

O motorčeku

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Obrázok	1
1.2	Značne nesúrodé technické poznámky	1
2	Prevodová charakteristika systému	2
2.1	Identifikované hodnoty	4
3	Dynamické vlastnosti systému	4
3.1	Identifikované hodnoty	9
4	Simulačný model	9
4.1	Overenie simulačného modelu	10

1 Úvod

MAJME malý jednosmerný elektrický motorček a k nemu na spoločnom hriadeľi malé tachodynamo, ktorého účelom je snímanie uhlovej rýchlosti motorčeka. Uvedené nech je vo všeobecnosti ovládané mikroprocesorom (s príslušenstvom), v skratke: originálna doska Arduino UNO.

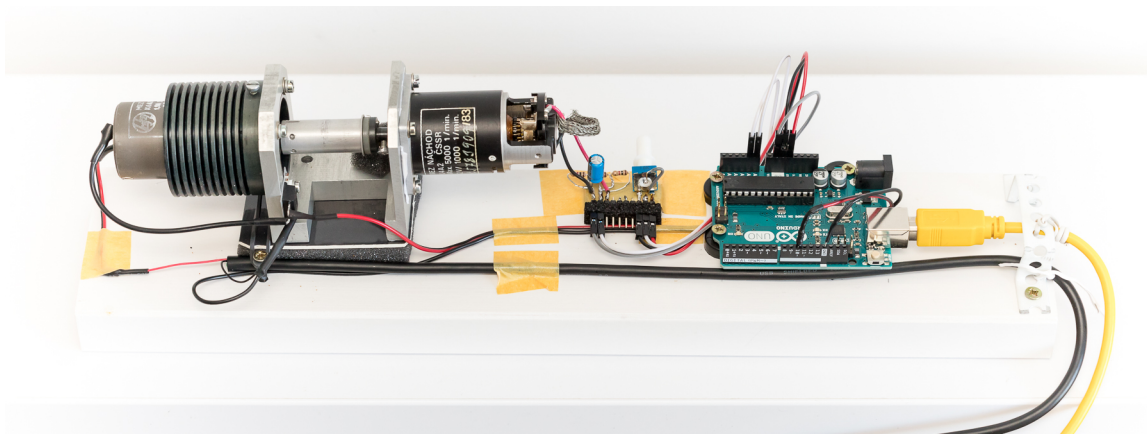
Mikroprocesor generuje PWM signál, ktorý je privedený na výkonový prvok na báze tranzistora FET. Tým je realizované PWM napájanie v tomto prípade o až 5 [V]. Zároveň mikroprocesor pomocou AD prevodníka meria napätie generované tachodynamom. Napätie tachodynamu je odporovým deličom upravené na rozsah o až cca 5 [V] (cca 4,5 [V] pri max napájacom napätí motora) a filtrované kondenzátorom. V neposlednom rade, mikroprocesor komunikuje sériovou linkou s nadradeným systémom (napríklad bežné PC). K dispozícii je tiež manuálne nastaviteľný analógový signál pre ľubovoľné použitie – potenciometer na o až 5 [V], napätie merané AD prevodníkom mikroprocesora.

1.1 Obrázok

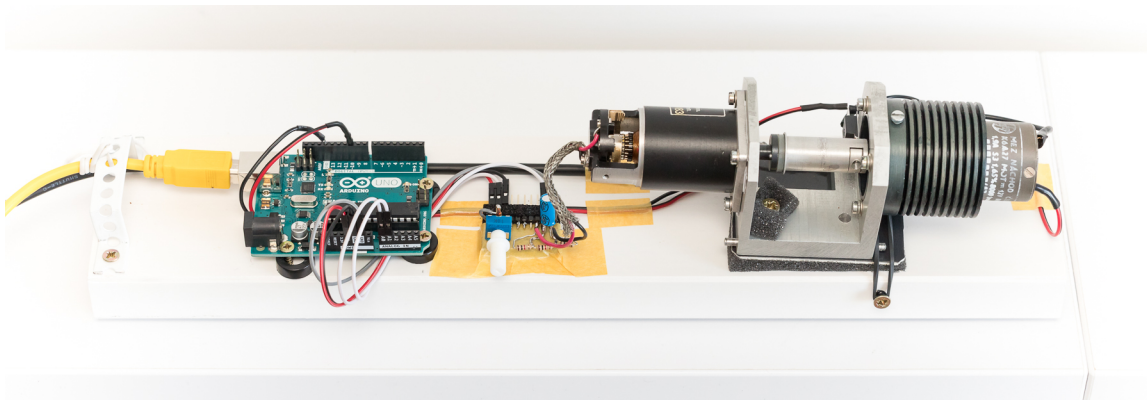
Zariadenie je zobrazené na obr. 1 a obr. 2

1.2 Značne nesúrodé technické poznámky

- Motorček typ K6A27, štítkové údaje: 12V 8W [1.9A S3 1.65% 8000 1/min], rok výroby 1987
- Tachodnamo K4A2, štítkové údaje: 2V/1000 1/min, max 5000 1/min, rok výroby 1983.
- Výkonový prvok pre realizáciu PWM napájania: HITFET BTS 117
- PWM rozlíšenie: 8 bit.
- ADC rozlíšenie: 10 bit (pre 0-5V)
- Odporový delič, RC filter: 1k/2k, 100 μ F. (ten RC filter asi ovplyvňuje aj výslednú dynamiku (tak nejak nezanedbateľnejšie))



Obr. 1



Obr. 2

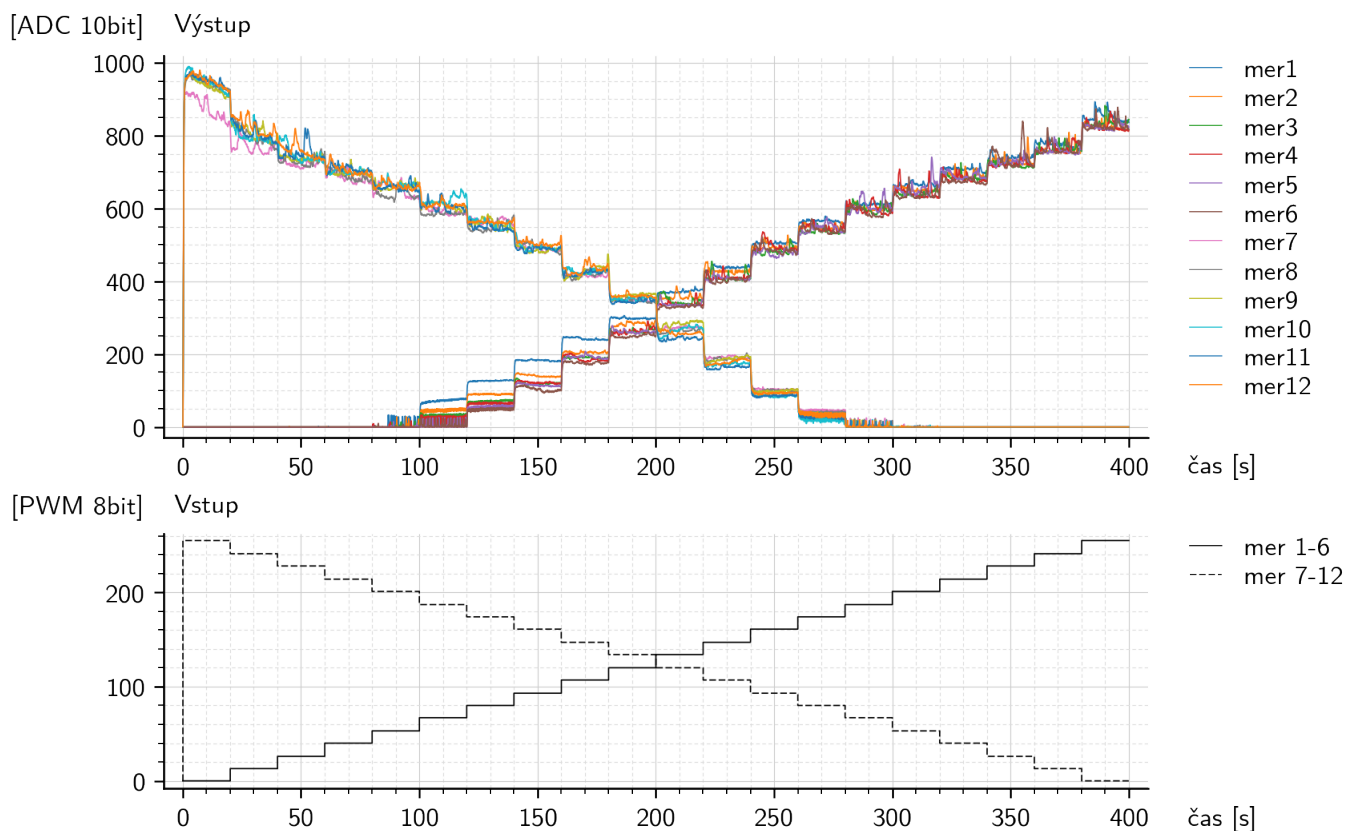
2 Prevodová charakteristika systému

Odmerajme prevodovú charakteristiku uvažovaného systému.

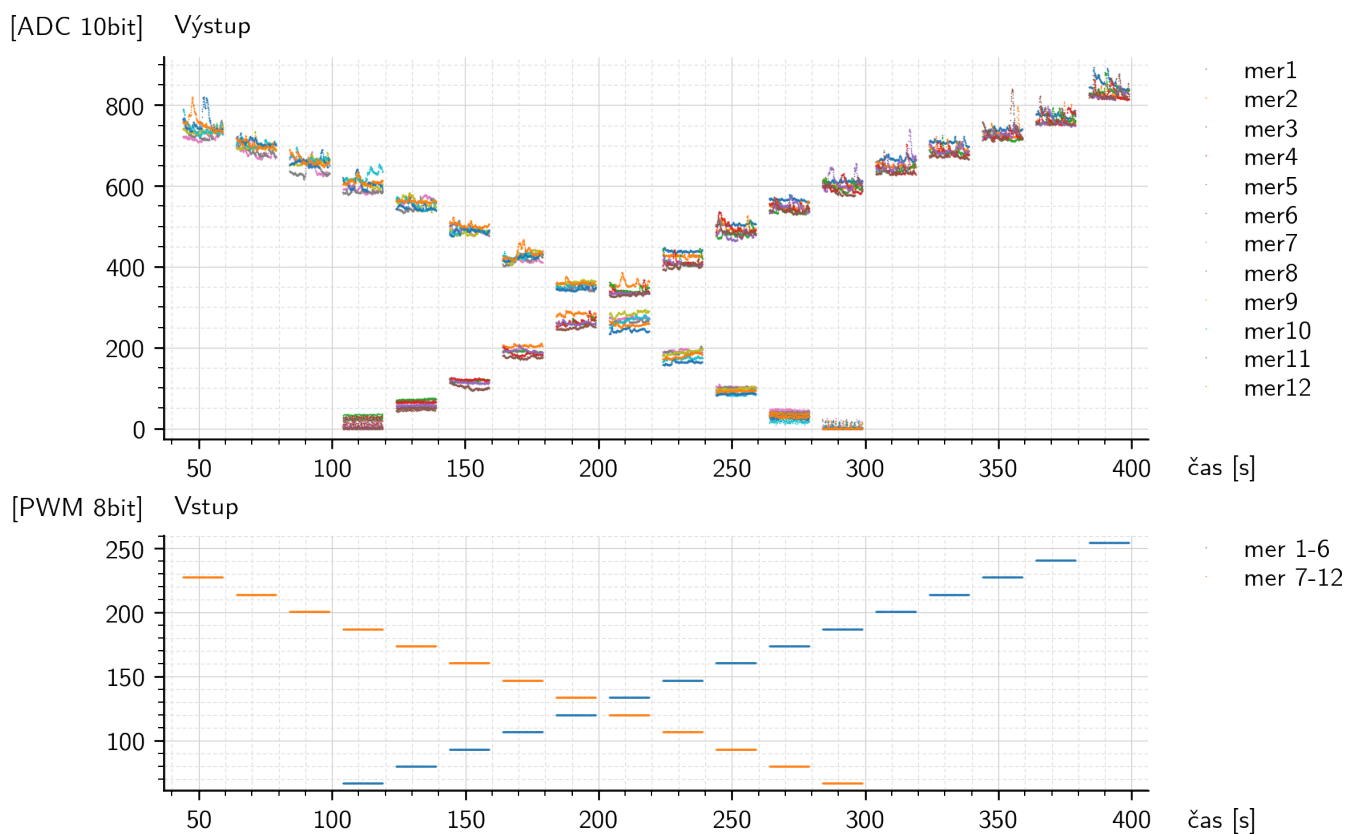
Pripomeňme, že vstupný signál uvažovaného systému je daný generovaním PWM signálu s rozlíšením 8 bitov, teda nadobúda hodnoty 0 až 255. Jednotky tu označujeme ako [PWM 8bit]. Obdobne výstupný signál je meranie AD prevodníkom s rozlíšením 10 bitov, teda nadobúda hodnoty 0 až 1023. Jednotky tu označujeme ako [ADC 10bit].

Navrhujeme a niekoľko krát zrealizujeme experiment pre získanie dát pre prevodovú charakteristiku. Výsledok (jednotlivé realizácie merania) zobrazuje obr 3.

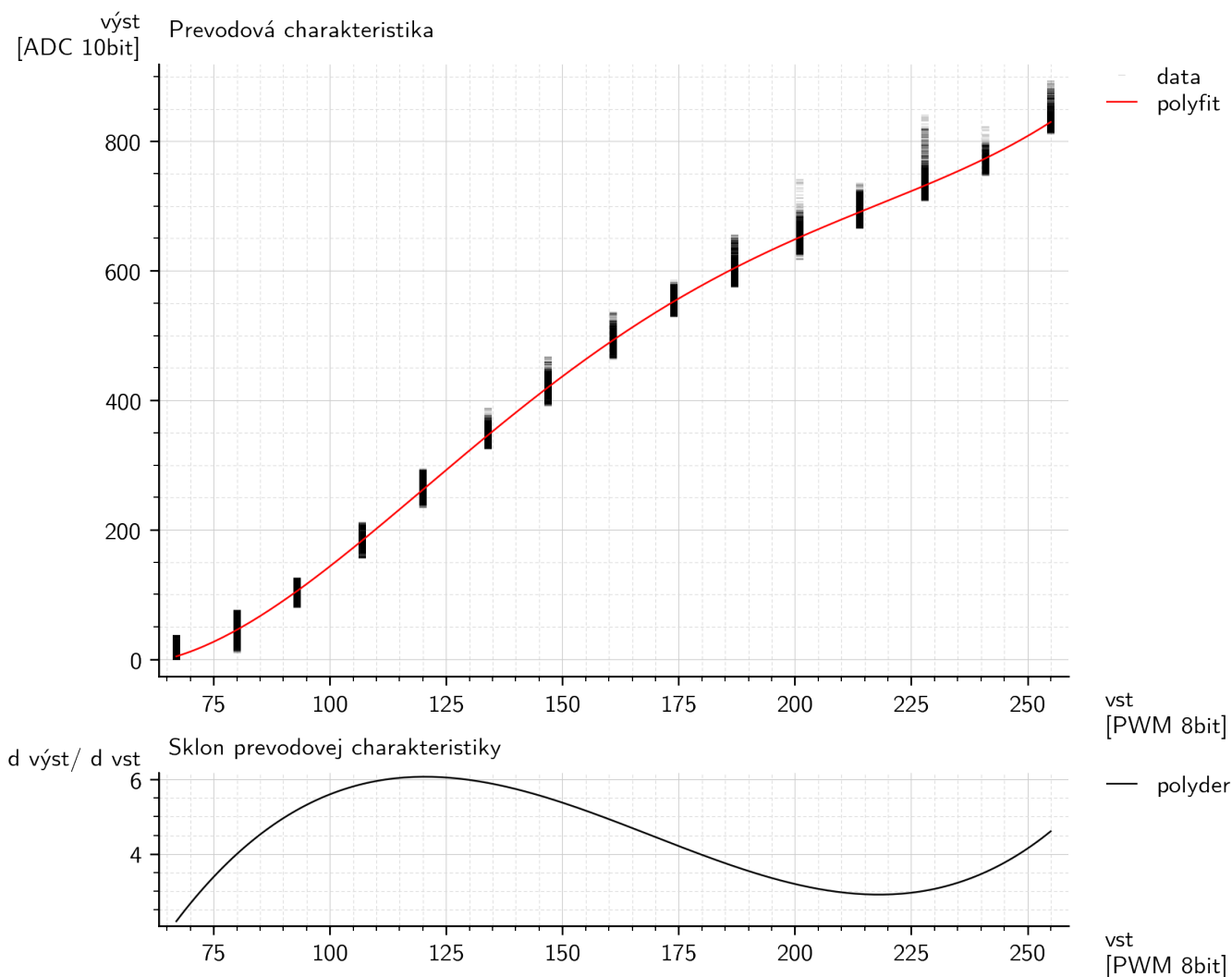
V ďalšom kroku takpovediac vystrihneme len tie časové úseky a celkovo len tie úseky, ktoré sú pre prevodovú charakteristiku relevantné. Výsledok je na obr. 4. V prvom rade ide o časové úseky, v ktorých je výstupná veličina ustálená. Avšak z týchto sme odstránili tie, pri ktorých je výstup nulový, a tiež tie, ktoré sme posúdili ako nevhodné. Nevhodnými sa ukázali dáta v čase, ktorému predchádzala skoková zmena vstupu z nuly na maximum. Tiež prvé dve merania pri postupnom zvyšovaní sa pri nízkych hodnotách výstupu odlišujú od ostatných meraní. Pripisujeme to dlhému času (rádovo hodiny) nečinnosti zariadenia (motora) pred meraním.



Obr. 3: Jednotlivé realizácie merania dát pre určenie prevodovej charakteristiky. Prvých 6 meraní postupné zvyšovanie hodnoty na vstupe, posledných 6 meraní postupné znižovanie hodnoty na vstupe.



Obr. 4: Dáta relevantné pre prevodovú charakteristiku.



Obr. 5: Dáta relevantné pre prevodovú charakteristiku.

Nakreslime získané dáta v zmysle prevodovej charakteristiky - viď obr. 5.

Dáta sú aproximované polynomiálnou funkciou, na obr. označené ako **polyfit** a zároveň je zobrazená aj derivácia tejto polynomiálnej funkcie (označené ako **polyder**), ktorá zodpovedá premenlivému statickému zosilneniu uvažovaného systému.

2.1 Identifikované hodnoty

Nájdenný polynóm, ktorý je modelom meranej prevodovej charakteristiky je:

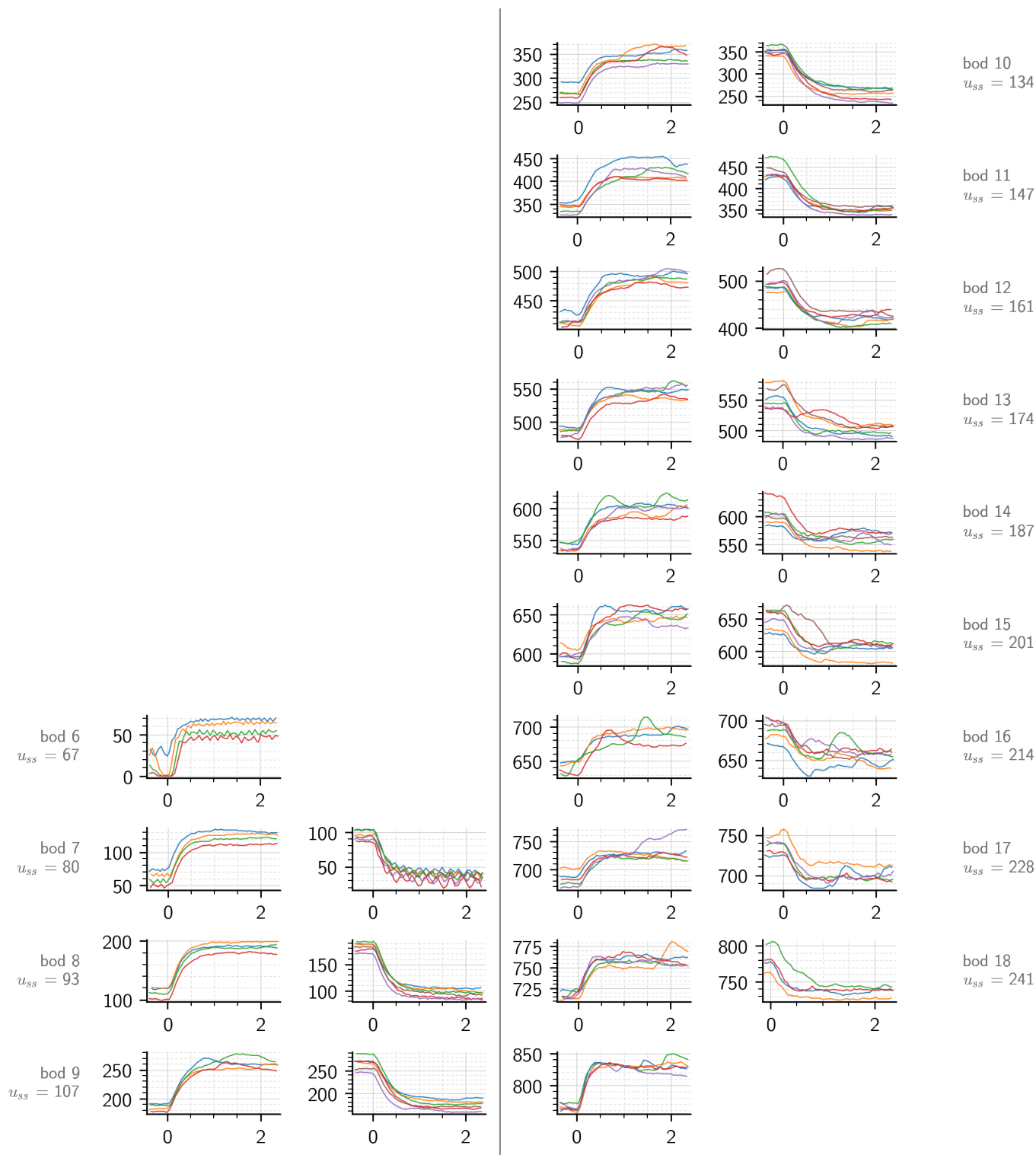
$$f(u) = 1.705e-06 u^4 - 1.154e-03 u^3 + 2.687e-01 u^2 - 2.033e+01 u + 4.731e+02 \quad (1)$$

Derivácia tejto polynomiálnej funkcie, a teda závislosť statického zosilnenia od pracovného bodu systému je:

$$f(u) = 6.820e-06 u^3 - 3.463e-03 u^2 + 5.374e-01 u - 2.033e+01 \quad (2)$$

3 Dynamické vlastnosti systému

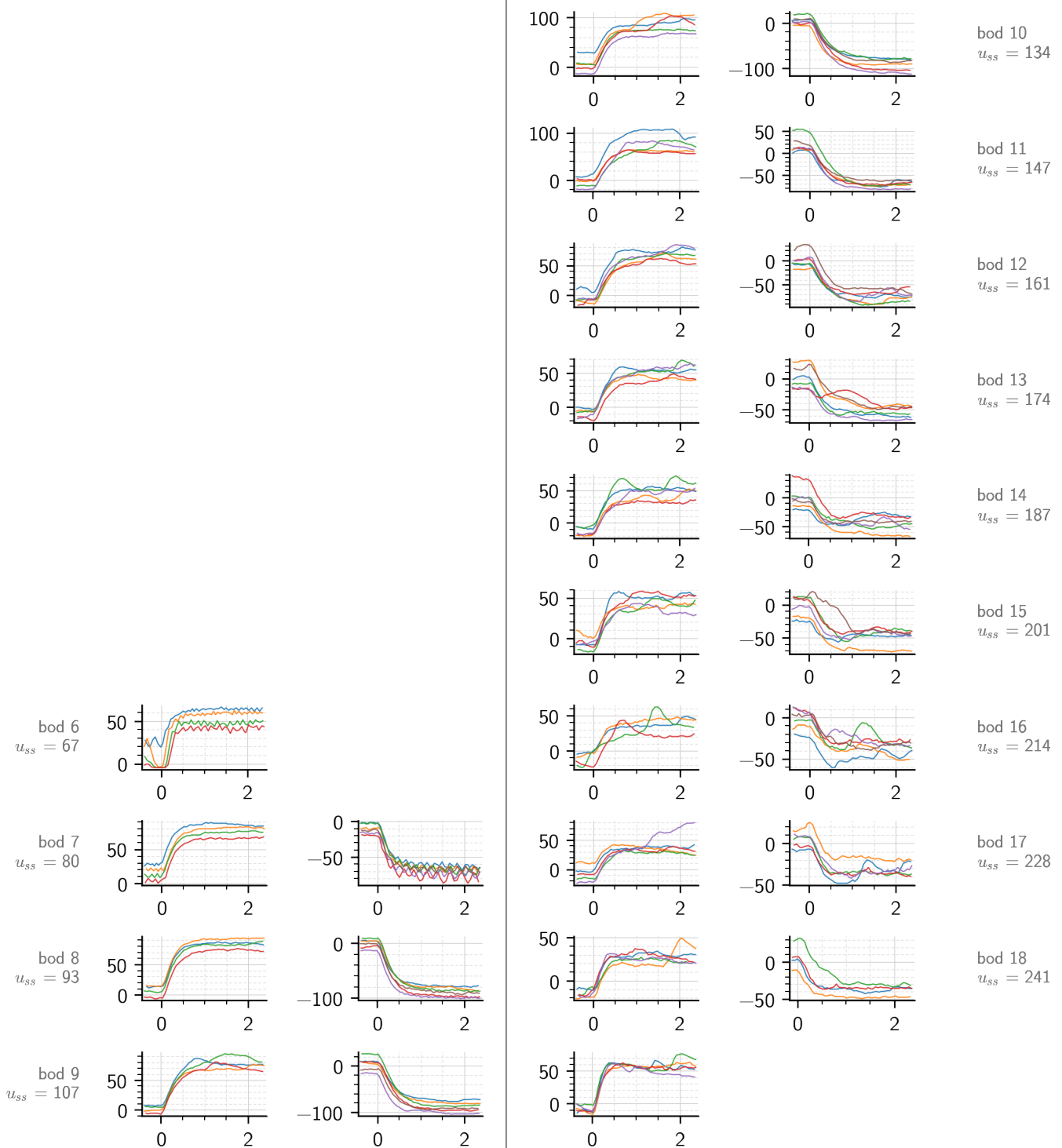
Spôsob akým boli získané dáta k prevodovej charakteristike v predchádzajúcej časti, teda postupné skoky na rôzne úrovne vstupného signálu, by sa v istom zmysle dal využiť pri získavaní informácie o dynamických vlastnostiach uvažovaného systému. Skokové zmeny na vstupe a následné prechodné deje na výstupe v princípe zachytávajú



Obr. 6: Dáta relevantné pre kvázi prechodové charakteristiky. Na x-osi je čas v sekundách a na y-osi sú jednotky výstupnej veličiny.

rovnakú informáciu ako prechodová charakteristika vo všeobecnosti. K prechodovej charakteristike by sa však žiadalo dodať určenie (a odôvodnenie) jednotkovej veľkosti skokovej zmeny a samozrejme pojednáť o prípadnom pracovnom bode a jeho okolí, ku ktorému by sa PCH vzťahovala. Napriek tomu, že tu dynamické vlastnosti nebudeme určovať pre dané/zvolené pracovné body, pokúsme sa zachytiť premenlivosť dynamických vlastností na celom pracovnom rozsahu predmetného systému.

Zoskupme jednotlivé prechodové deje, ktoré navzájom súvisia. Výsledok je na obr. 6.

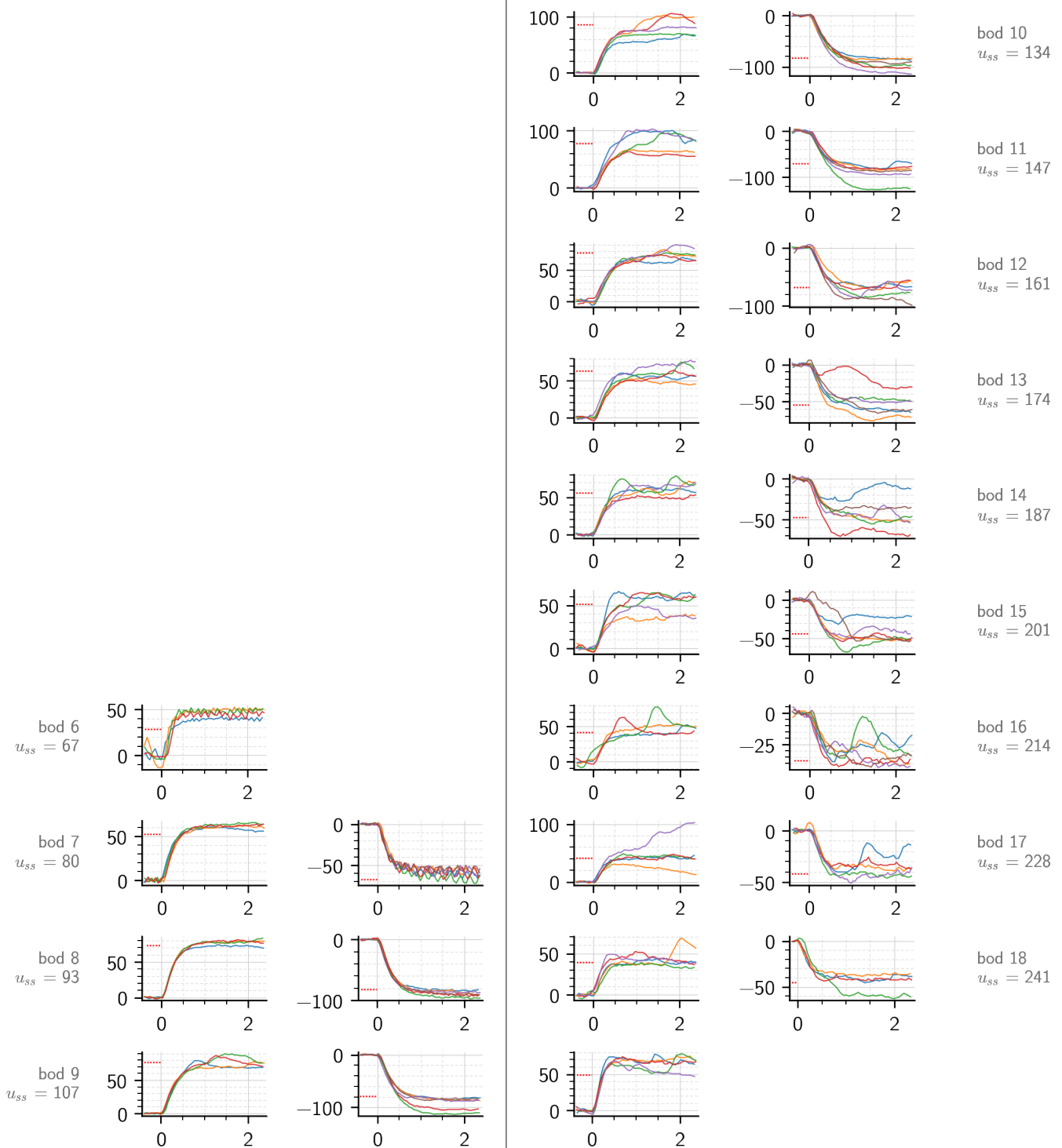


Obr. 7: Na x-osi je čas v sekundách.

Tu sme vystrihli jednotlivé úseky dát zachytávajúce prechodný dej na výstupe systému, posunuli tieto dáta tak, že skoková zmena (na vstupe) nastáva v čase nula. Zároveň sme niektoré merania vyradili pre zjavnú neadekvátnosť merania.

V tomto momente je možné tiež posunúť tieto dáta v y-osi tak, aby mala výstupná veličina nulovú hodnotu pred prechodným dejom. Pre tento účel sa pokúsme využiť v predchádzajúcej časti získaný model prevodovej charakteristiky. Výsledok je na obr. 7.

V princípe sme na obr. 7 dosiahli požadovaný výsledok, teda, že prechodný dej začína v nule, avšak je zrejmé, že jednotlivé merania sú v podstate náhodne posunuté



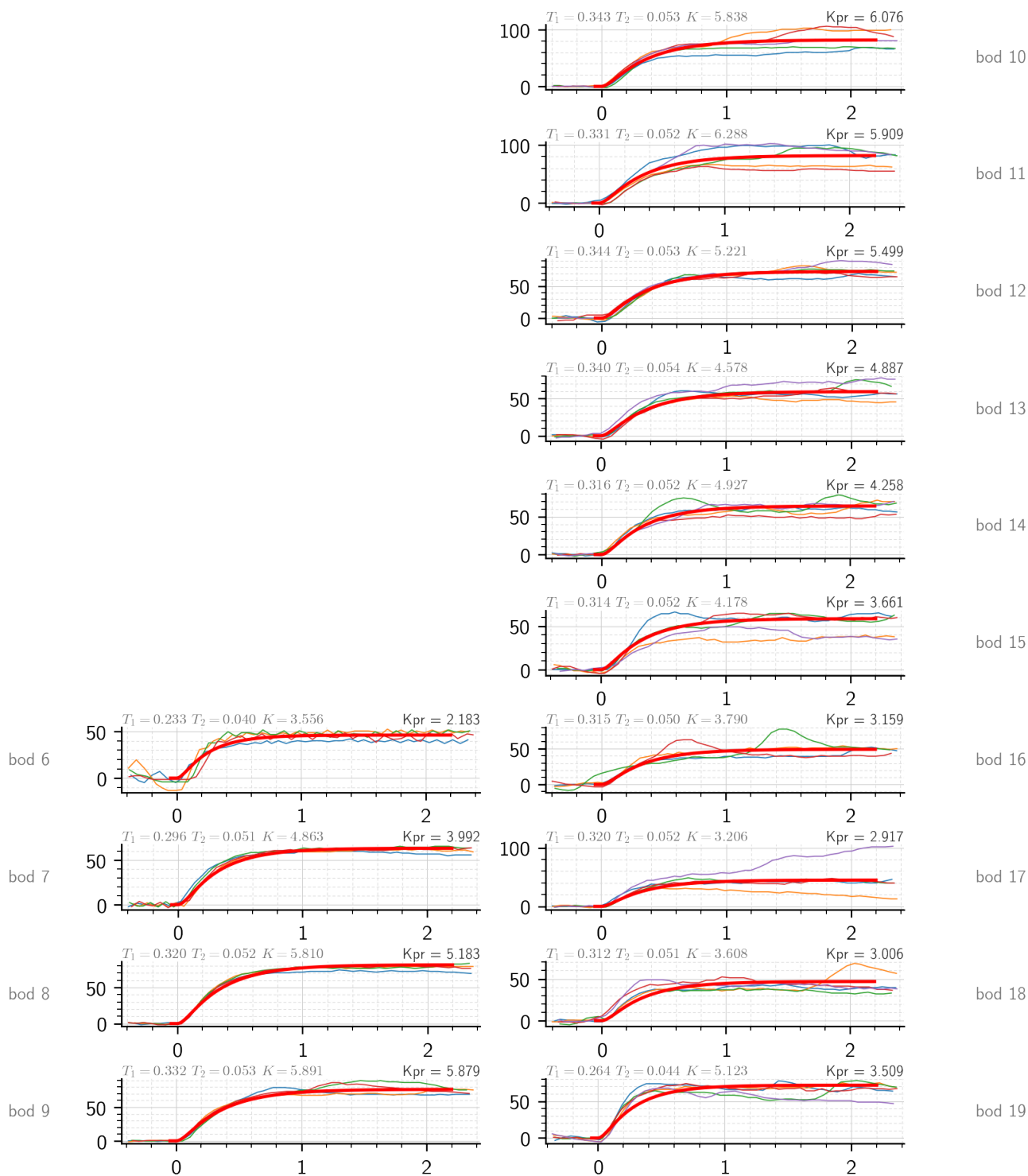
Obr. 8: Na x-osi je čas v sekundách.

oproti celkovému modelu prevodovej charakteristiky a teda prechodný dej nezačína úplne presne v nule.

Korigujeme uvedené nepresnosti pre každé meranie zvlášť. Odčítajme v y-osi odchýlku priemeru z času pred o [s]. Výsledok je na obr. 8.

Zároveň sme pre jednotlivé prechodové deje vyznačili červenou prerušovanou statické zosilnenie tak ako ho udáva sklon zistenej prevodovej charakteristiky.

Nech sú predmetom nášho záujmu len tie kvázi prechodové charakteristiky, ktoré nastali pri skoku smerom hore (skok vstupnej veličiny systému). Tieto sú zobrazované



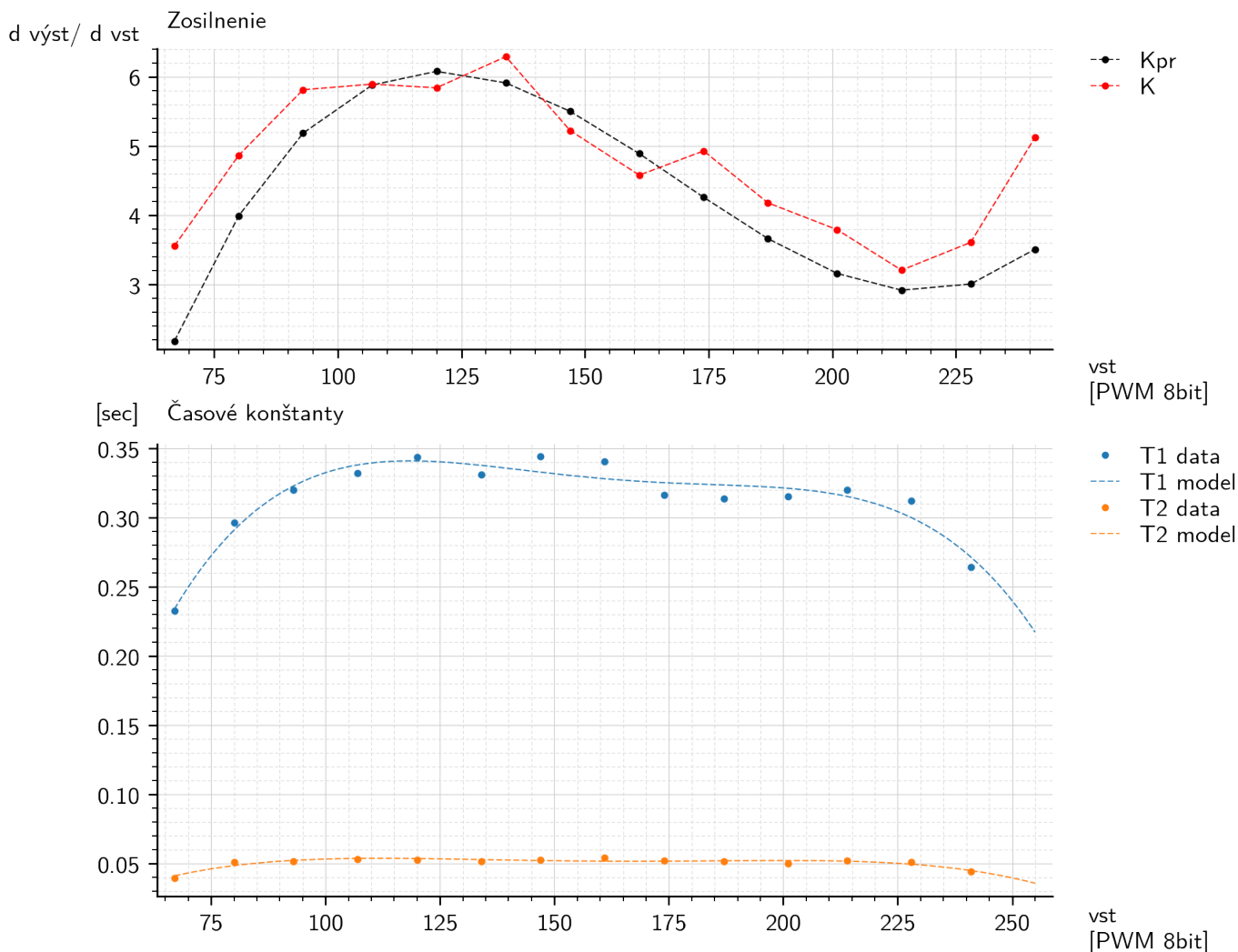
Obr. 9: Na x-osi je čas v sekundách.

na obr. 9.

Identifikujeme na základe týchto prechodových charakteristík dynamický systém, ktorých ich vystihuje. Identifikujeme, samozrejme, pre každý meraný „bod“ (kvázi pracovný bod) zvlášť (bod 6 až bod 19).

Predpokladajme, že dynamické vlastnosti systému v každom pracovnom bode je možné opísať prenosovou funkciou v tvare

$$G(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (3)$$



Obr. 10

Výsledky identifikácie (hodnoty parametrov T_1 , T_2 a K) sú uvedené na obr. 9 pričom K_{pr} je hodnota zosilnenia systému (v danom pracovnom bode) podľa modelu prevodovej charakteristiky. Na obr. 9 je zároveň grafické porovnanie PCH identifikovanej prenosovej funkcie (hrubšia červená čiara) s nameranými PCH.

Na obr. 10 je porovnaná závislosť zosilnenia systému zistená meraním prevodovej charakteristiky a zistená z kvázi prechodových charakteristík.

Zároveň je tiež na obr. 10 znázornená nameraná závislosť časových konštánt od pracovného bodu.

3.1 Identifikované hodnoty

Nájdený polynóm, ktorý aproximuje závislosť parametra T_1 na pracovnom bode je:

$$f(u) = -1.855e-09 u^4 + 1.217e-06 u^3 - 2.943e-04 u^2 + 3.084e-02 u - 8.398e-01 \quad (4)$$

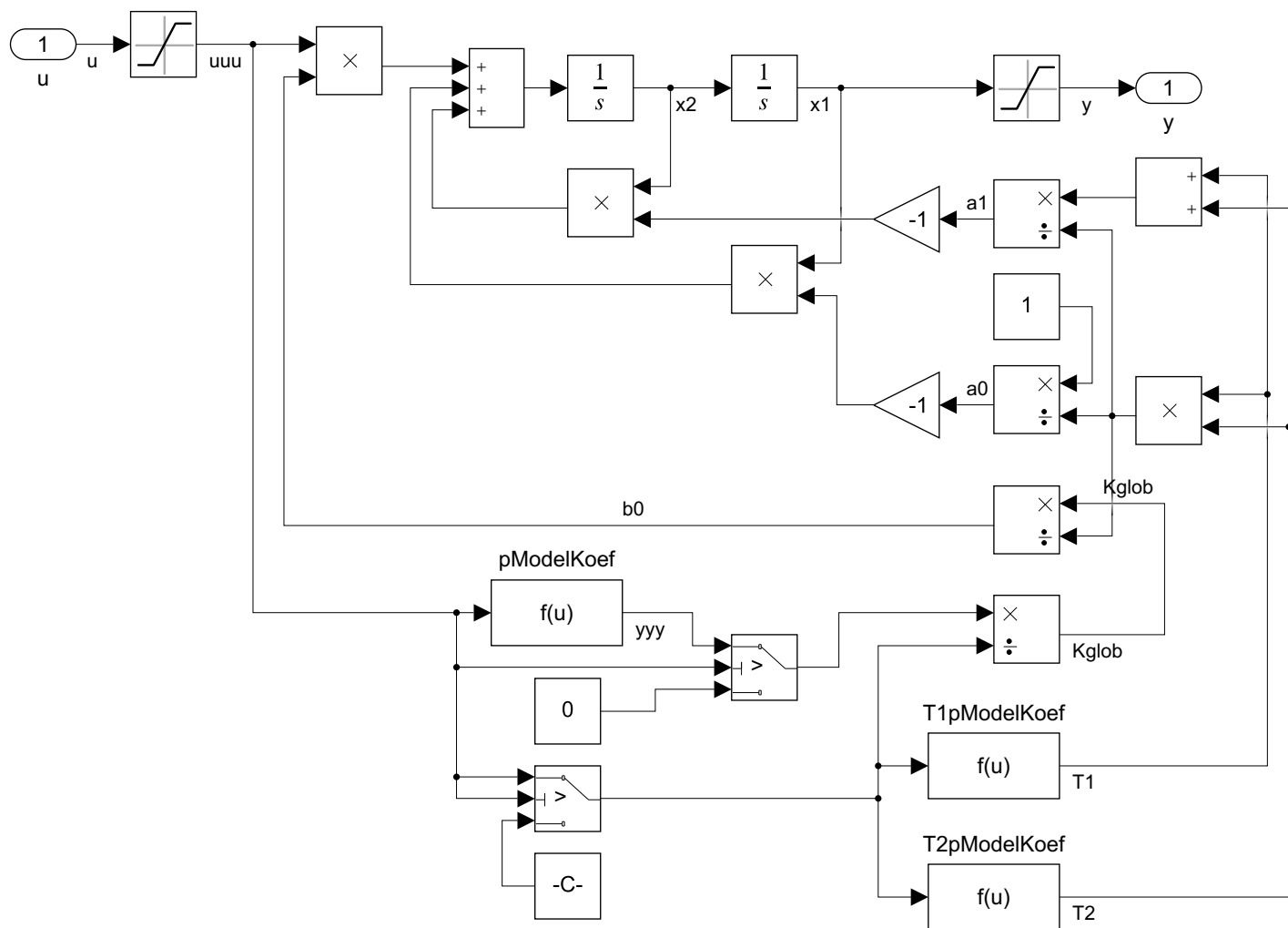
Nájdený polynóm, ktorý aproximuje závislosť parametra T_2 na pracovnom bode je:

$$f(u) = -3.090e-10 u^4 + 1.975e-07 u^3 - 4.613e-05 u^2 + 4.634e-03 u - 1.154e-01 \quad (5)$$

4 Simulačný model

V tejto časti načrtneme zostrojenie simulačného modelu, ktorý sa bude na základe zistených statických a dynamických vlastností správať vo veľkej miere rovnako ako reálny systém.

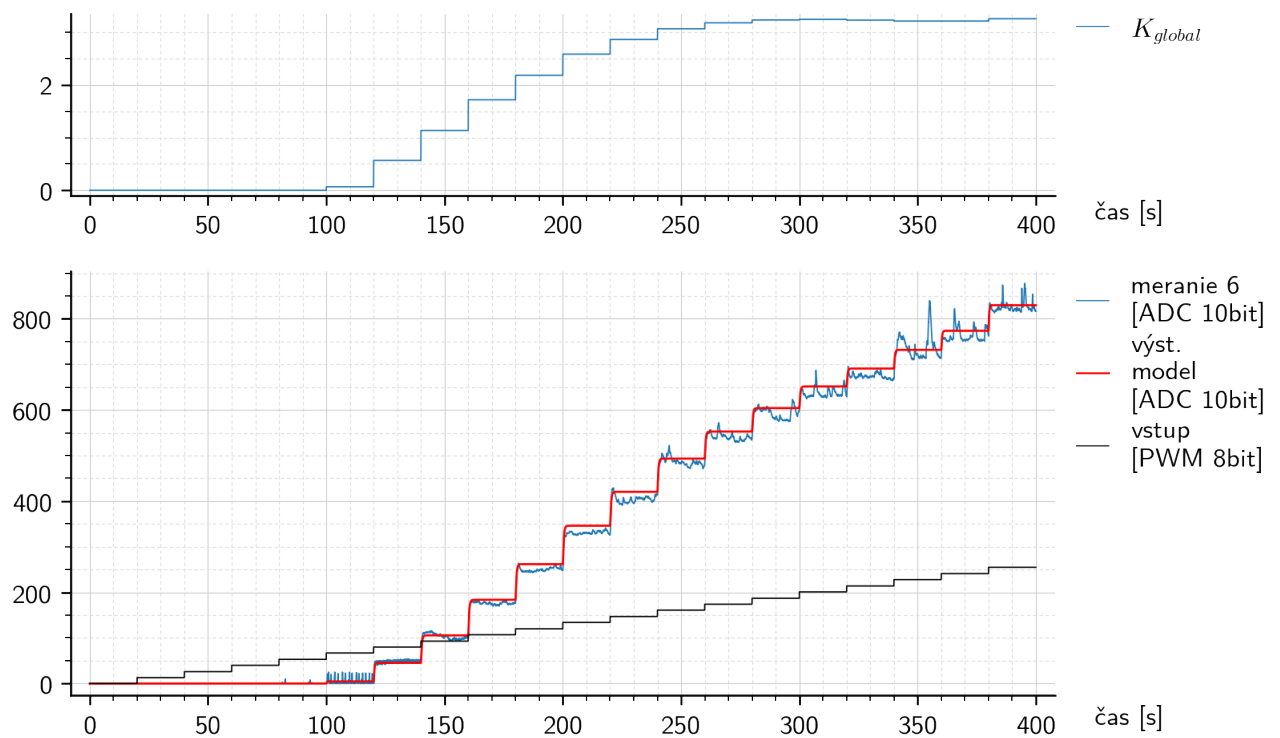
Takýto simulačný model je možné vyjadriť napríklad nasledujúcou schémou:



Obr. 11

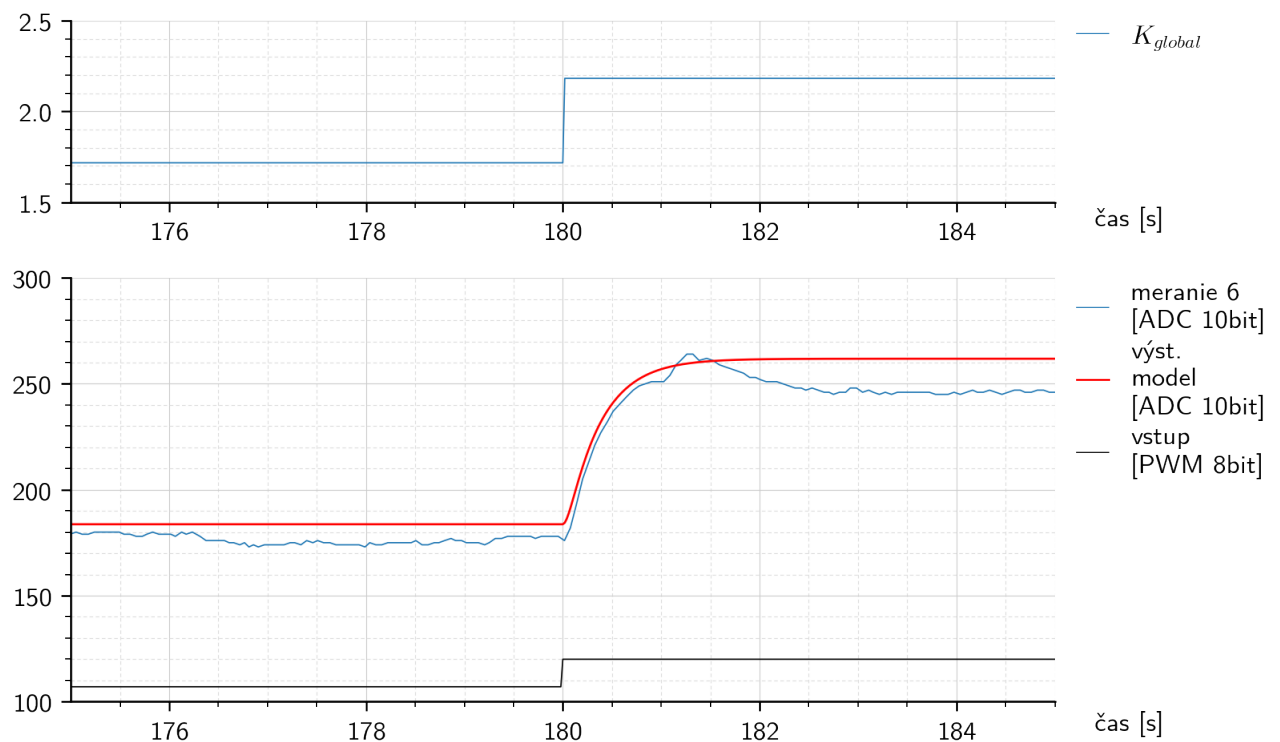
4.1 Overenie simulačného modelu

Simulujme rovnakú situáciu ako pri reálnom meraní a porovnajme výstup simulačného modelu s reálnym nameraným priebehom (tu konkrétne meranie č. 6):



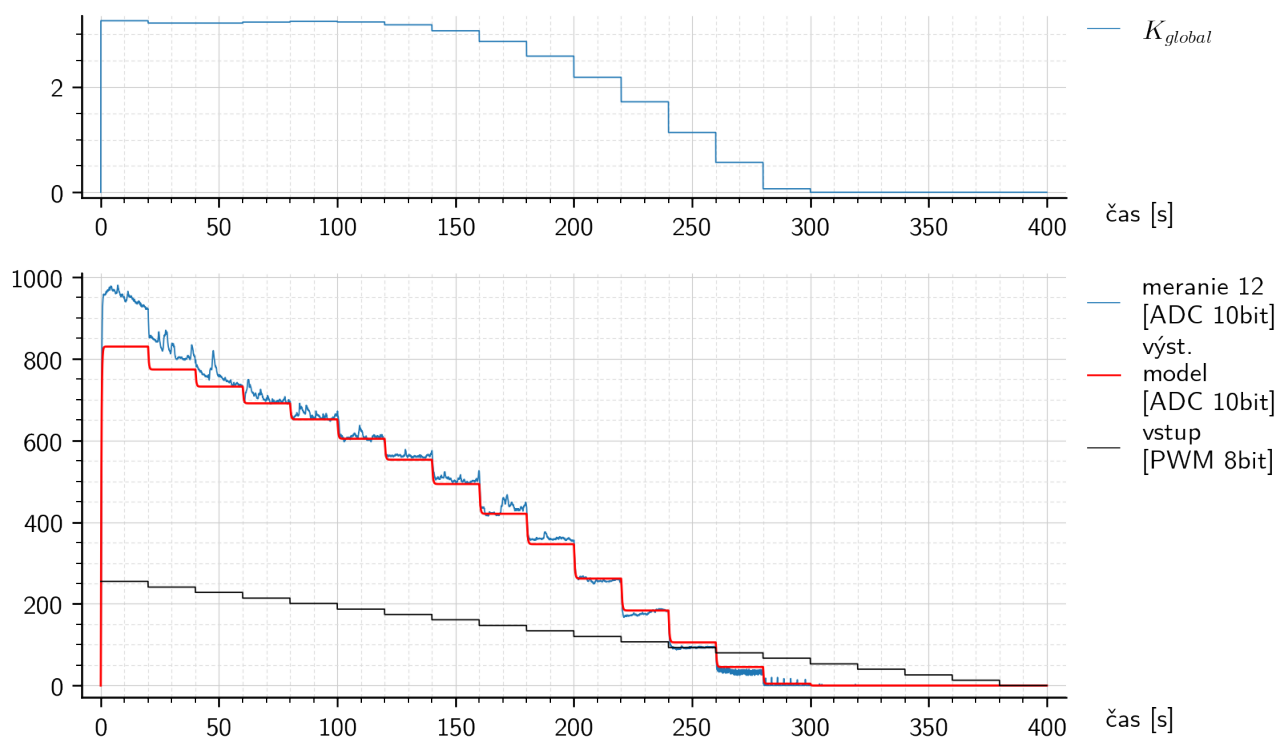
Obr. 12

Je zrejmé, že simulačný model sa v značnej miere správa rovnako ako reálny systém. Pre lepšiu ilustráciu zobrazme aj detail (aby bola lepšie viditeľná dynamika):



Obr. 13

Pre zaujímavosť, simulácia zodpovedajúca postupnému znižovaniu vstupnej hodnoty (napr. meranie 12):



Obr. 14