

## Laboratórne zariadenie AeroShield: statická charakteristika

CIELOM textu je opis a príklad merania statickej charakteristiky (prevodová charakteristika) pre AeroShield zariadenie.

### 1 Postup návrhu merania statickej charakteristiky

AS je laboratórne zariadenie predstavujúce reálny dynamický systém, ktorý sme predstavili v KUT dokumente Laboratórne zariadenie AeroShield:

orientačný prehľad. V prípade, že chceme odmerať statické vlastnosti systému, musíme vedieť rozsahy vstupov a výstupov, aby sme boli schopný korektne navrhnuť experiment na zmeranie vlastností systému. V prípade AS vieme, že vstupný signál je v rozsahu 0% – 100%, musíme si zvoliť rozumnú veľkosť kroku a dĺžku trvania kroku, aby sme dostatočne zachytili vlastnosti systému. Zvoľme si teda podľa tab. 1.

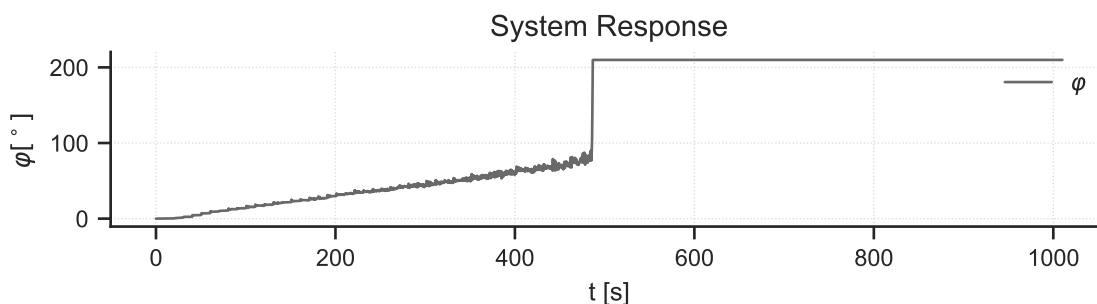
Tabuľka 1: Nastavenia merania

Nastavenie	Hodnota	Jednotka
Veľkosť kroku	1	%
Trvanie	10	s

Nakoľko meriame statické vlastnosti, tak nás zaujíma iba priebeh výstupného signálu v *ustálenom stave*. Teda keď systém neprejavuje žiadne dynamické vlastnosti, t.j. neprebíha žiaden nami vyžiadaný dynamický dej.

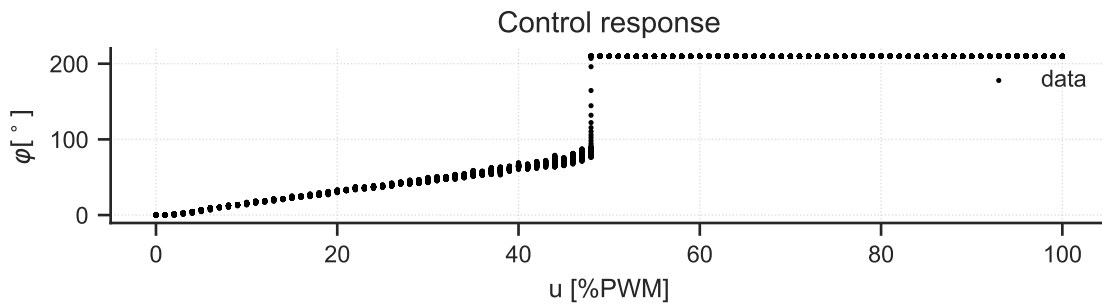
### 2 Meranie statickej charakteristiky

Veľkosť kroku si volíme podľa potreby, v rámci merania sme vybrali veľkosť kroku 1, nakoľko sme chceli ukázať, nelinearity systému t.j. *deadzone* (suché trenie) a *saturation* (saturácia/ohraničenie). Stojí nás to čas trvania merania (viď obr. 1), však v realite, by sme meranie zastavili hneď po dovršení konečnej saturácie, nakoľko chceme predísť možným poškodeniam systému alebo okoliu.



Obr. 1: Priebeh merania statickej charakteristiky.

Ako si môžeme všimnúť na obr. 1 v okolí  $t = 0$  a  $t = 500$  sa prejavujú nelinearity systému, ktoré chceme v rámci identifikácie lineárneho modelu systému opomenúť, nakoľko sú *nelineárne*. Možno lepšie znázorniť nelineárne časti systému, použitím iného spôsobu náhľadu dát obr. 2.

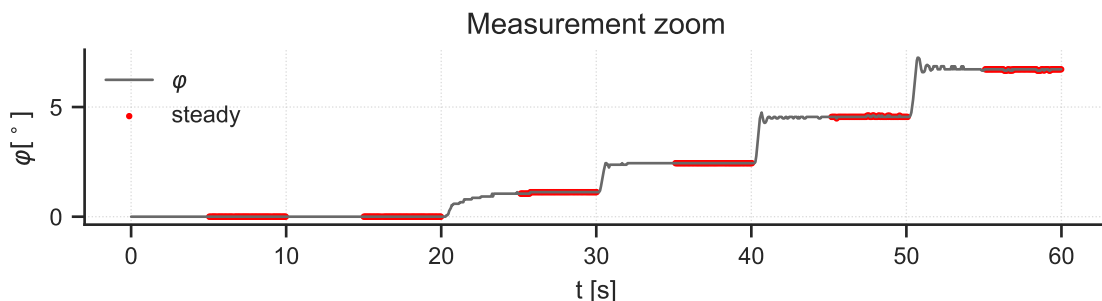


Obr. 2: Vstupno-výstupná charakteristika.

### 3 Spracovanie merania statickej charakteristiky

Ako sme spomínali, chceme odstrániť nelineárnej časti, z ktorých si vieme následne vyčítať hodnoty nelinearit, ktoré vieme následne využiť pri identifikácii a konštrukcii nelineárneho modelu systému. V tejto časti však chceme dostať model statickej charakteristiky zariadenia, postup je nasledovný.

1. Získame si intervaly merania, kedy je výstupný signál systému ustálený.
2. Použijeme vhodné kritérium na vyhodnotenie ustálenej hodnoty systému pre jednotku akčného zásahu. (stredná hodnota)
3. Priradíme si vypočítanú ustálenú hodnotu systému ku veľkosti akčného zásahu.
4. Následne vykreslíme hodnoty ustálených hodnôt a akčných zásahov, čo predstavuje statickú charakteristiku systému.
5. Model vytvoríme z kvázi lineárnej časti statickej charakteristiky, z ktorej si vyberáme pracovné body.
6. Odstránime nelinearity, ktoré by spôsobovali vysoký rád modelu.
7. Nakoniec optimálne spojíme vyhodnotené body výstupnej veličiny v závislosti od akčného zásahu. (Nafitujeme polynomicкую funkciu  $n$ -tého rádu na konečné dáta)

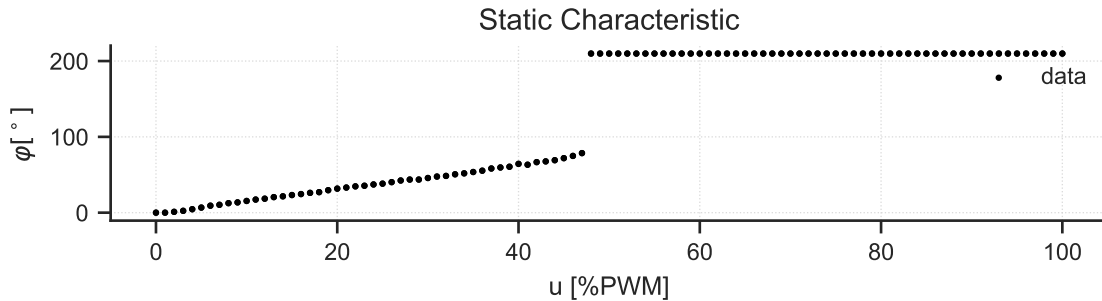


Obr. 3: Detail nameraných dát a zobrazenie intervalov ustálených hodnôt merania.

Na obr. 3 je detail začiatku merania, na ktorom vyznačujeme intervaly ustálených hodnôt merania, v našom prípade merania sme si zadefinovali, že ustálenie nastáva v 50% dĺžky trvania skoku. V inom prípade, by sme museli byť zaviesť nové kritérium

pre nájdenie kvázi ustáleného stavu alebo ručne pre každé meranie vyznačiť interval. Kritérium derivácie rovnej o alebo konštantne nemožno v realite použiť bez rôznych ošetrov, nakoľko do meraniu vstupujú vonkajšie vplyvy, ktoré zašumia snímaný signál a teda vnášajú nepresnosť do merania a spracovania dát.

Následne sme použili jednoduchý výpočet strednej hodnoty množiny výstupných hodnôt v intervale ustálených výstupných hodnôt, čo je znázornené na obr. 4, kde sme priradili stredné hodnoty ustálených hodnôt k vstupnej veličine teda akčnému zásahu.



Obr. 4: Statická (Prevodová) charakteristika zariadenia AeroShield.

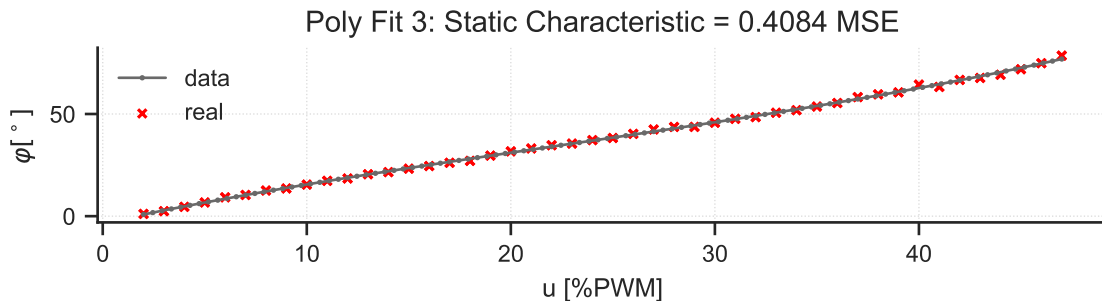
Nakoniec vytvoríme jednoduchý polynomický model statickej charakteristiky, ktorý nám posluží pri predikcii ustáleného stavu pre naše zariadenie. Odstránime nelineárne časti - teda body, ktoré nevieme preložiť jednoduchou priamkou od počiatkovej zvoleného bodu po koncovú zvolený bod, nakoľko v našom prípade by model bol vysokého rádu pri ponechaní nelinearit - viac ako 10. rád. Takto sme si zjednodušili model, vypočtovú náročnosť a zanedbali sme vonkajšie poruchy, ktoré nám skresľujú meranie a model. Vybrali sme si identifikovať model 3. rádu (viď (1)), nakoľko v pomere náročnosť a presnosť je postačujúci. Naš navrhovaný model vyzerá nasledovne:

$$y(u) = b_3u^3 + b_2u^2 + b_1u + b_0. \quad (1)$$

Po použití funkcie *polyfit*, sme dostali výsledný vzťah:

$$y(u) = 0.0004u^3 + (-0.0289)u^2 + 2.1281u + (-3.3064). \quad (2)$$

Následne, keď do modelu (2) dosadíme hodnoty akčných zásahov, v rozmedzí intervalu, ktoré sme nemerali napr. hodnotu  $u = 15.5$ , dostaneme približnú hodnotu, na ktorej sa reálne zariadenie ustály, pri danej hodnote akčného zásahu. Tento model je znázornený na obr. 5 bodmi, zatiaľ čo namerané hodnoty červenými krížikmi. Dodatočne sme vyjadrili chybovosť modelu pomocou kritéria priemeru rozdielu štvorcou (Mean Square Error (MSE)).



Obr. 5: Identifikovaný polynomický model statickej charakteristiky 3. rádu.