

Biochemické procesy v laboratořích integrované automatizace na UTB ve Zlíně

Na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně (UTB) byl nedávno uveden do provozu systém s názvem *Laboratoře integrované automatizace* (dále jen Labi). Systém je sestavou laboratoří s reálnými fyzickými modely přístupnými přes internet s možností globálního využívání v českém a anglickém jazyce. Představuje netradiční přístup k výuce tím, že od studentů nevyžaduje skutečnou fyzickou přítomnost v laboratoři. Se systémem Labi lze pracovat z prostředí mimo vlastní laboratoř po dobu celého dne; je dostupný i v celosvětovém měřítku prostřednictvím sítě Internet. Systém Labi jako celek a spolu s ním některé vybrané úlohy z celkem devíti základních řídicích úloh, které v současné době obsahuje, je popsán v [1].

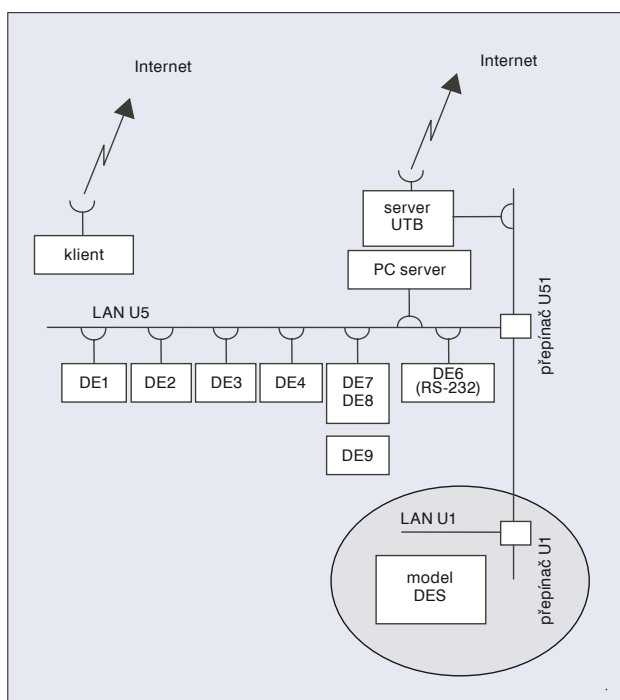
V článku je podrobněji rozebrána úloha s označením DE5 – biochemické procesy, která je v [1] zmíněna jen velmi okrajově. Pozornost je věnována nejen popisu vlastního zařízení, ale i jeho provozním režimům, způsobu, jakým bylo po oživení ověřeno po technologické a metrologické stránce, a možnému využití modelu s charakterem poloprovozního zařízení nejen pro výuku.

Úloha DE5 – biochemické procesy v systému Labi

Systém Labi je komplex modelů (úloh) s procesy mechanickými (úlohy DE3, DE8), elektrotechnickými (DE4, DE9), termodynamickými (DE1, DE2) a komunikačními (DE6, DE7). Každá z úloh obsahuje moderní systém automatizace s jí příslušnými okruhy měření, regulace a řízení včetně systému komunikace a archivace dat. Obdobně je vybudována i významná úloha DE5 – biochemické procesy, která v systému představuje úlohu specializovanou pro obor biochemie (obr. 1).

Úloha DE5 – biochemické procesy je, stejně jako ostatní úlohy, reálná. Umožňuje uživateli systému jak zpřesnit představy, kte-

ré v této oblasti má, tak i realizovat typické procesy z oboru biochemie. Její význam spočívá v tom, že doplňuje tradiční mechanické, elektrotechnické a termodynamické procesy aplikované v jiných úlohách systému Labi, a tím celý systém kompletuje.



Obr. 1. Úloha DE5 – biochemické procesy ve struktuře systému Labi (U1 a U5 značí budovy UTB)

Technologické zařízení úlohy DE5 tvoří jeden celek s dokonalým systémem automatického sběru dat a řízení (řídicí systém).

Technologické zařízení úlohy DE5

Základním technologickým zařízením úlohy DE5 je laboratorní fermentor. Jde o modernizovaný typ LF20 (obr. 2), který je tvořen skleněným pláštěm, dolním a horním víkem, rozváděčem a vyhodnocovací jednotkou SC1000. Fermentor je plynotěsný a chemicky sterilizovatelný.

Technologické procesy úlohy DE5

Biochemické procesy realizovatelné ve fermentoru se dělí na dvě základní skupiny, a to na procesy:

- *aerobní*, vyžadující ke svému chodu aeraci (dodávku kyslíku),
- *anaerobní*, u nichž je naopak třeba přístupu kyslíku zamezit.

Při aerobních procesech využívají mikroorganismy aerobní respiraci (dýchání), díky které z vhodného substrátu získávají energii a stavební látky pro svou biomasu. Při této respiraci vznikají ionty H^+ , které se pomocí enzymů vážou na dodávaný O_2 za vzniku vody, CO_2 a O_2 (obr. 3).

Anaerobní procesy (obr. 4) jsou založeny na anaerobní respiraci (ionty H^+ se nevážou na O_2 , ale na jiný vhodný „akceptor“, např. NO_3^- , SO_4^{2-} , S atd.) nebo na kvasných procesech, při kterých je organický substrát rozkládán až na jednoduché organické látky. Na uvedené procesy může navazovat tzv. *metanogeneze*, při níž speciální mikroorganismy přeměňují jednoduché organické látky na methan, popř. jiné plyny.

Z energetického hlediska je pro mikroorganismy nejvýhodnější aerobní respirace, následuje anaerobní respirace a nejvýhodnější jsou kvasné procesy. Proto mohou aerobní mikroorganismy rychle růst. Naopak anaerobní mikroorganismy spotřebují většinu energie získané ze substrátu na „vlastní provoz“ a zbyde jim jen málo energie na tvorbu biomasy. Rostou tedy pomalu a produkují značné množství odpadních produktů (např. bioplynu).

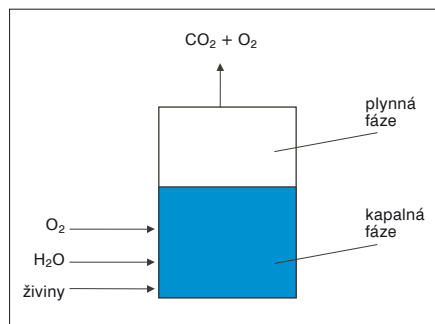
Řídicí systém úlohy DE5

Ke sběru dat a ovládání chodu bioproců v rámci úlohy DE5 jsou v současné době instalovány (viz obr. 5):



Obr. 2. Sestava zařízení úlohy DE5 s fermentorem (uprostřed) před etapou technologického ověřování

- měřicí obvody teploty T (3), polohy hladiny L (22), relativního tlaku p (21), parametru pH (8), vodivosti G (7), obsahu O_2 v roztoku (O_2 , 9), zákalu (TRB , 11), oxidačně-redukčního potenciálu (ORP , 10), otáček motoru (19),
- akční členy: ovládací prvky motoru míchadla M1 (19), topné těleso (3d), vstup vzduchu k prokysličení (4), dávkovací peristaltická čerpadla (2a, 2b, 2c, 2d), ventil odběru plynné fáze (13), ventil odběru kapalné fáze (17) a průtokový chladič (24).



Obr. 3. Schéma aerobního procesu

Ve druhé etapě výstavby budou přidány obvody pro měření plynné fáze: koncentrace CO_2 (aerobní procesy, 14), koncentrace CH_4 a NH_3 (anaerobní procesy, 15 a 16).

Centrální jednotkou řídicího systému je průmyslové PC typu Datalab, umístěné v rozváděči na zadní stěně rámu nesoucího technické prostředky úlohy DE5. Výstupy snímačů teploty, polohy hladiny a tlaku jsou unifikované signály s úrovní 0 až 10 V, jež jsou připojeny přímo ke vstupům jednotky Datalab. Snímače fyzikálně-chemických parametrů (G , pH, ORP , obsahu O_2 a zákalu) jsou napojeny na lokální vyhodnocovací jednotku SC1000 (12), spojenou sériovou linkou s jednotkou Datalab.

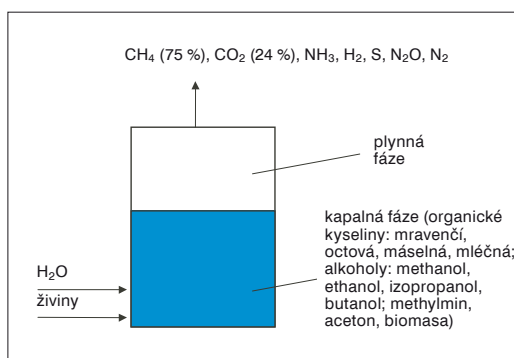
Technologický provoz zařízení úlohy DE5

Úloha DE5 je přichystána k provozu ve třech fázích. Jsou to:

- *příprava*: naplnění fermentoru, vložení popisu experimentu na server a spuštění systému,
- *provoz*: měření a regulace sledovaných veličin a archivace naměřených hodnot na serveru, změna požadovaných hodnot (jestliže to obsluha uzná za vhodné) a odběr vzorků pro následnou analýzu,
- *ukončení*: obsluha zastaví systém a ručně vyprázdní fermentor při použití napojené vývěvy.

V systému Labi je úloha DE5 provozována ve třech režimech, lišících se způsobem přihlášení a přidělenými pravomocemi. Jsou to režimy:

- *Obsluha DE5*: neomezený přístup k ovládní fermentoru; v systému má postavení administrátora, který povoluje přístup stu-



Obr. 4. Schéma anaerobních procesů

dentům a rozhoduje o (ne)zveřejnění experimentu.

- *Student*: částečně omezený přístup k ovládní fermentoru, nemá administrátorské pravomoci.
- *Klient*: z bezpečnostních důvodů má pouze pasivní přístup; smí sledovat probíhající experimenty a stahovat data z minulých i probíhajících procesů, je-li to povoleno administrátorem.

Uživatelé v režimu *Klient* je také každý zájemce o daný problém s přístupem k úloze přes internet.

Technologické a metrologické ověřování

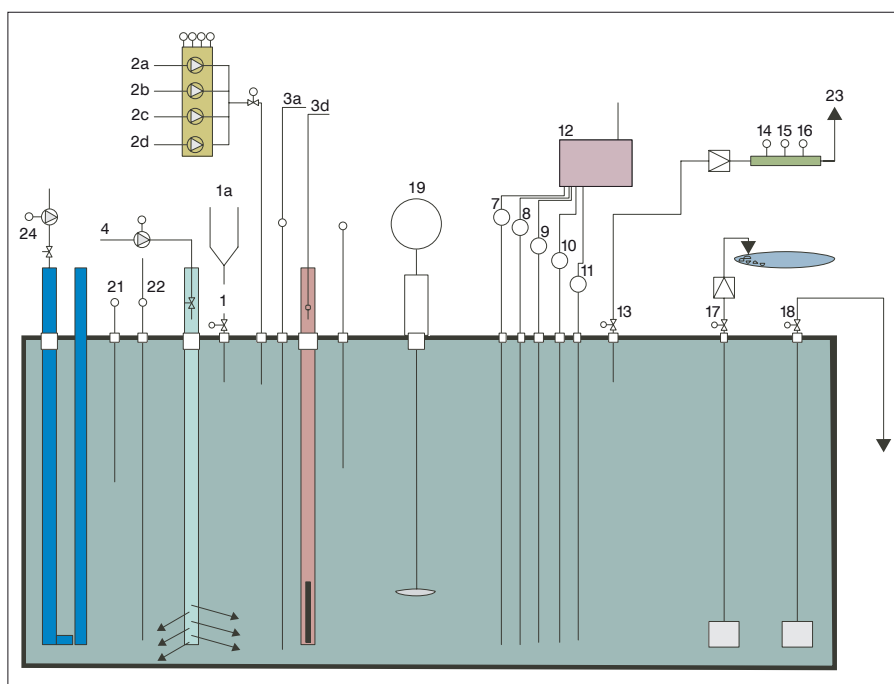
Pro ověření zapojení a správné funkce jednotlivých snímačů a sond byl fermentor v rámci tzv. *technologického ověření* naplněn nejdříve asi sedmi litry pitné vody a několik dní byly sledovány její změny. Poté byla k dalšímu ověřování použita náplň směsi biomédia a aktivovaného kalu (8,6 l, sušina 1,3 g/l). Použitá suspenze byla po celou dobu aerována při použití dmychadla.

Biomédium obsahovalo fosforečnanový pufr, proto se hodnota pH neměnila. Teplota se naopak měnila výrazně. Časové průběhy hodnot zákalu a obsahu kyslíku jsou na obr. 6. V první fázi experimentu obsah rozpuštěného kyslíku klesal a rostl podle toho, jak byl fermentor promícháván. Mikroorganismy v suspenzi kalu byly velmi aktivní, takže pokud nebyl fermentor míchán, spotřebovaly kyslík dříve, než se dostal od ústí aerační trubky ke kyslíkové sondě. Ve druhé fázi experimentu se koncentrace rozpuštěného kyslíku udržovala okolo hodnoty 9 mg/l, pouze po promíchání vždy krátkodobě poklesla. V poslední fázi experimentu výkyvy v koncentraci rozpuštěného kyslíku již nebyly způsobovány mikroorganismy, ale změnami fyzikálních podmínek (tlaku a teploty).

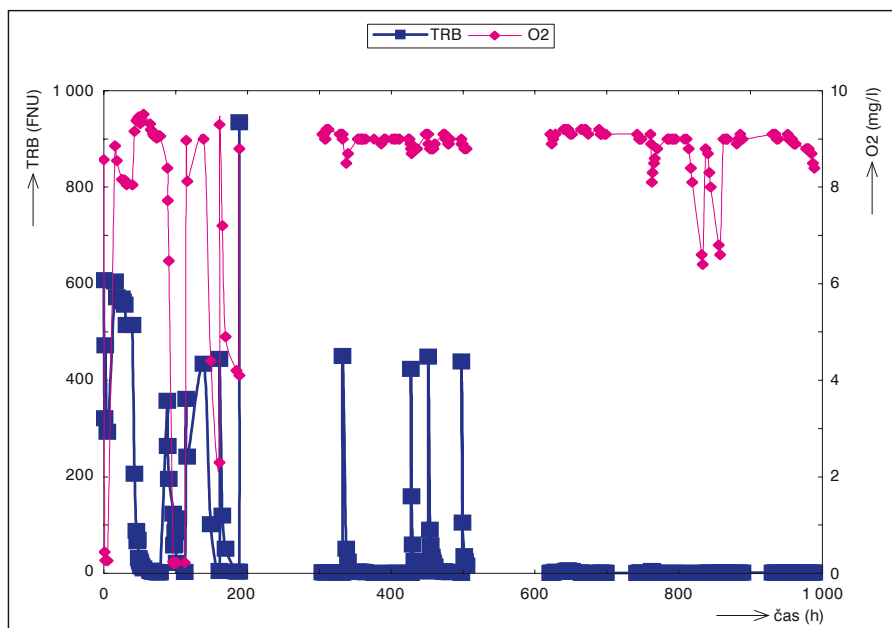
Metrologické ověření přístrojů od firmy Hach-Lange, použitých ke snímání parametrů vodných roztoků, bylo prováděno jako součást ožívování peristaltických čerpadel a okruhů měření parametrů roztoku a polohy hladiny.

Snímače parametrů vodného roztoku byly kalibrovány v rámci diplomové práce [6]. Byly ověřeny sondy pro měření pH (dvoubodová kalibrace s pufrů pH4 a pH7), ORP (jednobodová kalibrace s použitím standardu ORP a porovnání se sondou od firmy Schott Instruments), vodivosti (jednobodová kalibrace roztokem KCl o koncentraci 0,01 mol/l) a rozpuštěného kyslíku („vzduchová kalibrace“ podle návodu k sondě [4]).

Pro fermentor jsou použita peristaltická čerpadla Domet S-31 (5 W, 220 V/50 Hz,



Obr. 5. Měřicí obvody a akční členy úlohy DE5



Obr. 6. Technologické ověření modelu DE5: závislost turbidity (TRB) a obsahu rozpuštěného O_2 (O_2) na čase

výrobce Domet, Polsko), nastavitelná podle použité hadice. Peristaltické čerpadlo bylo nastaveno na průměr hadičky 2 mm a byl měřen protoký objem, doba potřebná k průtoku měřeného množství kapaliny a průtok kapaliny.

Kapacitní hladinoměr CLM-36 byl zkali-brován během vlastní sestavování fermentoru postupem podle návodu přiloženého výrobcem [5].

Závěr

Příspěvek poukazuje na zvláštnosti úlohy DE5 a procesů, které podporuje, v rámci systému Labi. Jsou uvedeny základní provozní aspekty jejího návrhu a použití a naznačen způsob, jakým byla při uvádění modelu do provozu ověřena funkce zařízení, včetně měřících a řídicích obvodů.

Automatizační technika, kterou je úloha DE5 vybavena, umožňuje na dálku sledovat a ovládat realizované biochemické procesy. Tento způsob komunikace s modelem je využíván při výuce na Fakultě aplikované informatiky stejně jako v laboratorních cvičeních Fakulty technologické UTB ve Zlíně. Úlohu DE5 lze použít i v oblasti výzkumu. Umožňuje studovat nejrůznější aerobní i anaerobní procesy z oboru ochrany životního prostředí, procesního inženýrství a po důkladné sterilizaci i z potravinářství (v poloprovozním měřítku). Použití úlohy DE5 je i zde velmi výhodné tím, že procesy mohou probíhat i několik měsíců, přičemž systém Labi zajistí jejich sledování na dálku nepřetržitě po dobu 24 hodin denně, sedm dní v týdnu. Veškerá data mohou být výzkumníkům kdykoliv přístupná prostřednictvím sítě Internet, a jestliže to administrátor v režimu *Obsluha_DE5* povolí, i jakémukoliv návštěvníkovi internetové stránky projektu Labi (prostřednictvím adresy <http://www.labi.fai.utb.cz>).

ové stránky projektu Labi (prostřednictvím adresy <http://www.labi.fai.utb.cz>).

Literatura:

- [1] HRUŠKA, F.: *Laboratoře integrované automatizace na UTB ve Zlíně*. Automa, 2007, roč. 13, č. 7, s. 64–65.
- [2] DVOŘÁČKOVÁ, M. – HRUŠKA, F. – HOFFMANN, J.: *Laboratory biochemical model and WEB communication*. In: Proceedings of the 16th International DAAAM Symposium, Opatia, 2005, pp. 105–106, ISBN 3-901509-46-1.
- [3] HRUŠKA, F. – DVOŘÁČKOVÁ, M. – NECKÁŘ, J.: *Measurement and Control System for Bioprocess Laboratory*. In: Proceeding of 7th International Carpathian Control Conference – ICC'2006, Rožnov p. Radhoštěm, pp. 177–180, ISBN 80-248-1066-2.
- [4] *Katalog Hach Lange 2004/2005*. Hach Lange, 2004, Düsseldorf.
- [5] *Kapacitní hladinoměry CLM-36 – návod*. Dinel®, 2006, Zlín-Přiluky.
- [6] SEDLAČÍK, R.: *Technologické ověření provozních funkcí zařízení fermentoru*. [Diplomová práce.] Fakulta technologická UTB ve Zlíně, 2006.

Odkazy na internet:

<http://labi.fai.utb.cz>

doc. Ing. František Hruška, Ph.D.,
ústav elektrotechniky a měření,
Fakulta aplikované informatiky UTB ve Zlíně
Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.,
ústav inženýrství ochrany životního prostředí,
Ing. Radek Sedlačík,
ústav inženýrství ochrany životního prostředí,
Fakulta technologická UTB ve Zlíně
(hruska@fai.utb.cz)



S minimálním úsilím a s úsměvem na tváři – tak jednoduché je dostat se k široké nabídce elektronických součástek od firmy Distrelec: www.distrelec.com



- dodavatel širokého výběru kvalitních produktů elektroniky a počítačového příslušenství
- bez minimálního objednávkového množství
- dodací lhůta je 48 hodin
- výhodné zasilatelské náklady
- kompetentní, česky mluvící operátoři

Neváhejte a hned si zdarma objednejte katalog!

Telefon 800 14 25 25
Fax 800 14 25 26
E-mail info-cz@distrelec.com
www.distrelec.com

Slovensko:
Telefón 0800 00 43 03
Fax 0800 00 43 04
E-mail info-sk@distrelec.com

Distrelec

Nejvýznamnější distributor elektronických součástek a počítačového příslušenství v srdci Evropy.