

## **Vzdialený reálny experiment s využitím prvkov priemyselnej automatizácie**

### **Úvod**

Vzdialene riadené experimenty (VRE), s postupom rozširovania služieb internetu a dosiahnutých pokrokov v oblasti automatizačnej a regulačnej techniky, získavajú na popularite nielen v univerzitnom vzdelávaní, ale stále viac aj na ostatných typoch škôl, základných a stredných. Rozširovanie aplikácií VRE je dané hľadaním odpovede pedagógov na otázku: čo, kedy a ako učiť?

Pokroky vo vede a technike a z toho vyplývajúce nové netradičné technické riešenia, spolu s rozvojom informačných technológií, vytvárajú vo vzdelávaní prostredie, ktoré si nevyhnutne vyžaduje zmenu vzdelávacích obsahov a foriem vzdelávania. Očakáva sa, že práve v dôsledku rozvoja informačných technológií a ďalšieho vedecko-technického pokroku budú najnovšie poznatky vedy a techniky, ako aj ďalšie informácie bezproblémovo dostupné pre človeka počas celého jeho aktívneho života. Umožnia vzdelávacím systémom sprostredkovať najširším vrstvám obyvateľstva spoločnosťou požadované vedomosti a zručnosti v celoživotnom vzdelávaní.

Pred pedagogickou vedou a odborníkmi pracujúcimi v školstve sa tak do popredia dostáva úloha ako riešiť vzdelávanie na danom vývoji vedecko-technického poznania a požiadaviek spoločnosti. Navyše, dôležitou požiadavkou je, aby navrhnuté riešenie malo znaky ekonomického prístupu.

V technických a prírodovedných vedách je situácia o to náročnejšia, že neodmysliteľnou súčasťou prípravy a výchovy budúcich odborníkov, špecialistov musí byť aj formovanie ich praktických zručností a skúseností v období prípravy na povolanie. Budovanie laboratórií a technicky zložitých prevádzok je finančne veľmi náročné. Finančne náročná je aj ich prevádzka a obnova.

Jedným z možných riešení ako dosiahnuť požadovanú kvalitu vzdelávania v technických a prírodovedných odboroch (predmetoch), vo vzťahu nadobúdania praktických zručností pri práci s meracími aparatúrami a systémami je aplikovanie VRE vo výučbe.

Vďaka internetu vzniká sieť vzdialených reálnych laboratórií, v ktorých sú inštalované experimenty s možnosťou ich ovládania na diaľku prostredníctvom výpočtovej techniky. Ambíciou Katedry techniky a informačných technológií PF UKF v Nitre je aktívne vstúpiť do siete celosvetových existujúcich vzdialených

laboratórií, vytvorením vlastného vzdialeného laboratória splňujúceho náročné technické a edukačné parametre.

Cieľom príspevku je ukázať prístup autorov k technickému riešeniu VRE, meranie prúdenia tekutín, s využitím prvkov priemyselnej automatizácie.

### **1. Vzdialene riadené experimenty**

Experiment je definovaný ako základná metóda vedeckého poznania. Slúži k získavaniu alebo overovaniu nových teoretických východísk. Experiment však nie je len doménou vedcov a špecializovaných vedeckých inštitúcií. V pedagogickej praxi sa experiment uplatňuje ako jedna z výučbových metód. Takýto typ experimentu sa od pôvodného vedeckého experimentu líši svojimi požiadavkami a cieľmi. Žiak/študent najlepšie pochopí experimentálny pokus len vtedy, ak ho sám realizuje. Je preto dôležité, aby sa každý žiak/študent aktívne zúčastňoval riadenia a vyhodnocovania experimentu. Ideálnym riešením by bolo realizovať paralelne niekoľko rovnakých experimentov v skupinách. Žiaci/študenti by dostali väčší priestor k osobnej aktivite pri realizácii a riadení experimentu. Zároveň by si žiaci/študenti mohli navzájom porovnávať dosiahnuté výsledky a analyzovať ich. Je všeobecne známe, že materiálne vybavenie škôl prístrojmi potrebnými k realizácii experimentov je často nedostatočné. Štúdie v oblasti pedagogického výskumu dokazujú (napríklad výsledky pedagogického výskumu Thortona [1999]) didaktickú vhodnosť demonštrovania prírodovedných alebo technických javov a princípov vo výučbe práve na pokusoch a experimentoch. Žiaci/študenti, pri takejto výučbe, dokážu lepšie vnímať spojitosť teórie s praxou. Úspechy prírodných vied priamo súvisia s pozorovaním a skúmaním javov v prírode. Experiment z uvedeného pohľadu sa stáva dôležitým prostriedkom výchovnovzdelávacieho procesu. V súčasnosti, žiaci/študenti na mnohých školách, nemajú možnosť konfrontovať svoje teoretické poznatky s praxou. Veľký rozsah teórie na hodinách prírodných vied vedie žiakov k mechanickému memorovaniu poznatkov. (K tomuto záveru dospeli autori na základe diskusií s učiteľmi základných škôl na odborných seminároch). Tento prístup neumožňuje žiakom/študentom dostatočne pochopiť preberané učivo. Výsledkom je neschopnosť žiaka/študenta aplikovať nadobudnuté teoretické poznatky v praxi. Pod vplyvom uvedeného prístupu žiaci/študenti nadobúdajú aj negatívny postojov k týmto predmetom, ktorý sa v konečnom dôsledku prejavuje zníženým záujmom žiakov/študentov o štúdium prírodovedných a technických odborov. Vyjadrením toho je v súčasnosti pozorované výrazné zníženie počtu záujemcov o štúdium prírodovedných a technických odborov. Čo vnímame, ako dôsledok uvedenej dlhoročnej školskej praxe [Aburdene, Mastascusa, Massengale 1991: 589–592; Corter, Nickerson, Esche et al. 2007; Kozík 2007; Kozík, Depešova 2007].

Jednou z možností, ako riešiť súčasnú situáciu vo výučbe prírodovedných a technických predmetov vo vzťahu k používaniu experimentov, je používanie

vzdialene riadených experimentov. Vzďialene riadený experiment (ďalej VRE) je reálnym fyzikálnym, chemickým, technických experimentom, realizovaným v reálnom laboratóriu. Rozdiel od „klasického“ reálneho experimentu spočíva v tom, že pozorovateľ a vykonávateľ experimentu sa nachádza mimo tohto laboratória a celý priebeh experimentu sa riadi a sleduje prostredníctvom príkazov a obrazového prenosu cez počítačovú sieť Internet. Konštrukcia takéhoto typu experimentu si vyžaduje omnoho väčšie časové, personálne a finančné náklady v porovnaní s klasickým reálnym experimentom. Je potrebné si uvedomiť, že takýto experiment, ktorý je inštalovaný na niektorom zo vzdelávacích pracovísk (laboratóriu), prostredníctvom siete Internet môže využívať školská, slovenská, či európska alebo celosvetová elektronická sieť. Sprístupnenie VRE v globálnom rozsahu má v sebe potenciál vyriešiť problém finančnej nedostupnosti experimentov v školách všetkých typov [Clough 2002].

Z výsledkov výskumu skúmania uplatnenia realizovaných VRE vo výučbe a ich vplyvu na úroveň vzdelávania vyplýva, že používanie vzdialene riadených experimentov jednoznačne zvyšuje kvalitu a efektívnosť výučbe prírodovedných a technických predmetov. Výskum Thortona [1999], ktorý bol zameraný na porovnanie úspešnosti vyučovania s podporou VRE voči klasickému vyučovaniu bez experimentu ukázal výrazne lepšie výsledky pri výučbe uskutočnenej s podporou VRE vo výučbe. Podľa výsledkov výskumu:

- bolo 30% úspešných respondentov pri použití klasickej metóde t.j. vzdelávacej metódy bez experimentu,
- až s 90% bolo úspešných respondentov pri použití vyučovacej metódy s podporou VRE.

V chápaní samotných fyzikálnych javov a princípov bolo skóre v prospech výučby s použitím VRE ešte výraznejšie. Až 90% žiakov/študentov (respondentov) pochopilo učivo s využitím názornej ukážky VRE oproti 15% respondentov vzdelávaných klasickým spôsobom, bez experimentu. Podľa Thortona je dosiahnutá vysoká účinnosť a efektívnosť VRE výsledkom nasledovných faktorov:

- VRE pozitívne vplýva na aktivitu učiacich sa, študujúcich,
- samostatná práca žiakov/študentov na experimentálnom zariadení,
- okamžitá spätná väzba,
- zníženie potrebnej časovej dotácie na teoretické výpočty, s ohľadom na prehĺbovanie vedomostí žiakov [Thorton 1999; Ali, Elfessi 2004; Halušková 2009: 44–47].

### **1.1. Konštrukcia VRE**

Myšlienka vzdialeného riadenia a sledovania experimentu na diaľku prináša so sebou špeciálne technické požiadavky na použité metódy a technické prostriedky. Z hľadiska technických požiadaviek realizácie je možné technické prostriedky VRE rozdeliť do nasledovných skupín:

**a) Technické prostriedky realizujúce samotný prírodovedný princíp experimentu**

Technickými prostriedkami realizujúcimi prírodovedný alebo technický princíp experimentu rozumieme všetky komponenty, ktoré sú obsahovou podstatou samotného experimentu. Tieto časti experimentu sú často úplne identické, či už sa jedná o realizáciu reálneho, či vzdialene riadeného experimentu. V tejto kategórii sú v prípade nami riešeného VRE (experimentu merania prúdenia tekutín) zastúpené nasledovné komponenty: trojfázový elektromotor, ventilátor, prietoková trubica, Venturiho alebo Pittotova (Prandtlova) trubica a plastové hadičky.

**b) Meracie prístroje fyzikálnych veličín**

Táto skupina komponentov je tvorená všetkými meracími prístrojmi fyzikálnych veličín, ktoré sú zapojené v meraní. V prípade vzdialene riadeného experimentu sú potrebné meracie prístroje, ktoré sú vybavené komunikačnými portami pre odoslanie hodnoty nameranej fyzikálnej veličiny do riadiaceho systému vzdialeného experimentu.

**c) Technické prostriedky zabezpečujúce vzdialené riadenie experimentu**

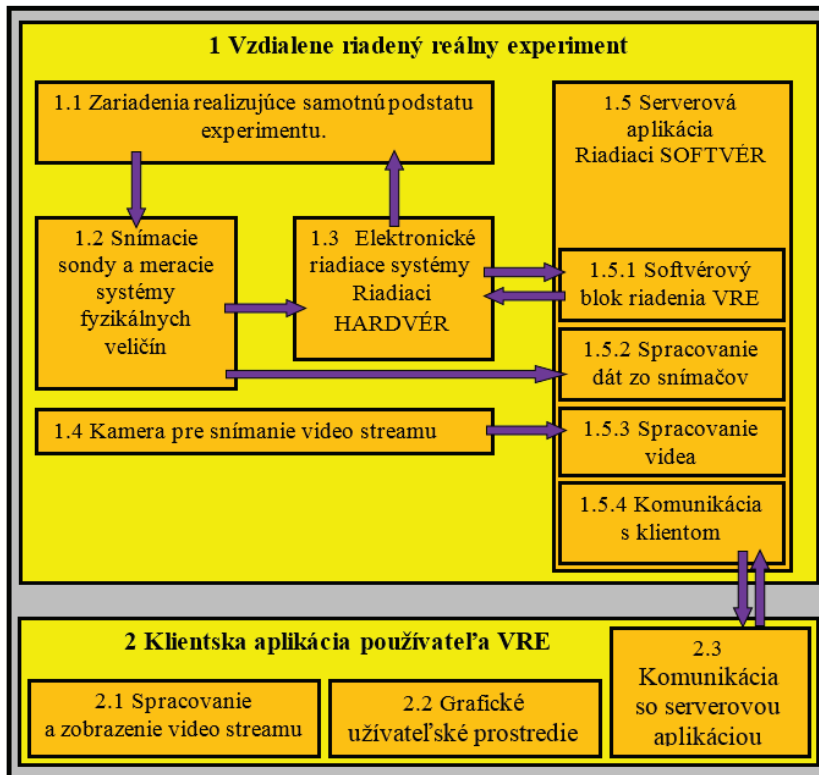
Špecifickou skupinou sú technické prostriedky zabezpečujúce vzdialené riadenie experimentu. Zaraďujeme sem všetky hardvérové aj softvérové systémy, ktoré zabezpečujú riadenie VRE, komunikáciu s užívateľom, snímanie a spracovanie meraných hodnôt ako aj softvérový algoritmus riadenia priebehu celého experimentu.

**d) Zariadenia na snímanie a prenos obrazového streamu**

Úspešnosť VRE v pedagogickej praxi, závisí od kvality a rýchlosti prenosu obrazového streamu, ktorý užívateľovi poskytuje celkový pohľad na priebeh experimentu. Prenos nekvalitného a pomalého video streamu môže byť kľúčovým dôvodom ich absencie vo výučbovom procese. Aj v prípade excelentnej technickej konštrukcie, alebo didaktickej podpore, môže byť používanie VRE pedagógom, alebo užívateľmi (žiakmi/študentmi) zamietnuté práve z dôvodu nekvalitného video streamu. Tejto skupine zariadení je preto potrebné pri príprave VRE venovať veľkú pozornosť.

## **1.2. Blokovaná schéma VRE**

VRE znázornený na blokovej schéme (obr. 1) je rozdelený na dve základné časti. Prvou je samotný experiment, ktorý je užívateľom, klientom riadený cez Internet prostredníctvom klientskej aplikácie. Na vysvetlenie funkcií jednotlivých častí blokovej schémy uvedieme ilustratívny príklad štartu merania vyvolaného samotným užívateľom. Užívateľ zatlačí tlačidlo ŠTART vo svojom grafickom užívateľskom prostredí /2.2/. Klientska aplikácia /2/ vyhodnotí požiadavku a prostredníctvom komunikačného bloku /2.3/ pošle údaje cez počítačovú sieť serverovej aplikácii. Serverová aplikácia /1.5/ prijme pomocou komunikačného bloku /1.5.4/ údaje o požiadavke klienta.



Obr. 1. Bloková schéma VRE

Zadané informácie sa vyhodnotia (či je napríklad požiadavka oprávnená, či práve neprebíha jej realizácia na základe predošlého príkazu a podobne), následne sa pripraví a odošle príkaz v podobe elektrických signálov pomocou softvérovom bloku riadenia VRE /1.5.1/ do príslušného elektronického zariadenia /1.3/. Komponenty elektronického riadiaceho systému /1.3/ vykonávajú príslušnú požiadavku klienta v priestore samotného experimentu /1.1/. Spätná väzba riadenia je realizovaná snímacími sondami a meracími prístrojmi /1.2/, ktoré získané údaje posielajú do elektroniky riadenia /1.3/ alebo cez serverovú aplikáciu /1.5/ pomocou príslušných blokov /1.5.2/ a /1.5.4/ priamo do klientskej aplikácie /2/. Prijaté údaje klientska aplikácia spracuje /2.3/ a zobrazí na monitore počítača /2.2/. Funkciu spätnej väzby vykonáva aj systém snímání a prenosu video streamu. Obraz je nasnímaný pomocou kamery /1.4/ a spracovaný serverovou aplikáciou /1.5/ v bloku /1.5.3/. Spracovaný obrazový stream je vysielaný cez počítačovú sieť do klientskej aplikácie /2/, ktorá v module /2.1/ prijaté obrazové dáta spracuje a zobrazí na monitore.

Súbor všetkých softvérových a hardvérových komponentov zabezpečujúci vzdialené riadenie experimentu užívateľom, nazývame konštrukčným rámcom,

respektíve konštrukčným systémom. V priebehu vývoja boli pri realizácii VRE navrhnuté a úspešne aplikované viaceré konštrukčné systémy. Jedným, pre užívateľov najznámejších systémom je konštrukčný systém LABView [Alves et al. 2007: 15–34].

### **1.2.1. Účelovo navrhnuté riadiace konštrukčné systémy VRE**

Na základe ekonomických či technických problémov súvisiacich s konštrukciou VRE prostredníctvom sériových konštrukčných systémov viacero konštruktérov pristúpilo k návrhu vlastnej riadiacej elektroniky a vlastného softvérového riadenia. Takýto konštrukčný rámec býva spravidla veľmi úzko a účelovo navrhnutý pre konkrétnu riešenú úlohu. Prichádza tak k neefektívnemu nakladaniu s časom a úsilím konštruktéra. Navrhnutý úzko špecializovaný systém, ktorý je nakoniec použiteľný len pre jeden konkrétny účel je v porovnaní s vynaloženým úsilím mrhaním času, vedomostí a technických schopností konštruktéra. Nízka ekonomická atraktivita návrhu konštrukčných systémov pre VRE sa logicky odzrkadľuje aj v nízkom počte takýchto pokusov [Pastor, Sanchez, Dormido 2003: 445–454; Choi et al. 2009: 66–76].

Konštrukcia a prevádzka VRE je náročná na finančné prostriedky, na organizáciu a na technické znalosti konštruktérov. Z našej skúsenosti vieme, že prevádzkovanie VRE v trhovom systéme nestačí pokryť ani režijné náklady, ktoré sú spojené s ich prevádzkovaním. Aby si udržali prevádzkyschopnosť potrebujú byť dotované. Dôkazom toho je ukončenie poskytovania činnosti viacerých VRE po vyčerpaní finančných dotácií potrebných na ich prevádzku a údržbu [Kozík et al. 2011; *IEC programming...*].

### **1.3. Priemyselné automatizačné systémy**

Slovo automatizácia sa stáva jedným z najfrekvencovanejších slov súčasnosti. Je to samozrejme, pretože spolu s rozvojom informačných technológií vstupuje do všetkých oblastí ľudskej činnosti. Automatizácia sa stala jedným z významných kritérií pri hodnotení schopností a celkovej úrovne jednotlivca, spoločnosti a ľudstva ako celku.

Pojmom automatizácia označujeme použitie riadiacich systémov (napríklad regulátorov, snímačov, počítačov...) k riadeniu priemyselných zariadení a procesov.

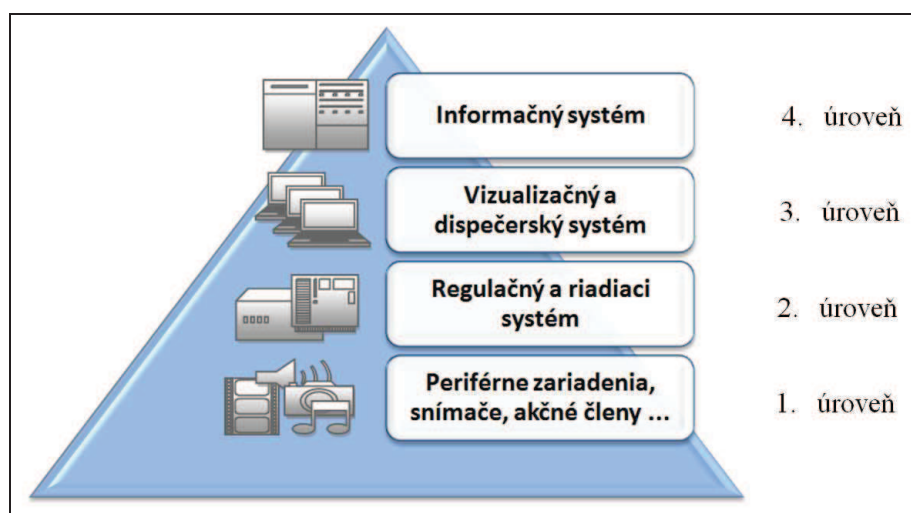
Z pohľadu industrializácie je to krok nasledujúci po mechanizácii. Pokiaľ mechanizácia poskytuje ľuďom mechanické prostriedky a nástroje, ktoré im uľahčujú prácu, v prípade automatizácie sa jedná o znižovanie potreby prítomnosti človeka pri vykonávaní určitej činnosti. Pri splnení určitých predpokladov (komplexná automatizácia – vznik umelej inteligencie) by teoreticky mohlo prísť až k úplnému vyradeniu človeka z výrobného procesu. V praxi sa ale takáto možnosť zatiaľ javí ako neuskutočniteľná [Šmejkal, Martinásková 2007].

Z pohľadu konštruktérov je možné vnímať vzdialene riadený experiment ako vzdialene riadený automatizačný systém. Zmenou pohľadu na konštrukciu

VRE sa realizátorom otvárajú nové možnosti riešení. Existujúca široká škála prvkov priemyselnej automatizácie, ich vzájomná bezproblémová kompatibilita vytvorili neohraničený priestor technických kombinácií a možností riešenia zadaných úloh. Návrh konštrukcie vzdialene riadeného automatizačného systému s použitím prvkov priemyselnej automatizácie sa stal pre realizačný tím VRE na Katedre techniky a informačných technológií PF UKF výzvou a motiváciou overenia si technických schopností a zručností. Zvládnutie takejto náročnej úlohy si vyžadovalo v prvom rade rozsiahle štúdium problematiky návrhu a tvorby vzdialene riadených automatizačných systémov [Jara, Candelas, Torres et al. 2008].

### 1.3.1. Integrovaný systém priemyselnej automatizácie

Hierarchické usporiadanie prvkov priemyselnej automatizácie v integrovanom riadiacom systéme je zobrazené v podobe pyramídy s viacerými úrovňami (obr. 2) [PLC – user...].



**Obr. 2. Jednotlivé úrovne automatizačného systému** [Šmejkal, Martinásková 2005]

Z funkčného princípu, všetky automatizačné systémy vykazujú prítomnosť zariadení na 1. a 2. úrovni (obr. 2). Pomocou snímačov a meracích zariadení systém zisťuje stav riadeného procesu. Prostredníctvom akčných členov zasahuje do priebehu daného procesu, čím ho ovplyvňuje a riadi.

Rozhodujúcim článkom v systéme regulácie je regulačný alebo tiež riadiaci systém (člen). Tento na základe vstupných údajov vyhodnocuje aktuálny stav systému a rozhoduje o činnosti akčných členov.

Úroveň 3 a 4 v pyramidálnom modeli reprezentujú voliteľnú výbavu regulačného systému. Tieto sa nachádzajú prevažne v zložitejších riadiacich

systémov. V súlade s modelovou schémou (obr. 2) budeme v ďalšom texte venovať pozornosť technickej a aplikačnej analýze prvkov, ktoré predpokladáme použiť v technickom návrhu riešenia ovládania a riadenia modelového vzdialene riadeného experimentu [Šmejkal, Martinásková 2005].

### **1.3.2. PLC – Programmable logic controller**

Samotné riadenie procesov, v schéme (obr. 2) označené ako regulačný, respektíve riadiaci systém, v prevažnej miere zabezpečujú PLC automaty. Už z názvu skratky PLC – Programmable logic controller (Programovateľný logický kontrolér) je zrejmé, že PLC automat je vo svojom princípe riadiacim počítačom. Hardvérové a softvérové prostriedky PLC automatov sú vytvorené na rovnakých princípoch akými disponujú klasické počítače typu PC. Z dôvodu špeciálnych požiadaviek priemyselnej automatizácie sa však v mnohých konštrukčných úpravách výrazne odlišujú od klasických počítačov. Príkladom toho sú aj náročné požiadavky na parametre ich pracovného prostredia, ako je prašnosť či vlhkosť. Dôležitá je aj požiadavka na kompatibilitu, ktorá požaduje, aby boli schopné komunikovať z rôznorodou skupinou periférnych snímačov, meracích systémov alebo akčných členov. Tieto, ako i ďalšie špeciálne požiadavky kladené na PLC automaty majú vplyv na ich technické riešenie natoľko, že sa už na prvý pohľad výrazne líšia od klasických počítačov (obr. 3) [Šmejkal, Martinásková 2007].



**Obr. 3. Ukážka PLC systému [PLC – user...]**

PLC automaty sa využívajú pri riešení automatizačných úloh s rôznou technickou zložitosťou. Prejavom tejto skutočnosti, spolu so silnou komercializáciou ich výroby, je vývoj širokej škály typov PLC automatov a vzniku veľkej skupiny ich výrobcov.

Programovanie PLC automatov je realizované vo vývojovom prostredí, ktoré je špecificky určené pre daný typ PLC. Vývojové prostredie je softvér spustiteľný na väčšine klasických počítačov rady PC. Hotový riadiaci kód je



najprv odskúšaný na simulovanom PLC systéme, ktorý je spravidla súčasťou vývojového prostredia. Hotový program je z počítača PC pretransformovaný do pamäte PLC systému pomocou štandardných komunikačných liniek ako napríklad RS 232, RS 485, TCP/IP, WIFI, USB, alebo prenesený prostredníctvom bežných pamäťových kariet. Riadiaci program môže byť v PLC automate spustený rôznymi spôsobmi, ktoré závisia od nastavenia systémových parametrov PLC automatu a to:

- a) automaticky po zapnutí PLC automatu,
- b) nastavením príslušného digitálneho vstupu (RUN) na logickú jednotku,
- c) prepnutím ručného spínača do polohy (RUN).

PLC automat má v porovnaní s klasickým počítačom odlišnú vnútornú systémovú architektúru. Jeho programovanie je preto odlišné od tvorby programov určených pre klasické počítače. Pri programovaní PLC systémov je preferovaných až päť programovacích jazykov [*IEC programming...*]:

- a) Assembler – strojový kód systémového procesora v PLC systéme,
- b) Programovací jazyk C a jeho variácie – nadstavba k strojovému kódu,
- c) STL (Statement List) – zoznam príkazov, veľmi podobný assembleru,
- d) LAD (Ladder Diagram) – kontaktové schéma, veľmi podobná elektrickým schémam,
- e) FBD (Function Block Diagram) – schéma funkčných blokov.

Závisí už od konkrétneho výrobcu PLC systému, ktorý z daných jazykov jeho vývojové prostredie bude podporovať. Jazyky STL/LAD/FBD sú pokladané za priemyselný štandard, ktorý v súčasnosti podporujú takmer všetky PLC systémy. Assembler a programovací jazyk C sú vnímané ako vítané rozširujúce možnosti pre programátorov [*PLC Programming...*].

### **1.3.3. Vzdialená správa PLC systémov**

Systémy vzdialenej správy (remote control) u PLC riadiacich systémov boli vyvíjané už oveľa skôr ako prišlo k masívnemu používaniu počítačovej siete Internet. Je to pochopiteľné, pretože PLC riadiaci systém uložený v elektrickom rozvádzači automatizačného systému musel aj v minulosti komunikovať s počítačmi vo „velíne“, ktoré boli vzdialené často aj niekoľko stoviek metrov. To smerovalo k rozvoju priemyselných komunikačných systémov, ktorých úloha nespočívala len v zabezpečovaní komunikácie PLC systému s počítačmi veľina, ale aj s ostatnými prvkami priemyselnej automatizácie. Snímače, meracie zariadenia, sondy, frekvenčné meniče, matrice pneumatických ventilov, spínače, ventily, krokové motory sú dnes už štandardne vybavené priemyselnými komunikačnými systémami. Medzi najznámejšie patria ProfiBUS, ProfiNET, CanOpen a FieldBus. Všetky tieto systémy boli konštruované s prihliadnutím na ich nasadenie v ťažkých prevádzkových podmienkach priemyselnej automatizácie. Masívny nástup internetu znamenal aj nové výzvy a možnosti v aplikácii vzdialenej správy PLC systémov. Vzdialenosti medzi počítačmi riadiacich pracovníkov

a samotnými PLC systémami sa dnes merajú v tisíckach kilometrov. Existuje niekoľko elegantných možností ako realizovať vzdialenú správu PLC systému aj prostredníctvom siete Internet.

#### **1.3.4. Komunikačný modul podporujúci TCP/IP protokol**

TCP/IP protokol je komunikačným štandardom v sieti Internet. PLC systém s takýmto komunikačným modulom má fyzickú IP adresu, ktorou je možné identifikovať daný systém v sieti Internet a príslušné klientske aplikácie s ním môžu nadviazať priamu komunikáciu. Je nutné dodať, že samotný komunikačný modul určený pre jednoduchšie PLC systémy býva neraz drahším komponentom ako samotný PLC systém. Zároveň programátor musí vo svojej klientskej aplikácii niesť celú ťarchu problémov súvisiacich s komunikáciou medzi PLC a klientskym PC [*Network Programming...*].

#### **1.3.5. Komunikačný modul TCP/IP s integrovaným Web serverom**

PLC systém s integrovaným web serverom je elegantným riešením pre systémy vzdialenej správy v reálnom čase. Takýto PLC systém má riadiacu web stránku uloženú priamo na svojom internom web serveri. Rýchlosť odozvy, riadiacich aplety, spustených na internom web serveri samotného PLC systému, už nie je nijako limitovaná. Použitie takéhoto typu PLC systému v našom prípade, by bolo ideálnym technickým riešením. Žiaľ tieto systémy sú určené ku komerčným aplikáciám a sú vybavené aj ďalšími technickými prvkami, ktoré by sme v našom riešení vôbec nevyužili (rozšírený počet vstupov, výstupov, moduly priemyselnej komunikácie, DNS server, SMTP server, WIFI router, ADSL modem, sieťový switch, záložný napájací systém ...). Cena takéhoto PLC systému je rádovo v tisíckach eur, čo je pri konštrukcii VRE neprekonateľná bariéra [*Network Programming...*].

#### **1.3.6. Komunikácia prostredníctvom počítača zapojeného do internetu**

Paradoxne najlacnejším a najschodnejším riešením je zaobstaranie si klasického počítača PC, ktorý bude plniť úlohu komunikačnej brány medzi sieťou internet a samotným PLC systémom. Takýto počítač sa stáva serverom a plní úlohu komunikačného medzičlánku medzi vzdialenou klientskou aplikáciou a riadiacim algoritmom v PLC systéme. Softvér zabezpečujúci tieto úlohy je spustený na predmetnom počítači a nazýva sa OPC server. OPC server (OLE for Process Control). „Klasická“ technológia OLE (Object Linking and Embedding – prepojovanie a vkladanie objektov) je serverová služba (Server OLE), ktorá umožňuje aplikáciám využívať služby iných aplikácií. Napríklad do textového editoru Word vložíte výkres vytvorený AutoCADom. Napriek akejkol'vek absencii možnosti editovať daný výkres v programe Word, je možné využiť služby AutoCADu a priamo vo Word (dvojitým klikom na výkres) sa vytvorí pracovný priestor pre editáciu výkresu spolu so všetkými funkciami

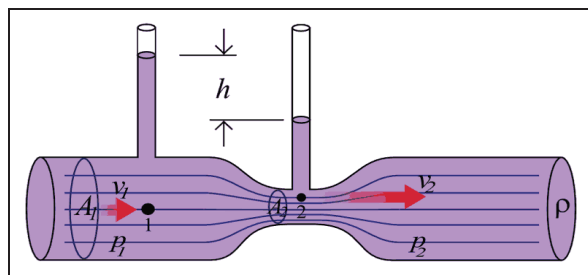
AutoCADu. Pre tvorcov softvéru takýto systém znamená, že nepotrebujú mať žiadne znalosti v oblasti spracovania obrazového streamu, keď chcú vo svojej aplikácii prehrať video. Sama aplikácia si pomocou OLE servera dokáže pomôcť zdieľaním schopností, ktoréhokoľvek video prehrávača. Vráťme sa ale k nášmu OPC serveru. Skratka OPC v prenesenom význame znamená OLE pre riadenie procesov. Pri programovaní klientskej aplikácie tak programátor vôbec nemusí ani len tušiť akým spôsobom je nadviazaná komunikácia s PLC systémom či serverovou aplikáciou. Takto je zbavený útrap pri riešení mnohých zložitých problémov. Komunikácia klientskych aplikácií s PLC systémami prostredníctvom OPC serverov je v súčasnosti najrozšírenejším a finančne najdostupnejším riešením v aplikačnej praxi. Výrobcovia PLC systémov ponúkajú konštruktérom aj vlastné OPC servery určené ku komunikácii s ich typom PLC automatu. Cena OPC servera závisí od modelu PLC systému, pre ktorý je určený, respektíve od jeho technických parametrov (rýchlosti odozvy, počet súčasne komunikujúcich klientov, rozsah spracovávaných dát a podobne). Silný konkurenčný boj výrobcov komponentov pre priemyselnú automatizáciu v poslednom období vyústil do uvoľnenia licencií OPC serverov slabších technických parametrov určených k jednoduchším a lacnejším verziám PLC systémov [Building COM...; Code project...].

## 2. VRE – Meranie rýchlosti prúdenia plynného prostredia

Vzdialený reálny experiment so zameraním na meranie rýchlosti prúdenia plynného prostredia bol pre autorov modelovým experimentom, na ktorom bol aplikovaný a overovaný PLC systém riadenia. Teoretickým východiskom experimentu je Bernoulliho rovnica pre tekutiny:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2 \quad (1)$$

kde  $\rho$  je hustota prúdiaceho prostredia,  $h_1$  a  $h_2$  sú výšky hladín v U – trubici manometra,  $g$  – gravitačné zrýchlenie,  $h$  – rozdiel výšok ( $h_1 - h_2$ ),  $v_1$  a  $v_2$  sú rýchlosti prúdiaceho prostredia v bodoch 1 a 2.

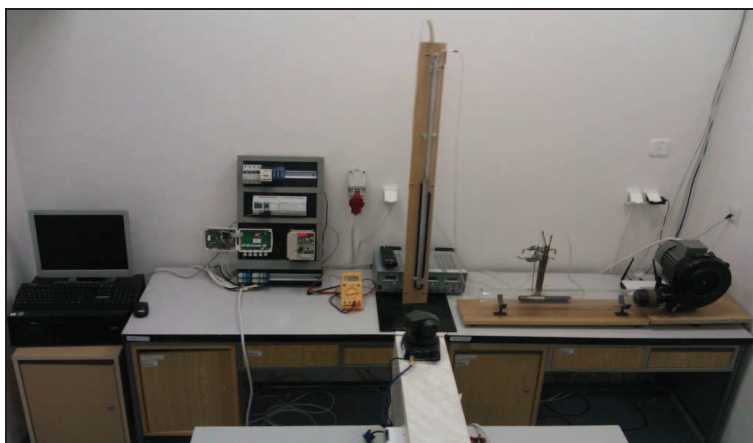


Obr. 4. Znázornenie prietoku kvapaliny Venturiho trubicou [Prutoky.cz...]

Podľa tejto rovnice súčet kinetickej a potenciálnej energie objemového elementu a tlaku je v prúdiacom prostredí všade rovnaký.

## 2.1. Meranie rýchlosti prúdenia vzduchu v trubici

Meranie rýchlosti prúdenia vzduchu je v experimente uskutočnené v plexisklovej trubici s vnútorným priemerom  $D$ , ktorá je na jednom konci upravená na pripojenie k výstupu ventilátora. V trubici sú vytvorené otvory na zasunutie meracích prvkov (sond). Trubica s držiakom na uchytienie meracích prvkov je umiestnená na základovej doske. Celkový pohľad na usporiadanie merania je na obr. 5.



Obr. 5. Celkový pohľad na vytvorený vzdialene reálny experiment

Rýchlosť prúdenia vzduchu v trubici možno určiť z rozdielu hladín v U – manometri, ktorý spojený pružnými trubičkami na Venturiho (Prandtlovu alebo Pitotovu) sondu podľa vzťahu:

$$v_1 = d_2^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho \cdot (d_1^4 - d_2^4)}} \quad (2)$$

Tlaky  $p_1, p_2$  sú v praxi merané tlakomerom a ich hodnoty sú dosadené do vzťahu (2). V prípade, že nie je k dispozícii tlakomer, potom z nameraných hodnôt výšky hladín  $h_1, h_2$ , ako je znázornené na obrázku (obr. 4), na výpočet tlakov  $p_1, p_2$  použijeme vzťahy:

$$p_1 = p_{tek} - g \cdot h_1 \quad (3)$$

$$p_2 = p_{tek} - g \cdot h_2 \quad (4)$$

kde  $\rho_{tek}$  je hustota kvapaliny v trubičke,  $g$  – gravitačné zrýchlenie a  $h_1, h_2$  výšky hladín v trubičkách.

Okrem stanovenia rýchlosti prúdenia vzduchu v trubici z rozdielu výšok hladín v U – manometri, vo VRE bol použitý na meranie rýchlosti vzduchu aj priemyselný merací prístroj s digitálnym výstupom KIMO CP 300, ktorého princíp merania rýchlosti je rovnaký ako je to pri použití Venturiho (Pitotovej alebo Prandtovej) sondy.

Pre navrhovateľa VRE je dôležité poznať aj didaktické a vzdelávacie ciele, ktoré sa majú uplatnením VRE vo výučbe dosiahnuť. Pre modelový experiment, meranie rýchlosti prúdenia vzduchu, takýmto cieľom bolo:

- prehľbiť vedomosti žiakov/štvudentov o vzájomných vzťahoch medzi základnými fyzikálnymi veličinami,
- pochopiť podstatu experimentálnych meraní v riešení fyzikálnych a technických aplikácií,
- osvojiť si postup zaznamenávania údajov meraných veličín v experimente a ich správne použitie vo vzťahoch na výpočet sledovanej veličiny,
- osvojiť si postup hodnotenia a interpretovania nameraných závislostí,
- prehľbiť záujem u žiakov/štvudentov o tvorivý prístup pri riešení fyzikálnych alebo technických úloh,
- podporiť nadobudnutie pozitívneho vzťahu k predmetu fyzika a k odborným technickým predmetom,
- rozvíjať u žiakov/štvudentov komunikatívnu schopnosť v prírodovednej a technickej oblasti a prispieť k posilneniu kompetencie pracovať v tíme pri riešení odborných úloh [Kozík a kol. 2011].

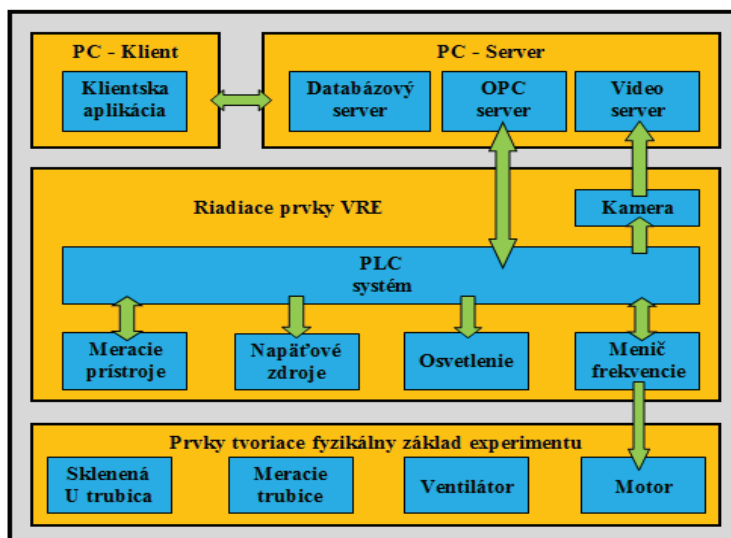
Okrem cieľov pre navrhovateľa a konštruktéra VRE sú dôležité aj úlohy, ktoré budú na experimente vykonávané na dosiahnutie cieľov. Tieto môžu byť navrhnuté napríklad takto:

- Vypočítať rýchlosť prúdenia vzduchu v modelovej trubici z nameraného rozdielu hladín na U – manometri pre ľubovoľné nastavenie otáčok ventilátora a vypočítané hodnoty porovnať s údajom na meracom prístroji KIMO CP 300.
- Stanoviť objemové množstvo vzduchu dodávaného ventilátorom cez trubicu za jednotku času pre nameranú rýchlosť prúdenia vzduchu.
- Graficky popripade matematicky vyjadriť funkčnú závislosť dodaného objemového množstva vzduchu do priestoru prevedeného trubicou.

Ciele a úlohy VRE definujú úlohy technického riešenia. V prípade uvažovaného modelového experimentu to boli tieto úlohy:

- technicky zabezpečiť zmenu otáčok ventilátora zmenou otáčok hnacieho elektromotora,
- snímanie rozdielu hladín na U – manometri pri súčasnej možnosti sledovania experimentálneho modelu VRE videokamerou.

Bloková schéma realizovaného modelu VRE – merania rýchlosti prúdenia vzduchu je na obr. 6.



Obr. 6. Bloková schéma vzdialeného reálneho experimentu

## 2.2. Výber riadiaceho PLC systému

Po zvážení viacerých možností bol ako riadiaci prvok v navrhovanom usporiadaní merania použitý PLC systém EATON EASY Relé 512 DC RC. Regulácia otáčok trojfázového motora, ktorým je poháňaný ventilátor, bola realizovaná prostredníctvom frekvenčného meniča OMRON SYSDRIVE 3G3MV. Komunikačným medzičlánkom medzi klientskym PC a PLC systémom bol nami vytvorený „OPC“ server, pre ktorý tento projekt bol zároveň testovacou prevádzkou. Pri návrhu komunikačného modulu OPC serveru a PLC systému bolo potrebné zohľadniť systém komunikácie medzi klientskym počítačom a použitým PLC systémom. Tá je realizovaná prostredníctvom sériovej linky RS 232.

Druhou kľúčovou úlohou pri realizovaní konkrétneho modelu VRE bol prenos obrazu videom. Tento prenos nesmel byť zaťažený efektom oneskorenia. Na prenos videa cez počítačovú sieť slúžia video servery. Efekt oneskorenia bol overovaný pomocou VLC video servera, ktorým bol snímaný obraz z web kamery priamo na monitor počítača. V tomto prípade kompresia spôsobila oneskorenie až 12 sekúnd, čo nebolo akceptovateľné z pohľadu plynulosti prenosu.

Vzniknutý problém bol riešený vytvorením vlastného video servera. Zvýšenie rýchlosti prenosu bolo dosiahnuté tým, že obrazový pamäťový objekt bol vytvorený v operačnej pamäti počítača. Nasnímaný obrázok po spracovaní bol odoslaný v podobe dátového toku cez sieť ku klientskej aplikácii.

Programový blok „Snímanie obrazu“ zaznamenáva obrázky z kamery a ukladá ich do „Údajového bloku“ v operačnej pamäti počítača. Na zabezpečenie tejto činnosti sa používajú voľne dostupné programátorské knižnice DirectShow.

Vytvorený video server bol experimentálne overený v lokálnej počítačovej sieti a jeho komunikačné oneskorenie bolo už na prijateľnej úrovni 0,5 – 0,8 sekundy.

Klientska aplikácia bola vytvorená vo vývojovom prostredí MS Visual C#2008 Express Edition.

## Záver

Riešením návrhu VRE – meranie rýchlosti prúdenia vzduchu a realizovaním návrhu boli dosiahnuté tieto pôvodné výsledky:

- Bol navrhnutý nový softvérový systém riadenia otáčok trojfázového asynchrónneho motora frekvenčným meničom, použiteľný aj v jednoduchých PLC systémoch, ktoré pôvodne takéto možnosti nemajú.
- Naprogramovaním vlastného OPC servera pre potreby realizácie VRE boli dosiahnuté lepšie technické parametre komunikácie v porovnaní s pôvodným komunikačným OPC serverom od výrobcu.
- Vytvorenie video servera na základe vlastného softvérového algoritmu, bez použitia zdĺhavých komprimačných metód, umožnilo zrýchliť prenos video streamu tak, aby zodpovedal potrebám VRE.
- Bol navrhnutý a v praxi overený nový koncept konštrukcie VRE s použitím prvkov priemyselnej automatizácie.
- Zostavením konkrétneho VRE na meranie rýchlosti prúdiacej tekutiny pribudol do portfólia didaktických pomôcok pre účely výučby ďalší VRE, ktorý je využiteľný ako vo výučbe prírodovedných predmetov, tak aj v premetoch s technologickým zameraním.

## Literatúra

- Aburdene M., Mastascusa E., Massengale R. (1991), *A proposal for a remotely shared control systems laboratory* [in:] *Frontiers in Education Conference. Twenty-First Annual Conference – Engineering Education in a New World Order Proceeding*, West Lafayette, IN, USA.
- Ali A., Elfessi A. (2004), *Examining Students Performance and Attitude s Towards the Use of Information Technology in a Virtual and Conventional Setting*, “The Journal of Interactive Online Learning”, ISSN: 1541-4914, roč. 2, č. 3.
- Alves G.R. et al. (2007), *Large and small scale networks of remote labs: a survey* [in:] *Advances on Remote Laboratories and E-learning Experiences*, University of Deusto, ISBN: 978-84-9830-662-0.
- Building COM Objects in C#* [online] [cit. 12.1.2011], dostupné na internete: <http://www.codeproject.com/Articles/7859/Building-COM-Objects-in-C>
- Choi K. et al. (2009), *A Combined Virtual and Remote Laboratory for Microcontroller* [in:] *International Conference on Hybrid Learning 2009*, ISBN 978-3-642-03696-5.
- Clough M.P. (2002), *Using the laboratory to enhance student learning* [in:] *Learning Science and Science of Learning, 2002 NSTA Yearbook*, National Science Teachers Association, Washington, DC.

- Code project* [online] [cit. 12.1.2011], dostupné na internete: <http://www.codeproject.com/>
- Corter J.E., Nickerson J.V., Esche S.K. et al. (2007), *Constructing reality: A study of remote, hands-on, and simulated laboratories*, "ACM Transactions on Computer-Human Interaction", roč. 14, č. 2, článok 7.
- Haluškova S. (2009), *Jednoduchy pokus – motivačný prvok na prednáške* [in:] *Tvorivý učiteľ II. Národný festival fyziky 2009*, Smolenice 19–22 apríl 2009, ISBN 978-126-80-969124-8-3.
- IEC programming languages* [online] [cit. 12.1.2012], dostupné na internete: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-professional-v11/iec-programming-languages/pages/default.aspx>
- Jara C., Candelas F., Torres F. et al. (2008), *Real-time collaboration of virtual*.
- Kozík T. (2005), *Vychodiska technického vzdelavania v krajinach EU* [in:] *Zborník z vedeckého semináru Kultúra komunikácie v informačnej spoločnosti*, Vydal: AK, UKF, ISBN 80-8050-872-0.
- Kozík T., Depešova J. (2007), *Technická výchova v Slovenskej republike v kontexte vzdelávania v krajinách Európskej únie*, Nitra: Pedagogická fakulta UKF, ISBN 978-80-8094-201-4.
- Kozík T. et al. (2011), *Videokonferenčné systémy v edukačných aplikáciách (VideoConference Systems in Educational Applications)*, PF UKF Nitra, ISBN 978-80-8094-976-1.
- Kozík T. a kol. (2011), *Videokonferenčné systémy v edukačných aplikáciách*, PF UKF v Nitre, ISBN 978-80-8094-976-1.
- Network Programming* [online] [cit. 2011.09.02], dostupne na internete: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/4as0wz7t.aspx>
- Pastor R., Sanchez J., Dormido S. (2003), *An XML-based framework for the Development of Web-based Laboratories focused on Control Systems Education*, "International Journal of Engineering Education 2003", ISSN 0949-149X, roč. 19, č. 3.
- PLC – user guide* [online] [cit. 20.9.2011], dostupné na internete: <http://www.kollewin.com/blog/automation-plc/>
- PLC Programming* [online] [cit. 21.9.2011], dostupné na internete: [http://en.wikibooks.org/wiki/Introductory\\_PLC\\_Programming#How\\_the\\_PLC\\_operates](http://en.wikibooks.org/wiki/Introductory_PLC_Programming#How_the_PLC_operates)
- Prutoky.cz* [online] [cit. 2011.10.06], dostupné na internete: <http://www.prutoky.cz/kapaliny/teorie/priklady-mericich-metod/>
- Šmejkal L., Martinásková M. (2005), *PLC a automatizace – 2. díl, 1. vyd.* Praha: BEN – Technická literatúra, ISBN 978-80-86056-58-6.
- Šmejkal L., Martinásková M. (2007), *PLC a automatizace – 1. díl, 1. vyd. 3. dotisk*, Praha: BEN – Technická literatúra, ISBN 978-80-86056-58-6.
- Thorton R.K. (1999), *Using results of research in science education to improve science learning*, International conference on Science Education, Nicosia, Januar 1999.

## Abstrakt

V práci je navrhnutý nový koncept riešenia riadenia vzdialených reálnych experimentov (VRE). Navrhnutý koncept vychádza z využitia prvkov priemyselnej



automatizácie pri konštrukcii VRE. Ich využívanie v aplikáciách konštruovania VRE, prináša oproti doteraz použitým systémom, podstatné technické a ekonomické výhody.

Úspešným aplikovaním prvkov priemyselnej automatizácie v konkrétnom VRE „Merania prúdenia tekutín“, ktorý bol zostavený na Katedre techniky a informačných technológií PF UKF v Nitre, bola preukázaná vhodnosť použitej koncepcie pre navrhovanie VRE v edukácii.

**Kľúčové slová:** experiment, vzdialene riadený experiment, PLC systém, priemyselná automatizácia, konštrukčný systém.

## **Remote Experiment with Using Elements of Industrial Automatisation**

### **Abstract**

A new concept of solution for controlling of remote control experiments (RCE) designed in described in the paper. The designed concept is based on the use of elements of industrial automation at the construction of the RCE. Their use in applications of design of the RCE brings substantial technical and economic benefits in comparison to previously used systems.

The successful application in the educational process it has been proved a relevance of the used concept for designing of the RCE in the education by using the elements of industrial automation in the particular RCE “Measurements of fluid flow” created by the Department of Technology and Information Technology on Faculty of Education, Constantine the Philosopher University in Nitra.

**Key words:** experiment, remote control experiment, PLC system, industry automation, construction system.