

Experimentálně dokonalé reálné a vzdálené experimenty se systémem ISES

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Abstrakt

Příspěvek popisuje dva zajímavé experimenty se systémem ISES. Myslíme si, že se dá říci „experimentálně téměř dokonalé“. Reálný experiment „Amplitudová modulace“ provedený on-line přiblíží podstatu amplitudové modulace, kterou studenti nejenom uvidí ve známé grafické prezentaci, ale doslova i uslyší. Druhý, tentokrát vzdálený experiment se systémem ISES, „Mapování elmg. pole“, má bohatou interaktivitu. Vykreslí XY vektorové pole magnetické indukce libovolného magnetu. Blížší informace k systému ISES, ke sbírkám reálných experimentů a ke vzdáleným experimentům viz www.ises.info [1], či [2].

Experiment č. 1: Amplitudová modulace

Úvod a trochu teorie:

Amplitudová modulace patří mezi prvotní modulace, se kterou se studenti seznamují. Je to nejstarší typ modulace, začala se používat po roce 1900, kdy se pokoušeli o přenos akustického signálu na velké vzdálenosti. Nosný signál vysoké frekvence a konstantní amplitudy se moduloval akustickým signálem. Výsledný signál měnil amplitudu v závislosti na změně modulačního signálu. Klasická amplitudová modulace obsahuje nosnou vlnu a dvě (součtové a rozdílové) postranní pásma (DSB - Dual Side Band). Mnohdy se ale z různých důvodů některé z těchto složek odstraňují a tak vznikají modulace s jedním postranním pásmem (SSB - Single Side Band) nebo s potlačenou, či redukovanou nosnou (SC - Suppressed Carrier nebo RC - Reduced Carrier).

Předpokládejme, že nosnou vlnu modulujeme jednoduchým harmonickým modulačním signálem o konstantní frekvenci.

Nosnou vyjádříme následujícím vztahem:

$$n(t) = N \sin(\Omega t),$$

N je amplituda nosné a Ω je její úhlový kmitočet.

Jednoduchý harmonický signál $m(t)$, jímž chceme nosnou modulovat, má průběh:

$$m(t) = M \sin(\omega t + \phi),$$

kde ϕ je fázový posuv vůči nosné $n(t)$.

Amplitudová modulace vznikne sečtením amplitudy nosné N a modulace $m(t)$:

$$y(t) = (N + M \sin(\omega t + \phi)) \sin(\Omega t)$$

S použitím vzorců pro součin harmonických funkcí je možné výše uvedený výraz upravit do tvaru:

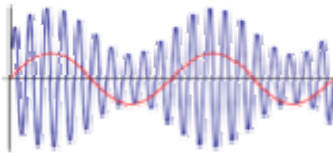
$$y(t) = N \sin(\omega t) + M \frac{\cos((\Omega - \omega)t + \phi)}{2} - M \frac{\cos((\Omega + \omega)t + \phi)}{2}$$

Z tohoto vzorce je vidět, že modulovaný signál se skládá z nosné, součtového a rozdílového pásma. Amplitudových modulací je několik typů lišících se v jakém poměru se v signálu ponechají modulační signál a nosná. Základní typy amplitudové modulace jsou např.:

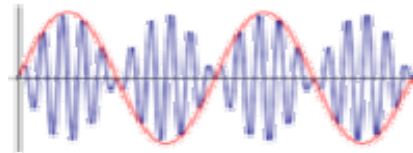
AM DSB (*Dual Side Band*) obsahuje obě postranní pásma i nosnou.

AM DSB SC (*Dual Side Band Supressed Carrier*) obsahuje obě postranní pásma, ale nosná je zcela potlačena.

Pozn.: Existují ještě další typy amplitudových modulací, viz např. [3] aj.



Časový průběh AM DSB s plnou nosnou



Časový průběh AM DSB s potlačenou nosnou

Obr. 1: Základní typy amplitudové modulace, obr. převzaty z [3].

Experiment:

Přistupme nyní k vlastní demonstraci amplitudové modulace se systémem ISES. Budeme demonstrovat jednoduše proveditelnou amplitudovou modulaci s potlačenou nosnou.

Systém ISES PCI umožňuje snímat signál vzorkovací frekvencí až 100 kHz, dále umožňuje tzv. on-line zpracování více signálů. A toho využijeme! Vezmeme mikrofon, který zapojíme např. do vstupního kanálu „A“. Reprodukter zapojíme do výstupního kanálu „E“. Mikrofonním signálem budeme modulovat nosný signál. No a nakonec modulovaný signál budeme zase on-line demodulovat a vysílat reproduktorem v kanálu „E“.

Připravíme si ve virtuálním kanálu systému ISES nosný signál 20 kHz s amplitudou např. 1. Vzorkovací frekvenci zvolíme 50 kHz (maximální vzorkovací frekvence systému ISES je 100 kHz, my však zpracováváme dva kanály A a E), celkový čas měření cca 10 s. Pozn.“ 20 kHz není mnoho, ale my budeme systém ISES provozovat v režimu on-line zpracování, což znamená, že se výstupní signál bude v každém bodu (50000x za 1 sekundu) řídit výstupní formulí!

Ve virtuálním kanálu „X“ zapíšeme nosnou frekvenci:

$$X = 1 * \sin(6,28 * 20000 * t)$$

Ve výstupním kanálu „E“ zvolíme uživatelskou funkci a zapíšeme:

$$E = A * X,$$

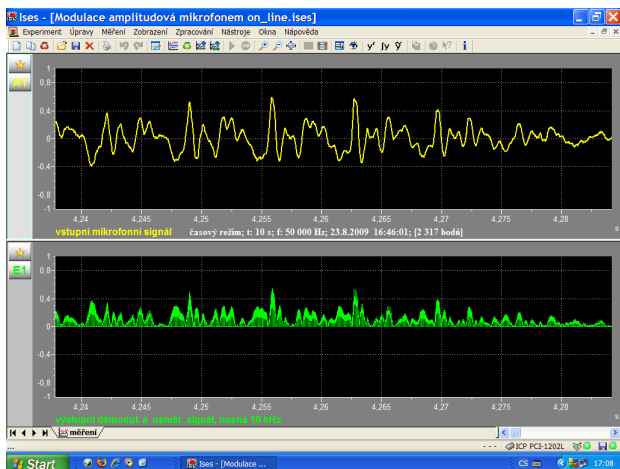
Zvolili jsme jednoduchou amplitudovou modulaci s potlačenou nosnou.

No a jak signál zpět demodulovat, abychom zase slyšeli náš hlas? Demodulace se provádí usměrněním a vyhlazením. V systému ISES realizujeme usměrnění „softwarově“ užitím absolutní hodnoty!

Takže pokud napíšeme do výstupního signálu

$$E = \text{ABS}(A * X),$$

dostaneme „zpět“ náš modulační signál – mluvené slovo, či zpěv. Absolutní hodnotou „uřízneme“ spodní část modulovaného signálu. Ten přivádíme do reproduktoru. Reprodaktor bude přenášet jenom „obálku“ modulovaného signálu, neboť rychlý modulovaný signál nezpracuje a tím nám ho „vyfiltruje“ jako bychom použili kondenzátor!



Obr. 2.: Grafický výstup v programu ISES. Demodulovaný mikrofonní signál, který zpětně vysíláme reproduktorem

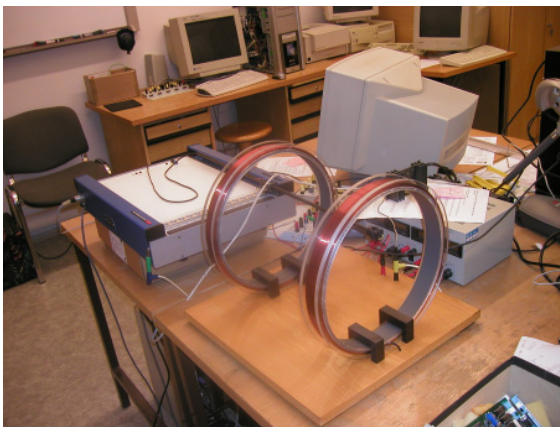
Výborně. Při spuštění programu ISES s nastavenými funkcemi, již on-line uvidíme modulovaný signál. Jak budeme mluvit, či zpívat do mikrofону, uvidíme on-line graf amplitudové modulace! Z výstupního kanálu, kde je reproduktor dostáváme opět náš mluvený, či zpívaný signál. Téměř to vypadá jako když nemodulujeme a nedemodu-

lujeme, ale lupou objevíme, že se pod reprodukováním signálem skrývá modulovaný signál, což jsme samozřejmě chtěli.

Experiment č. 2: Vzdálený experiment „Mapování elmg. pole“

Mapování magnetického pole, jednorozměrný, či dvourozměrný obraz rozložení magnetické indukce, Helmholtzovy cívky, aj. jsou častým námětem laboratorních úloh. Připravili jsme další vzdálený experiment, který bude na přímé adrese <http://kdt-27.karlov.mff.cuni.cz>, či na rozcestníku vzdálených experimentů <http://www.ises.info> instalovaných na MFF-UK Praha. Prozatím je spuštěn pouze pracovní. Pozn.: v současné době zde běží vzdálené experimenty „Elektromagnetická indukce“, „Kmity na pružině“, „Difrakce na mikroobjektech“, „Přeměna solární energie“, „Meteorologická stanice“, „Řízení výšky vodní hladiny“.

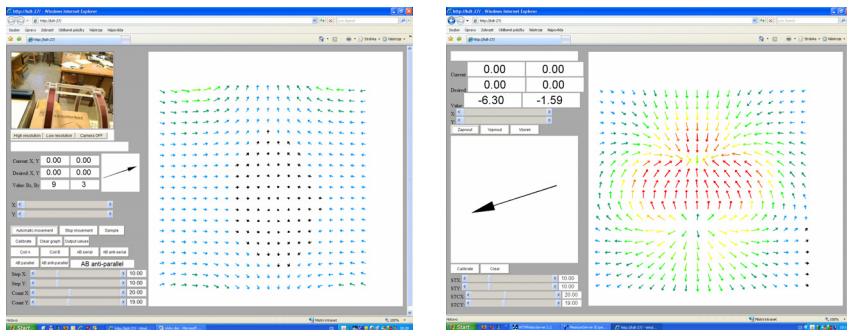
Mapování magnetického pole se provádí v XY rovině dvěma Hallovými sondami, které se pohybují na ramenu XY zapisovače. Ramenem se dá volně pohybovat do libovolné polohy, resp. se může zvolit rastrovací režim a XY zapisovač provede oscanování vymezeného prostoru se zvoleným krokem. Zkoumaným objektem jsou Helmholtzovy cívky, které mají speciální Helmholtzovu konfiguraci (vzdálenost cívek se rovná jejich průměru). Zapojení cívek ale může mít i několik dalších zapojení: pouze jedna cívka, dvě paralelně zapojené cívky, dvě antiparalelně zapojené cívky, dvě sériově, či dvě antisériově zapojené cívky. Rovněž se dá měnit velikost proudu procházející cívkami.



Obr. 3.: Celkový pohled na experimentální uspořádání úlohy „Mapování elmg. pole“

Toto vše se zdá být samozřejmé a lehce proveditelné. ALE NAŠE ÚLOHA JE NA INTERNETU !, na výše uvedené adrese <http://kdt-27.karlov.mff.cuni.cz>. Je volně dostupná komukoliv, kdykoliv a odkudkoliv. Samozřejmě bez hesla a logování. Stačí v libovolném prohlížeči (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera) zadat výše uve-

denou adresu a jste u reálného vzdáleného experimentu. Nechť si ho čtenář sám odzkouší. Naše vzdálené úlohy mají ještě možnost stáhnout si naměřená data a dále naměřené veličiny zpracovávat. WWW stránka se vzdáleným experimentem poskytuje kamerový obraz, velmi bohaté interaktivní možnosti měření (změna polohy, zapojení cívek, změna proudu, automatické, či ruční scanování). V grafickém poli vpravo se potom vykreslují vektory magnetické indukce. Jsou vykreslovány samozřejmě s vektorovou orientací a dokonce mají pro lepší zviditelnění barvu dle velikosti vektoru magnetické indukce.



Obr. 4.: nalevo: antiparalelně zapojené Helmholtzovy cívky, uprostřed je vektor magnetické indukce nejmenší; napravo: složitě magnetické pole segmentového magnetu.

Závěr

V příspěvku jsme popsali dva „téměř dokonalé“ experimenty, které nám umožnily nové technologie počítačového měření, či zpracování měřených signálů jak v lokálním tak i ve vzdáleném provedení experimentů.

O vzdálených úlohách bylo již publikováno např. v [4], [5] aj. Jsou založeny na soupravě ISES a softwarové stavebnici ISES WEB Control.

Literatura

- [1] LUSTIG, F. *Computer based system ISES*, poslední aktualizace 24.2. 2008, [cit. 2009-09-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.ises.info>> .
- [2] SCHAUER, F., LUSTIG, F., DVOŘÁK, J., OŽVOLDOVÁ, M.: *Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES*, Eur. J. Phys. 29, 753-765, 2008.
- [3] Wikipedia, [cit. 2009-09-01]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org>> .
- [4] LUSTIG, F., DVORAK, J.: *ISES WEB Control, software kit for simple creation of remote experiments for ISES*, Teaching tools co. PC-IN/OUT, 2003.

- [5] SCHAUER, F., OŽVOLDOVÁ, M., LUSTIG, F. Real remote physics experiments across Internet - inherent part of Integrated e-Learning, iJOE –4, Issue 1, February (2008) 53, 2008.