

ПОРЕЂЕЊЕ ОДЗИВА ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИХ И ИНДУКТИВНИХ ДАВАЧА УБРЗАЊА НА МЕХАНИЧКЕ УДАРЕ И ПОСТПРОЦЕСНО ДОБИЈАЊЕ ПОМЕРАЊА

Снежана Јовановић, Душко Пијевчевић, Миодраг Џоковић
Технички опитни центар у Београду

Садржај - Овај рад се односи на мерење убрзања услед механичких удара и постпроцесно израчунавање помака. Резултати и запажања из реалних опита експериментално су проверени на еталонским машинама за вибрације и потресе. На основу поређења изведени су закључци:

- за мерење убрзања (на конструкцији борбеног возила) услед механичких удара је боље користити индуктивне даваче,
- израчунавање помака из јако аperiодичних сигнала убрзања није релевантно.

1. УВОД

Код мерења механичких величина уобичајено је да се вибрације до 1000 Hz (осцилације) мере индуктивним давачима убрзања у којима померање инерцијалне масе тега мења магнетну пермеабилност. Осим мерења појава ниских учестаности, њихова предност или мана је што мере убрзања и приликом закретања мерног објекта. Уопште, за мерење вибрација у ширем опсегу учестаности пиезоелектрични давачи су незаобилазни.

Део конструкторских испитивања прототипа једног средства наоружања односио се на проверу одговарајућих прорачуна еластичних карактеристика конструкције надграђеног возила. Истовремено су вршена мерења преко двадесет механичких величина модуларним “интелигентним” мерним системом MGCplus (HBM) подржаним наменским мерним софтвером – SATMAN. Будући да су за конструкцијске прорачуне веома важна померања телескопских кракова носеће конструкције при испалењу пројектила, велики део мерених величина била су убрзања из којих је постпроцесно, двоструком интеграцијом требало добити одговарајућа померања. Наменски индуктивни давачи померања нису због својих димензија и облика могли да се употребе, а снимање брзим ТВ системом обухватало је само платформу. Пошто је у питању “скупи експеримент” (испалевање пројектила) - механички удар велике амплитуде и кратког трајања, ради успешности мерења и поређења измерених вредности максималних амплитуда, на неколико истих мерних места убрзање се мерило истовремено са индуктивним (HBM B12/500, B12/200) и пиезоелектричним (V&K 4731) давачима.

Захтевана брзина мерења, гранична фреквенција, као и начин причвршћења за металну конструкцију били су идентични за све даваче.

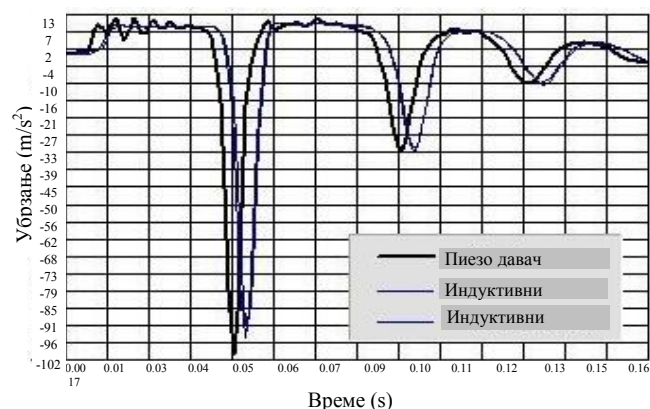
2. ИСТОВРЕМЕНО МЕРЕЊЕ УБРЗАЊА ИНДУКТИВНИМ И ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИМ ДАВАЧИМА

У току реалних опита под истоветним условима мерења у реалном времену и са правилно урађеном калибрацијом максималне амплитуде убрзања механичких удара измерене пиезоелектричним давачима биле су веће од истих измерених са индуктивним давачима.

Разлика максималних амплитуда снимљених аperiодичних сигнала снимљених индуктивним и пиезоелектричним давачима захтевала је (пре одлуке који резултат прогласити правим) да се мерења убрзања са истом комбинацијом давача из реалних опита ураде у лабораторијским условима.

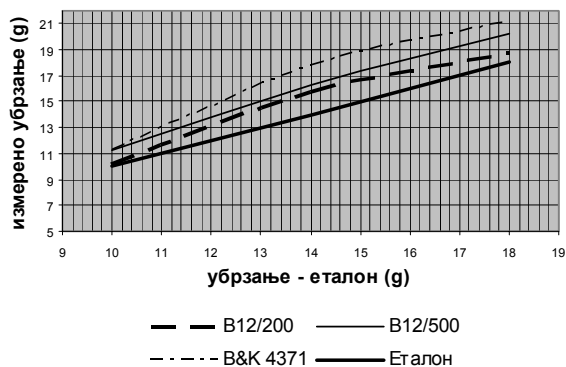
Убрзања су истовремено мерена са индуктивним HBM B12/200 (чија је радна фреквенција до 100 Hz, а максимално убрзање до 200 m/s²) и B12/500 (чија је р. ф. до 200 Hz, а макс. убрзање до 1000 m/s²) давачима и пиезоелектричним давачем V&K 4371 (чија је р. ф. до 60 kHz, а макс. убрзање до 1000 km/s²).

Први део лабораторијских мерења односио се на мерење убрзања механичких удара генерисаних на машини за механичке ударе и потресе. Упоредни одзиви на “вештачки” механички удар амплитуде од 10 g приказани су на слици 1.



Сл. 1. Одзиви давача убрзања на еталонски механички удар од 10 g

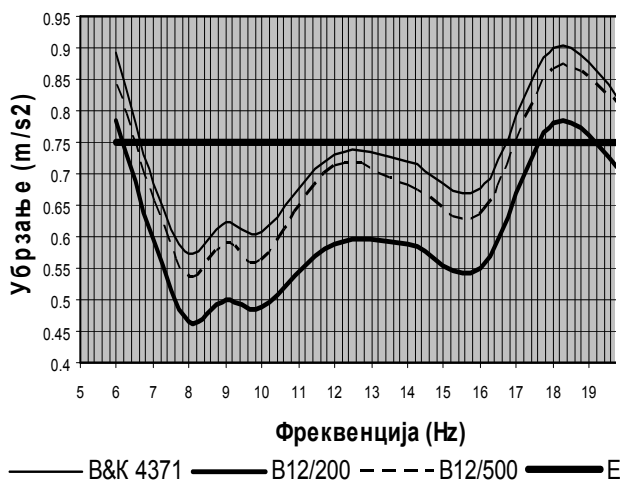
Разлика измерених максималних вредности убрзања за задате амплитуде механичких удара од 10, 14 и 18g приказана је на слици 2.



Сл. 2. Разлика измерених максималних амплитуда за задате механичке ударе

За механичке ударе задатих вредности пиезоелектрични давачи региструју велике пикове и први реагују, али најприближнију вредност задатој амплитуди даје најинертнији давач V12/200.

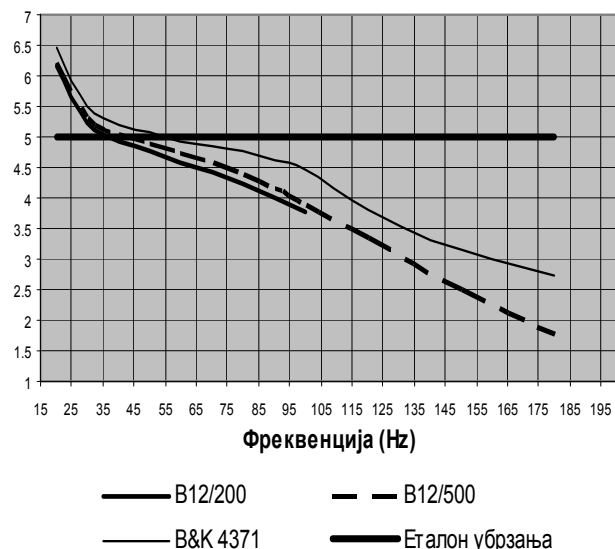
Други део лабораторијских мерења односио се на мерење константних вертикалних убрзања нпр. 0,75 g за (5÷20) Hz и 5 g за (20÷100÷180) Hz генерисаних вибрационим уређајем. Упоредне карактеристике давача приказане су на слици 3 и 4.



Сл. 3. Упоредне карактеристике давача за константно вертикално убрзање од 0,75 g

Са слике 3 и 4 се види да пиезоелектрични давач најбоље прати задато константно убрзање, а после њега V12/500, иако се ради о минимуму мерног опсега за разлику од давача V12/200 коме је то нормални радни опсег.

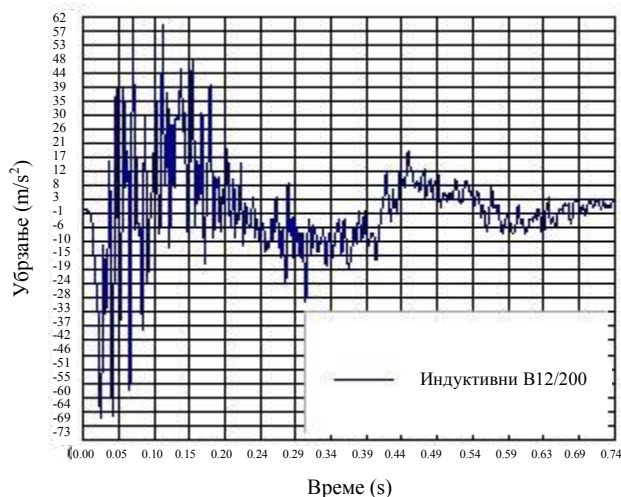
Ово запажање је контрадикторно ономе из првог мерења што нас упућује да за мерење константних убрзања боље одговарају пиезоелектрични, а за мерење убрзања механичких удара индуктивни давачи.



Сл. 4. Упоредне карактеристике давача за константно вертикално убрзање од 5 g

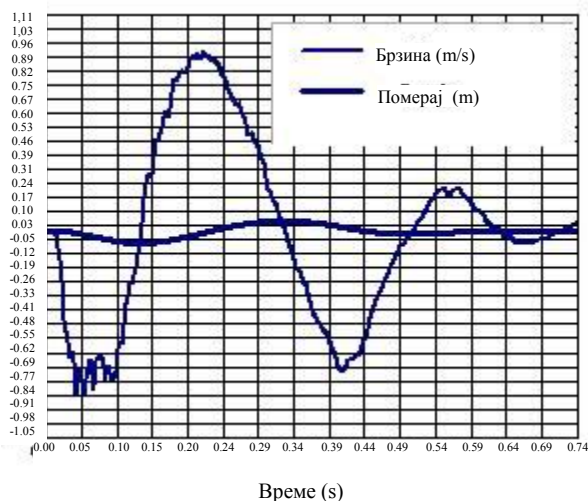
3. ПОСТПРОЦЕСНО ИЗРАЧУНАВАЊЕ ПОМАКА ИЗ ИЗМЕРЕНИХ УБРЗАЊА

Након снимљених аперидичних сигнала убрзања конструкцијских делова (телескопских кракова и платформе), као на слици 5, у постпроцесној анализи SATMAN – а, првим интегралњем сигнала убрзања добијена је временски померена брзина која приближно задржава облик убрзања.



Сл.5. Сигнал убрзања добијен при реалном опиту

Интегралњем сигнала брзине добијен је сигнал померања (слика 6) који је временски померен у односу на сигнал убрзања.

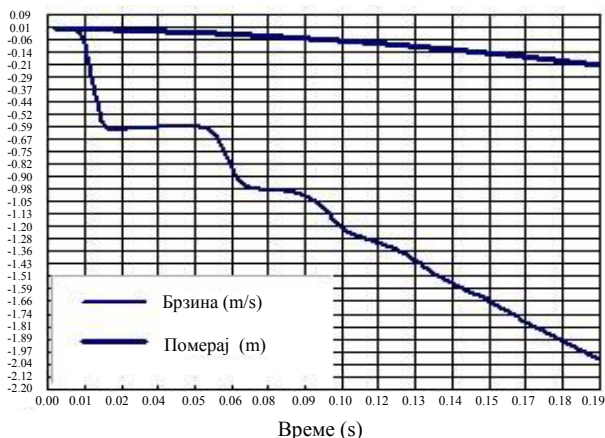


Сл.6. Брзина и померај математички добијени из убрзања при реалном опиту

Код већине снимљених аperiодичних сигнала убрзања при реалним опитима математички добијен сигнал померања нема очекивани облик и не завршава се у нули након престанка појаве.

Сигнал убрзања са слике 5 у односу на друге снимљене сигнале убрзања из реалних опита има дуже трајање и мању амплитуду због чега математички добијено померање има очекиване вредности.

У циљу провере резултата померања добијених из реалних опита, урађено је померање из убрзања “вештачких” механичких удара задатих амплитуда (10 g, 14 g и 18 g). На слици 7 приказани су брзина и померање добијени постпроцесним интегралњем сигнала са слике 1.



Сл. 7. Брзина и померај из убрзања “ вештачког ” механичког удара амплитуде 10g (са слике 1)

Добијен је дискутабилан помак као и за већину реалних опита, иако је увек претходно на свим сигнаlima убрзања исфилтрирана једносмерна компонента (која утиче на нагиб криве брзине и помака).

Анализом снимљених сигнала убрзања и постпроцесном обрадом добијених сигнала брзине и померања, може се закључити да се за јако аperiодичне сигнале убрзања малог трајања и велике амплитуде не може увек добити реалан помак. Постоји гранична вредност односа амплитуда – трајање код

које добијени резултати померања у времену имају смисла. За механичке ударе амплитуда већих од 10g, а трајања мањих од 500 ms, непоуздано је постпроцесно математичко одређивање криве померања.

Тако нпр. за “вештачки” удар од 10 g, трајања 170ms (слика 1), израчунате вредности брзине и померања немају смисла (слика 7), док се при удару чије убрзање достиже максималну амплитуду 7g и трајање до 700 ms (слика 5) добијају очекивани резултати померања дела конструкције возила (слика 6).

4. ЗАКЉУЧАК

Резултати мерења максималне амплитуде убрзања механичких удара при испалењу пројектила добијени мерењем индуктивним давачима на деловима конструкције, више одговарају реалним очекивањима издржљивости саме конструкције.

Дијаграми померања, добијени математички постпроцесном обрадом јако аperiодичних сигнала убрзања механичких удара при пуцњу не одговарају реалним вредностима и облику.

Индуктивни давачи су инертнији од пиезоелектричних, не прате веома брзе појаве, великих амплитуда, региструју бочна убрзања, тј. нису строго захтевни за мерење у правцу појаве, а извршиоцу дају већу сигурност у тачност резултата мерења, јер се гравитациона калибрација од 0 g до 2 g, уноси непосредно пре почетка мерења.

Пиезоелектрични давачи региструју веома брзе појаве, али само ако је давач правилно постављен у правцу појаве, чиме је њихова употреба ограничена нарочито код вишеосних вибрација које се сусрећу код возила приликом кретања. За оваква мерења потребно је користити троосне пиезоелектричне даваче убрзања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. М. Harris “Shock and vibration handbook”, McGraw Hill, New York 1976.
- [2] Brüel & Kjaer, “Mechanical vibration and shock measurements”, october 1980.
- [3] HBM, “Operating manual – B12”.
- [4] М. Поповић, “Сензори и мерења”, VETŠ Beograd, 1994.

Abstract - This paper refers measuring the acceleration of mechanical impacts and the postprocesual calculating of displacement. The results and observations of the tests have been evaluated on machines for vibrations and quakes. The conclusions were drawn out of comparisons:

- It is better to use inductive transducers for the acceleration measurement of combat vehicles chassis because of mechanical impacts
- The displacement calculation from high aperiодical acceleration signals is not relevant

THE COMPARISON OF THE RESPONSE OF PIEZOELECTRIC AND INDUCTIVE ACCELERATION GAUGES ON MECHANICAL IMPACTS AND THE POSTPROCESUAL OBTAINING OF DISPLACEMENT

Снежана Јовановић, Душко Пијевчевић, Миодраг Џоковић