

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLového  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 26.05.2003

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 17.08.2005  
(Věstník č. 8/2005)

(21) Číslo dokumentu:

2003-1470

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl. :  
G 01 M 19/00

(71) Přihlašovatel:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
KLOKNERŮV ÚSTAV, Praha, CZ

(72) Původce:

Záruba Jan Ing. CSc., Praha, CZ  
Štemberk Pavel Ing., Sedlčany, CZ  
Štěpánek Dušan, Praha, CZ  
Pokorný David, Praha, CZ  
Freylich Jiří, Praha, CZ  
Švanda Josef Ing. CSc., Praha, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Hana Dušková, Travná 1285, Praha 14 - Kyje,  
16636

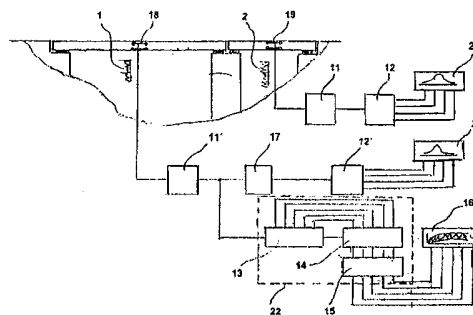
(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zkušební testovací metoda pro testování  
konstrukcí, zejména stavebních, a zařízení k  
jejímu provádění**

(57) Anotace:

Zkušební testovací metoda vychází z periodického odečtu kontrolované veličiny (1) charakterizující odezvu na provozní zatížení. Nejprve se provede první testování. Ve zvolených časových intervalech o délce minimálně 3 krát delší než je mezni nejvyšší základní vlastní frekvence odpovídající prvnímu vlastnímu tvaru kmitání testované konstrukce (7), se odečte veličina (2) charakterizující provozní zatížení. Informační obsah odečtů se průběžně třídí podle četnosti výskytu odečtené velikosti veličiny (2) a průběžně se četnost výskytu přičítá jako součást aktuální hodnoty průběžně vytvářeného histogramu (3). Stejně se vytváří histogram (4) četností výskytu velikosti odečtů veličiny (1) charakterizující odezvu na časově proměnné přetížení za provozu s tím, že se tyto odečty provádějí minimálně s periodou 3 krát menší než odpovídá nejvyšší vlastní frekvenci testované konstrukce (7). Pro odhad statických vlastností testované konstrukce (7) se filtruje počet odečtů na odečtovou frekvenci obdobnou frekvenci odečtů veličiny (2). Z histogramů (3) a (4) se provede analýza časového vývoje provozního přetížení, souvislosti dynamické odezvy a celkového provozního přetížení. Pro testování dynamické funkce konstrukce (7) při reálném provozním přetížení se využije plný počet odečtů veličiny (1) odpovídající odezvě testované konstrukce (7) na provozní přetížení tak, že se z této

posloupnosti průběžně vyhodnocuje autokorelační funkce či funkce (5). Aktuální stavy funkce (5) se periodicky ukládají. Celý uvedený postup se opakuje ve zvoleném časovém odstupu. Získané a zaregistrované hodnoty funkce (5) se porovnávají s hodnotami z předešlého testování. Z výsledků orovnění se usuzuje na změny mechanických vlastností a dynamického přetížení testované konstrukce (7). Zařízení má dvě větve. Jedna je tvořena první odečtovou jednotkou (11) propojenou před první třídící integrační zařízení (12) s první výstupní integrační pamětí (20). Druhá větev je tvořena druhou odečtovou jednotkou (11'), propojenou jednak přes integrační filtr (17) a druhé třídící zařízení (12') s druhou výstupní integrační pamětí (21) a jednak přes integrační soustavu (22) se třetí výstupní integrační pamětí (16).



Zkušební testovací metoda pro testování konstrukcí, zejména stavebních, a zařízení k jejímu provádění

### Oblast techniky

Vynález se týká diagnostické testovací metody vhodné zejména pro testování změn mechanické funkce stavebních konstrukcí v důsledku stárí, únavových poruch a dalších poškození, kde způsob využívání konstrukce neumožňuje provozní výluku za účelem experimentálního ověření reálného stavu konstrukce zatěžovací zkouškou.

### Dosavadní stav techniky

Dosud známé metodiky komplexního testování stavu mechanické funkce stavební konstrukce vycházejí z potřeby realizovat soubor dílčích, případně i komplexních zatěžovacích zkoušek s vyloučením provozu během experimentu.

Je samozřejmě teoreticky možné realizovat dlouhodobé pozorování systémem dynamické měřicí ústředny a zajistit následné statistické zpracování mezně rozsáhlého souboru měření získaných dat.

Teorie experimentální statistické dynamiky jako obecná teorie přístupu k třídění informací získávaných experimentem nabízí nejrůznější alternativy popisu mechanické funkce stavební konstrukce, vhodné jako výstup testování pro reprodukovatelné pozorování vývoje příslušné vlastnosti stavební konstrukce během její životnosti, cestou opakovaných jednorázových testů. Problémem je, že u dosud známých, ale spíše jen zatím teoreticky uvažovaných metodik, nebylo nalezeno řešení, které by dávalo současně potřebný soubor testovaných vlastností dostačující pro vytvoření komplexnějšího obrazu o stavební konstrukci a zajišťovalo zároveň naději i na dostupnost specializovaného testovacího zařízení pro svou aplikaci. Také u dosud ekonomicky reálných metodik založených na periodicky opakovaných zatěžovacích zkouškách naráží tento přístup nepříjemně často na meze ekonomické realizovatelnosti. Navíc právě u těch staveb, které je nejdůležitější diagnosticky

pozorovat, je nejobtížnější a nejnákladnější zajistit provozní výluku na realizaci experimentů zatěžovacích zkoušek.

### Podstata vynálezu

Nevýhody dosud známých metod ověřování mechanických vlastností stavebních konstrukcí omezuje zkušební testovací metoda pro testování konstrukcí, zejména stavebních, zatěžovaných při provozu časově proměnným zatížením. Tato metoda vychází z periodického odečtu kontrolované veličiny charakterizující odezvu na provozní zatížení, případně i z odečtu další veličiny charakterizující provozní zatížení. Podstatou nového řešení je, že se provede nejprve první testování, s výhodou co nejdříve po dokončení realizace konstrukce. Toto testování probíhá tak, že se pro odhad statických vlastností testované konstrukce ve zvolených časových intervalech, jejichž délka je minimálně 3 krát delší než je mezní nejnižší základní vlastní frekvence odpovídající prvnímu vlastnímu tvaru kmitání testované konstrukce, odečítá veličina charakterizující provozní zatížení. Poté se informační obsah odečtů průběžně třídí podle četnosti výskytu odečtené velikosti veličiny. Průběžně se četnost výskytu přičítá jako součást aktuální hodnoty průběžně vytvářeného histogramu příslušného odečtům veličiny a zároveň se stejným způsobem vytváří histogram četností výskytu velikosti odečtů veličiny charakterizující odezvu na časově proměnné přitěžování za provozu. Tyto odečty se provádějí minimálně s periodou 3 krát menší než odpovídá nejvyšší vlastní frekvenci testované konstrukce. Dále se, pro potřeby odhadu statických vlastností testované konstrukce resp. statického pracovního diagramu této konstrukce, filtruje počet odečtů na odečtovou frekvenci obdobnou frekvenci odečtů první veličiny. Toto probíhá tak, že se odečet s nižší periodou získá cestou součtu odečtů provedených v kratších intervalech během intervalu mezi odečty se sníženou frekvencí odečtů pomocí uvedené filtrace. Ze získaných histogramů se provede dodatečná analýza časového vývoje provozního přetížení a souvislostí dynamické odezvy a celkového provozního přetížení. Pro testování dynamické funkce konstrukce při reálném provozním přetížení se využije plný počet odečtů veličiny odpovídající odezvě testované konstrukce na provozní přetížení tak, že je z této posloupnosti průběžně vyhodnocována autokorelační funkce nebo funkce s informačním obsahem blízkým

autokorelační funkci. Koeficienty funkce s informačním obsahem blízkým autokorelační funkci se získají tak, že se v každé odečtové periodě porovná poslední odečet veličiny s odečtem provedeným s časovým odstupem příslušným vyhodnocovanému koeficientu funkce. Tyto výstupy se po porovnání průběžně přičítají v každé periodě k takto aktualizované hodnotě koeficientu této funkce. Paralelně se průběžně obdobně vyhodnocují další koeficienty odpovídající příslušným časovým zpožděním, čímž se udržuje aktualizovaná hodnota funkce odpovídající plnému intervalu testování konstrukce. Vyhodnocení funkce soustřeďující informace o střední úrovni frekvenčně amplitudových změn veličiny charakterizující odezvu na provozní zatížení ve vybraném časovém intervalu vyžaduje odečtení funkce odpovídající počátku tohoto testovacího intervalu od stavu funkce na konci tohoto testovacího intervalu. Za tímto účelem jsou do výstupní paměti testovacího zařízení automaticky periodicky přepisovány aktuální stavy funkce pro účely dodatečného analytického vyhodnocení testu. Tento postup se opakuje ve zvoleném časovém odstupu a takto získané a zaregistrované hodnoty funkce se porovnávají s hodnotami získanými a zaregistrovanými v předešlém testování. Výsledky porovnání se analyzují za účelem posouzení změn mechanických vlastností testované konstrukce a změn dynamického přitěžování testované konstrukce.

Pro získání funkce blízké svým informačním obsahem autokorelační funkci veličiny charakterizující odezvu stavební konstrukce na časově proměnné provozní přitížení této konstrukce je výhodné, když se průběžně porovnávají rozdíly časově posunutých odečtů. Z těchto rozdílů se pak průběžně a souběžně vytváří absolutní hodnota, načež se každá z těchto absolutních hodnot rozdílů v periodě shodné s periodou odečtů přičte k příslušné aktuální hodnotě koeficientu funkce.

Získanou funkci v grafickém znázornění lze s výhodou využít pro orientační dynamické posouzení konstrukce. V tomto případě je spodní obálková křivka funkce považována za odezvu konstrukce na neperiodické složky dynamického přitížení testované stavební konstrukce. Horní obálková křivka je zobrazením celkového dynamického přitížení. Poměr úrovní hodnot těchto obálkových křivek charakterizuje úroveň přizpůsobení dynamických vlastností konstrukce reálným provozním zdrojům dynamického přitěžování. Náběhová fáze funkce je využita pro odhad frekvence

dynamického zatěžování, která je pro konstrukci nejméně žádoucí. Porovnání grafických znázornění testů provedených s časovým odstupem je využito pro určení frekvence, ve které došlo v realitě k největším změnám testované dynamické funkce konstrukce nebo parametrů dynamického přitěžování, z čehož se vychází při hledání příčiny této změny a návazně příslušných poruch.

Pro odhad statických vlastností testované stavební konstrukce lze s výhodou využít porovnání histogramu zatížení a histogramu odezvy tak, že hodnoty, které odpovídají stejné pravděpodobnosti výskytu menších odečtů než je porovnávaná úroveň u histogramů, jsou považovány za hodnoty, které si odpovídají při statickém přitížení jako výchozí hodnoty pro vytvoření pracovního diagramu.

U zkušebních zařízení k provádění uvedeného způsobu je vhodné, když se bude vycházet z obvyklého systému dálkového automatizovaného odečtu mechanických veličin, obsaženého ve vstupní odečítací jednotce těchto veličin, charakterizujících odezvu na časově proměnné přitěžování konstrukce, zejména stavební, za provozu a systému měření mechanických veličin čidly s jednoznačnou závislostí výstupních signálů na časově proměnném přitěžování konstrukce za provozu vybaveného systémem umožňujícím odečítat stav mechanických veličin s frekvencí odečtů nejméně třikrát vyšší než je žádoucí horní frekvenční mez testování. Je výhodné rozdělit analogo-digitální převodník na analogo-frekvenční převodník jako součást čidla a frekvenčně-digitální převodník jako součást odečítací, vyhodnocovací a registrační části zkušebního testovacího zařízení. Podstatou nového zařízení je, že sestává ze dvou větví. Jedna větev je tvořena první odečítací jednotkou, jejíž výstup je spojen se vstupem prvního třídícího integračního zařízení, které má výstupy propojeny se vstupy první výstupní integrační paměti. Druhá větev je tvořena druhou odečítací jednotkou, jejíž výstup je spojen jednak přes integrační filtr na vstup druhého třídícího zařízení, jehož výstup je propojen s druhou výstupní integrační pamětí a jednak přes integrační soustavu se třetí výstupní integrační pamětí. Integrační soustava je na vstupu tvořena jednotkou s funkcí posuvného registru, jejíž výstupy jsou přes jednotku průběžného vyhodnocování rozdílu časově posunutých odečtů spojeny se vstupy integrační jednotky, jejíž výstupy jsou výstupem integrační soustavy.

Dalších výhod a zjednodušení lze dosáhnout tím, že jako čidla s analogo-frekvenčním převodníkem jsou využity strunové snímače mechanických veličin.

Uvedené řešení podstatným způsobem rozšiřuje oblast ekonomicky reálné způsobilosti a účelnosti kontrolovat systematicky rozvoj poruch stavebních konstrukcí dříve, než dojde k vynucené potřebě opravy v důsledku havárie nebo havarijního stavu testované stavební konstrukce. Hlavním přínosem metody a zařízení podle vynálezu je to, že zajišťuje současně komplexnost testu, jeho reprodukovatelnost a řádové zlevnění a to zejména při potřebě opakovaných testů ve smyslu srovnání s dosud zavedeným systémem opakovaných zatěžovacích zkoušek.

Významné je, že výstupem testu je soubor informací snadno znázornitelných přehlednými grafy, ze kterých zaškolený odborník snadno odhalí kritické místo způsobující změnu komplexní mechanické funkce stavby, nebo jejího využívání a může tak snadno a úsporně stanovit další lokální diagnostický postup a cestu včasné nápravy.

Míra reprodukovatelnosti průběžně proveditelných testů umožňuje kdykoliv test přerušit a bez ztráty návaznosti po přerušení testovací proces obnovit a tak jedním testovacím zařízením obsluhovat větší počet testovaných lokalit.

#### Přehled obrázků na výkrese

Příklad provedení vynálezu je dále popsán pomocí přiložených výkresů. Na obr. 1 je uveden histogram provozního zatížení a histogram odezvy na toto zatížení. Obr. 2 znázorňuje statickou závislost sledovaných veličin získanou porovnáním odpovídajících pravděpodobností znázorněných v histogramech na obr.1. Obr. 3. je příkladem grafického vyjádření informací umožňujících dynamické posouzení mechanické funkce a změn této funkce u testované konstrukce. Na obr. 4. je uvedeno příkladné schéma testovacího zařízení pro aplikaci metody podle vynálezu na mostní konstrukci.

### Příklady provedení vynálezu

Uváděný příklad vychází z realizace zkušební testovací metody pomocí zařízení uvedeného schematicky na obr. 4., které je aplikováno na mostní konstrukci sestávající z dvou sériově seřazených nezávislých mostních konstrukcí. V daném příkladě je testována mechanická funkce mostu s delší mostovkou a mostovka kratšího mostu s vyššími vlastními frekvencemi kmitání je využita pro odhad provozního zatížení. Kontrolovanou veličinou 1, charakterizující odezvu na provozní přetížení, je zde moment ve středním profilu mostovky delšího mostu a veličinou 2, charakterizující provozní přetížení, je moment ve středním profilu mostovky kratšího mostu.

Pro lepší pochopení uvedené metody bude nejprve popsáno schéma použitého zařízení. Zařízení má vstupní část, kterou tvoří obvyklý systém dálkového automatizovaného odečtu mechanických veličin 1 a 2 měřených čidly 18 a 19 přičemž systémy automatického odečtu jsou umístěny v odečítacích jednotkách 11' a 11. Odečet veličiny 1 charakterizující odezvu na provozní přetížení zajišťuje čidlo 18 s odečítací jednotkou 11' a odečet veličiny 2 charakterizující provozní přetížení zajišťuje čidlo 19 s odečítací jednotkou 11 označovanou v dalším textu jako první větev testovacího zařízení. Na vyhodnocovací jednotku 11 první větve testovacího zařízení je připojen vstup prvního třídícího integračního zařízení 12. Výstup tohoto prvního třídícího integračního zařízení 12 je dále propojen s první výstupní integrační pamětí 20. Základem druhé větve je druhá odečítací jednotka 11', která má výstup spojen jednak přes integrační filtr 17 na vstup druhého třídícího zařízení 12', a jednak na vstup integrační soustavy 22. Výstup druhého třídícího zařízení 12' je propojen s druhou výstupní integrační pamětí 21. Integrační soustava 22 je na vstupu tvořena jednotkou 13 s funkcí posuvného registru, jejíž výstupy jsou přes jednotku 14 průběžného vyhodnocování rozdílu časově posunutých odečtů spojeny se vstupy integrační jednotky 15. Výstupy integrační jednotky 15 jsou zároveň výstupy integrační soustavy 22 a jsou propojeny se třetí výstupní integrační pamětí 16.

Ve funkci prvního a druhého čidla 18 a 19 momentu jsou použity dvojice strunových tenzometrů, které umožňují plné oddělení elektronické části snímače

respektive prvního a druhého čidla 18 a 19 při plném zachování kontinuity testovacího programu, jelikož trvale zatmelená mechanická část strunového tenzometru zajišťuje jak zachování citlivosti měření momentu, tak zachování citlivosti převodu měřené veličiny na frekvenci, která je nejvhodnější formou pro přenos dat mezi čidly 18 a 19 a odečítacími jednotkami 11' a 11. Výstup z druhého čidla 19 zavedený na první vstupní odečítací jednotku 11 tvořenou obvyklou základní jednotkou strunových aparatur, která obsahuje zesilovač udržující struny strunových snímačů v netlumeném kmitání a převádí strunou synchronizovaný frekvenční signál cyklicky na digitální údaj s volitelnou periodou odečtů. U tohoto měřícího kanálu není třeba zařazovat filtr 17, jelikož tuto funkci zajišťuje již volba periody odečtů. Výstupy z první vstupní odečítací jednotky 11 jsou proto zavedeny přímo na první třídící integrační zařízení 12, které podle velikosti odečtu vysílá impuls do příslušného integrátoru četnosti. Se zvolenou periodou testování je okamžitý stav integrátorů prvního třídícího integračního zařízení 12 přepisován do první výstupní integrační paměti 20 testovacího zařízení podle vynálezu, jejichž obsah slouží pro stanovení histogramu 3 přetížení.

Čidlo 18 druhé větve testovacího zařízení, jehož výstupem je frekvenční signál odpovídající měřené veličině 1 charakterizující odezvu testované konstrukce na provozní přetížení, je připojeno na obdobnou strunovou aparaturu ve druhé vstupní odečítací jednotce 11', jejíž výstup je obdobně zaveden přes druhé třídící integrační zařízení 12' na druhou výstupní integrační paměť 21 pro stanovení histogramu 4 odezvy, ale tato měřící linka vyžaduje zařazení filtru 17 mezi výstup druhé vstupní odečítací jednotky 11' a vstup druhého třídícího integračního zařízení 12', který snižuje frekvenci odečtu cestou náhrady skupin odečtů průměrem respektive součtem hodnot odečtů.

Pro dynamické posouzení testované konstrukce 7 slouží další větev měřící linky vycházející z druhé vstupní odečítací jednotky 11' příslušné druhému čidlu 18 veličiny 1 odezvy testované konstrukce 7, odkud je zavedena na vzájemně propojenou integrační soustavu 22 jednotek 13, 14 a 15, kde jednotka 13 zajišťuje funkci posuvného registru, jednotka 14 vyhodnocuje průběžně rozdíl časově posunutých odečtů získávaných z výstupů posuvného registru a integrační jednotka 15 upravuje rozdíly prováděné jednotkou 14 na jejich absolutní hodnotu a soustavou



integrátorů průběžně přičítá do souboru integrátoru integrační jednotky 15 posloupnost rozdílových odečtů odpovídajících příslušnému časovému zpoždění odečtů. Stavy těchto integrátorů integrační jednotky 15 jsou ve zvolených periodách automaticky přepisovány do třetí výstupní integrační paměti 16.

Z obsahu třetí výstupní integrační paměti 16 lze získat jednotlivé koeficienty funkce 5, jejíž informační obsah je obdobný jako u autokorelační funkce, ale její grafické znázornění, viz obr. 3, poskytuje přehlednější podobu pro odhad obvykle vyhodnocovaných dynamických parametrů stavební konstrukce získaných dynamickou zatěžovací zkouškou stavebních konstrukcí.

Na místo posloupnosti průběžně sumarizovaných součinů odečtů podle časového posuvu 8 odečtů měřené veličiny 1 v případě vyhodnocování autokorelační funkce jsou průběžně sumarizovány rozdíly 6 odečtů podle časového posuvu 8 odečítáním porovnávaných odečtů měřené veličiny 1, tyto rozdíly 6 jsou integrační jednotkou 15 sumarizovány v jejich absolutní hodnotě, takže odečtem přírůstku stavu na výstupu integrační jednotky 15, resp. na třetí výstupní paměti 16 v testovacím intervalu se získá funkce 5 s informačním obsahem blízkým autokorelační funkci a to v digitalizované formě souboru zhruba sta hodnot, resp. koeficientů funkce 5. Jelikož tato funkce 5 vznikla jasným algebraickým postupem, lze ji zpětně přepočtem převést např. na klasickou formu autokorelační funkce, nebo využít pro přibližnou frekvenční analýzu ve frekvenčním pásmu prováděného testu s šířkou cca 1 řád.

Výhodou vyjádření frekvenčně amplitudových vlastností funkce 5 je to, že její grafické znázornění obr. 3 umožňuje snadný orientační odhad všech souvislostí, které jsou obvyklým smyslem dynamického zkoušení stavebních konstrukcí.

Spodní obálkovou křivku 9 lze považovat za úroveň vibrací konstrukce 7, kterou nelze snížit jinak než omezením dynamického přetížení provozem. Horní obálková křivka 10 charakterizuje celkový důsledek dynamického přetížení konstrukce 7. Poměr úrovní, ke kterým obálkové křivky 9 a 10 konvergují, popisuje úroveň dynamického přizpůsobení konstrukce 7 reálnému dynamickému přetížení testované konstrukce 7. Z vlastního průběhu funkce 5 lze snadno posoudit význam vlastních frekvencí konstrukce 7 a to obvykle v rozsahu tří základních tvarů kmitání

konstrukce 7 a případně i závažnost periodické složky přídavného zatížení ve frekvenčním rozsahu těchto základních vlastních frekvencí testované konstrukce 7. Tím, že vynálezem doporučená funkce 5 vychází z e sumarizace rozdílu a ne jako korelační funkce ze součinů odpovídají amplitudy periodických složek funkce 5 lineárně středním hodnotám amplitud periodických složek veličiny 1 charakterizující odezvu testované konstrukce 7 na provozní přetížení během časového intervalu testování, navíc lze díky této linearitě a digitální formě vyjádření průběhu funkce 5 snadno transformovat frekvenční analýzou do obvyklé formy frekvenčně amplitudového diagramu. V důsledku sumarizace absolutních hodnot rozdílů odečítané veličiny 1 dochází v půlvině odpovídající záporné půlvině nejvýraznější periodické složky průběhu funkce 5 k výraznému potlačení jejího vlivu na průběh funkce 5, takže v těchto intervalech lze snadněji odhadovat frekvence a amplitudy ve vyšších harmonických složkách funkce 5.

Komplexnost příkladné aplikace metody a zařízení podle vynálezu vyplývá též z toho, že jednoduchou analýzou dat shromážděných během testu ve výstupních integračních pamětech 16, 20 a 21 lze získat přes pravděpodobnostní porovnání histogramů 3 a 4 znázorněných na obr.1 základní pracovní diagram uvedený na obr.2, který je zpravidla hlavním smyslem a cílem statických zatěžovacích zkoušek, zejména opakovaných. Metoda podle vynálezu vychází ze zjednodušujícího předpokladu, že úrovně veličin, jejichž výskyt je stejně pravděpodobně větší než reálně odečítaná hodnota, lze považovat za sobě odpovídající hodnoty souřadnic bodu pracovního diagramu obr. 2 . Za tímto účelem jsou do prvního a druhého třídícího integračního zařízení 12 a 12' přiváděny odečty s intervalem odečítání delším než je trojnásobek intervalu periody první vlastní frekvence testované konstrukce 7 tak, aby nedošlo ke zkreslení vyhodnocované statické závislosti konstrukce 7 dynamicky zesílenými frekvenčními složkami provozního přetížení.

Naopak pro testovací linku ukončenou třetí výstupní integrační pamětí 16 s výstupem pro testování odezvy na dynamické přetížení je nutné zajistit frekvence odečtů minimálně 3x větší než je nejvyšší vlastní frekvence mostovky, která je ještě u mostních konstrukcí 7 v rozsahu významných frekvenčních složek provozního přetížení, nebo-li vlastních frekvencí náprav vozidel, pro které je most určen.

### Průmyslová využitelnost

Vynález je určen pro účely z hospodárnění organizace údržby staveb, ale jedná se o obecný diagnostický přístup, který lze přizpůsobit potřebám mnoha dalších průmyslových oblastí, kde nelze připustit výpadek funkce za účelem provedení diagnostických testů.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zkušební testovací metoda pro testování konstrukcí, zejména stavebních, zatěžovaných při provozu časově proměnným zatížením, která vychází z periodického odečtu kontrolované veličiny (1) charakterizující odezvu na provozní zatížení, které je reprezentováno veličinou (2), případně i z odečtu další veličiny charakterizující provozní zatížení, **vyznačující se tím, že** se provede nejprve první testování, s výhodou co nejdříve po dokončení realizace konstrukce (7) tak, že se pro odhad statických vlastností testované konstrukce (7) ve zvolených časových intervalech, jejichž délka je minimálně 3 krát delší než je mezní nejnižší základní vlastní frekvence odpovídající prvnímu vlastnímu tvaru kmitání testované konstrukce (7), odečítá veličina (2) charakterizující provozní zatížení, načež informační obsah odečtů se průběžně třídí podle četnosti výskytu odečtené velikosti veličiny (2) a průběžně se četnost výskytu přičítá jako součást aktuální hodnoty průběžně vytvářeného histogramu (3) příslušného odečtům veličiny (2) a zároveň se stejným způsobem vytváří histogram (4) četností výskytu velikosti odečtů veličiny (1) charakterizující odezvu na časově proměnné přetížování za provozu s tím, že se tyto odečty provádějí minimálně s periodou 3 krát menší než odpovídá nejvyšší vlastní frekvenci testované konstrukce (7), načež se pro potřeby odhadu statických vlastností testované konstrukce (7), resp. statického pracovního diagramu této konstrukce (7) filtruje počet odečtů na odečtovou frekvenci obdobnou frekvenci odečtů veličiny (2) tak, že se odečet s nižší periodou získá cestou součtu odečtů provedených v kratších intervalech během intervalu mezi odečty se sníženou frekvencí odečtů pomocí uvedené filtrace a ze získaných histogramů (3) a (4) se provede dodatečná analýza časového vývoje provozního přetížení a souvislosti dynamické odezvy a celkového provozního přetížení, a dále se pro testování dynamické funkce konstrukce (7) při reálném provozním přetížení využije plný počet odečtů veličiny (1) odpovídající odezvě testované konstrukce (7) na provozní přetížení tak, že je z této posloupnosti průběžně vyhodnocována autokorelační funkce nebo funkce (5) s informačním obsahem blízkým autokorelační funkci, jejíž koeficienty se získají tak, že se v každé odečtové

periodě porovná poslední odečet veličiny (1) s odečtem provedeným s časovým odstupem (6) příslušným vyhodnocovanému koeficientu funkce (5) a tyto výstupy se po porovnání průběžně přičítají v každé periodě k takto aktualizované hodnotě koeficientu funkce (5) a paralelně se průběžně obdobně vyhodnocují další koeficienty odpovídající příslušným časovým zpožděním (6), čímž se udržuje aktualizovaná hodnota funkce (5) odpovídající plnému intervalu testování konstrukce (7), přičemž aktuální stavy funkce (5) se periodicky ukládají do výstupní paměti (16) pro účely dodatečného analytického vyhodnocení testu a celý tento uvedený postup se opakuje ve zvoleném časovém odstupu a takto získané a zaregistrované hodnoty funkce (5) se porovnávají s hodnotami získanými a zaregistrovanými v předešlém testování a výsledky porovnání se analyzují za účelem posouzení změn mechanických vlastností testované konstrukce (7) a změn dynamického přitěžování testované konstrukce (7).

2. Zkušební testovací metoda podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** pro získání funkce (5) blízké svým informačním obsahem autokorelační funkci veličiny (1) charakterizující odezvu stavební konstrukce (7) na časově proměnné provozní přetížení této konstrukce (7) se průběžně porovnávají rozdíly časově posunutých odečtů, z těchto rozdílů se pak průběžně a souběžně vytváří absolutní hodnota, načež se každá z těchto absolutních hodnot rozdílů v periodě shodné s periodou odečtů přičte k příslušné aktuální hodnotě koeficientu funkce (5).
3. Zkušební testovací metoda podle nároku 1 a 2 **vyznačující se tím, že** získaná funkce (5) v grafickém znázornění se využije pro orientační dynamické posouzení konstrukce tak, že spodní obálková křivka (9) je považována za odezvu konstrukce (7) na neperiodické složky dynamického přetížení testované stavební konstrukce, přičemž horní obálková křivka (10) je zobrazením celkového dynamického přetížení a poměr úrovní hodnot těchto obálkových křivek (9) a (10) charakterizuje úroveň přizpůsobení dynamických vlastností konstrukce (7) reálným provozním zdrojům dynamického přitěžování, přičemž náběhová fáze funkce (5) se využije pro odhad frekvence dynamického zatěžování, která

je pro konstrukci (7) nejméně žádoucí a porovnání grafických znázornění testů provedených s časovým odstupem se využije pro určení frekvence, ve které došlo v realitě k největším změnám testované dynamické funkce konstrukce (7) nebo parametrů dynamického přetěžování, z čehož se vychází při hledání příčiny této změny a návazně příslušných poruch.

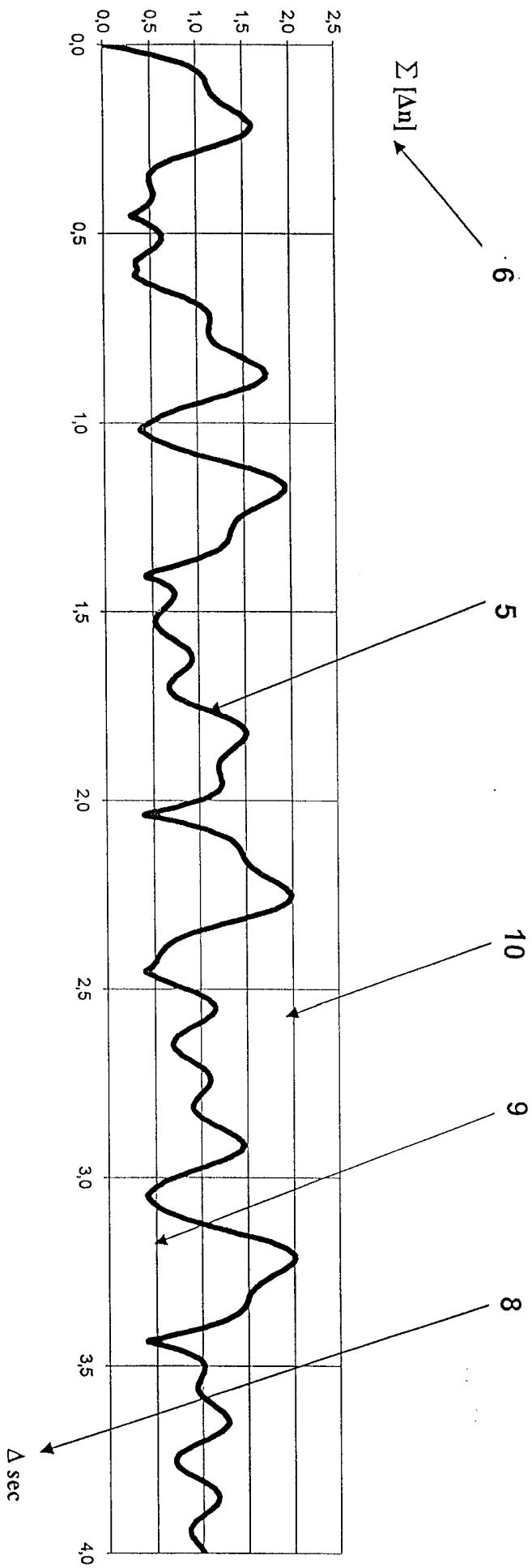
4. Zkušební testovací metoda podle nároků 1, 2 a 3 **vyznačující se tím, že** pro odhad statických vlastností testované stavební konstrukce (7) se porovná histogram (3) zatížení a histogram (4) odezvy tak, že hodnoty, které odpovídají stejné pravděpodobnosti výskytu menších odečtů než je porovnávaná úroveň u histogramů (3) a (4), jsou považovány za hodnoty, které si odpovídají při statickém přetížení jako výchozí hodnoty pro vytvoření pracovního diagramu.
5. Zařízení k provádění způsobu podle nároku 1 až 4, jehož vstupní část tvoří obvyklý systém dálkového automatizovaného odečtu mechanických veličin ve vstupní odečítací jednotce (11, 11') charakterizujících odezvu na časově proměnné přetěžování konstrukce (7), zejména stavební, za provozu a systém měření mechanických veličin čidly (18, 19) s jednoznačnou závislostí výstupních signálů na časově proměnném přetěžování konstrukce (7) za provozu vybavený systémem umožňujícím odečítat stav mechanických veličin s frekvencí odečtu nejméně třikrát vyšší než je žádoucí horní frekvenční mez testování, přičemž je výhodné rozdělení analogo-digitálního převodníku na analogo-frekvenční převodník jako součást čidla a frekvenčně-digitální převodník jako součást odečítací, vyhodnocovací a registrační části zkušební testovacího zařízení podle vynálezu **vyznačujícího se tím, že** sestává ze dvou větví, kde jedna je tvořena první odečítací jednotkou (11), jejíž výstup je spojen se vstupem prvního třídícího integračního zařízení (12) majícího výstupy propojeny se vstupy první výstupní integrační paměti (20), a druhá větev je tvořena druhou odečítací jednotkou (11'), jejíž výstup je spojen jednak přes integrační filtr (17) na vstup druhého třídícího zařízení (12'), jehož výstup je propojen s druhou výstupní integrační pamětí (21) a jednak přes integrační soustavu (22) se třetí výstupní integrační pamětí (16), přičemž

integrační soustava (22) je na vstupu tvořena jednotkou (13) s funkcí posuvného registru, jejíž výstupy jsou přes jednotku (14) průběžného vyhodnocování rozdílu časově posunutých odečtů spojeny se vstupy integrační jednotky (15), jejíž výstupy jsou výstupem integrační soustavy (22).

6. Zařízení podle nároku 5 **vyznačující se tím, že** jako součást prvního a druhého čidla (18) a (19) s analogo-frekvenčním převodníkem jsou použity strunové snímače mechanických veličin (1) a (2).

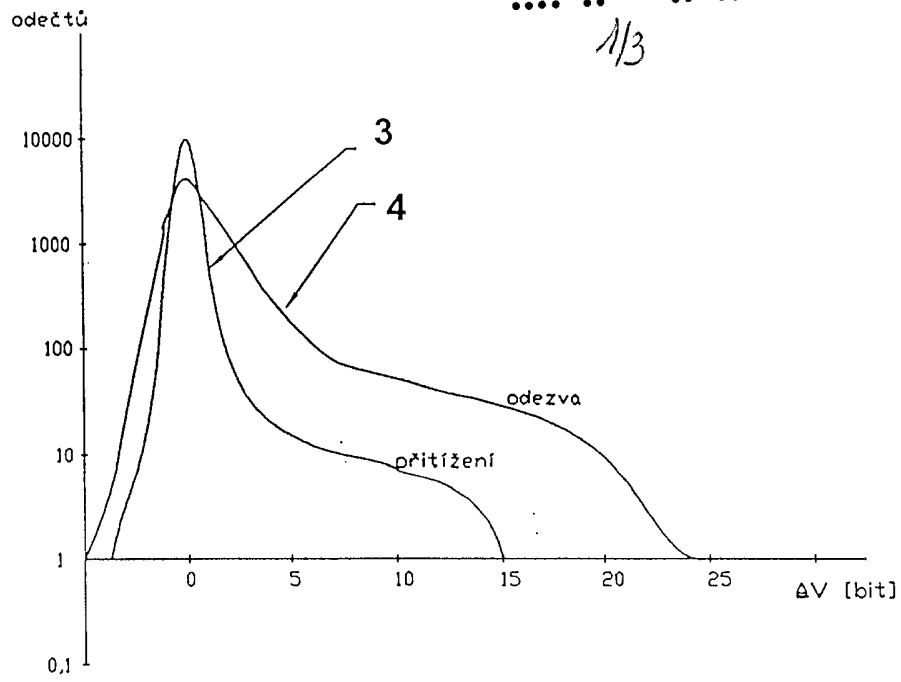
28.03.03

2/3

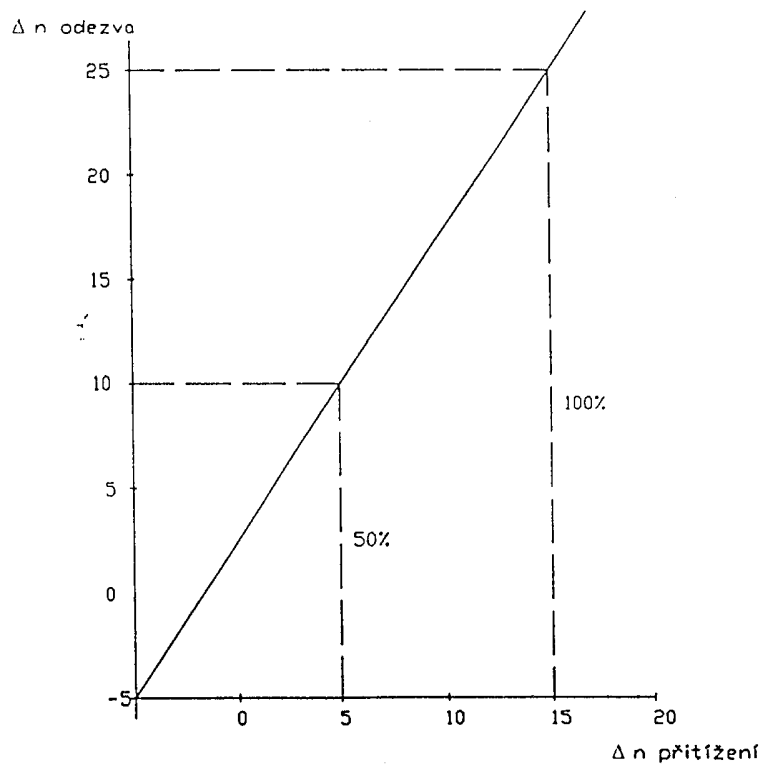


OBR.3





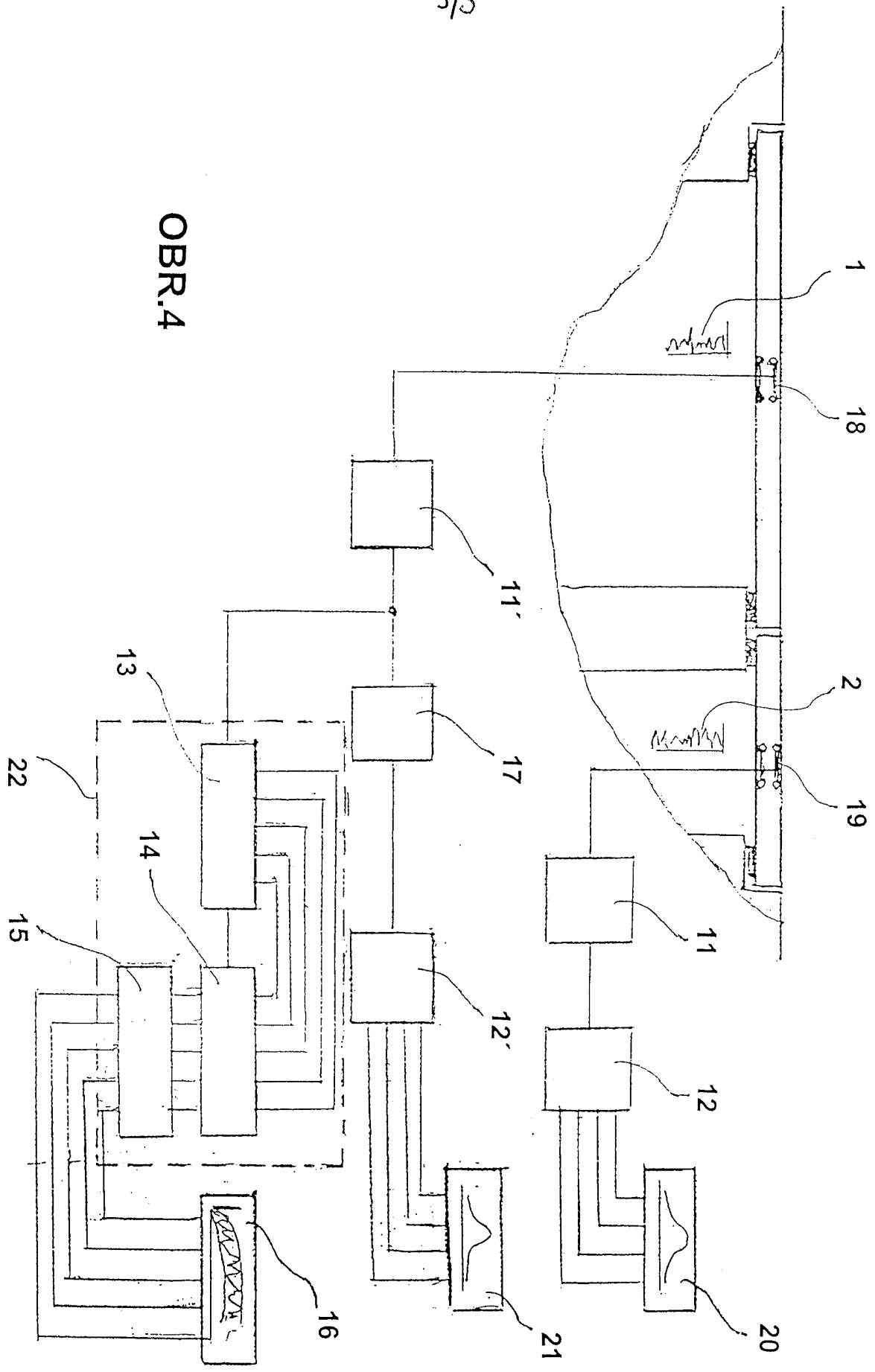
OBR.1



OBR.2

26.05.03

3/3



OBR.4