

# PROCESS ENERGY BALANCE MONITORING

Michal ŘEZNÍČEK, Bachelor Degree Programme (3)  
Dept. of Microelectronics, FEEC, VUT  
E-mail: xrezni14@feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Ivan Szendiuch

## ABSTRACT

The constant temperature sensor heater and its application circuitry for process energy balance monitoring systems were developed. They can help us to study the energy balance of many chemical, physical, biological etc. processes in progress. The balance heater power consumption record is showing to monitored process energy balance history. By data evaluation we can qualify and quantify these processes in progress very lightly. New process energy balance monitoring method was developed.

## 1 ÚVOD

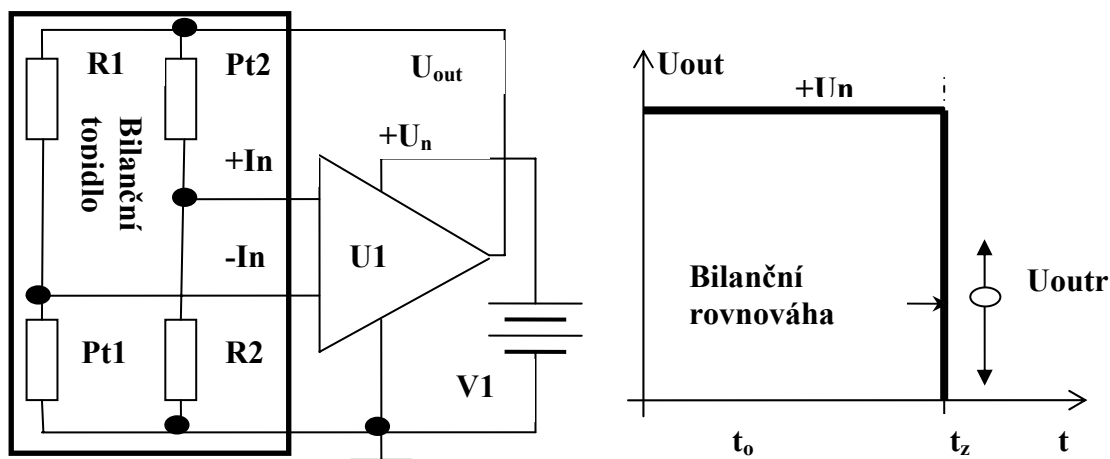
Zavedení kontroly okamžité spotřeby energie potřebné k udržení teploty bilančního topidla uvnitř procesu umožní sledovat jeho energetickou bilanci a tím usuzovat na jeho kvalitu a intenzitu. Vývoj analyzátoru energetické bilance zkoumaných procesů byl cílem našeho snažení, naše řešení a ukázka dosažených výsledků je obsahem tohoto podání.

## 2 ROZBOR

Uplatnění klasického procesního regulátoru teploty se současným měřením příkonu potřebného k udržení teploty se nabízel jako výchozí řešení, při jeho analýze jsme však narazili na faktory omezující schopnost správného určení aktuální bilanční energie a to uplatněním tepelných kapacit všech prvků systému a nedefinovatelných tepelných odporů ovlivňujících distribuci tepla uvnitř systému. To vyhlazovalo a současně zpožďovalo projevy sledovaných změn energetické bilance obdobně jako integrační členek napěťové signály. Proto jsme hledali a s minimálními výhradami také našli pro tento účel vhodnější analogové zapojení, které tento jev co nejvíce potlačuje.

## 3 PODSTATA ŘEŠENÍ A VYUŽITELNOST

Podstata našeho řešení spočívá v integraci snímače teploty (senzoru) a výkonného členu (topidla) do jednoho konstrukčního celku (bilančního topidla) s minimální tepelnou kapacitou a v nalezení zapojení s vysokou citlivostí v bezprostředním okolí jeho zadané teploty.



**Obr. 1:** *Principiální schéma zapojení bilančního topidla a graf ideální závislosti výstupního napětí  $U_{out}$  IOZ  $U1$  na jeho okamžité teplotě*

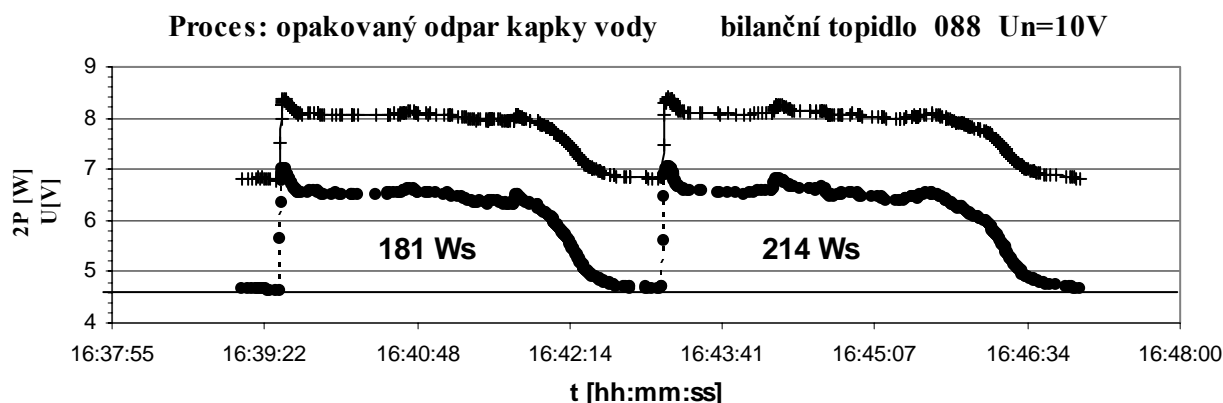
Jednotlivé prvky zapojení představují:  $U1$  je ideální operační zesilovač,  $V1$  je ideální zdroj napětí,  $R1, R2$  jsou teplotně nezávislé rezistory a  $Pt1, Pt2$  jsou teplotně závislé rezistory. Silně orámovaná část představuje topnou funkční část bilančního topidla. Ze základní podmínky ustavení rovnováhy mezi napětími na obou vstupech  $+In$  a  $-In$  ideálního operačního zesilovače (dále jen IOZ) plyne:  $U_{+In} = U_{-In}$

Pro dané rezistory bilančního topidla lze dovést, že se výstupní rovnovážné napětí IOZ ustaví na hodnotě, pro niž bude platit:  $U_{out} * R_{Pt1} / (R_{Pt1} + R_{R1}) = U_{out} * R_{R2} / (R_{R2} + R_{Pt2})$

Uvážíme-li předpokládanou teplotní nezávislost odporů rezistorů  $R1$  a  $R2$ , teplotní závislost (pro zjednodušení lineární) odporů rezistorů  $Pt1$  a  $Pt2$  a současně definujeme žádanou teplotu bilančního topidla pomocí hodnot odporů teplotně nezávislých rezistorů tak, že při ní budou hodnoty jejich odporů právě shodné s hodnotami odporů teplotně závislých rezistorů, bude platit:

$$U_{out} * R_{Pt1} * (1 + TCR * t) / (R_{Pt1} * (1 + TCR * t) + (R_{Pt1} * (1 + TCR * t_z))) = U_{out} * R_{Pt2} * (1 + TCR * t_z) / (R_{Pt2} * (1 + TCR * t_z) + R_{Pt2} * (1 + TCR * t))$$

Odkud po vykrácení veličin  $U_{out}$ ,  $R_{Pt1}$  a  $R_{Pt2}$  a shodných jmenovatelů zlomků na obou stranách dostaneme:  $(1 + TCR * t) = (1 + TCR * t_z)$  a po úpravě:  $t = t_z$



**Obr. 2:** *Praktický záznam rovnováhy (výstupního napětí  $U_{out}$  IOZ) reálného procesu.*

Odchylka teploty topidla od teploty žádané potom bude:  $\Delta t = 0$ . Ideální výstupní charakteristika je patrná z grafu na obrázku 1. Příklad využití na obr. 2.

Praktické využití je založeno na analýze časového záznamu výstupního napětí  $U_{out}$  kvalitativně a kvantitativně charakterizujícího vývoj energetických poměrů analyzovaného procesu až do jeho odeznění.

#### 4.1. ANALÝZA ZÁZNAMU

Sejmutý záznam výstupního napětí IOZ charakterizujícího příkon bilančního topidla (horní křivka) přepočteme podle vztahu  $P=U^2/R_{bt}$  na časovou závislost příkonu (dolní křivka). Stanovíme obsah plochy uzavřené mezi přímkou charakterizující ustálenou hodnotu před inicializací sledovaného procesu ( $2P=4,6$  W) a časovým záznamem příkonu. Tato plocha představuje energii kterou sledovaný proces s bilančním topidlem po dobu jeho trvání směnil.

### 4 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Závěrem nelze než konstatovat, že se v souladu s požadavky zadavatele podařilo vyvinout levný, leč dostatečně přesný a citlivý bilanční analyzátor schopný uživateli poskytnout cenné informace o sledovaných procesech. Je to přístroj, který může v budoucnosti vhodně doplnit stávající vybavení výzkumných, vývojových a běžných laboratoří a tím rozšířit jejich schopnost analyzovat energetické projevy sledovaných procesů při monitorování kvality životního prostředí v mnoha aspektech.

#### PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl v rámci autorova podílu na řešení projektu EUREKA - Development for European Applications v konsorciu PIDEA BVK.

#### LITERATURA

- [1] Řezníček, Z., Tvarožek, V., Rall, D.: A New RTD Concept and Design for Easy Laser Trimming and Greater Accuracy, The ISA 47th IIS, Denver Southeast, USA, May 9-10, 2001, #1016
- [2] Tvarožek, V., Řezníček, Z., Jakubec, A., Novotný, I., Řeháček, V.: Novel approach to the development of biochemical instrumentation, 5th EC framework programme Quality of life and management of living resources, 2<sup>nd</sup> Workshop: Evaluation/validation of novel biosensors in real environmental and food samples, pp. 32-33, April 18-21, 2002, Firenze, Italy
- [3] Vavrinský, E., Tvarožek, V., Řezníček, Z.: A Novel Asymmetric Ratio Resistance Method Applied In Microelectrochemical Sensors, 21<sup>st</sup> International Conference on Microelectronics, Sofia 2003
- [4] Vavrinský, E., Tvarožek, V., Novotný, I., Řezníček, Z., Nikolelis, D.: Novel Ratio Conductance Electrochemical Sensor Based on Thin Film Asymmetric Microelectrodes, The Fourth International Conference on Advanced Semiconductor Devices and Microsystems ASDAM 2002, pp. 325-328, October 14-16, 2002, Smolenice, Slovak Republic