

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

23496

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLUVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010 - 23602**
(22) Přihlášeno: **10.12.2010**
(47) Zapsáno: **08.03.2012**

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:
G01M 1/02 (2006.01)
G01G 19/03 (2006.01)
G01G 23/06 (2006.01)

(73) Majitel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:
Mazůrek Ivan Doc. Ing. CSc., Brno, CZ
Klapka Milan Ing. Ph.D., Nové Město na Moravě, CZ

(54) Název užitého vzoru:
Bezdemontážní testr pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů

CZ 23496 U1

Bezdemontážní testr pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů

Oblast techniky

Technické řešení se týká bezdemontážního testru pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů.

5 Dosavadní stav techniky

Technický stav podvozku automobilu má rozhodující vliv na jízdní vlastnosti vozidla a tím i celkovou bezpečnost silničního provozu. Zejména tlumič odpružení, který je důležitým prvkem závěsu, vyžaduje z důvodu limitované životnosti pravidelnou kontrolu. Časová náročnost demontáže a montáže tlumiče vedly již v minulosti k zavedení bezdemontážních testů celého pružicího a tlumicího systému přímo na vozidle.

Nejrozšířenější jsou rezonanční testy, vybavené vibračními plošinami pro rozkmitání kola testovaného závěsu. Měřenou veličinou je buď přítláčná síla kola k plošině, nebo je snímán rozkmit plošiny. Jinou kategorií jsou dokmitové testy, pracující na principu analýzy dokmitu rozhoupané karoserie automobilu. Tato zařízení využívají rázové vybuzení svislého kmitání karoserie vozidla a následně vyhodnocují útlum tohoto pohybu.

S cílem sjednotit testovací metodiku při posuzování technického stavu tlumičů odpružení zavedlo mezinárodní sdružení výrobců tlumičů EUSAMA jednotné zkušební podmínky [1]. V rámci těchto podmínek svisle kmitající plošina aktivního testru, na které spočívá měřené kolo, simuluje nerovnosti vozovky a současně registruje přítláčnou sílu tohoto kola k plošině. Kmitočet pohybu plošiny po vypnutí pohonu plynule klesá z 25 Hz až do zastavení. Na obrázku 2 je grafický zápis vyhodnocované přítláčné síly. Na záznamu je patrné, jak při průchodu přes vlastní kmitočet závěsu poklesne přítláčná síla kola k vozovce na minimum F_{\min} . S ohledem na vlastní kmitočty náprav osobních automobilů je nutné použití budicího elektromotoru s provozními otáčkami 1500 RPM (tj. 25 Hz). Výsledkem zkoušky je potom nejmenší hodnota přítlaku kola k plošině F_{\min} v průběhu testu. Směrnice doporučuje vyjadřovat poměrnou hodnotu této veličiny (EUS) vztaženou ke statické hodnotě přítlaku F_{st} :

$$EUS = \frac{100 \cdot F_{\min}}{F_{st}} \quad (1)$$

Toto technicky a ekonomicky náročné provedení, které vyžaduje přesnou dynamickou tenzometrickou váhu pro obě kola nápravy, umožňuje velmi prosté a přitom výstižné hodnocení výsledku, které spočívá pouze ve výpočtu relativního zatížení kola v okolí jeho vlastní frekvence. Při kinematickém buzení dohodnutou konstantní amplitudou je výsledek takto provedeného testu objektivně porovnatelnou klasifikací útlumu kola. Metoda posuzuje míru přilnavosti kola jako základní užitnou vlastnost závěsu, bez ohledu na příčinu způsobující její snížení.

Zjednodušený tzv. rezonanční dynamický model tohoto zařízení vychází ze skutečnosti, že v oblasti vlastního kmitočtu zkušební plošiny je amplituda kmitání odpružené části vozidla prakticky zanedbatelná. Svislé kmitání nápravy je tedy možné s jistou nepřesností nahradit v okolí rezonančního kmitočtu jednoduchým kinematickým buzeným modelem (obr. 3), kde hmota m_1 představuje neodpruženou hmotou nápravy, tuhost k_1 je určována tuhostí pneumatiky a k_2 je tuhost odpružení. Pro harmonickou funkci budicího zdvihu $h(t)$ platí pohybová rovnice soustavy ve tvaru:

$$m_1 \ddot{q}_1 + b \dot{q}_1 + (k_1 + k_2)q_1 = k_1 h(t). \quad (2)$$

Jednoznačnou výhodou této metodiky je použití zcela srozumitelného kritéria, které má zjevnou analogii v chování vozu na vozovce. Testovací podmínky jsou zdvihem a kmitočtem velmi blízké skutečným provozním podmínkám, za kterých je ověření funkce podvozku nejužitečnější.

5 Popsaná mezinárodní metodika EUSAMA má však rovněž některé systémové nedostatky. Výsledek měření je podstatně závislý na okamžité hmotnosti vozidla, respektive jejímu podílu na měřném kole. I rozdíl objemu paliva v nádrži může způsobit značně rozdílné výsledky. Podobný problém nastává u neodborně opravených následcích havárie, kdy zkřížená karoserie způsobuje rozdílné statické přítlaky na obou stranách nápravy. Ke značnému zkreslení výsledku dochází i při nedodržení předepsaných tlaků v pneumatikách. Nevýhodou dosud užívaných rezonančních 10 testů je také nízká schopnost lokalizovat příčinu zhoršených vlastností závěsu kola. Tyto nedostatky je třeba vyřešit vytvořením komplexního diagnostického systému automobilového podvozku.

Podstata technického řešení

15 Nedostatky užívaných testů řeší bezdemontážní testr pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů včetně příslušné zkušební metodiky. Systém také řeší problematiku snížení pořizovacích i provozních nákladů.

Předmětem technického řešení je bezdemontážní rezonanční testr pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů sestávající ze čtyř do můstku zapojených tenzometrických 20 snímačů síly umístěných po dvou na spodní straně obou ramen kyvného rámu, opřené o excentr, který je spojen s elektromotorem. Elektromotor je na jednom konci opatřen setrvačником a tenzometrické snímače síly jsou vodiči připojeny ke stejnosměrnému zesilovači, který je přímo napojen na počítač s řídicím programem a analogově digitálním převodníkem, přičemž hodnota budící amplitudy ve středu kyvného rámu činí 1,5 mm.

25 Po zpracování naměřeného signálu bezdemontážního rezonančního testru se posoudí celkový stav nápravy, provede se kmitočtová analýza pohybu neodpružené hmoty včetně modální analýzy parametrů závěsu a posouzení jednotlivých typů závad na nápravě.

Diagnostický systém podvozků osobních automobilů podle technického řešení umožňuje diagnostiku tlumicích schopností závěsů kol, zejména tlumiců odpružení osobních automobilů. V softwarové oblasti umožňuje využití postupů modální analýzy.

30 Kmitající kyvný rám testru představuje přesnou tenzometrickou váhu, schopnou měřit přítlačnou sílu kola 250× za sekundu. Na spodní straně obou ramen kyvného rámu jsou po dvou nainstalovány celkem čtyři do můstku zapojené tenzometrické snímače. Rozdílové napětí můstku je zesíleno běžným stejnosměrným zesilovačem, instalovaným přímo na rámu testru. Další zpracování signálu probíhá prostřednictvím osobního počítače s řídicím programem a s analogově digitálním 35 (A/D) převodníkem.

Všechna tato elektronická zařízení jsou zcela nezávislá na silnoproudé elektrické instalaci a jsou napájena z řídicího počítače. Jakmile řídicí program počítače zaznamená vypnutí elektromotoru, začne do paměti přenášet signál z tenzometrického snímače síly. Získá se průběh přítlačné síly kola ke zkušební plošině. Signál je nutno číslicově filtrovat vhodně nastavenou dolní propustí a 40 analyzovat absolutní hodnotu obálky této křivky. Snaha po vysoké amplitudové přesnosti vyloučila použití FFT kmitočtové analýzy. Problém je řešen přímou detekcí obáلكové křivky. Souběžně s analýzou bodů obáلكy jsou zjišťovány hodnoty úhlové frekvence ω příslušné těmto bodům.

Většina závad na podvozcích ve svých důsledcích ovlivňuje míru přilnavosti kola jak na testru, tak ve skutečném provozu. Současně výrazně modifikuje pružné a tlumicí vazby v dynamickém 45 modelu testru. Při pečlivém sejmutí kmitočtové charakteristiky kontaktní síly lze z rozdílů mezi touto charakteristikou a charakteristikou bezvadného závěsu usuzovat na příčinu její změny. Tyto metody modální analýzy jsou běžně používány ve vibrodiagnostice.

Při konstrukci vibrační jednotky byl zvolen jednoduchý pákový model kmitající zkušební plošiny. Podstatou řešení bylo co nejvíce přiblížit zkušební podmínky podmínkám provozním. Byla proto snížena hodnota budicího rozkmitu zkušební plošiny z hodnoty 6 mm, doporučené směrnicí EUSAMA, na amplitudu 1,5 mm. Toto snížení má také pozitivní vliv na klidné chování vozidla při zkoušce. Funkční schéma testru je uvedeno na obrázku 1. Jedná se o koncepci malé mobilní jednotky pro test na jediném kole, která se vyznačuje konstrukční jednoduchostí, provozní spolehlivostí a nízkou výrobní cenou. Tyto parametry systém předurčují pro operativní použití zejména ve stísněných prostorách menších provozoven. Místo obvyklé, ale hmotné plošiny na paralelogramovém závěsu, je kmitající základna tvořena pouze kyvným rámem, opřeným volným koncem o vačku na hřídeli elektromotoru. Výhodou zvolené koncepce je velmi nízká vlastní hmotnost kmitajícího systému testru a jeho vysoká tuhost. Tyto vlastnosti zajišťují vysokou přesnost naměřených výsledků.

Bezdemontážní testr podle technického řešení představuje jednoduchou mobilní excitační jednotku se sníženým zdvihem oproti zdvihu používaném při metodice EUSAMA. Vyhodnocovací program výpočtově koriguje snížený zdvih pro stanovení univerzálně srovnatelného kritéria podle předpisu EUSAMA. Obálková křivka dokmitu je podrobena modální analýze s cílem zjistit příčiny zhoršeného technického stavu.

Metodika zpracování naměřeného signálu

Podstatou zde uvedeného diagnostického přístupu je rozšíření vlastního řídicího programu testru o výpočtový aparát určený k lokalizaci příčiny nestandardní odezvy závěsu kola na budící rozkmit.

Vyhodnocovací algoritmus pracuje ve dvou základních úrovních. V základní funkci splňuje podmínky posuzování celkového stavu nápravy dle směrnice EUSAMA.

Vliv změněného budicího zdvihu je korigován výpočtově, takže výsledky měření jsou zcela srovnatelné s výsledky na testrech jiných výrobců.

V systému jsou dále instalovány základní pomůcky pro kmitočtovou analýzu pohybu neodpružené hmoty a pro provedení částečně automatického a částečně interaktivního posouzení jednotlivých typů závad na nápravě.

Problematika kmitočtové analýzy pohybu se realizuje v interaktivním grafickém prostředí, kdy lze řešit postupně jednotlivé indikované problémy podvozku. Na jejich řešení je aplikován postup analýzy dynamických systémů, tzv. modální analýzy. Kromě hmotnosti připadající na měřené kolo je k vybranému vrcholu („problému“) kmitočtové charakteristiky polonápravy vždy stanoven jeho kmitočet, amplituda rozkmitu a součinitel útlumu. Tyto parametry mohou vedle popisu závažnosti daného problému přispět i k určení jeho příčiny. Na této úrovni lze při znalosti problematiky posoudit bez návaznosti na jakékoliv databáze i stav podvozku nestandardního provedení daného modelu. Pokud je na řadě naměřených bodů kmitočtové charakteristiky jediný výrazný vrchol, je vyhodnocení měrného útlumu zcela automatické a přesné a není třeba žádných dodatečných korekcí. Postup řešení této situace na amplitudově kmitočtové charakteristice je naznačen na obrázku 5. Za předpokladu platnosti kinematicky buzeného rezonančního dynamického modelu s jedním stupněm volnosti lze těmito body proložit amplitudově kmitočtovou charakteristikou systému, která je dána vztahem:

$$v_0 = \frac{h_0 k_1}{(k_1 + k_2)} \cdot \frac{\omega}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)^2 + \left(2b_{r1} \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (3)$$

kde v_0 je amplituda rychlosti kmitající hmoty m_1 , h_0 je amplituda budicího zdvihu, b_{r1} je měrný útlum systému a ω je okamžitá úhlová rychlost. Poloha maxima na křivce obálky určuje ω_0 , což je vlastní úhlová rychlost systému. Měrný útlum je stanoven z poměru šířky rezonančního vr-

chole $\Delta\omega$ a vlastní úhlové rychlosti ω_0 . Šířka vrcholu se vyhodnocuje volitelně na devíti hladinách odstupu H [dB] od největší hodnoty. Vztah pro výpočet měrného útlumu potom bude:

$$b_{r1} = \sqrt{\frac{(C^2 + (\frac{\Delta\omega}{\omega_0})^2) - C}{2}} \quad (4)$$

5 kde konstanta C je vyčíslena pro různé úrovně odstupu měřené šířky od maxima křivky v tabulce 1. Tento přístup umožňuje stanovovat směrodatnou délku vrcholové části křivky.

| Stupeň | Odstup H[dB] | Konstanta C |
|--------|-----------------|----------------|
| 1 | -3 | 1 |
| 2 | -1.85 | 0.53 |
| 3 | -1.2 | 0.32 |
| 4 | -0.83 | 0.21 |
| 5 | -0.6 | 0.15 |
| 6 | -0.45 | 0.11 |
| 7 | -0.35 | 0.09 |
| 8 | -0.28 | 0.07 |
| 9 | -0.23 | 0.06 |

Tab. 1: Konstanty pro výpočet útlumu z šířky vrcholu

10 Aby mohla být naměřenými body obálky proložena odhadnutá charakteristika modelu, je potřebná znalost poměru tuhostí $k_1/(k_1+k_2)$. Tento poměr se stanoví na základě požadavku, aby se skutečně naměřená největší amplituda rychlosti rovnala amplitudě modelované charakteristiky vypočtené vztahem:

$$v_{0 \max} = \frac{h_0 \omega_0}{2b_{r1}} \cdot \frac{k_1}{k_1 + k_2} \quad (5)$$

15 Význam navrhovaného řešení vyniká u vozidel s nedobrym technickým stavem náprav nebo s těžkým, měkce uloženým motorem, kde potom může mít kmitočtová charakteristika složitější průběh třeba i s více vrcholy a automatické vyhodnocení útlumu je ztíženo. Řídicí program v tomto případě otevře grafické dialogové okno pro vybrané kolo (obr. 5). Jde o zobrazení skupiny bodů obálky kmitočtové charakteristiky doplněný o úsek vypočtené charakteristiky náhradního dynamického modelu. V této situaci je možno kurzorovými klávesami doleva/doprava interaktivně upřesňovat volbu vyhodnocovaného vrcholu (ω_0). Kurzorovými klávesami nahoru/dolů lze ovlivnit hodnotu parametru H a tím přimknutí náhradní křivky 1 k naměřeným bodům 2. Při vyhovujícím přimknutí křivky je možno zapsat stiskem jediné klávesy základní data náhradního modelu (kmitočet, amplitudu, útlum) do zvolených políček tabulky v dolní části obrazovky. Údaje lze použít buď pro následný tisk rozšířeného protokolu, nebo pro porovnávání v rámci měřeného vozidla.

Přehled obrázků na výkresech

- 30 Obr. 1: Schematický náčrt diagnostického systému.
 Obr. 2: Průběh přítláčné síly kola ke zkušební plošině při průchodu rezonancí.
 Obr. 3: Dynamický model testru v okolí rezonance neodpružené hmoty m_1 .
 Obr. 4: Ukázka metody odhadu základních parametrů dynamického systému.

Obr. 5: Dialogové okno řídicího programu při provádění analýzy vybraného závěsu.

Obr. 6: Tuhostní analýza rámu testru.

Technické řešení je dále popsáno pomocí příkladu provedení, který neomezuje případná další provedení v rámci rozsahu nároků na ochranu.

5 Příklad provedení technického řešení

Příklad 1

Testování polonápravy staršího vozu typu Š 795 Felicia pomocí bezdemontážního testru a zpracování naměřeného signálu.

10 Vozidlo se ustavilo testovaným kolem na střed kyvného rámu 2 testru diagnostického systému (obr. 1) a na 5s se spustil elektromotor 4. Jakmile řídicí program počítače 7 zaznamenal vypnutí elektromotoru 4, začal se do paměti přenášet signál z tenzometrického snímače 1 síly. Získal se průběh přítláčné síly kola zkušební plošině při průchodu rezonancí (obrázek 2). Poté se pomocí rovnice 1 vyhodnotilo základní kritérium adheze EUSAMA.

15 Signál se pomocí počítače 7 číslicově filtroval vhodným nastavením dolní propusti a provedla se přímá detekce obáلكové křivky 2. Analyzovala se absolutní hodnota obáلكy této křivky a souběžně s analýzou bodů obáلكy se zjistily hodnoty úhlové frekvence ω příslušné těmto bodům.

20 Ve druhé fázi testu se provedla analýza modálních parametrů závěsu pomocí náhradní křivky 1 s využitím rovnic (3, 4, 5). Řídicí program otevřel grafické dialogové okno pro vybrané kolo (obr. 5). Jedná se o zobrazení skupiny bodů obáلكy kmitočtové charakteristiky doplněný o úsek vypočtené charakteristiky náhradního dynamického modelu. V dialogovém okně se kurzorovými klávesami doleva/doprava interaktivně upřesnila volba vyhodnocovaného vrcholu (ω_0). Kurzorovými klávesami nahoru/dolů se měnila hodnota parametru H a tím přímknutí náhradní křivky 1 k naměřeným bodům 2. V pravém horním okně na obr. 5 je aktuální hodnota interaktivního procesu, kterou je možno stiskem kláves 1-4 překopírovat do oken vpravo dole.

25 Po výsledném nastavení náhradní křivky se stiskem jediné klávesy zapsala základní data náhradního modelu (kmitočet, amplituda, útlum) do zvoleného políčka tabulky v dolní části obrazovky. Získané údaje se použily pro porovnání ostatních testovaných kol měřeného vozidla.

Průmyslová využitelnost

30 Diagnostický systém bezdemontážního testru jako nový produkt v oblasti garážové techniky představuje kompaktní jednoduchou konstrukci pro komplexní technickou diagnostiku podvozků osobních automobilů k použití zejména ve stísněných prostorách menších provozoven. Jednotka se vyznačuje provozní spolehlivostí a nízkou výrobní cenou. Výpočtový aparát umožňuje kromě posouzení celkového stavu nápravy i posouzení jednotlivých typů závad. Metodiku využívající postupů modální analýzy při vyhodnocování výsledků lze aplikovat na testy různých výrobců.

35 Reference:

1. EUSAMA - Recommendations for a performance test specification of an „on car“ vehicle suspension testing systém, TS-02-76.
2. PRAŽÁK, F.: Tlumič odpružení jako prvek ovlivňující jízdní vlastnosti automobilu. Doktorská disertační práce. Brno, VUT v Brně.
- 40 3. Hortová P.: Virtuální model rezonančního adhezního testu závěsu kola dle EUSAMA. Diplomová práce, 2009. Ústav konstruování, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně.

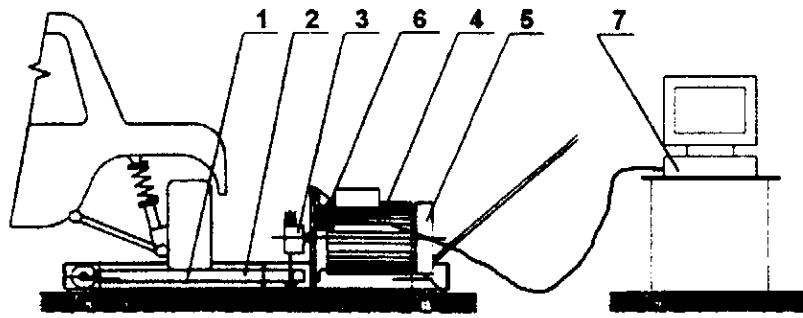
NÁROKY NA OCHRANU

1. Bezdemontážní rezonanční testr pro ověřování komplexního stavu polonáprav osobních automobilů, **vyznačující se tím**, že sestává ze čtyř do můstku zapojených tenzometrických snímačů (1) síly umístěných po dvou na spodní straně obou ramen kyvného rámu (2), opřeného o excentr (3), který je spojen s elektromotorem (4), přičemž je elektromotor (4) na jednom konci opatřen setrvačником (5), a tenzometrické snímače (1) síly jsou vodiči připojeny ke stejnosměrnému zesilovači (6), který je přímo napojen na počítač (7) s řídicím programem a analogově digitálním převodníkem, přičemž hodnota budící amplitudy ve středu kyvného rámu (2) činí 1,5 mm.
2. Bezdemontážní rezonanční testr podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že řídicí program počítače (7) obsahuje výpočtový aparát k lokalizaci příčiny nestandardní odezvy závěsu kola na budící rozkmit.

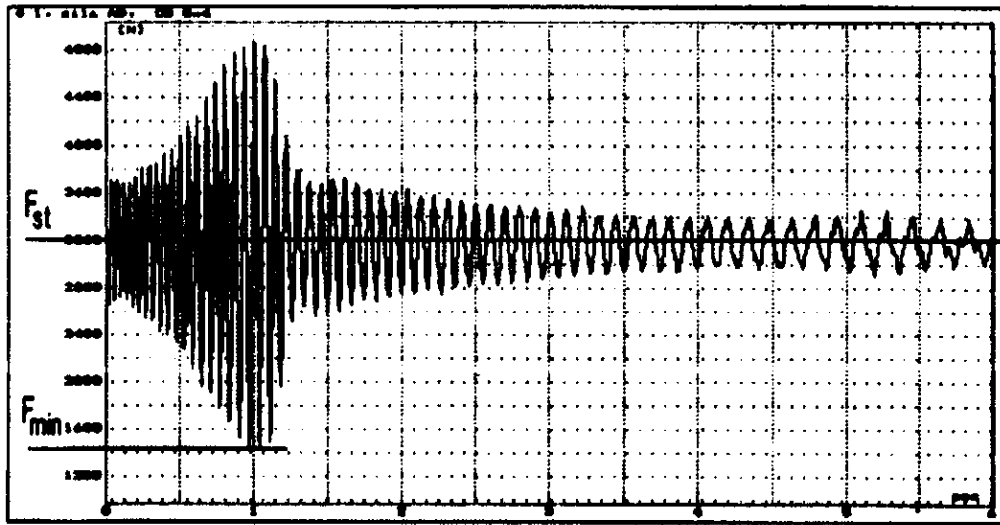
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

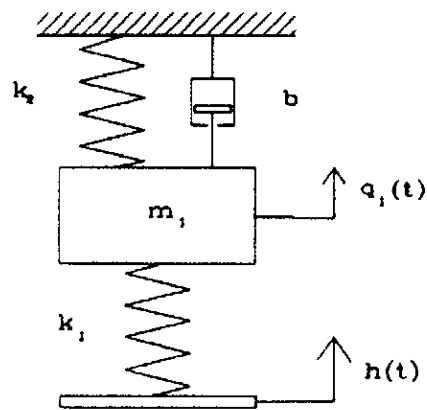
- 1 - tenzometrické snímače síly
- 2 - kyvný rám
- 3 - excentr
- 4 - elektromotor
- 5 - setrvačnik
- 6 - stejnosměrný zesilovač
- 7 - počítač.



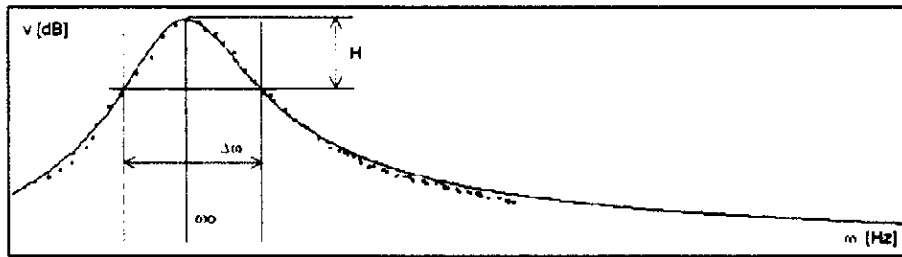
Obr. 1



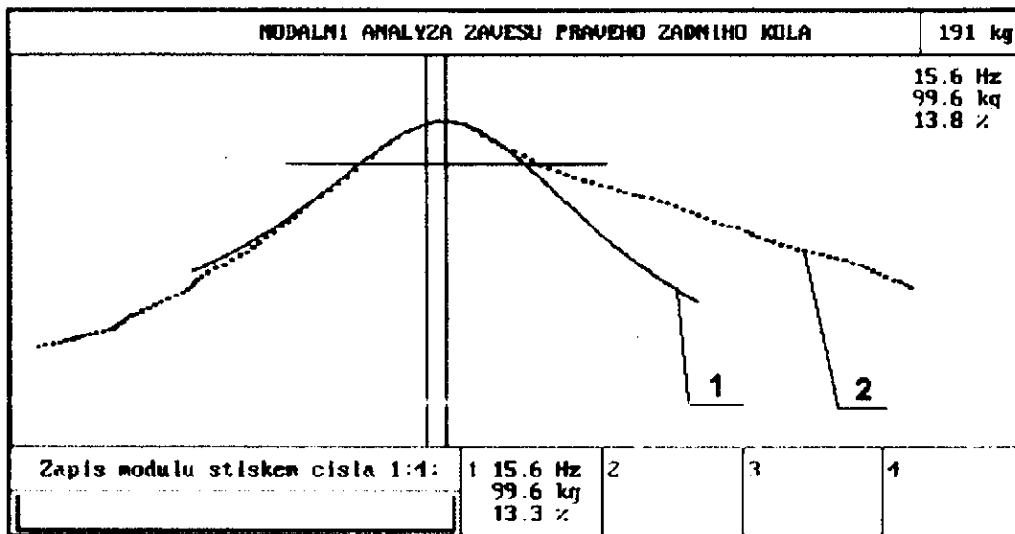
Obr. 2



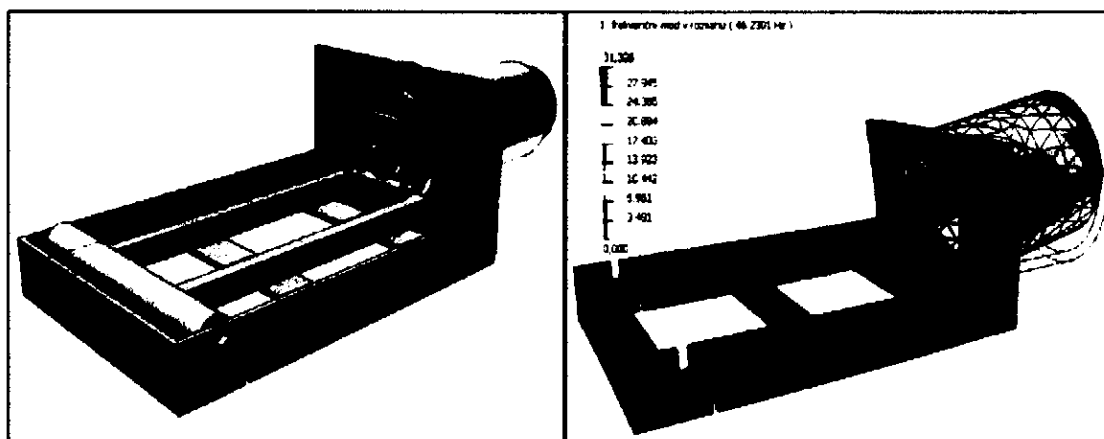
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

Konec dokumentu