

MICROPROCESSOR BASED TEMPERATURE CONTROLLER

Michal Vožda

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvozda00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of the project is a design of the temperature controller based on microprocessor. There are described the most widely used sensors for the temperature measuring and their involvement in the electric circuit. The temperature controller is based on the Peltier's thermoelectric battery. Project describes power control of this thermoelectric battery and also a design of the entire system and a description of the blocks takes a part.

Keywords: Temperature measurement, PSD thermostat, Langendorff's apparatus

1 ÚVOD

Ve farmakologickém a fyziologickém výzkumu se využívá techniky měření na živém zvířecím srdci. Pro takové měření je potřeba srdce umístit do prostředí, kde může pracovat i hodiny po vyjmutí z těla zvířete. To zajišťuje Langendorffova aparatura, ve které je srdce zavěšeno za aortu a promýváno fyziologickým roztokem doplněným o živiny. Na takto uchyceném srdci je možno provádět měření a zjistit ovat například vliv léků na jeho činnost. Aby srdce mělo vhodné podmínky pro svou činnost, je potřeba mimo jiné udržovat v prostředí konstantní teplotu fyziologického roztoku.

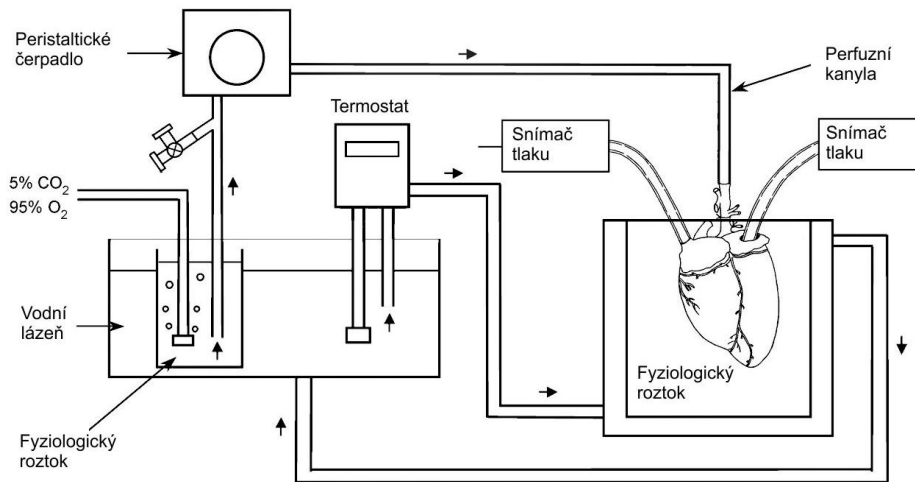
Cílem tohoto projektu je navrhnout autonomní systém, který na základě změřené teploty určí velikost akčního zásahu a provede kompenzaci teplotních změn fyziologického roztoku, které nastávají v průběhu experimentu vlivem vnitřních i vnějších faktorů, např.:

1. počáteční teplotou fyziologického roztoku a teplotou okolí,
2. ohříváním roztoku vlivem vlastní činnosti srdce.

Při návrhu termostatu je nutno brát v úvahu oba body, proto je potřeba aby regulační systém dokázal roztok v sekundárním okruhu ohřívát, ale také chladit. Dále systém musí pracovat tak, aby neovlivňoval průběh experimentu. Chladicí nebo ohřívací médium musí být odděleno od primárního okruhu s fyziologickým roztokem a k předávání tepla musí docházet pokud možno rovnoměrně a s co nejmenšími překmitými hodnoty teploty. To se dá zajistit například spojitou PID (proporcionálně integračně derivační) regulací nebo jeho diskrétním ekvivalentem PSD (proporcionálně sumačně diferenčním) číslicově řízeným regulátorem. Uspořádání celé aparatury je naznačeno na obrázku (1).

2 ROZBOR

Akčním členem termostatu je Peltierova termobaterie, která průtokem proudu vytváří na svých plochách rozdíl teplot. Jednu stranu využíváme pro ohřev/chlazení a druhou umístíme ke chladiči a přebytečnou energii je potřeba odvádět co nejlépe od povrchu termobaterie. Změnou směru průtoku proudu zaměníme i charakter teploty na obou stranách. Velikost výkonu dodávaného do termobaterie a tím i



Obrázek 1: Blokové uspořádání Langendorfova aparátu

velikost rozdílu teplot mezi teplou a studenou stranou je zajištěn pomocí PWM (pulzně šířkové modulace). Velikost výkonu určuje, na základě výpočtu, řídicí mikrokontrolér. Ten zajišťuje také všechny řídicí a měřicí funkce a zároveň tvoří PSD regulátor.

2.1 MĚŘENÍ TEPLoty

Zvoleným měřicím senzorem je termistor s negativní závislostí odporu na teplotě (NTC). Jeho průběh závislosti odporu na teplotě je nelineární, avšak je možno jej v mikrokontroléru dopočítat dle vztahu (2). Termistor je zapojen do měřicího můstku pomocí tří vodičů, které eliminují odpor přívodů a jejich teplotní závislost. Měřicí můstek tvoří převodník odpor/napětí. Napětí mezi větvemi pak po zesílení převádíme na číslcovou hodnotu pomocí 10 bitového AD převodníku, který je součástí řídicího mikrokontroléru.

Vztah mezi hodnotou odporu a napětím na můstku je následující:

$$\Delta U = -I \frac{R(R_T - R)}{R_T + 3R}, \quad (1)$$

kde R_T je odpor termistoru, $R = R_1 = R_2 = R_3$ jsou odpory můstku a I je budící proud můstku.

Pro přepočtení hodnoty odporu na teplotu platí vztah:

$$T = [A + B \ln(R_T) + C \ln^3(R_T)]^{-1}, \quad (2)$$

kde A, B, C jsou materiálové konstanty udávané výrobcem a R_T je odpor termistoru při teplotě T .

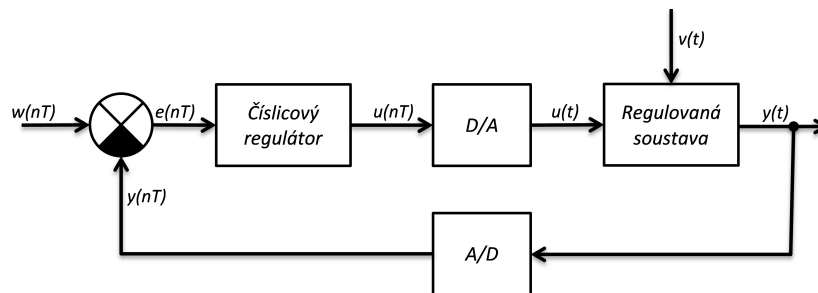
2.2 ČÍSLICOVÁ ČÁST

Jádrům celého zařízení je mikrokontrolér ATmega644 firmy Atmel. Na základě hodnoty z AD převodníku určí teplotu roztoku výpočtem odvozeným ze vztahů (1) a (2). Tvoří také funkci číslicově řízeného regulátoru PSD, jehož algoritmus pro regulaci je dán vztahem:

$$u(nT) = u[(n-1)T] - K_p[y(nT) - y[(n-1)T]] + K_s e(nT)T - \frac{K_d}{T}[y(nT) - 2y[(n-1)T] + y[(n-2)T]] \quad (3)$$

Kde $u(nT)$ je normovaná velikost akčního zásahu v kroku n při vzorkovací periodě T a $u[(n-1)T]$ je hodnota v předchozím kroku. $y(nT)$ je změřená a normovaná velikost regulované veličiny kroku n . Obdobně tak $y[(n-1)T]$ pro předchozí krok. $e(nT)$ je regulační odchylka a rovná se $e(nT) = w(nT) - y(nT)$. K_p je zesílení proporcionální složky regulátoru. K_s a K_d je zesílení sumační a diferencní složky regulátoru. T je vzorkovací perioda.

Konstanty K_p , K_s a K_d jsou dány vlastnostmi regulované soustavy, které však neznáme. K nastavení regulátorů se používá různých optimalizačních metod. Často využívanou optimalizační metodou je Zieglerova - Nicholsova metoda přechodové charakteristiky. Na základě změřené přechodové charakteristiky soustavy jsme schopni určit parametry regulátoru.



Obrázek 2: Blokové schéma regulačního řetězce

2.3 VÝKONOVÁ ČÁST

Maximální proud termobaterie je $I_{max} = 4,6$ A a maximální napětí $U_{max} = 15,4$ V. Výkon je regulován PWM modulací, kterou na základě akční veličiny určuje mikrokontrolér. Na aktivní stranu termobaterie je připevněn výměník ve kterém je čerpadlem protékána voda, ta sekundárně ohřívá nebo ochlazuje fyziologický roztok.

Aby bylo možno měnit směr toku proudu, je Peltierova termobaterie zapojena do H-můstku. Ten, je řízen přes logiku z hradel NAND. Zařízení je napájeno ze spínaného zdroje +15 V dostatečně dimenzovaného na výkon celého systému.

3 ZÁVĚR

Smyslem projektu je navrhnout a realizovat řešení automatické regulace teploty v prostředí, ve kterém se nachází při experimentu srdce zvířete. Projekt má za cíl bezpečně udržovat konstantní teplotu a zároveň informovat uživatele o aktuální teplotě ze dvou měřících míst. Cílem projektu je také grafická prezentace průběhu regulace a co nejlepší optimalizace parametrů regulátoru. Systém je navržen tak, aby mohl své výsledky přenášet do PC pomocí rozhraní USB a jednotlivé informace graficky zobrazovat.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla částečně podpořena projekty GAČR 102/07/1473 a MSM0021630513.

REFERENCE

- [1] KREIDL, Marcel. Měření teploty: Senzory a měřící obvody. Praha: Ben, 2005. 239 s. ISBN 80-7300-145-4.
- [2] ŠVARC, I., ŠEDA, M., VÍTEČKOVÁ, M. Automatické řízení. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 324 s. ISBN 978-80-214-3491-2