA a jedna novinka, USB měřicí karta, která se připojuje do počítače prostřednictvím sběrnice USB.

Přehled a parametry AD/DA karet:

- **ISES BASIC**
 - ISA rozhraní pro připojení k základní desce PC
 - rozlišení 12 bitů
 - softwarový převod, doba jednoho převodu 60 ms
 - vzorkovací kmitočet 5 kHz
 - 16 x AD vstupních kanálů
 - 1 x DA výstupní kanál

- **ISES PROFESSIONAL (AX 5411)**
 - ISA rozhraní pro připojení k základní desce PC
 - rozlišení 12 bitů
 - hardwarový převod, vstupní obvod "sample and hold"
 - DMA přenos
 - 4 binární výstupy
 - vzorkovací kmitočet 63 kHz
 - 16 x AD vstupních kanálů
 - 2 x DA výstupních kanálů

- **ISES PRO PCI (PROFESOR) (PCI-1202)**
 - PCI rozhraní pro připojení k základní desce PC
 - rozlišení 12 bitů
 - doba jednoho převodu 0,01 ms
 - hardwarový převod
 - rychlost přenosu dat 2,7 MB/s
 - vzorkovací kmitočet 110 kHz
 - 16 x AD vstupních kanálů
 - 2 x DA výstupních kanálů
 - 16 digitálních vstupních a výstupních kanálů

- **ISES USB (K8055)**
 - připojení pomocí USB sběrnice k PC
 - rozlišení 8 bitů
 - 2 x AD vstupních kanálů
 - 2 x DA výstupních kanálů
 - 5 digitálních vstupních
 - 8 digitálních výstupních kanálů

2.2 Ovládací panel (Control Board)

Dalším nosným prvkem tohoto systému je ovládací panel. Ten slouží jako rozhraní mezi připojenými moduly nebo čidly a AD/DA měřicí kartou v počítači, která se stará o převod vstupního analogového signálu na digitální, srozumitelný pro počítač a také převod výstupního digitálního na analogový, použitelný pro naše aplikace. Tento panel je k dostání ve 2 verzích. Jedna verze se používá k připojení karet ISES BASIC a ISES PRO PCI, a druhá verze je pro systém ISES PROFESSIONAL. Neoficiálně je již vyvinut ovládací panel ISES PROFESOR, který zprostředkovává jeden výstupní kanál navíc jen pro měřicí kartu PCI-1202. Jinak všechny panely obsahují čtyři vstupní kanály s konektory pro připojení ISES modulů a jeden výstupní kanál u panelu pro soupravu ISES BASIC a ISES PRO PCI. Dva výstupní kanály jsou k dispozici pouze soupravy ISES PROFESSIONAL a ISES

PROFESOR. Panely dále obsahují svorky pro čtyři samostatné analogové vstupy s napěťovým rozsahem 0 – 5V.

2.3 Moduly systému ISES

Vstupním článkem měřicího řetězce jsou moduly systému ISES. Ty se zasouvají do konektorů na panelu (Canon15), a tím vytvoří z celé této sestavy měřicí přístroj, jehož naměřené hodnoty se dají snímat v počítači a dále zpracovávat a exportovat. Dnes se vyrábí celá řada těchto modulů, viz jejich výčet:

- Modul teploměr
- Modul voltmetr
- Modul ampérmetr
- Modul snímač polohy
- Modul optická závora
- Modul siloměr
- Modul mikrofón
- Modul snímač tlaku
- Modul ultrazvukový sonar
- Modul ohmetr
- Modul měřič kapacit
- Modul měřič magnet. indukce
- Modul akcelerometr +/- 5G, model od r. 2007
- Modul akcelerometr +/- 10G, dvouosý, spec. pro UJEP
- Modul detektor hladiny
- Modul proudový booster
- Modul reproduktor 4W
- Modul relé
- Modul snímač srdečního tepu
- Modul pH metr + elektroda
- Modul konduktometr + elektroda

2.4 Bližší popis a parametry vybraných modulů systému ISES

Teploměr

Teploměr řešen jako sonda, která se zapojí k ovládacímu panelu pomocí kabelu s konektorem do libovolného z kanálů A až D. Teploměr je zkalibrován na teplotní rozsah -20 °C až $+120\text{ °C}$, je vhodný pro měření v plynech i kapalinách. Přesnost udávaná výrobcem je 2 %. Vlastní teplotní čidlo umístěné na špičce teploměru je galvanicky izolováno od zemních svorek na panelu a jeho závislost na teplotě je lineární.

Kalibrace se provádí otočným trimrem na teplotě odpovídající bodu varu vody nebo bodu tání ledu případně pomocí jiného teploměru na jiné vhodné teplotě.

Siloměr

Měření síly tímto modulem je založeno na deformaci nosníku, která je snímána optickou metodou. Modul siloměr měří diferenciálně, to znamená, že nám umožňuje snímat i velmi malé změny silového působení na pozadí větších sil. Lze ho používat ve dvou režimech a to jako funkci siloměru (hodnoty v Newtonech), a ve funkci vah (hodnoty v gramech).

Parametry:

- obor maximálního silového zatížení: $\pm 9.81\text{ N}$ ($\pm 1\text{ kg}$)
- obor diferenciálních silových změn: $\pm 0.98\text{ N}$ ($\pm 100\text{ g}$)
- maximální citlivost: $\pm 0.01\text{ N}$ ($\pm 1\text{ g}$); přesnost 2 %
- dva rozsahy pro měření diferenciálních změn, které se přepínají přepínačem 1x/5x :
 - 1x: obor diferenciálních silových změn: $\pm 0.98\text{ N}$ ($\pm 100\text{ g}$)
 - 5x: obor diferenciálních silových změn: $\pm 4.9\text{ N}$ ($\pm 500\text{ g}$)

Přesná kalibrace se provede pomocí závaží jemným nastavením trimru CAL.

Voltmetr

Jde o univerzální diferenciální předzesilovač, který slouží k zesílení malých vstupních signálů stejnosměrných i střídavých. Umožňuje také zpracování signálů obojí polarity (např. od -5 V do +5 V). Diferenciální znamená pro uživatele to, že se s modulem voltmetr zachází tak jako s digitálními voltmetry. Zapojí se do obvodu libovolně a směr napětí je signalizován záporným znaménkem před měřenou hodnotou.

Parametry:

- Vstupní impedance 1 M Ω
- Přesnost 2%
- Ochrana proti vstupnímu přepětí ± 30 V

Ampérmetr

Modul ampérmetr se svými vlastnostmi funkčně podobá voltmetru. Elektronicky se jedná o převodník proudu na napětí s diferenciálními vstupy. Proud (stejnosměrné i střídavé) lze měřit v obou polaritách. Diferenciální vstupy umožňují zapojit ampérmetr libovolně do měřeného obvodu bez ohledu na polaritu, případně na nulový (zemní) potenciál.

Parametry:

- Přesnost 2%
- Maximální vstupní proud ± 1 A
- Ochrana proti vstupnímu přepětí ± 30 V

Snímač polohy

Jedná se o jednoduchý modul, který převádí natočení deseti otáčkového potenciometru (aripotu) na napětí. Na hřídelce jsou tři řemeničky různého obvodu. Volíme tu, která se jeví pro daný experiment nejvhodnější.

Parametry:

- Poloměry všech tří řemeniček jsou v poměru 1:2:4.
- 1x: maximální výchylka na obrazovce odpovídá 10-ti otáčkám tj. dráze 240 cm na největší řemeničce.
- 2x: maximální výchylka na obrazovce odpovídá 5-ti otáčkám tj. dráze 120 cm na největší řemeničce.

Optická závora

Čidlo pracuje v infračervené oblasti. Modul optická závora reaguje na přerušení optické dráhy světelného paprsku. Optický přijímač a vysílač jsou propojeny a upevněny na společné tyčce. Přijímací část optické závory může též pracovat samostatně jako fotometr, rozpojíme obě části a ponecháme si pouze přijímač. Ten obsahuje kabel s konektorem pro připojení do panelu.

Mikrofon

Modul mikrofon tvoří elektretový mikrofon s aktivním předzesilovačem. Citlivost mikrofonního předzesilovače lze nastavit trimrem "CITLIVOST" na držáku mikrofonu. Citlivost je nastavena na nejběžnější použití např. pro snímání rázů ladiček, řeči.

Modul mikrofon je vhodné používat pouze na počítačích, které umožňují vzorkovací frekvenci alespoň 3000 Hz v jednom kanálu. Vzorkovací frekvence by měla být alespoň 5x - 10x vyšší než snímaná frekvence.

TESLA metr

Modul měřič magnetické indukce ze soupravy ISES je určen pro měření magnetické indukce ve vzduchových cívkách (rozsah +/- 100 mT) a pro měření magnetické indukce v cívkách s jádrem, resp. permanentních magnetů (rozsah +/- 1T).

Měřícím elementem je hallova sonda umístěná na špičce sondy. Magnetické siločáry musí procházet kolmo k hallově sondě (červeně označená ploška).

Parametry:

- Rozsah +/- 100 mT, +/- 1 T
- Přesnost 1 % z rozsahu
- Frekvenční rozsah 1 kHz

Booster (proudový)

Modul proudový booster je určen pro výstupní kanál E, umožňuje zvětšit proudový výstup až na hodnotu 1 A (bez posílení je maximální hodnota asi 10 mA).

Parametry:

- Přepínačem ± 5 V / ± 10 V lze volit rozsah výstupního napětí, které odebíráme ze svorek modulu
- Maximální proudový odběr 1 A.
- Modul vyžaduje externí napájecí zdroj

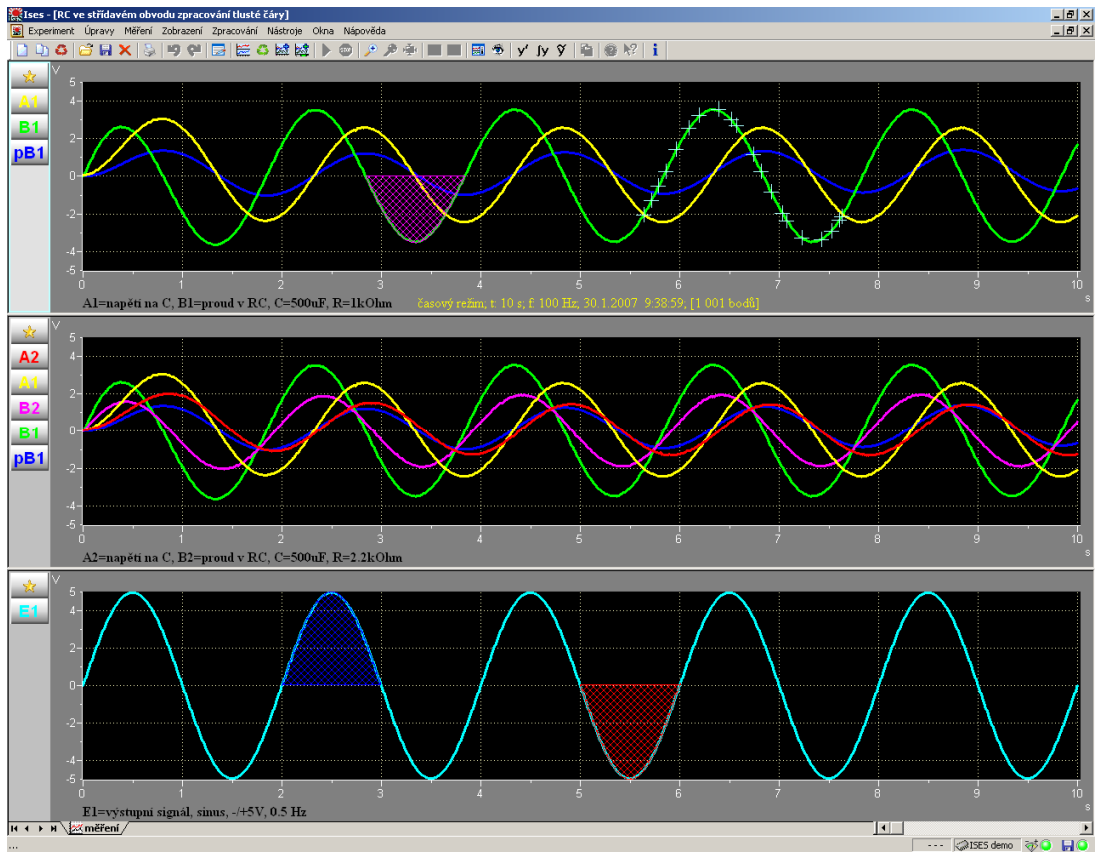
Výše popsané moduly dle katalogu výrobce na webových stránkách “<http://www.ises.info/old-site/index1.html>“ považuji za nejpoužitelnější, jak pro klasickou aplikaci ISES pro Windows, pro niž byly primárně vyvinuty, tak pro konstrukci vzdálených laboratoří.

2.5 Programové vybavení ISES

Výše popisované komponenty patřily do hardwarové součásti školního experimentálního systému ISES. Aby nám tyto hardwarové součásti komunikovaly s počítačem je potřeba mít v počítači nainstalovaný také software, který se stará o obsluhu hardwaru. ISES není žádnou novinkou, takže software musel také prodělat jisté změny s nástupem novějších operačních systémů a používáním novějšího typu měřících karet. Nejzákladnějším, volně šiřitelným softwarem celé stavebnice je ISES pro DOS. Dnes již pravděpodobně nepoužívaný vlivem moderních operačních systémů. Další software byl vyvinut již pro operační systém Windows. Dnes se používají 2 verze, ISES 2.0 pro měření pod operačním systémem Windows 98 a ISES 4.0 pro Windows 2000, Windows XP a Windows Vista.

Základní možnosti softwaru ISES:

- možnost současného sledování a řízení experimentu v 8 vstupních a 1 nebo 2 výstupním kanálu
- široké možnosti řízení experimentu (programovatelný multifunkční generátor)
- autodetekce modulů
- odečet, umožňuje ve zvoleném okně odečítat hodnoty z grafů, potřebujeme-li body označit.
- různé způsoby grafického zobrazení naměřených hodnot (časová i XY-závislost), digitální, analogové
- numerické a grafické zpracování dat (aproximace, derivace, integrace...)
- výstupy na tiskárny, plotr, disk, knihovny experimentálních dat a konfigurací

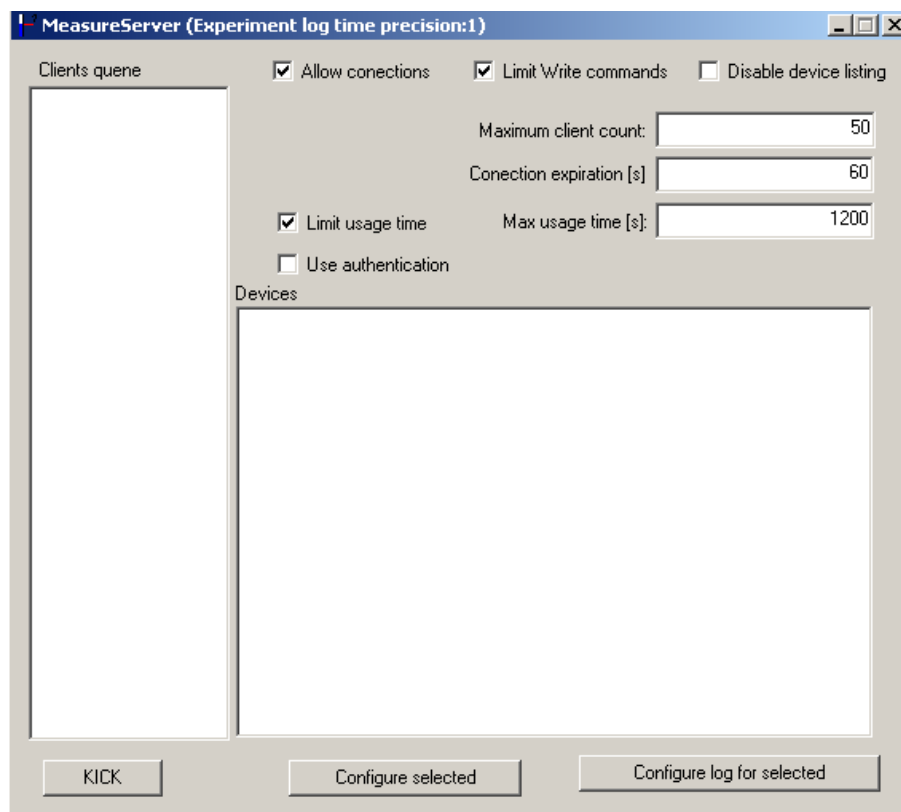


Obr. 2.1 Grafické rozhraní ISES 4.0

3 Ises Web Control

Stavebnice Ises Web Control je vytvořena jako softwarová nadstavba systému ISES pro jednoducho tvorbu vzdálených experimentů. Umožňuje podporu dálkového řízení, sledování a měření experimentů pouhým zakomponováním do běžných webových stránek. Celá stavebnice je tvořena čtyřmi programy, které spolu tvoří celou softwarovou část měřicího serveru. Jsou to MeasureServer, HTTPRelay, ImageServer a libovolný software pro funkci počítače jako webového serveru, např. Apache Web Server, PinkNet Web Server.

3.1 MeasureServer



Obr. 3.1 MeasureServer

MeasureServer tvoří hlavní část celého měřicího systému. Program se skládá ze dvou částí. První z nich jsou pluginy. Jedná se o soubory poskytující pevně stanovené rozhraní, pomocí kterého poskytují informace o pinech, ze kterých je

možné číselné hodnoty, či do kterých je možno hodnoty zapisovat. Pluginy realizují přístup k zařízení či implementují logiku experimentu. Druhou částí je vlastní program MeasureServer. Ten při svém startu načte dostupné pluginy a následně poskytuje vzdáleným uživatelům funkce pro čtení a zápis hodnot jednotlivých pinů. Kromě toho také nabízí možnost záznamu (logování) hodnot pinů, dlouhodobé s velmi malou frekvencí v řádu sekund, či krátkodobé s frekvencí v řádu desítek Hz.

3.1.1 Konfigurace programu MeasureServer

Hlavní okno programu slouží zároveň i pro konfiguraci většiny funkcí. V jeho levé části se nachází seznam připojených klientů seřazených ve frontě. U každého klienta je uvedena jeho IP adresa.

Přehled možností nastavení programu MeasureServer:

- pomocí tlačítka "Kick" je možno ukončit spojení s uživatelem, který je v seznamu uživatelů vybrán
- pomocí zaškrťavacího pole "Allow connections" se zakáže jakékoliv nové připojení k serveru.
- zaškrtnuta možnost "Limit write commands" způsobí, že právo posílat řídicí příkazy bude mít pouze první readwrite klient z fronty, v opačném případě mohou používat řízení všichni připojení readwrite uživatelé
- zaškrtnutím "Disable device listing" se zakáže funkce umožňující klientovi zjistit seznam všech dostupných zařízení.
- Dále je zde možné nastavit maximální počet současně připojených klientů a dobu, po které dojde k ukončení spojení v případě, že z něj v jejím průběhu nepříjde žádný požadavek od klienta. V případě, že je řízení omezeno na prvního uživatele ve frontě, je zde možnost omezit dobu, po kterou může zařízení používat. Po uplynutí tohoto intervalu je první uživatel přesunut na konec fronty a řízení je předáno dalšímu uživateli ve frontě.

V pravé dolní části je zobrazeno okno se seznamem načtených pluginů. Pod každým pluginem je seznam jím nabízených pinů. Pomocí tlačítek "Configure selected" a "Configure log for selected" je možno dále provádět nastavení jednotlivých pinů a pluginů a parametrů ovlivňujících logování pinů.

3.1.2 Logování

Každý z pinů může být logován. Existují dva typy logů:

- Dlouhodobý log ukládá data s periodou v řádu sekund či minut pro účely dlouhodobého sledování měřené veličiny. Tento log se ukládá do souborů na disku a zachovává se i po restartu serveru. Každý soubor má místo na 5000000 záznamů (cca 40MB) a po jeho zaplnění se začnou nejstarší hodnoty přepisovat. Tento log je využíván applety historygraph2 a historylist.
- Krátkodobý log s frekvencí v řádu desítek Hz a omezenou délkou. Tento log je uložen pouze v paměti a při ukončení serveru se vymaže. Při použití appletů využívajících data z krátkodobého logu (fastgraph, záznam experimentu, 2d grafy) musí být fastlog zapnutý pro piny, používané těmito applety.

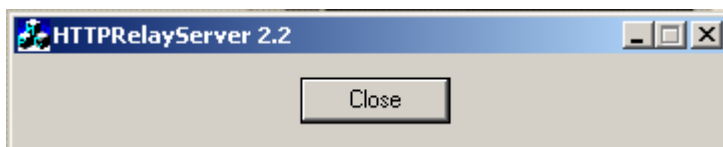
3.1.3 Pluginy

Pluginy mají koncovku ldp. Program MeasureServer při startu vyhledá a inicializuje všechny pluginy, které se nacházejí ve stejném adresáři, jako program MeasureServer.

V současnosti jsou k dispozici následující pluginy:

- ISESCardPlugin - slouží pro ovládání HW karty ISES. Plugin v současnosti nefunguje pod Windows řady NT (NT,2K,XP)
- ISESProCardPlugin - slouží pro ovládání HW karty ISES Pro. Plugin v současnosti nefunguje pod Windows řady NT (NT,2K,XP)
- PCI1202CardPlugin - slouží pro ovládání HW karty PCI-1202. Plugin vyžaduje, aby byly nainstalovány ovladače karty a funguje i pod Windows řady NT (NT,2K,XP).
- K8055CardPlugin - slouží pro ovládání HW USB karty K8055. Plugin vyžaduje, aby byly nainstalovány ovladače karty.
- MixingPlugin - některé pluginy používají pro svoji funkci jeden další plugin. MixingPlugin umožňuje, aby takovéto pluginy mohly používat i několik různých pluginů tím, že exportuje jejich piny, jako by byly jeho vlastní a přístupy předává do pluginu, kterému příslušný pin patří.
- ConfLogicPlugin - hlavní funkcí tohoto pluginu je implementace serverové části logiky experimentů. V principu se jedná o sady pravidel popisující, jakým způsobem se má získat hodnota čtená z výstupního pinu či co se má provést v závislosti na hodnotě zapisované na vstupní pin.
- ScriptablePlugin - v současnosti nejsilnějším a zároveň nejsložitějším z pluginů. Pomocí tohoto pluginu je možné dosáhnout ekvivalent funkce téměř kteréhokoliv z ostatních pluginů s výjimkou pluginů, které ovládají konkrétní HW. Navíc je možné dosáhnout některých činností, na které starší pluginy nestačí jako je generování složitějšího signálu či vysokorychlostní experiment. Základní princip fungování je podobný pluginu ConfLogicPlugin s tím, že operace pro jednotlivé piny jsou místo sady pravidel zadány jednoduchým programem.

3.2 HTTPRelay

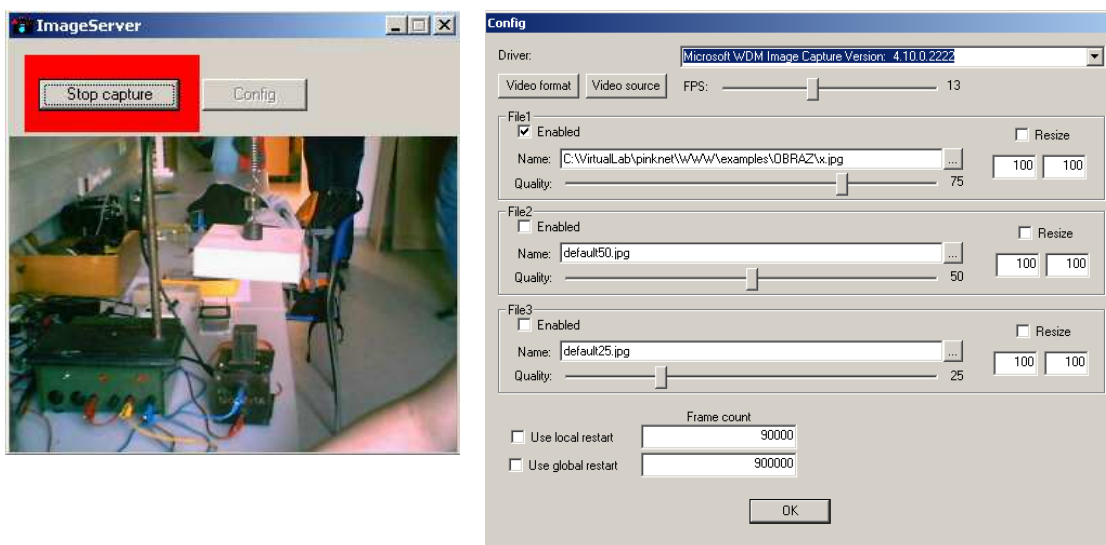


Obr. 3.2 HTTPRelayServer

Někteří uživatelé mají omezené porty, na které se mohou na Internetu připojovat. Jelikož standardní propojení s MeasureServerem probíhá přímým připojením na nestandardní port 8899, nemohou se tito uživatelé připojit přímo se serverem. Úkolem programu HTTPRelay je poskytnutí alternativní možnosti připojení v případě, že uživatel může přistupovat na normální http www servery (port 80). Program se tváří jako http server a požadavky buďto přeposílá na port 83, na kterém je připojen normální http server poskytující obsah stránek či appletů, a nebo, pokud mají speciální tvar, je převede na příkaz, který následně pošle přes přímé připojení na MeasureServer. Výsledky zpracování příkazu pak vrátí opět uživatelskému appletu, jako by šlo o data www stránky.

3.3 ImageServer

Tato součást s pomocí Java appletu umožňuje umístit na webovou stránku video například z USB webové kamery. Program periodicky ukládá aktuální obraz ze zdroje do souboru na pevném disku ve formátu jpeg. Jméno souboru, rozlišení a kvalitu komprese je možno měnit.



Obr. 3.3 ImageServer

3.4 Java applety

Pro tvorbu webové stránky využívající služeb výše popisovaných serverů slouží sada Java appletů. Tyto applety tvoří balíček `virtuallmeasureclient`. Stručný seznam a popis appletů je v příloze práce. Pomocí změny parametrů v appletech při návrhu webové stránky tvoříme a konfiguruje celé webové rozhraní.

3.5 Tvorba webového rozhraní

Při tvorbě webového rozhraní nemusíme znát nazpaměť všechny applety a jejich parametry. Součástí celé stavebnice `Ises Web Control` jsou ukázkové webové stránky s již vloženými applety, které se dají jednoduše z návrhu vykopírovat a použít dle svých představ.

Seznam ukázkových experimentů s již integrovanými applety :

- Kamera
- Teplota
- Relé
- Relé přes digitální výstup
- Pohyby - záznam hodnot
- Výběr dat pro zpracování
- Ovládání analogového výstupu pomocí posuvníku
- Zjišťování vzájemné závislosti dvou veličin
- Zobrazení historie dlouhodobě měřených hodnot.
- Generování křivek
- Generátor časovaného pulzu

Prostřednictvím těchto jedenácti jednoduchých již vytvořených webových stránek je možno dále vytvořit složitější celek vzájemnou kombinací. Jediným předpokladem je jen základní znalost tvorby webových stránek a jazyka HTML. Jak takový zdrojový kód webové stránky vypadá, můžeme najít v příloze práce. Ve zdrojovém kódu pokusu "Teplota" jsou vloženy komentáře k jednotlivým částem. Výsledek webového rozhraní experimentu "Teplota" je na obrázku obr. 3.4.

Pokus s ISESem

Postup připojení:

Na vstup A připojit teploměr
K počítači připojit kameru

Teplota

27 °C

Průběh teploty

Zapnuto

Kamera

Velke rozliseni
Male rozliseni
Vypnout

[Zpět na úvodní stránku](#)

Applet hub started

Obr. 3.4 Výsledné webové rozhraní zdrojového kódu experimentu "Teplota"

Jsou zde čtyři okna. První okno je výsledkem appletu "virtuallabmeasureclient.hub.basic.connectionhub.class", ten zajišťuje připojení k serveru, zobrazuje stav připojení a zbývající čas spojení. V druhém okně vidíme aktuální hodnotu měřené veličiny, tedy teploty. Toto okno je vytvořeno appletem

"virtuallabmeasureclient.hub.modules.singlevalue.class". Obsahuje mnoho parametrů, které jsou komentovány přímo ve zdrojovém kódu. Ve třetím okně můžeme sledovat průběh měřené teploty. O tuto funkci se stará další applet, "virtuallabmeasureclient.hub.modules.fastgraph.class". Obsahuje také mnoho parametrů. Například lze měnit velikosti okna, množství dat v grafu, barvu vykreslované křivky, popis, vzdálenost kroků mezi značkami na osách x a y, rychlost obnovování grafu. V posledním čtvrtém okně můžeme sledovat obraz z webové kamery. Tuto funkci má za úkol zprostředkovávat applet "virtuallabmeasureclient.Visualize.class". Pomocí jeho parametrů uvnitř, lze nastavovat zase například velikost okna webové kamery, rychlost obnovování obrazu.

Toto byla ukázka na jednoduchém příkladě, jakým způsobem se tvoří ovládací webové rozhraní. Postup při tvorbě složitějších webových rozhraní je obdobný. Funkce většiny parametrů appletů je okomentována ve zdrojovém kódu již od autora. Velikým pomocníkem je také dodávaný návod a příručka při pořízení této webové nadstavby systému ISES. Při nějakých pochybách funkčnosti je lepší nejprve zkontrolovat, zdali máme zapnuto logování v MeasureServeru a nastavenou správnou hardwarovou adresu karty, nežli hned zasahovat do ovládacího softwaru.

4 Konstrukce vlastních doplňků, snímačů a modulů

Vyrobít si svůj uživatelský modul se zdá jako celkem obtížná cesta, skutečnost zase taková není. Příklad, kdy jsme přinuceni k tomuto kroku přistoupit, nastane, nenajdeme-li nebo nevybereme-li si vhodný modul z nabídky výrobce. Případů nebude mnoho, ovšem jistě se nějaký najde při zvláště speciálních aplikacích.

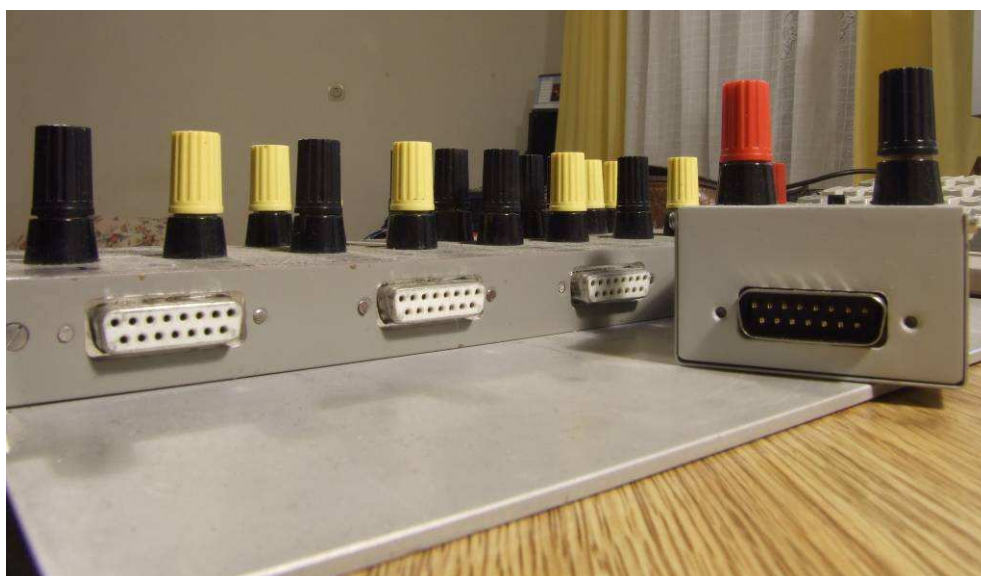
Uvedu pro představu jednoduchý příklad. Máme experiment, v němž zjišťujeme závislost výkonu fotovoltaického panelu na úhlu dopadu světelného záření na jeho povrch. Ze zadání experimentu plyne, že sledované veličiny budou aktuální výkon panelu a úhel natočení panelu vůči zdroji záření. K experimentu chceme samozřejmě použít systém ISES. Ani modul wattmetr ani měřič natočení, či úhloměr se v nabídce výrobce nenachází. Při prvním kroku bychom se měli zamyslet, jestli by se to nedalo obejít jinými moduly, nebo modul něčím doplnit či upravit. Známe-li základy měření a principy snímání a zobrazování hodnot naměřených veličin na měřicích přístrojích, tak vyřešit absenci těchto modulů by neměl v tomto případě činit veliké potíže. Znalost konstrukce analogového wattmetru může napovědět, jakým způsobem se absence modulu wattmetr v systému ISES dá obejít. Wattmetr obsahuje 2 páry svorek, pomocí nichž se zapojuje do obvodu. Jsou to svorky napěťové a svorky proudové. Napěťové se do obvodu zapojují jako voltmetr a proudové svorky se do obvodu zapojují jako ampérmetr. To, co nám wattmetr v konečném důsledku ukáže na stupnici, je pouze součin dvou měřených veličin, napětí a proudu v obvodu měřených současně. Stejného výsledku bychom dosáhli, měřili-li bychom tyto 2 veličiny současně ampérmetrem a voltmetrem. To platí pro stejnosměrné obvody, kde se neprojevuje jalová složka proudu, což tento případ je. Takže místo jednoho modulu wattmetr bez obtíží použijeme 2 moduly a to ampérmetr a voltmetr. Zbytek už je jen na softwarovém nástroji, aby z těchto 2 veličin vypočítal námi požadovanou a v reálném čase ji zprostředkoval například pomocí displeje.

V případě měřiče úhlu natočení bude situace ještě jednodušší. Vynecháme mechanické konstrukční záležitosti a zaměříme se na výběr vhodného snímacího prvku. Námi hlavní kladený požadavek na snímač je, aby nám tuto neelektrickou

veličinu uměl zprostředkovat pomocí veličiny elektrické, kterou umíme zpracovat pomocí ISESu. Vhodným kandidátem je potenciometr, který lze použít v zapojení jako reostat pro regulaci proudu v obvodu, nebo druhý, častěji používaný případ je regulace napětí v zapojení jako napěťový dělič. Pro námi požadovanou aplikaci měřiče úhlu natočení použijeme zapojení jako dělič napětí. Na odporovou dráhu potenciometru přivedeme vhodné napětí, pro systém ISES to je 5V. Přiložíme-li pak jeden měřící hrot voltmetru na jezdec potenciometru a druhý na začátek nebo konec odporové dráhy tak můžeme pozorovat změnu napětí v závislosti na otočení hřídelky potenciometru, jedná-li se o otočný potenciometr. V jedné poloze bude napětí plných 5V a v druhé poloze potenciometru naměříme 0 V. Aplikujeme-li toto zapojení na potenciometr tahový, tak máme zase jednoduchý snímač délky nebo posunutí. Jednu z nevýhod, kterou toto řešení má, je omezenost rozsahu snímaného úhlu v závislosti na konstrukci potenciometru, většinou 270°, a také mechanické opotřebovávání odporové dráhy vlivem častého používání, což vede k poruchám funkčnosti. Důvod proč jsme zvolili napětí 5V je jednoduchý. Měřící karty systému ISES jsou nakalibrovány právě na toto napětí a chceme-li začlenit tento náš nový prvek do systému ISES, nepotřebujeme již žádný mezičlánek (měřící modul) a signál dokáže zpracovat analogový vstup na ovládacím panelu (CONTROL BOARD). Samozřejmě můžeme použít kombinaci potenciometru ve spojení s modulem ohmmetr a snímat změnu odporu v závislosti na otočení hřídelky. Tento postup je ale finančně mnohonásobně náročnější a nepřináší žádné výhody. Použitím modulu ohmmetr ještě navíc zabereme jeden vstupní kanál pro připojení modulů, který se nám můžeme v dalších krocích stavby experimentu hodit.

Moduly systému ISES jsou připojovány k ovládacímu panelu pomocí konektoru CANON15. Tento konektor obsahuje 15 pinů. Šest z těchto pinů je ovšem používáno k identifikaci pro ovládací program z prostředí Windows, pro ISES 2.0 a ISES 4.0. Integrovaný D/A převodník uvnitř ovládacího panelu pak vyhodnotí šesti bitový vstup z modulu, převede ho na analogovou hodnotu jako je napětí a podle velikosti tohoto napětí poté prostřednictvím měřící karty identifikuje software ISES připojený modul ve vstupních a výstupních kanálech. Tato funkce však v dálkově řízené verzi Ises Web Control není podporována a není ani zapotřebí. Při konstrukci dálkově řízených experimentů se postupuje podle odlišné filozofie. Nás zajímá hlavně

pin, který je používán ke snímání a je propojen s měřicí kartou. Ten se nachází na pozici č.1. Pin s nulovým potenciálem je na pozici 15. Napětí mezi těmito dvěma piny je zpracováváno. Tyto dva piny jsou také vyvedeny na svorky na povrchu ovládacího panelu k napojení jednoduchých čidel. Na dalších pinech můžeme najít zase napájecí napětí a to +5V, +12V a -12V. Tento systém je velice jednoduchý, avšak velmi efektivní.



Obr. 4.1 Detail způsobu připojení modulu k ovládacímu panelu

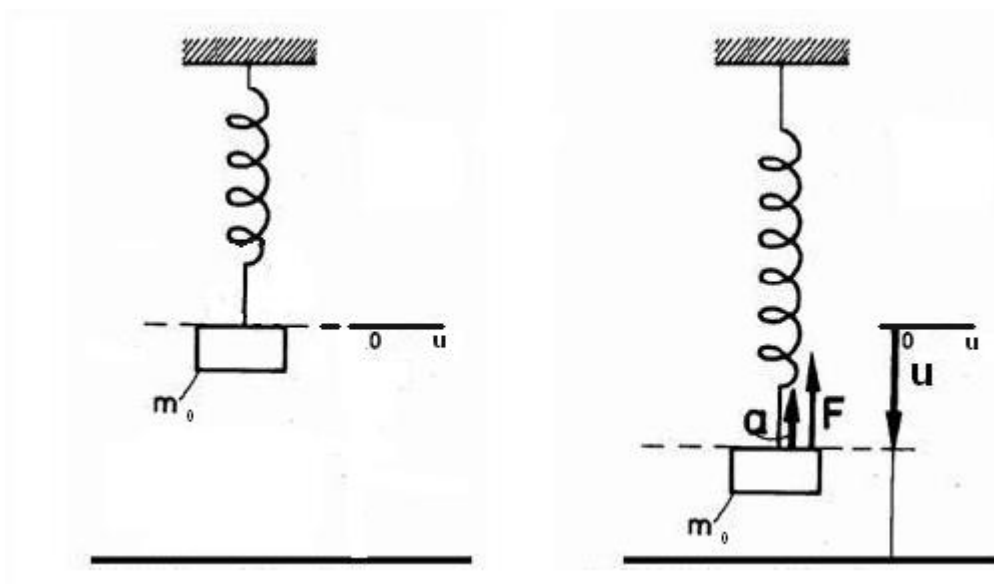
Soubor on-line úloh

5 Studium kmitavého pohybu

5.1 Fyzikální základ

5.1.1 Harmonický oscilátor

Těleso, které vykonává harmonický kmitavý pohyb, se nazývá harmonický oscilátor. Je to pouze jeden specifický případ kmitavého pohybu. V praxi si to můžeme představit například jako závaží na pružině konající nepřetržitě pohyb nahoru a dolů kolem své rovnovážné polohy, která se nachází v tomto případě uprostřed této trajektorie. Rovnovážná poloha je taková poloha mechanického oscilátoru, v níž jsou síly, které na oscilátor působí, v rovnováze. Závislost okamžité polohy kmitajícího tělesa na čase zobrazujeme jako časový diagram.



Obr. 5.1 Harmonický oscilátor (převzato z [4])

Mějme pružinu, na jejíž protažení o délku u je potřebná síla $F = -ku$, kde k je tuhost pružiny.

Pohybová rovnice harmonického oscilátoru, který je tvořen touto pružinou a závažím hmotnosti m_0 , je

$$m_0 \frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} = -k \vec{u}$$

Celou rovnici vydělíme hmotností oscilátoru m_0 . Pro koeficient k/m_0 zavedeme označení ω_0^2

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_0}}$$

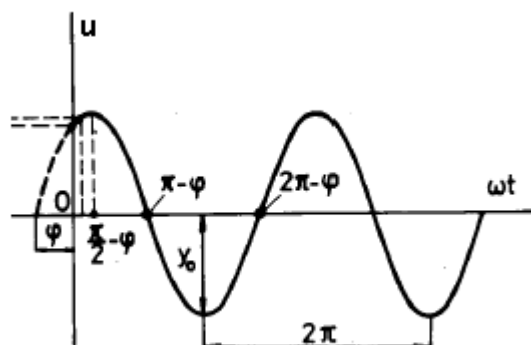
Tuto novou konstantu ω_0 nazveme úhlovou frekvencí harmonického oscilátoru. Po dosazení do pohybové rovnice dostaneme nový tvar:

$$\frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} + \omega_0^2 \vec{u} = 0$$

Řešením této diferenciální rovnice je funkce :

$$\vec{u} = u_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad \text{nebo} \quad \vec{u} = u_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

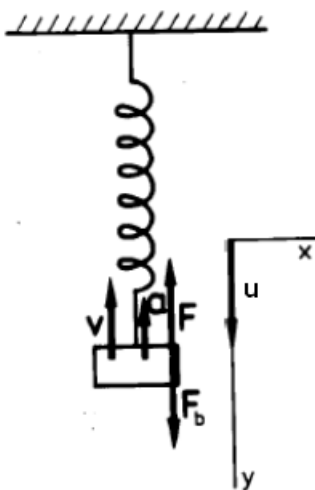
kde u je okamžitá výchylka, u_0 je amplituda výchylky, ω_0 je úhlová frekvence harmonického oscilátoru (kmitavého pohybu) a φ je jeho počáteční fáze.



Obr. 5.2 Průběh amplitudy harmonického oscilátoru v čase (převzato z [4])

5.1.2 Tlumený harmonický oscilátor

Při pohybu harmonického oscilátoru v reálných podmínkách působí vždy brzdící odporové síly prostředí (tření v závěsech, vazba není dokonale pružná), které amplitudu kmitavého pohybu zmenšují, a po určitém čase kmitání přestane. Takový oscilátor pak nazýváme tlumený oscilátor. Fyzikálně můžeme tyto vlivy započítat do pohybové rovnice zavedením brzdící síly, jejíž velikost je úměrná rychlosti pohybu oscilátoru.



Obr. 5.3 Tlumený harmonický oscilátor (převzato z [4])

Brzdící síla je při malých rychlostech přímo úměrná okamžité rychlosti tělesa v . Konstanta $b > 0$ vystupuje jako odpor prostředí.

$$F_b = -b \vec{v} = -b \frac{d\vec{u}}{dt}$$

Pohybová rovnice pro tento případ nabývá tvaru

$$m_0 \frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} = -k \vec{u} - b \frac{d\vec{u}}{dt}$$

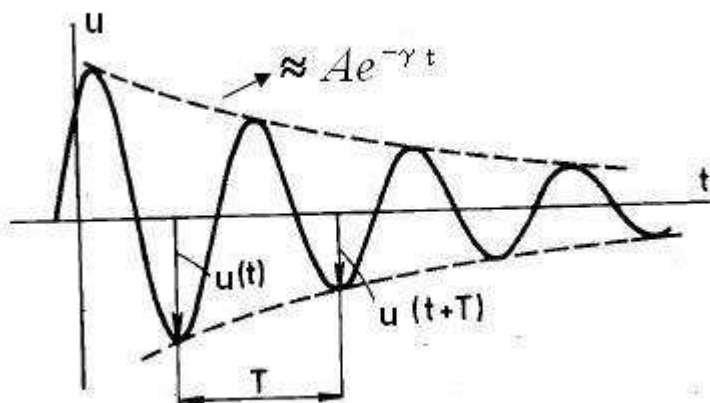
Po jednoduché úpravě ($k/m_0 = \omega_0^2$, $b/m = 2\gamma$) dostáváme tvar

$$\frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} + 2\gamma \frac{d\vec{u}}{dt} + \omega_0^2 \vec{u} = 0$$

Nově zavedenou konstantu γ nazýváme koeficientem tlumení. V případě malého tlumení ($\gamma < \omega_0$) se jedná o tlumené oscilace s malým útlumem. Oscilátor koná periodický pohyb a jeho amplituda se postupně zmenšuje. Pro případ malého tlumení má diferenciální rovnice řešení

$$u = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi)$$

kde $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$ je úhlová frekvence tlumeného oscilátoru.



Obr. 5.4 Průběh amplitudy tlumeného harmonického oscilátoru v čase, převzato z [4]

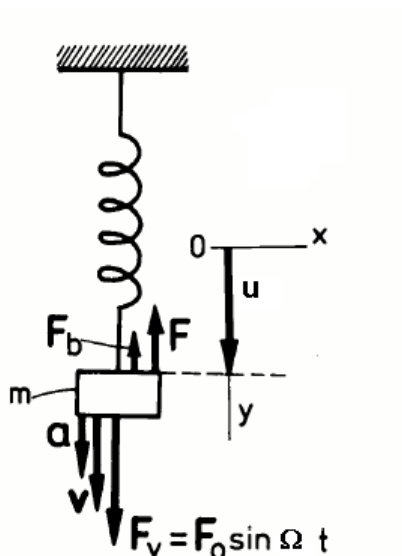
Doba kmitu tlumeného oscilátoru je větší než u netlumeného

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}} > T_0$$

5.1.3 Nucené kmity harmonického oscilátoru

Významným případem kmitavého pohybu je tzv. vynucené kmitání. Reálný oscilátor přestane po určité době kmitat, protože působením brzdící síly se jeho pohyb zastaví. Abychom oscilátor udrželi v kmitavém pohybu, musíme mu ztracenou energii zpátky dodávat.

Vnější síla, prostřednictvím které dodáváme oscilátoru ztracenou energii, nutí těleso kmitat s obecně jiným kmitočtem, než je kmitočet vlastních kmitů. Jestliže se však oba kmitočty k sobě přibližují, vzniká důležitý jev, který nazýváme rezonance.



Obr. 5.5 Nucený harmonický oscilátor (převzato z [4])

Představme si, že na závaží na pružině působí časově proměnná síla. Tato vynucující síla bude periodická a vyjádříme ji vztahem

$$\vec{F}_v = \vec{F}_0 \cos \Omega t$$

F_0 je amplituda budící síly, Ω je úhlová frekvence budící síly, která se dá měnit v širokém spektru. Pohybová rovnice pro tento případ bude mít tvar

$$m_0 \frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} = -k \vec{u} - b \frac{d \vec{u}}{dt} + \vec{F}_0 \cos \Omega t$$

Po obdobné úpravě jako v předchozích případech dostáváme následující tvar

$$\frac{d^2 \vec{u}}{dt^2} + 2\gamma \frac{d \vec{u}}{dt} + \omega_0^2 \vec{u} = \frac{\vec{F}_0}{m_0} \cos \Omega t$$

Tato diferenciální rovnice druhého řádu má řešení

$$u = A_V \cos(\Omega t - \phi)$$

kde A_V a ϕ_V jsou amplituda a počáteční fáze vynucených kmitů. Pro amplitudu vynucených kmitů A_V platí

$$A_V = \frac{\frac{F_0}{m_0}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\gamma^2 \Omega^2}}$$

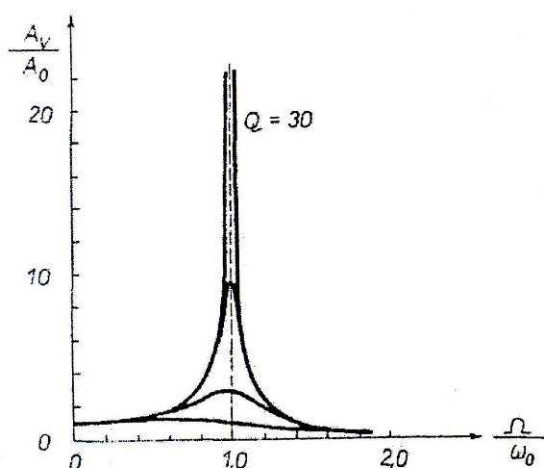
a pro fázový rozdíl ϕ mezi výchylkou nucených kmitů a budící silou platí

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{2 \gamma \Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

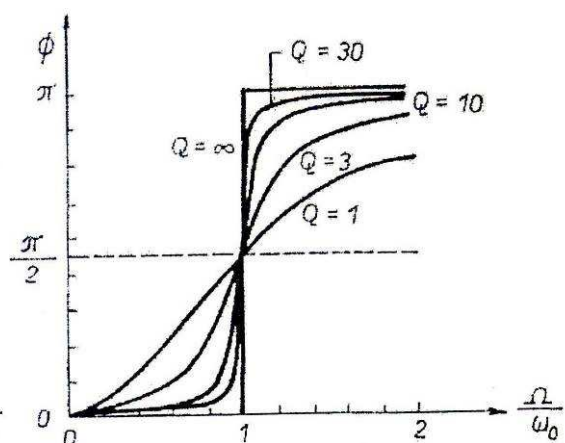
Konečný vztah pro okamžitou výchylku nucených kmitů má tvar

$$u = \frac{\frac{F_0}{m_0}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\gamma^2 \Omega^2}} \cos(\Omega t - \phi)$$

Amplituda i frekvence nucených kmitů významně závisí na frekvenci budící síly. Nejvíce se to projeví u frekvencí Ω blízkých frekvenci volných netlumených kmitů oscilátoru ω_0 . V této oblasti dochází k maximální amplitudě nuceného oscilátoru, nastává rezonance budící síly s volnými kmity oscilátoru.



Obr. 5.6 Křivky amplitudové rezonance pro různé hodnoty činitele jakosti (převzato z [2])



Obr. 5.7 Závislost fázového rozdílu nucených kmitů na frekvenci budící síly Ω při amplitudové rezonanci. (převzato z [2])

Z grafu na obr. 5.6 vyplývá řada zajímavých poznatků. Předně je zřejmé, že amplituda vynucených kmitů A_v je funkcí frekvence vynucující síly Ω , přičemž maximum amplitudy nastává pro tzv. rezonanční frekvenci.

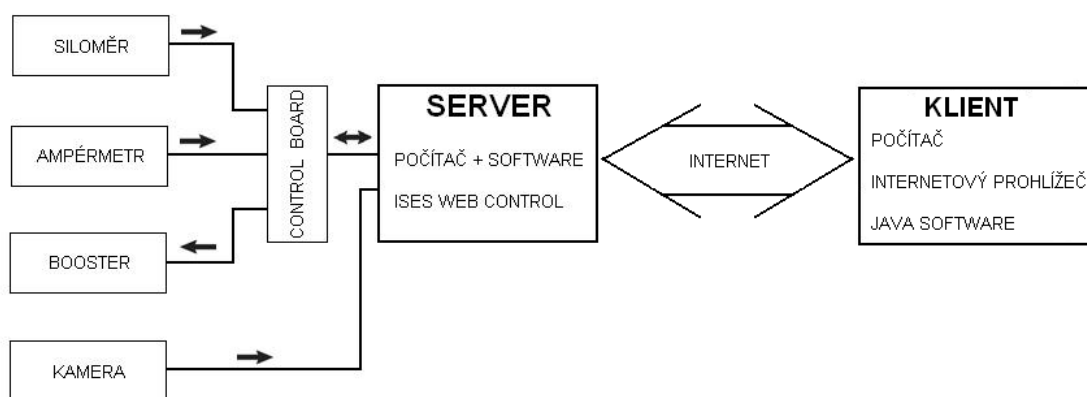
$$\Omega_{R_A} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\gamma^2}$$

Také fáze ϕ vynucených kmitů (neboli fázový posuv mezi vynucující silou F_v a výchylkou u vynucených kmitů) je závislá na frekvenci vynucující síly Ω a při rezonanci je rovna $\phi = -\pi/2$. Této závislosti využijeme i pro měření přenesené energie do oscilátoru. Tento jev je v přírodě a technice velmi důležitý, protože umožňuje selektivní přenos energie mezi vysílačem a oscilátorem jen v určitém intervalu frekvencí. To je na příklad základ selektivního přenosu telekomunikačních signálů nebo rovněž absorpce určitých intervalů vlnových délek záření od Slunce určitými molekulami, které by jinak dopadlo na zemský povrch.

5.2 Experiment “Nucené kmity“

Experiment je navržen a provozován jako dálkově řízený 24 hodin denně. Uživatel pouze zadá webovou adresu přímo do webového prohlížeče, po načtení webové stránky se zpřístupní ovládání experimentu a také živý obraz ovládaného oscilátoru. Je nutno mít v počítači nainstalovanou Javu, která je podmínkou pro spuštění appletů vytvořených v tomto programovacím jazyce.

Blokové schéma experimentu “Nucené kmity“

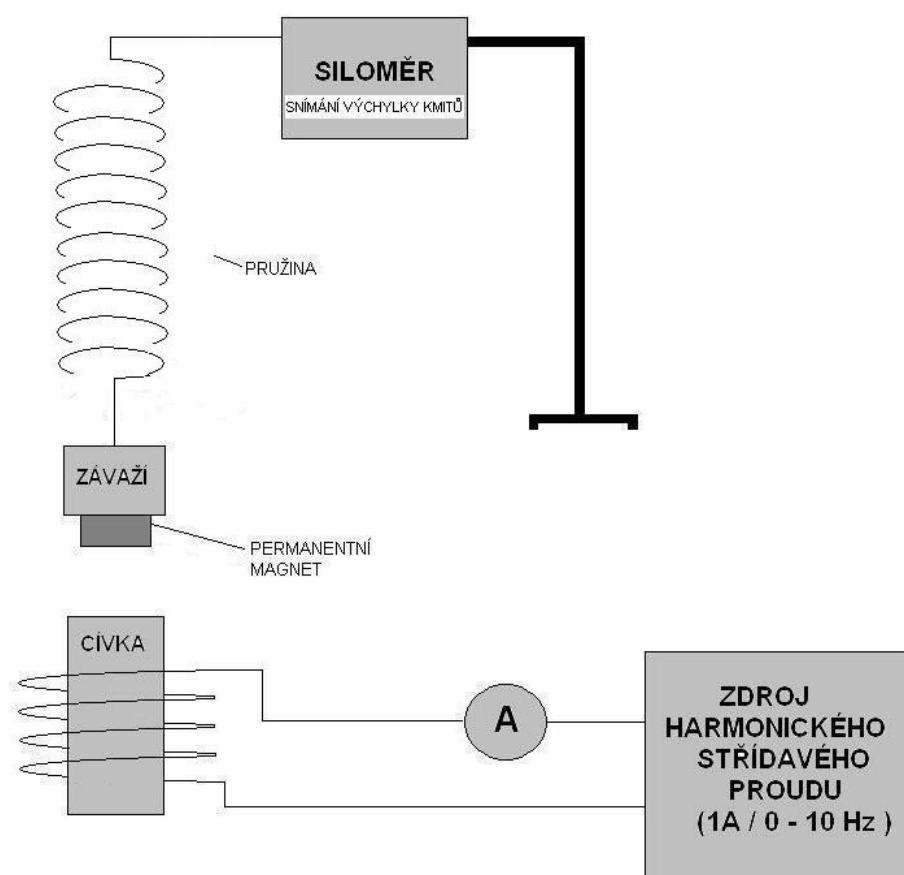


Obr. 5.8 Blokové schéma experimentu “Nucené kmity“ na katedře fyziky PdF MU.

Námět experimentu “Nucené kmity“ byl převzat z experimentu “Vlastní a vynucené kmity“, který provozuje katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha. Došlo u ní však k jistému zjednodušení a drobnému vylepšení. Zjednodušení má za následek použití pouze modulu proudový booster a vhodnější budící cívky s vyšším počtem závitů, místo řízeného zdroje s možností dosažení většího výstupního proudu a 2 cívky s nižším počtem závitů. Jako stabilizační a tlumící prvek sestavy oscilátoru byl použit tuhý papírový kvádr bez spodní podstavy. Tato součást je připevněna k další součásti oscilátoru, kovovému závaží válcového tvaru, pomocí feritového permanentního magnetu. Toto konstrukční řešení má za následek možnost buzení celého oscilátoru oběma směry jeho pohybu. Původní experiment se budí pouze při pohybu oscilátoru směrem dolů, při interakci magnetické síly vytvořené průchodem elektrického proudu cívkou a závažím z feromagnetického materiálu. U inovovaného

řešení s permanentním magnetem dochází k interakci magnetického pole permanentního magnetu s proměnným magnetickým polem budící cívky, vytvořeným průchodem střídavého sinusového proudu.

5.2.1 Sestava experimentu „Nucené kmity“, použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě



Obr. 5.9 Sestava experimentu „Nucené kmity“ na katedře fyziky PdF MU.

Návrh a konstrukce experimentu nucené kmity patří mezi ty jednodušší. Neklade velké nároky na hardware. Tento experiment je schopen sestavit kdokoliv z běžně dostupných komponent. Seznam součástí, ze kterých je tento dálkově řízený experiment sestaven, konkrétně v konfiguraci na katedře fyziky PdF MU, následuje dále.

a) Součásti systému ISES

- souprava ISES PRO ISA
 - měřicí karta AX 5411 (ISA)
 - Control Board ISES professional
- modul siloměr (vstupní kanál A)
- modul ampérmetr (vstupní kanál B)
- modul proudový booster (výstupní kanál E)

b) Hardware

- počítač – Intel Pentium 3 - 1000 Mhz, 128 MB RAM
- USB webová kamera Genius Slim 320

c) Software

- Windows 98SE
- ISES Web Control
 - Measure Server
 - HTTPRelay Server
 - Image Server
- Apache Web Server

d) Ostatní konstrukční prvky

- pružina
- kovová závaží 100g a 50g (feromagnetická)
- permanentní magnet
- papírový stabilizační a tlumící prvek oscilátoru (papírový kvádr upevněný ke kovovému závaží permanentním magnetem)
- tuhý stojan na siloměr
- cívka s jádrem 1200 závitů
- propojovací vodiče
- symetrický zdroj stejnosměrného napětí 2 * 12V / 1A

Klíčovým elementem celého experimentu je vhodně zvolená kombinace pružiny a závaží. Právě tato kombinace určuje frekvenci vlastních kmitů tohoto

systemu. Jako nejvhodnější se jeví volba, která vede k frekvenci v okolí 1Hz. Při této frekvenci lidské oko bez potíží dokáže sledovat změnu polohy oscilátoru při vykovávání kmitavého pohybu. V našem experimentu používáme následující kombinaci.

	hmotnost [g]
závaží 50g	50,0
závaží 100g	100,0
magnet	26,5
stabilizační prvek	36,2
celková hmotnost	212,7

Tab. 5.1 Hmotnost jednotlivých elementů oscilátoru

Vlastnost pružiny můžeme charakterizovat konstantou nazývanou tuhost pružiny k . Orientačně se dá tato konstanta zjistit provedením jednoduchého měření. Na jednostranně upevněnou pružinu působíme silou a sledujeme velikost protažení. Z veličiny síla a délky protažení lze vypočítat tuhost pružiny. V tomto případě na upevněnou pružinu budeme zavěšovat 50 gramová závaží a měříme velikost jejího protažení.

m [g]	y [mm]
50	43
100	86
150	129

Tab. 5.2 Naměřené hodnoty protažení pružiny při určování orientační hodnoty tuhosti pružiny statickou metodou

Z naměřených hodnot vypočítáme tuhost pružiny podle vzorce $k = \frac{m \cdot g}{\Delta y}$ (statická metoda), k - tuhost pružiny, m - hmotnost závaží zavěšených na pružině, Δy protažení pružiny

$$k = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{43 \cdot 10^{-3}} \text{ N m}^{-1}$$

$$\underline{\underline{k = 11,4 \text{ N m}^{-1}}}$$

Náš oscilátor vykazuje tedy parametry hmotnost $m = 212,7 \text{ g}$ a tuhost pružiny je přibližně $11,4 \text{ N m}^{-1}$. Z těchto parametrů můžeme určit orientační hodnotu frekvence vlastních kmitů námi navrhovaného oscilátoru.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f = \frac{\sqrt{\frac{k}{m}}}{2\pi}$$

$$f = \frac{\sqrt{\frac{11,4}{0,2127}}}{2\pi} \text{ Hz}$$

$$\underline{\underline{f = 1,17 \text{ Hz}}}$$

Vypočítali jsme frekvenci, se kterou nám bude sestavený oscilátor kmitat. Hodnota je pro náš experiment plně vyhovující, $1,17 \text{ Hz}$ se od námi přibližně požadované hodnoty 1 Hz příliš neliší. Pokud by byla frekvence vyšší než požadovaná, musíme zvýšit hmotnost závaží oscilátoru, popřípadě použít jinou pružinu.

Aby bylo možno oscilátor, který je v klidu na dálku rozkmitat, musíme mu nějakým způsobem dodat energii. U nás je to provedeno prostřednictvím magnetického pole budící cívky, která se nachází ve vertikální ose pohybu pod oscilátorem. Přivedeme-li do cívky elektrický proud, vytvoří se nám v jejím okolí magnetické pole. Pro orientaci magnetického pole použijeme pravidlo pravé ruky pro určení severního pólu cívky, kterou protéká elektrický proud. Uchopíme-li cívku do pravé ruky tak, že ohnuté prsty ukazují směr proudu v závitech, je severní pól cívky ve směru palce napjatého rovnoběžně s podélnou osou cívky. Toto vytvořené magnetické pole cívky nám interaguje s magnetickým polem permanentního magnetu umístěného ve spodní části oscilátoru. Touto interakcí dodáváme oscilátoru energii. Cívka je napájena střídavým proudem, tedy i směr magnetického pole se bude měnit. V konečném důsledku to má za následek přitahování a odpuzování oscilátoru, což při vhodně navolené frekvenci, blízké frekvenci vlastních kmitů oscilátoru, způsobí rozkmitání systému. Zdrojem střídavého elektrického proudu pro budící cívku je modul systému ISES proudový booster v kombinaci se symetrickým napájecím

zdrojem, který vyžaduje pro svoji funkci tento modul. Velikost intenzity magnetického pole cívky je úměrná proudu protékající cívku, proto ji snímáme modulem systému ISES ampérmetr. Modul můžeme doplnit o vhodný bočník, který nám umožní změnu rozsahu ampérmetru, pokud nám jmenovité rozsahy nevyhovují, nebo proud protékající cívku je vyšší než 0,5 A, což je maximální rozsah modulu při měření střídavého proudu.

Snímání výchylky oscilátoru je prováděno modulem systému ISES siloměr.

Vycházíme ze vztahu pro harmonickou sílu $\vec{F} = -k \vec{x}$, kdy je harmonická síla F úměrná okamžité výchylce oscilátoru x , konstantou úměrnosti je k , tuhost pružiny. Tedy neměříme výchylku přímo, ale její hodnotu zjišťujeme nepřímou metodou prostřednictvím harmonické síly. Modul siloměr je vhodné mít upnutý ve stabilním stojanu, čímž se vyhneme pohybu oscilátoru mimo svislou osu při vyšších výchylkách.

Pokud máme mechanickou konstrukci hotovou, tak musíme vytvořit software, který se nám bude starat o obsluhu našeho experimentu. Základ tvoří softwarová stavebnice Ises Web Control. Vhodně upravíme a nakonfigurujeme již předpřipravené Java applety, které se vkládají do webové stránky experimentu, prostřednictvím kterých celý pokus řídíme a sledujeme měřené hodnoty a průběhy naměřených křivek. Konkrétní zdrojový kód ovládacího rozhraní našeho experimentu je čitelný v režimu “zobrazení zdrojového kódu“ ve webovém prohlížeči.

5.3 Měření on-line experimentu “Nucené kmity“

Mechanický oscilátor

GENERÁTOR

OSVĚTLENÍ

FREKVENCE A JEJÍ NASTAVENÍ
 1.116 Hz

KAMERA

PRŮBĚH KŘIVEK
 zelená - výchylka oscilátoru
 modrá - frekvence budící síly
 Zapnuto

PRŮBĚH KŘIVEK JEDNOTLIVĚ + ZÁZNAM HODNOT

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ EXPERIMENTU
 Experiment v pořadí: **2** Pomocnat číslo experimentu

VÝBĚR DAT (GRAFŮ) PRO ULOŽENÍ

1. VELIČINA - GRAF
 $F = \text{mN}$

2. VELIČINA - GRAF
 $\eta = \text{A}$

[Zpět na úvodní stránku](#)

Obr. 5.10 Webové rozhraní pokusu nucené kmity

Teď se již podíváme, jak se tato úloha jeví uživateli a jaké možnosti ukrývá. Stačí do webového prohlížeče zadat adresu <http://ises.tym.cz/>, kde se nachází rozcestník ke všem našim dálkově řízeným pokusům. Připomínám, že je potřeba mít nainstalovanou Javu v počítači. Vybereme ze seznamu naši úlohu a v nabídce experimentu zvolíme spustit úlohu.

V této úloze se uživatel přenesení do experimentálního prostředí, v němž má možnost sledovat kmity mechanického oscilátoru v závislosti na frekvenci kmitů budící síly. Má možnost sledovat útlum tlumeného oscilátoru, ukládat naměřená data a exportovat je k dalšímu zpracování. Pohyb oscilátoru a průběh budící síly je zobrazován v grafu v závislosti na čase. Celý experiment může uživatel sledovat v přímém přenosu prostřednictvím webové kamery snímající celé dálkově řízené pracoviště.

Možnosti řízení úlohy

- zapínání a vypínání budící síly
- změna frekvence budící síly

Možnosti sledování

- amplituda mechanického oscilátoru
- frekvence mechanického oscilátoru
- časový průběh mechanického oscilátoru
- amplituda budící síly
- frekvence budící síly
- časový průběh budící síly

Možnosti výstupu úlohy

- měření rezonanční křivky, závislost amplitudy vynucených kmitů na frekvenci budící síly
- zjišťování rezonanční frekvence
- zjišťování koeficientu tlumení
- zjišťování vlastní frekvence tlumeného oscilátoru
- měření tuhosti pružiny za předpokladu známé hmotnosti oscilátoru

Experiment je vybaven funkcí záznamu a exportu dat. Tato funkce velice urychluje měření a zpracování naměřených hodnot. Vzorkovací frekvence záznamu je zvolena 100 Hz, to znamená, že za 1 sekundu server naměří a uloží 100 hodnot. Záznam dat se spouští kliknutím na tlačítko zahájit záznam dat a ukončuje tlačítkem ukončení záznamu dat. Každý záznam dostane přidělené pořadové číslo pro přesnou identifikaci. Po ukončení záznamu se zaznamenaný úsek dat zobrazí v menších oknech pro rychlý náhled naměřených hodnot a dále je možno tato data exportovat, nejčastěji ve formátu vhodném pro vložení do tabulkového procesoru Microsoft Excel. Dříve naměřená data lze znovu vyvolat funkcí okna výběr dat pro uložení. U každého záznamu je identifikační číslo, datum a čas kdy byl záznam pořízen a také IP adresa počítače ze kterého byl pokus řízen a proveden příkaz pro záznam dat. Tato data pomohou identifikovat záznam uživatele. Data jsou na serveru uložena, dokud nedojde k jeho restartu, je tedy vhodné si naměřené data ihned exportovat do formátu MS Excel a uložit.

Možnost řízení u této úlohy má uživatel jen změnou budící síly v rozmezí 0 – 3 Hz. Změna se provádí buď kliknutím na tlačítka pro hrubé nastavování (0 Hz, 0,5 Hz, 1Hz, 1,5 Hz, 2 Hz, 2,5 Hz, 3 Hz) a následné doladění frekvence pomocí posuvníku, buď tahem myši nebo poklikáním na koncové body. Aktuální nastavená frekvence budící síly je zobrazována v okně s přesností na 3 desetinná místa. Vypnutí budící síly se provede kliknutím na volbu frekvence 0 Hz. Průběhy budící síly a oscilátoru jsou zobrazovány v jednom grafu v závislosti na čase. Vzdálenost dvou červených dílků na ose x je časový úsek 1 sekunda. Stupnice na ose y je pouze pomocná. Zobrazované hodnoty jsou v podstatě okamžité hodnoty harmonické síly, kterou působí závaží na siloměr. Pro jistění délky se musí hodnoty z osy x vydělit tuhostí pružiny.

5.3.1 Měření rezonanční křivky

Při měření rezonanční křivky našeho mechanického oscilátoru budeme zjišťovat velikost amplitudy oscilátoru v závislosti na frekvenci budící síly. Rozsah

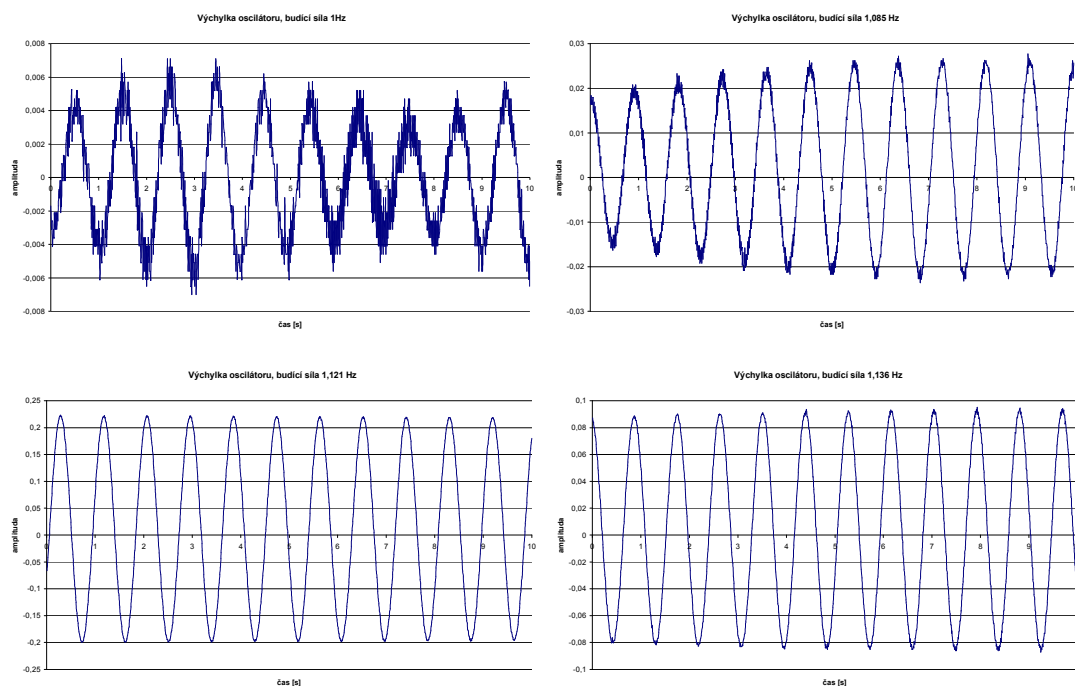
budící síly máme možnost měnit od 0 Hz až do 3 Hz. Budeme tedy postupovat tak, že pro každou nastavenou frekvenci necháme oscilátor rozkmitat a naměřené hodnoty amplitudy uložíme pomocí funkce záznamu dat. Připravíme si před měřením jednoduchou tabulku, která bude mít 2 sloupce. V prvním bude číslo měření a ve druhém frekvence budící síly. Do prvního sloupce vždy napíšeme číslo měření přidělené při pořizování záznamu dat a do druhého napíšeme frekvenci budící síly, pro kterou bylo měření prováděno. Toto nám usnadní identifikaci naměřených hodnot při exportu dat.

Začneme tedy od nuly. Oscilátor je v klidu, nevykazuje žádnou výchylku. Při následném zvyšování frekvence můžeme pozorovat, že se nám oscilátor začne nepatrně pohybovat. Pro každou nastavenou frekvenci provedeme záznam dat a kombinací číslo měření a nastavená frekvence si zapíšeme do naší předpřipravené tabulky. Takto postupujeme, až narazíme do míst proměřované rezonanční křivky, kdy je amplituda oscilátoru v maximu – dále už zase klesá. V tu chvíli již frekvenci nezvyšujeme, ale nastavíme 3 Hz a postupujeme obráceně, snižujeme frekvenci budící síly směrem k nule. Opět až znovu narazíme k maximu výchylky oscilátoru a amplituda se již nezvyšuje, pouze klesá. Tento postup se jeví jako metodicky vhodnější, eliminujeme tak ovlivňování měření způsobené například slabým tlumením oscilátoru. Vzhledem k množství zaznamenaných dat volíme vhodné nastavení frekvence budící síly!

Křivku máme proměřenou. Nyní provedeme export dat. V poli výběr dat pro uložení navolíme podle přiděleného čísla experimentu naměřená data pro navolenou frekvenci budící síly a zvolíme export dat do MS Excel. Data se nám otevrou v novém okně a my pomocí schránky data přepokopujeme do Excelu. Všechna data označíme pomocí klávesové kombinace Ctrl+A, následně vložíme do schránky kombinací kláves Ctrl+C. V Excelu stačí již jen data ze schránky vložit do prázdného listu a můžeme zpracovávat.

Můžeme si všimnout, že při rekonstrukci exportovaných dat na křivky průběhu není klidová poloha oscilátoru shodná s nulovou hodnotou na ose y. Toto není však žádný problém. Známe-li hodnotu na ose y při klidové poloze oscilátoru, při odečtení této hodnoty od naměřených hodnot se nám graf posune na pozici, se kterou jsme zvyklí

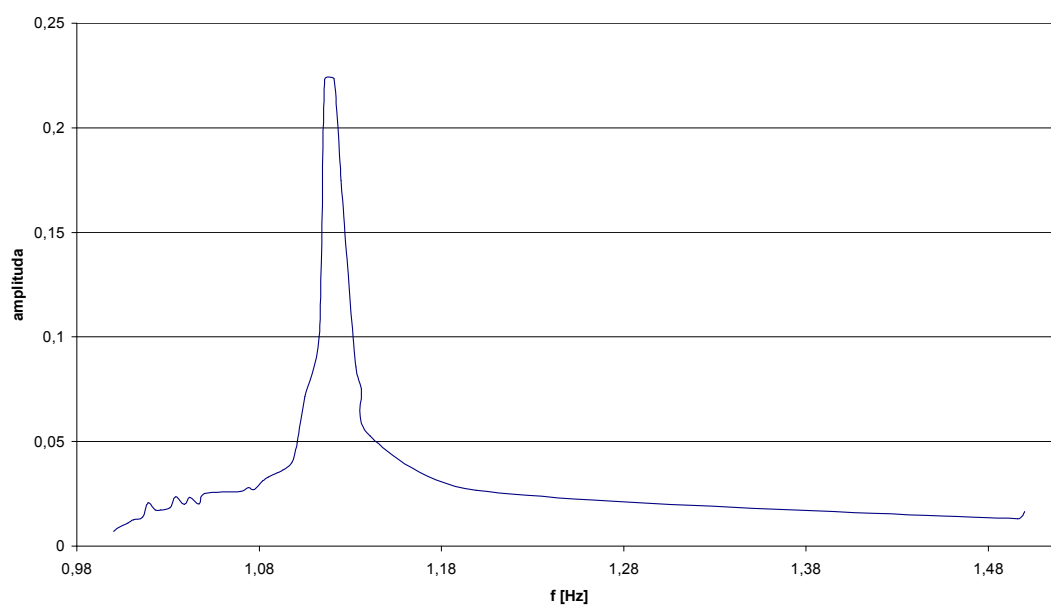
pracovat. Pro zjištění amplitudy námi naměřených hodnot použijeme funkci MAX a aplikujeme ji na všechny naměřené hodnoty průběhu. Hned známe amplitudu z naměřených hodnot. Tenhle postup musíme aplikovat na data z měření pro každou frekvenci budící síly. Výsledná rezonanční křivka bude závislostí amplitudy oscilátoru na frekvenci budící síly.



*pro zjištění skutečné výchylky oscilátoru musíme pomocné hodnoty na osy y vydělit tuhostí pružiny

Obr. 5.11 Průběhy výchylky oscilátoru při různých frekvencích budící síly

Rezonanční křivka mechanického oscilátoru

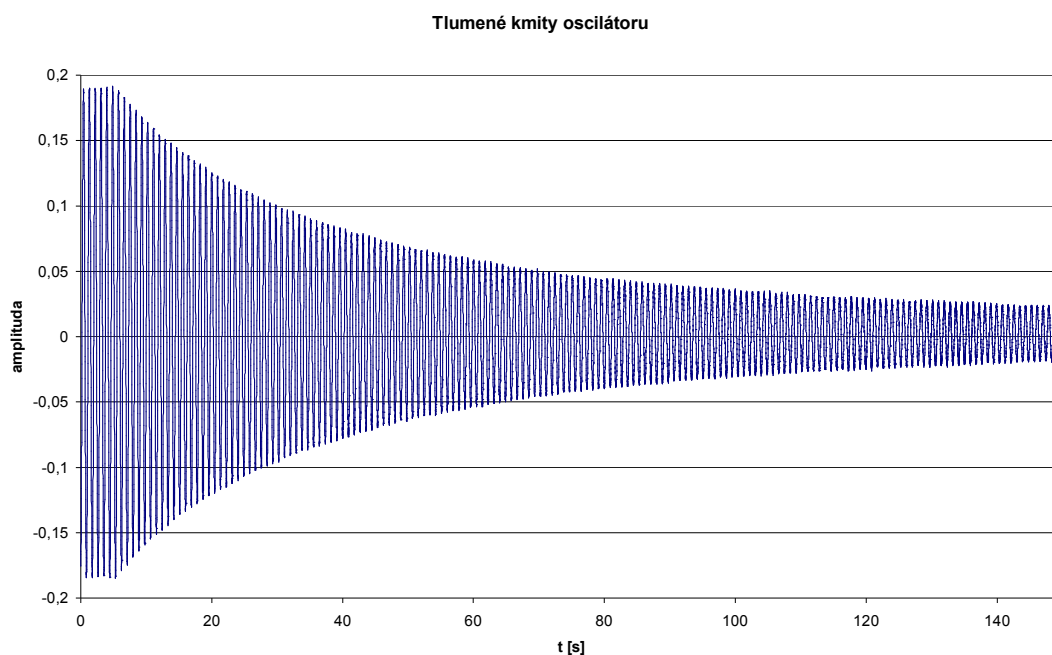


Obr. 5.12 Rezonanční křivka oscilátoru

Při pečlivém měření je možno dosáhnout celkem reprezentativních výsledků. Při velmi nízkých amplitudách oscilátoru je možno pozorovat poměrně veliké zkreslení průběhů, které je zapříčiněno konstrukcí siloměru, nezvládající tak veliký dynamický rozsah měřených hodnot.

5.3.2 Měření tlumených kmitů oscilátoru

Pro toto měření musíme nejprve rozkmitat oscilátor na co nejvyšší výchylku. Pokud jsme před tímto měřením prováděli proměřování rezonanční charakteristiky tak již víme, při jaké frekvenci budící síly se nám oscilátor rozkmitá na největší amplitudu.



Obr. 5.13 Průběh kmitů tlumeného oscilátoru

Naměřené hodnoty se dají dále zpracovávat po exportu do MS Excel. Aplikací funkcí tabulkového procesoru na naměřené hodnoty lze zjistit většinu parametrů tlumeného oscilátoru, které se ukrývají v naměřeném průběhu.

6 Meteorologická stanice

6.1 Fyzikální základ

Meteorologie je vědní obor zkoumající atmosférou. Studuje složení, stavbu, vlastnosti atmosféry a také jevy a děje, které v ní probíhají, například počasí. Meteorologie spadá do oboru fyziky, proto je často nazývána fyzika atmosféry. Poznatky z meteorologie jsou využívány v širokém spektru odvětví lidské činnosti, jako je například doprava, zemědělství a armáda.

Meteorologii můžeme rozdělit do několika tématických okruhů:

- složení a stavba atmosféry
- oběh tepla a tepelný režim v atmosféře a na zemském povrchu včetně radiačních procesů a různých mechanismů neradiační výměny mezi atmosférou a aktivním povrchem a v atmosféře samé
- oběh vody a její fázové změny v atmosféře v interakci se zemským povrchem
- atmosférické pohyby – všeobecnou cirkulaci atmosféry, její složky a místní cirkulace
- elektrické pole atmosféry
- optické a akustické jevy v atmosféře

Okamžitý stav atmosféry definujeme podle meteorologických prvků. Mezi ně patří:

- atmosférický tlak
- teplota
- vlhkost vzduchu
- rychlost větru
- směr větru

- srážky
- výpar
- oblačnost
- záření
- délka slunečního svitu
- výška a stav sněhové pokrývky
- aerosoly v ovzduší
- atmosférická elektřina
- radioaktivita

Abychom byli schopni měřit meteorologické prvky, musíme používat speciálně sestavenou měřicí techniku. Nás bude zajímat zejména měření teploty, měření tlaku a měření záření.

6.1.1 Měření teploty

K měření teploty se používá teploměr. Principy teploměrů jsou různé. Jeden z nejčastěji využívaných jevů je teplotní objemová roztažnost kapalných a plyných látek. Nejčastěji používanou kapalinou ve skleněných teploměrech je líh a rtuť. Rozsah měřených teplot je pak hlavně závislý na teplotě tání a teplotě varu použité kapaliny. Lihové teploměry mohou dosahovat rozsahu od -110°C do 70°C , rtuťové od -30°C do 300°C .

Dalším jevem využívaným k měření teploty je rozdílná teplotní roztažnost dvou různých kovů. Vytvoříme-li ze dvou vhodně zvolených kovů bimetalový pásek, kde jsou pásy rozdílných kovů připevněny těsně vedle sebe (např. nýtováním), pak při změně teploty dojde k ohybové deformaci, která je úměrná velikosti teploty. Velikost ohybu můžeme snímat a přenášet na teplotní stupnici.



Obr. 6.1 Bimetalový pásek, kov na dolní části má větší teplotní roztažnost

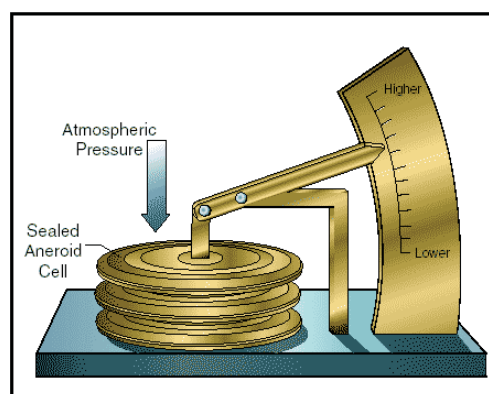
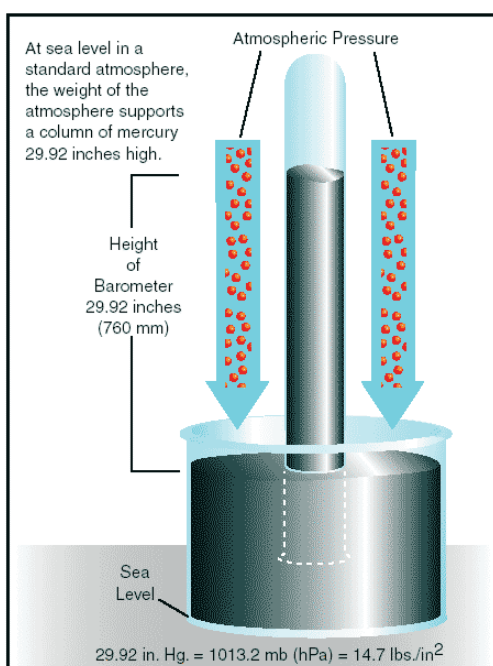
Další velikou skupinu tvoří teploměry elektrické a elektronické. Zde se využívá princip změny elektrického odporu v závislosti na teplotě vodiče, nebo častěji závislost vodivosti polovodiče na teplotě. Mechanismus vedení je u vodičů a polovodičů ale odlišný. Vedení elektrického proudu ve vodičích zajišťují valenční elektrony, které jsou jen slabě vázány k jádru atomu. Se vzrůstající teplotou začnou atomy kmitat s větší amplitudou, čímž více znesnadní průchod elektronů a tím se zvýší elektrický odpor vodiče. U polovodičů je tomu však jinak. Při teplotě absolutní nuly jsou všechny elektrony pevně vázány ke svým jádrům a polovodič nevede elektrický proud, chová se jako izolant. Elektronům je třeba dodat energii k tomu, aby se tepelně rozkmitaly a mohly se uvolnit z některé z kovalentních vazeb a přeskočit přes zakázaný pás do pásu vodivostního a účastnit se vedení proudu. Touto energií může být energie elektromagnetického pole, energie tepelná nebo energie záření. S rostoucí teplotou tedy bude koncentrace nosičů náboje růst a elektrický odpor polovodiče se bude snižovat. Zatímco se tento jev snažíme u klasických polovodičových součástek potlačit, u polovodičových teplotních senzorů se ho naopak snažíme vhodnou technologií a složením zvýraznit.

6.1.2 Měření atmosférického tlaku

Atmosférický (barometrický) tlak je způsoben tíhou vzduchového sloupce. Nejvyšší atmosférický tlak tedy můžeme naměřit v nulové nadmořské výšce, tj. u hladiny oceánu. S rostoucí nadmořskou výškou atmosférický tlak klesá. Atmosférický tlak na témže místě na zemi však není stálý, ale kolísá. V meteorologii se měří atmosférický tlak pomocí rtuťových tlakoměrů a aneroidů.

Princip rtuťového tlakoměru vychází z Torricelliho pokusu. Rtuťový tlakoměr se skládá ze skleněné trubice po okraj naplněné rtuťí, která je ve své horní části uzavřená. Dolní část je ponořena do nádoby se rtuťí. Na hladinu rtuťi v nádobě působí atmosférická tlaková síla, sloupec rtuťi v trubici působí hydrostatickou tlakovou silou proti ní. Z výšky rtuťového sloupce v trubici poté jednoduše určíme hodnotu atmosférického tlaku.

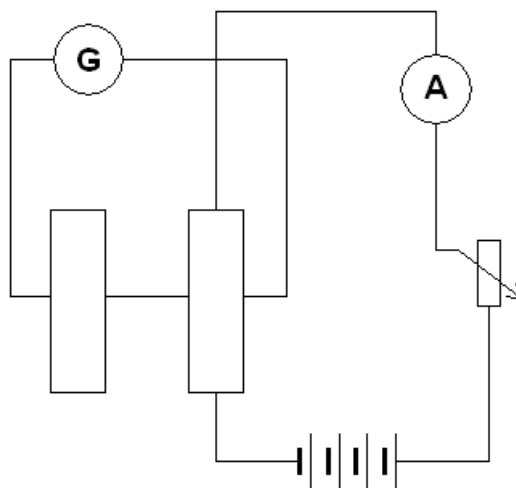
Aneroid k měření nepotřebuje rtuť, je tedy z jistého hlediska bezpečnější a práce s ním je jednodušší. Snímacím prvkem je kovový vlnovec, ze kterého je vyčerpán vzduch. Působením atmosférického tlaku se vlnovec více či méně deformuje a tento pohyb je přenášen mechanicky na stupnici, kde se dá odečítat aktuální hodnota.



Obr. 6.2 Princip rtuťového tlakoměru a aneroidu (převzato z [5])

6.1.3 Měření slunečního záření

K měření přímého slunečního záření se používá v meteorologii přístroj pyrhelimetr. Pyrhelimetr měří množství energie vyzářené sluncem za určitý čas. Ångströmův kompenzační pyrhelimetr tvoří tubus, na jehož dně jsou uloženy dva od sebe tepelně izolované manganinové proužky, které jsou začerněny platinovou černí. Jeden proužek je zastíněn, druhý proužek je zahříván Sluncem. Abychom určili, jakou energii po dobu ozařování nezastíněný proužek absorbuje, kompenzujeme teplotu zastíněného proužku teplem, které vzniká průchodem elektrického proudu přes jeho hmotu. Pomocí galvanometru a termočláнку, jehož kontakty jsou připojeny ze spodní strany manganinových proužků, zjistíme, kdy jsou proužky tepelně v rovnováze. Výchylka galvanometru je v tu chvíli nulová. Energie absorbovaná nezastíněným proužkem je rovna druhé mocnině kompenzačního proudu, který prochází proužkem zastíněným.

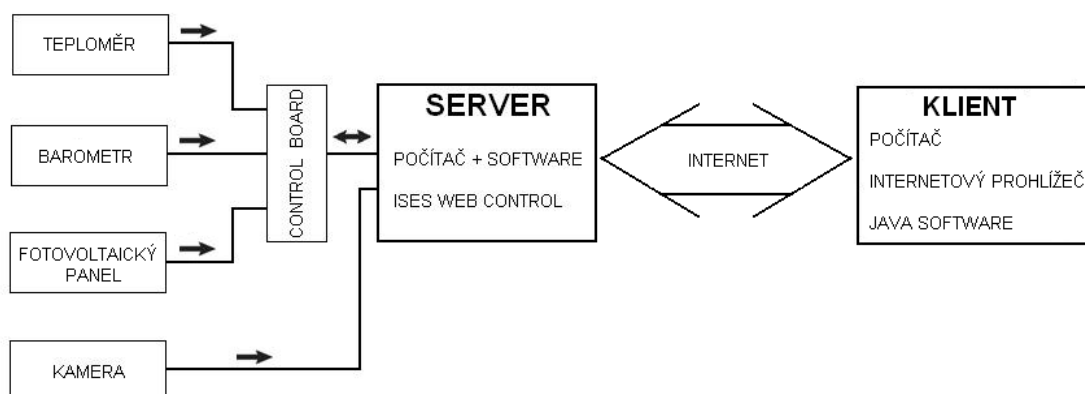


Obr. 6.2 Princip funkce Ångströмова kompenzačního pyrhelimetru

6.2 Experiment meteorologická stanice

Experiment meteorologická stanice je názornou ukázkou experimentu typu remote sensing. V naší meteorologické stanici na katedře fyziky PdF MU v Brně sledujeme průběh teploty, atmosférického tlaku a slunečního záření. Měření probíhá 24 hodin denně a naměřené hodnoty jsou volně přístupné pro každého uživatele prostřednictvím tohoto experimentu. Oficiální měření bylo zahájeno 1. 1. 2009. Uživatel pouze zadá webovou adresu přímo do webového prohlížeče, po načtení webové stránky se zobrazí aktuální stav měřených veličin a také průběh za posledních 7 dní. Frekvence snímání měřených hodnot je 1 minuta. Je nutno mít v počítači nainstalovanou Javu, která je podmínkou pro spuštění appletů vytvořených v tomto programovacím jazyce.

Blokové schéma experimentu Meteorologická stanice



Obr. 6.3 Blokové schéma experimentu “Meteorologická stanice” na katedře fyziky PdF MU.

Námět experimentu “Meteorologická stanice” byl převzat z experimentu, který provozuje katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha. Nezůstal však bez úpravy. Hlavní změnou je odlišné snímání slunečního záření. Místo fotometru z optické závory u nás používáme fotovoltaický panel, který je ve všech ohledech vhodnější. Modul teploměr a fotovoltaický panel je umístěn pouze venku za oknem budovy, modul barometr je uvnitř. Zejména umístění teploměru není příliš vhodné. Při přímém slunečním

osvětlení začne teploměr absorbovat vyzářené teplo od okolních těles a měření teploty vzduchu je tím velice ovlivněno.

6.2.1 Sestava experimentu “Meteorologická stanice“, použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě

Experiment svojí konstrukcí není vůbec náročný. Využívá běžný modul teploměr a zakázkově vyrobený modul barometr. Pro měření slunečního záření je použit fotovoltaický panel. Panel je připojen do svorek analogového vstupu, jsou využívány tedy jen 2 vstupní kanály pro připojení modulů. Je tedy velmi pravděpodobné a technicky možné při použití vhodných snímačů rozšířit snímání o další meteorologické prvky.

Konfigurace experimentu meteorologická stanice na katedře fyziky PdF MU v Brně:

a) Součásti systému ISES

- souprava ISES BASIC
 - měřicí karta 12BIT AD/DA CARD
 - Control Board ISES - 1
- modul teploměr
- zakázkový modul barometr

b) Hardware

- počítač – Intel Celeron - 433@480 Mhz, 128 MB RAM
- USB webová kamera Logitech QuickCam Pro 3000

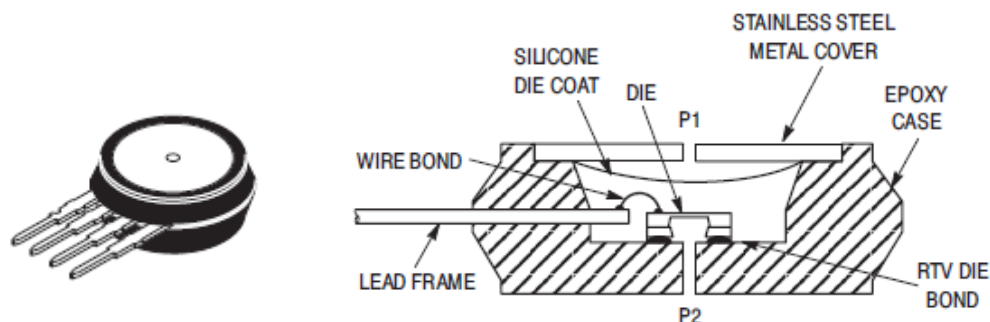
c) Software

- Windows 98SE
- ISES Web Control
 - Measure Server
 - HTTPRelay Server
 - Image Server
- Apache Web Server

d) Ostatní konstrukční prvky

- fotovoltaický panel Solartec SMP 3-350

vhodný pro dálkový přenos, který požadujeme. Bezpečnost a možnost transportu takového snímače by také nebyla příliš příznivá. Lepším řešením je opět využití nějakého běžně vyráběného převodníku tlak-napětí.



Obr. 6.5 Snímač tlaku Motorola MPX 2050D, 0-50kPa (převzato z [7])

Jako zajímavým řešením se jeví použití snímače firmy Motorola MPX2050D, viz obr.6.5. Stačí jen připojit napájecí napětí a na výstupu snímače měříme napětí úměrné tlaku působícího na membránu snímače. Citlivost tohoto snímače je 0,8mV/kPa. Opět použijeme operační zesilovač pro přizpůsobení k měřicí kartě a elektronický snímač tlaku je možno použít pro on-line měření. Přesnost takového elektronického barometru jistě nebude dosahovat přesnosti barometru rtuťového, ale pro naše měření bude plně dostačující.

Měření záření je velmi obsáhlým tématem. Pomineme-li to a zaměříme-li se hned na možnost výběru snímacího prvku, tak se dostaneme k celkem rozmanitým možnostem. Veliká většina, ne-li všechny polovodičové optické snímače nám poskytují elektrický výstupní signál. Nejjednodušší cesta, ne však s velmi přesvědčivým výsledkem je použití modulu fotometr ze součásti optické závory. O mnoho lepší volba je použití fotodiody, avšak dostatečně kvalitní. Výběr, který se přímo nabízí k této aplikaci, je křemíková fotodioda pro viditelnou část světelného spektra. Při výběru tohoto prvku budeme tedy měřit přesněji intenzitu osvětlení. Běžně dostupná dioda tohoto typu je fotodioda BPW21 od výrobce Siemens. Podíváme se tedy na tuto fotodiodu trochu blíže.



Obr. 6.6 Fotodioda BPW21 (převzato z [8])

BPW21

- vhodná pro aplikace s vlnovou délkou 350nm – 820nm
- výstupní napětí přizpůsobeno citlivosti vnímání lidského oka

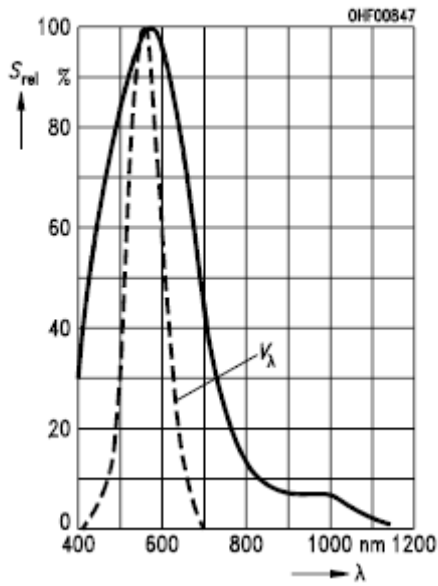
Aplikace :

- expozimetry denního světla
- expozimetry umělého osvětlení s vysokou teplotou chromatičnosti ve fotografii a analýze barev

Při osvětlení 1000 lx můžeme naměřit dle katalogových hodnot napětí v propustném směru 400mV a proud nakrátko 10 μ A. Za slunečného letního dne je pro představu osvětlení 100 000 lx.

Relative spectral sensitivity

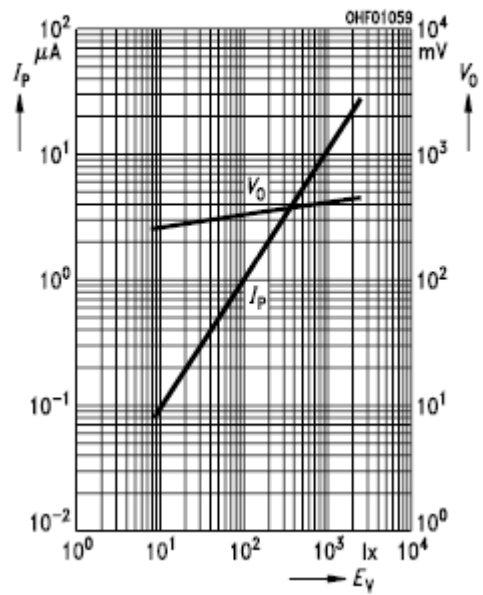
$$S_{rel} = f(\lambda)$$



Obr. 6.7 Relativní spektrální citlivost fotodiody BPW21 (převzato z [8])

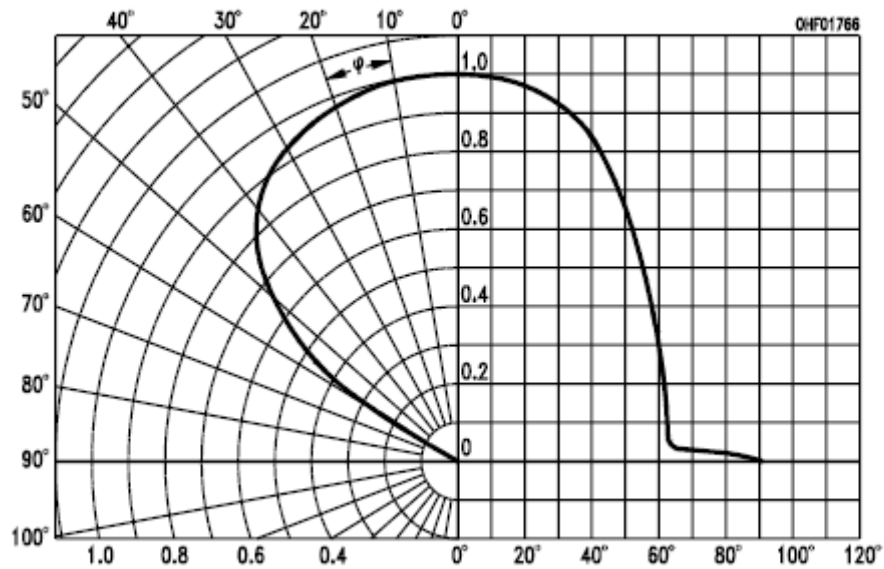
Photocurrent $I_P = f(E_V)$, $V_R = 5V$

Open-circuit voltage $V_O = f(E_V)$



Obr. 6.8 Fotoproud při závěrném napětí 5V a napětí v propustném směru v závislosti na intenzitě osvětlení (převzato z [8])

Directional characteristics $S_{rel} = f(\varphi)$



Obr. 6.9 Směrová charakteristika fotodiody BPW21 (převzato z [8])

Z charakteristiky na obr.6.8 plyne, že pro měření intenzity osvětlení je výhodnější měřit fotoproud při závěrném napětí 5V než napětí v propustném směru. Jeho změna je strmější s měnící se intenzitou osvětlení.

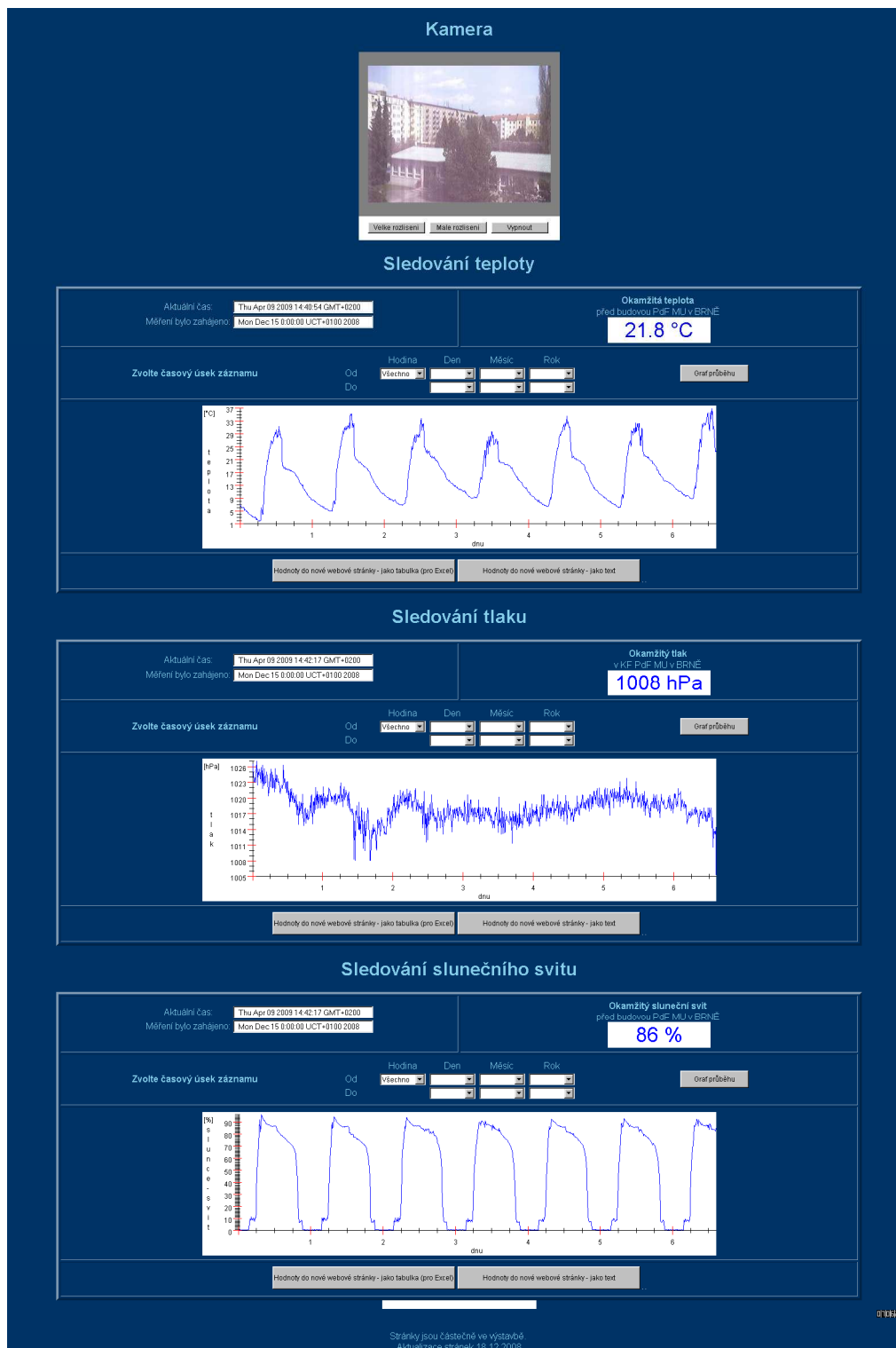
Ještě jednodušší než použití speciální fotodiody je použití vhodného fotovoltaického panelu. Nejvýhodnější je, kdyby při plné intenzitě osvětlení dával napětí naprázdno 5V. Jako vhodnou variantu můžeme zvolit panel od výrobce Solartec SMP 3-350.

Typ	Nominální napětí [V]	Optimální napětí [V]	Optimální proud [mA]	Optimální výkon [W]	Délka [mm]	Šířka [mm]	Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg]
SMP 3-350	3	3.9	340	1.3	129	125	8	0.2

Tab. 6.1 Parametry minipanelu Solartec SMP 3-350

Takto vybraný panel již nepotřebuje žádný doplněk a může se rovnou připojit na analogový vstup měřicí karty. Pouze se musí provést kalibrace v appletu, zajišťujícím čtení hodnoty z měřicího kanálu. Kalibraci provedeme pomocí luxmetru, pokud požadujeme měření v absolutních jednotkách. Pokud se spokojíme s relativním měřením intenzity osvětlení (0-100%), nepotřebujeme pro kalibraci luxmetr a v appletu nastavíme maximální hodnotu v poledne při jasném letním dni.

6.3 Měření on-line experimentu “Meteorologická stanice“



Obr. 6.10 Webové rozhraní experimentu meteorologická stanice

Většina možností naší meteorologické stanice je patrna z webového rozhraní obr. 6.10. Uživatel má možnost sledovat aktuální stav počasí před PdF MU v Brně. Prostřednictvím webové kamery sleduje dění před budovou. Dále je stránka rozdělena do třech oddílů pod sebou. První oddíl se věnuje teplotě, druhý atmosférickému tlaku a poslední třetí intenzitě osvětlení. Každý oddíl je dále rozčleněn do dalších menších pododdílů kde se nachází:

- aktuální čas
- datum zahájení měření daného meteorologického prvku
- aktuální stav měřené veličiny
- průběh naměřených hodnot za posledních 7 dní vykreslených v grafu

V dalším oddílu se nachází možnost výběru dat pro zobrazení. To znamená, že uživatel má možnost výběru naměřených hodnot kteréhokoliv dne a hodiny, nebo úseku ohraničeného vybranými dny. Všechny naměřené hodnoty se dají samozřejmě exportovat, buď do textového souboru, nebo do formátu umožňující vložení do aplikace MS Excel k dalšímu zpracování.

Možnosti sledování:

- aktuální teplota
- aktuální barometrický tlak
- aktuální intenzita osvětlení
- průběh teploty, tlaku a intenzity osvětlení za posledních 7 dní
- sledování průběhu měřených meteorologických prvků uživatelem v definovaném časovém rozmezí

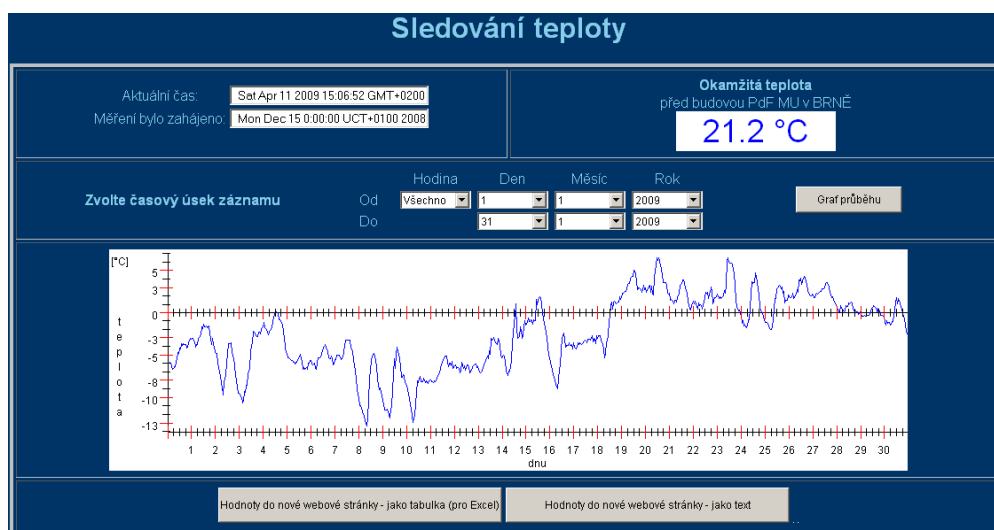
Možnosti výstupu úlohy

- průměrná teplota zadaného časového úseku
- nejvyšší, nejnižší teplota zadaného časového úseku
- délka dne
- počet slunných, zatažených dní (porovnávání intenzity osvětlení)
- korelace měřených veličin

Veškeré vyhodnocování se děje prostřednictvím exportu dat do MS Excel. MS Excel je vybaven řadou funkcí, které usnadní a zrychlí zpracovávání úloh. Z exportovaných dat lze znovu rekonstruovat průběhy měřených veličin.

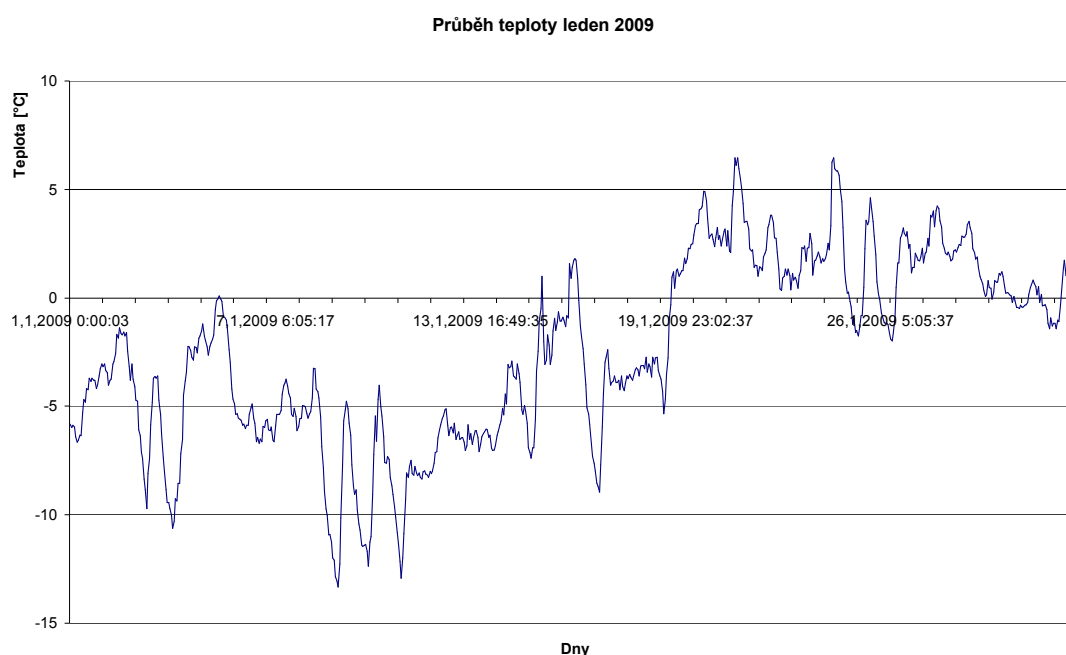
6.3.1 Zjišťování průměrné teploty, maximální a minimální hodnoty

Na této úloze si ukážeme, jak lze rychle a jednoduše zjistit průměrnou teplotu zadaného časového úseku. Zadáme do prohlížeče webovou adresu rozcestníku, <http://ises.tym.cz/> k vzdáleným experimentům a zvolíme úlohu meteorologická stanice. Z nabídky úlohy vybereme přímo spustit experiment. Načte se nám webová stránka meteorologické stanice s aktuálními hodnotami sledovaných meteorologických prvků a jejich průběh za posledních 7 dní. My však chceme zjistit průměrnou teplotu za měsíc leden. Z pole “ Zvolte časový úsek záznamu“ vybereme tedy v prvním řádku od 1.1.2009 a do druhého řádku vybereme z rozbalovacího seznamu 31.1.2009. Za okamžik se nám načtou do grafu hodnoty ze zvoleného časového úseku.



Obr. 6.11 Průběh teploty vzduchu před PdF MU v Brně v lednu 2009

Abychom mohli ale zpracovat tyto údaje, musíme zvolit funkci exportu kliknutím na možnost „Hodnoty do nové webové stránky – jako tabulka (pro Excel)“. Musíme mít také povolenou funkci vyskakovacích oken pro tento web, která bývá obvykle zablokována z důvodu ochrany před vyskakujícími reklamami na internetu. Označíme všechny hodnoty pomocí kláves Ctrl+A a prostřednictvím schránky (Ctrl+C) přeneseme okna do MS Excel (Ctrl+V).



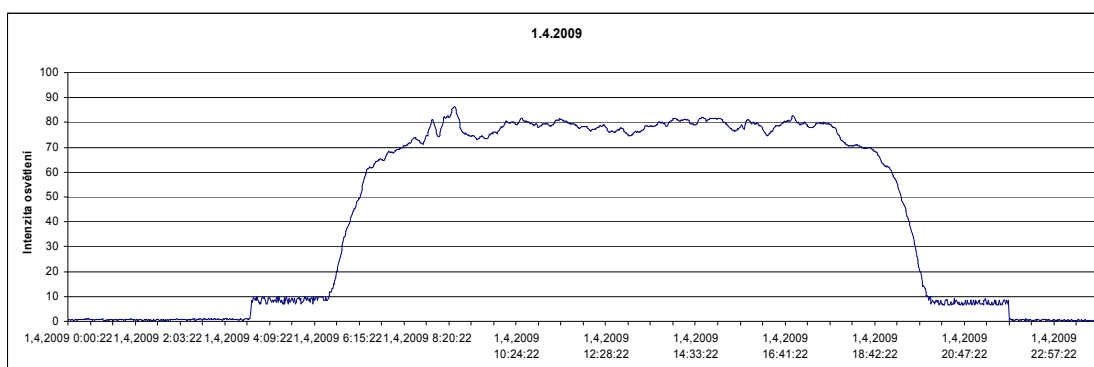
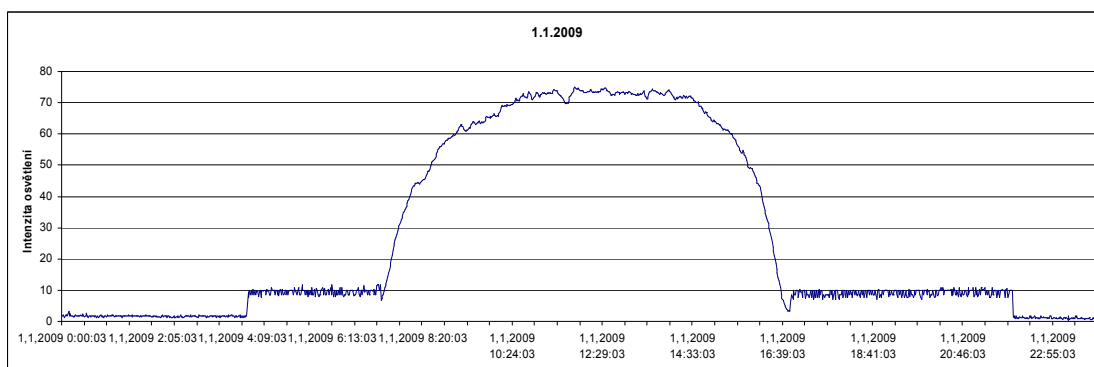
Obr. 6.12 průběh teploty leden 2009 po exportu do MS Excel

Teď již stačí na exportované naměřené hodnoty v Excelu použít funkci “PRŮMĚR” a ihned se dovíme, že průměrná teplota vzduchu za měsíc leden byla $-2,5^{\circ}\text{C}$. To vše bylo vypočítáno ze 739 naměřených hodnot během měsíce ledna 2009. Při exportu dat z takového dlouhého období dochází k redukci naměřených hodnot. Skutečných naměřených hodnot za měsíc leden bylo při záznamu jedné hodnoty za minutu 44640! Pracovat najednou ale s takovým množstvím dat je velice náročné. Pokud požadujeme práci se všemi naměřenými daty, stačí provést export po menších částech, například po jednotlivých dnech.

Zjišťování minimální a maximální hodnoty teploty za zvolený časový úsek bude stejným způsobem, ovšem použijeme funkce “MAX“ a “MIN“. Díky dálkově řízené úloze meteorologická stanice za okamžik zjistíme, že minimální teplota za měsíc leden byla $-13,3^{\circ}\text{C}$, maximální teplota $6,5^{\circ}\text{C}$ a průměrná teplota $-2,5^{\circ}\text{C}$.

6.3.2 Zjišťování délky dne

Pro zjištění délky dne použijeme záznam naměřených hodnot intenzity osvětlení v rámci jednoho dne. Výběr hodnot pro jeden den provedeme opět funkcí “zvolit časový úsek záznamu“ a náš požadovaný den vybereme v polích “Od“ i v poli “Do“(bude shodný). Opět se vykreslí požadovaný úsek hodnot a opět provedeme export dat do Excelu stejným způsobem, jako při zjišťování průměrné teploty.



*Jeden dílek na ose x je 0,5 hodiny, start měření 0:00 konec 24 : 00

Obr. 6.13 Průběh intenzity osvětlení ve dnech 1.1.2009 a 1.4.2009

Z grafů na obr. 6.13 pro první den v lednu a první den v dubnu lze na první pohled zjistit, který den svítilo slunce déle. To však není vše. Lze z nich vyčíst také čas zapínání a vypínání pouličního osvětlení, v tomto případě osvětlení na dvoře pedagogické fakulty MU v Brně. Všimněme si také rozdílné hodnoty nejnižšího hladiny osvětlení. Zatímco v dubnu klesá až na hodnotu téměř 0 % (0,05 %), tak v měsíci lednu pod 1% neklesne, spíše se drží ještě výše. Příčinu můžeme hledat v teplotní závislosti fotovoltaického článku, pomocí kterého intenzitu osvětlení měříme, ale skutečnost je trochu jiná. V měsíci lednu jsme měli v roce 2009 v Brně sníh, zatímco v dubnu již ne. Sníh sám ale nevyzařuje, pouze odrazil a tím zesílil světelné znečištění v noci, vzniklé od pouličního osvětlení a nočního osvětlení v domácnostech. Vidíme, že z obyčejného průběhu intenzity osvětlení se dá vyčíst mnoho věcí. Například podle jeho maximální hodnoty můžeme určit, zda byl slunečný den či zda bylo zataženo. Vraťme se ale zpátky k určení délky dne. Vidíme, že pouliční osvětlení způsobí na fotovoltaickém panelu naměřenou intenzitu 10% (venkovní lampa je ve vzdálenosti pár metrů). 10 % ale nikdy nepřesáhne, tedy si z pozorování určíme, že délku dne budeme počítat od doby, kdy intenzita osvětlení překročí 12 %. Nárůst je velice strmý i v zatažených dnech, rozdíl časů nebude činit ani 2 minuty, taková přesnost nám dostačuje. Popřípadě můžeme provést i korekci odečtením hodnoty skutečného východu slunce a časem, kdy to zaznamená panel ovlivněný parazitním pouličním osvětlením. Tato hodnota bude konstantou pro celý rok. Pomocí Excelu tedy najdeme interval časů, kdy intenzita osvětlení je vyšší než 12%. Provedeme to jednoduše pomocí podmíněného formátování, kdy si zadáme v dialogu podmínku ">12" a jako splnění této podmínky zvolíme například zvýraznění buňky červenou výplní.

Výsledky zjišťování délky dne:

Den	Východ slunce	Západ slunce	Délka dne
1.1.2009	7 : 31	16 : 33	9 hodin 2 minuty
1.4.2009	6 : 07	19 : 52	13 hodin 45 minut

I když se to na první pohled nezdá, použitelnost úlohy “Meteorologická stanice“ je velice rozmanitá. Navíc se zde nabízí možnost rozšíření a zdokonalení aktuálně používaných snímacích prvků. Zatím se používají pouze 3 snímací kanály z 8 možných. Další meteorologické prvky vhodné pro snímání on-line laboratoří budou v budoucnu následovat a budou to:

- vlhkost
- rychlost větru
- směr větru
- srážky
- aerosoly v ovzduší

Pro tato měření bude ale zapotřebí umístění čidel do meteorologické budky. I nynější umístění snímacích prvků je docela nevhodné, zejména umístění teploměru.

7 Fotovoltaický panel

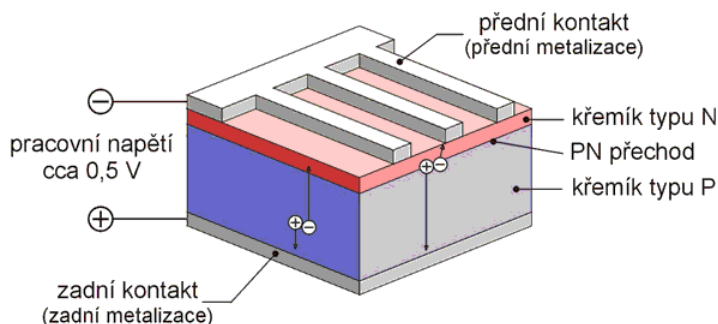
7.1 Fyzikální základ

Z hlediska trvale udržitelného rozvoje je výroba energie z obnovitelných zdrojů jednou z cest pro další vývoj. I malé zdroje alternativní energie s výkony jednotek až desítek kilowattu mají velký význam, zejména v místech se specifickými podmínkami a bez klasických rozvodů elektrické energie.

7.1.1 Přeměna sluneční energie na elektřinu

K přeměně energie ze slunce na energii elektrickou se používají fotovoltaické panely. Tento panel není nic jiného než veliký polovodičový přechod P-N vyrobený z křemíku či jiného materiálu. V polovodiči dochází k absorpci slunečního záření a následkem toho k vytváření nosičů elektrického proudu. Tyto nosiče proudu je pak nutno v polovodičové struktuře rozdělit pomocí vnitřního elektrického pole na přechodu P-N a poté dopravit ke kontaktům. Výsledkem tohoto fyzikálního procesu je elektrické napětí na svorkách slunečního článku. Napětí, které můžeme získat tímto procesem je přibližně 0,5 V až něco málo přes 1V. To, že nám článek dodává vyšší výstupní napětí je způsobeno sériovým řazením jednotlivých článků v panelu. Proud, který článek dodává je úměrný jeho ploše. Aby byla možno dodávat tuto vzniklou elektrickou energii do spotřební sítě, musíme stejnosměrné napětí z výstupu fotovoltaického panelu přeměnit na několikanásobně vyšší střídavé napětí, které se používá k distribuci v elektrické síti. O toto se starají speciální měniče elektrického proudu.

Obr. 7.1 Vnitřní uspořádání fotovoltaického článku (převzato z [9])



Sluneční záření dopadající na povrch Země po průchodu atmosférou se skládá z fotonů různých vlnových délek a tedy i různých energií. Z celého slunečního spektra je lidským okem viditelná pouze jeho část v oblasti 380 až 780 nanometrů. Základním požadavkem na sluneční články je schopnost pohlcovat co nejširší oblast slunečního spektra a co nejlépe využít energii fotonů. Dopadá-li na křemík foton o energii menší než 1,1 eV, projde křemíkem a není absorbován. Když je jeho energie větší než 1,1 eV, pak je tento foton absorbován a v polovodiči vzniknou volné nosiče náboje - záporný elektron a kladná díra.

7.1.2 Fotovoltaické články

Fotovoltaické články rozdělujeme podle použitého křemíku na:

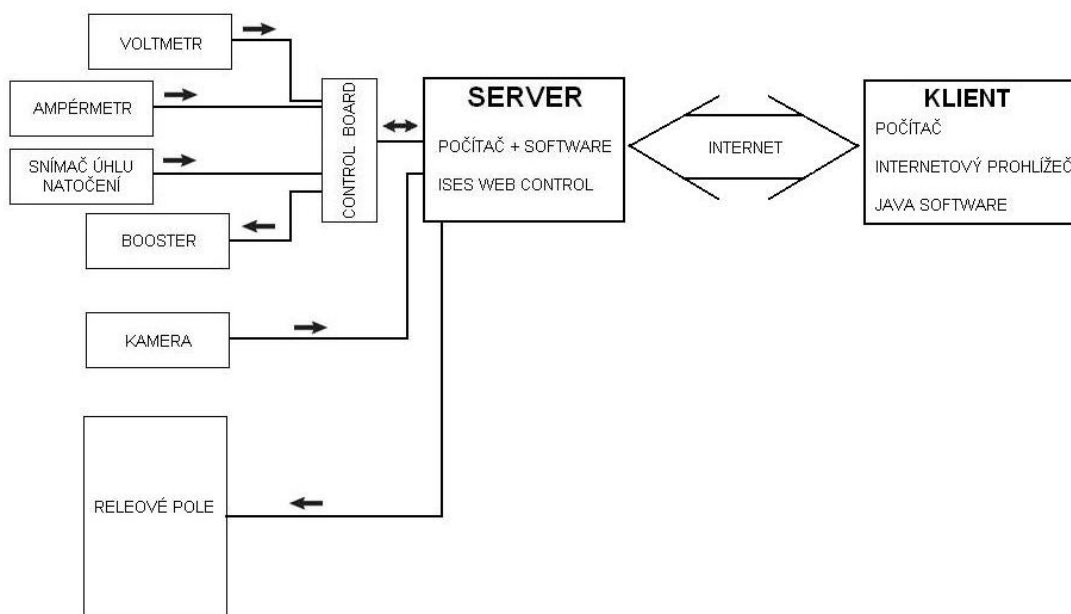
- Amorfni články - základem je napařovaná křemíková vrstva. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 4 až 8%. Tyto typy článků jsou nejlevnější a jsou využívány v místech, kde není omezení prostorem.
- Polykrystalické články - základem je křemíková podložka. Články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost se pohybuje v rozmezí 10 až 14%. Jejich výroba je levnější a rychlejší než monokrystalických.
- Monokrystalické články - základem je podobně jako u polykrystalických článků křemíková podložka. Krystaly jsou větší než 10 cm a vyrábí se tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřezou na tenké plátky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17%.

Panely vyrobené z těchto článků se instalují na speciální konstrukce, které nemusí být pouze statické, ale pomocí speciálních sledovačů natáčejí panel za sluncem, aby byla dosažena lepší účinnost.

7.2 Experiment měření na fotovoltaickém panelu

Experiment je navržen a provozován jako dálkově řízený 24 hodin denně. Stačí zadat do webového prohlížeče aktuální adresu pokusu a uživatel se ihned přenesse do experimentálního prostředí, kde pomocí tlačítek ovládá na dálku celou měřicí aparaturu nacházející se na druhé straně.

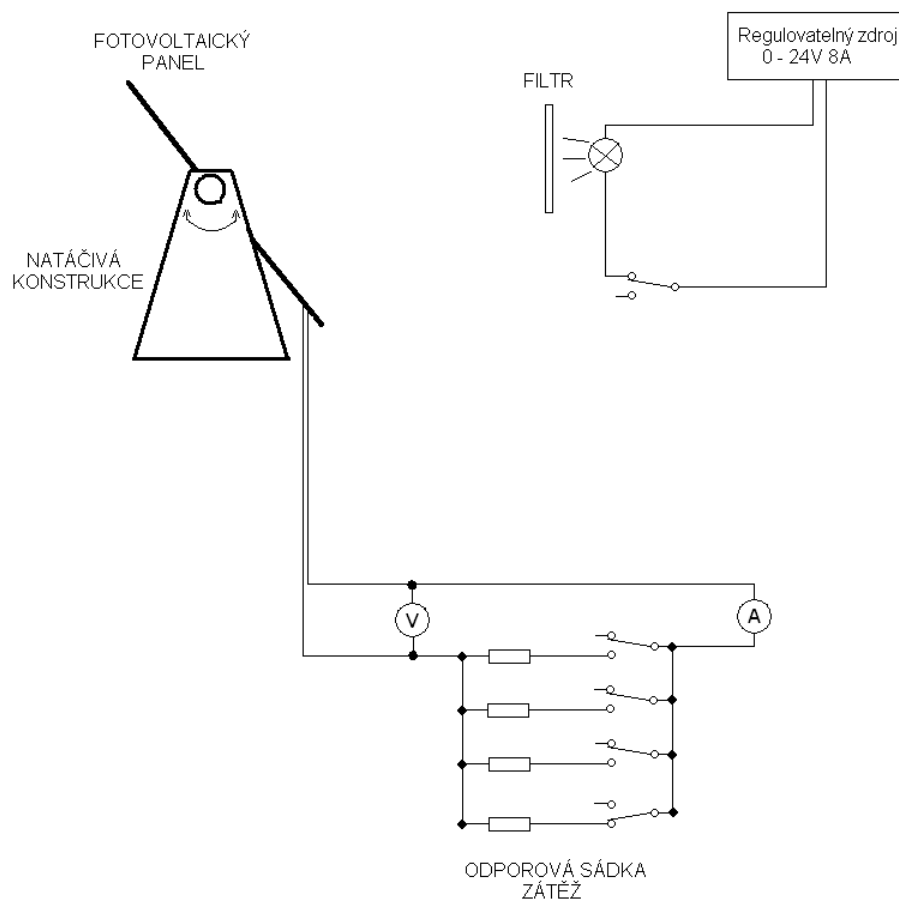
*Blokové schéma experimentu **Měření na fotovoltaickém panelu***



Obr. 7.2 Blokové schéma experimentu “ měření na fotovoltaickém panelu “ na katedře fyziky PdF MU.

Tento experiment nabízí širokou možnost řízení, kterou zprostředkovává speciální doplněk soupravy ISES PRO PCI s měřicí kartou PCI-1202. Tato karta umožňuje připojení rozšiřující reléové karty prostřednictvím svého šestnácti-kanálového digitálního výstupu. Přes speciálně vytvořený Java applet jen pro tuto kartu, dokážeme na jejím digitálním výstupu generovat libovolné 16bitové číslo. Tím se nám otevřela možnost ovládat 16 relátek na speciální rozšiřující reléové kartě. Ovládáme jimi například zdroj světla, výměnu barevných filtrů, natáčení panelu na speciálně vyrobené konstrukci, připojování zátěže k výstupu fotovoltaického panelu.

7.2.1 Sestava experimentu "Měření na fotovoltaickém panelu", použité součásti a funkce jednotlivých komponent v sestavě



Obr. 7.3 Sestava experimentu "Měření na fotovoltaickém panelu na katedře fyziky PdF MU

Návrh a sestava experimentu je zatím nejnáročnější z dosud sestavených na katedře fyziky PdF MU. Proto se také na experimentu stále pracuje a je ve vývoji. Může běžet jen na nejnovější soupravě ISES pro PCI podporující prostřednictvím digitálního výstupu speciální reléovou kartu. Bylo zapotřebí také vyrobít natáčečnou konstrukci se servomechanismem pro natáčení panelu umožňující ovládání přes relé. Dalším problémem bylo zajištění regulovaného osvětlení s možností zařazení filtrace

světelného spektra skrz optické filtry. Nakonec to bylo vyřešeno úpravou diaprojektoru PRAKTICA 150A. Diaprojektor se ovládá také pomocí spínání relátek na reléové kartě, které nahradilo původní ruční ovládání.

Seznam součástí, ze kterých je dálkově řízený experiment "Měření na fotovoltaickém panelu" sestaven:

a) Součásti systému ISES

- souprava ISES PRO PCI
 - měřicí karta PCI-1202
 - Control Board ISES PROFESSIONAL
- modul voltmetr (vstupní kanál A)
- modul ampérmetr (vstupní kanál B)
- modul proudový booster (výstupní kanál E)
- reléová karta 16 x relé (digitální výstup karty)

b) Hardware

- počítač – Intel Celeron - 2000 Mhz, 256 MB RAM
- USB webová kamera Logitech QuickCam Sphere AF

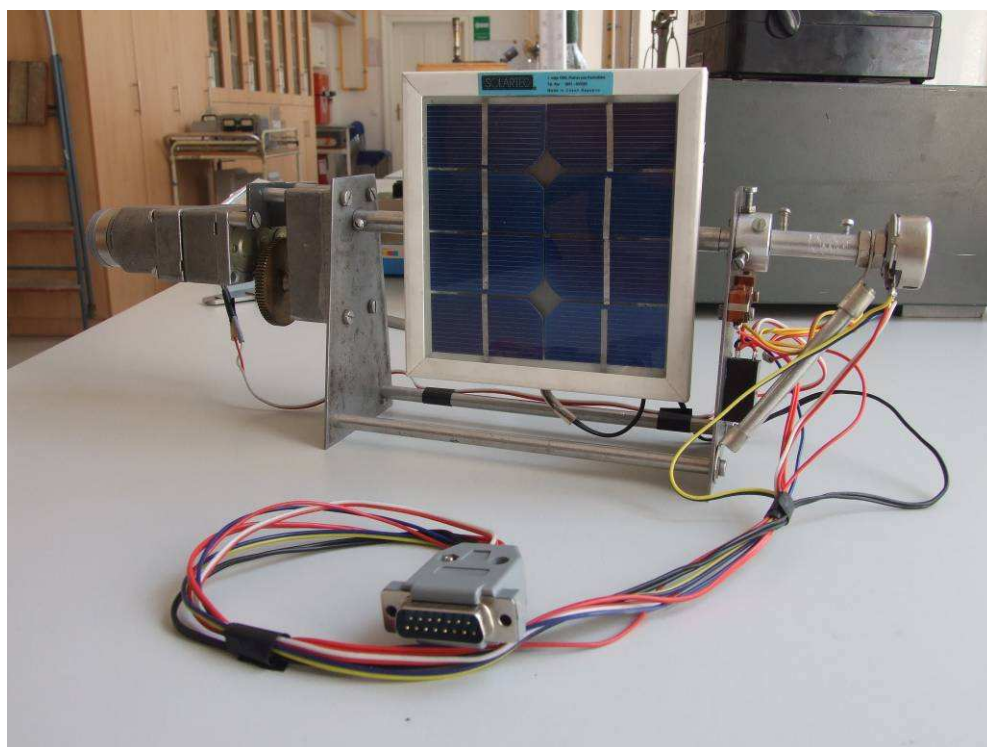
c) Software

- Windows XP Home
- ISES Web Control
 - Measure Server
 - HTTPRelay Server
 - Image Server
- Apache Web Server

d) Ostatní konstrukční prvky

- fotovoltaický panel Solartec SMP 3-350
- natáčecí servokonstrukce pro panel
- pomocná relé
- potenciometr – snímání úhlu natočení
- upravený projektor PRAKTICA 150A – osvětlení + výměna filtrů
- sada výkonových rezistorů (100 Ω - 1M Ω) - zátěž

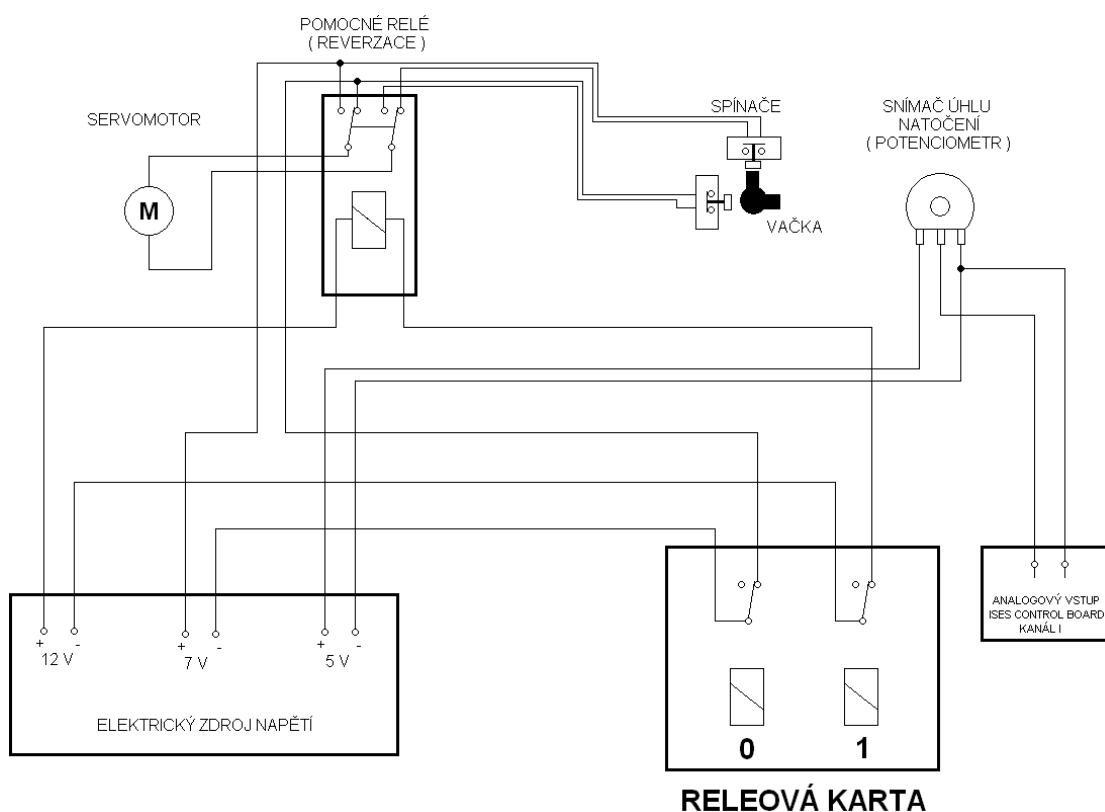
Tento experiment vyžaduje mnoho externích součástí, které systém ISES neobsahuje. Jedná se o velmi individuální uspořádání pokusu, tedy hlavní součásti konstrukce pokusu jsou zakázkové výroby. Klíčovým prvkem je konstrukce umožňující natáčení fotovoltaického panelu a upravený diaprojektor PRAKTICA 150A. Aby bylo možno tyto konstrukční prvky ovládat na dálku, muselo být celé zakomponování velice pečlivě promyšleno. Při provozování pokusu na dálku musí být zaručena absolutní spolehlivost a bezpečnost! Servis a údržba pokusu není možná 24 hodin denně, kdy je pokus v provozu.



Obr. 7.4 Natáčecí konstrukce s fotovoltaickým panelem

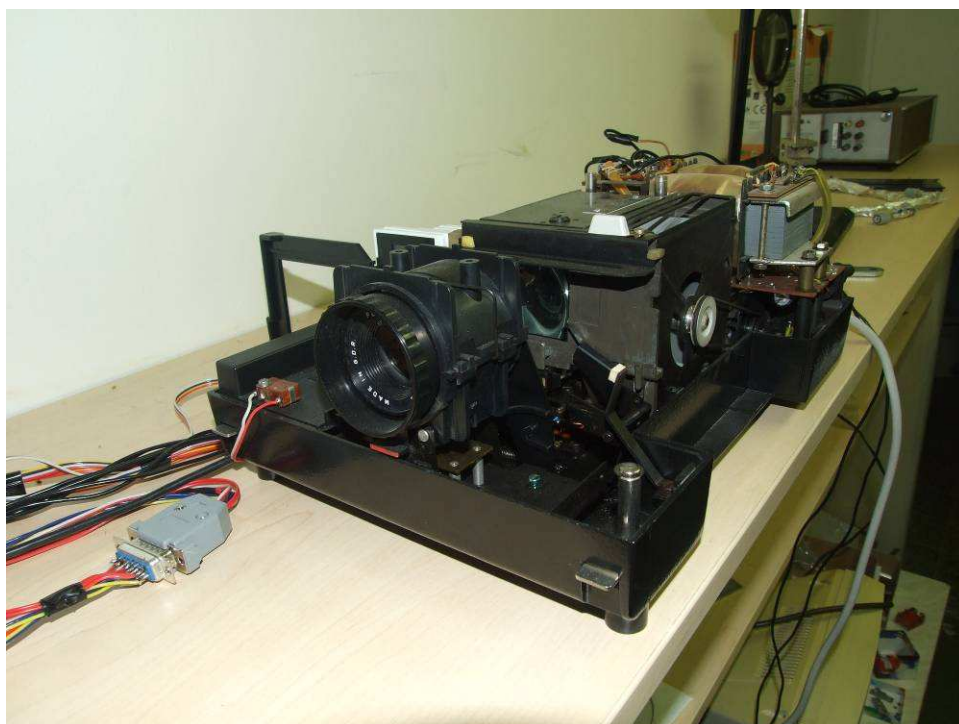
Jako první se podíváme stručně na konstrukci natáčecího zařízení panelu - viz obr. 7.4. Základ tvoří dvě postranní základny z ocelového plechu, které jsou spojeny ve spodní části pomocí dvou duralových tyčí. V horní části se nachází hřídel, která je poháněna stejnosměrným elektromotorem přes dvě převodovky, kvůli zredukování rychlosti otáčení. K této otočné hřídeli je připevněno lože, na kterém je upevněn fotovoltaický panel. Z druhé strany hřídele je vačka, která se stará o zabezpečení proti přetočení hřídele o vymezený úhel, v tomto případě natáčíme panel v rozsahu asi 270°. Krajiní polohy vačky jsou snímány dvěma mikropsínači, které při dosažení krajiní polohy vačky pošlou informaci řídicí logice a ta přeruší dodávku elektrického proudu

k servomotorku. Informaci o úhlu natočení posílá do měřicí karty potenciometr, který je přímo spojen s otočnou hřídelí konstrukce a je napájen napětím 5V. Řízení tohoto mechanismu vyžaduje dvě relé na reléové kartě systému ISES a jedno pomocné relé zajišťující reverzaci otáčení. Jmenovité napájecí napětí servomotorku je 12V, je ale zredukováno na 7V pro dosažení nižší rychlosti otáčení.



Obr. 7.5 Elektrické schéma zapojení servopohonu a řídicího obvodu

Zapojení celé konstrukce je na obrázku 7.5. Výsledkem tohoto zapojení je úplné ovládání celé konstrukce pomocí dvou relétek řízených přes dvě tlačítka webového rozhraní pokusu. Zajištění v krajních polohách pomocí spínačů a vačky dalo možnost použití potenciometru jako snímače natočení. Jištění v krajních polohách je nezávislé na stavu řídicích relé z karty, používá svůj vlastní okruh.



Obr. 7.6 *Upravený diaprojektor PRAKTICA 150A používaná pro osvětlení panelu a výměnu optických filtrů*

Diaprojektor PRAKTICA 150A byl vybrán jako součást sestavy hlavně z důvodu možnosti dálkové výměny optických filtrů, přes které se na panel svítí projekční halogenovou žárovkou 24V / 150W. Filtry jsou vsazeny do rámečku pro diapozitivu 50mm x 50 mm. Zatím jsou použity jen barevné fólie barvy modré, červené a zelené a zbytek pozic v zásobníku obsahuje diarámečky bez filtru. Ve finální podobě však budeme svítit na panel přes pravé optické filtry. U projektoru bylo nejdůležitější zajistit počáteční a koncovou pozici zásobníku, který se pohybuje při výměně filtrů. Bylo to zajištěno vložením 2 spínačů na začátku a konci dráhy, které se sepnou po dosažení této pozice u pohybujícího se zásobníku. Signál z těchto spínačů byl začleněn do ovládací logiky projektoru a tím zabezpečil vypadnutí zásobníku z podavače. Aktuálně použitý filtr není nijak signalizován, jedinou indikací je obraz z webové kamery a seznam filtrů na jednotlivých pozicích usnadňující orientaci. Výměna filtrů je možná zatím pouze při zapnutém osvětlení projektoru. Použitím projektoru jako zdroje světla má také za následek jen mírně rozbíhavý světelný kužel, protože světlo z žárovky prochází v projektoru kondenzorem a také projekčním objektivem PENTACON 80mm / f2,8. Z bezpečnostního důvodu byl z projektoru

sejmut plastový kryt, který by představoval riziko při výpadku chlazení výkonné halogenové žárovky. Teplota uvnitř projektoru je hlídána bimetalovým termostatickým relé, které při překonání provozní teploty odpojí žárovku od zdroje elektrického proudu. Dálkové řízení projektoru vyžaduje 3 relátka na desce reléového pole. Jedno spouští a vypíná osvětlení projektoru, druhé zahajuje a ukončuje výměnu filtrů a třetí řídí směr posuvu zásobníků a tím pořadí výměny filtrů.

Napětí, které aktuálně dodává panel, měříme modulem voltmetr. Chceme-li měřit také dodávaný proud, musíme do měřeného obvodu připojit zátěž. Připojení zátěže se děje prostřednictvím reléového pole, kdy se do obvodu zapojují vhodně zvolené výkonové rezistory. Je tak vytvořena malá dálkově řízená odporová sádka, jejíž princip je patrný z obr.7.3. Volba ohmické hodnoty zátěže je možná pouze zapojením, buď samostatné větve s rezistorem, nebo paralelní kombinací více rezistorů.

Úhel natočení panelu je snímán potenciometrem, který je zapojen jako dělič napětí. Napájení napětím 5V nám umožní přímé napojení výstupního napětí na měřicí kartu prostřednictvím Control Board. Kalibrace takto jednoduše zvoleného snímače se provádí nejjednodušeji přímo v appletu, který se stará o odečítání hodnoty z kanálu měřicí karty.

Úloha je zatím ještě částečně ve výstavbě. Je potřeba doladit a odzkoušet speciálně vyvinutý proudový booster 24V 8A, který má za úlohu regulovat jas projekční žárovky, která slouží jako zdroj světla. Regulace takto vysokých proudů vyžaduje náročnější chlazení regulačního prvku, vzniká veliké ztrátové teplo. Nejčastěji používaným výkonovým regulačním prvkem pro regulaci stejnosměrného proudu se používá výkonový tranzistor. Téměř úplného odstranění problémů s odvodem ztrátového tepla se dá docílit použitím unipolárních tranzistorů řady BUZ, IRF a dalších. Tyto tranzistory vykazují velmi malý dynamický odpor při těchto aplikacích a tím vznik ztrátového tepla.

Parametry použitého fotovoltaického minipanelu Solartec SMP 3-350.

Typ	Nominální napětí [V]	Optimální napětí [V]	Optimální proud [mA]	Optimální výkon [W]	Délka [mm]	Šířka [mm]	Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg]
SMP 3-350	3	3.9	340	1.3	129	125	8	0.2

7.3 Měření on-line experimentu “Měření na fotovoltaickém panelu“

Měření na fotovoltaickém panelu

FOTOVOLTAICKÝ PANEĽ

NAPĚTÍ NA FOTOVOLTAICKÉM PANEĽU
3.44 V

DODÁVANÝ PROUD
0.00 mA

ÚHEL NATOČENÍ PANEĽU
10.6 °

ŘÍZENÍ POKUSU

Relé 0 - Otáčení panelu
Vypnout Zapnout 0

Relé 1 - reverzace otáčení panelu
Vypnout Zapnout 1


Relé 2 - Dodávka zářeni
Vypnout Zapnout 1

Relé 3 - Připojení zátěže 100 ohmu
Vypnout Zapnout 0

Relé 4 - posuv, kliknout na zapnout a rychle kliknout na vypnout !!!
Vypnout Zapnout 0

Relé 5 - posuv vpřed - vzad
Vypnout Zapnout 1

KAMERA



Velke rozliseni Male rozliseni Vypnout

[Zpět na úvodní stránku](#)

Obr. 7.9 Webové rozhraní pokusu měření na fotovoltaickém panelu

Rozcestník, který nasměruje zájemce o tuto úlohu, se nachází opět na webové stránce <http://ises.tym.cz/>. Jako všechny úlohy online laboratoří vytvořené systémem Ises Web Control vyžaduje pouze webový prohlížeč a doinstalovaný doplněk podpory programovacího jazyka Java. Po načtení webové stránky rozcestníku stačí jen vybrat z nabídky experimentů měření na fotovoltaickém panelu a následně z nabídky pokusu vybrat spuštění experimentu. V novém okně se načte webové ovládací rozhraní dálkově řízené úlohy. V konečné fázi pokusu bude mít uživatel možnost měnit a řídit a sledovat tyto parametry.

Možnosti řízení:

- natáčení panelu
- zapínání a vypínání osvětlení
- regulace jasu osvětlení
- volba barevného filtru
- připojení zátěže
- ohmická hodnota zátěže kombinací rezistorů odporové sádky

Možnosti sledování:

- napětí naprázdno fotovoltaického panelu
- napětí na panelu při zatížení
- proud dodávaný panelem při zatížení
- úhel natočení panelu vůči zdroji světla

Možnosti výstupu úlohy:

- měření závislosti napětí naprázdno na úhlu natočení panelu vůči zdroji světla
- měření závislosti napětí a proudu zatíženého panelu na úhlu natočení panelu vůči zdroji světla
- výkon panelu v závislosti na ohmické hodnotě připojené zátěže

Ovládání úlohy je velice intuitivní. Jedinou maličkostí, která vyžaduje pozornost je ovládání změny filtru pomocí projektoru. Prozatímní možnosti appletu starajícího se o obsluhu reléového pole umožňují pouze sepnutí a rozpojení kontaktů relé pomocí dvou tlačítek. V další verzi by mělo umět relé také pracovat jako časový spínač s možností volby délky času sepnutí, což problém vyřeší. Veškerý pohyb měřicí sestavy lze sledovat skrze obraz zprostředkovaný webovou kamerou.

Automatizace úlohy je minimální, bylo zde kladeno za cíl umožnit uživateli změnu téměř všech parametrů měření ručně. Ovládání úlohy má dodat uživateli pocit a možnosti měření úlohy standardní kontaktní cestou v klasické fyzikální laboratoři. Některé naměřené parametry úlohy "měření na fotovoltaickém panelu":

Vzdálenost zdroje světla od panelu : 0,54m

BEZ ZÁTĚŽE (NAPĚTÍ NAPRÁZDNO)

FILTR	úhel dopadu		
	90°	60°	30°
	U [V]	U [V]	U [V]
MODRÝ	2,72	2,69	2,42
ZELENÝ	3	2,94	2,59
ČERVENÝ	3,42	3,31	2,93
BEZ FILTRU	3,75	3,58	3,13

$R_z = 100 \Omega$

FILTR	úhel dopadu					
	90°		60°		30°	
	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
MODRÝ	0,17	1,4	0,15	1,3	0,07	0,6
ZELENÝ	0,37	3,5	0,28	2,7	0,10	1,0
ČERVENÝ	1,14	11,2	0,80	7,9	0,27	2,5
BEZ FILTRU	1,69	16,3	1,51	15,0	0,46	4,6

$$R_z = 1000 \Omega$$

FILTR	úhel dopadu					
	90°		60°		30°	
	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]	U [V]	I [mA]
MODRÝ	1,49	1,5	1,24	1,2	0,52	0,5
ZELENÝ	2,63	2,6	2,42	2,3	0,98	1,0
ČERVENÝ	3,28	3,2	3,17	3,1	2,32	2,3
BEZ FILTRU	3,63	3,6	3,49	3,4	2,91	3,0

8 Závěr

V rámci diplomové práce byly vytvořeny tři úlohy. Námět dvou úloh byl převzat z repertoáru katedry didaktiky fyzik MFF UK, "Nucené kmity" a "Meteorologická stanice". Jedna úloha, "Měření na fotovoltaickém panelu", byla vytvořena zcela nová, kterou zatím neprovozuje žádná on-line laboratoř. Úloha "Nucené kmity" je začleněna od jarního semestru 2009 jako součást výuky, a její absolvování je podmínkou splnění předmětu fyzikální měření. Se zbývajících úlohami jsou studenti postupně seznamováni. Hlavní důraz se klade na osvojení si způsobů ovládnutí on-line experimentů vytvořených prostřednictvím softwarového balíku Ises Web Control.

K realizaci on-line laboratoře přispělo také poskytnutí grantu k projektu "*On-line fyzikální praktikum*", který byl řešen v roce 2008. Pomocí tohoto grantu byl vytvořen celek tří základních on-line úloh. Získané zkušenosti přispějí k razantním finančním úsporám při realizaci následných on-line experimentů. Úspěšné řešení tohoto projektu zařadilo naše pracoviště na katedře fyziky PdF MU do předních pozic mezi ty, kteří se věnují problematice on-line laboratoří.

Do budoucna by jistě bylo vhodné pokračovat v tomto oboru dále, neboť se stále rozvíjí a nevyčerpalo všechny možnosti aplikací a použití. Konkrétně v systému ISES v kombinaci se softwarovým balíkem Ises Web Control se skrývá veliký potenciál a nesmírně široká možnost využití v tomto oboru, kterou nenabízí ani žádný zahraniční výrobce podobných měřících a řídicích systémů. O podpoře poskytované výrobcem ani nepovídáje !

9 Použité zdroje

- [1] LISALOVÁ, Jindra, LUSTIG, František. E-learning a laboratoře on-line. In *Sborník příspěvků z III. národní konference o distančním vzdělávání*. ČR : [s.n.], 2004. s. 192-197.
- [2] SLÁDEK, Petr, KUČÍREK, Jan. *Kmity*. Brno: Masarykova univerzita, 2005
- [3] *ISES : Internet School Experimental System: Remote Laboratory* [online]. [2009] , 2.10.2008 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ises.info/index.php/en/laboratory>>.
- [4] *Vlastní a vynucené kmity* [online]. 2009 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://kdt-17.karlov.mff.cuni.cz/ulohy/kmity.html#fyzikalnizaklad>>.
- [5] *Aviation Weather - Principles* [online]. 2006 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/Aviation-Weather-Principles.html>>.
- [6] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. *National Semiconductor Corporation*, 2000. s. 13.
- [7] 50 kPa On Chip Teperature Compensated&Caibred Silicon Pressure Sensors. *Motorola Seiconductor Technical Data*. c2002. s. 8.
- [8] Silicon Photodiode for the visible spectral range BPW 21. *Siemens*. 1998. s. 5.
- [9] *Energie slunce - výroba elektřiny* [online]. 2007 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>>.
- [9] *Meteorologie* [online]. 2009 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Meteorologie>>.

Příloha A - Slovník klíčových odborných termínů z oblasti informatiky vyskytující se v práci.

Java - je objektově orientovaný programovací jazyk, který vyvinula firma Sun Microsystems a představila 23. května 1995. Java je jedním z nejpoužívanějších programovacích jazyků na světě. Díky své přenositelnosti je používán pro programy, které mají pracovat na různých systémech počínaje čipovými kartami (platforma JavaCard), přes mobilní telefony a různá zabudovaná zařízení (platforma Java ME), aplikace pro desktopové počítače (platforma Java SE) až po rozsáhlé distribuované systémy pracující na řadě spolupracujících počítačů rozprostřené po celém světě (platforma Java EE). Tyto technologie se jako celek nazývají platforma Java. Dne 8. května 2007 Sun uvolnil zdrojové kódy Javy (cca 2,5 miliónů řádků kódu) a Java bude dále vyvíjena jako open source.

Applet - je softwarová komponenta, která běží v kontextu jiného programu (webového prohlížeče nebo v panelu pro přepínání oken v grafickém uživatelském prostředí). Bývá většinou orientován na plnění konkrétní funkce v daném kontextu a nepředpokládá se, že bude používán jako samostatná aplikace. Applet bývá někdy chápán jako synonymum pro Java applet, který je jeho typickým použitím. Jiným příkladem je vestavěný applet pro Windows Media Player, pomocí něhož Windows Internet Explorer (a další prohlížeče) zobrazuje videosekvence. Na bázi appletu vznikly nejrůznější webové hry, pluginy pro zobrazování 3D modelů, demonstrační programky atd.

Plugin - zásuvný modul, také plug-in (neologismus vytvořený z anglického slovesa „to plug in“ – zasunout) je software, který nepracuje samostatně, ale jako doplňkový modul jiné aplikace a rozšiřuje tak její funkčnost. Plugin obvykle využívá připraveného rozhraní aplikace zvaného API. Mnoho programů nabízí programátorům možnost použít jejich API (aplikační rozhraní), s možností rozšířit funkčnost nabízeného programu.

Příloha B - Seznam Java appletů se stručným popisem jejich funkce

- **virtualmeasureclient.Visualize** – slouží pro zobrazování videa z webové kamery, který se zachytává pomocí součásti ImageServer
- **virtuallabmeasureclient.hub.basic.connectionhub** - základním prvkem stránky, která využívá služeb MeasureServeru. Zajišťuje správu připojení k serveru a poskytuje ostatním appletům funkce pro použití jednotlivých služeb serveru. Dále jsou na něm zobrazovány informace o stavu spojení a o zbývajícím čase. Applet musí být ve webové stránce pojmenovaný, aby se na něj mohly ostatní applety odkazovat.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.valuesend** - Tento applet funguje jako tlačítko, které může buďto generovat událost nebo zapsat hodnotu na pin, popřípadě obě činnosti současně.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.singlevalue** - Applet čte a zobrazuje hodnotu z jednoho pinu na serveru.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.scrollbar** - Pomocí tohoto appletu je možné vytvořit horizontální či vertikální scrollbar (posuvník), který ovlivňuje hodnotu řízeného pinu na serveru.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.queuelist** - Applet zobrazuje obsah fronty uživatelů na serveru. Každý uživatel je zde reprezentován jeho IP adresou.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.numenter** - Applet umožňuje zadání čísla experimentu.

- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentsselect** - Applet umožňuje pohodlný výběr experimentu, jehož hodnoty se mají zobrazit. Zobrazí listbox se seznamem experimentů.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentcontrol** - Tento applet umožňuje nastartovat a ukončit záznam experimentu. Pomocí přepínače je možno zvolit jestli má generovat nové číslo experimentu nebo použít už existující. Na MeasureServeru musí být zapnut fastlog pro piny, které se budou používat.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.conditionaldisable** - Experimentální plugin umožňující vypínat a zapínat ovládání v případě, že je na některém pinu hodnota po nějakou dobu mimo zadanou mez.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentgraph** - Applet zobrazuje graf průběhu jednoho pinu z naměřeného experimentu. Na vodorovné ose je zobrazen čas.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.fastgraph** - Applet zobrazuje reálnový graf hodnoty z několika pinů. Na MeasureServeru musí být zapnut fastlog pro piny, které se budou používat.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentlist** - Tento applet umožňuje uživatelsky s pomocí Javascript zpracovat hodnoty z naměřeného experimentu. Pro tuto činnost používá tři Javascript funkce, které uživatel nadefinuje ve stránce a appletu předá jejich jména.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.graph2d** - Tento applet umožňuje průběžně zobrazovat graf dvou veličin měřených ze dvou pinů. Dá se použít pro experimenty jako je volt-amperová charakteristika. Pro jeho požití je

potřeba splnit následující: Na MeasureServeru musí být zapnut fastlog pro oba piny, které se budou používat, a pro oba musí být nastavena stejná frekvence fastlog-u. Prvnímu pinu odpovídá vodorovná osa. Druhému pinu odpovídá osa svislá. Graf může zobrazovat buď pevně daný rozsah hodnot nebo měřítko automaticky přizpůsobovat naměřeným hodnotám.

- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentgraph2d** - Tento applet umožňuje zobrazit graf dvou veličin měřených ze dvou pinů v rámci jednoho experimentu. Dá se použít pro experimenty jako je volt-amperová charakteristika. Pro jeho požití je potřeba splnit následující: Na MeasureServeru musí být zapnut fastlog pro oba piny, které se budou používat, a pro oba musí být nastavena stejná frekvence fastlogu. Prvnímu pinu odpovídá vodorovná osa, druhému pinu odpovídá osa svislá. Graf může zobrazovat buď pevně daný rozsah hodnot nebo měřítko automaticky přizpůsobovat naměřeným hodnotám.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.periodicsend** - Tento applet pošle každých x milisekund na uведенý pin uvedenou hodnotu. Zamýšlené použití je pro informování pluginů na serveru že je klient připojený a že mají například rozsvítit světlo nebo nechat běžet fyzickou část experimentu (například motory).
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.historylist** - Tento applet umožňuje uživatelsky s pomocí Javascript zpracovat hodnoty z naměřené historie. Pro jeho fungování je potřeba, aby bylo zapnuté dlouhodobé logování dat. Applet momentálně očekává, že dostane informace týkající se zobrazovaného rozsahu pomocí hodnot uložených ve slotech, takže je potřeba ho zkombinovat s applety valuelistselect či valueselect pro jejich výběr. Applet podporuje nadefinování několika pinů, mezi kterými je možné za běhu přepínat pomocí hodnoty nastaveného slotu.

- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.historygraph2** - Tento applet zobrazuje graf z naměřené historie. Pro jeho fungování je potřeba, aby bylo zapnuté dlouhodobé logování dat. Applet momentálně očekává, že dostane informace týkající se zobrazovaného rozsahu pomocí hodnot uložených ve slotech, takže je potřeba ho zkombinovat s applety valuelistselect či valueselect pro jejich výběr. Applet podporuje nadefinování několika pinů, mezi kterými je možné za běhu přepínat pomocí hodnoty nastaveného slotu.
- **virtuallabmeasureclient.hub.modules.burstexperiment** - Tento applet slouží pro zahájení krátkodobého experimentu s vysokou frekvencí záznamu. Tento applet úzce spolupracuje s ScriptablePlugin serverovým pluginem, který definuje vlastní obsah experimentu (co se bude generovat na výstupu, jak se zpracují naměřená data) takže bez tohoto pluginu není možné ho použít. Vzhledem k omezením současných pluginů je také vyžadována karta PCI1202. Po dobu běhu krátkodobého experimentu server nevykonává žádnou další činnost a výsledek experimentu je následně uložen jako běžný experiment pro pinny burst_0 až burst_7. Díky tomu je možné na jejich zpracování použít kterýkoliv applet pracující s experimenty.

Příloha C - Zdrojový kód webového rozhraní ukázkového experimentu “Teplota“

```
<HTML>
<HEAD>
  <META HTTP-EQUIV="CONTENT-TYPE" CONTENT="TEXT/HTML; CHARSET=WINDOWS-1250">
<TITLE>pokus</TITLE>
</HEAD>

<BODY TEXT="#000000" LINK="#0000FF" ALINK="#FF0000" VLINK="#FF00FF" BGCOLOR="#CCCCCC">

<h2>Pokus s ISESem</h2>

<h4>Postup připojení:</h4>

Na vstup A připojit teploměr<br>
K počítači připojit kameru

<P>
<h1>Teplota</h1>

<!-- Applet hubu zajišťující spojení serverem. Je důležité aby byl pojmenován. -->
<applet name="hub" code=virtualabmeasureclient.hub.basic.connectionhub.class codebase="/" width=400 height=30>

<!-- jmeno tagu ; applet / NEMENIT!!! ; velikosti okna -->

<param name=server_ip value="127.0.0.1"> <!-- Adresa pocitace s measure serverem.
Musi byt totozna s adresou pocitace ze ktereho byla tato stranka stazena. -->
<param name=http_server_url value="http://127.0.0.1"> <!-- Adresa pocitace s http relay
serverem. Pouzije se pokud neni mozne prime pripojeni na pocitac uvedeny v parametru serverip. Musi byt totozna s adresou
pocitace ze ktereho byla tato stranka stazena. -->
<param name=server_port value="8899"> <!-- Port na kterem ceká measure server.
Defaultni hodnota je 8899. Pouzije se v pripade primeho pripojeni. - Nemenit!!! -->
<param name=authentication_code value="123456789"> <!-- Pripraveno pro budouci pouziti -
ochrana pristupu na server pomoci hesla. - Nemenit!!!-->
<param name=use_random value="1"> <!-- V pripade pripojeni pres http relay
jsou znahodnovany adresy pozadovanych stranek aby se zabranilo pripadnemu kesovani pozadavku v proxy serverech. V
pripade, ze je nastavena hodnota 0, toto znahodnovani se neprovadi. - Nemenit!!! -->
<param name=read_only value="0"> <!-- Pokud je nastaven na hodnotu jinou
nez 0 nemohou applety vyuzivajici tento hub provadet zmeny hodnot na serveru ani blokovat ostatni uzivatele ve fronte. Cteni
hodnot neni omezeno. 0 rizeni; 1 jen pozorovani -->
<param name=control_timeout value="300"> <!-- Musi byt schodne s casem
uvedenym na serveru u parametru "Limit usage time". Hodnota se zadava v sekundach. Pouziva se pro vypocet doby cekani ve
fronte. -->
<aparam name=sound_on_control value="http://kdt-4.karlov.mff.cuni.cz/Start.au"> <!-- Zvuk který se prehraje při získání
řízení. Soubor musí byt ve formátu *.au. -->
```

```

<param name=terminate_timeout value="120"> <!-- Timeout neaktivity. V pripade ze
uzivatel neprovede po tuto dobu zadnou akci (stisk tlactika, posun scrollbaru), je ukonceno spojeni se serverem. Hodnota se
zadava v sekundach. -->
<param name=expected_initialized_applet_count value="2"> <!-- Pocet appletu na teto strance, ktere používají
tento hub. Hodnota musi byt mensi nebo rovna skutecnemu poctu, jinak nedojde ke spravne inicializaci stranky. -->

<param name=state_uninit value="Neinicializováno"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro
ruzne stavy.-->
<param name=state_connected value="Připojeno"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro
ruzne stavy.-->
<param name=state_closed value="Spojení ukončeno"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro
ruzne stavy.-->
<param name=state_io_error value="Chyba komunikace"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro
ruzne stavy.-->
<param name=state_error value="Chyba programu"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro ruzne stavy.--
>
<param name=state_security_error value="Nedostatečná práva"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro ruzne stavy.--
>
<param name=state_timeout value="Vypršel timeout"> <!-- Hlaseni zobrazovane na hubu pro
ruzne stavy.-->
</applet>

<p>
<!-- Applet zobrazující hodnotu jednoho pinu. -->
<applet code=virtualabmeasureclient.hub.modules.singlevalue.class codebase="/" width=120 height=45>
<param name=hub_name value="hub"> <!-- Jmeno appletu s hubem, pres ktery
ma tento applet pristupovat k serveru. -->
<param name=device_name value="PCI1202Card_Read A/D 1"> <!-- Nazev pinu na serveru,
jehož hodnota je zobrazovana. -->
<param name=description value=" °C"> <!-- Tento text je pripojen za namerenou
hodnotu. -->

<param name=s_min value="0"> <!-- Zobrazena
hodnota=DMin+(DMax-DMin)*((Namerena hodnota)-SMin)/(SMax-SMin) -->
<param name=s_max value="4095">
<param name=d_min value="-20">
<param name=d_max value="120">

<param name=refresh value="200"> <!-- Doba mezi jednotlivymi
aktualizacemi mereni. (Perioda vzorkovani). Udava se v milisekundach. -->
<param name=fractional_digit_count value="0"> <!-- Pocet desetinnych mist
zobrazeneho vysledku. -->
</applet>

<p>
Průběh teploty
<br><br>
<!-- Applet zobrazující graf hodnot nekolika pinu. -->
<applet code=virtualabmeasureclient.hub.modules.fastgraph.class codebase="/" width=500 height=100>

```



```

<param name=hub_name value="hub"> <!-- Jmeno appletu s hubem, pres který
ma tento applet pristupovat k serveru. -->
<param name=device_count value="1"> <!-- Pocet soucasne merenych pinu.
Parametry pro jednotlivé piny maji na konci jmena parametru uvedeno cislo pinu. -->

<param name=device_name_1 value="PCI1202Card_Read A/D 1"> <!-- Jmeno prvnioho mereneho
pinu. -->
<param name=s_min_1 value="0"> <!-- Zobrazena hodnota pro
prvni pin= $DMin+(DMax-DMin)*((Namerena\ hodnota\ prvniho\ pinu)-SMin)/(SMax-SMin)$  -->
<param name=s_max_1 value="4095">
<param name=d_min_1 value="-20">
<param name=d_max_1 value="120">
<param name=color_1 value="ff0000"> <!-- Barva kterou je kreslena krivka pro
prvni pin. -->
<param name=description_1 value=""> <!-- Popiska prvniho pinu. V soucasnosti
se hodnota nepouziva. -->

<param name=min_multiplier value="0"> <!-- Udava minimalni
hodnotu nasobicioho koeficientu pro automatickou zmenu meritka. -->
<param name=max_multiplier value="2000"> <!-- Udava maximalni
hodnotu nasobicioho koeficientu pro automatickou zmenu meritka. -->

<param name=refresh value="500"> <!-- S jakou periodou se ma graf
updatovat. Frekvence snimani hodnot v grafu nezavisi na teto hodnote. Radsi vetsi nez mensi. Udava se v ms.-->
<param name=positive_only value="0"> <!-- Pokud je hodnota rovna
0, je osa X umistena uprostred grafu. Jinak se nulova osa nachazi v dolni casti grafu, pouzit pokud hodnoty zobrazene v grafu
jsou kladne. -->
<param name=window_width value="500"> <!-- stejna hodnota jako v
prvnim radku appletu. -->
<param name=window_height value="100">
<param name=window_length_in_ms value="6000"> <!-- Kolik milisekund dat se
vejde najednou do okna. -->

<param name=on_off_toggle_state value="0"> <!-- Ovlada zobrazeni
vypinace pro zapinani a vypinani aktualizace grafu. 0 vypinac neni, 1 aktualizace grafu je defaultne zapnuta, 2 aktualizace grafu
je defaultne vypnuta. -->
<param name=step_y value="5"> <!-- Krok mezi cernymi
znackami na ose Y. Udavano ve stejných jednotkách jako hodnoty souradnice Y. -->
<param name=step_y_big value="10"> <!-- Krok mezi cervenými znackami na
ose Y. Udavano ve stejných jednotkách jako hodnoty souradnice Y. -->
<param name=x_axis_description_multiplication_coeficient value="0.01"> <!-- Touto
hodnotou jsou nasobeny hodnoty pred zobrazenim jejich popisem na ose X. -->
<param name=step_x value="250"> <!-- Krok mezi cernými
znackami na ose X. Udavano v ms. -->
<param name=step_x_big value="1000"> <!-- Krok mezi cervenými znackami na
ose X. Udavano v ms. -->
</applet>

<h1>Kamera</h1>

```

```
<applet code="virtuallabmeasureclient.Visualize.class" codebase="/" width=352 height=330>
<param name=window_width value="352">
<param name=window_height value="288">
<param name=use_random value="1">
<param name=hspace value="0"> <!-- pripraveno pro dalsi pouziti -->
<param name=vspace value="0"> <!-- pripraveno pro dalsi pouziti -->
<param name=align value="middle"> <!-- pripraveno pro dalsi pouziti -->
<param name=sleep_time value="100"> <!-- jak casto se obrazek aktualizuje -->
<param name=hi_image_name value="..\obraz\x.jpg">
<param name=lo_image_name value="..\obraz\x2.jpg">
<param name=hi_resolution_caption value="Velke rozliseni">
<param name=lo_resolution_caption value="Male rozliseni">
</applet>
```

```
<p><a href="index.html">
```

Zpět na úvodní stránku

```
</a></p>
```

```
</BODY>
```

```
</HTML>
```

Příloha D – Fotodokumentace



