

Control Laboratory Model Řízení laboratorního modelu

KOUDELA, Tomáš

Ing., ✉ Katedra ATR-352, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu, Ostrava - Poruba, 708 33
tomas.koudela.fs@vsb.cz

***Abstrakt:** A laboratory model of level control in a container is one of the models at department 352 designed by students within the frame of their thesis. The theory of automatic control is applicable on the model. It is the model of level control in container with output disturbance caused by electro control valve. The purpose was an application of synthesis of controlling system method to the laboratory model. The adjustable parameters of regulator were obtained by method of required model, modulus optimum and by model experiments.*

All the calculated values were verified by simulation on a real model. The application ControlWeb2000 and the programme module WinGAP CTRL, which were developed at ATR department, were used on regulation process.

***Klíčová slova:** řízení, laboratorní model, lineární systémy*

1 Laboratorní model

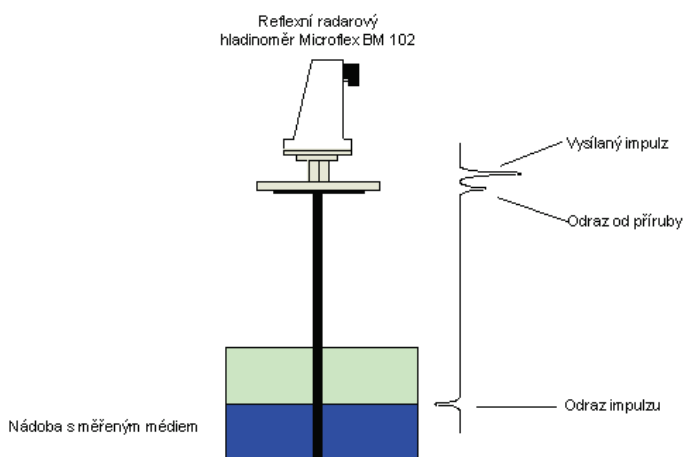
Laboratorní model regulace výšky hladiny v nádobě je jeden z modelů na katedře 352, které byly vytvořeny studenty v rámci jejich diplomové práce. Na modelu se pak může aplikovat probíraná teorie automatizačního řízení. Jedná se o model regulace výšky hladiny v nádobě s poruchou na výstupu způsobenou elektromechanickým ventilem.



Obrázek 1 – Laboratorní model regulace výšky hladiny

Akčním členem v soustavě je spojitě řízené čerpadlo, které je řízené frekvenčním měničem. Ten dostává podněty k chodu od regulátoru KS98+, který zpracovává informace o výšce hladiny a přes zesilovací člen přímo ovládá ponorné čerpadlo umístěné v odpadní nádobě. Množství kapaliny, které z nádoby odteče je závislé pouze na působení hydrostatické síly v nádobě a otevření elektromechanického ventilu, který je řízen CTRL jednotkou. Soustava je navíc doplněna o ovládací modul přes který se dá průběžně měnit žádaná výška hladiny nebo otevření ventilu.

K měření výšky hladiny je použitý kontaktní radarový hladinoměr. Vysílané impulzy z přístroje se částečně odrazí od měřené hladiny a poté se vrací zpět do snímače. Vzdálenost mezi převodníkem a povrchem měřeného média je tak přímo úměrná době průchodu impulzu k povrchu měřeného média a zpět (viz Obr.2).



Obrázek 2 – Princip měření radarovým hladinoměrem

Doba průchodu impulzu, a tím také přesnost měření výšky hladiny, je zcela nezávislá na relativní permitivitě a na hustotě měřeného média. Měřeným médiem v modelu je destilovaná voda.

Regulátor KS98+ je volně strukturovaná automatická jednotka, která nabízí sestavení komplexních matematických výpočtů a multikanálových regulačních struktur v jednom zařízení. Výhodou tohoto regulátoru je nezávislost regulace na PC a možnost monitorování průběhů a regulování bez použití osobního počítače.

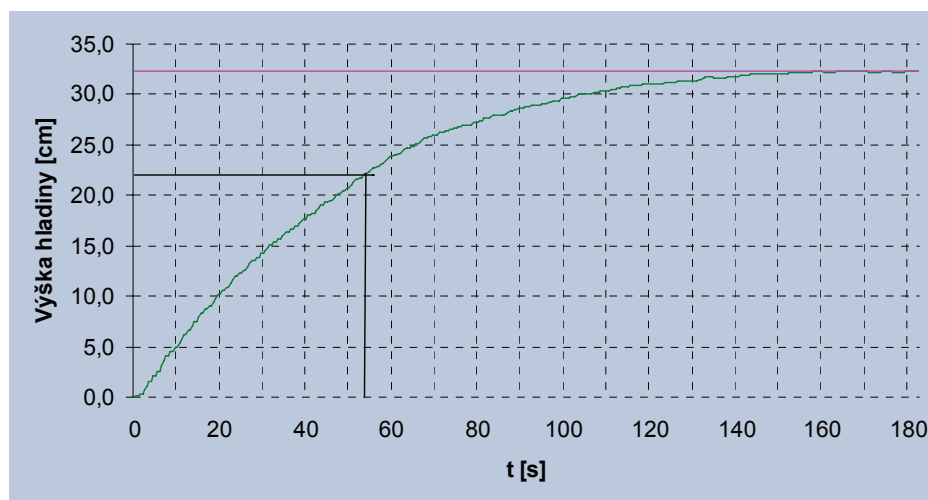
2 Syntéza laboratorního modelu

Účelem byla aplikace metod syntézy regulačního obvodu na laboratorní model. Z měřené přechodové charakteristiky vyplynulo, že se jedná o proporcionální soustavu se setrvačností 1.řádu, kterou lze popsat přenosem:

$$G_s(s) = \frac{k_1}{T_1 s + 1} \quad (1)$$

kde je k_1 – zesílení soustavy,
 T_1 – časová konstanta soustavy.

Získané konstanty zesílení $k_1 = 0,081$ a časové konstanty $T_1 = 54$ [s] byly ovlivněny množstvím odtékající kapaliny z nádoby tj. velikostí otevření ventilu.



Obrázek 3 – Přejchodová charakteristika soustavy

Pro regulátor platí přenos PID regulátoru s interakcí:

$$G'_R(s) = k'_p \left(1 + \frac{1}{T'_I s} \right) (1 + T'_D s) \quad (2)$$

kde je G'_R – přenos regulátoru s interakcí,
 k'_p – proporcionální zesílení regulátoru s interakcí,
 T'_D – derivační časová konstanta regulátoru s interakcí
 T'_I – integrační časová konstanta regulátoru s interakcí

3 Výpočet stavitelných parametrů regulátoru

Metodou požadovaného modelu

Dle [VÍTEČEKOVÁ, M., 2006] pro typ soustavy (1) a analogový regulátor platí:

$$T_I = T_1 \quad (3)$$

$$k_p = \frac{T_I}{k_1 \cdot T_w} \quad (4)$$

$$T_w = 54 \text{ s}$$

kde je T_w – volitelná časová konstanta.

Podle vztahů (3) a (4) určíme stavitelné parametry regulátoru.

$$k'_p = k_p = 12,35$$

$$T'_I = T_I = 54$$

Metodou Optimálního modulu

Dle [VÍTEČEKOVÁ, M., 2006] pro typ soustavy (1) a analogový PI regulátor platí:

$$G_{wy} = \frac{k_1 k_p (T_I s + 1)}{T_I s (T_I s + 1) + k_1 k_p (T_I s + 1)} \quad (5)$$

a) Seřízení s kompenzací časových konstant

Pro $T_I = T_1$

$$G_{wy} = \frac{k_1 k_p}{T_1 s + k_1 k_p} = \frac{1}{\frac{T_1}{k_1 k_p} s + 1} \approx \frac{1}{T_w s + 1} \quad (6)$$

Řešení vede na Metodu požadovaného modelu, kde volíme T_w .

b) Seřízení bez kompenzace

Pro přenos soustavy (5)

$$a_0 = k_1 k_p \quad a_1 = T_I + k_1 k_p T_I \quad a_2 = T_I T_1 \quad b_0 = k_1 k_p \quad b_1 = k_1 k_p T_I \quad b_2 = 0$$

$$A_0 = B_0 = a_0^2 = b_0^2 = k_1^2 k_p^2$$

$$A_1 = a_1^2 - 2a_0 a_2 = (T_I + k_1 k_p T_I)^2 - 2k_1 k_p T_I T_1 \quad B_1 = b_1^2 - 2b_0 b_2 = k_1^2 k_p^2 T_I^2 \quad (7a)$$

$$\frac{B_0}{A_0} = \frac{B_1}{A_1}, \quad A_0 = B_0 \Rightarrow A_1 = B_1$$

$$(T_I + k_1 k_p T_I)^2 - 2k_1 k_p T_I T_1 = k_1^2 k_p^2 T_I^2$$

$$2k_1 k_p T_I + T_I = 2k_1 k_p T_1 \quad (7b)$$

$$T_I = \frac{2k_1 k_p T_1}{2k_1 k_p + 1}$$

$$T_I = \frac{T_1}{1 + \frac{1}{2k_1 k_p}} \quad (8)$$

Pokud se k_p bude blížit k maximální možné hodnotě, hodnota T_I se bude rovnat T_1 . Pokud budeme uvažovat fyzikální omezení reálného modelu, tak metoda v obou případech vede na *Metodu požadovaného modelu*.

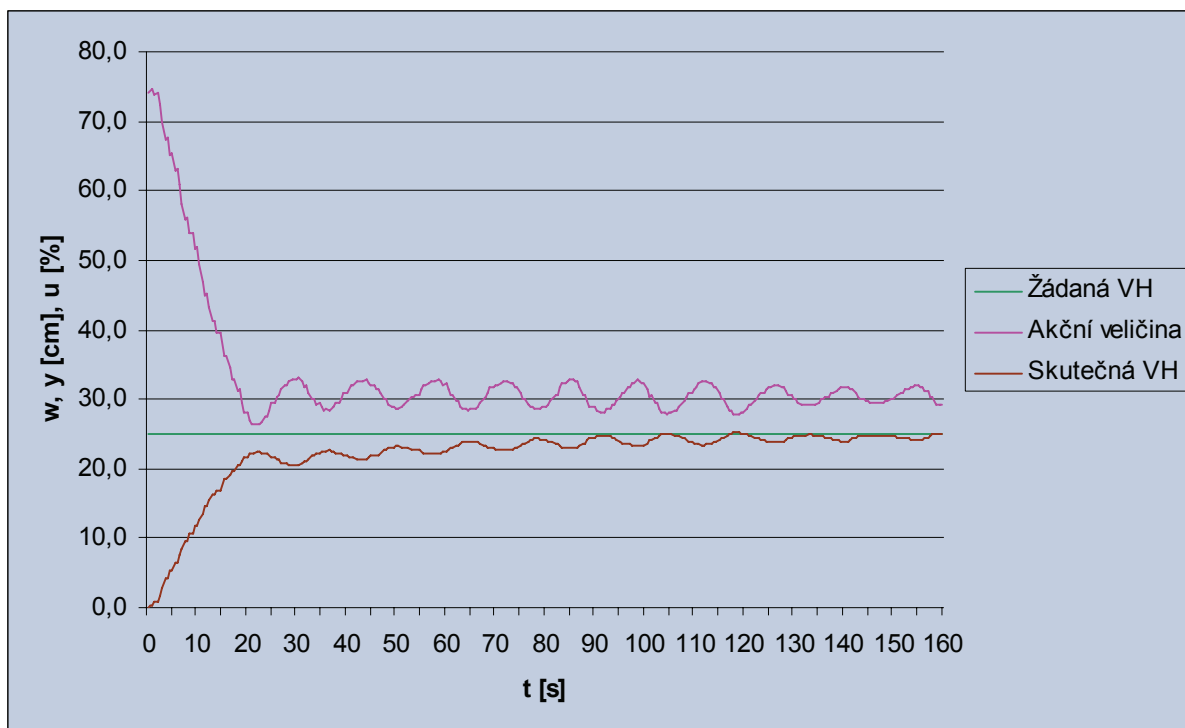
Metodou „pokus omyl“

Stavitelné parametry regulátoru, byly získány pomocí experimentů s modelem. Postupně byly upravovány hodnoty regulátoru a to tak, aby bylo dosaženo požadované výšky hladiny s podobným nebo i lepším průběhem jako u předchozích metod.

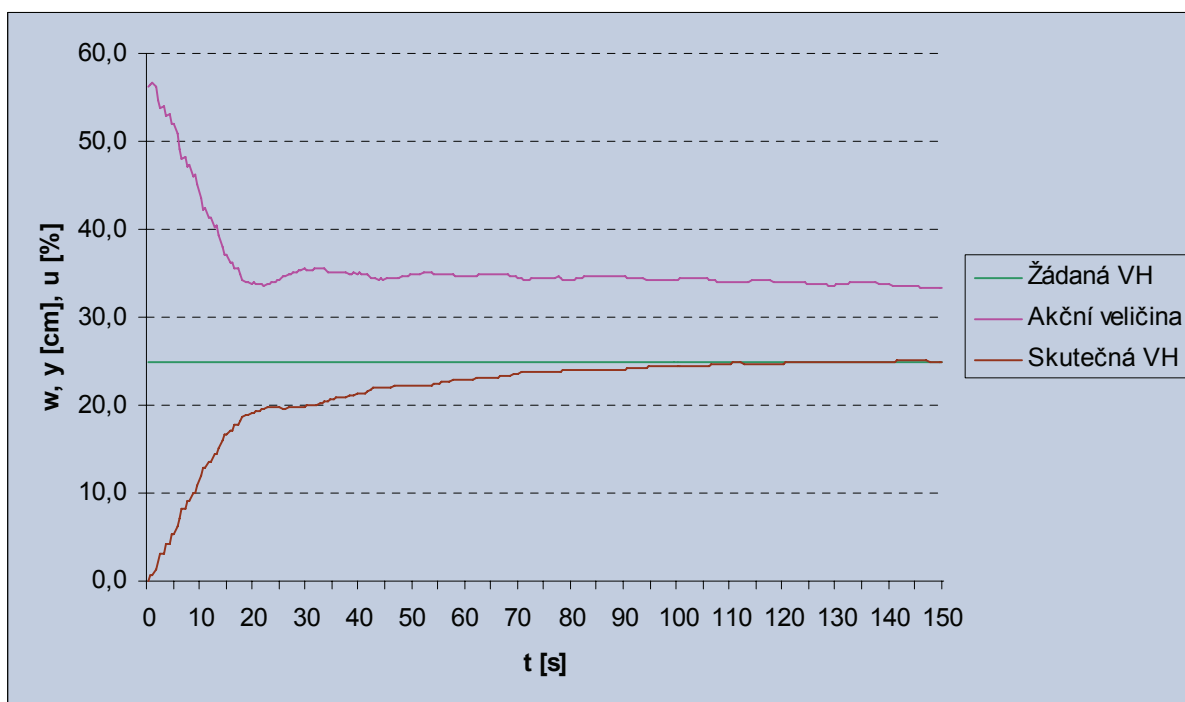
Nejvhodnější průběh měly hodnoty

$$k'_p = 2$$

$$T'_I = 54$$



Obrázek 4 – Průběh řízení pro veličiny získané metodou požadovaného modelu $k'_p = 12,35$, $T'_l = 54$



Obrázek 5 – Průběh řízení pro veličiny získané pomocí experimentů s modelem $k'_p = 2$, $T'_l = 54$

3 Závěr

Všechny vypočtené hodnoty byly ověřeny simulačně i na reálném modelu. K průběhu regulace byla využita aplikace ControlWeb2000 a programový modul WinGAP CTRL, vyvinutého na katedře ATŘ. Pro získané hodnoty byla vyzkoušena celková robustnost modelu a to změnou velikosti poruchové veličiny, která se však díky dlouhé době přenastavení elektroregulačního ventilu nedokázala plně projevit. Díky získaným závěrům, model není vhodný na širší uplatnění v mé disertační práci, ale získané poznatky a závěry budou využity k řízení modelu v laboratoři studenty naší katedry a model jako celek se využije k prezentaci nebo jako názorná ukázka pro studenty druhého ročníku bakalářského studia na naší fakultě. Získají tak širší přehled o zaměření katedry a možnostech jejích studia.

Použitá literatura

- BALÁTĚ, J. 2003. *Automatické řízení*. Praha: BEN – Technická literatura, 664 s. ISBN 80-7300-020-2.
- BALŠÁNEK, M. 2005. *Řízení laboratorních modelů*. Ostrava: katedra ATŘ-352 VŠB-TU Ostrava, 2005, 77 s. Diplomová práce, vedoucí: Smutný, L.
- NOSKIEVIČ, P. 1999. *Modelování a identifikace systémů*. Ostrava: MONTANEX, 276 s. ISBN 80-7225-030-2.
- ŠULC, B. & VÍTEČKOVÁ, M. 2004 *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*. Praha: ČVUT 2004, 333 s. ISBN 80-01-03007-5.
- VÍTEČKOVÁ, M. & VÍTEČEK, A. 2006 *Základy automatické regulace*. Ostrava: katedra ATŘ-352 VŠB-TU Ostrava, 2006, 200 s. ISBN 80-248-1068-9.