

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2011

**STUDIUM PŘECHODOVÝCH JEVŮ
V OBVODECH S DISKRÉTNÍMI
PARAMETRY POMOCÍ VZDÁLENÉHO
EXPERIMENTU PO INTERNETU**

DALIBOR MACÍK

VEDOUCÍ PRÁCE:

Prof. Ing. František Schauer, DrSc.

14. dubna 2011
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: RLC obvod, ISES, vzdálený experiment, přechodové jevy.

Anotace: Cílem práce je sestavit experiment jednak pro studium jevů v paralelním RLC obvodu a rovněž vyložit energetické pochody při vzniklých oscilacích. Jako metodu jsem si zvolil metodu vzdáleného experimentu šířeného po internetu a realizaci pomocí systému ISES. Výsledkem měření bude určení všech 4 parametrů RLC obvodu a charakterizace obvodu. V první fázi bylo nutno sestavit pomocí hardwarového a softwarového vybavení ISES laboratorní experiment pomocí kterého jsem si vyzkoušel základní funkce ke stanovení cíle. Poté jsem experiment převedl na vzdálený experiment šířený po internetu pomocí softwaru ISES Control Kit. Řízení experimentu je prováděno pomocí HTML stránky, která je složena z java appletů, jež tvoří jednotlivé prvky experimentu. Úspěšně jsem experiment sestavil a na práci stále pokračuji.

OBSAH

| | |
|---|----|
| 1.RLC OBVOD A PŘECHODOVÉ JEVY..... | 4 |
| 2.CÍLE PRÁCE..... | 6 |
| 3.VYUŽITÉ METODY..... | 6 |
| 4.FYZICKÁ REALIZACE PC PODPOROVANÉHO EXPERIMENTU..... | 8 |
| 5.ISES WEB CONTROL KIT..... | 10 |
| 6.UKÁZKA EXPERIMENTU..... | 12 |
| 7.ZÁVĚR A DISKUSE..... | 13 |
| 8.POUŽITÁ LITERATURA..... | 13 |

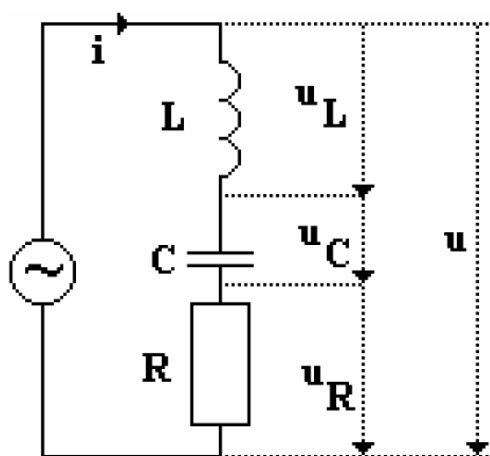
1. RLC OBVOD A PŘECHODOVÉ JEVY

RLC obvody je název pro obvody, které jsou obecně tvořeny rezistorem o odporu R , ideální cívkou s indukčností L a ideálním kondenzátorem s kapacitou C . Obecně existují dva druhy RLC obvodů:

A) Sériový RLC obvod

Prvky obvodu prochází stejný proud, ale napětí na jednotlivých prvcích se liší jak hodnotou, tak i vzájemnou fází: napětí u_R na rezistoru má stejnou fázi jakou proud, napětí u_L na cívce předbíhá proud a napětí u_C na kondenzátoru se za proudem zpožďuje. Stejná fáze proudu a napětí na rezistoru je dána vlastností rezistoru. Není žádný fyzikální důvod, proč by mělo k fázovému posunu docházet. Na cívce a kondenzátoru je ale situace jiná.

Zpoždění proudu vzhledem k napětí na cívce je způsobeno elektromagnetickou indukcí napětí v cívce, kterou prochází střídavý proud. Průchodem tohoto proudu vzniká v cívce časově proměnné (tj. nestacionární) magnetické pole, které je příčinou indukce napětí v cívce. Následkem toho začíná cívku procházet proud, který má ovšem ve srovnání s proudem, který indukovaný proud svým magnetickým polem vyvolal, opačný směr. Cívka si totiž snaží udržet původní magnetické pole, které v ní bylo předtím, než začalo docházet ke změně tohoto pole.



Obr. 1: Sériový RLC obvod

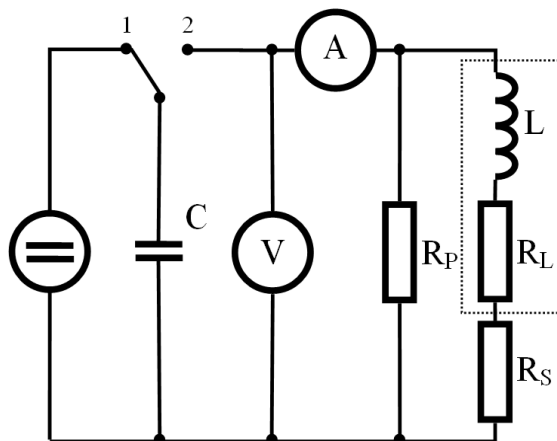
Přebíhání proudu vzhledem k napětí na kondenzátoru je způsobeno periodickým nabíjením a vybíjením kondenzátoru. Ten se v první čtvrtině periody nabíjí. V okamžiku, kdy dosáhne napětí na kondenzátoru maximální hodnoty, prochází kondenzátorem nulový proud. Pak se kondenzátor začíná vybíjet, což znamená, že postupně klesá napětí mezi jeho deskami a roste proud, který jím protéká. Jakmile proud dosáhne svého maxima (v polovině periody), je kondenzátor vybit a začíná se nabíjet opačně, než byl nabit původně. Proud postupně klesá, až dosáhne opět nulové hodnoty. V ten okamžik je kondenzátor nabit na maximální napětí, které je ovšem opačné, než napětí, na které byl nabit na konci první čtvrtiny periody. V poslední čtvrtině periody se kondenzátor opět vybíjí a proud se zvětšuje. Právě popsáný děj se periodicky opakuje.

Vzhledem k právě popsaným fázovým rozdílům mezi proudem a napětím na cívce a

kondenzátoru, nelze efektivní hodnotu výsledného napětí U v celém obvodu získat prostým aritmetickým součtem.

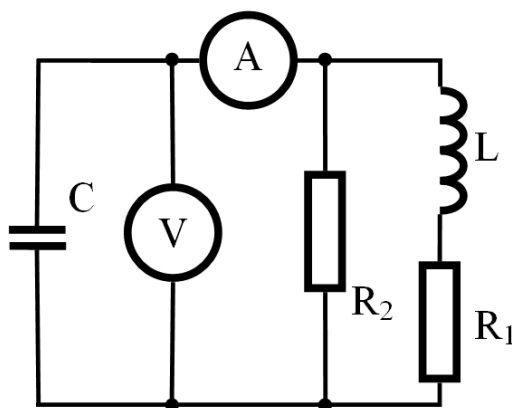
B) Přechodové jevy v RLC obvodu

Složení obvodu je podobné jako v předchozím odstavci. Odpor, cívka i kondenzátor jsou zapojeny do série, ale rozdíl je ve zdroji, jež je 4,5V baterie. Celý obvod je obsluhován jedním spínačem.



Obr. 2: RLC obvod v experimentu

Je-li spínač v poloze 1, dochází k nabíjení kondenzátoru C . Po přepnutí spínače do polohy 2 se kondenzátor C začne přes cívku a dekádu vybíjet. Napětí zdroje měříme voltmetrem V . A proud cívku ampérmetrem A .



Obr. 3: Náhradní schéma RLC obvod

Po přepnutí spínače do polohy 2 dojde k vybíjení kondenzátoru přes cívku a dekádu. Elektrická energie, akumulovaná v kondenzátoru, se mění na magnetickou energii pole cívky, část energie se mění v Joulovo teplo na odporové dekádě a vnitřním odporu cívky. Pokud je ohmický odpor obvodu dostatečně malý, dojde ke vzniku tlumených kmitů. I při nulové hodnotě napětí na kondenzátoru totiž cívku stále teče nenulový proud, který způsobí nabití kondenzátoru na napětí opačné polarizace. Jev je obdobný kmitání kyvadla v odporujícím prostředí. Náhradní schéma potřebné k řešení obvodu je na obrázku 3.

2. CÍLE PRÁCE

1. Cílem práce je vytvořit pomocí výběru správného software a hardwaru plně počítačově orientovaný experiment pro popis RLC obvodu. Transformovat takto fungující experiment jako vzdálený. Celý systém pracuje na bázi server-klient, s maximálním softwarovým řešením a minimální hardwarovou podporou.
2. Dále pomocí takto fungujícího experimentu charakterizovat daný RLC obvod, tedy za použití dvou odporových dekád určit všechny čtyři parametry obvodu.

3. VYUŽITÉ METODY

A) ISES (Internet School Experimental System)

Laboratoře začaly hrát velkou roli ve vyučování a studování přírodních věd. Pokusy se provádějí fyzicky, pro snadnější pochopení daného jevu a jeho podrobné prozkoumání. Taktéž vzdálené laboratoře se jeví jako jednoduchý a uživatelsky přátelský nástroj. Proto vznikl systém ISES (*Internet School Experimental System*) pro provoz měření v laboratořích jak fyziky, tak i biologie nebo chemie.

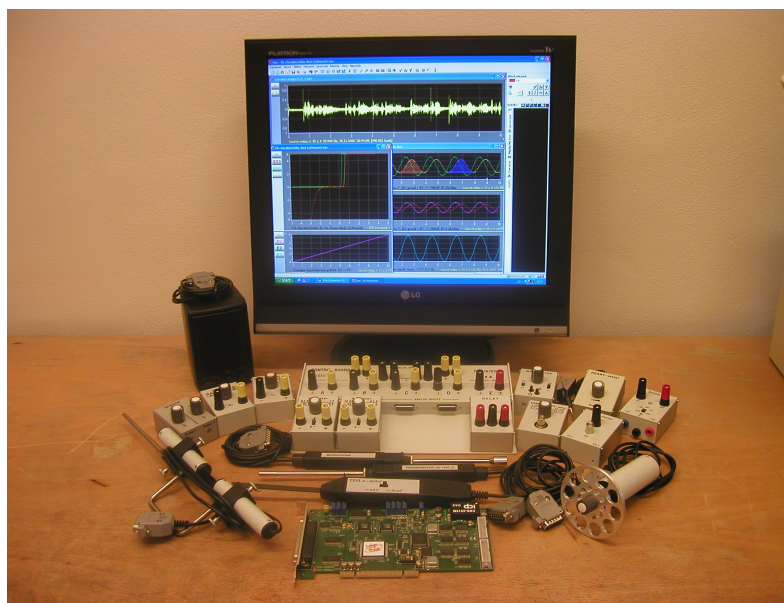


Obr. 3: Využití systému ISES v laboratořích

ISES je otevřený systém pracující pod operačním systémem Windows. Prostřednictvím tohoto systému jsme schopni jednoduše realizovat jak reálné, tak i vzdálené experimenty v našich laboratořích. Systém se fyzicky skládá z control panelu, datové karty, sady proměnných modulů a snímacích prvků (asi 40) a taktéž softwarového grafického a vyhodnocovacího prostředí.

B) ISES Hardware

Control panel s vstupy a výstupy a plug-in sloty pro moduly, poskytuje snadný způsob rozhraní na prakticky jakémkoliv počítači. Systém nabízí možnost současného měření a zobrazování dat na 8 vstupních kanálech a řízení procesů prostřednictvím dvou analogových a čtyř binárních výstupních kanálech. Ten odesílá informace kartě uvnitř počítače pro sběr dat.



Obr. 4: Systém ISES

Kanály s analogovým výstupem mohou pracovat jako programovatelné zdroje napětí (stejnoseměrný i střídavý s 8 druhy výchozích signálů, manuálně ovládané nebo uživatelsky definované signály). Maximální vzorkovací frekvence je 100 kHz a umožňuje studium zvuků nebo jiných vysokofrekvenční signálů.

ISES moduly jsou snadno zaměnitelné a počítač, za předpokladu využití automatické kalibrace, automaticky zjistí jejich přítomnost, a upraví rozsah. Systém je vybaven moduly jako např.: voltmetr ($\pm 5 \text{ mV} \div 10 \text{ V}$, obr. 2), ampérmetr ($\pm 0.5 \text{ mA} \div 1 \text{ A}$), ohmmetr, měřiče kapacity, teploměry ($-20^\circ \text{ C} \div +120^\circ \text{ C}$), mikrofon, snímač odchylek, nastavitelný předzesilovač, booster, relé spínače, tlakoměr a mnoho dalších. Pro chemii je to elektromagnetický kapalinný ventil a digitální byreta.

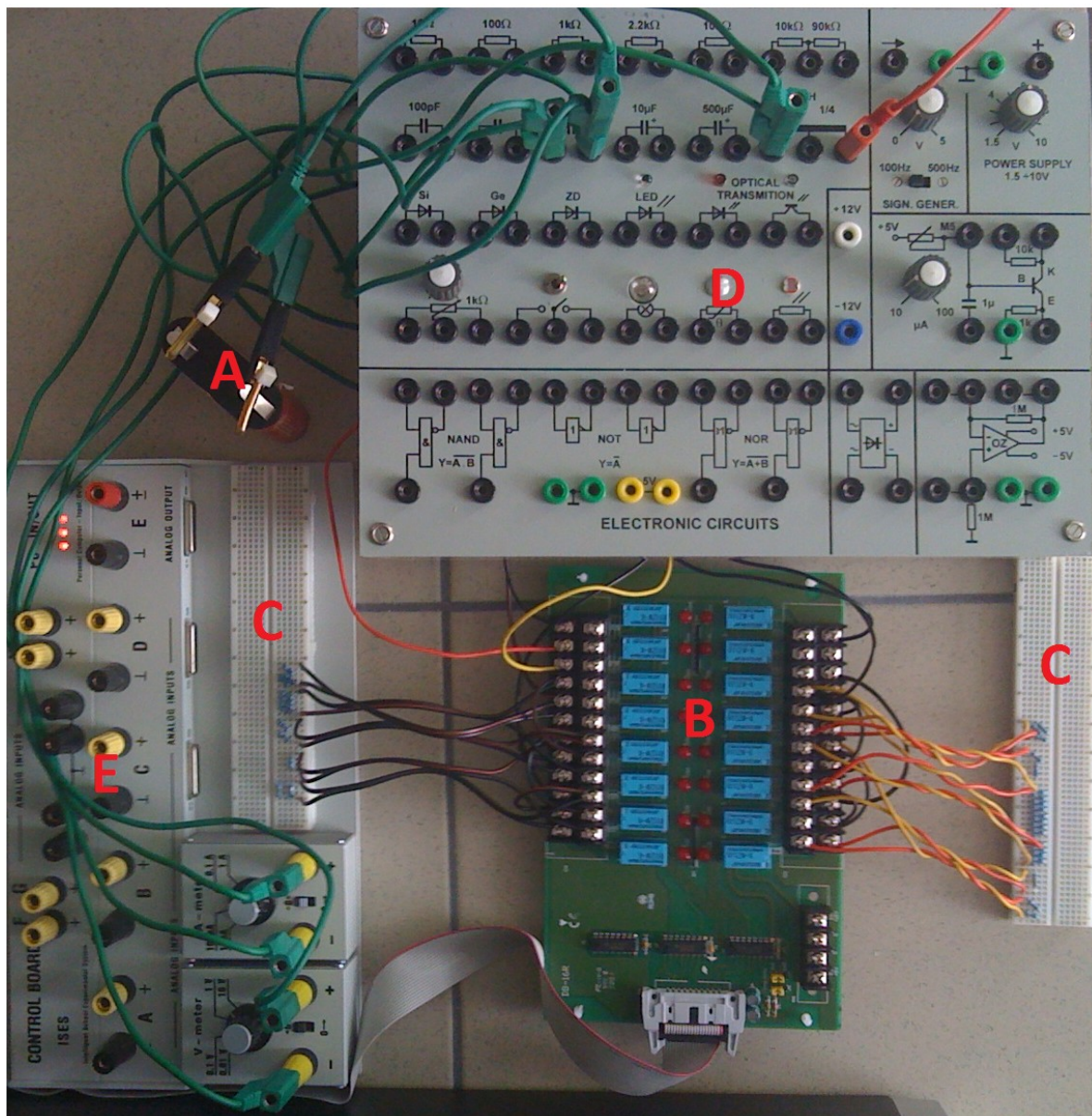
Moduly se dělí na vstupní (určené pro odečet dat měřených veličit z dané aplikace, např. ampérmetr, voltmetr, sonar) a výstupní (pro zásah do ovládaných laboratorních prvků, např. booster, relay).

C) ISES Software

Data v systému ISES jsou zobrazena jak v analogové nebo digitální podobě, na variabilní počet panelů, s možností zobrazení přímo hodnot, získaných pomocí modulů nebo jejich kombinací (sčítání, odčítání, produktu, kvocient, atd.). Tento software umožňuje zpracování dat (integrace, diferenciacce, přiblížení atd.) a snadný export dat pro další grafické procesy.

4. FYZICKÁ REALIZACE PC PODPOROVANÉHO EXPERIMENTU

V této části se už budeme zabývat pokusem samotným, nyní jeho hardwarovou skladbou. Rozebereme jednotlivé součásti aparatury a popíšeme jejich činnost. Pokus se skládá z několika hlavních částí: baterie, reléová deska, nepájivé kontaktní pole, konsole s kondenzátorem a cívkou, webkamera, zařízení systému ISES (Control panel, interfaceová karta a zásuvné moduly) a server.



Obr. 5: Sestavený experiment

A) Baterie

Jako zdroj pro nabíjení kondenzátoru slouží 4,5V baterie.

B) Reléová deska

Tato deska se skládá z 16 relé. První část relétek tvoří sériovou dekádu, druhá část dekádu paralelní a jedno relé složí jako přepínač, pro nabíjení kondenzátoru. Deska je ovládána programem Measure server, v němž bylo nezbytné naprogramovat ovládací soubor.

C) Nepájivé kontaktní pole

Jednotlivé kombinace odporů, které tvoří dané dekády, byly zasazeny do tohoto pole, které zpřehledňuje celé zapojení a v případě potřeby poskytuje možnost snadné výměny některého odporu.

D) Konsole s kondenzátorem a cívkou

Tato konsole slouží v laboratořích pro demonstraci různých elektronických součástek. Pro tento experiment byla použita cívka s indukčností 1H a kondenzátor o kapacitě 1 μ F.

E) ISES control board

ISES control board je zprostředkovatelem mezi měřicími členy ISESu (zásuvnými moduly) a interfaceovou deskou na vyhodnocování dat z měření. Náš pokus potřebuje pouze odečet napětí a proudu, jsou tedy zapojeny pouze voltmetr (kanál B) a ampérmetr (kanál A).

F) WEB kamera

Pokus je neustále snímán webovou kamerou, kterou je možno podle potřeby natočit, avšak momentálně je nastavena pouze pro statický záběr vzdáleného experimentu.

G) Interfaceová karta pro sběr dat

ISES control panel je napojen do karty pro sběr dat. Tato karta obsahuje A/D a D/A 12-bit převodníky, 16x A/D vstup (0-5V), dále softwarový převod, doba jednoho převodu 60 ms, 1x D/A výstup (+/- 5V), vzorkovací kmitočet počítače XT, AT/12MHz a je klasicky zapojena jako rozšiřující karta přes rozhraní PCI

H) Server

Celý pokus je nyní provozován na nepřetržitě běžícím fyzickém stroji s veřejnou IP adresou, ke kterému je připojena jak webkamera, tak ISES control panel pro odečet a sběr dat. Potřebný software zprostředkovává obsah do internetu.

5. ISES WEB CONTROL KIT

Technicky, vzdálený experiment probíhá v místě odlišném od experimentátora. V důsledku toho se skládá ze dvou částí, jedna je experimentální hardware (se zkoumaným fenoménem), a druhým je software pro přenos pokynů od experimentátora k experimentu a pro přenos naměřených dat k experimentátorovi. Veškerá komunikace probíhá přes Internet pomocí webových služeb a odpovídajícího komunikačního rozhraní.

Celý software experimentu se skládá z několika částí, které zde budou postupně rozebrány. Jedná se o několik serverových programů, které zprostředkovávají komunikaci s klientem a experimentem. Ovládací rozhraní je zprostředkováno HTML stránkou s java applety, které jednak ovládají jednotlivé části experimentu, ale také se starají o zobrazování naměřených dat. Celý systém je v provozu na platformě Windows XP.

A) WEB server - NGINX

Tento program je odpovědný za vyřizování požadavků HTTP od klientů. Klient ve webovém prohlížeči zadá buď příslušnou IP adresu nebo slovní jméno serveru a WEB server na klientovo vyžádání odešle sdílený obsah, webovou stránku. V našem případě byl nahrazen původní PinkNet pro nedostatečnou funkčnost programem NGINX. Jedná se o volně dostupný HTTP server, ale také proxy server, který se stará o přesměrování portů, případně, že klient nemá povolený nestandardní port Measure serveru, který komunikuje na portu 8899, dojde k přesměrování na standardní port 80.

B) Image Server

Tento program umožňuje, ve spolupráci s javovým appletem, umístit na webovou stránku video z VFW (Video for Windows) kompatibilního zdroje, například z USB webové kamery. Program periodicky ukládá aktuální obraz ze zdroje do souboru formátu jpeg. Jméno souboru, rozlišení a kvalitu komprese je možno měnit. Rovněž je možné ukládat až do tří (použitelné množství závisí na výkonu CPU počítače serveru, na kterém program běží) různých souborů s nezávisle nastavitelným rozlišením a kvalitou komprese. Snímá obraz z webkamery každou sekundu a odesílá ho do adresáře WEB serveru, z něhož je obraz odeslán do appletu na webové stránce.

C) Measure Server

MeasureServer tvoří hlavní část celého měřícího systému a zajišťuje realizaci serverové strany experimentu. Program se skládá ze dvou logických částí. První z nich jsou pluginy. Jedná se o dll soubory poskytující pevně stanovený interface, pomocí kterého poskytují informace o pinech, ze kterých je možné číst 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 nainicializuje dostupné pluginy a následně poskytuje vzdáleným uživatelům funkce pro čtení a zápis hodnot jednotlivých pinů. Kromě toho také nabízí možnost logování hodnot pinů (dlouhodobé s

velmi malou frekvencí v řádu sekund, či krátkodobé s frekvencí v řádu desítek Hz), záznam prováděných experimentů a následné získání těchto hodnot klientskou stranou.

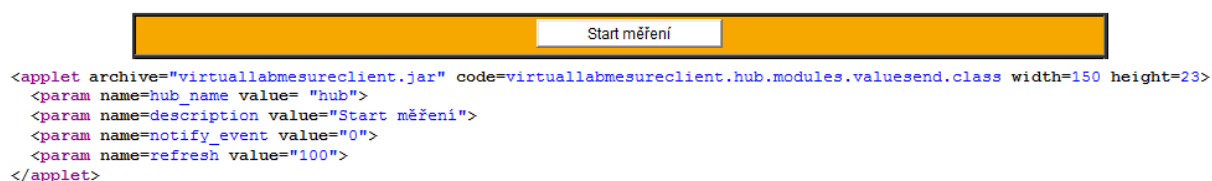
Pro tento experiment byl použit Scriptable plugin. Tento plugin umožňuje provádět nad piny složitější operace a dá se rovněž použít pro generování různých funkcí na výstupech. Celý plugin dokáže emulovat funkčnost většiny ostatních pluginů s výjimkou těch, které přímo komunikují s HW. Interface dostupný přímo z Measure serveru je minimální a většina operací se provádí pomocí scriptu uloženého v samostatném psc souboru.

Soubor psc obsahuje kompletní logiku, podle níž experiment pracuje. Zde se také zavádí jednotlivé zařízení – piny, které jsou přiřazeny java appletů. Tento soubor bylo zapotřebí naprogramovat v programovacím jazyku podobnému C.

Kromě nastavení pomocí psc souboru, je možné i několik nastavení přímo v Measure serveru, jako například maximální počet klientů, nastavení časového maxima měření jednoho klienta. Nejdůležitější část se nachází v položce „zařízení“. Jsou zde jednotlivé položky aktivních prvků, pomocí kterých experiment komunikuje s klientem. V levém okně vidíme připojené uživatele.

D) Java applety

Pro tvorbu WWW stránky využívající služeb těchto serverů slouží sada JAVA appletů. Tyto applety tvoří balík *virtuallabmeasureclient*. Funkce a parametry jednotlivých appletů budou popsány v této kapitole. S výjimkou několika samostatně fungujících appletů jsou všechny ostatní applety závislé na přítomnosti appletu *connectionhub*, který zajišťuje spojení se serverem a poskytuje jim funkce pro komunikaci. *Connectionhub* dále umožňuje posílání událostí, kdy se jeden či několik appletů zaregistrují pro příjem události, kterou může jiný applet generovat. Tento mechanismus je používán hlavně pro předávání příkazů mezi tlačítky a řídicími applety. V balíku nalezneme applety pro tlačítka, grafy, pro zobrazování obrazu, ale také applety pro čtení a uchování dat a mnoho dalších.



Obr. 6: Java applet v HTML stránce

Zde je applet, který vytváří tlačítko. Jak je vidět i tu tohoto appletu komunikace probíhá prostřednictvím appletu *connectionhub* (hub). V parametru *description* jeho popis, který bude ve zkompileované HTML stránce. Dále po stlačení toho tlačítka se generuje událost číslo 0, která značí začátek měření a na tuto událost čekají další applety, které provádí měření. Posledním parametrem je *refresh*, který udává frekvenci, s jakou se kontroluje, zda je tlačítko stlačeno.

E) HTML webová stránka

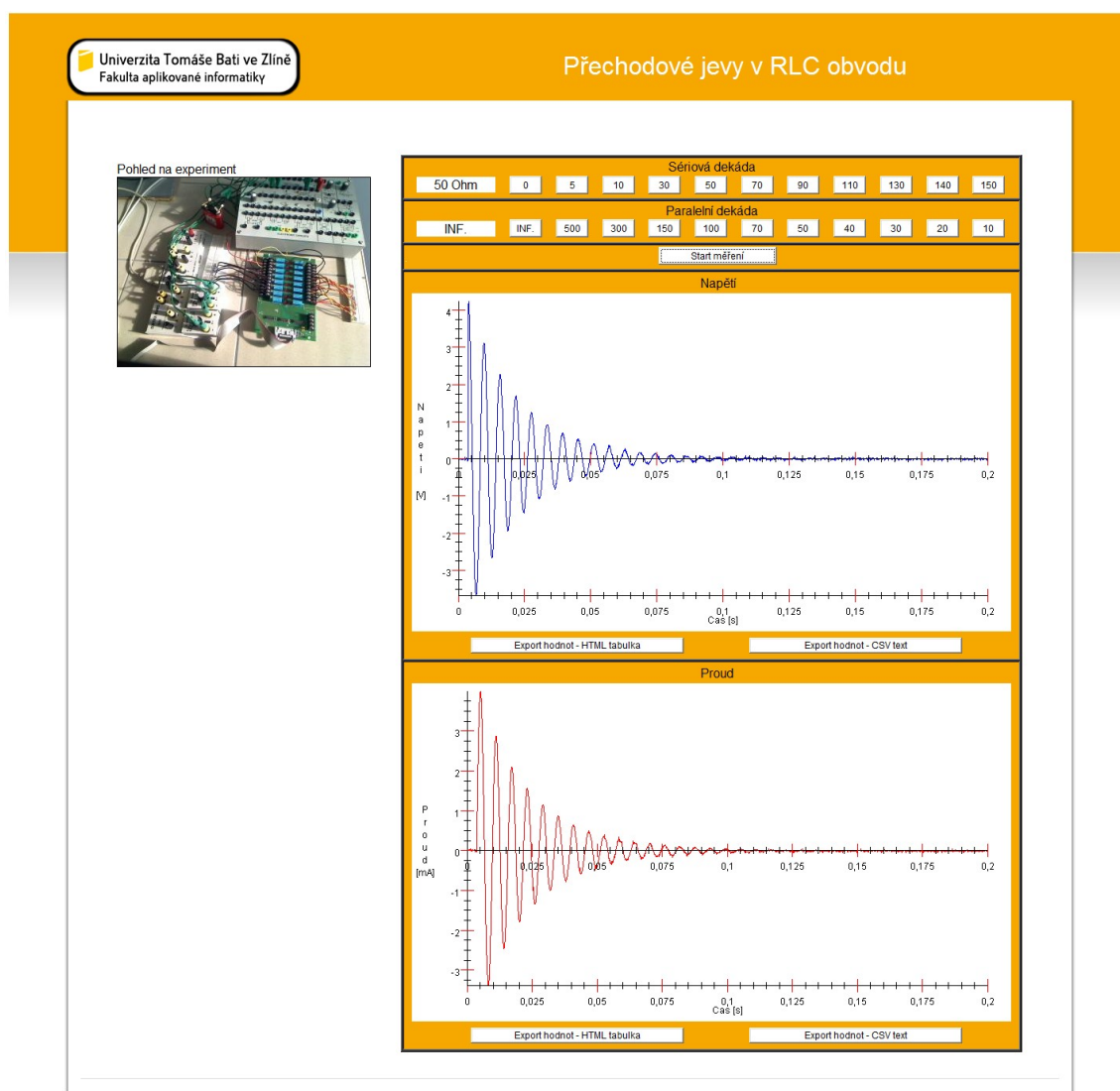
Jedná se o obyčejnou HTML stránku s implementovanými java applety a CSS formátováním, která poskytuje snadné ovládání experimentu.

F) Shrnutí

V provozu, na straně serveru, se vytváří webová stránka, která obsahuje applety pro měření a digitální zobrazování vstupních hodnot, applety pro grafické zobrazení vstupních hodnot, applety pro přenos naměřených dat, applety pro přenos obrazu z webové kamery, atd. Tato data jsou předávána ze serveru na klientský počítač pomocí webové služby. Na straně klienta je standardní prohlížeč (Internet Explorer, Mozilla, atd.) a implicitní podpora Java, bez jakýchkoliv nutných dalších úprav.

6. UKÁZKA EXPERIMENTU

Experiment, který byl zapojen podle obrázku 2, je snímán kamerou a student může sledovat změny, které provádí a hlavně vidět, jak byl experiment sestaven. U tohoto experimentu se přepínají LED diody, podle nichž je zřejmé, jaký odpor je na zvolené dekádě. Ovládání je velice jednoduché, stačí si pouze tlačítkem vybrat patřičný odpor a zmáčknout tlačítko *Start měření*.



Obr. 7: Ukázka experimentu

Je možno nezávisle ovládat obě dekády, avšak aby měl experiment smysl, je možno v daný čas nastavit odpor pouze na jedné z dekád, druhá dekáda se automaticky vynuluje nebo zkratuje.

Po naměření dat, se zobrazí 2 grafy – napětí na kondenzátoru a proud cívkou. Aby bylo měření co možná nejpřesnější, vzorkovací frekvence je 10 kHz. Všechny naměřené data u obou grafů je možné exportovat.

7. ZÁVĚR A DISKUSE

Cílem práce bylo vytvořit plně počítačově orientovaný experiment pro charakterizaci RLC obvodu, vysvětlení jevů, které v obvodu vznikají a hlavně na jednoduchém příkladu studentům předvést, jak fungují základní elektronické komponenty, jakými bezpochyby cívka a kondenzátor jsou. Experiment by měl plnit vzdělávací účely jak pro studenty, tak i pro širokou veřejnost, v uživatelsky a učebně velmi příjemné a jednoduché formě.

8. POUŽITÁ LITERATURA

1. ISES [online][cit. 2010-03-14]. O e-LABORATORY PROJECT. Dostupné z WWW: <<http://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/solar-energy-conversion>>.
2. Virtual lab dokumentace přiložená k ISES Web Control kit
3. *Jaroslav Reichl* [online]. 2007 [cit. 2011-04-29]. RLC obvody. Dostupné z WWW: <http://www.jreichl.com/fyzika/vyuka/texty/rlc_obvody.pdf>.
4. *Katedra fyziky PřF OU* [online]. 2007 [cit. 2011-04-29]. Tlumené kmity v RLC obvodu. Dostupné z WWW: <<http://artemis.osu.cz/Fyzp2/06%20Tlumen%C3%A9%20kmity%20v%20RLC%20obvodu.pdf>>.