

Úloha: Sledování seizmických účinků na stavební konstrukce – vibrační stůl s modelem dvoupatří budovy s aktivním pohlcovačem (tlumičem) kmitání

Sestavení této úlohy podpořil Fond rozvoje vysokých škol v rámci projektu číslo 2670/2011



Obr. 1. Vibrační stůl s modelem dvoupatrové budovy a pohlcovačem umístěným ve druhém patře.

Zadání úlohy:

- Vypočtete 1. a 2. vlastní frekvenci kmitání modelu dvoupatrové budovy. Experimentálně zjistete 1. a 2. vlastní frekvenci kmitání modelu budovy. Porovnejte vypočtené a naměřené vlastní frekvence podle kritéria ČSN 73 20 30
- Simulujte kmitání modelu dvoupatrové budovy od účinků zemětřesení z roku 1995 v Kobe.
- Simulujte kmitání dvoupatrové budovy od účinků vibrační stolu v režimu sweep jednak s neaktivním pohlcovačem (tlumičem) a jednak s aktivním pohlcovačem (AMD – Active Mass Damper). Posuďte účinnost pohlcovače (tlumiče) kmitání na daném modelu.

Měřicí linka

Měřicí linka se skládá z následujících přístrojů a softwarového vybavení:

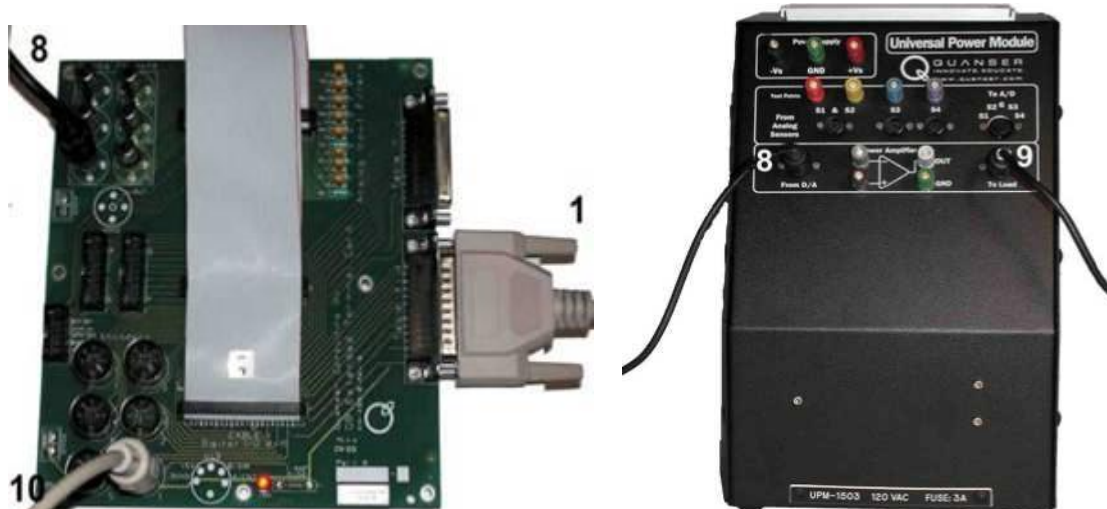
- **Řídící počítač:** PC Qstudio
- **Vibrační stůl:** Shake Table II, Revision 3
- **Model budovy:** model dvoupatrové budovy s pohlcovačem (tlumičem) kmitání
umístěným ve druhém patře
- **Zdroj napětí:** Quanser UPM-180-25B pro vibrační stůl
Quanser UPM 1503 pro AMD
- **Karta pro sběr dat:** Quanser Q4
- **Aktivní pohlcovač kmitání:** Quanser IP02
- **Řídící Software:** QuaRC – detailně popsán v [5]

Úplný a podrobný návod hlavních částí měřicí linky najdete v příslušných příručkách.

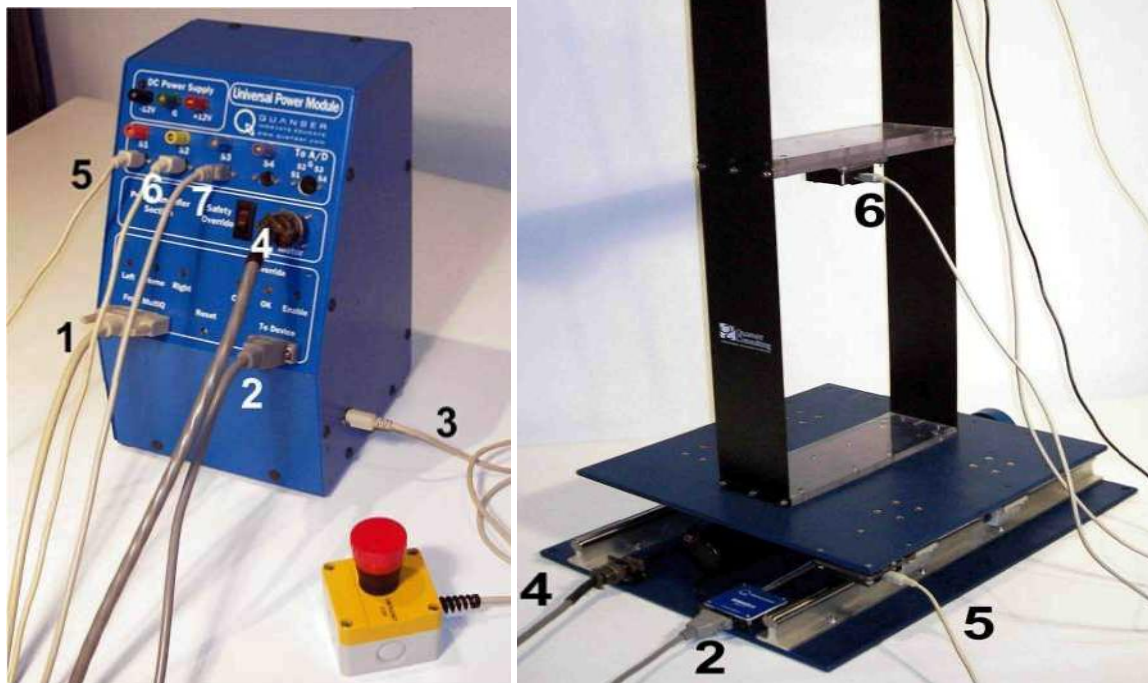
Postup řešení:

Porovnání vypočtených a naměřených vlastních frekvencí kmitání modelu budovy

- 1) Vždy přečtete celý bod postupu a až pak provedte instrukce v bodu obsažené.
- 2) Vypočtete 1. a 2. vlastní frekvenci kmitání modelu budovy s pohlcovačem umístěným ve druhém (horním) patře. Hmotnost rámu 1. patra je 1.160 kg, hmotnost rámu 2. patra s rámem pro umístění pohlcovače je 1.380 kg, hmotnost pohlcovače je 0.650 kg, příčná tuhost rámu každého patra je $K = 500 \text{ N/m}$.
- 3) Zkontrolujte zapojení měřicí linky podle Obr.2 a Obr.3



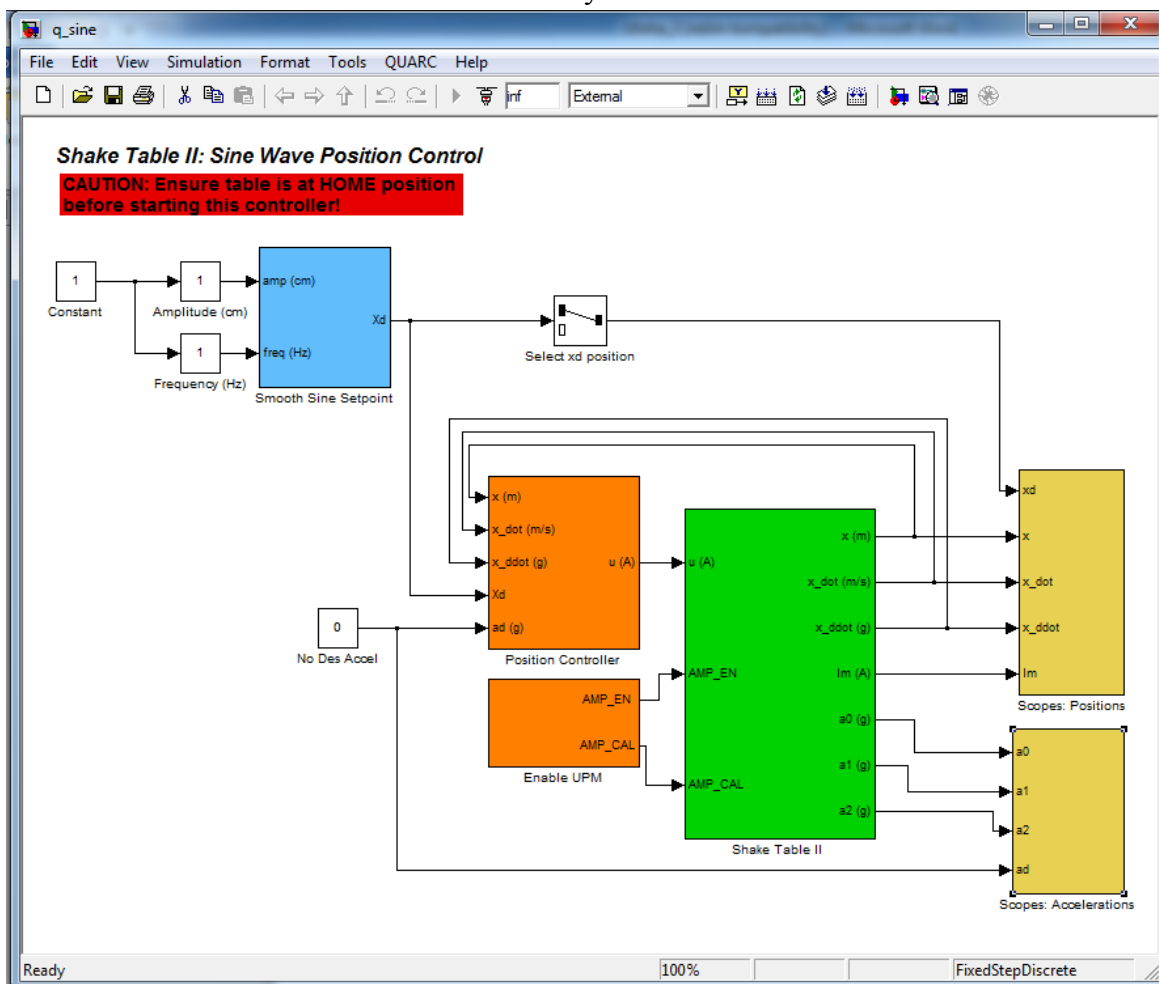
Obr. 2 Propojení vnější karty Q8 Extended Terminal Board (vlevo) a propojení zdroje napětí UPM-1503 použitého pro napájení AMD (vpravo).



Obr. 3 Propojení zdroje napětí UPM-180-25B použitého pro napájení AMD (vlevo) a propojení vibračního stolu STII, rev. 3 .

- 4) Na stole najdete „krabičku“ s velkým červeným tlačítkem EMERGENCY STOP, viz Obr. 3 (na levém obrázku vpravo dole).
- 5) Mírným otočením červeného tlačítka ve směru šipek na něm vyobrazených zkontrolujte, zda je tlačítko v pohotovostní poloze, tj. není zamáčknuté. Pokud s tlačítkem nelze mírnou silou otáčet, je v pohotovostní poloze. **Nesnažte se tlačítkem otáčet hrubou silou!**
- 6) **Tlačítko EMERGENCY STOP použijte, kdykoliv dojde k nadměrnému kmitání modelu, či jeho částí!**
- 7) Zapněte modrý zdroj napětí UPM-180-25B, který je připojen k vibračnímu stolu STII. Vypínač je na zadní straně zdroje nahoře. **Nesplést s vypínačem Safety Override na předním panelu zdroje! Ten musí zůstat v poloze vypnuto!** Diody *Left* a *Right* na předním panelu začnou blikat.
- 8) Zapněte počítač stiskem tlačítka uprostřed předního panelu.
- 9) Po spuštění Windows klikněte na ploše na ikonu ovladače *q_boot_upm*. Spuštěním tohoto ovladače dojde k inicializaci modrého zdroje napětí UPM-180-25B. Diody *Left* a *Right* na předním panelu přestanou blikat.
- 10) **Před spuštěním experimentu STII+AMD2 se přesvědčte, že je vibrační stůl STII ve výchozí pozici!** Spusťte ovladač *q_cal* kliknutím na ikonu na ploše počítače, aby se vibrační stůl vycentroval (výchozí pozice). Ujistěte se, že po provedení této procedury dioda *Home* na UPM-180-25B svítí zeleně.

- 11) Zapněte černý zdroj napětí UPM-1503, který je připojen k pohlcovači kmitání AMD. Červená dioda v levém horním rohu na předním panelu UPM-1503 by měla svítit.
- 12) Spusťte MATLAB poklepáním na ikonu na ploše.
- 13) Do horního řádku *Current Folder* vepište C:\STUDENTI\q4
- 14) V pravém nově otevřeném okně *Current Folder* vyhledejte skript *setup.m* a dvojklikem ho spusťte. Tento skript slouží k nastavení konstant a limitů pro ovládání vibračního stolu.
- 15) V nově otevřeném okně zkontrolujte nastavení:
`STII_REV = 'REV3';` nastavení upřesnění typu vibračního stolu
`conversion = 'METRIC';` nastavení jednotek
`UPM_TYPE = 'UPM_180-25B';` nastavení typu zdroje napájení vibračního stolu
`VMAX_DAC = 10;` ; nastavení maximálního napětí
 Pokud údaje nesouhlasí, přepište je na správné.
- 16) Správně nastavený skript *setup.m* spusťte funkční klávesou F5. Po spuštění skriptu okno se skriptem zavěte.
- 17) V MATLABu v okně *Command Window* postupně doplňte:
Enter any additional load on the top stage of the table (kg): 0
 (Zkontrolujete, zda ve vypsáných údajích *Position limit of table = +/- 76.2 mm*)
Do you want to view the setpoint limitations plot? (y/[n]): y
- 18) V nově otevřeném okně s dvěma grafy zkontrolujte, zda nastavený limit zrychlení nepřekračuje 2.5g, pak okno s grafy zavěte
- 19) V MATLABu v okně *Current Folder* vyhledejte Simulink model *q_sine.mdl* a dvojklikem ho otevřete. Otevře se Simulink model zobrazený na Obr. 4.

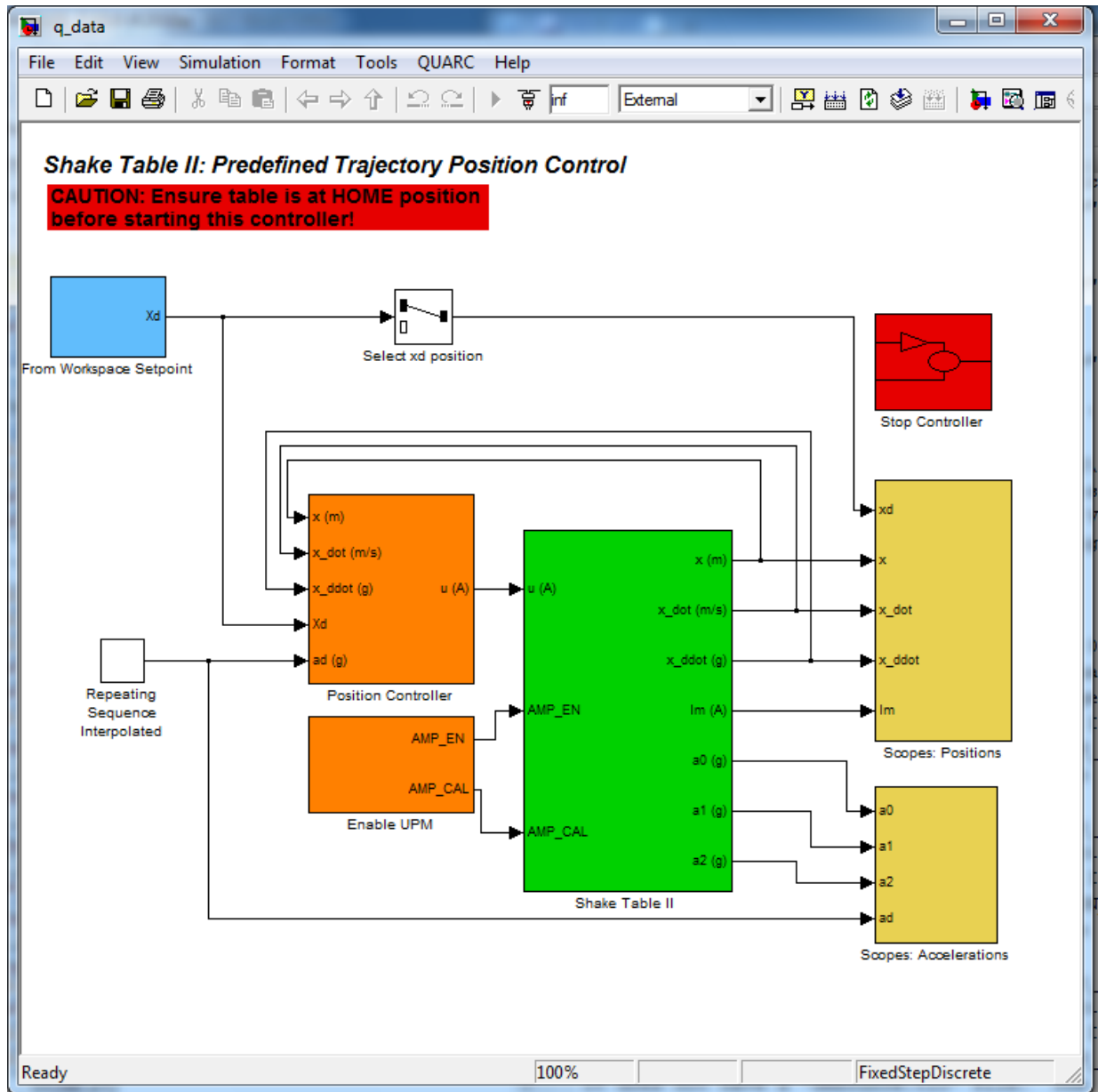


Obr. 4. Simulink model *q_sine.mdl*

- 20) Dvojklikem na blok *Scopes: Accelerations* (vpravo dole v Simulink modelu *q_sine.mdl*) tento blok otevřete a postupným poklepáním na bloky *a_tbl* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_f2* (m/s^2) otevřete grafy, které budou zobrazovat aktuální měřené zrychlení vibračního stolu (*a_tbl* (m/s^2)), prvního patra modelu budovy (*a_f1* (m/s^2)) a druhého patra modelu budovy (*a_f2* (m/s^2)).
- 21) Zavřete okno *Scopes: Accelerations*.
- 22) Pro přehlednost si jednotlivé grafy na obrazovce uspořádejte pod sebe podle pater budovy shora dolů v pořadí *a_f2* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_tbl* (m/s^2).
- 23) Dvojklikem na blok *Amplitude (cm)* (vlevo nahoře) otevřete nastavení amplitudy kmitání vibračního stolu STII.
- 24) V nově otevřeném okně *Amplitude (cm)* opravte hodnotu 1 v prostředním okénku na hodnotu 0.05 (desetinné číslo pište s tečkou). Tím jste přenastavili amplitudu kmitání vibračního stolu z 1 cm na 0.5 mm.
- 25) Okno zavřete kliknutím na *Close*.
- 26) Dvojklikem na blok *Frequency (Hz)* (vlevo nahoře) otevřete nastavení frekvence kmitání vibračního stolu STII.
- 27) V nově otevřeném okně *Frequency (Hz)* opravte hodnotu v prostředním okénku na hodnotu 1.0 (desetinné číslo pište s tečkou). Tím jste nastavili frekvenci kmitání vibračního stolu na 1.0 Hz.
- 28) V okně Simulink modelu *q_sine* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Build* (nebo stiskněte CTRL+B). Počkejte, až se provedou všechny akce v okně *Command Window* v MATLABu, stáhněte okno MATLABu na dolní lištu a vraťte se zpět do okna *q_sine*.
- 29) V okně Simulink modelu *q_sine* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Start* (nebo stiskněte CTRL+J).
- 30) Vibrační stůl začal kmitat. Vzhledem k nastavené amplitudě 0.5 mm a frekvenci harmonického signálu 1.0 Hz by měly být pohyby jen velmi nepatrné. **Pokud dochází k nadměrnému kmitání modelu dvoupatrové budovy, okamžitě ukončete spuštěný proces stisknutím klávesy *Pause/Break* na klávesnici (vpravo nahoře) a překontrolujte nastavení Simulink modelu *q_sine*!**
- 31) Stáhněte okno Simulink modelu *q_sine* na dolní lištu.
- 32) Sledujte kmitání modelu budovy a zároveň na monitoru sledujte měřená zrychlení *a_f2* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_tbl* (m/s^2).
- 33) Postupně klikněte pravým tlačítkem na všechny tři grafy (*a_f2* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_tbl* (m/s^2)) a v nově otevřeném menu klikněte na *Autoscale*. Měřítka osy y se automaticky upraví podle aktuální amplitudy kmitání v příslušném grafu.
- 34) Počkejte na ustálení odezvy kmitání prvního a druhého patra modelu budovy a hodnoty amplitud kmitání ze všech tří grafů si zapište.
- 35) V okně *Frequency (Hz)* zvyšte frekvenci kmitání o 0.05 Hz kliknutím na šipku nad nápisem *High*
- 36) Opakujte postup v bodech 33-35 pro frekvence v rozmezí 1.0 až 1.6 Hz a 4.0 až 4.6 Hz.
- 37) Ukončete běh Simulink modelu *q_sine* stisknutím klávesy *Pause/Break*.
- 38) V horním menu klikněte na *File* a zavřete Simulink model *q_sine* pomocí *Close*.
- 39) Ze zapsaných hodnot vyhodnoťte rezonanční křivky pro změřenou odezvu prvního a druhého patra modelu budovy.
- 40) Z vyhodnocených rezonančních křivek určete 1. a 2. vlastní frekvenci modelu budovy.
- 41) Porovnejte vypočtené a naměřené vlastní frekvence podle kritéria ČSN 73 20 30.

Simulace účinků zemětřesení

- 1) Pokud začínáte práci s vibračním stolem a neprovedli jste předchozí část této úlohy „Porovnání vypočtených a naměřených vlastních frekvencí kmitání modelu budovy“, proveďte nejdříve body 3 až 18 z předchozí části.
- 2) V MATLABu v okně *Current Folder* vyhledejte Simulink model *q_data.mdl* a dvojklikem ho otevřete. Otevře se Simulink model zobrazený na Obr. 5.



Obr. 5. Simulink model *q_data.mdl*

- 3) Dvojklikem na blok *Scopes: Accelerations* (vpravo dole v Simulink modelu *q_data.mdl*) tento blok otevřete a postupným poklepáním na bloky *a_tbl* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_f2* (m/s^2) otevřete grafy, které budou zobrazovat aktuální měřené zrychlení vibračního stolu (*a_tbl* (m/s^2)), prvního patra modelu budovy (*a_f1* (m/s^2)) a druhého patra modelu budovy (*a_f2* (m/s^2)).
- 4) Zavřete okno *Scopes: Accelerations*.
- 5) Pro přehlednost si jednotlivé grafy na obrazovce uspořádejte pod sebe podle pater budovy shora dolů v pořadí *a_f2* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_tbl* (m/s^2)).

- 6) V MATLABu v pravém okně *Current Folder* vyhledejte skript *make_quake.m* a dvojklikem ho spusťte. Tento skript slouží k nastavení konstant a limitů pro ovládání vibračního stolu.
- 7) V nově otevřeném okně zkontrolujte nastavení:


```
input_filename = 'HIK000.AT2'
x_max = 1.0
```

 Pokud údaje nesouhlasí, přepište je na správné.
- 8) Správně nastavený skript *make_quake.m* spusťte funkční klávesou F5. Po spuštění skriptu okno se skriptem zavřete.
- 9) V nově otevřeném okně *Figure 1* si můžete prohlédnout charakter průběhu výchylek (dolní graf) a zrychlení (horní graf) naměřený při zemětřesení v roce 1995 v japonském Kobe. Skutečné amplitudy byly mnohem větší, amplitudy v grafech jsou zmenšené tak, aby je bylo možno spustit na vibračním stole.
- 10) V okně Simulink modelu *q_data* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Build* (nebo stiskněte CTRL+B). Počkejte, až se provedou všechny akce v okně *Command Window* v MATLABu, stáhněte okno MATLABu na dolní lištu a vraťte se zpět do okna *q_data*.
- 11) V okně Simulink modelu *q_data* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Start* (nebo stiskněte CTRL+J).
- 12) Stáhněte okno Simulink modelu *q_data* na dolní lištu.
- 13) Pozorujte účinky zemětřesení na kmitání modelu budovy a zároveň na monitoru sledujte měřená zrychlení a_{f2} (m/s^2), a_{f1} (m/s^2) a a_{tbl} (m/s^2).
- 14) Opakováním bodů 6 až 13 a výměnou vstupních souborů ve skriptu *make_quake.m* na řádku


```
input_filename = 'HIK000.AT2'
```

 z databáze dostupných akcelerogramů různých zemětřesení uvedených v poznámce skriptu *make_quake.m*

```
% Examples: Kobe = 'HIK000.AT2', Northridge = 'SYL090.AT2',
% El Centro = 'H-E05140.AT2', or Mendocino = 'CPM000.AT2'
```

 můžete sledovat účinky různých zemětřesení na model dvoupatrové budovy.

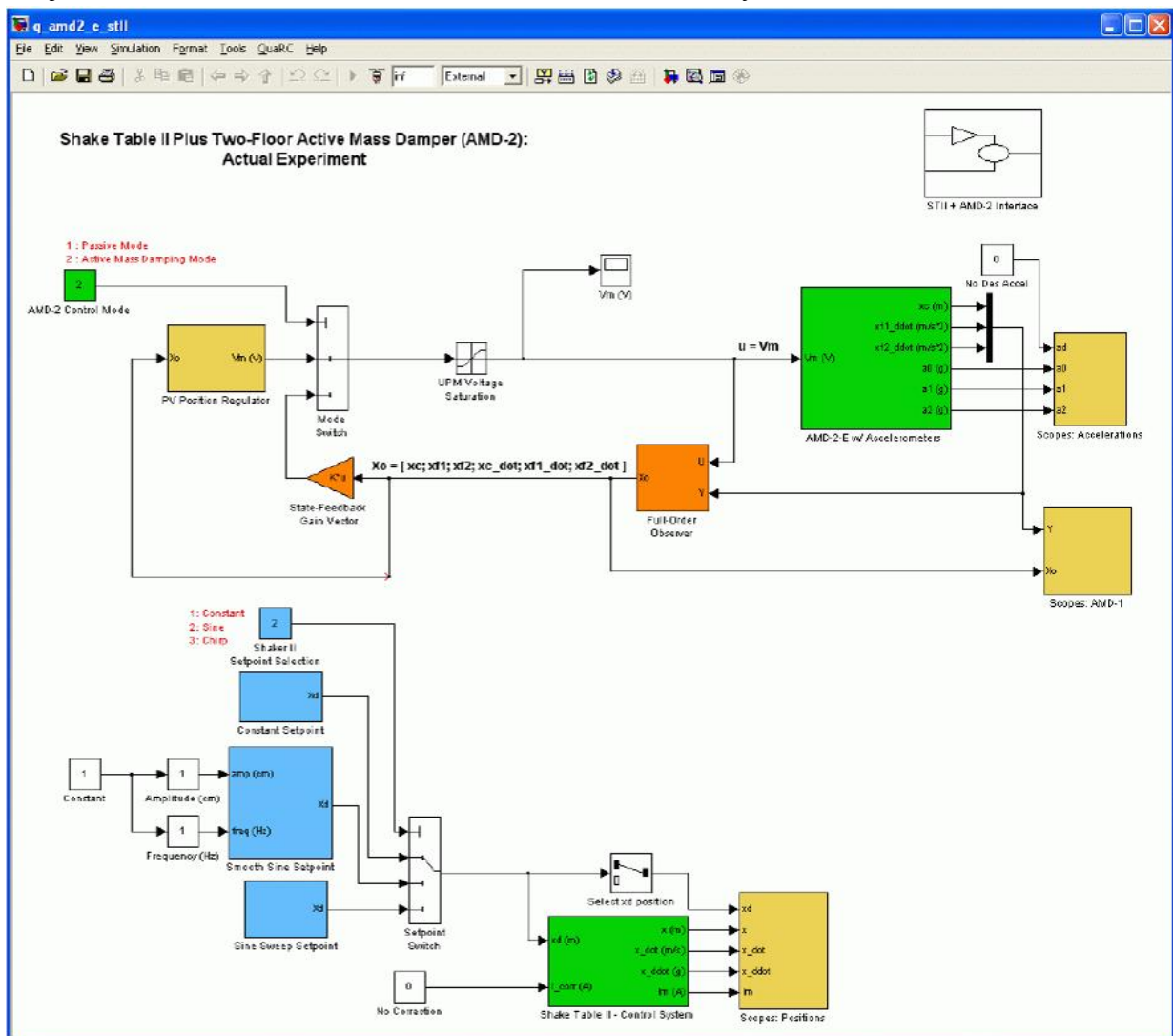
Simulace kmitání dvoupatrové budovy od účinků vibračního stolu v režimu sweep a posouzení účinnosti pohlcovače kmitání

- 1) Pokud začínáte práci s vibračním stolem a neprovedli jste předchozí části této úlohy „Porovnání vypočtených a naměřených vlastních frekvencí kmitání modelu budovy“ a „Simulace účinků zemětřesení“, proveďte nejdříve body 3 až 12 z první části.
- 2) V MATLABu do horního řádku *Current Folder* vpište C:\STUDENTI\STII+AMD2_Lab_Files
- 3) V pravém nově otevřeném okně *Current Folder* vyhledejte skript *setup_stll_am2.m* a dvojklikem ho spusťte. Tento skript slouží k nastavení konstant a limitů pro ovládání vibračního stolu STII a pohlcovače kmitání AMD.
- 4) V nově otevřeném okně zkontrolujte nastavení:


```
EXP_TYPE = 'AMD2_SHAKER_II'; ..... .nastavení modelu: dvoupatrová budova s pohlcovačem v 2. patře, vibrační stůl typu 2
CART_TYPE = 'IP02'; ..... .nastavení typu motoru vozíku pohlcovače
CART_LOAD_TYPE = 'TWO_WEIGHT'; ..... .na vozíku pohlcovače jsou dvě závaží
XC_LIM_ENABLE = 1; ..... .zapnutí automatického hlídání limitních výchylek pohlcovače
XC_MAX = 0.08; ..... .nastavení limitních výchylek pohlcovače na 8cm
XC_MIN = - XC_MAX; ..... .nastavení limitních výchylek pohlcovače na 8cm
```

CART_AMP_TYPE = 'VoltPAQ'; nastavení typu zdroje napájení motoru pohlcovače
 VMAX_DAC = 10; ; nastavení maximálního napětí napájení motoru pohlcovače
 STII_REV = 'REV3'; nastavení upřesnění typu vibračního stolu
 DISP= 'y'; ; zapnutí zobrazení grafu limitních hodnot pro vibrační stůl
 Pokud údaje nesouhlasí, přepište je na správné.

- 5) Správně nastavený skript *setup_stll_am2.m* spusťte funkční klávesou F5. Po spuštění skriptu okno se skriptem zavřete.
- 6) V MATLABu v okně *Command Window* postupně doplňte:
Enter any additional load on the top stage of the table (kg): 0
(Zkontrolujete, zda ve vypsáných údajích Position limit of table = +/- 76.2 mm)
Do you want to view the setpoint limitations plot? (y/[n]): y
- 7) V nově otevřeném okně s dvěma grafy zkontrolujte, zda nastavený limit zrychlení nepřekračuje 2.5g, pak okno s grafy zavřete.
- 8) V MATLABu v okně *Current Folder* vyhledejte Simulink model *q_amd2_e_stll_q4.mdl* a dvojklikem ho otevřete. Otevře se Simulink model zobrazený na Obr. 6.



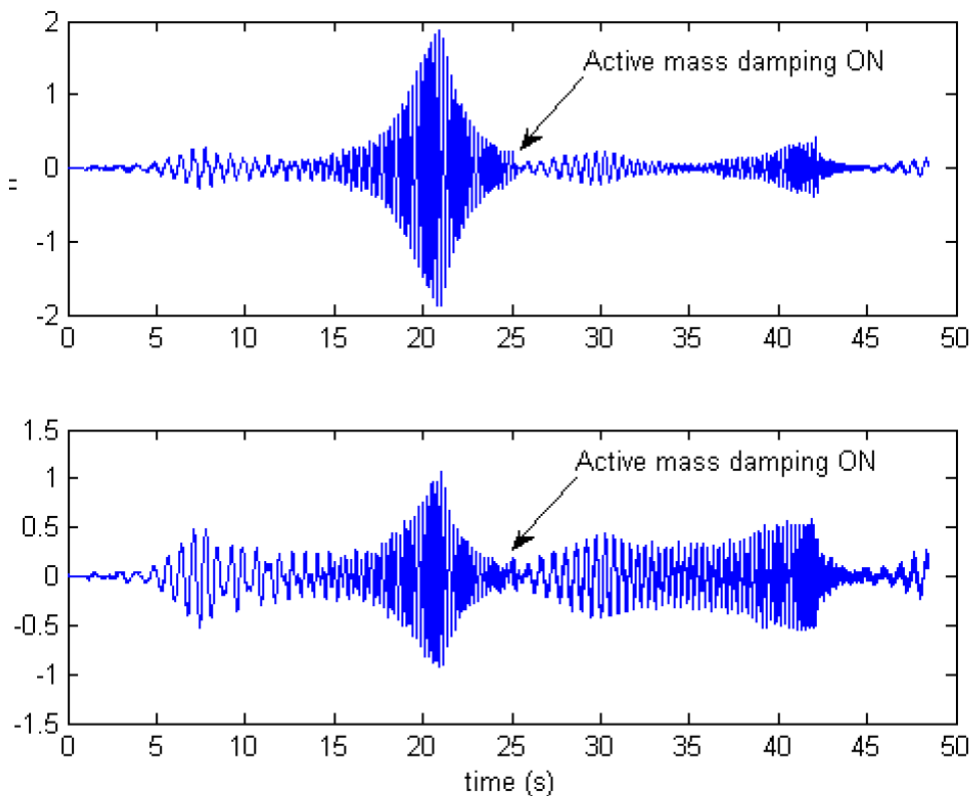
Obr. 6. Simulink model *q_amd2_e_stll_q4.mdl*

- 9) Dvojklikem na blok *Scopes: Accelerations* (vpravo uprostřed v Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl*) tento blok otevřete a postupným poklepáním na bloky *a_tbl* (m/s^2), *a_f1* (m/s^2) a *a_f2* (m/s^2) otevřete grafy, které budou zobrazovat aktuální měřené zrychlení

vibračního stolu ($a_{tbl} (m/s^2)$), prvního patra modelu budovy ($a_{f1} (m/s^2)$) a druhého patra modelu budovy ($a_{f2} (m/s^2)$).

- 10) Zavřete okno *Scopes: Accelerations*.
- 11) Dvojklikem na blok *Scopes: AMD-1* (vpravo uprostřed v Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl*) tento blok otevřete a postupným poklepáním na bloky $x (m)$, $xf1 (m)$ a $xf2 (m)$ otevřete grafy, které budou zobrazovat aktuální měřené výchylky vibračního stolu ($x (m)$), prvního patra modelu budovy ($xf1 (m)$) a druhého patra modelu budovy ($xf2 (m)$).
- 12) Zavřete okno *Scopes: AMD-1*
- 13) Pro přehlednost si jednotlivé grafy na obrazovce uspořádejte pod sebe podle pater budovy shora dolů v pořadí $a_{f2} (m/s^2)$, $a_{f1} (m/s^2)$ a $a_{tbl} (m/s^2)$ a vedle nich $xf2 (m)$, $xf1 (m)$ a $x (m)$
- 14) Klikněte na blok *STII+AMD-2 Interface* (vpravo nahoře v okně *q_amd2_e_stll_q4.mdl*)
- 15) V nově otevřeném okně klikněte na *HIL Initialize block* a přesvědčte se, že je nastaven pro zařízení DAQ, které je v počítači, tj. řídicí karta Q4. Do řádku *Board type* vepište *q4* a potvrďte stisknutím OK.
- 16) Zavřete blok *STII+AMD-2 Interface*
- 17) Nejprve spustíme systém s pohlcovačem v pasivním módu. Klikněte na blok *AMD-2 Control Model* (levý horní roh okna *q_amd2_e_stll_q4.mdl*) a do řádku *Constant value* napište 1. Zadání potvrďte stisknutím OK.
- 18) Jak je vidět na Obr. 6 v Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* (modré bloky vlevo dole), jsou tři možná nastavení typu pohybu vibračního stolu: 1 – konstantní (Constant), 2 – sinusový signál (Sine) a nebo 3 – sweep signál (Chirp), tj. harmonický signál s lineárně proměnnou frekvencí. Pro určení účinnosti pohlcovače použijeme signál Chirp. Klikněte na blok *Shaker II Setpoint Position* (vlevo uprostřed) a do řádku *Constant value* napište 3. Zadání potvrďte stisknutím OK.
- 19) Klikněte na blok *Sine Sweep Setpoint*
- 20) V nově otevřeném okně klikněte na blok *Sine Sweep Amplitude (m)* a nastavte *Gain*: na 0,003 metrů. Zadání potvrďte stisknutím OK.
- 21) Klikněte na blok *Repeating Chirp* a nastavte *Amplitude* na 1, *Initial frequency (Hz)* na 0.5, *Target time (secs)* na 25, *Frequency at target time (Hz)* na 2.4 a *Hold-off (seconds)* na 1. Zadání potvrďte stisknutím OK.
- 22) Zavřete blok *Sine Sweep Setpoint*
- 23) Umístěte vozík pohlcovače AMD doprostřed jeho dráhy a ujistěte se, že se může volně pohybovat na obě strany.
- 24) V okně Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Build* (nebo stiskněte CTRL+B). Počkejte, až se provedou všechny akce v okně *Command Window* v MATLABu, stáhněte okno MATLABu na dolní lištu a vraťte se zpět do okna *q_amd2_e_stll_q4.mdl*.
- 25) V okně Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* klikněte v horním menu na *QUARC* a pak *Start* (nebo stiskněte CTRL+J).
- 26) Stáhněte okno Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* na dolní lištu.
- 27) Vibrační stůl by se měl začít pohybovat harmonickým pohybem podle sinusového signálu. Proces může být kdykoli zastaven kliknutím na *Stop* umístěným v panelu nástrojů Simulinku nebo může být zastaven pomocí klávesy *Pause/Break* na klávesnici.
- 28) Sledujte pohyb modelu konstrukce a zároveň se dívejte na on-line záznam pohybu 1. a 2. patra měřeného snímači zrychlení v grafech $a_{f1}(m/s^2)$ a $a_{f2} (m/s^2)$. Změřená odezva konstrukce

by měla být stejná jako odezva konstrukce na Obr. 7 v prvních 25 sekundách.



Obr. 7 Odezva modelu konstrukce změřená v 1. (horní graf) a 2. (dolní graf) patře při pasivním módu pohlcovače (levá část grafů) a při aktivním módu pohlcovače (pravá část grafů)

- 29) Zapište si maximální amplitudu zrychlení v každém patře modelu budovy.
- 30) Sweep signál se automaticky restartuje. Na začátku jeho dalšího cyklu nastavte zdrojový blok *AMD-2 Control Mode* na 2. Klikněte na blok *AMD-2 Control Model* (levý horní roh okna *q_amd2_e_stll_q4.mdl*) a do řádku *Constant value* napište 2. Zadáání potvrďte stisknutím *OK*. Tím se pohlcovač přepne do aktivního módu.
- 31) Naměřené odezvy obou pater modelu budovy by měly být stejné jako na Obr. 7 mezi 25 a 50 sekundou. Jak je vidět na Obr. 7, zrychlení naměřená snímači zrychlení v 1. a 2. patře modelu budovy jsou značně utlumena, jestliže je zapnuto aktivní tlumení pomocí pohlcovače AMD. Tento efekt je viditelný i pouhým okem při sledování kmitání modelu konstrukce nejdříve při pohlcovači v pasivním módu a po té v aktivním módu.
- 32) Zapište si maximální amplitudu zrychlení v každém patře modelu budovy.
- 33) Po ukončení experimentu vyčkejte, až bude signál sweep na nejnižší frekvenci a klikněte na blok *Shaker II Setpoint Selection*. Do řádku *Constant value* napište 1 a potvrďte stisknutím *OK*. Tím nastavíte nulový konstantní signál, který navrátí vibrační stůl STII zpět do výchozí (*HOME*) pozice.
- 34) Ukončete běh Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* stisknutím klávesy *Pause/Break*.
- 35) Vypněte oba zdroje napětí, jak modrý zdroj UPM-180-25B, který napájí vibrační stůl, tak černý zdroj UPM-1503/2405, který napájí motor vozíku pohlcovače.
- 36) V horním menu Simulink modelu *q_amd2_e_stll_q4.mdl* klikněte na *File* a zavřete tento model pomocí *Close*.
- 37) V nově otevřeném okně *Message* na otázku *Save "q_amd2_e_stll_q4" before closing?* odpovězte *No*.

- 38) Zavřete MATLAB a vypněte počítač (*Start -> Shut down*).
- 39) Z poměru naměřených a zapsaných amplitud zrychlení kmitání jednotlivých pater vyhodnoťte účinnost pohlcovače kmitání.

Literatura:

- [1] Active Mass Damper - Two Floors (AMD-2) User Manual.
- [2] Shake Table II User Manual.
- [3] Active Mass Damper - Two Floor (AMD-2) - Linear Experiment #10: Vibration Control - Student Manual.
- [4] Active Mass Damper - Two Floor (AMD-2) - Linear Experiment #10: Vibration Control - Instructor Manual.
- [5] QuaRC User Manual