

VPLIV SPREMENJENIH PARAMETROV PRENOSNE FUNKCIJE SEIZMOMETRA INFLUENCE OF SEISMOMETER TRANSFER FUNCTION VARIATIONS

Izidor Tasič

Povzetek. Državna mreža potresnih opazovalnic je opremljena s širokopasovnimi seizmometri Güralp CMG 40T. Proizvajalec je za te seizmometre podal enotne parametre prenosne funkcije. Z analizo nekaterih značilk seizmometra lahko ocenjujemo, da parametri v prenosni funkciji odstopajo do 5%. V tem sestavku bomo analizirali, kaj so vplivi te spremembe.

Abstract. Seismic stations of the Seismic Network of Slovenia are equipped with a broadband Güralp CMG 40T seismometers. For all seismometers, uniform parameters of transfer function were given by producer. After analyzing some characteristics of seismometers, the error of 5% is expected. The influences of the error will be analysed.

Uvod

Seizmometer je naprava, ki meri nihanje tal. V seizmologiji so najpogostejši seizmometri inercialnega tipa, kjer merimo relativni premik podlage glede na referenčno točko, ki se nahaja v seizmometru (Bormann in Bergmann, 2002). Referenčno točko predstavlja utež, ki je dinamično vpeta v ohišje. Sodobni seizmometer pretvarja relativni premik tal v električni signal. Pretvorbe premika tal v električni signal ne moremo opisati le z enostavno linearno zvezo, poznati moramo dinamične lastnosti senzorja, ki so podane z jezikom Laplaceove transformacije (Wielandt, 2000). Pri pasivnih seizmometrih pretvorimo v električni signal odmik uteži iz ravnovesne lege. Takšni seizmometri so enostavnejši za izdelavo, vendar delujejo na zelo omejenem frekvenčnem pasu. Ravno tako se lahko s časom njihova dinamična karakteristika zaradi staranja občutno spremeni. Zato so bolj uporabni aktivni seizmometri, to so senzorji s povratno zanko. Le-ti delujejo na principu ravnovesja sil, premik uteži je kompenziran s povratno električno ustvarjeno silo. Na ta način ostaja utež v ravnovesni legi, merimo pa tok, ki je potreben za ustvarjanje ravnovesja. Takšni senzorji v primerjavi s pasivnimi senzorji delujejo na širšem frekvenčnem območju z boljšimi in bolj stabilnimi dinamičnimi karakteristikami.

Slovenska "Državna mreža potresnih opazovalnic" je opremljena s širokopasovnimi seizmometri, ki merijo hitrost nihanja podlage. Leta 2004 in 2005 so bili to samo seizmometri CMG-40T proizvajalca Güralp iz Velike Britanije kasneje pa smo nekatere nadomestili z STS2 in CMG 3ESPC. Seizmometer CMG-40T proizvajalca Güralp je širokopasovni seizmometer, z definiranim frekvenčnim odzivom na območju od 0,0333 Hz (30 sekund) do 50 Hz. Poli in ničle za seizmometer CMG-40T so podani v preglednici 1. Proizvajalec je za vse seizmometre istega tipa podal iste pole in ničle. Določil jih je neposredno s pomočjo HP spekter analizatorja, tako da je dobljene podatke zadovoljivo opisal s prenosno funkcijo, ki je imela čim nižji red. Pri tem ne najdemo podatka, kdaj je bil ta test narejen. Proizvajalec tudi trdi, da lahko seizmometer na dolgovalovnem področju obravnavamo kot sistem drugega reda z

lastno frekvenco 0,0333 Hz in kritičnim dušenjem 0,707. Od leta 2004 ta parametra preverjamo in ugotovili smo, da lahko te vrednosti odstopajo tudi 5% od predpostavljenih vrednosti, vendar so stabilne skozi opazovano obdobje. V sestavku bomo analizirali, koliko 5% odstopanje vrednosti parametrov v prenosni funkciji, opisani v preglednici 1, vpliva na določevanje osnovnih parametrov potresa pri obdelavi zapisa potresa.

POLI (HZ)	NIČLE HZ
$a(-1 + i)$	0
$a(-1 + i)$	0
$-b$	C
$a=23.56 \times 10^{-3}$; $b=50$; $c=159$	

Preglednica 1. Poli in ničle seizmometra CMG 40T.

Table 1: The transfer function of seismometer CMG 40T.

Analiza

Pri analizi bomo predpostavili, da se vrednost posameznega parametra prenosne funkcije spremeni za 5%. V preglednici 2 so parametri za štiri različne prenosne funkcije.

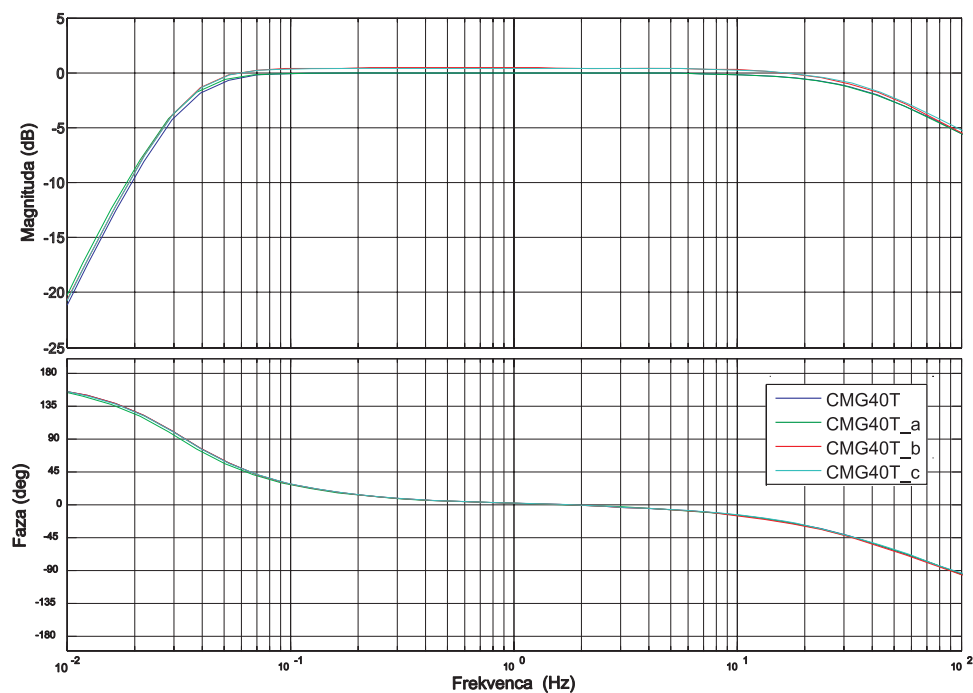
Oznaka za prenosno funkcijo	a	b	c
sysCMG40T	23.56×10^{-3}	50	159
sysCMG40T_a	22.38×10^{-3}	50	159
sysCMG40T_b	23.56×10^{-3}	47.5	159
sysCMG40T_c	23.56×10^{-3}	50	167

Preglednica 2. Parametri za štiri prenosne funkcije.

Table 2. Parameters for four transfer functions.

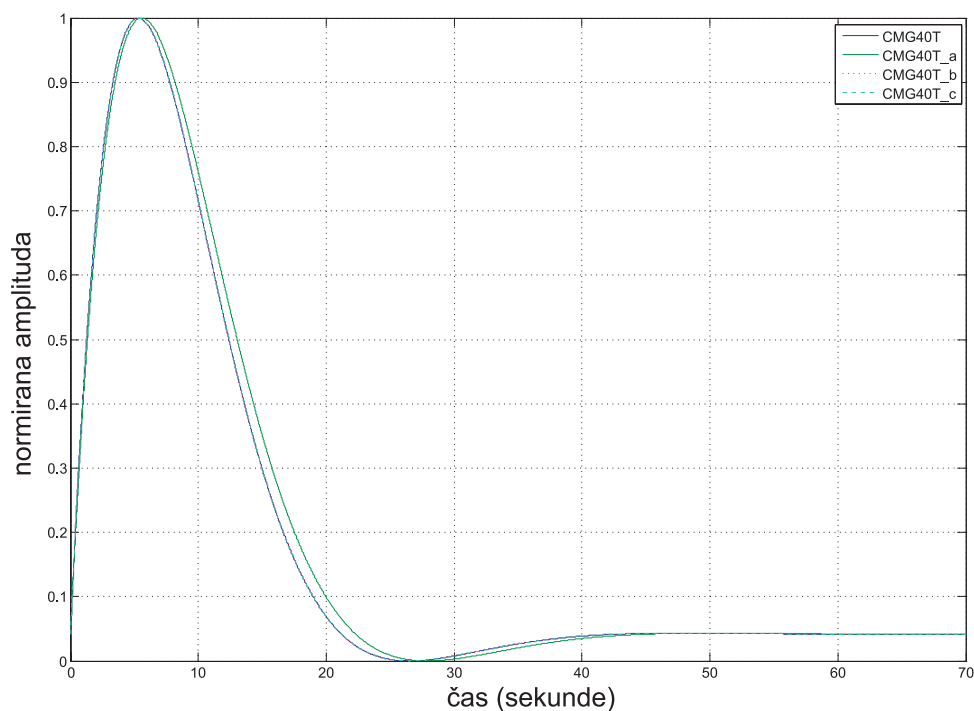
Na sliki (slika 1) je BODE diagram za štiri različne sisteme, opisane v preglednici 2. Z modro barvo je označen diagram originalne prenosne funkcije, zelena barva velja za spremenjen parameter a , rdeča velja za spremenjen parameter b in svetlo zelena za spremenjen parameter c . Iz grafa je razvidno, da na spremembo faze najbolj vpliva parameter a , in to pri nizkih frekvencah, ostala parametra vplivata predvsem na spremembo magnitude. To je še bolj izrazito pri odzivu sistemov na enotino strmino. Če narišemo normirane vrednosti opazimo, da je položaj ekstremov različen samo pri sistemu 'sysCMG40T_a', kjer je spremenjen parameter a . Razlika med maksimumi je 0.28 sekunde.

Spremenjena vrednost parametra ' a ' lahko vpliva na natančnost določitve posamezne 'faze' potresnega valovanja. V Sloveniji vzorčimo signal iz seizmometra za potrebe analize lokalnega potresa z 200 vzorci na sekundo in za potrebe analize teleseizmov z 20 vzorci. V prvem primeru je napaka, ko se parameter ' a ' spremeni za 5% zanemarljiva, če je manjša kot 0.005 sekunde. Iz slike 3 odčitamo, da se to zgodi pri zapisih s frekvenco pod 0.29 Hz (oziroma periodah nad 3,5 sekunde).



Slika 1. bode diagram.

Figure 1. Bode plot.

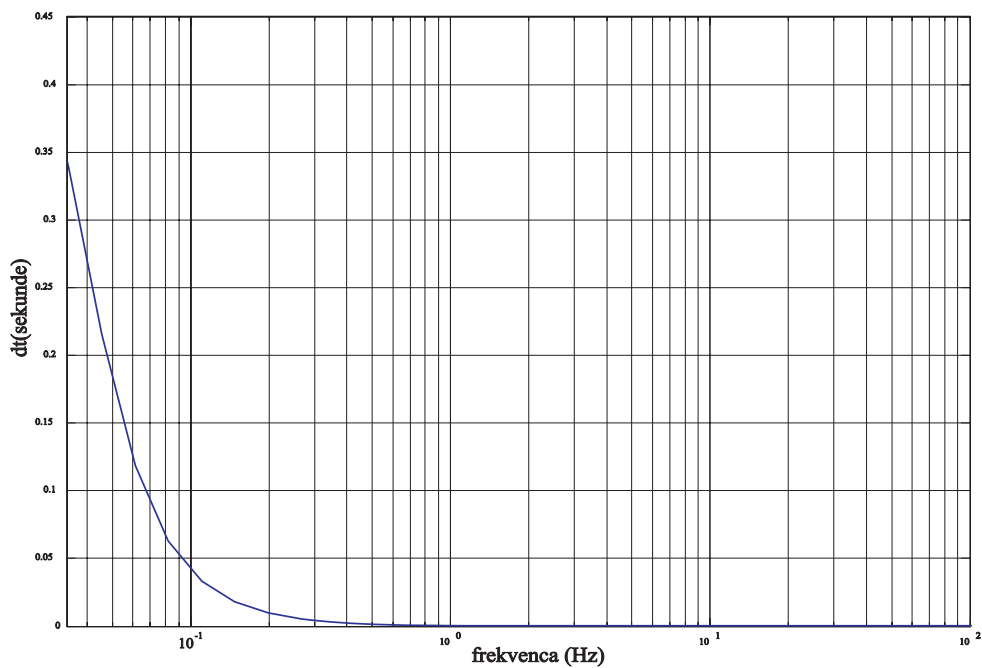


Slika 2. Normirani odziv sistema na enotno strmino.

Figure 2. Unified slope response.

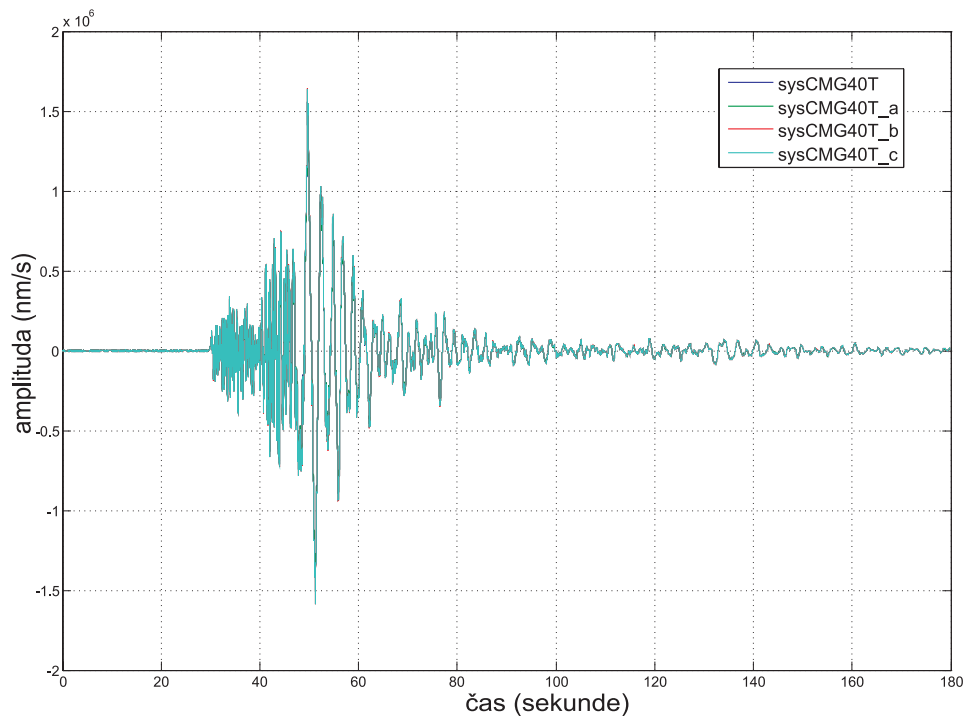
Če upoštevamo vzorčenje signala za teleseizme, je lahko napaka manjša kot 0,05 sekunde, kar je šele pri frekvencah pod 0,094 Hz (oziroma periodah nad 10,7 sekunde). V resnici je natančnost odčitavanja strokovnjakov slabša (Tasič, 2001), tako da lahko tudi pri lokalnih potresih za mejo vzamemo 0,05 sekunde. Če predpostavimo, da je hitrost 'P' potresnih valov na slovenskem ozemlju med 5,2 in 6,2 km/s, predstavlja ta napaka nedoločenost lokacije

žarišča potresa v velikostnem redu 0,3 km. Napaka ne vpliva bistveno na izračun osnovnih parametrov lokalnega potresa, lahko pa igra majhno vlogo pri zelo natančni določitvi žariščnega mehanizma.



Slika 3. Napaka v določitvi časa glede na frekvenco valovanja.

Figure 3. Time error regards to the waveform frequency.



Slika 4. Zapis lokalnega potresa z različnimi parametri prenosne funkcije.

Figure 4. The local earthquake records after processing.

Zaradi spremenjenih parametrov prenosne funkcije se spremeni tudi vrednost amplitude signala, kar neposredno vpliva na določitev magnitude. Pri testiranju na množici zapisov se je izkazalo, da se tudi v najslabšem scenariju, ko so vsi trije parametri prenosne funkcije iz preglednice 1 spremenjeni za 5 %, magnituda spremeni za manj kot 0,05 velikostnega razreda. Primer, potres v Posočju z dne 12. julija 2004 z lokalno magnitudo 4,9 bi imel v tem primeru lokalno magnitudo 4,94.

Zaključek

Sklepamo lahko, da 5% napaka v parametrih prenosne funkcije ne vpliva bistveno na izračun osnovnih parametrov lokalnega potresa. Zagotovo pa je za zelo natančne izračune žariščnih procesov potrebno napake, ki so posledica prenosne funkcije instrumentov, čim bolj zmanjšati.

Literatura

Bormann P., Bergmann E., 2002, New Manual of Observatory Practice, GFZ Postdam, Germany

Wielandt E., 2000, Seismic Sensor and their Calibration, Institute of Geophysics, University of Stuttgart, Richard-Wagner-Strasse 44, D - 70184 Stuttgart;

CMG – 40T Broad Band Seismometer operator's guide, Güralp System Limited

Tasič I., in ostali, 2005, Kalibracija senzorjev v državni mreži potresnih opazovalnic, Potresi v letu 2003.

Tasič I., 2001, Opredelitev vstopa potresnih valov lokalnega potresa, Potresi v letu 1999.