

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **218294**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **387115**

(22) Data zgłoszenia: **24.01.2009**

(51) Int.Cl.

**G01M 7/02 (2006.01)**

**G01H 11/08 (2006.01)**

**G08C 17/02 (2006.01)**

(54) **Sposób monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu i układ do monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.08.2010 BUP 16/10**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**28.11.2014 WUP 11/14**

(73) Uprawniony z patentu:

**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PRZEMYSŁAW KOŁAKOWSKI, Nieporęt, PL**  
**DAMIAN SALA, Kielce, PL**  
**KRZYSZTOF SEKUŁA, Warszawa, PL**  
**ANDRZEJ ŚWIERCZ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Anna Bełz**

**PL 218294 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu i układ do monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu.

Znany jest z opublikowanego opisu patentowego Stanów Zjednoczonych AP nr US 2007006653 system monitorowania konstrukcji, posiadający aktywatory piezoelektryczne wywołujące fale sprężyste w konstrukcji. Na konstrukcji są zainstalowane zintegrowane urządzenia, które dzięki zastosowaniu przetworników piezoelektrycznych pełnią naprzemiennie rolę aktywatorów, generujących sygnał i czujników rejestrujących. Urządzenia te, wyposażone w moduły akwizycji i transmisji danych, rejestrują zmiany propagacji fal sprężystych w konstrukcji na skutek powstawania w niej defektów w trakcie eksploatacji, a następnie transmitują - w trybie bezprzewodowym - dane pomiarowe do odległego centrum analizy. Przesłane sygnały są analizowane w celu oceny stanu konstrukcji.

Znany jest także z opublikowanego opisu US6240783 system monitorowania mostów, w którym drgania konstrukcji są rejestrowane przez urządzenie laserowe, wysyłające wiązkę światła na badany fragment lub fragmenty konstrukcji, która po odbiciu od konstrukcji mostu jest poddana obróbce do postaci sygnału elektrycznego. Sygnał ten jest następnie przesyłany bezprzewodowo do centrum obliczeniowego, gdzie jest analizowany.

Sposób według wynalazku polega na tym, że tworzy się model numeryczny konstrukcji mostu, na podstawie którego ustala się optymalne usytuowanie czujników monitorujących na elementach konstrukcji. Korzystnie tuż przed wjazdem na most rejestruje się - za pomocą odrębnej grupy czujników umieszczonych na trasie przejazdu jednostek transportu - sygnały o masie, prędkości i liczbie tych jednostek transportowych, po czym rejestruje się, przekazywane przez czujniki monitorujące, drgania wybranych uprzednio elementów konstrukcji mostu, wywołane przemieszczaniem się jednostek transportowych po moście. Następnie zarejestrowane sygnały czujników monitorujących i wskazania czujników umieszczonych na trasie przejazdu przekazuje się do lokalnych modułów, w których dokonywane jest przystosowanie odbieranych sygnałów do ich transmisji do oddalonego serwera zarządzającego. Na podstawie przesłanych sygnałów określa się nacisk osiowy i/lub liniowy, masę, liczbę i prędkość każdej jednostki transportowej oraz stan poszczególnych elementów konstrukcji kratownicowej w porównaniu ze stanem referencyjnym, po czym gromadzi się wyniki z analiz kolejnych transmisji sygnałów i na ich podstawie tworzy się prognozę stanu konstrukcji.

Według przedstawionego sposobu można z jednego serwera zarządzającego monitorować konstrukcje wielu mostów eksploatowanych na określonym obszarze.

W celu oszczędzania energii, układ monitorowania konstrukcji aktywizuje się przed wjazdem jednostki transportowej na most, zaś po przemieszczeniu się jej, układ monitorowania wprowadza się w stan pasywny.

Przedmiotem wynalazku jest także układ do monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu. Układ składa się z bloku identyfikacji parametrów jednostek transportu i bloku monitorowania konstrukcji mostu. Blok identyfikacji parametrów posiada czujniki do określania masy, prędkości i liczby tych jednostek transportowych. Czujniki te są umieszczone na trasie przejazdu jednostek transportu, korzystnie przed wjazdem na most, przy czym czujniki są połączone poprzez bufor akwizycji z modułem obróbki danych pomiarowych i transmisji bezprzewodowej dalekiego zasięgu. Moduł obróbki danych jest sprzęgnięty z blokiem monitorowania korzystnie za pośrednictwem bezprzewodowego łącza bliskiego zasięgu.

Blok monitorowania składa się z czujników zainstalowanych na elementach konstrukcji kratownicowej, sprzęgniętych poprzez urządzenia rejestrujące z odrębnym modułem bezprzewodowej transmisji sygnałów na dużą odległość. Moduły obu bloków wyposażone są w nadajniki, które sprzęgnięte są z odbiornikiem serwera zarządzającego.

Zespoły bloku identyfikacji parametrów i bloku monitorowania mają niezależne zasilanie w energię elektryczną, przy czym jako źródło zasilania wykorzystuje się korzystnie ogniwa fotowoltaiczne.

Alternatywne źródło zasilania zespołów bloku identyfikacji parametrów i bloku monitorowania stanowi korzystnie energia pozyskiwana z drgań konstrukcji mostu.

Sposób umożliwia pomiar odpowiedzi dynamicznej mostu, poddanego obciążeniu o znanych parametrach. Mierzoną wielkością są zmienne w czasie odkształcenia będące wynikiem drgań konstrukcji w zakresie niskich częstotliwości tj. 0 - 1000 Hz. Sposób umożliwia skuteczne wykorzystanie Metody Dystorsji Wirtualnych, za pomocą której rozwiązuje się odwrotne zadanie identyfikacji parametrów konstrukcji w dziedzinie czasu przy pomocy algorytmu gradientowej optymalizacji, porównując

bieżącą odpowiedź konstrukcji z odpowiedzią referencyjną, służącą jako wzorzec w danych warunkach pomiaru. Niezbędnym elementem procedury oceny stanu technicznego konstrukcji jest identyfikacja parametrów (tj. prędkości, masy, liczby) jednostek transportu przejeżdżających przez most, mająca na celu określenie dynamicznego obciążenia mostu.

Sposób monitorowania odpowiedzi konstrukcji poddanej znanemu obciążeniu umożliwia wskazanie uszkodzonego elementu konstrukcji i określenie intensywności degradacji sztywności i/lub ubytku masy w tym elemencie. Wynik tej identyfikacji pozwala na ocenę stanu konstrukcji kratownicy, jak również na prognozę tego stanu w kolejnych okresach użytkowania, co umożliwia określenie wytycznych dla zarządcy, co do dalszej eksploatacji mostu.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony bliżej w przykładzie wykonania zobrazowanym rysunkiem, na którym fig. 1 przedstawia rozmieszczenie czujników, a fig. 2 - schemat blokowy układu.

Przed wjazdem na most **1** kolejowy są zainstalowane dwa bloki identyfikacji parametrów **2**. Jako pierwszy od strony jazdy środka transportu, jest umieszczony czujnik **3**, do aktywacji bloku identyfikacji parametrów **2**, dalej zaś piezoelektryczne czujniki **4** do określania masy i prędkości wagonów w ruchu, rejestrujące sygnał czasowy, charakterystyczny dla przejeżdżającego pociągu, oraz do rejestrowania liczby wagonów. Czujniki **3** i **4** są połączone z buforem **5** akwizycji danych, z którego sygnały przesyłane są do modułu **6** przetwarzania danych gdzie podlegają wstępnej obróbce w celu przystosowania do transmisji dalekiego zasięgu. Moduł **6** jest połączony z nadajnikiem **7**, za pośrednictwem którego dane o jednostkach transportu przekazywane są bezprzewodowym łączem do oddległego serwera zarządzającego **8**. Ponadto sygnał, wysyłany przez moduł **6** w trybie łączności bezprzewodowej bliskiego zasięgu, aktywizuje blok monitorowania **9** konstrukcji mostu **1**, który składa się z piezoelektrycznych czujników **10** sprzęgniętych poprzez zintegrowane urządzenia rejestrujące **11** i bezprzewodowe łącze bliskiego zasięgu z modułem **12** przetwarzania danych i nadajnikiem **13**. Serwer zarządzający **8** jest wyposażony w odbiornik sygnałów **14** przekazywanych z nadajników **7** i **13**.

Piezoelektryczne czujniki **10** zainstalowane są na elementach kratownicy mostu **1**, przy czym ich lokalizacja jest określona na podstawie analizy uprzednio sporządzonego modelu numerycznego konstrukcji mostu **1**. Źródłami zasilania **15** buforu **5**, modułów **6** i **12** oraz nadajników **7** i **13** są ogniwa fotowoltaiczne. Także każde urządzenie rejestrujące **11** jest przyłączone do własnego źródła zasilania **15**, które również stanowi ogniwo fotowoltaiczne.

Wymuszone przejazdem pociągu drgania elementów konstrukcji mostu, na których zainstalowano czujniki **10**, są zapisywane przez urządzenia rejestrujące **11** w postaci zmiennego w czasie sygnału elektrycznego. Po przejeździe pociągu przez most **1**, odpowiedzi dynamiczne konstrukcji są przesyłane z urządzeń rejestrujących **11**, w trybie transmisji bezprzewodowej bliskiego zasięgu, do modułu **12**, w którym sygnały są obrabiane w celu przystosowania do transmisji dalekiego zasięgu, a następnie dane są przesyłane poprzez nadajnik **13** do oddalonego serwera zarządzającego **8**. Po przesłaniu danych blok identyfikacji parametrów **2** i blok monitorowania **9** wprowadza się w stan pasywny.

Na komputerze współpracującym z serwerem zarządzającym **8** dokonywana jest analiza danych, nadesłanych z bloku identyfikacji parametrów **2** i bloku monitorowania **9**, na podstawie której następuje identyfikacja prędkości pociągu, masy każdego wagonu, liczby wagonów, nacisku osiowego i/lub liniowego oraz porównywanie danych o zachowaniu się konstrukcji w istniejących warunkach pomiaru z danymi referencyjnymi, służącymi jako wzorzec w podobnych warunkach pomiaru. W wyniku tego porównania dokonywana jest ocena uszkodzeń konstrukcji, interpretowanych jako degradacja sztywności i/lub ubytku masy elementów. Po dokonaniu analizy wyniki są prezentowane w postaci raportu zawierającego informacje o stanie konstrukcji mostu oraz instrukcje postępowania w przypadku uzyskania wyników odbiegających od normalnych.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób monitorowania konstrukcji kratownicowej mostu z wykorzystaniem czujników zainstalowanych na prętach konstrukcji, od których sygnały przekazuje się bezprzewodowo do serwera zarządzającego, zaś wyniki analiz przesyła się do administratora obiektu, **znamienny tym**, że tworzy się model numeryczny analizowanej konstrukcji, i w oparciu o ten model ustala się optymalne lokalizacje czujników na konstrukcji mostu, oraz instaluje na trasie przejazdu jednostek transportu, korzystnie przed wjazdem na most, czujniki rejestrujące masę, prędkość i liczbę tych jednostek a następnie po

przemieszczeniu się jednostki transportu dokonuje się porównania odpowiedzi dynamicznej konstrukcji mostu w warunkach rzeczywistego obciążenia z danymi referencyjnymi i stosując Metodę Dystorsji Wirtualnych określa się stan konstrukcji, w szczególności miejsce i intensywność ewentualnych uszkodzeń.

2. Sposób monitorowania konstrukcji według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po teletransmisji danych i po przemieszczeniu się środków transportu poza most, układ monitorowania wprowadza się w stan pasywny.

3. Układ do monitorowania konstrukcji mostu, zawierający czujniki zainstalowane na prętach konstrukcji kratownicowej, które są sprzęgnięte bezprzewodowo z nadajnikami bezprzewodowej transmisji danych na dużą odległość, **znamienny tym**, że zawiera blok identyfikacji parametrów (2), oraz blok monitorowania (9), przy czym blok identyfikacji parametrów (2) składa się z czujników (3) i (4), umieszczonych na trasie przejazdu jednostki transportu, połączonych poprzez bufor (5) i moduł (6) z nadajnikiem (7) bezprzewodowym dalekiego zasięgu, zaś czujniki (10) bloku monitorowania (9), zainstalowane na elementach konstrukcji kratowej mostu (1), są sprzęgnięte poprzez urządzenia rejestrujące (11) i bezprzewodowe łącze bliskiego zasięgu z modułem (12), który połączony jest z nadajnikiem (13) bezprzewodowym dalekiego zasięgu, przy czym zespoły bloku identyfikacji parametrów (2) i bloku monitorowania (9) mają odrębne źródła zasilania (15) w energię elektryczną, zaś serwer zarządzający (8) jest wyposażony w odbiornik (14) sygnałów z nadajników (7) i (13).

4. Układ do monitorowania konstrukcji według zastrz. 5, **znamienny tym**, że czujniki (3) i (4) umieszczone na trasie przejazdu są zainstalowane w pobliżu wjazdu na most (1).

5. Układ do monitorowania konstrukcji według zastrz. 5, **znamienny tym**, że czujniki (4) umieszczone na trasie przejazdu są zainstalowane na moście (1).

6. Układ do monitorowania konstrukcji według zastrz. 5, **znamienny tym**, że źródło zasilania (15) stanowią ogniwa fotowoltaiczne lub energia pozyskiwana z drgań mostu.

7. Układ do monitorowania konstrukcji według zastrz. 5, **znamienny tym**, że moduł (6) jest sprzęgnięty z blokiem monitorowania (9) za pośrednictwem bezprzewodowego łącza bliskiego zasięgu.

Rysunki

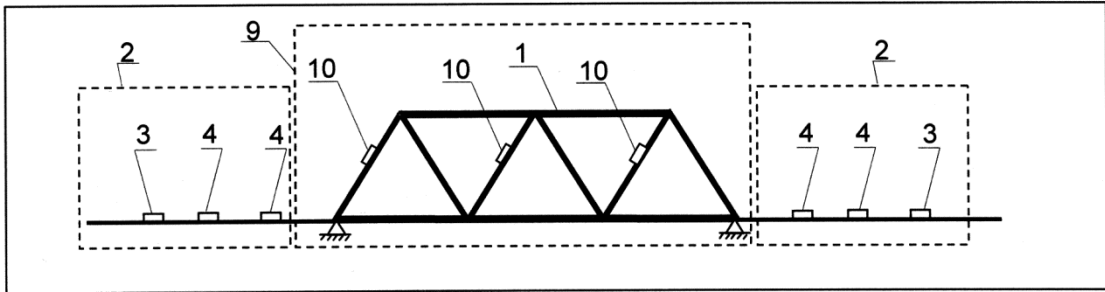


Fig. 1

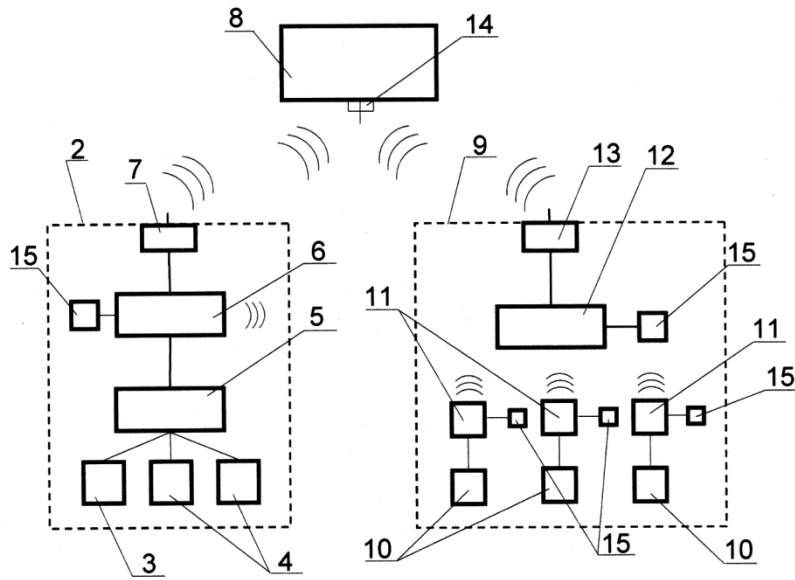


Fig. 2

