

Západočeská univerzita v Plzni
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

POČÍTAČOVÁ PODPORA VÝUKY PŘEDMĚTU KMITY, VLNY AKUSTIKA
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tomáš Remiš
Učitelství pro střední školy, Fy - Ch
léta studia (2010 - 2012)

Vedoucí práce: *Dr. Ing. Josef Petřík*

Plzeň, 27. března 2012

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 27. března 2012

.....
Tomáš Remiš

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce Dr. Ing. Josefu Petříkovi za pomoc při tvorbě diplomové práce a za poskytnuté podklady a programy.

ANOTACE

Cílem diplomové práce „Počítačová podpora výuky předmětu Kmity, vlny, akustika“ je vypracování sady úloh, které jsou provozovány pomocí dálkově řízené laboratoře. Tato laboratoř je určena pro měření harmonických elektrických kmitů. Úlohy jsou nazvány podle prvků zapojených v obvodu střídavého proudu „Obvod střídavého proudu s odporem“, „Obvod střídavého proudu s indukčností“, „Obvod střídavého proudu s kapacitou“, „Složený obvod střídavého proudu“.

KLÍČOVÉ POJMY

E-learning, obvod střídavého proudu s indukčností, obvod střídavého proudu s kapacitou, obvod střídavého proudu s odporem, on-line laboratoř, reálná laboratoř, složený obvod střídavého proudu, virtuální laboratoř, vzdálená laboratoř.

ANNOTATION

The goal of the diploma thesis named „Computer support for teaching the subject Kmity, vlny, akustika“ is to develop a set of tasks operated by the remote controlled laboratory. This laboratory is intended to measure the harmonic electric waves. The tasks are named after elements involved in the AC circuit „AC circuit with resistance“, „AC circuit with inductance“, „AC circuit with capacity“, „Composed AC circuit“.

KEY WORDS

E-learning, AC circuit with inductance, AC circuit with capacity, AC circuit with resistance, online laboratory, real laboratory, composed AC circuit, virtual laboratory, remote controlled laboratory.

Obsah

1	ÚVOD	- 7 -
2	REÁLNÁ LABORATOŘ - SYSTÉMY PRO POČÍTAČEM PODPOROVANÉ EXPERIMENTY	- 8 -
2.1	ŠKOLNÍ EXPERIMENTÁLNÍ SYSTÉM ISES	- 8 -
2.2	VERNIER	- 11 -
2.2.1	Go!Link	- 11 -
2.2.2	LabQuest Mini	- 11 -
2.2.3	LabQuest	- 12 -
2.2.4	Go!Motion	- 13 -
2.2.5	Software Vernier	- 13 -
2.2.6	Experiment	- 13 -
3	VIRTUÁLNÍ LABORATOŘE	- 18 -
3.1	PROGRAMY PRO MĚŘENÍ Z VIDEONAHRAVEK	- 18 -
3.1.1	Coach 6	- 18 -
3.1.2	Logger Pro – Vernier	- 19 -
3.2	APPLETY SIMULUJÍCÍ FYZIKÁLNÍ EXPERIMENTY	- 20 -
4	VZDÁLENÁ LABORATOŘ	- 22 -
4.1	CÍLOVÉ SKUPINY ON-LINE LABORATOŘÍ	- 22 -
4.2	ON-LINE LABORATOŘE VE SVĚTĚ A U NÁS	- 23 -
4.2.1	LabView	- 23 -
4.2.2	ISES Web Kontrol	- 25 -
4.2.3	Další experimenty	- 27 -
5	VZDÁLENÁ LABORATOŘ NA KMT	- 29 -
5.1	POUŽITÁ APARATURA	- 30 -
5.1.1	Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX	- 30 -
5.1.2	Didaktik – žákovská souprava Elektronika	- 31 -
5.1.3	Vodiče	- 33 -
5.2	SOFTWARE	- 34 -
5.2.1	Programy vytvořené pro zvukovou kartu	- 34 -
5.2.2	TeamViewer	- 41 -
5.3	PRACOVNÍ LISTY	- 43 -
5.3.1	Obvod střídavého proudu s odporem	- 44 -
5.3.2	Obvod střídavého proudu s indukčností	- 50 -
5.3.3	Obvod střídavého proudu s kapacitou	- 60 -
5.3.4	Složený obvod střídavého proudu	- 69 -
5.4	WEBOVÉ STRÁNKY	- 77 -
5.4.1	Obsah webových stránek	- 77 -
6	ZÁVĚR	- 80 -
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 81 -
8	SEZNAM LITERATURY	- 83 -

1 ÚVOD

Internet, který se v dnešní době stává nezbytnou součástí všedního života, sebou přináší i nové možnosti ve vzdělávání. Jednou z těchto možností je e-learning. Zaměříme-li se na výuku fyziky, lze brát používání e-learningových metod jako užitečný doplněk klasické výuky. Různé učební materiály, texty, sbírky cvičení, testy se dají poměrně jednoduše umístit na internet a zpřístupnit studentům. Je zde však ještě jedna neodmyslitelná součást výuky fyziky a tou je pokus. Tato součást se však v alternativním e-learningovém vzdělávání naplňuje obtížněji. Můžeme se setkat s řadou virtuálních laboratoří, kde je klasický pokus nasimulován pomocí vhodné animace, nebo je uživateli nabídnut ke zhlédnutí jeho videozáznam. Nevýhodou těchto alternativních laboratoří je, že zde chybí reálná měřicí aparatura, do které je možné zasahovat zvenčí, měnit parametry a provádět fyzikální měření. Tyto nevýhody jsou z velké části řešeny využitím vzdálených laboratoří, do kterých má uživatel přístup odkudkoliv ve světě, prostřednictvím osobního počítače připojeného k síti internet. Mohou se vyskytnout názory, že ani tyto laboratoře nejsou, co se týče výuky fyziky, metodicky vhodné, neboť si žák nemůže vlastnoručně osahat reálnou měřicí aparaturu.

Tato práce pojednává o reálných, virtuálních a zejména o vzdálených laboratořích. Právě vzdálené laboratoře typu „remote laboratory“ a „remote sensing“ jsou typem laboratoří, kdy se na vzdálené straně opravdu nachází měřicí aparatura s experimentem, který probíhá v reálném čase. Cílem práce bylo sestavit několik funkčních úloh použitelných například ve školním praktiku nebo jako součást e-learningu při samostudiu dané fyzikální látky.

2 REÁLNÁ LABORATOŘ - SYSTÉMY PRO POČÍTAČEM PODPOROVANÉ EXPERIMENTY

Reálné laboratoře se skutečnými pokusy, které si mohou žáci vlastnoručně osahat, patří a určitě vždy budou patřit k nejpreferovanějším pokusům ve výuce fyziky. Studenti mohou takovýto experiment pozorovat na živo, nebo si ho vyzkoušet na vlastní kůži. U spousty experimentů si učitel vystačí pouze s demonstračními pomůckami, které se nemusejí nijak propojovat s počítačem, např. závaží na pružině. Ovšem připojíme-li takovýto jednoduchý experiment pomocí měřicího systému k počítači, otevřou se nám nové možnosti, jak efektivněji vyložit tento fyzikální jev studentům.

V dnešní době jsou na trhu se školními pomůckami všelijaké druhy různých demonstračních stavebnic, měřicích rozhraní a speciálních softwarů pro počítač. Do své práce jsem vybral dva měřicí systémy, o kterých si myslím, že patří mezi nejlepší dostupné systémy u nás. První z nich je systém od firmy ISES, která operuje na trhu už spoustu let a prožila už za tuto dobu nemalý vývoj. Druhým na řadě je systém od firmy Vernier, který je na našem trhu poměrně nováčkem.

2.1 ŠKOLNÍ EXPERIMENTÁLNÍ SYSTÉM ISES

Měřicí systém ISES patří v naší republice mezi nejznámější a nejrozšířenější měřicí systémy. ISES slouží pro měření a řízení experimentů zejména ve fyzice, chemii, biologii, elektrotechnice a elektronice. Jeho hlavní výhodou je spolupráce s počítačem, do kterého jsou převedena veškerá naměřená data. Zobrazení dat je grafické, číslíkové, XY, případně kombinované. Data je možné ukládat do souborů nebo exportovat.

Základním prvkem soupravy ISES je měřicí AD/DA karta, která převádí vstupní analogový signál na digitální, srozumitelný pro počítač. Obráceně převádí digitální signál na analogový. Měřicí karta se připojuje do volných PCI nebo ISA slotů, nově do USB sběrnice osobního počítače. Sada dále obsahuje měřicí moduly a ovládací panel (Control Board), přes který se moduly připojují k měřicí kartě.

MĚŘICÍ KARTY:

ISES BASIC

ISES PROFESSIONAL

ISES PRO PCI

ISES USB

Jako doplněk pro ISES PCI a ISES Professional vznikla bezdrátová souprava ISES Blue, která pracuje volně se senzory a naměřená data se bezdrátově, až na vzdálenost 10 m, přenesou do počítače, který disponuje vstupem Bluetooth.

Čidla (moduly) soupravy ISES jsou vstupním článkem měřicího řetězce. Čidla se připojují k ovládacímu panelu pomocí konektorů a přivádějí sem signál, který dále směřuje přes měřicí kartu do počítače, kde je dále zpracováván. V současné době se vyrábí celá řada nejrůznějších modulů.

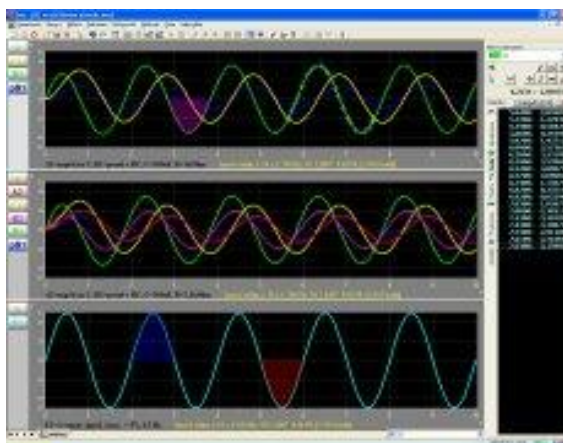


Obrázek 1: Moduly ISES
(http://www.ises.info//ises_data/systemises/introduction/general.jpg)



Obrázek 2: Souprava ISES
(http://www.ises.info//ises_data/systemises/hardware/sensors.jpg)

Aby výše uvedené hardwarové součásti školní soupravy ISES komunikovaly s počítačem, je třeba mít v počítači nainstalován vhodný software. Nejzákladnějším softwarem je ISES pro DOS, který je dnes vlivem moderních operačních systémů téměř nepoužíván. Pro operační systém Windows se používá ISES 2.0 (Windows 98) a ISES 4.0 (Windows 2000, Windows XP, Windows Vista). Pro ISES Blue byl vyvinut speciální software ISESWIN32blue. Poslední novinkou je ISES pro Windows verze 5.0, který je kompatibilní se všemi soupravami ISES včetně ISES Blue a běží ve Windows 2000, Windows XP, Windows Vista i Win7.



Obrázek 3: Software ISESWIN
(http://www.ises.info/ises_data/systemises/software/gallery/graph02_tn.jpg)

Software ISES umožňuje současné sledování a řízení experimentů v osmi různých vstupech a dvou výstupech. Jsou zde široké možnosti řízení experimentů (programovatelný multifunkční generátor) a také různé způsoby zpracování dat – grafické (časová i XY závislost), analogové, digitální. Rovněž nechybí numerické a grafické zpracování dat (aproximace, derivace, integrace). Samozřejmostí je autodetekce všech modulů, stejně jako výstupy na tiskárnu, plotr, disk, knihovny experimentálních dat a konfigurací. Pro Windows je možnost plného propojení s programy Write, Microsoft Office, Paintbrush, Calculator. Součástí experimentu může být i obrázek nebo video.

ISES WEB CONTROL

Stavebnice ISES Web Control je vytvořena jako softwarová nadstavba systému ISES pro jednoduchou tvorbu vzdálených experimentů. Serverová softwarová část běží na standardním WEB prostoru, který musí být Windows typu. Na tomto WEB prostoru se vzdálené úlohy jeví skoro jako normální HTML stránky. Tyto stránky obsahují Java applety umožňující komunikaci s měřicí aparaturou. Java applety se do HTML stránky zařadí jako blok. Serverový software obsahuje kromě HTML stránek s applety spuštěné aplikace, které zprostředkovávají komunikaci s hardwarem. Jsou to ImageServer pro podporu webkamer, MeasureServer pro ovládání hardwaru, HTTPRelay pro připojování uživatelů s omezenými přístupy.

2.2 VERNIER

Měřicí systémy od americké firmy Vernier jsou na českém trhu celkem novinkou a teprve se začínají rozšiřovat do škol. Vernier přichází s několika měřicími rozhraními, asi sedmdesáti senzory a softwarem pro osobní počítač.

2.2.1 GO!LINK

Je základní rozhraní pro připojení senzorů k počítači přes USB port.



Obrázek 4: Go!Link
(<http://www.vernier.cz/katalog/foto/golink.jpg>)

2.2.2 LABQUEST MINI

LabQuest Mini je dalším rozhraním, které se připojuje k počítači pomocí USB portu (podporuje USB 2.0 Full Speed). Toto rozhraní disponuje oproti předchozímu pěti porty pro připojení senzorů, třemi analogovými a dvěma digitálními.



Obrázek 5: LabQuest Mini
(<http://www.vernier.cz/katalog/foto/lq-mini.jpg>)

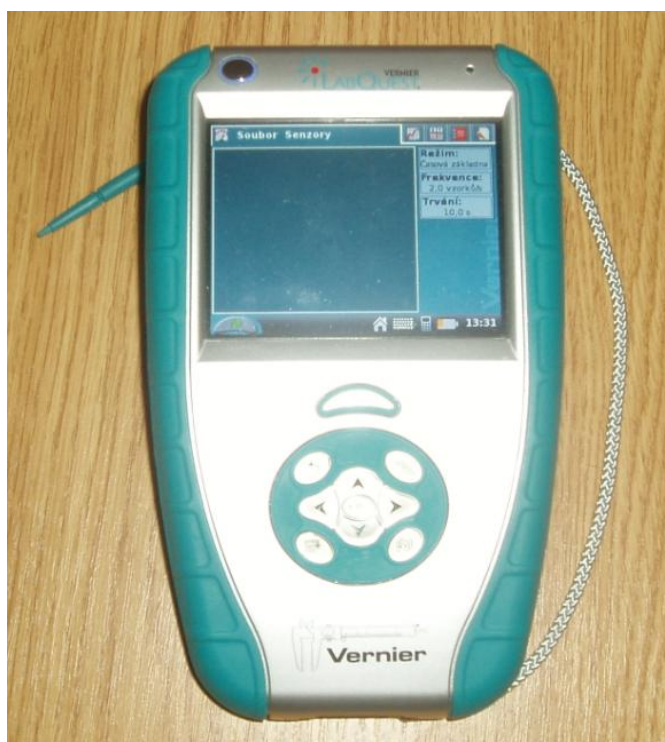
2.2.3 LABQUEST

Dvanáctibitové rozhraní Vernier LabQuest představuje autonomní měřicí zařízení, které spolupracuje se všemi senzory Vernier a s uživatelem komunikuje v češtině. S hmotností 350 gramů, zabudovaným procesorem 416 MHz a vestavěnou pamětí 40 MB představuje kompaktní a velmi výkonný nástroj.

LabQuest umožňuje uživateli připojit současně 4 analogové senzory, 2 digitální senzory a jeden sensor s rozhraním USB (např. čidlo pohybu GO-MOT nebo teploměr GO-TEMP). Data lze sbírat s maximální vzorkovací frekvencí 100 kHz. Barevný dotykový displej s úhlopříčkou 8,9 cm nabízí rozlišení 320 x 240 bodů a zvládá například vykreslování barevně odlišných grafů.

Rozhraní lze obsluhovat prostřednictvím dotykového displeje (k tomuto účelu je součástí LabQuestu dotykové pero) nebo pomocí deseti tlačítek. Mezi praktické nástroje, které jsou přímo součástí rozhraní, patří periodická tabulka, kalkulačka, vestavěný mikrofon apod.

LabQuest je možné připojit k PC pomocí přiloženého kabelu (propojuje porty USB počítače a USB mini LabQuestu). Naměřená data je možné prostřednictvím USB portu uložit ve formátu .qml na flash disk, zkopírovat do počítače a zde například exportovat do Excelu.



Obrázek 6: LabQuest

2.2.4 Go!MOTION

Čidlo pro měření polohy a pohybu Go!Motion využívá ultrazvuku k měření vzdálenosti od sledovaného předmětu.



Obrázek 7: Čidlo Go!Motion

2.2.5 SOFTWARE VERNIER

Rozhraní LabQuest je sice zcela autonomní měřicí systém, ale může sloužit, stejně jako Go!Link a LabQuest mini, také jako pouhý mezičlánek propojující senzory s počítačem. Měření a zpracování dat počítačem umožňují programy Logger Pro a Logger Lite.

Logger Pro je počítačový software umožňující měření se senzory Vernier. Tento velmi výkonný program nabízí rozsáhlé možnosti nejen při zpracování dat, ale například i při analýze videozáznamu, tedy měření fyzikálních (zejména kinematických) veličin na zaznamenaném videu. V tomto směru posouvá možnosti samotného LabQuestu.

Logger Lite je zjednodušená verze Logger Pro, která spolupracuje s většinou senzorů a obsahuje všechny potřebné nástroje pro běžné zpracování dat.

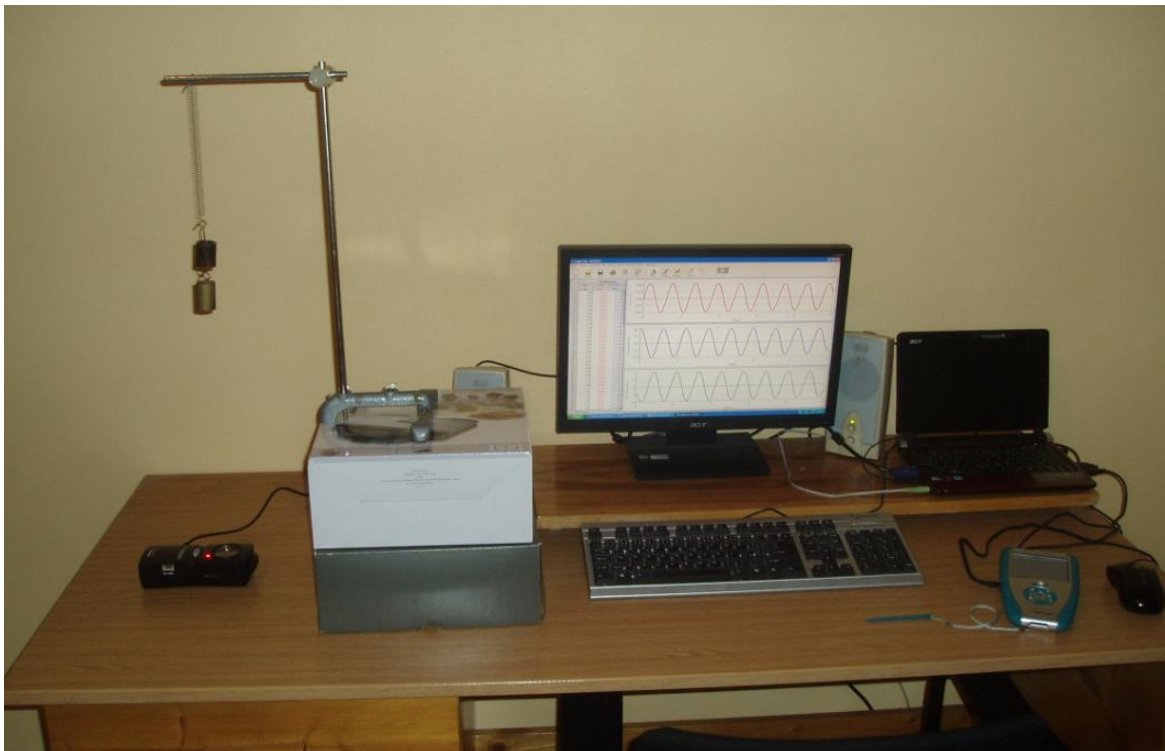
2.2.6 EXPERIMENT

V následujícím experimentu je názorně ukázáno, jak lze využít měřicího systému Vernier při studiu kmitavého pohybu. Jako příklad jsem vybral studium netlumených kmitů.

NETLUMENÉ KMITÁNÍ

POMŮCKY

- LabQuest, čidlo polohy a pohybu Go!Motion
- Osobní počítač s nainstalovaným programem Logger Lite
- Stojan, pružina, závaží



Obrázek 8: Reálná laboratoř – měření netlumených kmitů

POSTUP

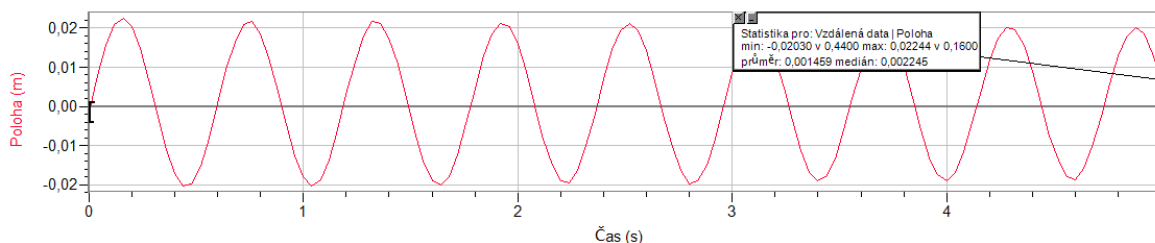
- Na stojan připevníme pružinu, na kterou zavěsíme závaží. Čidlo Go!Motion umístíme přesně pod závaží a připojíme ho k měřicímu rozhraní LabQuest.
- Zapneme LabQuest a nastavíme v něm čas měření na 5 s a vzorkovací frekvenci na 50 Hz.
- Před samostatným měřením, je vhodné nastavit rovnovážnou polohu tělesa jako vzdálenost 0 (vynulovat senzor).

- Těleso na pružině vychýlíme směrem dolů k sonaru a necháme kmitat (těleso by mělo kmitat pouze ve svislém směru a nevychylovat se příliš od tohoto směru ve směru vertikálním). V zápětí spustíme měření.
- Po skončení měření připojíme LabQuest k počítači a otevřeme si program Logger Lite. Naměřená data a grafy si převedeme z rozhraní LabQuest do programu Logger Lite, kde s nimi můžeme dále pracovat.

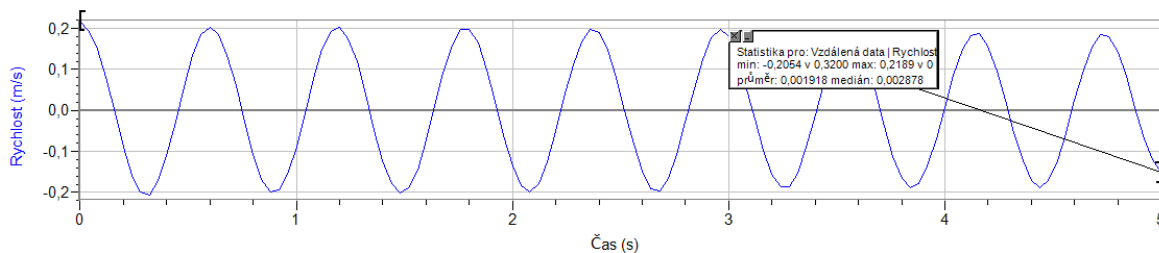
Po extrakci dat se nám v programu Logger Lite zobrazí tři grafy, závislost okamžité výchylky kmitajícího tělesa na času, závislost velikosti okamžité rychlosti na času a závislost velikosti okamžitého zrychlení na času. Ačkoliv byly grafy zaznamenány v reálném prostředí (ve vzduchu), neprojevíly se za relativně krátkou dobu měření téměř žádné odporové síly. Je tedy možné považovat kmitání za netlumené a na základě získaných grafů řešit následující úkoly.

ÚKOLY

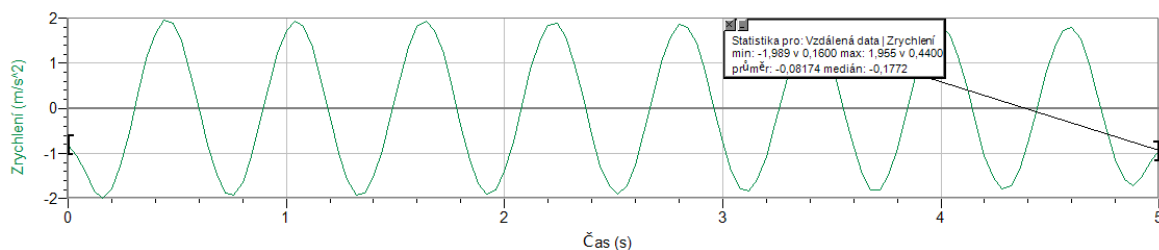
1. Určete periodu kmitání daného harmonického oscilátoru, jeho amplitudu a počáteční fázi kmitání.
2. Napište rovnici popisující kmitání tohoto pohybu.
3. Napište rovnici pro velikost okamžité rychlosti daného oscilátoru. Vyjděte z rovnice pro okamžitou výchylku. Získanou rovnici porovnejte s grafem závislosti velikosti okamžité rychlosti na času.
4. Pomocí grafu závislosti velikosti okamžitého zrychlení na času napište rovnici pro okamžité zrychlení tohoto kmitavého pohybu.



Obrázek 9: Graf závislosti polohy na času



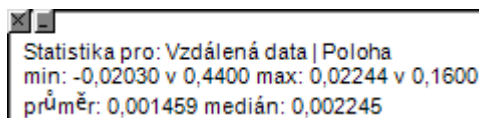
Obrázek 10: Graf závislosti rychlosti na času



Obrázek 11: Graf závislosti zrychlení na času

ŘEŠENÍ

1. Amplitudu kmitavého pohybu určíme ze statistiky programu Logger Lite.

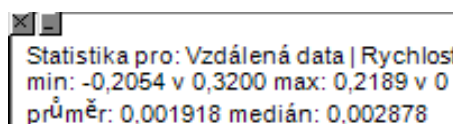


Obrázek 12: Statistika - amplituda

Vidíme zde, že kyvadlo dosahovalo dolní výchylky v 0,02 m od rovnovážné polohy a horní výchylky ve 0,02 m od rovnovážné polohy. Maximální výchylka tedy je 0,02 m. Perioda T určená z grafu je asi 0,6 s. Fázové posunutí φ_0 je v našem případě rovno 0.

2. Pro popis kmitavého pohybu vyjdeme z obecné rovnice $y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$. Po dosazení dostaneme rovnici $y = 0,02 \sin 10,5t$.

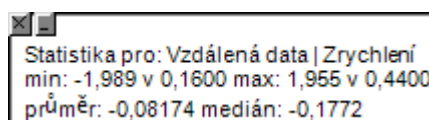
3. Pro velikost okamžité rychlosti v závislosti na času platí vztah $v = v_m \cos(\omega t + \varphi_0) = y_m \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$. Po dosazení z rovnice pro okamžitou výchylku dostáváme vztah $v = 0,21 \cos 10,5t$. Stejnou rovnici získáme i z grafu závislosti velikosti okamžité rychlosti na času. Maximální velikost rychlosti odečteme ze statistiky.



Obrázek 13: Statistika - rychlost

Průměrná maximální rychlost se zde pohybuje okolo 0,21 m/s. Perioda určená z grafu je rovněž 0,6 s, ω se tedy rovná $10,5 \text{ s}^{-1}$. Porovnáme-li grafy pro polohu a pro rychlost, vidíme, že jsou navzájem posunuty o $\frac{1}{4} T$, což odpovídá teorii. Těleso dosahuje při kmitavém pohybu maximální rychlosti při nulové výchylce.

4. U rovnice pro zrychlení kmitavého pohybu vyjdeme opět z obecného tvaru $a = -a_m \sin(\omega t + \varphi_0)$. Do této rovnice dosadíme hodnoty z grafu závislosti velikosti okamžitého zrychlení na času. Maximální velikost zrychlení určíme opět ze statistiky, úhlovou frekvenci (periodu) určíme přímo z grafu závislosti velikosti okamžitého zrychlení na času.



Obrázek 14: Statistika - zrychlení

Po dosazení získáme rovnici $a = -2 \sin 10,5t$. Porovnáme-li graf pro polohu s grafem pro zrychlení, vidíme, že kmitavý pohyb tělesa je směrem z rovnovážné polohy zpomalený, směrem do rovnovážné polohy zrychlený.

3 VIRTUÁLNÍ LABORATOŘE

Virtuální laboratoře představují novou, rychle se rozvíjející technologii v přírodních vědách. Pro práci ve virtuální laboratoři není zapotřebí žádná reálná měřicí aparatura, vystačíme si zcela s počítačem a příslušnými programy nebo applety. Učitel si jednoduše při výkladu spustí na počítači danou simulaci, kterou může žákům promítnout pomocí projektoru. Tyto laboratoře usnadní učiteli práci a čas při stavění experimentů nebo mu umožní názorně vyložit takovou látku, ke které se žádný experiment postavit nedá (drahé nebo nebezpečné pomůcky, simulace reálné události, apod.). Virtuální laboratoře se dají využít i při e-learningu. Žákům nebo studentům postačí pouze osobní počítač s připojením k internetu.

Mezi virtuální laboratoře můžeme zařadit zejména programy pro měření z videonahrávek a applety simulující fyzikální experimenty.

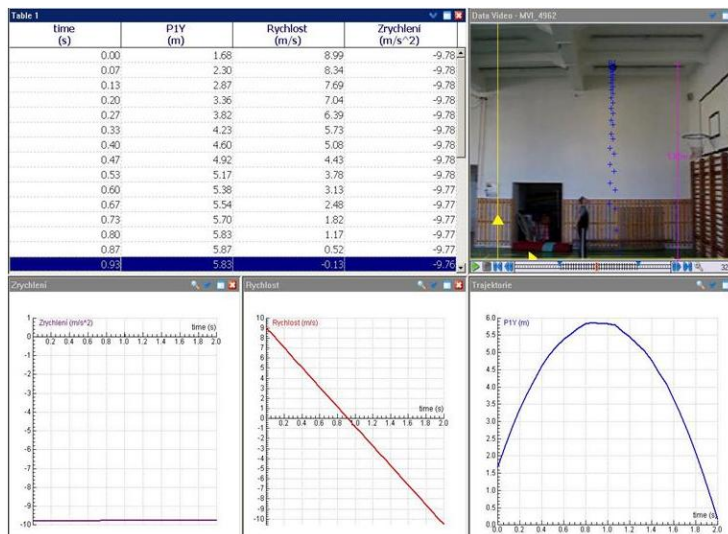
3.1 PROGRAMY PRO MĚŘENÍ Z VIDEONAHRAVEK

Speciální oblastí získávání reálných dat je měření z videozáznamů. Natočíme-li video nějakého reálného experimentu, např. pádu míčku, vrhu tělesa nebo pohybu sportovců, můžeme následovně provést analýzu těchto pohybů přímo z videa. Pomocí speciálních programů přiřadíme jednotlivým bodům prostorové souřadnice, časová osa je dána intervalem mezi dvěma snímky.

3.1.1 COACH 6

Jedním z programů pro videoanalýzu, modelování a tvorbu animací je prostředí Coach 6. Tento program lze použít ve výuce mechaniky nebo dynamiky jako doplnění skutečných experimentů.

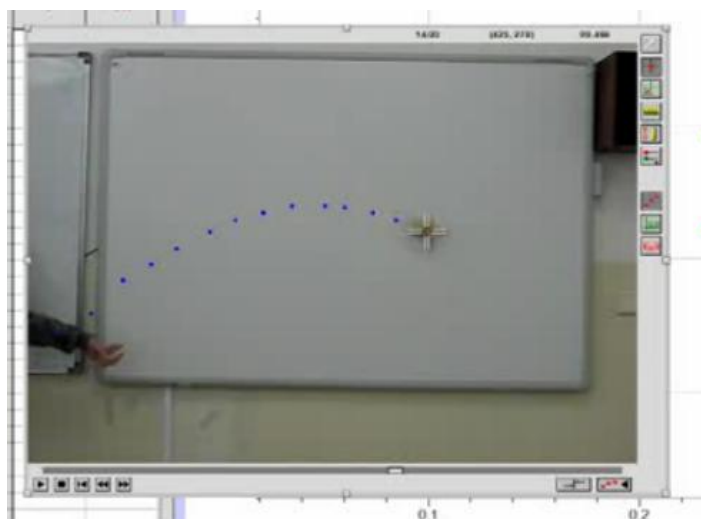
Proměřování snímku a analýza mechanického pohybu v úlohách je prováděna v části měření na videu. Měření se provádí tak, že se na jednotlivých snímcích označí poloha předem zvoleného bodu. Měřič videa provede výpočet souřadnic kurzoru ve dvourozměrném kartézském souřadnicovém systému, který odpovídá rovině snímku, a zapíše vypočtené hodnoty do souboru výsledku.



Obrázek 15: Coach 6 – analýza videa
(http://artemis.osu.cz/coach%5Fvideo/index_soubory/image30301.jpg)

3.1.2 LOGGER PRO – VERNIER

Dalším programem, na kterém je možné získávat data přímo z videonahrávek, je již výše zmiňovaný Logger Pro od firmy Vernier. Pomocí programu si otevřeme příslušné video, které chceme prozkoumat. Na každém snímku videa označíme polohu pohybujícího se bodu a jeden z bodů zvolíme za počátek soustavy souřadnic. Pak už můžeme pracovat se závislostmi, které nám program nabízí. Proložíme-li získané body vhodnou křivkou, program nám zobrazí rovnice odpovídající danému fyzikálnímu jevu. Při měření je nutné uvést alespoň jeden reálný rozměr, např. z pozadí videa. Pro sofistikovanější měření je dobré zadat i vzdálenost pohybujícího se tělesa od kamery. Samotný program obsahuje knihovnu s různými videi vhodnými pro analýzu.

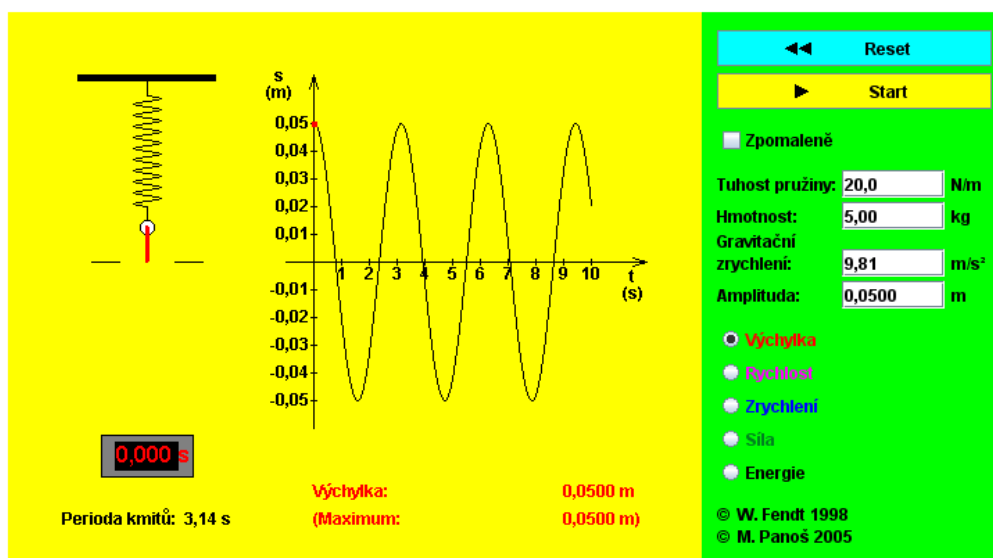


Obrázek 16: Logger Pro – analýza videa
(<http://www.stream.cz/uservideo/650268-export-dat-z-programu-logger-pro>)

3.2 APPLETY SIMULUJÍCÍ FYZIKÁLNÍ EXPERIMENTY

Virtuální laboratoře s applety, simulacemi a modely fyzikálních experimentů jsou novou, rychle se rozvíjející oblastí na poli vzdělávání. Na první pohled jednoduchá programátorská práce přinesla na svět už více jak tisíce appletů, flashů aj. Takovéto applety simulující nějaký fyzikální experiment mohou být výbornou pomůckou nejen pro učitele fyziky, ale mohou se stát i nepostradatelnou součástí e-learningu. Stačilo by vybudovat knihovnu shromažďující veškeré vhodné applety, ke které by se mohl kdokoliv pomocí internetu připojit a spustit si potřebnou simulaci. Učitel by si při hodině mohl rychle a jednoduše vyhledat simulace s danou problematikou a za pomoci vhodného appletu demonstrovat danou fyzikální zákonitost. Studenti by v rámci samostudia mohli pomocí e-learningu nastudovat danou problematiku, kterou by si ověřili pomocí vhodné simulace.

Potřebujeme-li použít simulaci v předmětu Kmity, vlny, akustika, určitě se nám podaří nalézt na internetu spousty povedených appletů vhodných pro výuku. Většina simulací je postavena tak, aby co nejpřesněji napodobovaly reálný experiment a aby uživatel mohl při práci nastavovat co nejvíce proměnných. Podívejme se např. na applet simulující pružinový oscilátor z webové stránky http://www.walter-fendt.de/ph14cz/springpendulum_cz.htm.



Obrázek 17: Java applet simulující kmitavý pohyb oscilátoru

Tento Java applet umožňuje sledovat závislost okamžité výchylky, rychlosti, zrychlení, síly a energie při kmitání pružinového oscilátoru. Uživatel má možnost nastavit tuhost pružiny, hmotnost závaží a amplitudu. Je tu i možnost měnit velikost gravitačního zrychlení.

Na stejných stránkách nalezneme i další podobné applety zkoumající kmitavý pohyb a vlnění: <http://www.walter-fendt.de/ph14cz/>. Kyvadlo, vázané oscilátory, buzené kmitání, zázněje – rázy, stojaté vlnění, interference dvou podélných vln, Dopplerův jev.

Některé další povedené applety vhodné pro výuku předmětu Kmity, vlny, akustika jsou umístěny na stránkách:

<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>

<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm>

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/>

<http://faraday.physics.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/>

<http://www.aldebaran.cz/applets/>

4 VZDÁLENÁ LABORATOŘ

Pod pojmem vzdálená laboratoř se často můžeme setkat s virtuální laboratoří, kde se fyzikální jevy vysvětlují pomocí appletů. Někdy jsou za vzdálenou laboratoř označovány i živé video přenosy experimentů nebo jejich záznamů. Avšak hovoříme-li o skutečných on-line laboratořích, nesmíme opomenout, že u nich nesmí chybět reálná měřicí aparatura, ke které se může uživatel připojit přes internet a v reálném čase provádět její pomocí daná měření.

Na internetu můžeme najít různé druhy on-line remote laboratory. Při hledání některých z nich použijeme slova jako vzdálené laboratoře, remote laboratory, vzdálené experimenty, remote experiments, remote sensing, remote observing, robot, remote robot a jiné. Můžeme si zde vyzkoušet různé nové technologie a z pohodlí domova ovládat všelijaké aparatury v nejrůznějších koutech světa.

4.1 CÍLOVÉ SKUPINY ON-LINE LABORATOŘÍ

Základní myšlenka vzdělávání spočívá v tom, že získané vědomosti bychom měli umět uplatnit v praxi. Ovšem je všeobecně známo, že člověk si nejvíce věcí zapamatuje, když si je může vyzkoušet v na vlastní kůži neboli právě v praxi. Proto, jak všichni učitelé fyziky vědí, žádná věta z úst učitele se nemůže vyrovnat jedinému experimentu, který si žák sám provede. Uvažujme třídu s průměrným počtem třiceti studentů, která má dvě hodiny fyziky týdně po čtyři roky strávené na střední škole. S množstvím látky, která se má za tyto čtyři roky probrat, se učiteli podaří předvést v hodině jen zlomek z experimentů, než by bylo vhodné. Z tohoto počtu pokusů si žáci pouze další zlomek provedou sami. Za této situace přichází na řadu e-learning se vzdáleným experimentem. Staré kyvadlové hodiny zná každý, ale co je perioda, frekvence, jak zaznamenat pohyb kyvadla v čase už není snadný úkol. Vezměme tedy např. jednoduché kyvadlo a umístíme ho do laboratoře. Připojme k němu měřicí aparaturu, počítač s vhodným softwarem a přístupem na internet a máme jednoduchou vzdálenou laboratoř. Uživatel pro připojení k experimentu stačí pouze osobní počítač s internetem. Student se pomocí e-learningu teoreticky připraví a v on-line laboratoři si úlohu proměří. Pro větší věrohodnost může navíc experiment sledovat pomocí webkamery.

K takto vybudované vzdálené laboratoři, bude-li volně přístupná, se teoreticky může připojit jakýkoliv uživatel internetu. V dnešní době, kdy se rozpočty škol neustále tenčí, není jednoduché takovou laboratoř vybavit. Kdyby se však spojilo více škol dohromady a investovali by právě do těchto laboratoří, nebyl by pak problém sdílet tuto laboratoř mezi sebou. To by umožnilo všem studentům z těchto škol se teoreticky připravovat a provádět daná měření.

Nezapomínejme na experimenty, které jsou buď finančně velice nákladné, nebo jsou pro člověka nebezpečné, takže se k nim obyčejný smrtelník nikdy nedostane. Naopak člověk může být u některých experimentů rušivým faktorem. Umožníme-li k těmto experimentům přístup přes internet, vzniknou zde vzdálené laboratoře, ke kterým se mohou připojit i obyčejní lidé.

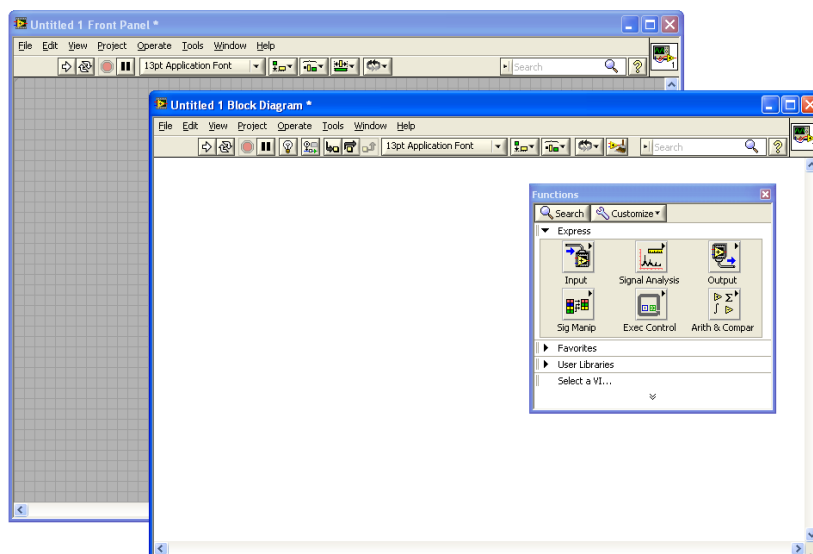
Ve světě fyziky existují i jevy, které má cenu sledovat pouze dlouhodobě. Budeme-li data z těchto experimentů shromažďovat v počítači, nebude pro nás problém si zpětně kteroukoliv část měření pomocí internetu vyvolat a prozkoumat.

4.2 ON-LINE LABORATOŘE VE SVĚTĚ A U NÁS

4.2.1 LABVIEW

Vzdálené laboratoře jsou celkem mladé objekty na půdě distančního vzdělávání. První takovéto laboratoře vznikaly jako specializované aplikace server-klient. Abychom si mohli takovou úlohu spustit, bylo nejprve třeba stáhnout a nainstalovat speciální klientský program, což bylo problematické zejména pro školní počítačové laboratoře, kde žáci většinou neměli právo cokoli instalovat. Také uživatel na pomalé síti, kde je stahování většího souboru zdlouhavé, byl již v počátku odrazen.

Často užívaným softwarem pro tento druh vzdálených laboratoří se stalo LabVIEW, které pomocí podpory „Remote Panel“ jednoduše přemění lokální aplikaci na Web aplikaci a umožní tak jednomu uživateli internetu pracovat s aparaturou na jeho druhém konci. Uživatel si ještě před spuštěním experimentu musí stáhnout a nainstalovat speciální plugin LVRunTime engine, což může uživatele, který je zvyklý na okamžitou odezvu, nesmí anebo se bojí cokoli do svého počítače instalovat, hned na začátku odradit. I přes to je však většina zahraničních vzdálených laboratoří vystavěna právě na LabVIEW.



Obrázek 18: Prostředí LabVIEW

Jeden z experimentů, kde je zapotřebí nainstalovat klientský program, je na <http://mechatronics.me.wisc.edu/webmotctrl/>. Uživatel si zde může zatočit motorem.

Na <http://rr.informatik.tu-freiberg.de/index.php?js=1> je model železnice s internetově ovládanými vláčky.

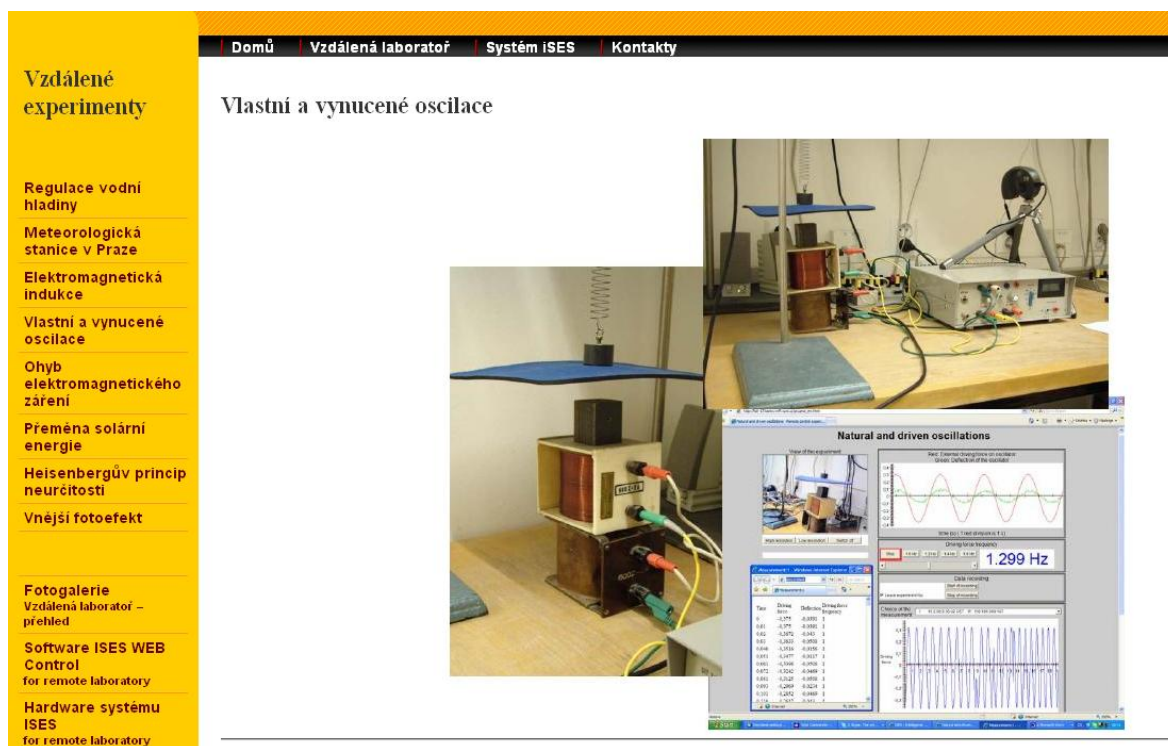


Obrázek 19: Model dálkově ovládané železnice
(<http://rr.informatik.tu-freiberg.de/img/gallery/g.impressions/03030023.jpg>)

4.2.2 ISES WEB KONTROL

Dalším druhem vzdálených laboratoří jsou takové, které můžeme řídit pouze pomocí webového prohlížeče. Pro jejich spuštění není potřeba žádný speciální software, pouze standardní prohlížeče (Explorer, Mozilla, Opera), bez kterých se žádný uživatel internetu neobejde.

V České republice můžeme takovéto laboratoře najít např. na adrese <http://www.ises.info>. Pod odkazem „Vzdálená laboratoř“ se nachází devět experimentů, které si může každý uživatel internetu vyzkoušet.



Obrázek 20: Internetová stránka <http://www.ises.info>

- Regulace vodní hladiny – jednoduchá regulační úloha dokonce s vícenásobným přístupem.
- Meteorologická stanice v Praze – zde může uživatel měřit teplotu, tlak a svit slunce i s možností výběru a stažení dat. Tato úloha se nedá řídit, naměřená data jsou non stop poskytována klientovi.

- Elektromagnetická indukce – v této úloze je možné měnit rychlost rotace cívky v magnetickém poli a tak i velikost indukovaného napětí. Změna rychlosti rotace cívky a snímání indukovaného napětí se provádí pomocí soupravy ISES. V úloze je možné spustit záznam dat a naměřená data lze přenést přes datovou schránku rovnou do svého počítače (do Excelu). Experiment je přenášen online kamerou.
- Vlastní a nucené oscilace – zde je opět možné pomocí webového prohlížeče měnit a sledovat velikost a průběh nucených a vlastních kmitů soustavy. Pokus je řízen pomocí soupravy ISES. Je zde možnost záznamu dat a jejich následovného přenosu do osobního počítače.
- Přeměna solární energie – u tohoto experimentu je možné naměřit voltampérovou charakteristiku fotodiody při různé úrovni osvětlení. V úloze je online vykreslován graf a je zde opět možnost záznamu a přenosu dat. Úloha je také sledována webkamerou.
- Ohyb elektromagnetického záření a Heisenbergův princip neurčitosti – v těchto dvou úlohách může uživatel proměřit ohybový obrazec, spočítat parametry šterbiny nebo určit Planckovu konstantu (h). Nachází se zde elektricky říditelná šterbina a dva polovodičové lasery o různých vlnových délkách. Světelná intenzita ohybového obrazce je snímána optickým čidlem ze soupravy ISES. Vše je opět vidět na webkameře.
- Vnější fotoefekt – i tato úloha je řízena pomocí soupravy ISES. Uživatel zde může měnit vlnovou délku, intenzitu a druh osvětlení. V průběhu měření se opět zobrazuje voltampérová charakteristika, kterou si uživatel může stáhnout. Vše je tradičně snímáno webkamerou.
- Polarizace světla – v tomto vzdáleném experimentu má uživatel možnost sledovat pomocí webkamery polarizaci světla, tak že mění různé zdroje světla a zařazuje mezi zdroj a kameru různé filtry. Opět je možné pořídit graf.

U každého vzdáleného experimentu najdeme na stránkách ISESu navíc motivační obrázek s textem, fyzikální základ, kde se seznámíme s fyzikální látkou týkající se daného pokusu, návodem jak máme s daným experimentem zacházet, zadáním úlohy, kde si pro návštěvníky tvůrci připravili různé zajímavé úkoly různé náročnosti. Můžeme zde najít i experimentální uspořádání s různými fotografiemi aparatury a u některých experimentů i simulace s Java applety, které napodobují daný pokus.

Všechny experimenty jsou přístupné 24 hodin denně. Úlohy jsou jednopřístupové, jen jeden uživatel má právo úlohu ovládat, ostatní ji mohou pouze sledovat. Připojí – li se k úloze někdo další, má uživatel úlohu k dispozici 5 minut, po té přichází na řadu další v pořádku.

Ke spuštění těchto experimentů nám opravdu postačí jen připojení k internetu a některý internetový prohlížeč. Ovšem správná funkčnost je podmíněna instalací některé podpory jazyku Java, takže vidíme, že i tady jsou omezení, i když se to na první pohled nezdá. Java se dá volně stáhnout (<http://java.com>) a doinstalovat do prohlížeče. Smůlu mají opět ti, kteří nemají možnost do svých počítačů cokoliv instalovat.

4.2.3 DALŠÍ EXPERIMENTY

Assoc. Prof. Dr. František Lustig, působící na Karlově univerzitě v Praze, byl průkopníkem těchto vzdálených laboratoří, vystavěných pomocí školní soupravy ISES, v České republice. Se svým týmem vyvinuli nový software Ises web kontrol, který se stal nepostradatelným při tvorbě vzdálených laboratoří. S pomocí soupravy ISES a softwaru Ises web kontrol byly posléze vystavěny další laboratoře se vzdálenými experimenty. Podobné webové stránky jako na Karlově univerzitě mají i na MU v Brně a PU v Olomouci.

Na adrese <http://www.remote-laboratory.com/cz/> si můžeme prohlédnout šest experimentů, které jsou postaveny na pedagogické fakultě v Brně a na adrese <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/rlab.html> najdeme pět úloh, které mají na katedře experimentální fyziky v Olomouci. U všech úloh je opět vysvětlena fyzikální teorie týkající se daného fyzikálního jevu, návod, jak se má s pokusem zacházet, fotogalerie, schéma a popis zapojení aparatury. Nechybí zde ani zadání úlohy pro měření. U některých úloh je animace, která napodobuje danou aparaturu. Na katedře experimentální fyziky v Olomouci přidali navíc i videonávod, ve kterém provedou uživatele celým měřením.

Další vzdálené laboratoře v České republice nalezneme například na gymnázium v Klatovech, kde připravili úlohu Tepelná závislost odporu kovu a polovodiče. Opět je zde uvedena teorie, popis aparatury a principu měření, postup měření a pracovní úkol. Na ZŠ v Šumperku a ČZU v Praze mají online meteorologickou stanici.

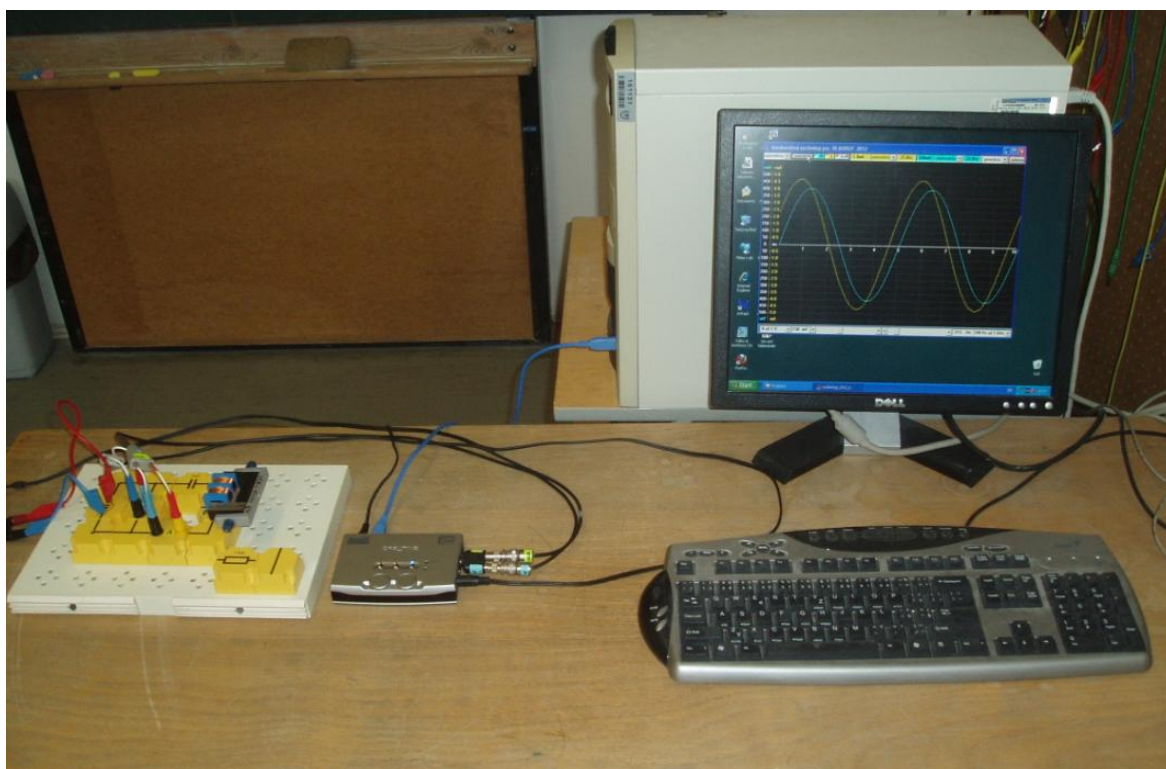
Zahraniční laboratoře pracující na podobném principu nalezneme například v Německu na adrese <http://rcl.physik.uni-kl.de/>, nebo v Trnavě na Slovensku na adrese http://kf.truni.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=76

5 VZDÁLENÁ LABORATOŘ NA KMT

V rámci diplomové práce jsme vybudovali na Oddělení fyziky Katedry matematiky, fyziky a technické výchovy ZČU v Plzni jednoduchou vzdálenou laboratoř se čtyřmi fyzikálními úlohami.

- Obvod střídavého proudu s odporem
- Obvod střídavého proudu s indukčností
- Obvod střídavého proudu s kapacitou
- Složený obvod střídavého proudu (sériový rezonanční obvod RLC)

Všechny experimenty byly postaveny pomocí elektronické stavebnice DIDAKTIK. Jako AD/DA převodník byla použita zvuková karta Creative Sound Blaster Audigy 2 NX. Samotné měření se provádí pomocí programů Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.



Obrázek 21: Vzdálená laboratoř umístěná na KMT

Vzdálená laboratoř je svým zaměřením vhodná zejména pro žáky středních škol a to jak pro gymnázia, průmyslové školy nebo i učiliště. Své uplatnění by ale určitě našla i u studentů technických oborů škol vysokých.

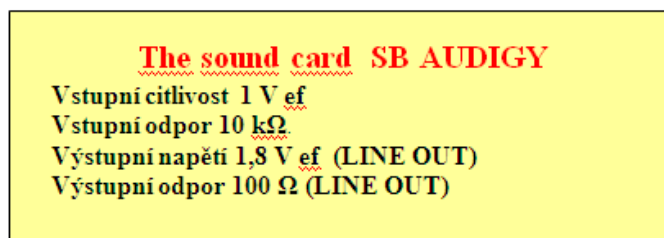
Vzdálenou laboratoř je možné nalézt na internetových stránkách <http://kof.zcu.cz/st/sm/remisdipl>. Ke každé úloze zde najdete návod pro měření, pracovní listy a protokoly k vyhotovení. Stránky dále obsahují návod na připojení ke vzdálené úloze, popisy a návody k měřicím programům, návod na vypracování grafu v Excelu, programy ke stažení aj.

Vzhledem k charakteru vzdálené laboratoře není možné měřit všechny čtyři úlohy najednou. Zájemcům bude, po předchozí dohodě, spuštěna požadovaná úloha v určený den a čas.

5.1 POUŽITÁ APARATURA

5.1.1 CREATIVE USB SOUND BLASTER AUDIGY 2 NX

Pro účely vzdálené laboratoře byla jako AD/DA převodník mezi měřicí aparaturou a počítačem použita zvuková karta Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX, která svými vlastnostmi naprosto vyhovuje charakteru měřených úloh.



Obrázek 22: Vlastnosti zvukové karty

Sound Blaster Audigy 2 NX je externí zvuková karta pro rozhraní USB (USB 1.0 i 2.0). Podporuje prostorový zvuk na až 7.1 kanálový výstup a to včetně dekódování Dolby Digital 5.1 a Dolby Digital EX 6.1 s kvalitním zvukovým výstupem s hodnotou odstupů signál/šum 102 dB.

Creative Sound Blaster Audigy 2 NX má 24bitové vstupní i výstupní převodníky se samplovací frekvencí 96 kHz. Karta je vybavena digitálním výstupem i vstupem s až 24bitovým rozlišením a samplovací frekvencí 48 nebo 96 kHz.



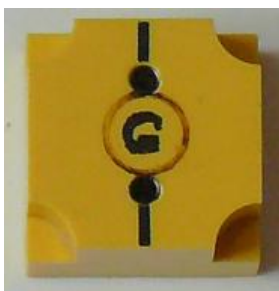
Obrázek 23: Zvuková karta Creative Sound Blaster Audigy 2 NX

5.1.2 DIDAKTIK – ŽÁKOVSKÁ SOUPRAVA ELEKTRONIKA

Pro vytvoření všech obvodů střídavého proudu byla použita žákovská souprava elektroniky od firmy Didaktik.

Použité součástky:

- Spojovací deska
- Moduly vedení – přímé vedení, vedení do T, vedení do L
- Moduly vedení přerušené, 2 zdířky – celkem byly použity tři tyto moduly, jeden jako vstup pro generátor střídavého proudu, dva byly upraveny jako vstupy pro ampérmetr a voltmetr.
 - o Generátor – na tento modul se přivádí proud z generátoru střídavého napětí.
 - o Ampérmetr – slouží pro připojení ampérmetru
 - o Voltmetr – slouží pro připojení voltmetru.



Obrázek 24: Vstup pro generátor napětí



Obrázek 25: Vstup pro voltmetr



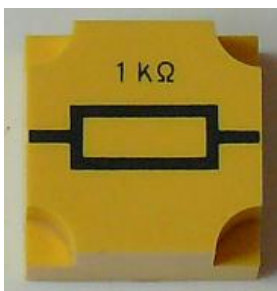
Obrázek 26: Vstup pro ampérmetr

- Modul kondenzátor $2 \mu\text{F}$



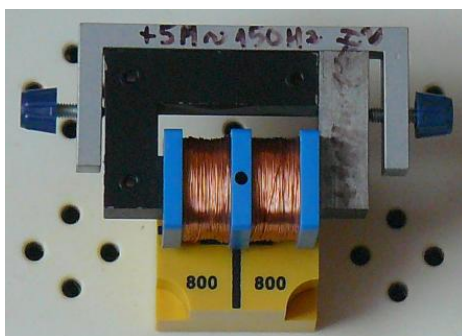
Obrázek 27: Modul kondenzátor

- Modul odpor $1 \text{ k}\Omega$



Obrázek 28: Modul odpor

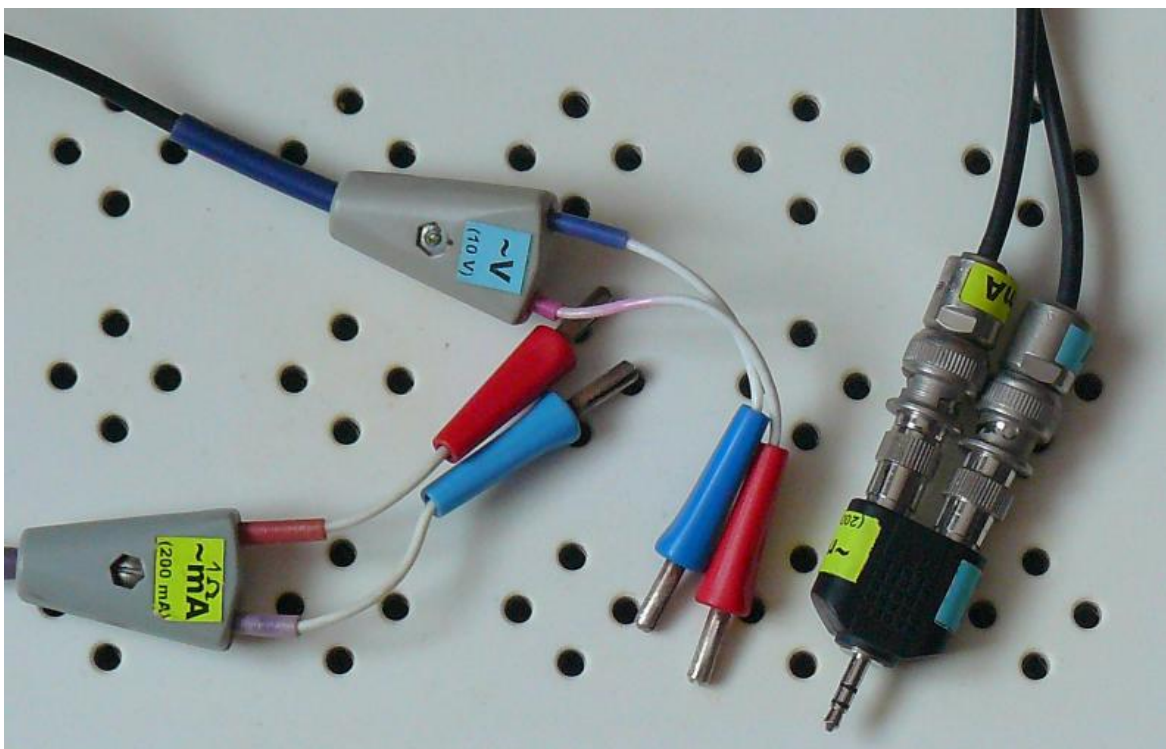
- Modul pro cívku s 2×800 závitů



Obrázek 29: Modul cívka

5.1.3 VODIČE

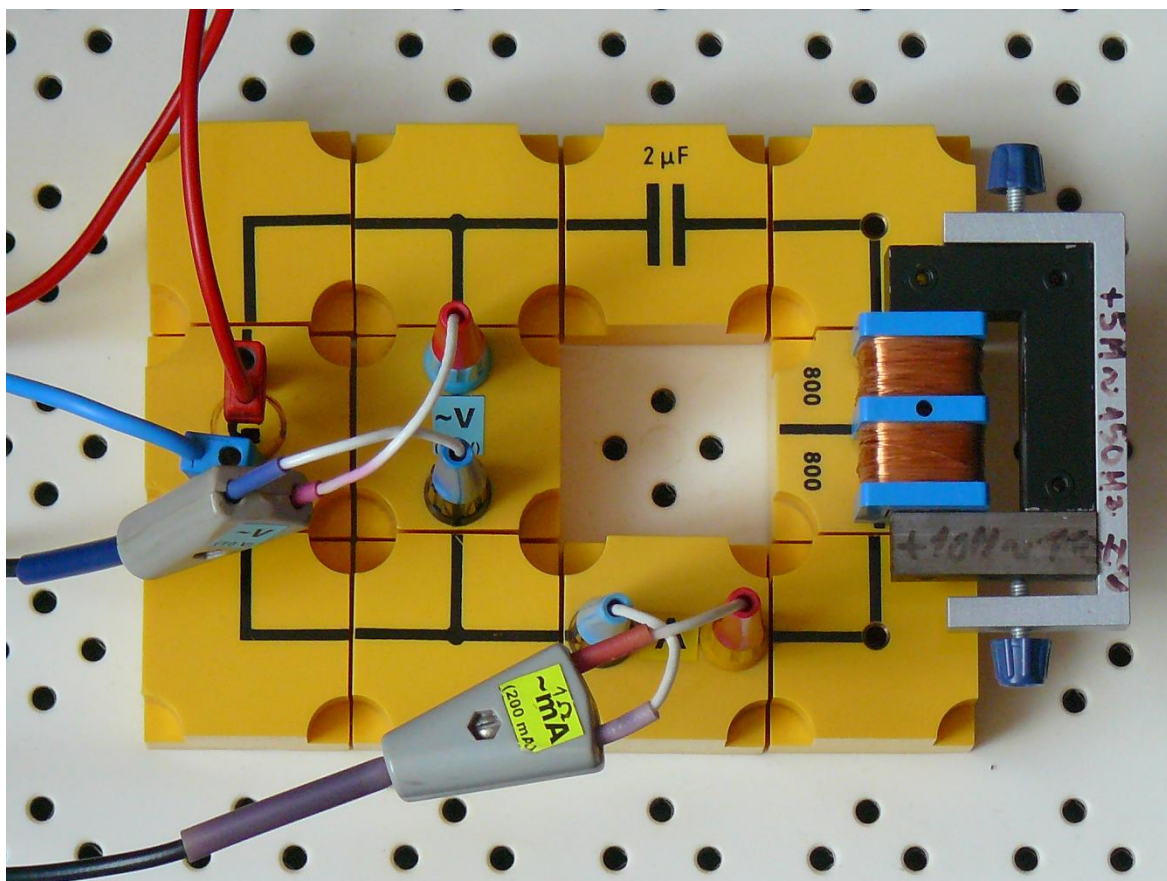
Použité vodiče byly speciálně utvořeny pro měřicí kartu Creative Sound Blaster Audigy 2 NX. Vodič propojující modul ampérmetr a zvukovou kartu obsahuje rezistor o velikosti $1\ \Omega$. Do vodiče spojující modul voltmetr a zvukovou kartu byl přidělán odpor $100\ \text{k}\Omega$. Oba vodiče jsou přivedeny na stereo jack 3,5 mm, voltmetr jako pravý kanál, ampérmetr jako levý kanál.



Obrázek 30: Použité vodiče

Pro přívod signálu z generátoru byl použit vodič, který na jednom konci ukončuje jak 3,5 mm, na druhém se rozdvojuje na dva vodiče (červený a modrý), které se připojují do modulu generátor.

Výsledné zapojení je provedeno tak, aby byl nulový vodič společný pro všechny měřicí přístroje. Nulové vodiče mají modrou barvu.

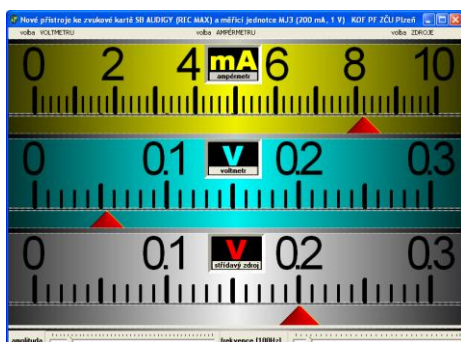


Obrázek 31: Zapojení vodičů do obvodu

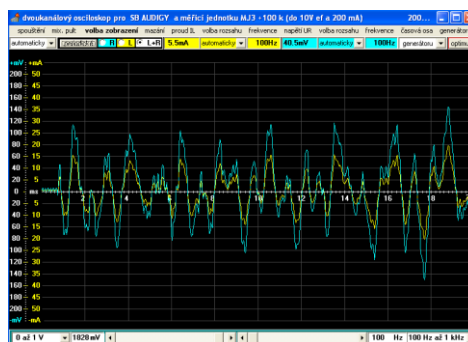
5.2 SOFTWARE

5.2.1 PROGRAMY VYTVOŘENÉ PRO ZVUKOVOU KARTU

Pro účely této vzdálené laboratoře byly vytvořeny Dr. Ing. Josefem Petříkem nové programy: Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012. Tyto programy jsou plně kompatibilní se zvukovou kartou Creative Sound Blaster Audigy 2 NX, se kterou jsou všechny experimenty prováděny. Oba programy vycházejí ze svých složitějších starších variant, které byly vyvinuty rovněž Dr. Ing. Josefem Petříkem na Oddělení fyziky KMT ZČU v Plzni a jsou volně k dispozici na stránkách katedry.



Obrázek 32: Měřicí přístroje – starší verze

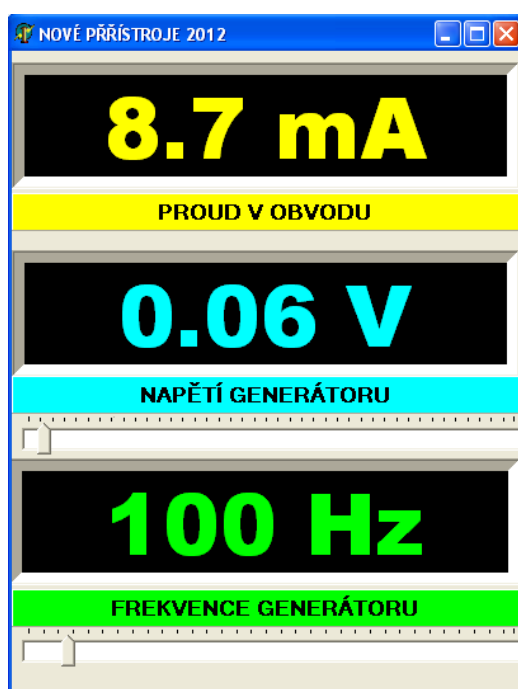


Obrázek 33: Osciloskop – starší verze

Nové programy byly zjednodušeny a upraveny tak, aby plně vyhovovaly účelům vzdálené laboratoře a aby byly co nejpřehlednější pro uživatele, kteří s nimi budou měření provádět.

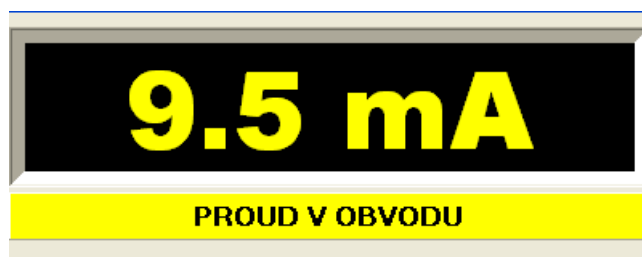
PROGRAM NOVÉ PŘÍSTROJE 2012

Měřicí program Nové přístroje 2012 je složen ze tří měřicích jednotek, u kterých byl, pro lepší přehled a větší přesnost měření, nastaven pouze digitální režim zobrazení. Po spuštění programu se nastaví automatická velikost okna, kterou není vhodné měnit a umístění na obrazovce, jenž lze měnit libovolně.



Obrázek 34: Program Nové přístroje 2012

Ampérmetr byl nastaven pouze jako měřicí jednotka proudu, který prochází obvodem. Rozsah a jednotky se nastavují automaticky.



Obrázek 35: Ampérmetr

Voltmetr a měřič frekvence generátoru jsou navrženy tak, aby se jejich pomocí mohly jednoduše měnit hodnoty napětí a frekvence generátoru. Frekvenci lze měnit na liště v dolní části programu. Pro hrubší nastavení frekvence je možné jezdec posouvat po liště pomocí myši, pro jemné doladění stačí poklepnout levým tlačítkem myši na lištu mimo jezdec a frekvence se změní vždy o jeden „krok“, v tomto případě o dva Hz. Rozsah byl zvolen od 20 Hz do 1000 Hz, což je pro naše účely dostatečně veliké rozmezí.



Obrázek 36: Generátor napětí

Velikost napětí generátoru se nastavuje pomocí lišty voltmetru. Stejně jako u frekvence lze ovládat jezdec pomocí myši, velikost jednoho kroku není přesně stanovena. Rozsah a jednotky jsou stejně jako u ampérmetru měněny automaticky.

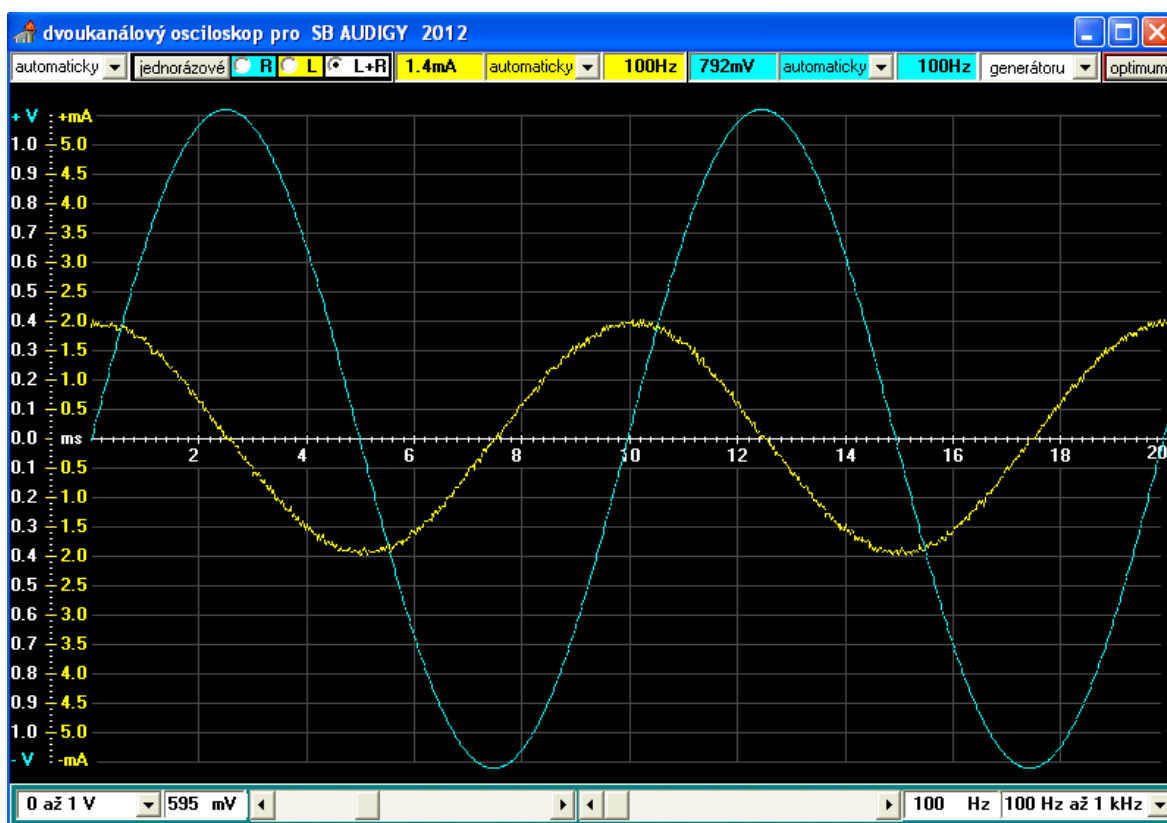


Obrázek 37: Voltmetr

PROGRAM DVOUKANÁLOVÝ OSCILOSKOP PRO SB AUDIGY 2012

Program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 umožňuje uživateli sledovat průběh proudu a napětí v daném obvodu, pozorovat jejich fázové posunutí a pomocí změny frekvence a napětí měnit jejich hodnoty.

Při spuštění programu se automaticky nastaví velikost okna, která nelze měnit a umístění na monitoru, se kterým lze libovolně manipulovat. Dále se automaticky nastaví nejvhodnější rozsah frekvence generátoru (100 – 1000 Hz), rozsahy proudu a napětí se nastaví na automatickou změnu. Automaticky se spustí oba měřené kanály (proud i napětí) a časová osa je nastavena, tak aby průběhy U a I byly co nejlépe viditelné.



Obrázek 38: Program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012

V horní části programu je umístěna nástrojová lišta. Zcela vlevo na ní je umístěn kombo box pro volbu spouštěcího režimu, kde je možné volit mezi automatickým spouštěním nebo spouštěním od pravého nebo levého měřicího kanálu. Zaznamená-li program i velice malou hodnotu přivedeného proudu či napětí automaticky se spustí měření.

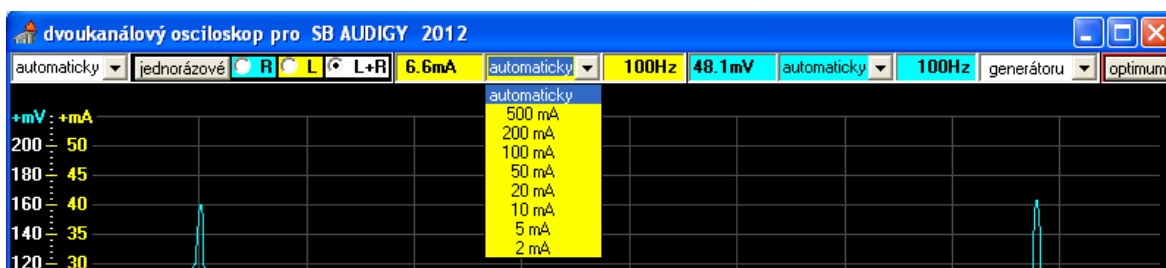


Obrázek 39: Osciloskop – volba spouštěcího kanálu

Vpravo vedle kombo boxu je umístěné tlačítko pro periodické nebo jednorázové zobrazení. Při spuštění programu je standardně navolena funkce „periodické“ (na tlačítku je napsáno jednorázové), kdy je prováděn neustálý sběr, vyhodnocování a zobrazování dat s pevnou dobou 0,1 s, při které jsou spolehlivě určeny a zobrazeny i nejnižší kmitočty kolem 20 Hz. Po kliknutí myši na tlačítko se zvolí jednorázová volba (na buttonu je napsáno periodické), při které se provede jedno navzorkování, zpracování a vyhodnocení dat, které zůstane na obrazovce. Vzorkování dalšího signálu, vyhodnocování a zobrazování naměřených dat zůstává stále v činnosti.

Další tři políčka v řadě slouží pro zobrazení pravého, levého nebo obou měřicích kanálů. Při spuštění osciloskopu je automaticky zaškrtnuté bílé políčko L+R, kdy program zobrazuje oba kanály (proud i napětí). Světle modré políčko R slouží pro zobrazení pouze napětí, žluté políčko L zobrazuje pouze proud.

Žlutá část ve prostřed nástrojové lišty je věnována proudu. První okénko zobrazuje skutečnou efektivní hodnotu měřeného a zobrazovaného proudu. Podle velikosti protékajícího proudu jsou k dané hodnotě automaticky přiřazeny jednotky (mA nebo A) a hodnota proudu je zaokrouhlena na reálný počet míst.

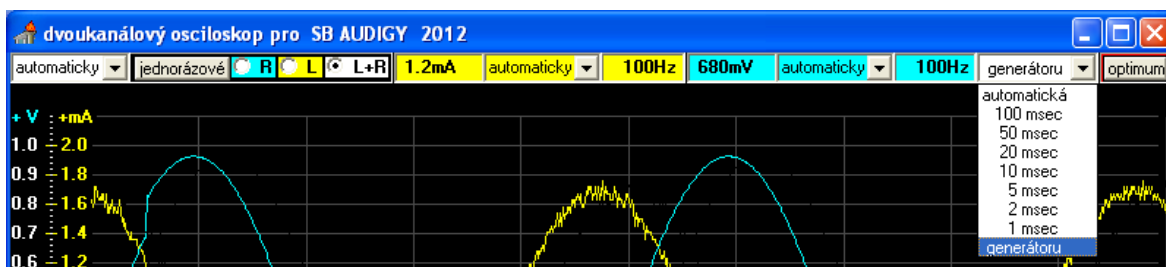


Obrázek 40: Osciloskop – rozsahy ampérmetru

Kombo box vedle vpravo nabízí buď zcela automatickou volbu přepínání rozsahů a stupnice na svislé ose souřadného systému, nebo je zde možnost manuální volby rozsahu a stupnice. Automatické přepínání se nastaví při spuštění programu. Při manuální volbě změny rozsahu uživatel posuvem po nabízeném menu kombo boxu ihned vidí zobrazení ve změněném měřítku, aniž by kliknutím myši volbu nového rozsahu potvrdil. Žluté políčko vedle kombo boxu zobrazuje uživatelem zvolenou frekvenci generátoru.

Další seskupení třech okének, tentokrát světle modré barvy, je věnováno napětí. Zobrazování a ovládání funguje naprosto stejně jako ve žluté části pro proud. První modré políčko ukazuje velikost napětí na generátoru.

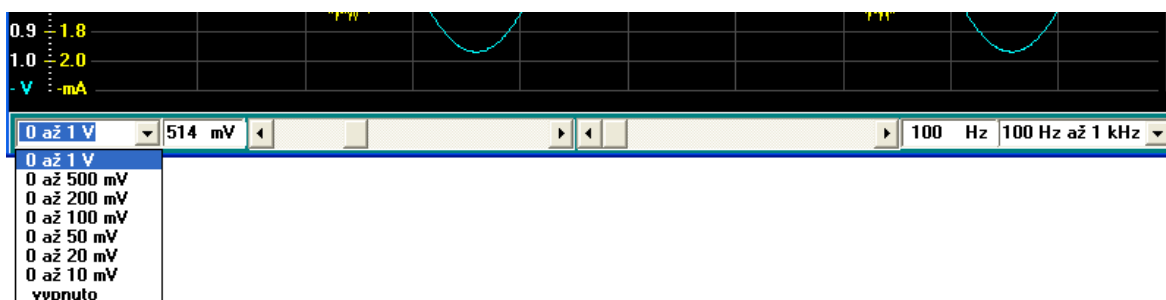
Poslední kombo box v řadě (bílé barvy) zobrazuje a nabízí volbu měřítka na časové ose. Při spuštění osciloskopu je automaticky zvolena možnost „generátoru“. Tato funkce pracuje na poměrně složitém algoritmu měření frekvence.



Obrázek 41: Osciloskop – měřítko časové osy

Poslední button v řadě „optimum“ nastaví všechny funkce na „automaticky“, neboli na výchozí nastavení.

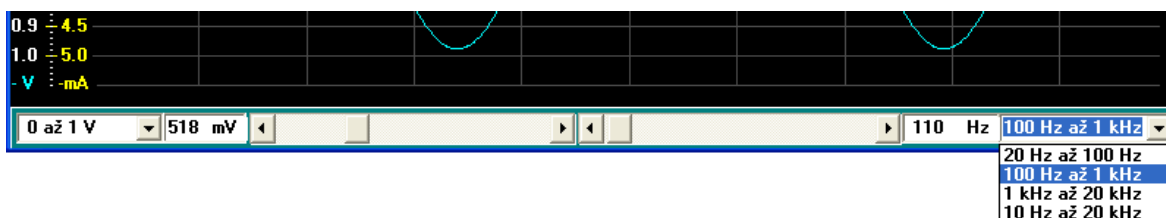
Spodní část osciloskopu slouží pro nastavení vstupního napětí a frekvence generátoru.



Obrázek 42: Osciloskop – rozsahy vstupního napětí

Kombo box úplně vlevo slouží pro změnu rozsahu vstupního napětí. Po spuštění se automaticky nastaví rozsah 0 - 1 V. Okénko vedle vpravo ukazuje hodnotu nastaveného napětí. Jednotky jsou pevně nastaveny na mV. Lišta s jezdcem vpravo slouží k nastavení napětí ze zvoleného intervalu. Jezdcem lze opět pohybovat pomocí myši. Po kliknutí levým tlačítkem myši na lištu mimo jezdec se napětí změní o krok, který v tomto případě činí 5 nebo 6 mV.

Úplně vpravo je umístěn kombo box pro nastavení rozsahu frekvence generátoru. Při spuštění se zobrazí rozsah 100 Hz až 1 kHz.



Obrázek 43: Osciloskop – rozsahy frekvence generátoru

Vlevo vedle je okénko s hodnotou generované frekvence. Jednotky se automaticky mění podle velikosti frekvence. Ke generátoru frekvence patří i poslední lišta (vlevo vedle hodnoty frekvence), pomocí které se nastavuje frekvence v předem zvoleném rozsahu. Standardně lze pohybovat jezdcem pomocí myši, velikost kroku je závislá na zvoleném rozsahu. Při základním rozsahu (100 – 1000 Hz) je velikost kroku 10 Hz. Po stisknutí tlačítka se šipkou se frekvence mění o krok, který je opět závislý na zvoleném rozsahu. V našem případě (100 Hz – 1 kHz) je tento krok 1 Hz, což je nejmenší možná hodnota změny frekvence. Tlačítka se šipkami se proto používají k nejjemnějšímu nastavování.

5.2.2 TEAMVIEWER

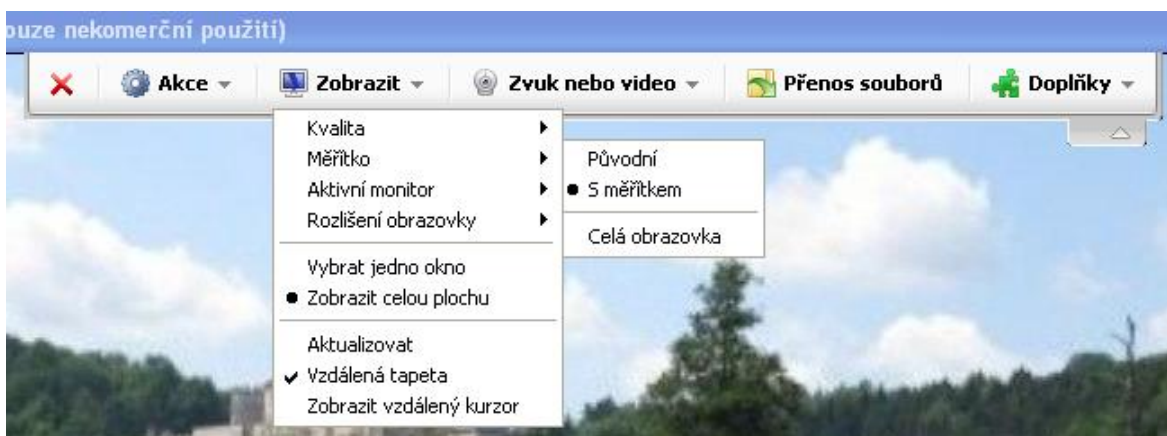
TeamViewer je program určený pro vzdálené ovládání počítače. Po připojení k požadovanému PC se vám zobrazí okno s plochou vzdáleného počítače, ze které máte přístup ke všem programům, souborům a aplikacím. Uživatel má možnost libovolně střídat práci na svém a na vzdáleném PC. Pomocí tohoto programu je možné přenášet soubory mezi počítači, nebo podobně jako u Skypeu provádět video hovory. Pomocí TeamVieweru je možné provádět i prezentace, kdy se k vašemu počítači připojí více uživatelů najednou. Jednou z velikých výhod je bezobslužný přístup, kdy si na svém počítači TeamViewer otevřete trvale. Poté máte možnost kdykoliv a odkudkoliv (např. z mobilu) se na svůj počítač připojit. Program TeamViewer je možné si z internetu stáhnout bezplatně. Další výhodou je, že není potřeba ho instalovat do počítače, což ocení ti uživatelé, kteří nechtějí anebo nemohou do svých počítačů cokoliv instalovat.

Pod horním okrajem okna se vzdálenou plochou se nachází lišta, která nabízí některé užitečné aplikace.



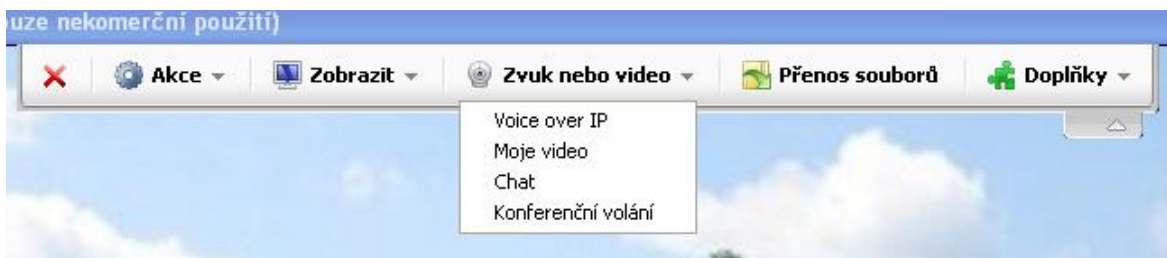
Obrázek 44: TeamViewer – nástrojová lišta

Nejprve se podívejme do políčka *Zobrazit*, které nám nabízí několik možností pro úpravu přenášeného obrazu (kvalita, měřítko, rozlišení,...). Chcete-li se soustředit pouze na práci na vzdáleném počítači, je celkem vhodné kliknout na *Celá obrazovka*, kdy se vám vzdálené plocha zobrazí přes celý monitor.



Obrázek 45: TeamViewer – možnosti zobrazení

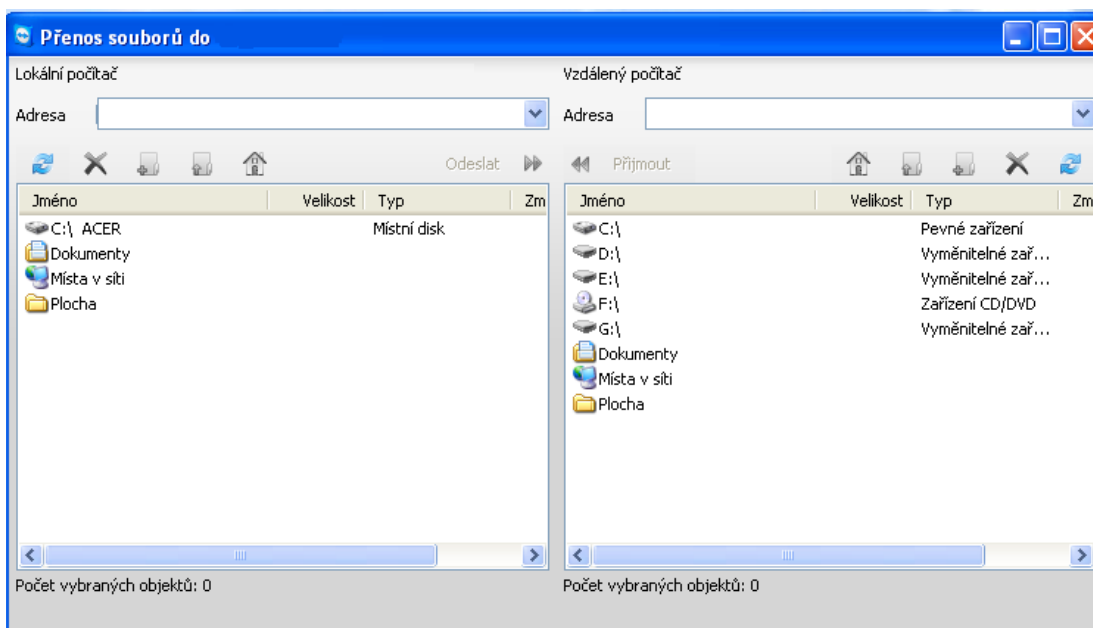
Pod nabídkou *Zvuk nebo video*, se nalézají další dvě zajímavé aplikace tohoto programu.



Obrázek 46: TeamViewer – volba spuštění webkamery a chatu

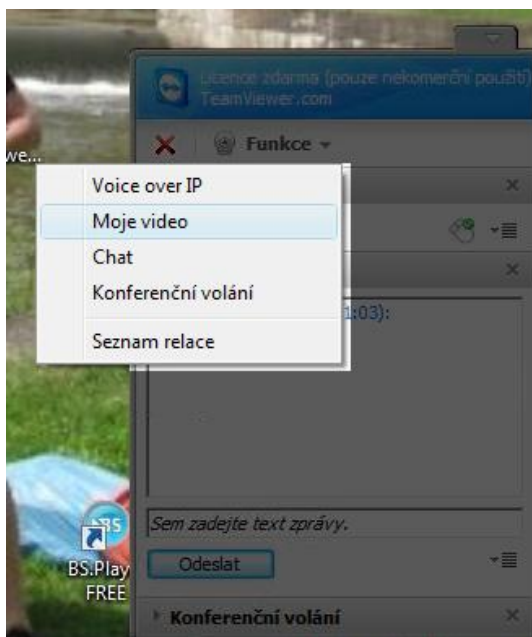
Po kliknutí na *Moje video* se vám zobrazí obraz vaší webkamery, což je vhodné zejména pro konferenční volání. Po zadání *Chat* se vám ukáže okno, pomocí něhož můžete chatovat se vzdáleným uživatelem, nebo pouze zanechat zprávu na vzdáleném počítači.

Dalším políčkem je *Přenos souborů*. Po zadání této volby se vám ukáže okno, pomocí něhož můžete libovolně převádět soubory z jednoho počítače do druhého.



Obrázek 47: TeamViewer – přenos souborů

Další ovládací prvek, který se vám na vzdálené ploše ukáže, je okno vpravo dole. Po kliknutí na *Funkce* a zadání *Moje video* se vám zobrazí obraz z webkamery, která je připojená ke vzdálenému počítači.



Obrázek 48: TeamViewer – spuštění vzdálené webkamery

5.3 PRACOVNÍ LISTY

Ke každé úloze byly vytvořeny pracovní listy, které si uživatel může stáhnout na webových stránkách této vzdálené laboratoře. Pracovní listy obsahují schéma zapojení obvodu střídavého proudu, fyzikální základ, postup pro měření a doplňující otázky.

Jako doplněk k pracovním listům zde uživatel nalezne protokol k dané úloze, do kterého může celé měření zaznamenávat. Protokoly jsou připraveny ve dvou verzích, jedna pro vyhotovení na počítači, druhá je navržena pro tisk, tak aby ji uživatel mohl vyplňovat ručně. Dále zde uživatel může ke každé úloze nalézt vypracované vzorové řešení a předpřipravené tabulky a grafy v Excelu.

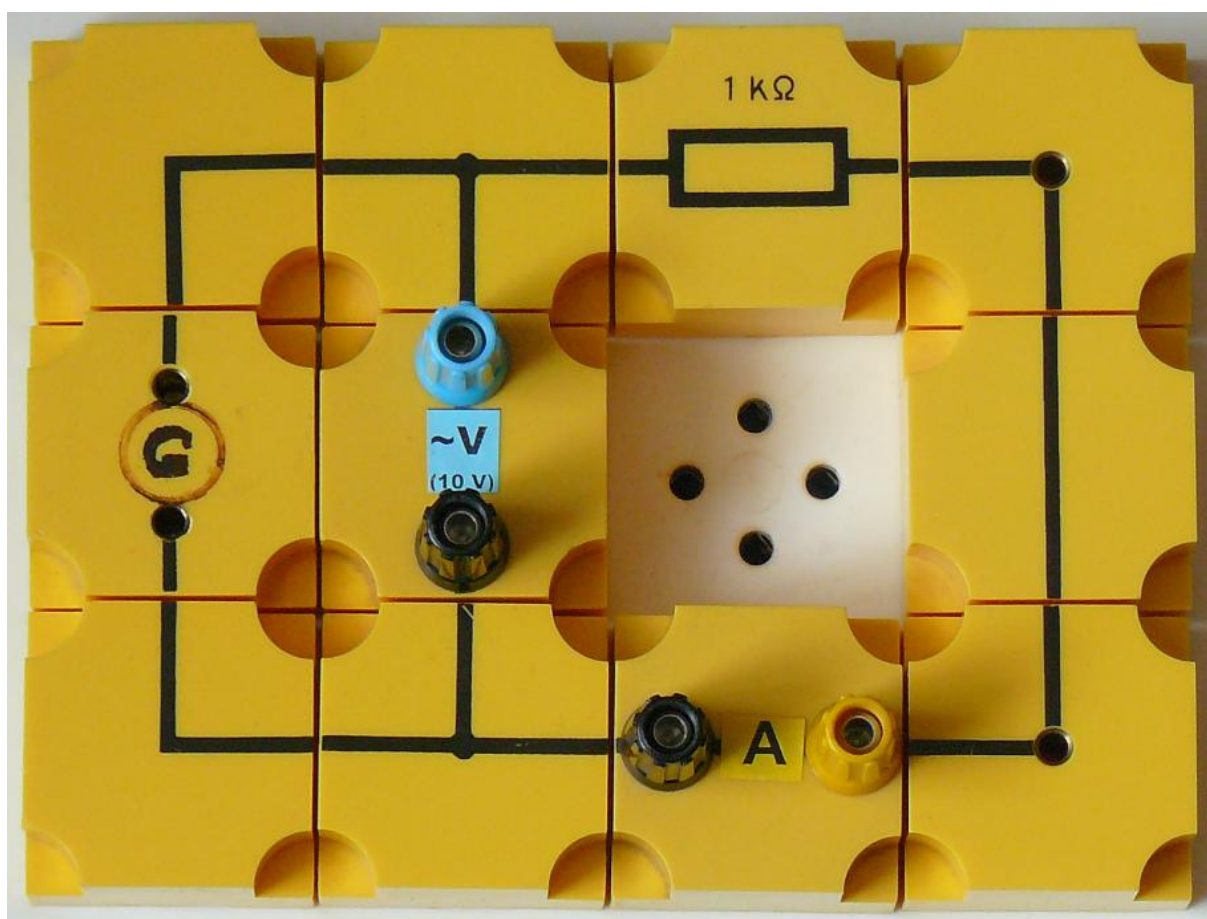
Protokoly jsou k dispozici i na ploše vzdálené laboratoře ve složce *Protokoly*. Uživatel má tak možnost vypracovat protokol na vzdáleném počítači. Vypracovaný protokol může potom jednoduše uložit do složky *Vypracované protokoly*. Do této složky může uživatel ukládat, pomocí funkce programu TeamViewer *Přenos souborů*, i protokoly vypracované doma. Další možnost, jak odevzdat protokol, je zaslání vyhotoveného protokolu pomocí emailu. Adresy, kam se mohou protokoly zasílat, jsou uvedeny na webových stránkách v záložce *Kontakty*.

5.3.1 OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU S ODPOREM

PRACOVNÍ LISTY

Obvod střídavého proudu s odporem

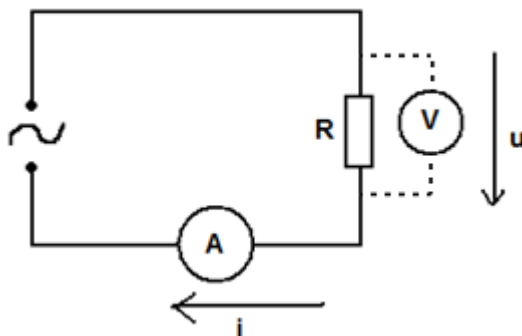
Na obrázku můžete vidět zapojení obvodu střídavého proudu s odporem. Pomocí programů Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 proveďte daná měření a ověřte fyzikální zákonitosti, které pro takovýto obvod platí.



Obrázek 49: Obvod střídavého proudu s odporem

Fyzikální princip

Zapojení na obrázku je nejjednodušším obvodem střídavého proudu. Tento obvod je tvořen pouze rezistorem, který má jen odpor R .



Obrázek 50: Střídavý obvod s odporem – schéma zapojení

$$u = U_m \sin \omega t$$

Připojíme-li k obvodu zdroj střídavého napětí, bude okamžitá hodnota procházejícího proudu dána vztahem

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t ,$$

kde veličina

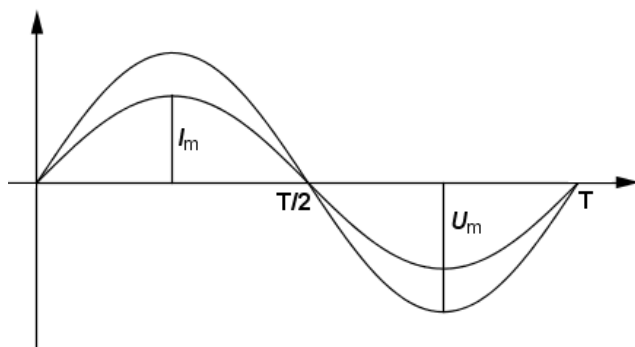
$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

je **amplituda střídavého proudu**.

Amplituda střídavého proudu není závislá na frekvenci

Odpor R rezistoru v obvodu střídavého proudu se nazývá **rezistance**. Je stejný jako v obvodu stejnosměrného proudu. $R = \frac{U}{I}$

Sledujeme-li průběh střídavého proudu například osciloskopem, zjistíme, že křivky, které pozorujeme, jsou časové diagramy proudu a napětí neboli grafy okamžitých hodnot těchto veličin jako funkce času.



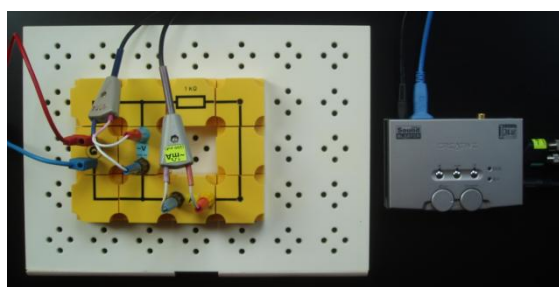
Obrázek 51: Střídavý obvod s odporem – časový diagram

Časový diagram napětí je ve stejné fázi jako časový diagram proudu. Nevzniká mezi nimi **fázový rozdíl φ** , který také nazýváme **fázovým posun**.

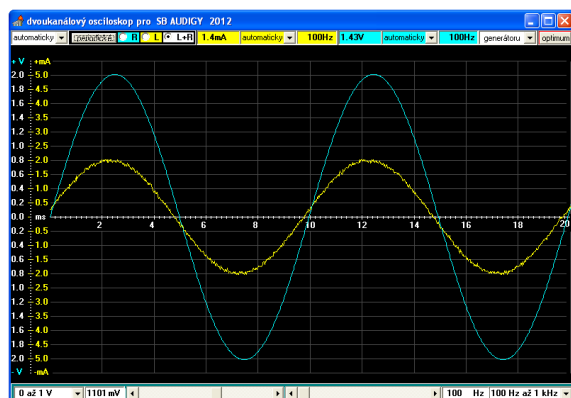
Rezistance střídavého obvodu nemá vliv na **fázový posun** mezi proudem a napětím. ($\varphi = 0$)

Pomůcky

Didaktik - žákovská souprava elektronika, zvuková karta: Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX, speciálně upravené vodiče, programy: Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.



Obrázek 52: Střídavý obvod s odporem – měřicí aparatura



Obrázek 53: Střídavý obvod s odporem – Osciloskop 2012



Obrázek 54: Střídavý obvod s odporem – Nové přístroje 2012

A: Ověření platnosti Ohmova zákona

Postup:

1. Otevřete si program Nové přístroje 2012. Frekvenci nastavte na 100 Hz.
2. Pomocí jezdce voltmetru měňte postupně velikost napětí na 0,1 V, 0,3 V, 0,5 V, 0,7 V, 0,9 V, 1,1 V, 1,3 V a 1,5 V. Při každé změně odečtěte z ampérmetru velikost proudu. Hodnoty zapisujte do tabulky v Excelu.
3. Ze získaných hodnot vytvořte graf závislosti proudu na napětí.
4. Z naměřených hodnot si vyberte libovolnou dvojici (proudu a napětí) a vypočítejte velikost odporu. Výpočet ověřte u dalších dvou vámi zvolených hodnot.
5. Porovnejte vypočítanou hodnotu odporu s velikostí rezistoru na schématu.

Doplňující otázky:

1. Jaká je závislost proudu na napětí?
2. Platí v tomto obvodu Ohmův zákon?
3. Jaká je velikost odporu v obvodu?
4. Shodují se vypočtené hodnoty se skutečným odporem rezistoru? Čím by mohly být způsobeny případné odchylky.

B: Obvod střídavého proudu s odporem

Postup:

1. Spusťte program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012. Ponechte nastaveny výchozí parametry pro měření: automatickou změnu rozsahu proudu a napětí, automatické generování, zvolená rozsahy napětí a frekvence generátoru.
2. Frekvenci generátoru nastavte na 100 Hz.
3. Pozorujte průběhy proudu a napětí.
4. Zkuste měnit velikost napětí a frekvence.

Doplňující otázky:

1. Jakým zákon platí pro tento obvod?
2. Jaké se změnil průběh proudu při změně napětí?
3. Jaké změny nastaly při změně frekvence?

PROTOKOL S VZOROVÝM ŘEŠENÍM

PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy:	Obvod střídavého proudu s odporem
Jméno:	Tomáš Remiš
Třída:	
Datum:	

Vzorce pro výpočet:

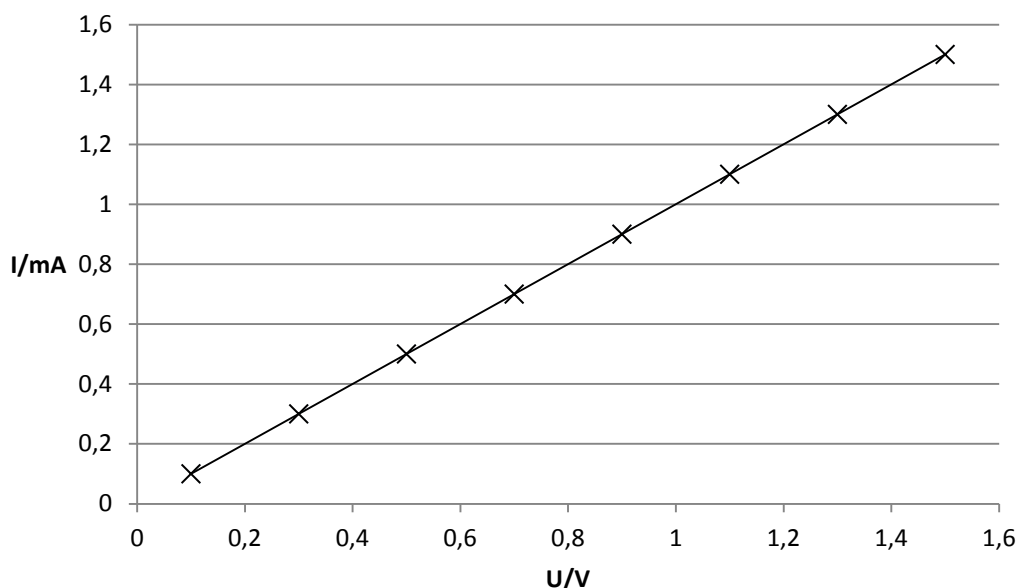
R
$R = \frac{U}{I}$

A: Ověření platnosti Ohmova zákona.

Závislost proudu na napětí

U/V	I/mA
0,1	0,1
0,3	0,3
0,5	0,5
0,7	0,7
0,9	0,9
1,1	1,1
1,3	1,3
1,5	1,5

Zde vložte tabulku s grafem z Excelu!



Obrázek 55: Střídavý obvod s odporem – graf závislosti I na U

Výpočet rezistance.

U / V	I / mA	R / Ω
0,3	0,3	1000
0,7	0,7	1000
1,1	1,1	1000
Průměr:		1000

Doplňující otázky:

1. Závislost proudu na napětí je lineární
2. Ano. V obvodu střídavého proudu s odporem platí Ohmův zákon stejně jako v obvodu se stejnosměrným proudem
3. 1 k Ω
4. Ano. Odchytky by mohly být způsobeny tolerancí odporu, která může činit až 10 %, nebo přesností měřících přístrojů, u kterých se také může vyskytnout určitá hodnota chyby.

B: Obvod střídavého proudu s odporem

Doplňující otázky:

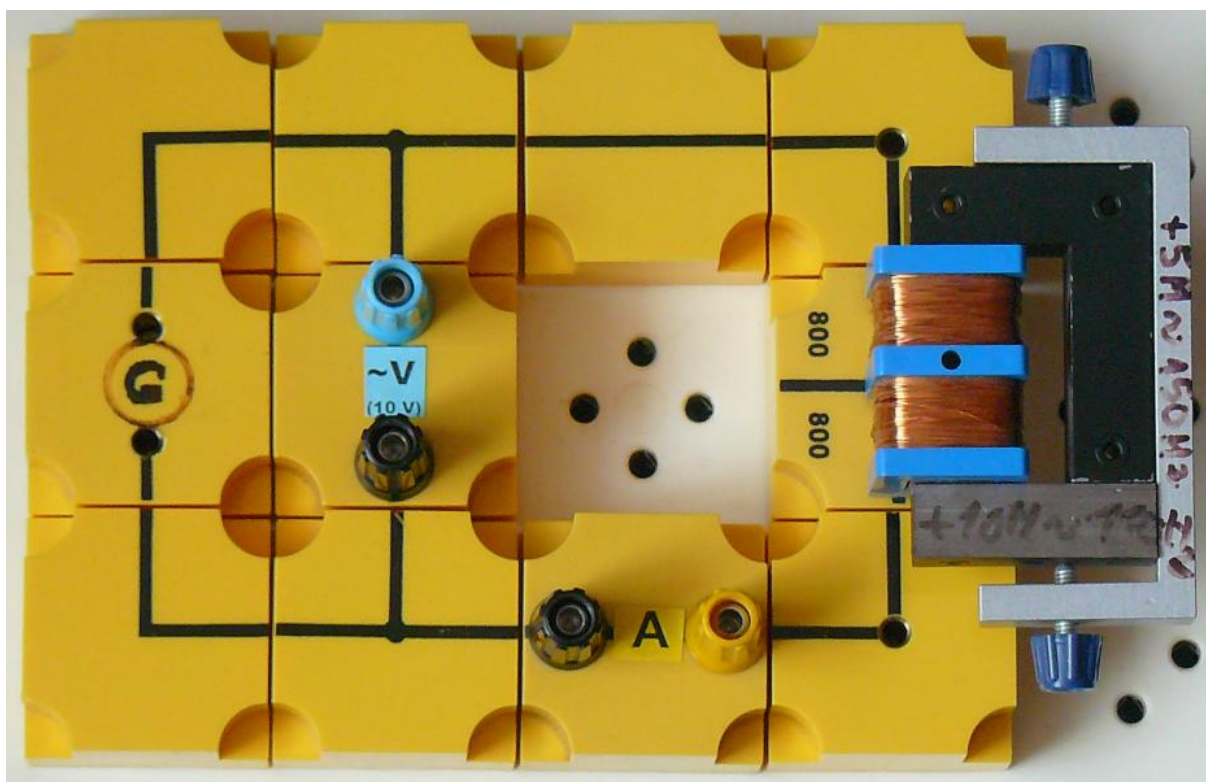
1. Ohmův zákon
2. Měníme-li velikost napětí, mění se lineárně i velikost proudu.
3. Proud i napětí zůstávají ve fázi. Mění se velikost periody.

5.3.2 OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU S INDUKČNOSTÍ

PRACOVNÍ LISTY

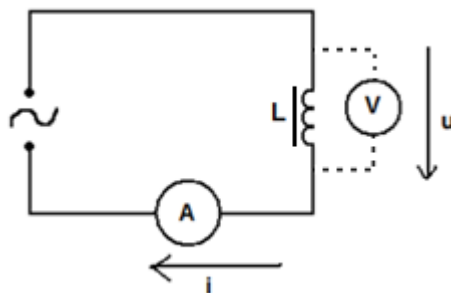
Obvod střídavého proudu s indukčností

Na obrázku můžete vidět zapojení obvodu střídavého proudu s indukčností. Pomocí programů Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 proveďte daná měření a ověřte fyzikální zákonitosti, které pro takovýto obvod platí.



Obrázek 56: Obvod střídavého proudu s indukčností

Fyzikální princip



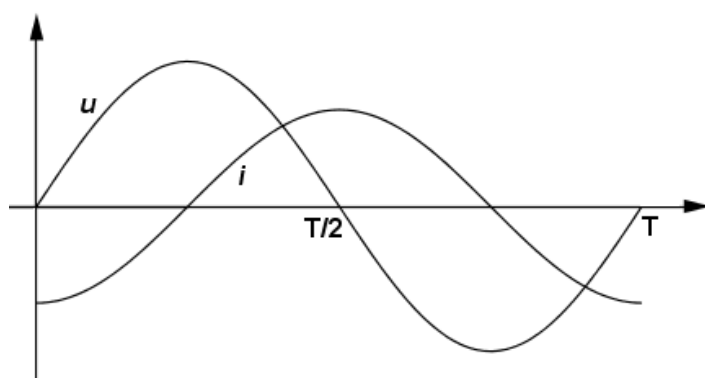
Obrázek 57: Střídavý obvod s indukčností – schéma zapojení

1. Obvod s ideální cívkou

Jedním ze základních střídavých obvodů je obvod s ideální cívkou, která má pouze **indukčnost L** . Vnitřní odpor cívky, který vzniká na jejím vinutí, zanedbáváme.

Střídavý proud procházející vinutím cívky zde vytváří měnící se magnetické pole. To způsobuje, že se na cívce indukuje napětí, které má podle Lenzova zákona opačnou polaritu, než zdroj napětí. Vlivem toho nabývá proud v obvodu maximálních hodnot později než napětí.

Na osciloskopu se můžeme přesvědčit, že křivka proudu zaostává za křivkou napětí o $\frac{1}{4}T$, což odpovídá **fázovému rozdílu $\varphi = -\frac{1}{2}\pi$** .



Obrázek 58: Střídavý obvod s indukčností – časový diagram

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

V následujících pokusech se přesvědčíme, že pro **amplitudu proudu** I_m můžeme psát vztah

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L} = \frac{U_m}{X_L}.$$

Amplitudu proudu ovlivňuje člen ve jmenovateli ωL .

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

Veličina X_L se nazývá **induktance cívky**. Její jednotkou je Ohm.

$$X_L = \frac{U}{I}$$

$$I_m = \frac{U_m}{2\pi f L}$$

S rostoucí frekvencí se zvětšuje indukance a naopak zmenšuje amplituda proudu. S rostoucí indukčností cívky se zvětšuje indukance a zmenšuje se amplituda proudu.

2. Obvod s reálnou cívku

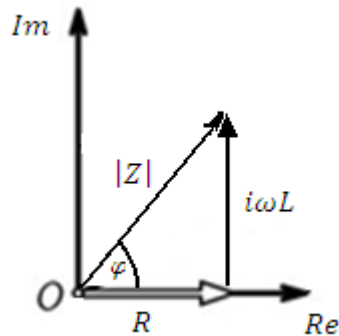
U skutečné cívky musíme brát v úvahu kromě indukčnosti L navíc její vnitřní odpor R , který je příčinou nemalých energetických ztrát. Tyto ztráty jsou způsobeny např. odporem drátu, ze kterého je zhotoveno vinutí cívky, kapacitou mezi závity nebo vířivými proudy v jádře cívky.

Takovouto reálnou cívku můžeme pomyslně nahradit sériovým spojením ideální indukčnosti a ztrátového odporu.



Obrázek 59: Schéma reálné cívky

Pro popis obvodu s reálnou cívkou zavedeme **impedanci Z**, kterou určíme z vektorového diagramu.



Obrázek 60: Střídavý obvod s indukčností – vektorový diagram

$$Z = R + i\omega L$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Induktance Z ovlivňuje amplitudu proudu. Její jednotkou je Ohm.

$$I_m = \frac{U_m}{Z}$$

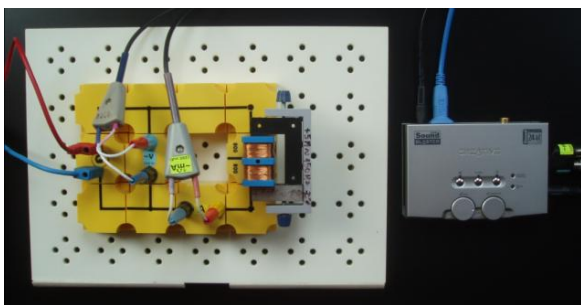
Z vektorového diagramu určíme i fázové posunutí reálné cívkou.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f L}{R}$$

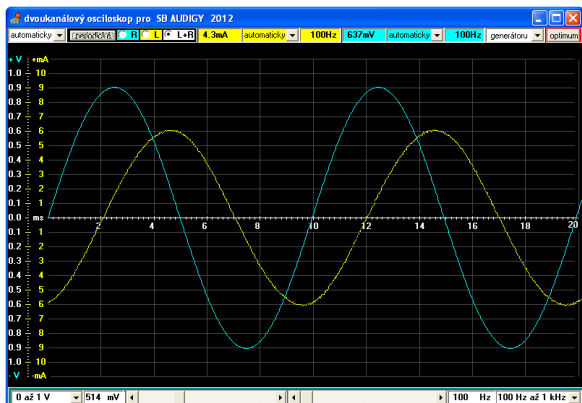
Vlivem vnitřního odporu reálné cívkou je **fázové posunutí φ** vždy **menší než $\pi/2$** .

Pomůcky

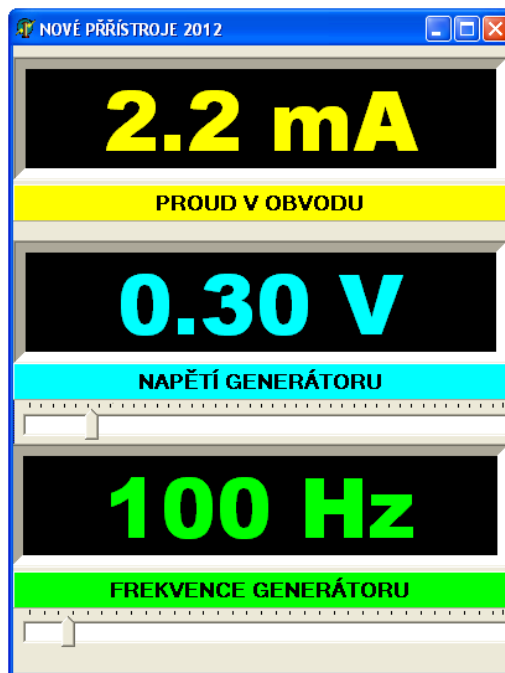
Didaktik - žákovská souprava elektronika, zvuková karta: Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX, speciálně upravené vodiče, programy: Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.



Obrázek 61: Střídavý obvod s indukčností – měřící aparatura



Obrázek 62: Střídavý obvod s indukčností – Osciloskop 2012



Obrázek 63: Střídavý obvod s indukčností – Nové přístroje 2012

A: Výpočet indukčnosti cívky

Postup:

1. Otevřete program Nové přístroje 2012.
2. Frekvenci pro tuto úlohu volte v intervalu 100 – 300 Hz.
3. Zvolte libovolnou frekvenci z daného rozsahu a libovolně veliké napětí. Ze získaných hodnot proudu, napětí a frekvence vypočítejte ideální indukčnost cívky.
4. Proveďte celkem tři měření a výsledky porovnejte.

Doplňující otázky:

1. Jaká je indukčnost cívky?
2. O kolik H (henry) se jednotlivé výsledky lišily?
3. Je možné takovou chybu zanedbat? Čím je může být tato chyba způsobena?

B: Závislost proudu na frekvenci

Postup:

1. Pro toto měření použijte opět program Nové přístroje 2012.
2. Změřte závislost proudu protékajícího cívkou na frekvenci.
3. Pracujte v rozsahu frekvence 100 – 300 Hz.
4. Napětí nastavte na hodnotu 0,3 V a udržujte ho konstantní po celou dobu měření.
5. Frekvenci měňte např. po 20 Hz (100 Hz, 120 Hz, ..., 300 Hz). Při každé změně odečtěte velikost proudu.
6. Ze získaných hodnot frekvence a proudu vytvořte v Excelu graf závislosti proudu na frekvenci.
7. Závislost v grafu vyhodnoťte.

Doplňující otázky:

1. Jak se mění proud s rostoucí frekvencí?
2. Proč je důležité udržovat konstantní napětí?
3. Jak by dopadlo měření pro jinou hodnotu napětí?
4. Jaký vztah jsme tímto pokusem ověřili?

C: Obvod střídavého proudu s indukčností

Postup:

1. Spustíte program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 a vyhodnoťte časový diagram.
2. Nastavte velikost napětí na 300 mV, řiďte se při tom světle modrým okénkem na horní nástrojové liště. Frekvenci nastavte na 100 Hz.
3. Určete velikost fázového posunutí mezi proudem a napětím.
4. Ve žlutém políčku na horní nástrojové liště odečtěte velikost proudu.
5. Zvyšujte postupně frekvenci (např. po 30 Hz) a udržujte konstantní napětí (300 mV). Sledujte změnu proudu a fázového posunutí.
6. Pracujte v rozmezí 100 – 300 Hz.

Doplňující otázky:

1. O jakou hodnotu je posunuta křivka napětí oproti křivce proudu?
2. Jaký prvek v obvodu způsobuje toto posunutí?
3. Čím mohou být způsobeny případné rozdíly ve fázovém posunutí?
4. Jak se změní fázové posunutí, zvýšíme-li frekvenci generátoru?
5. Co se děje s proudem v obvodu, zvyšujeme-li frekvenci generátoru?

PROTOKOL S VZOROVÝM ŘEŠENÍM

PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy:	Obvod střídavého proudu s indukčností
Jméno:	Tomáš Remiš
Třída:	
Datum:	

Vzorce pro výpočet:

X_L	X_L	ω	L
$X_L = \frac{U}{I}$	$X_L = \omega L$	$\omega = 2\pi f$	$L = \frac{U}{2\pi f I}$

A: Výpočet indukčnosti cívky

Kapacita kondenzátoru:

F / Hz	I / mA	U / V	L / H
100	4,5	0,66	0,23
200	4,2	1,17	0,22
300	0,8	0,3	0,20
Průměr:			0,217

Doplňující otázky:

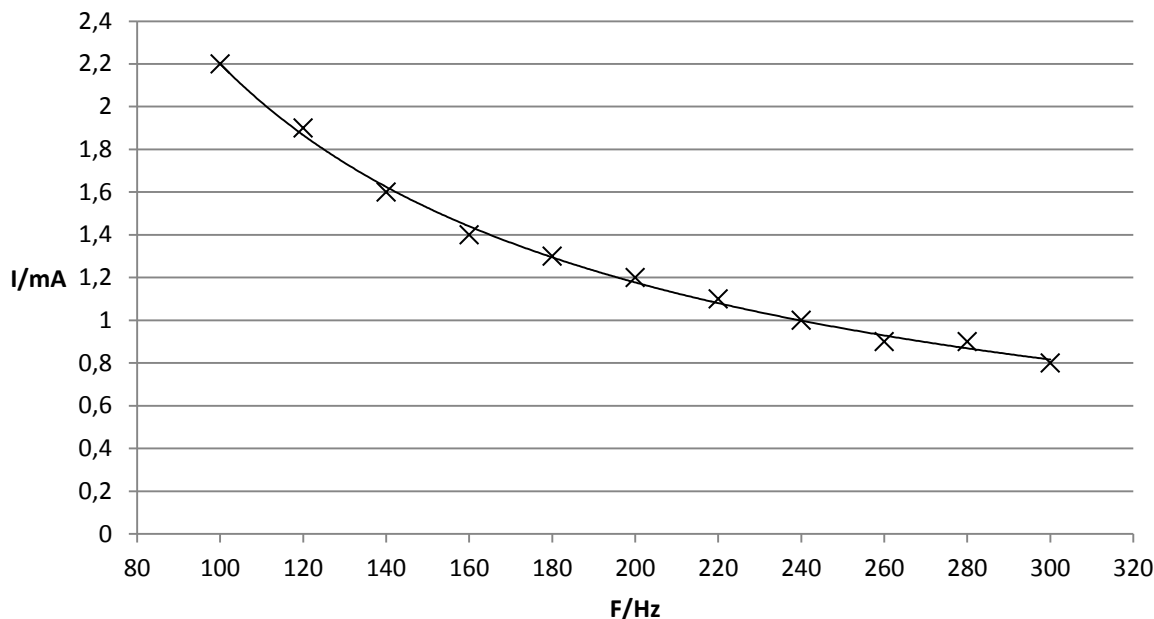
1. Indukčnost cívky je 0,217 H.
2. Výsledky se lišily o 0,03 H (v setinách Henry).
3. Ano je možné ji zanedbat. Chyba může být způsobena vnitřním odporem cívky, na kterém dochází díky rostoucí frekvenci k větším ztrátám energie. Chyby mohly nastat i na měřicích přístrojích, které prokazují také určitou hodnotu chyby.

B: Závislost proudu na frekvenci

Změřte závislost proudu na frekvenci. Udržujte konstantní napětí 0,3 V.

F / Hz	I / mA
100	2,2
120	1,9
140	1,6
160	1,4
180	1,3
200	1,2
220	1,1
240	1
260	0,9
280	0,9
300	0,8

Vložte graf z Excelu!



Obrázek 64: Střídavý obvod s indukčností – graf závislosti I na F

Doplňující otázky:

1. Proud s rostoucí frekvencí klesá.
2. Jelikož změna frekvence ovlivňuje i velikost napětí, je třeba udržovat napětí na konstantní hodnotě. Abychom mohli změřit závislost proudu na frekvenci, která vychází z rovnice $\frac{U}{I} = 2\pi fL$, je nutné, aby se ostatní veličiny chovaly jako konstanty (π je konstanta, L cívky se po dobu měření také nemění a U konstantní udržujeme).
3. Závislost proudu na frekvenci by vypadala stejně, akorát by se zvětšily nebo zmenšily hodnoty proudu.
4. Ověřili jsme vztah $I_m = \frac{U_m}{2\pi fL}$, ze kterého je patrné, že frekvence ovlivňuje amplitudu proudu.

C: Obvod střídavého proudu s indukčností

Doplňující otázky:

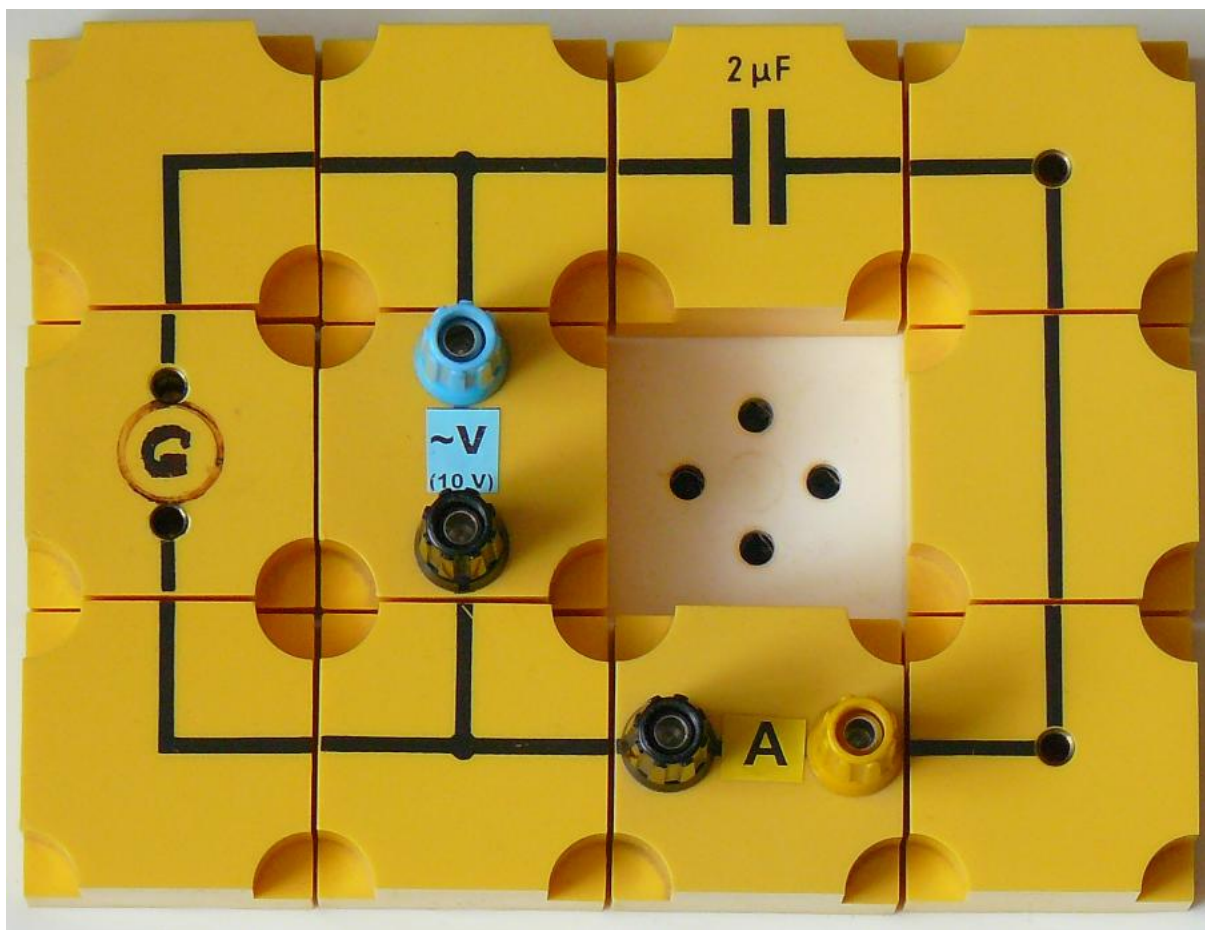
1. Křivka proudu zaostává za křivkou napětí o $\pi/2$.
2. Cívka (indukčnost).
3. Rozdíly ve fázovém posunutí jsou způsobeny vnitřním odporem reálné cívky.
4. Fázové posunutí se nemění. U ideální cívky nemá frekvence na fázové posunutí vliv. Mění se pouze velikost periody. U reálné cívky by se vlivem větších ztrát při vyšší frekvenci fázový rozdíl zmenšoval.
5. Proud v obvodu se zmenšuje.

5.3.3 OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU S KAPACITOU

PRACOVNÍ LISTY

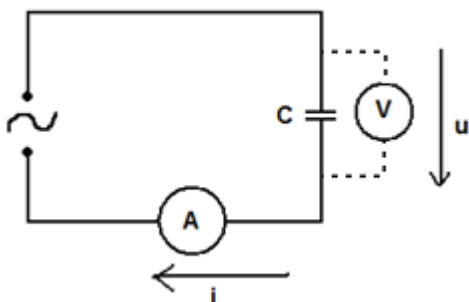
Obvod střídavého proudu s kapacitou

Na obrázku můžete vidět zapojení obvodu střídavého proudu s kapacitou. Pomocí programů Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 proveďte daná měření a ověřte fyzikální zákonitosti, které pro takovýto obvod platí.



Obrázek 65: Obvod střídavého proudu s kapacitou

Fyzikální princip



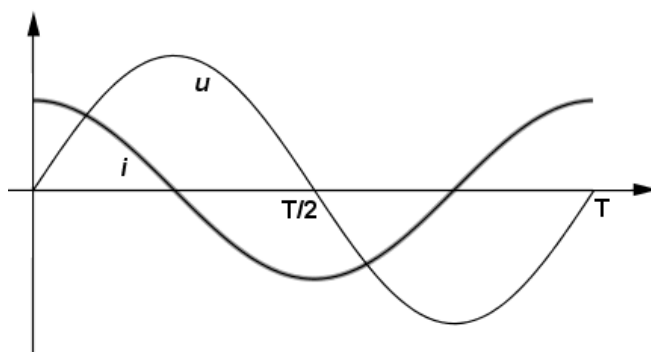
Obrázek 66: Střídavý obvod s kapacitou – schéma zapojení

1. Obvod s ideálním kondenzátorem

Jedním ze základních střídavých obvodů je obvod s ideálním kondenzátorem, který má pouze **kapacitu C** . Svodový odpor tohoto kondenzátoru je nekonečný.

Připojíme-li kondenzátor ke zdroji střídavého napětí, bude se periodicky nabíjet a vybíjet. Dielektrikem mezi deskami kondenzátoru vodivostní proud neprochází. Mění se pouze intenzita elektrického pole, čímž se dielektrikum střídavě polarizuje.

Nabíjecí proud kondenzátoru je největší v okamžiku, když je napětí mezi deskami nulové (kondenzátor je vybitý). Je-li naopak kondenzátor nabitý na napětí U_m , je proud v obvodu nulový.



Obrázek 67: Střídavý obvod s kapacitou – časový diagram

Na osciloskopu se můžeme přesvědčit, že křivka proudu předbíhá křivku napětí o $\frac{1}{4}T$, což odpovídá **fázovému rozdílu** $\varphi = \frac{1}{2}\pi$.

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

V následujících pokusech se přesvědčíme, že pro **amplitudu proudu** I_m můžeme psát vztah

$$I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_m}{X_C}$$

Vidíme, že amplitudu proudu ovlivňuje člen $\frac{1}{\omega C} = X_C$; $[X_C] = 1\Omega$.

Člen X_C se nazývá **kapacitance** a ovlivňuje amplitudu proudu jako odpor. $X_C = \frac{U}{I}$

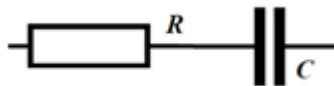
$$I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{2\pi f C}}$$

S rostoucí frekvencí se zmenšuje kapacitance a tím se zvětšuje amplituda proudu. S rostoucí kapacitou kondenzátoru se zmenšuje kapacitance a zvětšuje amplituda proudu.

2. Obvod s reálným kondenzátorem

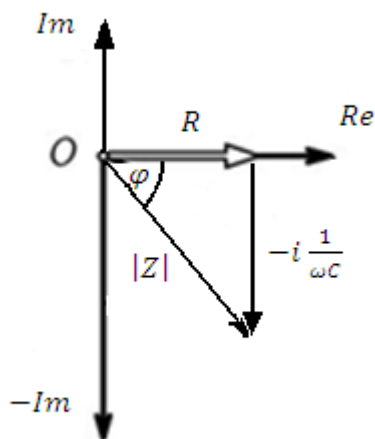
Reálný kondenzátor se skládá nejen z kapacity C , ale i ze svodového odporu R , který má konečnou velikost. Svodový odpor je tvořen konečným odporem dielektrika a ztrátami v dielektriku.

Reálný kondenzátor si můžeme pomyslně nahradit sériovým zapojením ideální kapacity a svodového odporu.



Obrázek 68: Schéma reálného kondenzátoru

Pro popis obvodu s reálným kondenzátorem zavedeme **impedanci Z**, kterou určíme z vektorového diagramu.



Obrázek 69: Střídavý obvod s kapacitou – vektorový diagram

$$Z = R - i \frac{1}{\omega C}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}$$

Induktance Z ovlivňuje amplitudu proudu. Její jednotkou je Ohm.

$$I_m = \frac{U_m}{Z}$$

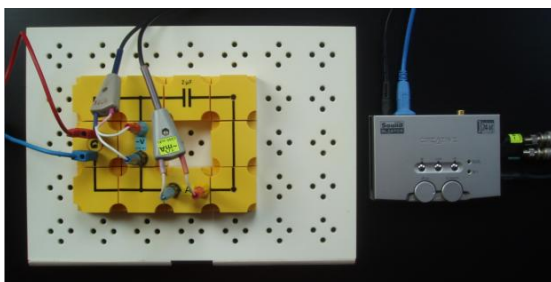
Z vektorového diagramu určíme i fázové posunutí reálného kondenzátoru.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{\omega C R} = \frac{1}{2\pi f C R}$$

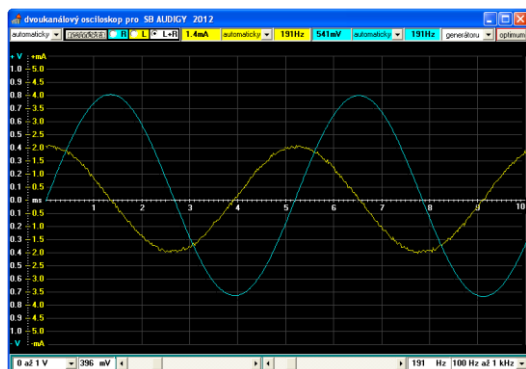
Vlivem svodového odporu reálného kondenzátoru je **fázové posunutí φ** vždy **menší než $\pi/2$** .

Pomůcky

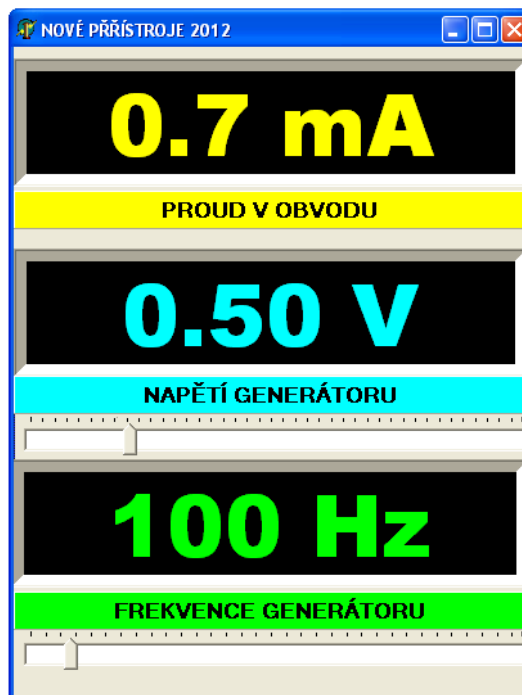
Didaktik - žákovská souprava elektronika, zvuková karta: Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX, speciálně upravené vodiče, programy: Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.



Obrázek 70: Střídavý obvod s kapacitou – měřící aparatura



Obrázek 71: Střídavý obvod s kapacitou – Osciloskop 2012



Obrázek 72: Střídavý obvod s kapacitou – Nové přístroje 2012

A: Výpočet kapacity kondenzátoru

Postup:

1. Spusťte program Nové přístroje 2012.
2. Zvolte libovolnou frekvenci generátoru a libovolně veliké napětí (frekvenci volte v rozsahu 100 – 500 Hz).
3. Ze zobrazených hodnot proudu, napětí a frekvence vypočítejte kapacitu kondenzátoru, zapojeného v obvodu.
4. Měření a výpočet zopakujte pro jiné hodnoty frekvence a napětí (proved'te celkem tři měření). Výsledky porovnejte.
5. Porovnejte vypočítanou kapacitu se skutečnou kapacitou kondenzátoru (viz schéma zapojení).

Doplňující otázky:

1. Jaká je kapacita kondenzátoru zapojeného v obvodu?
2. Jak moc se od sebe lišily jednotlivé výsledky?
3. O kolik μF (mikro faradů) se rozchází vypočtená kapacita s kapacitou připojeného kondenzátoru?
4. Co mohlo způsobit tuto odchylku?

B: Závislost proudu na frekvenci

Postup:

1. V programu Nové přístroje 2012 změřte závislost proudu protékajícího obvodem na frekvenci generátoru.
2. Frekvenci volte v rozsahu 100 – 500 Hz.
3. Po celou dobu měření udržujte konstantní napětí 0,5 V.
4. Frekvenci měňte po 50 Hz (100 Hz, 150 Hz, ..., 500 Hz). Naměřené hodnoty frekvence společně s proudem zapisujte do tabulky v Excelu.
5. Z naměřených dat utvořte v Excelu graf závislosti proudu na frekvenci.
6. Zhodnoťte získanou závislost.

Doplňující otázky:

1. Jak se mění proud v obvodu s rostoucí frekvencí?
2. Jaký vztah jsme tímto pokusem ověřili?
3. Jak by se změnily hodnoty v grafu, zvolili bychom si jiné konstantní napětí?

C: Obvod střídavého proudu s kapacitou

Postup:

1. Otevřete si program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 a vyhodnoťte časový diagram.
2. Nastavte velikost napětí na 500 mV, řiďte se při tom světle modrým okénkem na horní nástrojové liště. Frekvenci nastavte na 100 Hz.
3. Určete velikost fázového posunutí mezi proudem a napětím.
4. Ve žlutém políčku na horní nástrojové liště odečtěte velikost proudu.
5. Zvyšujte postupně frekvenci (např. po 50 Hz), stále udržujte konstantní napětí (500 mV). Sledujte změnu proudu a fázového posunutí.
6. Pracujte v rozmezí 100 – 500 Hz.

Doplňující otázky:

1. O jaký úhel φ (fázové posunutí) je posunuta křivka proudu oproti křivce napětí?
2. Jaký prvek v obvodu způsobuje toto posunutí?
3. Čím mohou být způsobeny případné rozdíly ve fázovém posunutí?
4. Jak se změní fázové posunutí, zvýšíme-li frekvenci generátoru?
5. Co se děje s proudem v obvodu, zvyšujeme-li frekvenci generátoru?

PROTOKOL S VZOROVÝM ŘEŠENÍM

PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy:	Obvod střídavého proudu s kapacitou
Jméno:	Tomáš Remiš
Třída:	
Datum:	

Vzorce pro výpočet:

X_C	X_C	ω	C
$X_C = \frac{U}{I}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$\omega = 2\pi f$	$C = \frac{I}{2\pi f U}$

A: Výpočet kapacity kondenzátoru

Kapacita kondenzátoru:

F / Hz	I / mA	U / V	$C / \mu\text{F}$
150	0,7	0,36	2,06
300	2,3	0,89	2,27
450	4,2	0,66	2,25
Průměr:			2,2

Doplňující otázky:

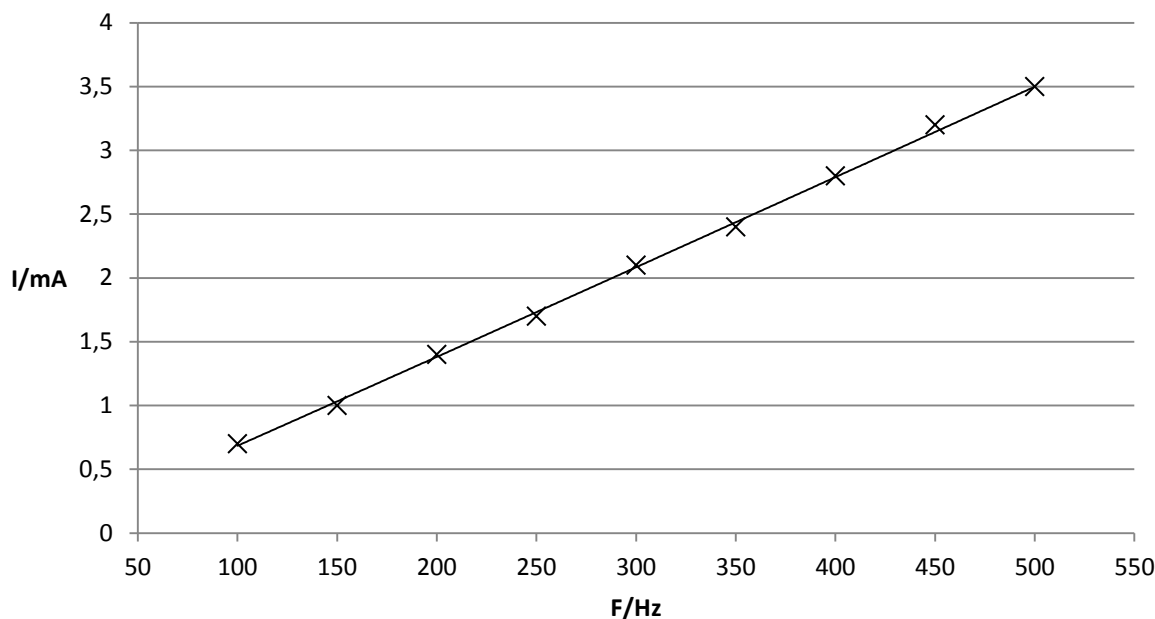
1. Kapacita kondenzátoru je 2,2 μF .
2. Jednotlivé výsledky se od sebe lišily až o 0,19 μF .
3. Vypočtená kapacita se od reálné liší o 0,2 μF .
4. Tuto odchylku mohl způsobit svodový odpor reálného kondenzátoru.

B: Závislost proudu na frekvenci

Změřte závislost proudu na frekvenci. Udržujte konstantní napětí 0,5 V.

F / Hz	I / mA
100	0,7
150	1
200	1,4
250	1,7
300	2,1
350	2,4
400	2,8
450	3,2
500	3,5

Vložte graf z Excelu!



Obrázek 73: Střídavý obvod s kapacitou – graf závislosti I na F

Doplňující otázky:

1. Proud v obvodu stoupá s rostoucí frekvencí.
2. Ověřili jsme vztah $I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{2\pi f C}}$.
3. Hodnoty proudu by se s větším napětím zvětšily, s menším by se zmenšily. Závislost proudu na frekvenci by zůstala stejná.

C: Obvod střídavého proudu s kapacitou

Doplňující otázky:

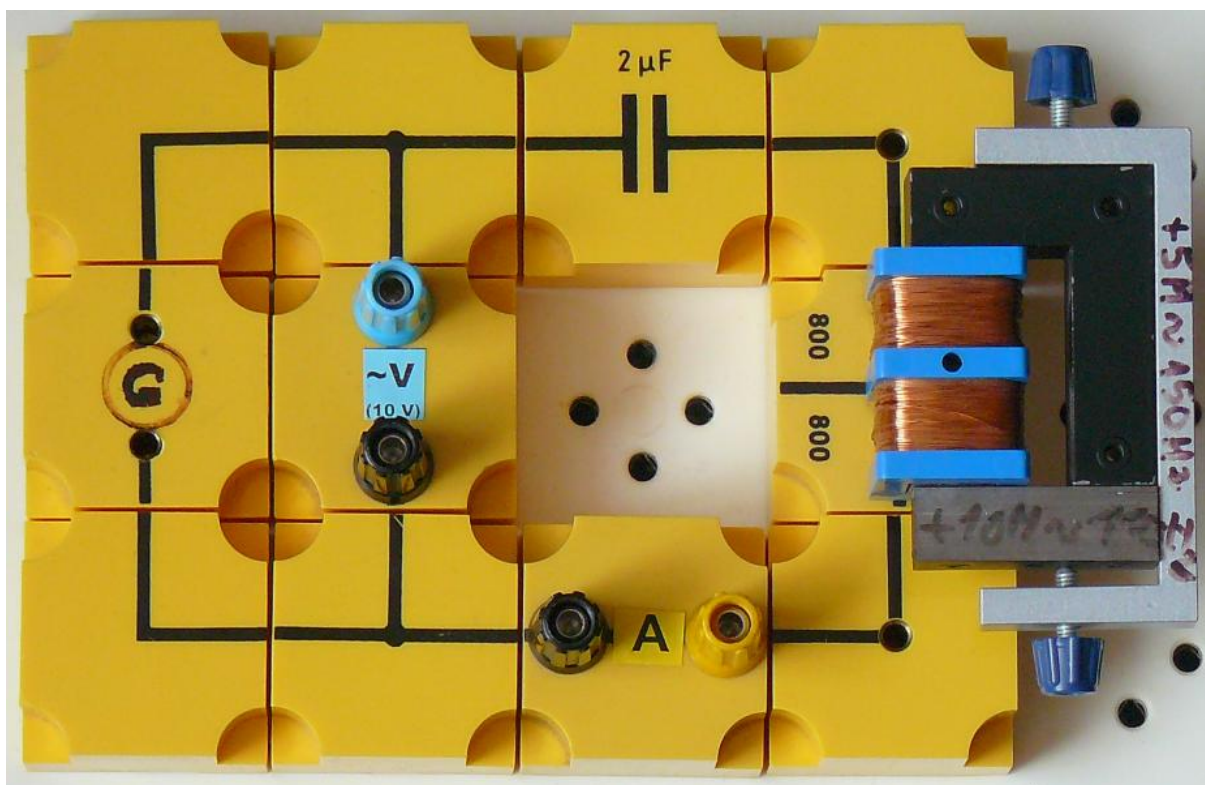
1. Křivka proudu je proti křivce napětí posunuta o $\varphi = \frac{\pi}{2}$.
2. Kondenzátor (kapacita).
3. Rozdíly ve fázovém posunutí jsou způsobeny svodovým odporem reálného kondenzátoru.
4. U ideálního kondenzátoru, nemá frekvence vliv na fázové posunutí. Mění se pouze velikost periody.
5. Proud v obvodu roste se stoupající frekvencí.

5.3.4 SLOŽENÝ OBVOD STŘÍDAVÉHO PROUDU

PRACOVNÍ LISTY

Složený obvod střídavého proudu

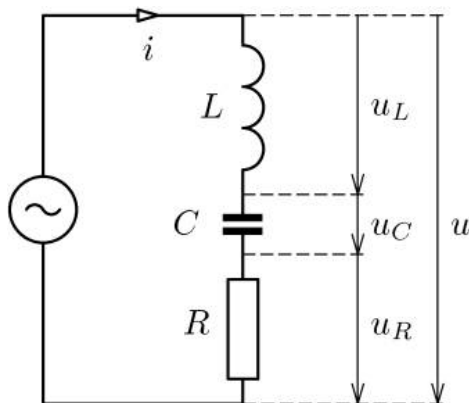
Na obrázku můžete vidět zapojení složeného obvodu střídavého proudu (sériový rezonanční obvod). Pomocí programů Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 proveďte daná měření a ověřte fyzikální zákonitosti, které pro takovýto obvod platí.



Obrázek 74: Složený obvod střídavého proudu

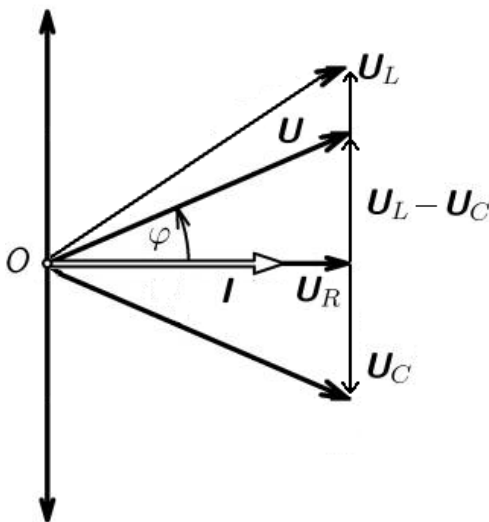
Fyzikální princip

Složený obvod střídavého proudu RLC obsahuje odpor, cívku a kondenzátor. Při sériové spojení prochází všemi těmito prvky stejný proud i . Napětí se na jednotlivých prvcích liší velikostí a vzájemnou fází. Napětí na odporu u_R je ve stejné fázi jako proud. Napětí na cívce u_L proud předbíhá a napětí na kondenzátoru u_C se za proudem opožďuje.



Obrázek 75: Složený střídavý obvod – schéma zapojení

Vztah pro okamžitou hodnotu napětí a proudu odvodíme z fázorového diagramu.



Obrázek 76: Složený střídavý obvod – fázorový diagram

Fázor napětí na odporu U_R má stejný směr jako fázor proudu I . Fázory napětí na cívce U_L a na kondenzátoru U_C jsou posunuty oproti I o $+\pi/2$ a $-\pi/2$.

Sečteme-li vektorově fázory napětí U_R , U_L , U_C získáme fázor U , který reprezentuje napětí zdroje, ke kterému je sériový obvod RLC připojen.

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{I_m^2 \cdot R^2 + (I_m \cdot X_L - I_m \cdot X_C)^2}$$

$$U = I \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$U = I \cdot Z$$

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_m}{Z}$$

Veličina

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2};$$

se nazývá **impedance** sériového obvodu RLC, ovlivňuje amplitudu proudu a udává se v ohmech.

Fázové posunutí proudu a napětí vypočítáme opět z fázorového diagramu.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I \cdot X_L - I \cdot X_C}{I \cdot R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$\varphi \text{ leží v intervalu } -\frac{1}{2}\pi \leq \varphi \leq +\frac{1}{2}\pi.$$

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

Amplituda proudu dosahuje maximální hodnoty je-li $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$.

Tento stav sériového rezonančního obvodu se nazývá **proudová rezonance**.

Ze vztahu $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ je zřejmé, že **rezonanční frekvence** $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

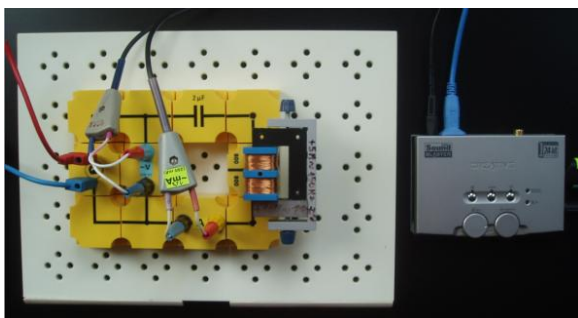
Při rezonanci sériového obvodu RLC je impedance minimální. Je rovna odporu R.

Kromě impedance se zavádí také pojem **reaktance** $X = X_L - X_C$.

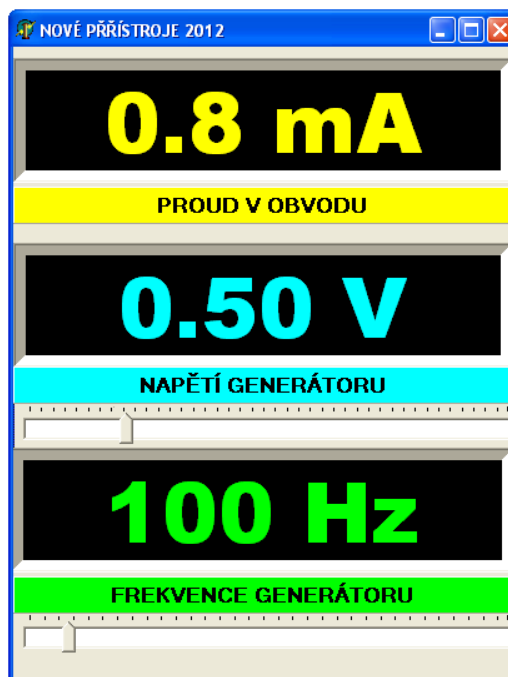
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{a} \quad \text{tg } \varphi = \frac{X}{R}$$

Pomůcky

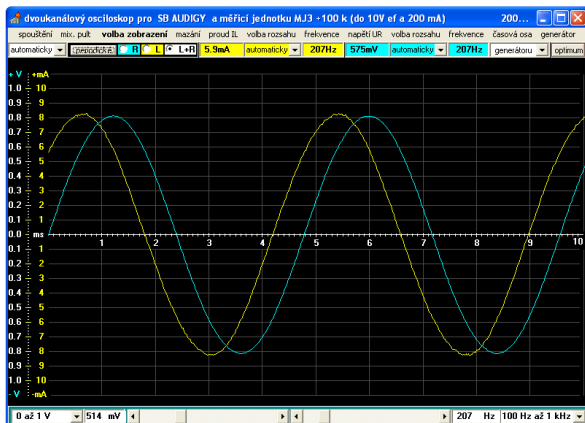
Didaktik - žákovská souprava elektronika, zvuková karta: Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX, speciálně upravené vodiče, programy: Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.



Obrázek 77: Složený střídavý obvod – měřící aparatura



Obrázek 79: Složený střídavý obvod – Nové přístroje 2012



Obrázek 78: Složený střídavý obvod – Osciloskop 2012

A: Závislost proudu na frekvenci

Postup:

1. Otevřete si program Nové přístroje 2012.
2. Frekvenci volte pouze v rozsahu 100 – 500 Hz.
3. Nastavte hodnotu napětí 0,5 V a udržujte toto napětí po celou dobu měření.
4. Měňte frekvenci po 20 Hz od 100 Hz do 500 Hz. Při každém změně frekvence odečtěte hodnotu proudu. Údaje zapisujte do tabulky v Excelu.
5. Ze získaných dat vyhotovte v Excelu graf závislosti proudu na frekvenci.
6. Získaný graf vyhodnoťte.
7. Měření zopakujte. Zvolte si vhodný rozsah frekvence a zkuste v něm najít frekvenci, při které dosahuje hodnota proudu nejvyšší hodnoty (napětí udržujte stále na 0,5 V).

Doplňující otázky:

1. Vysvětlete získanou závislost.
2. Jak se označuje takováto křivka?
3. Při jaké frekvenci dosahuje proud v obvodu nejvyšší hodnoty? Jaká je maximální hodnota proudu?

B: Sériový rezonanční obvod

Postup:

1. Pomocí programu Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 můžete studovat vlastnosti sériového rezonančního obvodu.
2. Frekvenci měňte v rozsahu 100 – 500 Hz.
3. Nastavte napětí na hodnotu 300 mV a udržujte toto napětí po celou dobu měření. Řiďte se při tom hodnotou napětí, která je uvedena ve světle modrém okénku na horní nástrojové liště.
4. Měňte frekvenci generátoru a pozorujte změny fázového posunu mezi proudem a napětím generátoru.
5. Nalezněte proudovou rezonanci ze závislosti mezi proudem protékajícím rezonančním obvodem a napájecím napětím.
6. Vypočítejte impedanci obvodu při proudové rezonanci.

Doplňující otázky:

1. Při jaké frekvenci jste našli proudovou rezonanci?
2. Jak se proudová rezonance projevuje?
3. Jaký je fázový posuv při proudové rezonanci mezi napětím generátoru a proudem v obvodu a proč?
4. Jakou hodnotu impedance pro proudovou rezonanci jste vypočítali?
5. Jaký vliv má sériový odpor na proudovou rezonanci? O jaký odpor se jedná?

PROTOKOL S VZOROVÝM ŘEŠENÍM

PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy:	Složený obvod střídavého proudu
Jméno:	Tomáš Remiš
Třída:	
Datum:	

Vzorce pro výpočet:

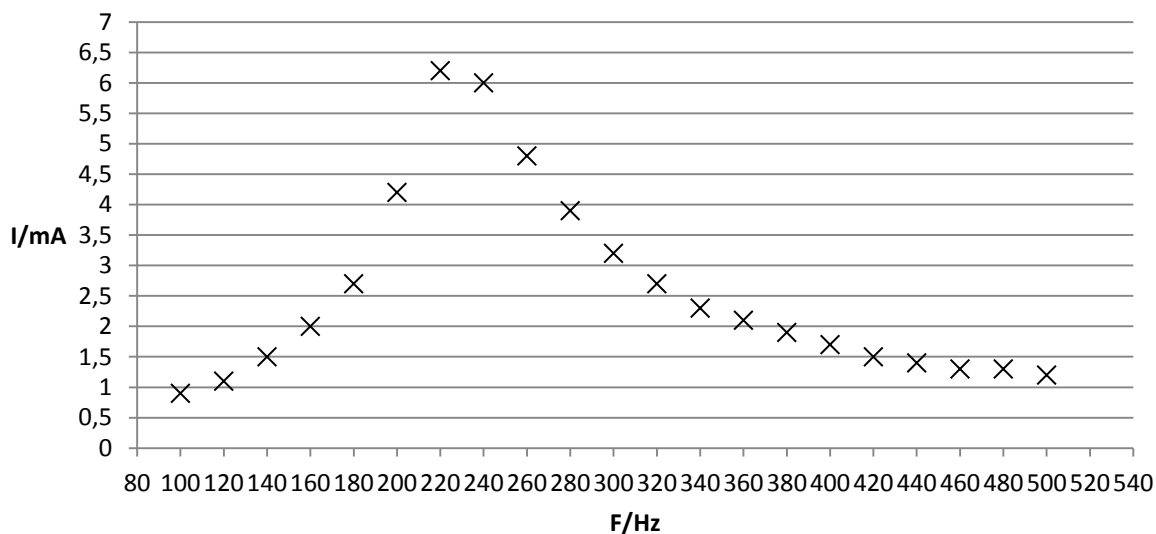
Z	X	$Z (X_L = X_C)$	$tg \varphi$
$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$X = X_L - X_C$	$Z = R$	$tg \varphi = \frac{X}{R}$

A: Závislost proudu na frekvenci

Změřte závislost proudu na frekvenci. Udržujte konstantní napětí 0,5 V.

F / Hz	I / mA
100	0,9
120	1,1
140	1,5
160	2
180	2,7
200	4,2
220	6,1
240	6
260	4,8
280	3,9
300	3,2
320	2,7
340	2,3
360	2,1
380	1,9
400	1,7
420	1,5
440	1,4
460	1,3
480	1,3
500	1,2

Vložte graf z Excelu!



Obrázek 80: Složený střídavý obvod – graf závislosti I na F

Doplňující otázky:

1. V místě, kde dosahuje proud maxima, můžeme nalézt rezonanční frekvenci f_r , při které je $X_L = X_C$ a impedance střídavého obvodu Z se rovná R .
2. Rezonanční křivka.
3. Nejvyšší hodnotu proudu můžeme nalézt v rozsahu frekvencí 225 - 227 Hz. Proud dosahuje při těchto frekvencích hodnoty 6,3 - 6,4 mA.

B: Sériový rezonanční obvod

Doplňující otázky:

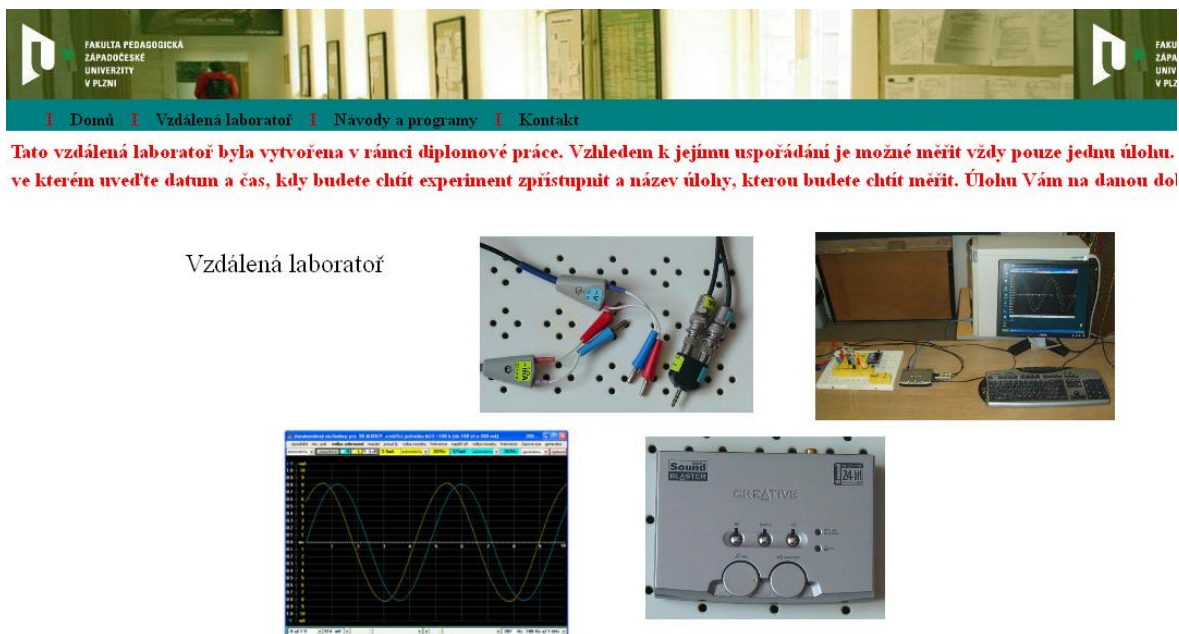
1. Proudovou rezonanci jsme našli při frekvenci 237 Hz.
2. Projevuje se nulovým fázovým rozdílem mezi proudem a napětím.
3. Fázový posuv je roven nule. Proudová rezonance nastane, je-li $X_L = X_C$. Ze vztahu pro fázový posuv $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$ je zřejmé, že $\varphi = 0$.
4. Pro proudovou rezonanci platí vztah $Z = R = \frac{U}{I}$. $Z = \frac{0,3}{0,004} = 75\Omega$.
5. Sériový odpor zmenšuje fázové posunutí mezi proudem a napětím. Jedná se o vnitřní odpor reálné cívky a svodový odpor skutečného kondenzátoru.

5.4 WEBOVÉ STRÁNKY

Internet je neodmyslitelnou součástí vzdálených laboratoří a webové stránky slouží jako vstupní brána k celému experimentu. Uživatel si na svém osobním počítači otevře příslušnou internetovou stránku, která obsahuje vše, co bude k měření potřebovat. Už stačí si jen spustit úlohu a z pohodlí domova měření absolvovat.

5.4.1 OBSAH WEBOVÝCH STRÁNEK

Webové stránky k naší vzdálené laboratoři naleznete na adrese: <http://kof.zcu.cz/st/sm/remisdipl>. Stránka obsahuje návod k připojení ke vzdálené úloze, návody k ovládání všech programů, pracovní postupy k jednotlivým experimentům, pracovní listy, protokoly, kontakty aj.



Obrázek 81: Webové stránky – úvodní stránka

Pod záložkou *Vzdálená laboratoř* najdete odkazy na všechny čtyři připravené úlohy. Kliknete-li na kteroukoliv z nich, zobrazí se vám červená lišta se třemi záložkami. *Návod*, *Zadání úlohy*, *Ke stažení*.



Obrázek 82: Webová stránka – vzdálené úlohy

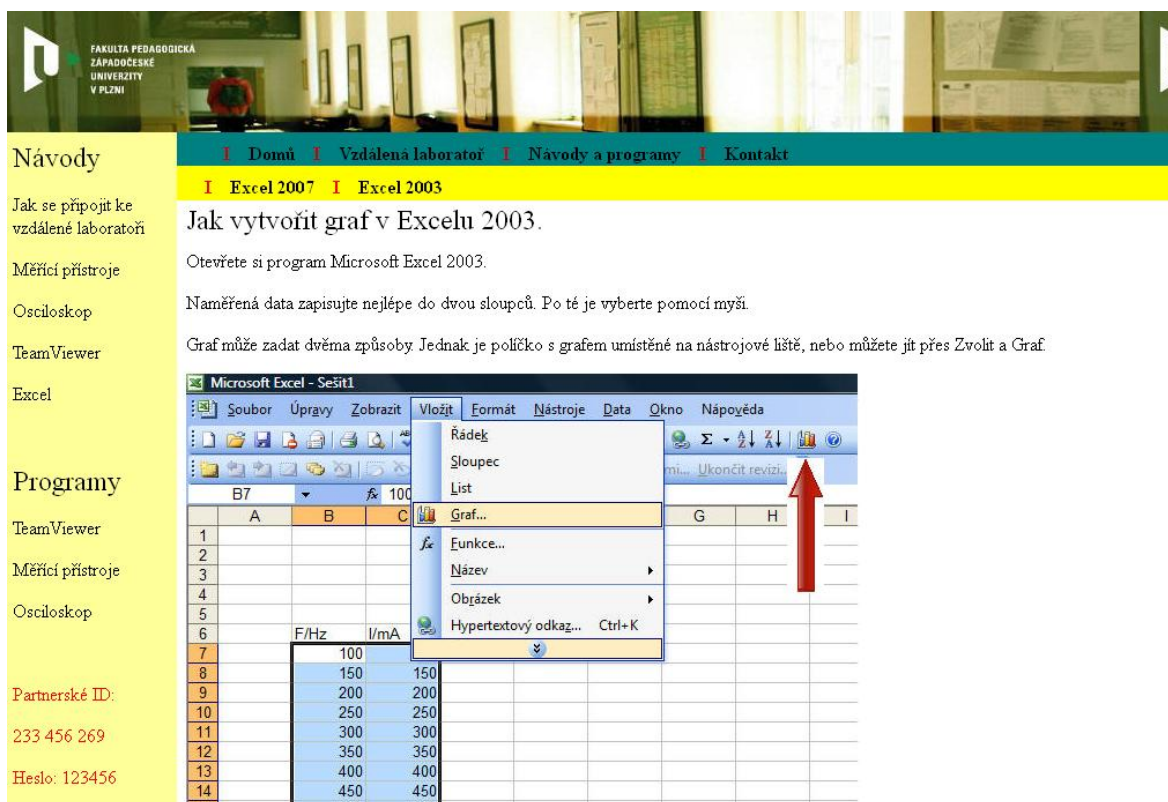
Návod k experimentu je stejný pro všechny úlohy. Je v něm stručně, ale výstižně popsáno, jak má uživatel postupovat od připojení ke vzdálené úloze, až po odevzdání protokolů. Zadání úlohy je pro každý experiment jiné. Shoduje se s pracovními listy, které je možné stáhnout do svého počítače v záložce *Ke stažení*. Tato záložka obsahuje navíc protokoly a předpřipravené grafy v Excelu.



Obrázek 83: Webová stránka – materiály ke stažení

Pod odkazem *Návody a programy* naleznete návod, jak se připojit ke vzdálené laboratoři, návody pro práci s programy *Nové přístroje 2012*, *Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012* a *TeamViewer*. Pod záložkou *Excel* naleznete návody pro tvorbu grafů v programu Excel. Jeden je pro Excel 2003, druhý pro Excel 2007.

Po kliknutí na odkazy programů *TeamViewer*, *Měřicí přístroje* a *Osciloskop* se vám nabídne možnost pro stáhnutí těchto programů do svého počítače. Program *TeamViewer* je potřebný pro navázání vzdáleného přístupu. Programy *Nové přístroje 2012* a *Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012* nefungují bez měřicí jednotky úplně správně, ale uživatel má alespoň možnost si vyzkoušet jejich ovládání. Vlevo dole na liště je uvedeno *Partnerské ID* a *Heslo* potřebné pro připojení ke vzdálené laboratoři.



Obrázek 84: Webová stránka – návody a programy

Pod posledním odkazem na zelené liště *Kontakt* se nachází jména a emailové adresy osob pověřených obsluhou vzdálené laboratoře.

6 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce bylo vytvořeno celkem pět úloh. Jedna úloha „Netlumené kmitání“ byla navržena jako reálný experiment pro měřicí rozhraní LabQuest od firmy Vernier. Zbylé čtyři úlohy „Obvod střídavého proudu s odporem“, „Obvod střídavého proudu s indukčností“, „Obvod střídavého proudu s kapacitou“ a „Složený obvod střídavého proudu“ byly vytvořeny pro vzdálenou laboratoř, která je umístěna na Oddělení fyziky KMT ZČU v Plzni. Všechny úlohy jsou svým zaměřením vhodně zejména pro žáky středních škol a to jako vhodný doplněk klasické vyučovací hodiny nebo jako úloha zařazená do laboratorních cvičení z fyziky. Úlohy měřené pomocí vzdálené laboratoře lze dobře využít i jako součást e-learningu.

Vzdálená laboratoř na KMT se svým zaměřením na elektrické kmity, použitou měřicí aparaturou a softwarem liší od všech ostatních vzdálených laboratoří dostupných na internetu. Všechny obvody střídavého proudu jsou postaveny pomocí elektronické stavebnice Didaktik, jako AD/DA převodník je použita zvuková karta Creative USB Sound Blaster Audigy 2 NX a jako měřicí software jsou použity programy Nové přístroje 2012 a Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012 vytvořeny Dr. Ing. Josefem Petříkem speciálně pro účely této vzdálené laboratoře.

Do budoucna by bylo jistě vhodné pokračovat v tomto oboru dále. Existuje celá řada pokusů, které by se nechaly realizovat ve formě vzdálených experimentů a to buď s použitím stávající aparatury a softwaru nebo s využitím zcela jiných měřících systémů a programů.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 01: Moduly ISES.....	- 9 -
Obrázek 02: Souprava ISES	- 9 -
Obrázek 03: Software ISESWIN	- 10 -
Obrázek 04: Go!Link.....	- 11 -
Obrázek 05: LabQuest Mini	- 11 -
Obrázek 06: LabQuest	- 12 -
Obrázek 07: Čidlo Go!Motion.....	- 13 -
Obrázek 08: Reálná laboratoř – měření netlumených kmitů.....	- 14 -
Obrázek 09: Graf závislosti polohy na času	- 15 -
Obrázek 10: Graf závislosti rychlosti na času	- 16 -
Obrázek 11: Graf závislosti zrychlení na času	- 16 -
Obrázek 12: Statistika - amplituda	- 16 -
Obrázek 13: Statistika - rychlost	- 17 -
Obrázek 14: Statistika - zrychlení	- 17 -
Obrázek 15: Coach 6 – analýza videa	- 19 -
Obrázek 16: Logger Pro – analýza videa.....	- 19 -
Obrázek 17: Jawa applet simulující kmitavý pohyb oscilátoru.....	- 20 -
Obrázek 18: Prostředí LabVIEW	- 24 -
Obrázek 19: Model dálkově ovládané železnice	- 24 -
Obrázek 20: Internetová stránka http://www.ises.info	- 24 -
Obrázek 21: Vzdálená laboratoř umístěná na KMT	- 29 -
Obrázek 22: Vlastnosti zvukové karty.....	- 30 -
Obrázek 23: Zvuková karta Creative Sound Blaster Audigy 2 NX	- 31 -
Obrázek 24: Vstup pro generátor napětí.....	- 31 -
Obrázek 25: Vstup pro voltmetr	- 31 -
Obrázek 26: Vstup pro ampérmetr	- 31 -
Obrázek 27: Modul kondenzátor	- 32 -
Obrázek 28: Modul odpor.....	- 32 -
Obrázek 29: Modul cívka	- 32 -
Obrázek 30: Použité vodiče.....	- 33 -
Obrázek 31: Zapojení vodičů do obvodu	- 34 -
Obrázek 32: Měřicí přístroje – starší verze	- 34 -
Obrázek 33: Osciloskop – starší verze	- 34 -
Obrázek 34: Program Nové přístroje 2012.....	- 35 -
Obrázek 35: Ampérmetr	- 35 -
Obrázek 36: Generátor napětí.....	- 36 -
Obrázek 37: Voltmetr	- 36 -
Obrázek 38: Program Dvoukanálový osciloskop pro SB Audigy 2012.....	- 37 -
Obrázek 39: Osciloskop – volba spouštěcího kanálu	- 38 -
Obrázek 40: Osciloskop – rozsahy ampérmetru.....	- 38 -
Obrázek 41: Osciloskop – měřítko časové osy.....	- 39 -
Obrázek 42: Osciloskop – rozsahy vstupního napětí	- 39 -
Obrázek 43: Osciloskop – rozsahy frekvence generátoru	- 40 -
Obrázek 44: TeamViewer – nástrojová lišta	- 41 -

Obrázek 45: TeamViewer – možnosti zobrazení	- 41 -
Obrázek 46: TeamViewer – volba spuštění webkamery a chatu.....	- 42 -
Obrázek 47: TeamViewer – přenos souborů	- 42 -
Obrázek 48: TeamViewer – spuštění vzdálené webkamery.....	- 43 -
Obrázek 49: Obvod střídavého proudu s odporem.....	- 44 -
Obrázek 50: Střídavý obvod s odporem – schéma zapojení.....	- 45 -
Obrázek 51: Střídavý obvod s odporem – časový diagram	- 46 -
Obrázek 52: Střídavý obvod s odporem – měřící aparatura	- 46 -
Obrázek 53: Střídavý obvod s odporem – Osciloskop 2012	- 46 -
Obrázek 54: Střídavý obvod s odporem – Nové přístroje 2012	- 46 -
Obrázek 55: Střídavý obvod s odporem – graf závislosti I na U	- 49 -
Obrázek 56: Obvod střídavého proudu s indukčností	- 50 -
Obrázek 57: Střídavý obvod s indukčností – schéma zapojení	- 51 -
Obrázek 58: Střídavý obvod s indukčností – časový diagram.....	- 51 -
Obrázek 59: Schéma reálné cívky	- 52 -
Obrázek 60: Střídavý obvod s indukčností – vektorový diagram	- 53 -
Obrázek 61: Střídavý obvod s indukčností – měřící aparatura.....	- 54 -
Obrázek 62: Střídavý obvod s indukčností – Osciloskop 2012.....	- 54 -
Obrázek 63: Střídavý obvod s indukčností – Nové přístroje 2012.....	- 54 -
Obrázek 64: Střídavý obvod s indukčností – graf závislosti I na F	- 58 -
Obrázek 65: Obvod střídavého proudu s kapacitou	- 60 -
Obrázek 66: Střídavý obvod s kapacitou – schéma zapojení	- 61 -
Obrázek 67: Střídavý obvod s kapacitou – časový diagram.....	- 61 -
Obrázek 68: Schéma reálného kondenzátoru	- 62 -
Obrázek 69: Střídavý obvod s kapacitou – vektorový diagram.....	- 63 -
Obrázek 70: Střídavý obvod s kapacitou – měřící aparatura.....	- 64 -
Obrázek 71: Střídavý obvod s kapacitou – Osciloskop 2012.....	- 64 -
Obrázek 72: Střídavý obvod s kapacitou – Nové přístroje 2012.....	- 64 -
Obrázek 73: Střídavý obvod s kapacitou – graf závislosti I na F	- 68 -
Obrázek 74: Složený obvod střídavého proudu.....	- 69 -
Obrázek 75: Složený střídavý obvod – schéma zapojení	- 70 -
Obrázek 76: Složený střídavý obvod – fázorový diagram	- 70 -
Obrázek 77: Složený střídavý obvod – měřící aparatura.....	- 72 -
Obrázek 78: Složený střídavý obvod – Osciloskop 2012.....	- 72 -
Obrázek 79: Složený střídavý obvod – Nové přístroje 2012.....	- 72 -
Obrázek 80: Složený střídavý obvod – graf závislosti I na F	- 75 -
Obrázek 81: Webové stránky – úvodní stránka.....	- 77 -
Obrázek 82: Webová stránka – vzdálené úlohy	- 78 -
Obrázek 83: Webová stránka – materiály ke stažení.....	- 78 -
Obrázek 84: Webová stránka – návody a programy.....	- 79 -

8 SEZNAM LITERATURY

- 1) Lepil, O.; Šedivý, P. Fyzika pro gymnázia, elektřina a magnetismus. Dotisk 5. vyd. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-202-3
- 2) Lepil, O. Fyzika pro gymnázia, mechanické kmitání a vlnění. Dotisk 4. vyd. Praha: Prometheus, 2011. ISBN 80-7196-387-5
- 3) Horák, Z.; Krupka, F. Fyzika. 3. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1981.

Internet

- 1) <http://www.ises.info/index.php/cs> (22. 3. 2012)
- 2) <http://www.vernier.cz/uvod/rozcestnik> (22. 3. 2012)
- 3) http://artemis.osu.cz/coach_video/ (22. 3. 2012)
- 4) <http://www.walter-fendt.de/ph14e/> (24. 3. 2012)
- 5) <http://www.stream.cz/uservideo/650268-export-dat-z-programu-logger-pro> (23. 3. 2012)
- 6) <http://www.walter-fendt.de/ph14cz/> (23. 3. 2012)
- 7) <http://czech.ni.com/labview> (24. 3. 2012)
- 8) <http://www.teamviewer.com/cs/> (24. 3. 2012)