

Измерване на собствената честота на рамата на трамвайна талига посредством четирисензорна инерциална система

Росен Милетиев¹⁾, Емил Йончев²⁾, Емил Михайлов³⁾, Румен Йорданов⁴⁾

¹⁾ Технически университет – София, miletiev@tu-sofia.bg

²⁾ Висше транспортно училище „Т. Каблешков”, e_iontchev@yahoo.com

³⁾ Висше транспортно училище „Т. Каблешков”, emm_1968@abv.bg

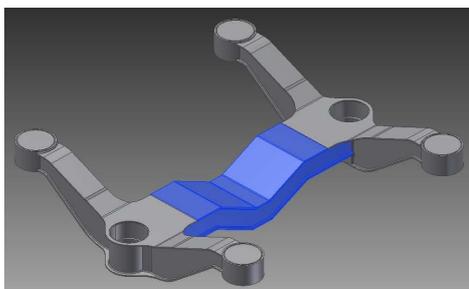
⁴⁾ Технически университет – София, rs_yordanov@yahoo.com

Резюме: За откриване на причините предизвикващи появата на пукнатини в напречната греда на талиговата рама на трамвайни мотриси е предложен метод за определяне на собствените честоти на рамата и принудените честоти породени от кососиметричната сила, възникваща при подскачането на колелата, когато преминават през случайни пропадания и издигания на релсовата нишка. Като информативни параметри са избрани ускоренията и ъгловите скорости по трите оси в областта на чашата на буксовото окачване над предното дясно колело. За тяхното измерване е реализирана измервателна система реализирана от четири сензорна инерциална система и компютър. Получените данни са обработени в средата на Матлаб с разработен за целта алгоритъм. Получената стойност на собствената честота породена от подскачането на колелата след обработка на данните се доближава до теоретично изчислената стойност.

Ключови думи: инерциални сензори, трамвайни талиги

1. Въведение

В процеса на експлоатация на трамвайните мотриси оборудвани с талиги Т 81 и Т_{ср} 81 се наблюдава увеличаване на броя на констатираните пукнатини в напречната греда на талиговата рама. Пукнатините са концентрирани предимно в две сечения – от двете страни на напречната греда при прехода към надлъжните греди до леглата на пружинните комплекти от централната ресорна система (ЦРС). Рамата на трамвайната талига Т 81 (фиг.1) е отворен тип, има Н-образна пространствена форма.



Фиг. 1. Рама на трамвайна талига Т 81

В двата края на надлъжните греди са оформени горните чаши на пружинните

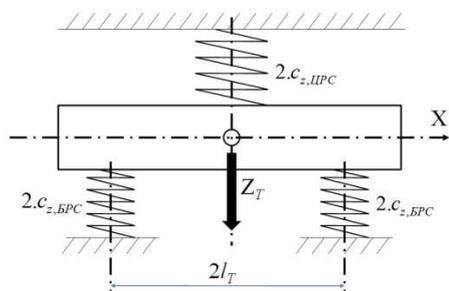
комплекти от буксовата ресорна степен (БРС). В средата на надлъжните греди по продължение на напречната греда са оформени долните чаши на пружините от ЦРС. Като част от изследването на причините за поява и развитие на пукнатини по напречната греда на рамата на трамвайната талига Т 81 е определянето на собствените честоти на рамата и принудените честоти породени от кососиметричната сила, възникваща при подскачането на колелата когато преминават през случайни пропадания и издигания на релсовата нишка. Теоретично собствените честоти $\lambda_{z,T}$ на талиговата рама породени от подскачането на колелата става по изчислителната схема показана на фиг. 2 и се определят със зависимостта [1]:

$$\lambda_{z,T} = \sqrt{\frac{2(c_{z,ЦРС} + 2c_{z,БРС})}{m_T}} \quad (1),$$

където: $c_{z, ЦРС}$ – коравина на пружинните комплекти от ЦРС;

$c_{z, БРС}$ – коравина на пружинните комплекти от БРС;

m_T – маса на талигата.



Фиг. 2. Изчислителна схема за пресмятане на собствените честоти на талига с двустепенно ресорно окачване.

За проверка достоверността на теоретично изчислената собствена честота е планиран експеримент за нейното измерване на трамвайна мотриса намираща се в експлоатация.

2. Измервателна система

Като информативни параметри посредством, който се определят собствените честоти на рамата и принудените са избрани линейните ускорения и ъгловите ѝ скорости. За тяхното експериментално определяне е използвана измервателна система реализирана от инерциална измервателна система [2] и компютър.



Фиг. 3. Инерциална измервателна система

Инерциалната система фиг.3 може да измерва линейни ускорения и ъглови скорости по три оси. Тя е реализирана на базата на четири идентични сензора MPU-

6000 [3] произведени по MEMS технологията. Те са разположени на една печатна платка по определена схема, така че посредством комбинация на сигналите от тях се получава резултантен сигнал, който е с по-малка шумова компонента, по-добра стабилност на нулевото отклонение и подобрени статистически параметри. Системата посредством вградения микроконтролер и RS232 интерфейс комуникира с преносим компютър, откъдето се стартира и спира измерването и се записват получените от него данни. Те се записват в текстови формат, което дава възможност за тяхната последваща обработка в различни програмни среди, в зависимост от конкретната необходимост.

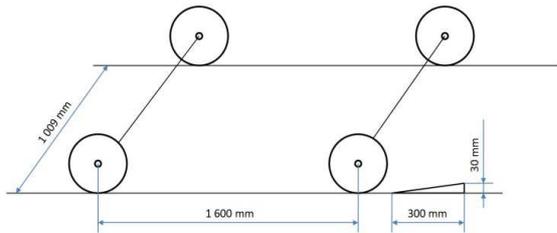
3. Експеримент и анализ на получените резултати

За измерване на информативните параметри инерциалната измервателна система е монтирана върху чашата на буксовото окачване над предното дясно колело на талига на трамвайна мотриса тип Т8М 700М фиг.4.



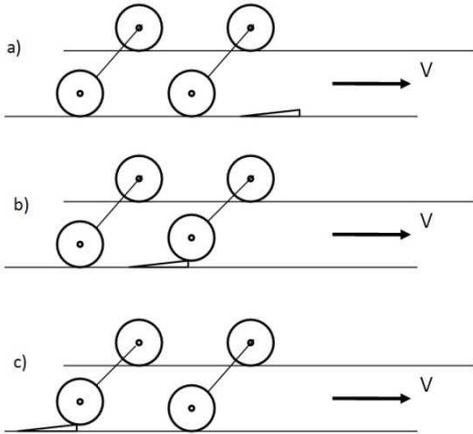
Фиг. 4. Място на монтиране на измервателната система

Симулиране на „поскачане“ на колелото на трамвая е постигнато посредством поставяне в улея на релсата на „клин за контролирано дерайлиране“ от оборудването на аварийния автомобил. Разстоянието между колоосите на талигата, ширината на междурелсието и размерите на клина са показани на фиг.5.



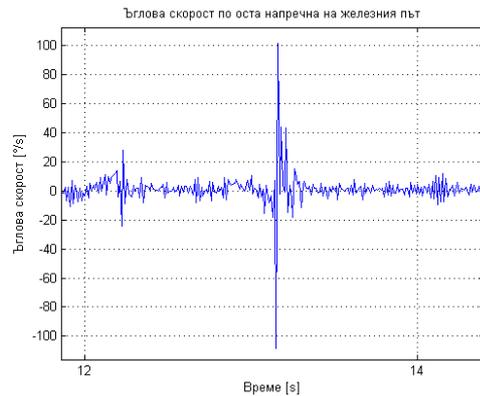
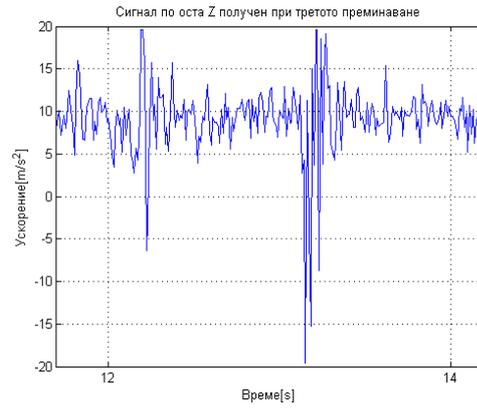
Фиг. 5. Разстояние между колоосите на талигата и размери на клина

Проведени са три опита – под тяга с прагова скорост, при движение по инерция и под тяга със скорост от 1,67 m/s (6 km/h) по следния начин: Клинът се поставя в улея на дясната релса на около 3 метра пред талигата (фиг. 6а). При движението си напред първото колело се изкачва по клина и „скача” върху главата на релсата (фиг. 6б). Същото се случва и с второто колело (фиг. 6с), т.е. за около една секунда се променя посоката на усукване на напречната греда на рамата на талигата.

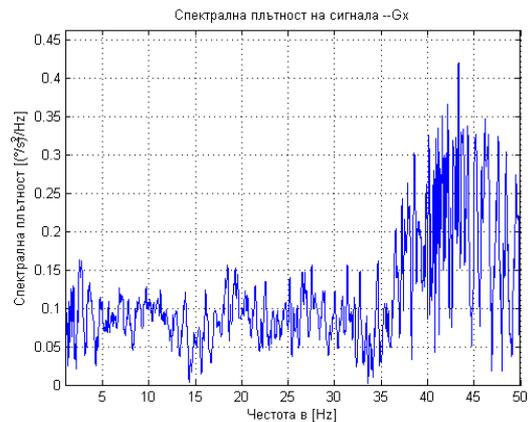
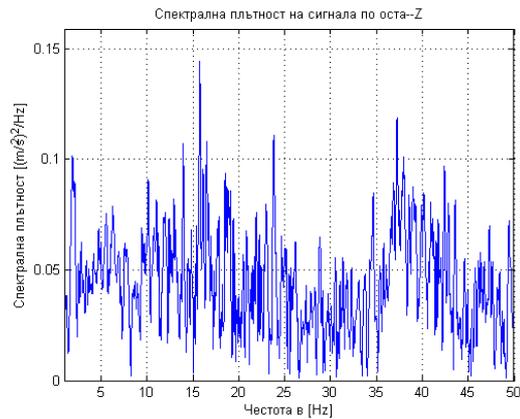


Фиг. 6. Преминане през клина

Получените ускорения са дискретизирани с честота 100 Hz. Полученото линейно ускорение по оста Z и ъглова скорост по X са показани на фиг.7. По време на цялото измерване са регистрирани стойности на ускорението от порядъка на $a = \pm 0,6 \text{ ms}^{-2}$. Това е в резултат от влиянието на въртящите се маси от силовото предаване и на работата на помощните машини на мотрисата. На графиките са представени в уголемен мащаб само стойностите при преминаване на клина от първото и второ колело. От тези графики личи затихването на предизвикания колебателен процес.

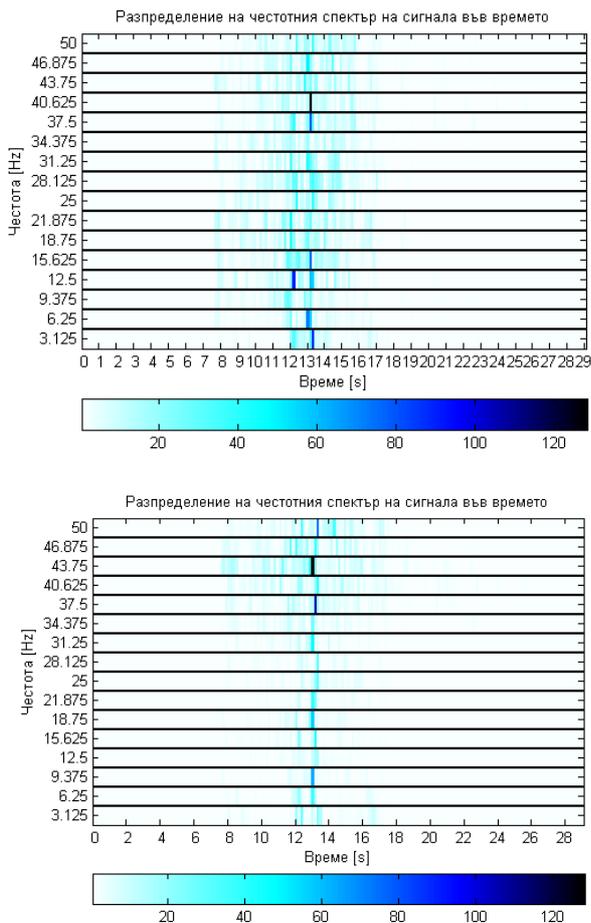


Фиг. 7. Сигнали от акселерометъра и жирокопа получени при третото преминаване



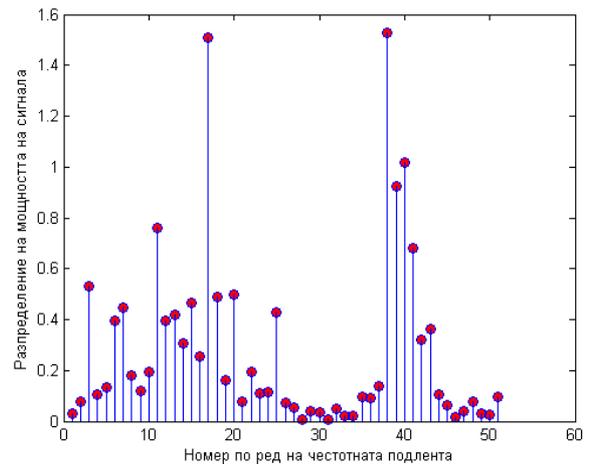
Фиг. 8. Спектрален състав на сигналите от акселерометъра и жирокопа

За определяне на спектралния състав на получените данни е направен честотен анализ с алгоритми разработени в средата на Матлаб. На фиг. 9 е представен спектралния състав на сигналите като е използвано бързото преобразуване на Фурие. С цел да се определи каква е преобладаващата честота в даден момент от време е използвано уейвлет преобразуване и методът на периодограмите. Получените резултати са показани на фиг. 9.



Фиг. 9. Спектрален състав на сигналите получен с уейвлет преобразуване

Използван е уейвлет от фамилията на Добеши и сигнала е декомпозиран до четвърто ниво. Спектрограмата получена при използване на метода на периодограмите е показана на фиг. 10. Използван е прозорец на Хеминг с дължина 128 отчета. Разделителната способност в честотната област е избрана да бъде 1Hz. Теоретично изчислената с формула (1) собствена честота на рамата на талигата е $\lambda_{z,T} = 33,95 \text{ Hz}$.



Фиг. 10. Спектрален състав на сигналите получен с периодограми

Преобладаващите честоти на трептенията в талиговата рама, получени от спектрограмите, са разделени на две групи. Първата група получена от преминаването на първото колело (над което е разположена измервателната система) през клина има изразен максимум около 17Hz, което е хармоник на теоретично изчислената. Втората група са получени при преминаване на второто колело и имат изразен максимум около 37Hz. Амплитудите на ускоренията и ъгловата скорост при това преминаване са по-големи спрямо първото преминаване, което се обяснява с влиянието на окачването на рамата за върху мястото където е разположена измервателната система.

4. Заключение

Получените резултати за собствената честота на рамата на талигата при описания експеримент показват, че при избраните информативни параметри и създадените алгоритми за обработка на получените данни се получават резултати, които са близки до теоретично изчислената честота. Видно, е че преобладаващите честоти на трептенията в талиговата рама са равни или кратни на собствената честота. Прилагането на предложения метод за измерване на собствената честота на талиговите рами на релсови транспортни средства не изисква големи съоръжения и много време за подготовка, т.е. не се налага возилото да се

отделя за дълго време от експлоатация, което го прави удобен за приложение в практиката. За получаване на по-точни и прецизни резултати е необходимо да се работи в посока оптимизиране на мястото, където да бъде разположена измервателната система с цел намаляване на влиянието на трептенията породени от работата на тяговите и спомагателни агрегати на возилото.

Благодарност

Настоящите научни изследвания са финансирани по дог.141ПР0008-03 от НИС при ТУ-София.

Литература

[1] Караджов Т.Д., Димитров Ж.Х. – „Вагони”, ДИ „Техника”, София, 1988 г.

[2] Emil Iontchev, Radostin Kenov, Rossen Miletiev, Ivaylo Simeonov, Yavor Isaev, Hardware Implementation of Quad Microelectromechanical Sensor Structure for Inertial Systems, ISSE 2014, 37th International Spring Seminar on Electronics Technology, May 7-11, 2014, Dresden, Germany, Extended Abstracts, pp 190-192

[3] MPU-6000/6050 datasheet - <http://invensense.com/mems/gyro/documents/PS-MPU-6000A-00v3.4.pdf>

Measurement of the fundamental frequency of the tram cart by quad sensor inertial system

Rosen Miletiev¹⁾, Emil Iontchev²⁾, Emil Mihaylov³⁾, Rumen Yordanov⁴⁾

¹⁾ Technical University of Sofia, miletiev@tu-sofia.bg

²⁾ Higher School of Transport “T. Kableshkov”, e_iontchev@yahoo.com

³⁾ Higher School of Transport “T. Kableshkov”, emm_1968@abv.bg

⁴⁾ Technical University of Sofia, rs_yordanov@yahoo.com

Abstract: - This document presents the method for determination of the fundamental frequency of the tram frame and the forced frequencies caused by the force during the wheel jump from the casual railway falling and raising. This method is proposed to determine the reasons of the appearance of cracks in the tram cart binders. The method is based on the measurement of the linear and angular accelerations in all three axes in the region of the suspension. All accelerations are measured by quad sensor system and the data are processed by the MATLAB script. The obtained results show that the measured fundamental frequency is very closed to the theoretical value.

Key-Words: - inertial sensors, tram cart