

Тензометриране надлъжните деформации на колянвия вал

Неделчо Иванов, Здравко Иванов

С конструираня изпитателен стенд е възможно изследването на параметрите на осевите трептения, уточняването на съответните динамични модели и изследване на възбудането от газовите и инерционни сили, действащи върху една бутало-цилиндрова група на експерименталния двигател. Реализираният стенд е уникален без аналог в техническата литература.

Key words: осеве трептения на колянови валове

ВЪВЕДЕНИЕ

Методите за пресмятане на осевите трептения на двигателите с вътрешно горене се базират на определени допускания, опростяващи разчетните динамични модели. При това точността на оценяване на някои параметри на системата (например осевата податливост на упорните лагери, демпфирането, възбудането и др.) е неудовлетворителна. Следва също да се отбележи, че болшинството от параметрите на трептящите системи са случайни величини с определена дисперсия на отделните си значения относно математическото очакване. Поради това особено значение придобиват експерименталните изследвания на осевите трептения на опитни и главни корабни двигатели с цел проверка на развитието на трептенията в дадената установка и за набиране на статическа информация, необходима за уточняване на пресмятанията още в стадия на проектиране.

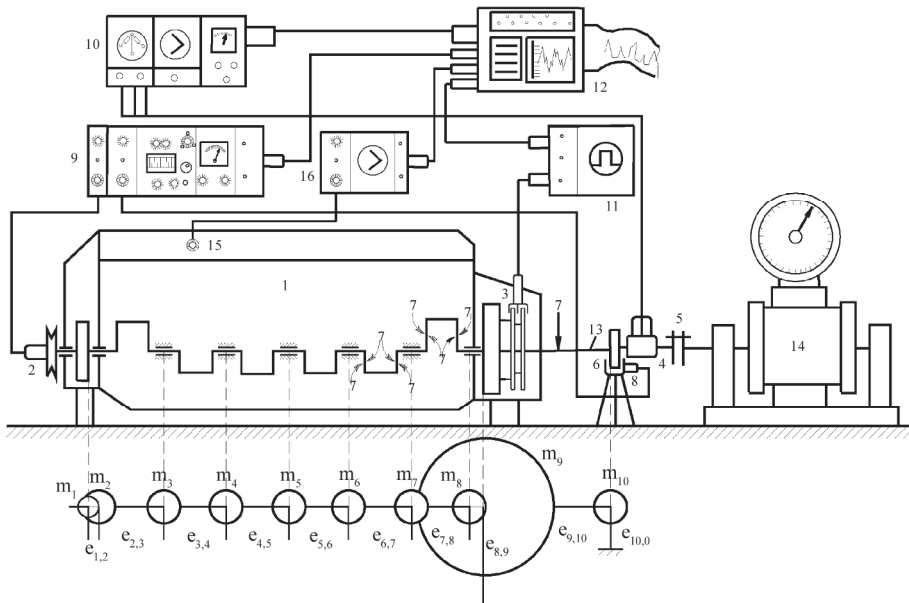
Цел на тази разработка е описанието на създадената в лаборатория 610М на катедра ТТТ при ТУ-Варна експериментален опитен стенд за изследване на параметрите на осевите (надлъжните) трептения в двигателите с вътрешно горене, структурната схема на която е дадена на фиг.1.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Стендът се състои от шестицилиндров двигател Д 5800 (1), хидравлична спирачка (14) тип "Фруд", междинен вал (13), свързващ двигателя със спирачката чрез еластичен съединител тип "Чан" (5), живачен токоснимател (4), упорен лагер на междинния вал (6), пиезокварцов възприемател на линейни ускорения (2), измерващ осевото ускорение (преместване) в предния край на колянвия вал, стандартен пиезокварцов възприемател на линейни ускорения RFT (8), монтиран на лагерната кутия на упорния лагер и ориентиран така, че да реагира на осевите трептения на колянвия валопровод, фотовъзприематели (3) и (11) за отметки на ГМТ и през 10 градуса по завъртане на колянвия вал, тензорезистори (7) (разположението им е показано със стрелки), които чрез живачния токоснимателя (4) се свързват към тензоизмерителния уред (10), измерителя на вибрации SM 231 (9), който позволява и аналогово интегриране на сигнала с цел получаване на виброскорост или вобропреместване и регистриращият шлейфов осцилограф Н115 12.

С възвеждането на междинен вал и упорен лагер се цели моделирането на колянв валопровод на главен корабен двигател. Това налага премахването на опорния лагер от четвърта основна шийка, като центроването на колянвия вал се извършва чрез подходяща конструкция на упорния лагер с точност до 0,05 [mm]. Еластичният съединител разпада системата по отношение на осевите трептения на две независими системи.

Динамичният модел на основната система, включваща двигателя, е даден на фиг.1. Така създаденият опитен стенд позволява изследването на осеве трептения в един колян валопровод с междинен вал и упорен лагер, с възбуждане само от двигателя.



Фиг.1. Структурна схема и динамичен модел за осеве трептения на стенда: 1-двигател D5800; 2-възприемател на линейни ускорения; 3-фотовъзприематели на отметки; 4-живачен токоснемател; 5-еластичен съединител; 6-упорен лагер; 7-залепени тензорезистори; 8-възприемател на линейни ускорения; 9-измерителен усилвател за 2 и 8; 10-тензоизмерителен усилвател; 11-формировател на правоъгълни импулси; 12-шлейфов осцилограф H115; 13-междинен вал; 14-хидравличен динамометър тип "Фруд"; 15-пиезокарцов възприемател на налягането във втори цилиндър; 16-измерителен усилвател за индициране.

Осевите премествания в предния край на колян вала се регистрират с пиезокарцов възприемател (2), принципната схема на който е дадена на фиг.2-а, където (1) е предния край на колян вала, (2) е пиезокарцов възприемател на линейни ускорения, (3) е дистанционна "игла" и (4) е виброизмерител SM 231. С въвеждането на дистанционната игла се цели да не се предава въртеливото движение на колян вала към преобразователя и влиянието на напречните компоненти на движението на предния край на колян вала по оста Y. Еластичният елемент (2) се подбира от условието за осъществяване на непрекъснат контакт между възприемател-дистанционна игла-преден край на колян вала. По този начин се регистрира абсолютното линейно ускорение (скорост или преместване) в предния край на колян вала и съвпадащо с оста му (оста X).

Тарировката на възприемателя се извършва както е показано на фиг. 2-б, в честотния диапазон от 20 до 200 Hz или с този възприемател има възможност да се регистрират виброграмите с моторен порядък за двигателя D 5800. Ограничението се налага от големината на собствената

маса на пиезокарцовия възприемател, определяща, от условието за неразкъсване връзката между иглата и колянвия вал, коравината на пружината. При необходимост от регистрирането на виброграми с по-висок моторен порядък, вместо пиезокарцовия възприемател е възможно да се използва подходящ индуктивен възприемател, котвата на който може да бъде със значително по-малка маса. Избраната конструкция на възприемателя е с цел използване на възможностите на виброизмерителния усилвател SM 231 и получавания стабилен сигнал. Тук (1) е вибромаса тип ESE 201, (2) е пиезокарцовия възприемател, който се тарира, (3) е измерителя на вибрации SM 231, (4) е еталонен пиезокарцов възприемател KD 35-а, (5) е усилвател на мощност тип LV-102, ذخранващ вибромасата и (6) е синусоидален генератор BM-344.

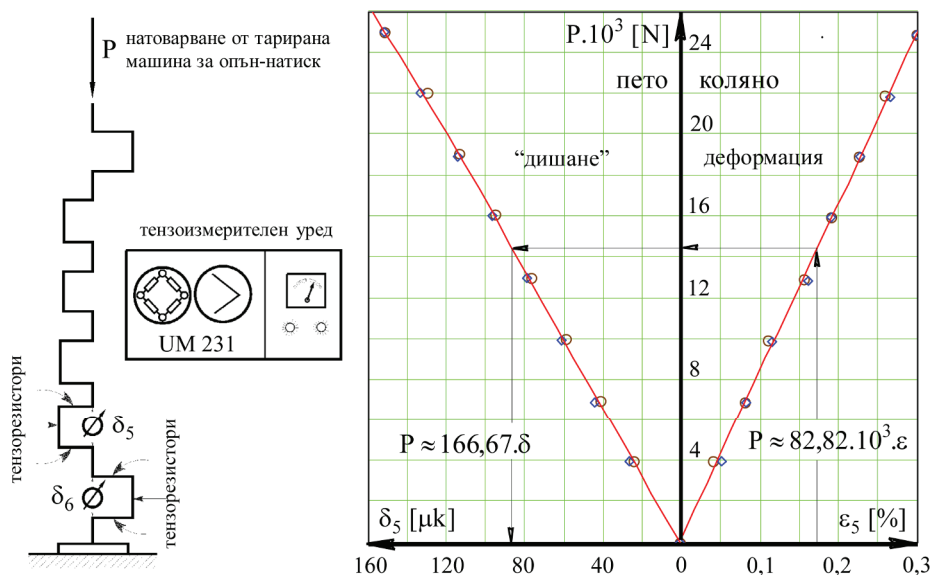


Фиг. 2. Принципна схема на възприемателя на линейни премествания.

1-колянв вал; 2-възприемател на линейни премествания; 3-дистанционна игла; 4-виброизмерител SM 231; 5-шлеф-осцилограф H115; 6-вибромаса ESE 201; 7- еталонен пиезокарцов възприемател KD 35^а; 8-усилвател на мощност LV 102; 9-синусоидален генератор BM 344.

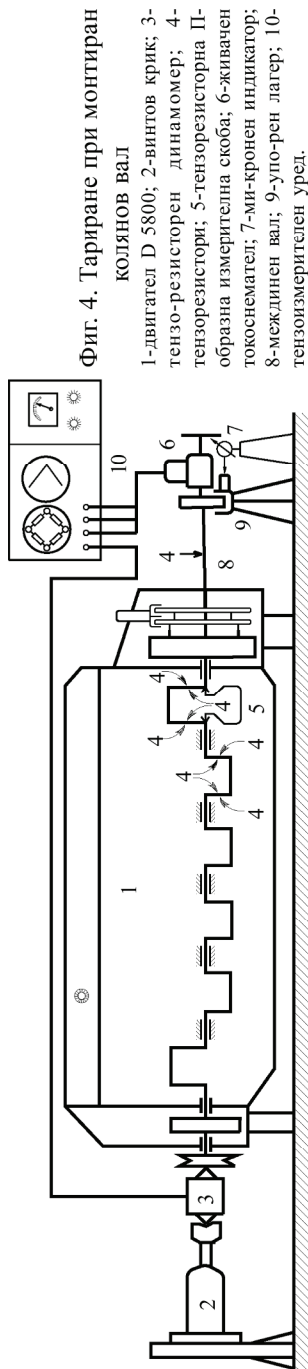
Експерименталната установка позволява и измерването на “дишането” на колянвия вал. Това се постига чрез жичкови тензорезистори с база 6 мм (вж, позиции (7) на фиг. 1), залепени на рамената на пето и шесто коляно на колянвия вал (за първо коляно се счита противоположното на маховика на двигателя, откъдето става и отбора на мощността). Тензорезисторите са ориентирани (по оста на рамото от външната и от вътрешната му страни) така, че да реагират само на огъването на рамената в равнината на коляното. Изводите им позволяват свързването в полумостова схема за едно рамо и пълна мостова схема за цялото коляно. По този начин, се постига и съответната термокомпенсация. Тъй като при работещ двигател тензорезисторите са подложени на въздействието на маслото при температури около 110⁰С е необходимо те да бъдат надежно защитетни. Защитата им в случая е извършена със специален лак за “ваденки”, използван за залепване на картинки върху керамика с последващото му изпичане при температура около 250⁰С в продължение на един час. По този начин не се нарушава термообработката на колянвия вал. Краищата на тензоресторите се запояват с чист калай към изолирани

клеми, монтирани към колянвия вал с винчета М2. Проводниците с ПВХ-изолация се прекарват през отвори, пробити по оста на основните шеста и седма шийки, пета и шеста мотовилкови шийки и междинния вал до живачния токоснемател. Пръстените на живачния токоснемател се изработват от електролитна мед и са покрити с живачна амалгама. Контактът между пръстените (вътрешен и външен) се осъществява от подходящи по големина живачни капки. По този начин се постига пренебрежимо малко контактно съпротивление при сравнително високи честоти на въртене.



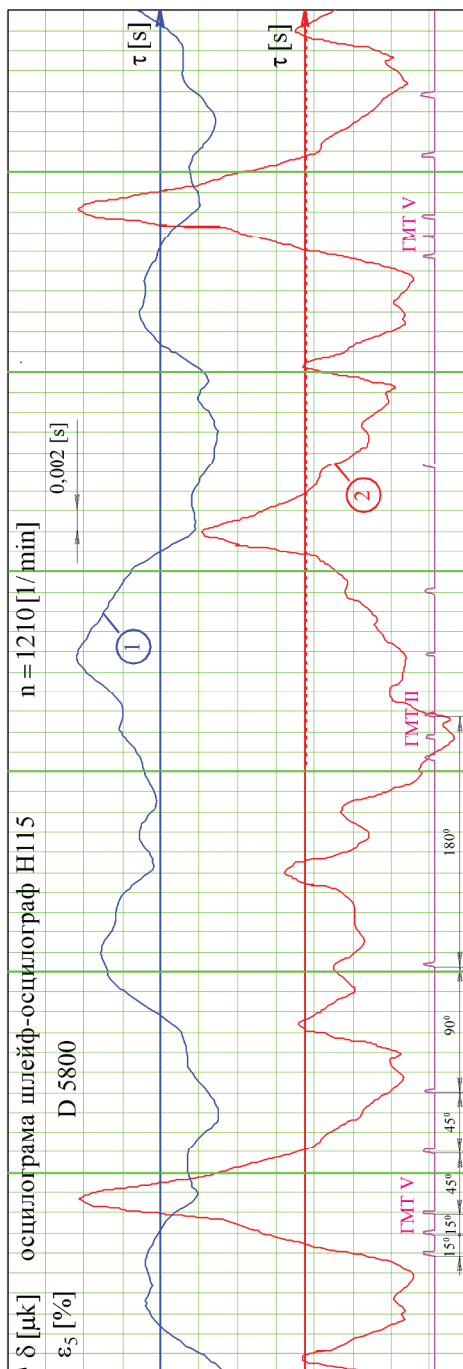
Фиг. 3. Тарирание при свободен колян вал

Тарировката на тензорезисторите е осъществена по два начина: със свободен колян вал (фиг.3) и при колян вал в монтирано състояние (фиг.4). При свободен колян вал, последният се натоварва на натиск с помощта на тарирана машина за измерване на опън-натиск през до (реални стойности на натоварване в осево направление на колянвия вал) и се записват показанията на тензорезисторите, свързани съответно веднъж по полумостова схема и втори път в пълна мостова схема. Със стрелкови микронни индикатори I_1 и I_2 (фиг.3) се сменя и осевото свиване на коляното. Индикаторите са центровани точно по оста на колянвия вал. По този начин имаме съпоставяне на осевата еластична сила в дадено коляно, деформацията от огъване на едно рамо (полумостова схема) или на двете рамена на коляното (пълна мостова схема), от една страна и осевото свиване на коляното, от друга. Тарировката на пето коляно е дадена на фиг. 3. Тарировъчните криви са близки до линейните, дадени на фиг. 3, а измерителния хистерезис, който включва и еластичния е пренебрежимо малък (с кръг са отбелязани точките при натоварване, а с квадрат – точките при разтоварване, като самите точки са повтаряни



Фиг. 4. Тариране при монтиран колян вал

1-двигател D 5800; 2-винтов крик; 3-тензо-резисторен динамометър; 4-тензорезистори; 5-тензорезисторна П-образна измерителна скоба; 6-живачен токосемагел; 7-ми-кронен индикатор; 8-междинен вал; 9-упорен лагер; 10-тензонизмерителен уред.



Фиг. 5. Експериментални виброграми.

1-виброграма на абсолютното преместване в предния край на колянвия вал; 2-виброграма на относителната деформация на пето коляно по пълна мостова схема на свързване на тензорезисторите.

многократно). На мотовилковата шийка са монтирани тензорезистори, с помощта на които можем да определим съотношението на деформацията (напрежението) в нея и осевото свиване на коляното. За дадения колян вал при осево преместване (свиване) на последния равно на в мотовилковата шийка възниква напрежение на огъване. Следователно като измерим осевата деформация (дишането) на пето коляно ще получим и напрежението на огъване в мотовилковата шийка. Измервайки дишането на пето и шесто колена и вземайки предвид динамичния модел за осевите трептения и съответните форми на трептене, можем да определим напреженията на огъване и в другите мотовилкови шийки.

Вторият начин на тарировка е илюстриран на фиг.4. Коляновият вал се товари в предния си край с помощта на винтов крик (2). Силата се отчита с помощта на високо точен тензорезисторен динамомер (3). Осевото свиване на коляното се регистрира със специално конструираната за целта, П-образна измерителна скоба (5) с тензорезистори [5], при която се съпоставя осевото преместване на скобата с деформацията ѝ. Освен това, с помощта на микронен индикатор (8), се сменя и осевото преместване на лагерната кутия на упорния лагер. Последното дава възможност за определяне на податливостта на стойката на упорния лагер (податливост, вж. фиг.1). Данните от втората тарировка напълно съвпадат с тези от първата. Измерителният хистерезис и тук също е пренебрежимо малък. Съвпадението на данните се обяснява с наличието на хлабини в основните лагери, които при неработещ двигател не възпрепятстват деформацията му от аксиалните сили. Поради това вторият начин на тарировка се използва за контрол на състоянието на тензорезисторите и настройка на апаратурата преди, по време и след провеждането на всеки експеримент.

С цел отчитане на влиянието на усукващите трептения върху осевите, както и изследването на самите тях, на последното рамо на коляновия вал са залепени тензорезистори (по оста на рамото на широката му страна), реагиращи само на предавания въртящ момент. За термокомпенсация върху основния тензорезистор е монтиран и допълнителен, ориентиран напречно. Въпросното рамо е избрано, тъй като възелът на моторната форма на трептене на усукващите трептения попада в него. Тарировката им се извършва като в предния край с лостова система и тариращи тежести се прилага усукващ момент, а задния край се запъва в усукващо направление. За да се избегне радиалното натоварване на първи основен лагер, а оттам и съответната погрешност, лостовата система натоварва 'къс' вал, лагерован на два търкалящи лагера в неподвижна стойка, а усукващия момент се предава чрез симетричен палцов съединител към ремъчната шайба, монтирана в предния край на коляновия вал. Освен описаните възможности на опитната установка, с цел за точно определяне на възбуждащите газови сили, двигателят има възможност да се индицира. Снемането на индикаторната диаграма се извършва от втори цилиндър с помощта на пиезокарцов възприемател на налягане. Индикаторната диаграма се записва едновременно с виброграмите.

На фиг. 5 е дадена, една виброграма, където кривата 1 представлява абсолютното осево преместване в предния край на коляновия вал, а крива 2 е 'дишането' на пето коляно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С конструирания изпитателен стенд е възможно изследването на параметрите на осевите трептения, уточняването на съответните динамични модели и изследване на възбуждането им от газовите и инерционни сили,

действащи върху една бутало-цилиндрова група на експерименталния двигател. Ако е необходимо изследването на осевите трептения на автотракторните двигатели, се премахва упорния лагер и междинния вал. Реализираният стенд е уникален без аналог в техническата литература.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андерсон Г. и др., Напряжение в коленчатых валах мощных судовых дизелей, Сб. Судовые малооборотные дизели, п.р. Иванченко, Судостроение, Л. 1967г.

[2]. Маринов Е. Надлъжни трептения в двигател Д5800. Сб. Научни трудове на ВИММЕСС-Русе, том XXI, серия 2, Русе, 1979г.

[3]. Велев Н. и др., Някои токоотвеждащи приспособления и особености на конструкцията им, Сб. Научни трудове на ВИММЕСС-Русе, том XXI, серия 2, Русе, 1979г.

[4]. Милков В. Експериментално изследване на усукващите и надлъжни трептения на валопровода на 38000 т. кораб за насипни товари "TROPWIND", сп. Корабостроене и корабоплаване, кн. 6, 1973г.

[5]. Тензометрия в машиностроение. Спр., п.р. Макаров Р.А., Машиностроение, Москва, 1975г.

За контакти:

доц. д-р инж. Здравко Иванов, ТУ-Варна, катедра: ТТТ, ул.Студентска, № 1, 052 383 464, zdrdi@mbox.actb.bg

Докладът е рецензиран.