

# RIADENIE FYZIKÁLNEHO MERANIA POMOCOU LOKÁLNEHO POČÍTAČA S POUŽITÍM INTERNETOVÉHO ŠKOLSKÉHO EXPERIMENTÁLNEHO SYSTÉMU - ISES

**Karol Kvetan, Helena Hološová**

Ústav materiálov, Slovenská technická univerzita v Bratislave,  
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava  
e-mail: [karol.kvetan@stuba.sk](mailto:karol.kvetan@stuba.sk), [helena.holosova@stuba.sk](mailto:helena.holosova@stuba.sk)

**Abstract:** Kvetan, K., Hološová, H.: *The Control of Physical Experiment by Means of Local Computer with Using of the Internet School Experimental System – ISES*. The paper presents the first step to the building of a distant experiment, in the framework of remote physical laboratory directed via internet. It deals with the measurements of the basic characteristics of electrical voltage source. The individual parts of arrangement were realized by the ISES-kit, that is capable to command the measuring procedures and to transform the corresponding values via computer.

**Keyword:** Physical experiment, electrical source, electromotive force, applied voltage, internal resistance, ISES-kit

## 1. Úvod

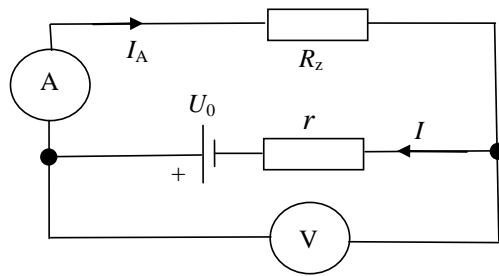
Popísaná úloha predstavuje jeden z diaľkovo ovládaných experimentov, ktoré majú byť sprístupnené na internete v rámci česko-slovenskej spolupráce, týkajúcej sa e-learningového vzdelávania (viď napr. práce [1],[2],[3]).

Kľúčovým zariadením tu je Internetový školský experimentálny systém ISES (Internet School Experimental System), vyvinutý na tieto účely v Českej republike [4]. Systém je schopný transformovať fyzikálne veličiny na elektrické napätie a na základe toho riadiť, kontrolovať a vyhodnocovať meracie procedúry v reálnom čase pomocou počítača.

Názov prezentovanej úlohy je *Meranie charakteristík zdroja jednosmerného elektrického napätia*. Pri bližšom teoretickom popise majú kľúčový význam výrazy *elektromotorické a svorkové napätie, vnútorný odpor zdroja, výkon zdroja, účinnosť na spotrebiči* a pod..

## 2. Charakteristiky zdroja jednosmerného elektrického napätia

Z náuky o elektrine je známy fakt, že napätie  $U_0$ , namerané na nezaťaženom elektrickom zdroji (nazývané *elektromotorické napätie*, resp. *napätie naprázdno*) je väčšie ako napätie  $U_s$ , ktoré by sme namerali na zdroji pripojenom k nejakému spotrebiču s elektrickým odporom  $R_z$  (tzv. *svorkové napätie* pri danej záťaži). Uvedenej situácii prislúcha schéma na Obr. 1.



Obr. 1 Základná schéma zapojenia pre popis a meranie charakteristík zdroja jednosmerného elektrického napätia

Keď predpokladáme aplikáciu ideálnych meracích prístrojov, t.j. voltmetra V s nekonečným vnútorným odporom a ampérmetra A so zanedbateľne malým odporom, podľa Ohmovho zákona tu platí

$$U_0 = r \cdot I + R_x \cdot I_A = r \cdot I + U_s \quad (1)$$

Uvažujeme tu pritom, že voltmetrom prakticky nepreteká žiaden prúd, takže  $I_A \approx I$ . Zo vzťahu vidíme, že rozdiel medzi oboma napätiami je rovný tej časti napätia, ktorá sa uloží na vnútornom odpore  $r$  zdroja (predstavuje ho výraz  $r \cdot I$ ). Zároveň je zrejmé, že svorkové napätie  $U_s$  je rovné napätiu na spotrebiči s odporom  $R_x$

$$U_s = R_x \cdot I_A \quad (2)$$

Ďalší význam uvedeného vzťahu spočíva v tom, že umožňuje ľahko určiť hodnotu vnútorného odporu zdroja ako

$$r = \frac{U_0 - U_s}{I} \quad (3)$$

Ďalšie relevantné veličiny sú:

*Celkový výkon zdroja*

$$P = I^2 \cdot R_x + I^2 \cdot r = P_2 + P_1 \quad (4)$$

kde prvý člen predstavuje výkon uvoľnený na spotrebiči a druhý výkon spotrebovaný v samotnom zdroji.

*Výkon spotrebiča*

vyjadruje súčin napätia na spotrebiči a prechádzajúceho prúdu

$$P_e = U_s \cdot I \quad . \quad (5)$$

Účinnosť prenosu energie do spotrebiča

je daná pomerom výkonu na spotrebiči k celkovému výkonu zdroja

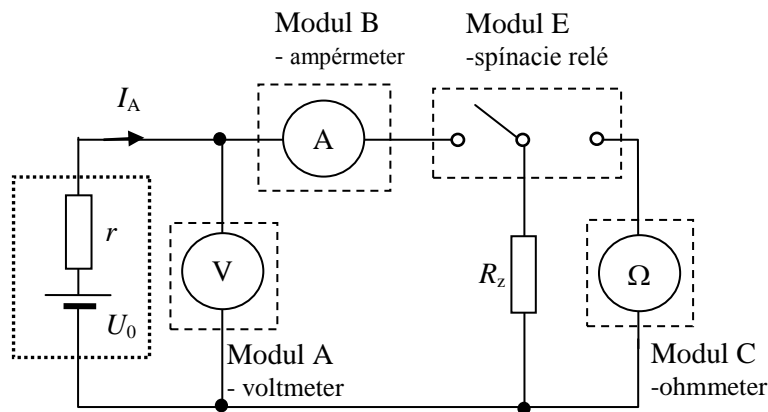
$$\eta = \frac{P_e}{P} = \frac{U_s \cdot I}{U_0 \cdot I} = \frac{U_s}{U_0},$$

alebo

$$\eta = \frac{P_e}{P} = \frac{I_A^2 \cdot R_z}{I^2 \cdot R_z + I^2 \cdot r} = \frac{R_z}{R_z + r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_z}} \quad . \quad (6)$$

### 3. Realizácia experimentu

Merania základných charakteristík napäťového zdroja môžeme realizovať pomocou klasického usporiadania, ktoré je v princípe totožné s Obr. 1. V našom prípade sme toto zapojenie realizovali prostredníctvom modulov ISES ; zodpovedajúca bloková schéma je znázornená na Obr. 2.

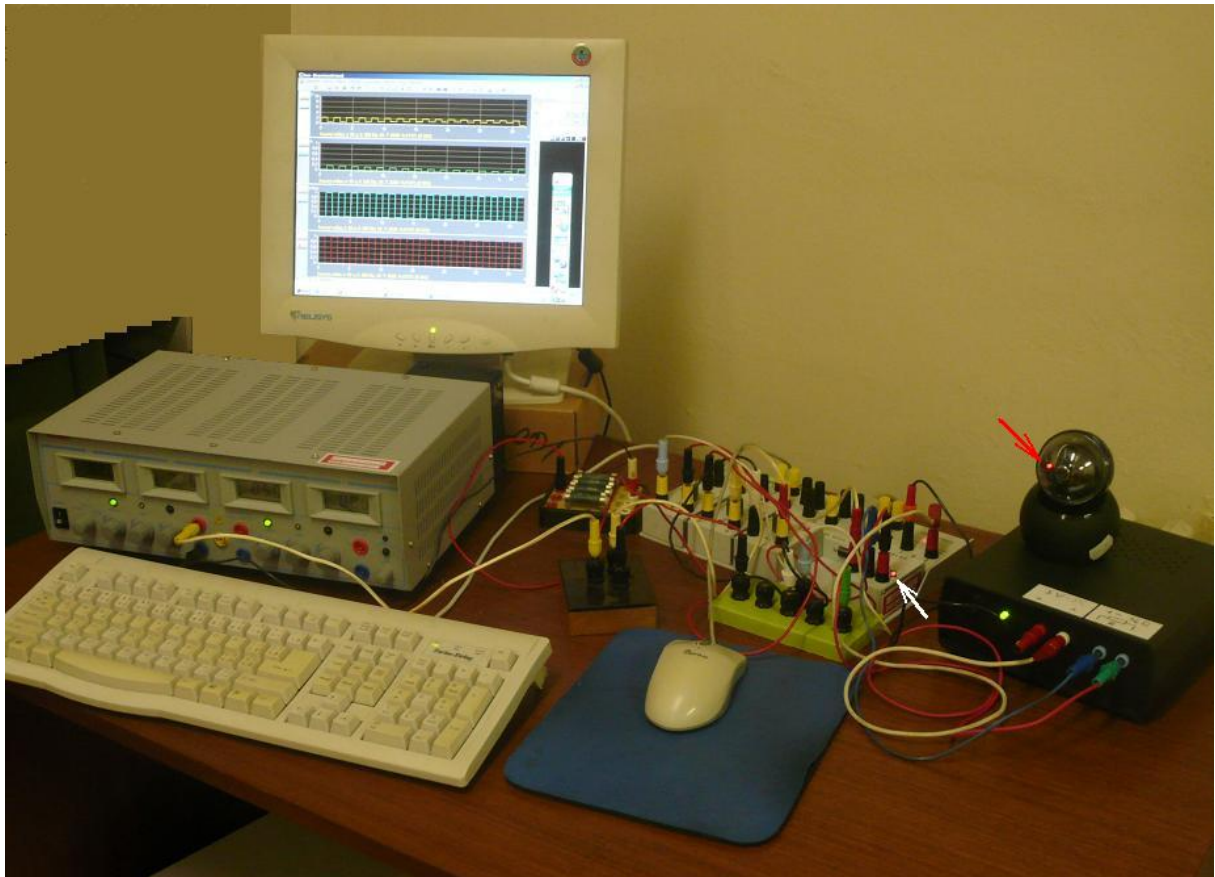


Obr. 2 Bloková schéma experimentu, realizovaná pomocou súpravy ISES

Zapojenie tvoria nasledovné súčasti:

- zdroj jednosmerného napätia  $U_0$  s vnútorným odporom  $r$
- modul ampérmeter A
- modul voltmeter V
- záťažový rezistor  $R_z$
- modul ohmmeter  $\Omega$
- modul spínacie relé

Prvky v schéme, vyznačené v čiarkovaných obdĺžnikoch, boli realizované pomocou modulov ISES, a ovládané pomocou lokálneho počítača. Fotografické znázornenie celého experimentu je prezentované na Obr. 3.

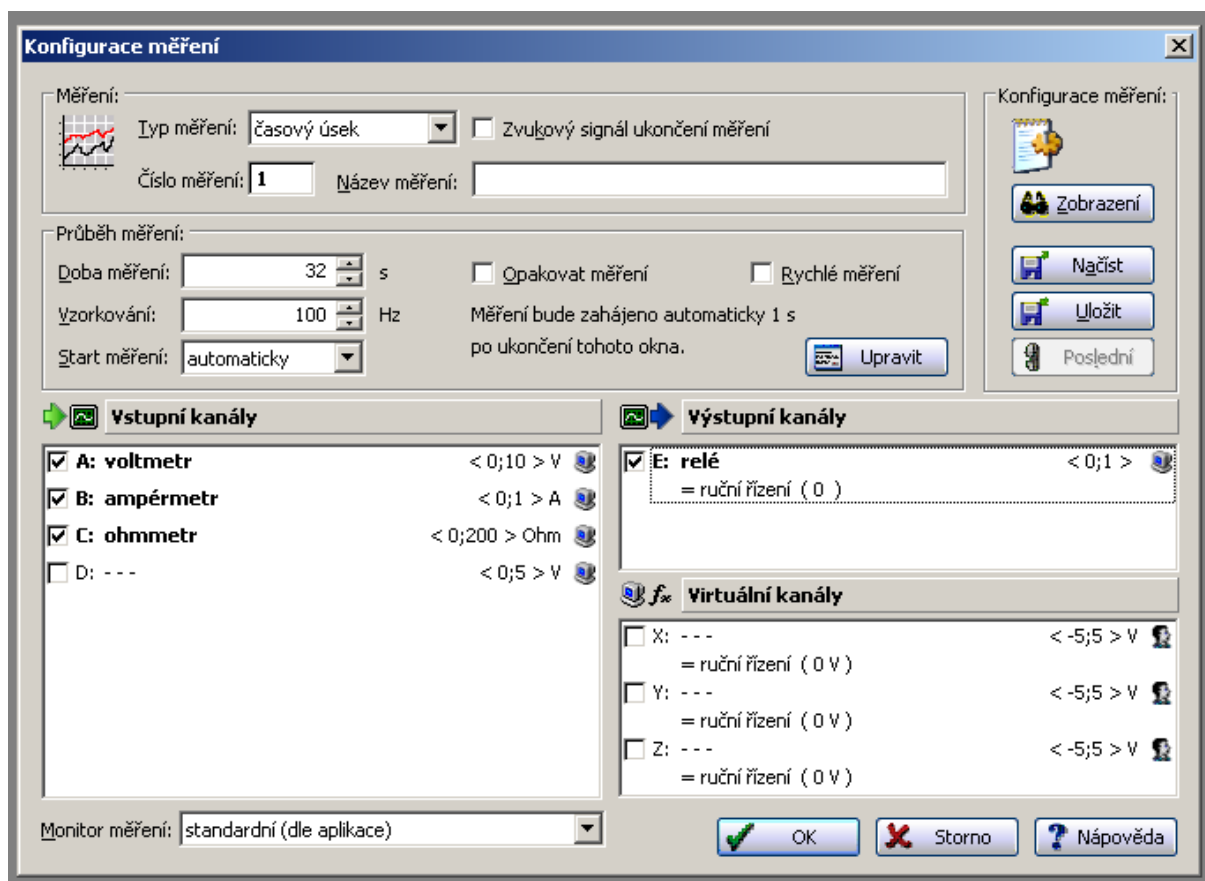


*Obr. 3 Fotografický pohľad na experiment. Skúmaný elektrický zdroj tvorí sivá skrinka medzi klávesnicou a monitorom počítača. Základná doska súpravy ISES aj so zasunutými modulmi je vpravo od monitora. Odporová dekáda s premennými záťažovými odpormi sa nachádza v čiernej skrinke vpravo, na nej je položená web-camera ; jej červená kontrolka je vyznačená červenou šípkou. Biela šípka zasa ukazuje na červenú kontrolku spínacieho relé. Na obrazovke monitora možno zároveň vidieť aj merané časové priebehy napätia, prúdu, záťažového odporu a režimu preklápania relé.*

#### **4. Riadenie experimentu pomocou súpravy ISES**

Postup merania pomocou súpravy ISES v súčinnosti s počítačom môžeme popísať nasledovne:

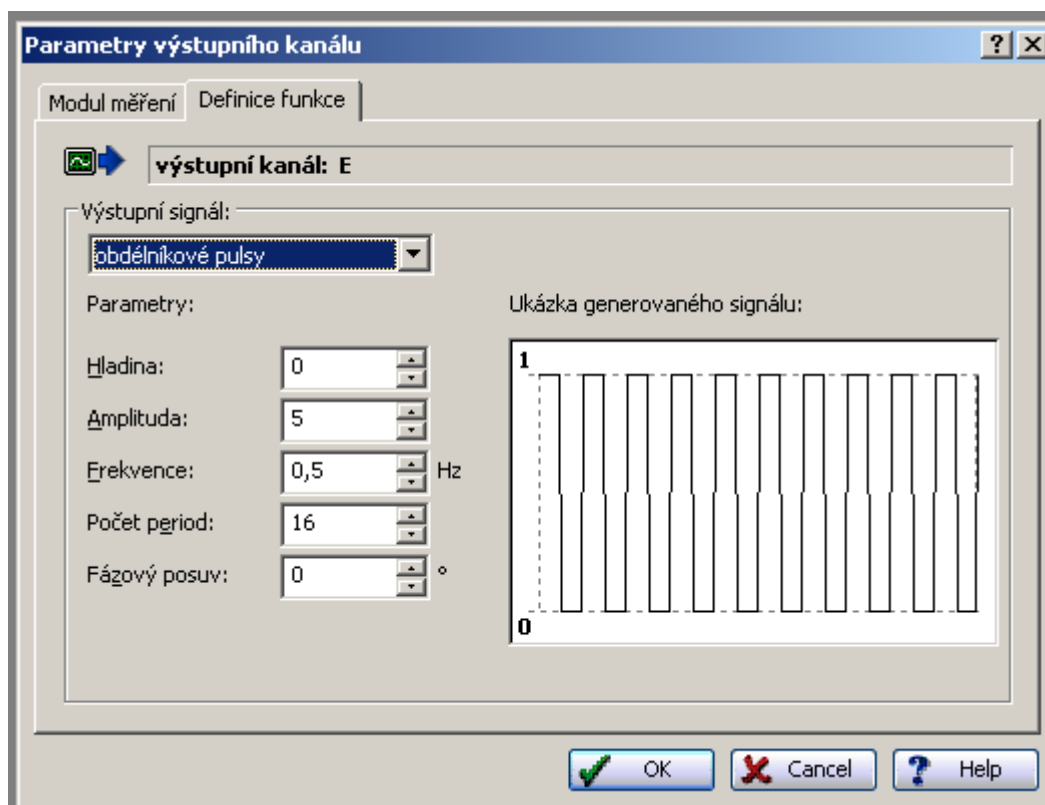
Najskôr zadefinujeme participáciu pracovných modulov súpravy a ich parametrov v dialógovom okne (Obr. 4).



Obr. 4. Dialógové okno na začiatku meracej procedúry

Aktivované moduly sú vyznačené v malých štvorčekoch.

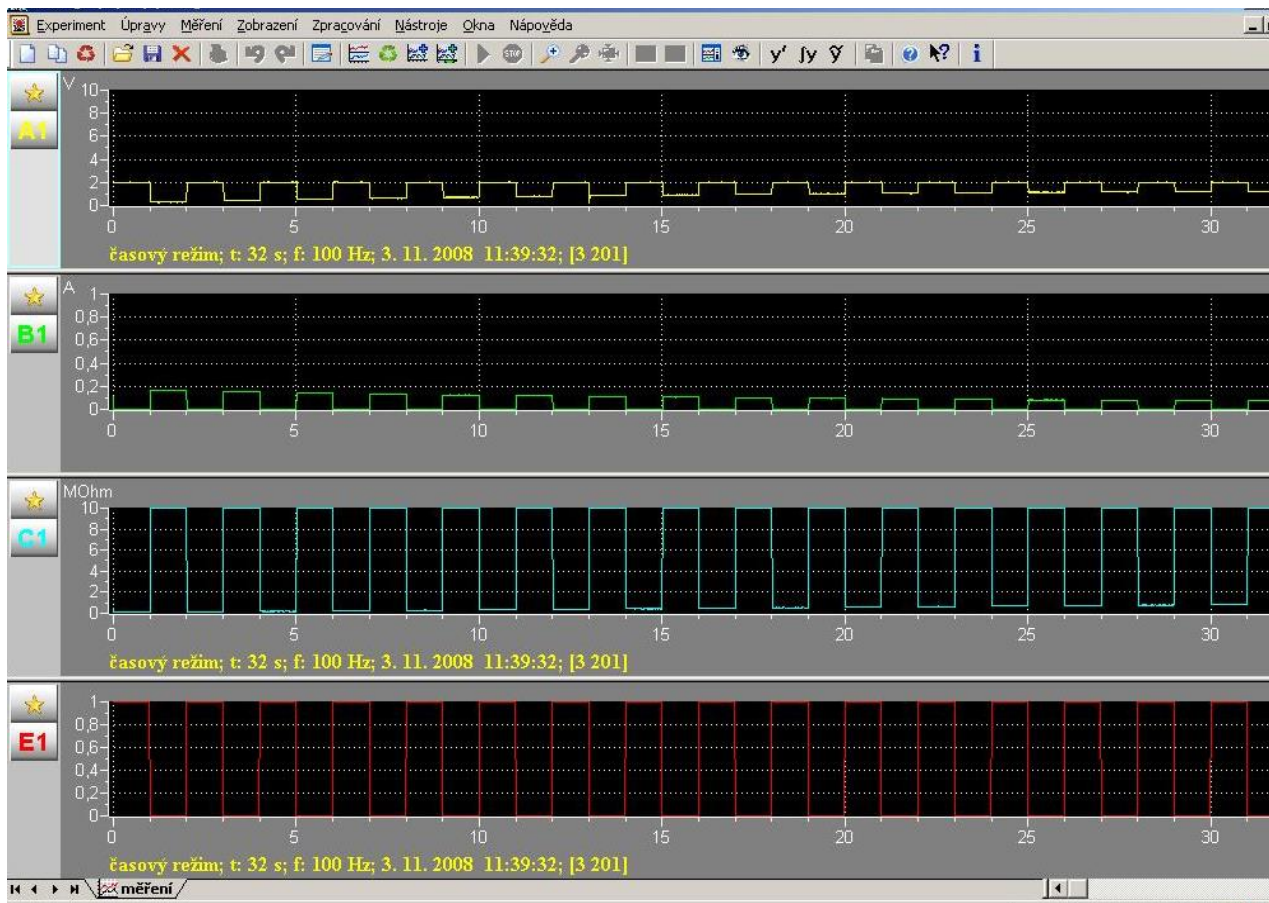
Riadiaci signál je produkovaný spínacím relém. Najvýhodnejšie na tento účel sú pravouhlé impulzy, ktorých tvar je znázornený v dialógovom okne na Obr. 5. Z nastavenej frekvencie impulzov 0,5 sec. vyplýva doba trvania jedného impulzu  $T = 2$  sec. Odporovo-  
záťažová skrinka obsahuje 16 rôznych rezistorov, ktoré sa postupne spínajú v rovnomerne rastúcom intervale od  $1 \Omega$  do  $16 \Omega$ . Pretože každý resistor „spotrebuje“ jeden impulz, na celé meranie pripadne čas 32 sec.



Obr. 5 Dialógové okno po aktivovaní spínacieho relé. Riadiaci signál pravouhlého tvaru je znázornený v bielom okienku vpravo

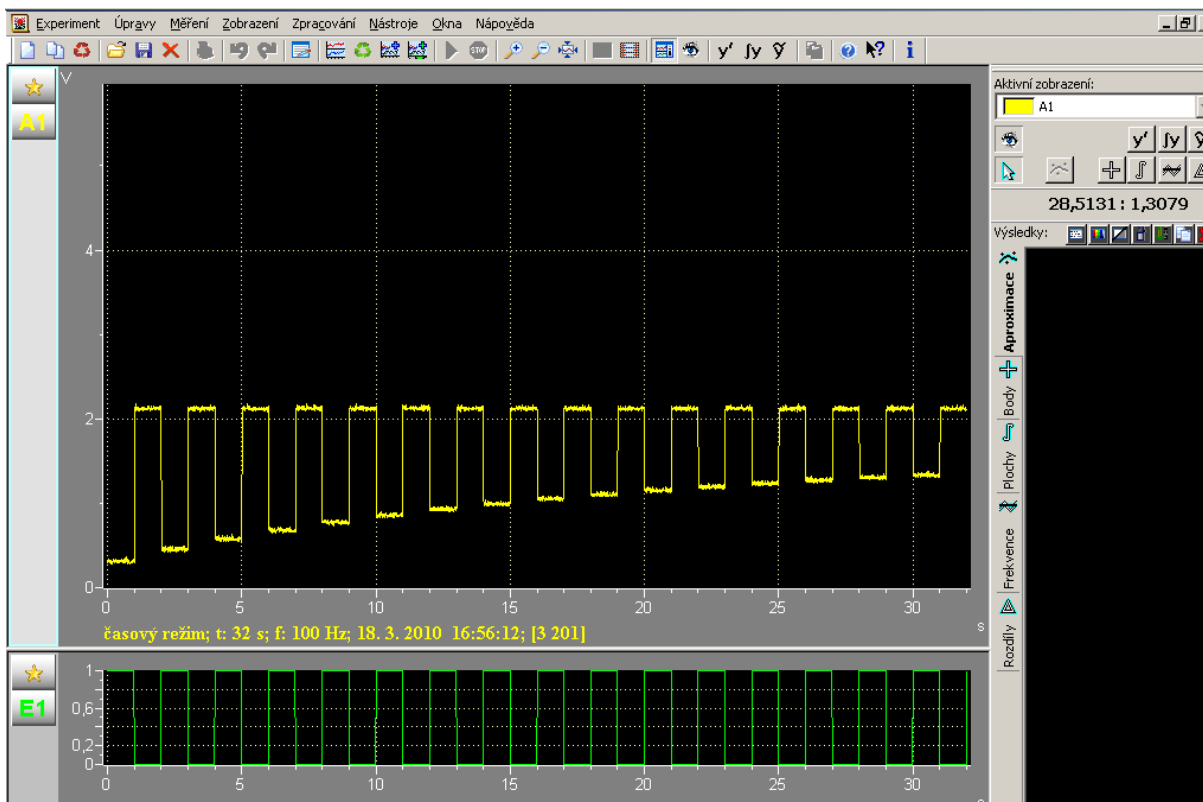
Ďalšia ukážka (Obr. 6) znázorňuje časové priebehy meraných veličín – napätia, prúdu a záťažového odporu; posledný priebeh zodpovedá preklápaniu relé. Všetky štyri ukážky sú časovo synchronizované.

Detailnejší pohľad na jeden z priebehov – konkrétne napätový – vidíme na Obr. 7. Všimneme si tu čísla v pravom rámečku - konkrétne 28,5131 : 1,3079. Tieto zodpovedajú súradniciam kurzora v danom momente, t.j. v čase, určenom prvým číslom, bola hodnota svorkového napätia na príslušnom rezistore daná druhým číslom. Ľahko tiež určíme, že hodnota práve zopnutého odporu bola  $15 \Omega$ , a že hodnota elektromotorického napätie bola počas celého merania konštantná  $U_0 = 2,1 \text{ V}$ .



Obr.6. Časové priebehy meraných veličín

1. graf: Repräsentuje veľkosť elektromotorického napätia  $U_0$  (v 1., 3., 5. ... atď, t.j. ...nepárnom intervale, keď záťažový rezistor bol odpojený od zdroja pomocou relé), a svorkového napätia  $U_s$  (v 2., 4., 6. ....párnom intervale v momentoch, keď záťaž bola pripojená k zdroju)
2. graf: Prúd pretekajúci záťažovým rezistorom: jednotlivé intervaly sú synchronizované s predchádzajúcim prípadom
3. graf: Veľkosť záťažového odporu (zodpovedajúce hodnoty ležia v nepárnych intervaloch, keď záťaž bola odpojená od zdroja; sú to síce malé hodnoty, avšak pomocou zväčšenia grafu na počítači možno uľahčiť ich odčítanie)
4. graf: Zodpovedá spínaniu relé, zreteľne tu vidíme pravouhlý tvar spínacích impulzov. Párne a nepárne intervaly majú rovnaký zmysel ako v predchádzajúcich prípadoch



Obr. 7 Samostatný a zväčšený napätový časový priebeh. Vyššia hodnota zodpovedá elektromotorickému napätiu (v našom prípade  $U_0 = 2,1 \text{ V} = \text{konšt.}$ ), nižšia zodpovedá meniacemu sa svorkovému napätiu  $U_s$ . (Spodná časť znovu zodpovedá spinaciemu relé, ktorého súčinnosť je nevyhnutná pri každom meraní).

Číselný prehľad všetkých nameraných hodnôt je uvedený v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Namerané a vypočítané hodnoty vybraných fyzikálnych veličín

$U_0 = 2,1 \text{ V} = \text{konštanta}$

$R_z (\Omega)$	$U_s (\text{V})$	$I (\text{mA})$	$r (\Omega)$	$P_e (\text{W})$	$\eta (\%)$
1	0,32	176	10,11	56,0	15,2
2	0,42	166	10,18	69,7	20,0
3	0,51	157	10,13	80,1	24,3
4	0,60	149	10,07	89,4	28,6
5	0,68	141	10,07	95,9	32,4
6	0,76	133	10,08	101,1	36,2
7	0,83	126	10,08	104,6	39,5
8	0,90	119	10,08	107,1	42,7
9	0,97	113	10,00	109,6	46,2
10	1,04	106	10,00	110,2	49,5
11	1,09	100	10,10	109,0	51,9
12	1,15	94	10,11	108,1	54,8
13	1,20	89	10,11	106,8	57,1
14	1,24	85	10,12	105,4	59,0



15	1,28	82	10,00	105,0	61,0
16	1,31	79	10,00	103,5	62,4

Veličiny v prvých troch stĺpcoch boli získané priamym meraním, zvyšné tri veličiny boli určené výpočtom podľa vzťahov (3), (5), (6). Všimnime si tu niektoré podstatnejšie skutočnosti:

Výsledky potvrdili známy fakt, že pri zväčšovaní záťažového odporu hodnoty prúdu klesajú, zatiaľ čo hodnoty svorkového napätia rastú. Pre vnútorný odpor zdroja nám vyšla priemerná hodnota  $r = 10,08 \Omega$ . Ukázalo sa tiež, že výkon zdroja je najväčší vtedy, keď veľkosť záťaže je rovná práve veľkosti tohto vnútorného odporu, t.j.  $R_z = r$ . Vtedy  $U_s = U_o/2$ , takže na záťaži sa uloží polovica elektromotorického napätia, druhú polovicu „spotrebuje“ samotný zdroj na svojom vnútornom odpore. Výkon zdroja sa pritom rozloží v rovnakej miere medzi oba tieto odpory, a teda účinnosť prenosu energie do spotrebiča je asi 50 %-ná; plná, tj. 100 %-ná účinnosť by sa dosiahla pri nekonečne veľkej záťaži.

### 5. Záver

Popísané experimenty boli riadené pomocou lokálneho počítača, situovaného v laboratóriu vedľa aparatury. Môžeme povedať, že tieto “testovacie” procedúry boli úspešné, moduly ISES pracovali bezproblémovo a namerané priebehy a závislosti mali predpokladaný tvar. Pokusy zároveň predstavovali prvú fázu prípravy realizácie merania na diaľku prostredníctvom internetu. Internetové pripojenie už bolo medzičasom realizované a pokusne zavedené aj do výučby fyziky na MTF STU v Trnave. Zatiaľ bolo aplikované vo výberovom predmete *Fyzikálne projektovanie a modelovanie* u prezenčného štúdia, ako aj v predmete *Fyzikálne praktikum II* na kombinovanej forme u detašovaného pracoviska v Dubnici nad Váhom. V súčasnosti pracujeme na vyhodnocovaní tejto výučbovej metódy, hlavne jej pedagogických aspektov, o čom bude pojednávať aj ďalšia pripravovaná publikácia.

### Literatúra

- [1] SCHAUER, F., KUŘITKA, I., LUSTIG, F. *Creative Laboratory Experiments for Basic Physics Using Computer Data Collection and Evaluation Exemplified on the ISES system*. In Innovation 2006, World Innovations in Engineering Education and Research, USA, iNEER Special Volume 2006, Virginia, U.S.A., pp. 305-312, ISBN 0-9741252-5-3
- [2] OŽVOLDOVÁ, M., ČERNĀNSKÝ, P., SCHAUER, F., LUSTIG, F. *Internet Remote Physics Experiments in a Student Laboratory*. In Innovation 2006, World Innovations in Engineering Education and Research, USA, iNEER Special Volume 2006, Virginia, U.S.A., pp. 297-305, ISBN 0-9741252-5-3
- [3] SCHAUER, F., OŽVOLDOVÁ, M., LUSTIG, F. Innovations 2011: World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER vyd. 1. In: Aung Wing (International Network for Engineering Education and Research, Potomac, MD, USA) Arlington, VA, 22205, USA. 2011. ISSN 1553- 9911, UK ISBN 978-0-9818868-2-4 (in English, 448 pages). Chapter 5: Internet Natural Science Remote e-Laboratory (INRe-L) for Remote Experiments, 51-68 pp.

- [4] LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. *ISES WEB Control, Software Kit for Simple Creation of Remote Experiments for SES Teaching Tool Co.* PC-IN/OUT, (U Druhé Baterie 29, 162 00 Prague 6, Czech Republic)