



Projekt kluczowy nr POIG.01.01.02-00-013/08 pt. „Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji i Ocena Jej Żywotności” – projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka

ZP/PN/06/2012

Załącznik nr 2

Dotyczy: postępowania o udzielenie zamówienia publicznego w trybie przetargu nieograniczonego **na opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnego systemu ELGRID do wykrywania spękań w konstrukcjach betonowych** - znak sprawy: ZP/PN/06/2012.

OPIS TECHNICZNY

Przedmiot zamówienia: opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnego systemu ELGRID do wykrywania spękań w masywnych elementach betonowych

Opis:

Przedmiotem zamówienia jest opracowanie technologii wytwarzania innowacyjnego systemu ELGRID, zdolnego do wykrywania spękań w masywnych elementach betonowych oraz weryfikacja opracowanych rozwiązań w warunkach laboratoryjnych i polowych.

Przedmiot zamówienia obejmuje:

- a) opracowanie technologii wykonania przewodzących czujników pękających, sposobu ich instalacji na powierzchni betonu oraz weryfikacja skuteczności proponowanego rozwiązania,
- b) opracowanie technologii łączenia czujników pękających we wspólnym obwodzie elektrycznym wraz z układami elektronicznymi realizującymi funkcję zasilania, pomiarów oraz bezprzewodową transmisję danych,
- c) weryfikację działania modelu badawczego systemu ELGRID na belkach i płytach betonowych w warunkach laboratoryjnych,
- d) weryfikację działania modelu badawczego systemu ELGRID w warunkach polowych z zainstalowanym systemem monitorowania na rzeczywistym obiekcie budowlanym.

1. Opis ogólny.

Celem usługi badawczej jest opracowanie technologii realizujących koncepcję systemu monitorowania ELGRID oraz weryfikacja działania tego systemu w warunkach laboratoryjnych i polowych. Koncepcja systemu ELGRID, opracowana przez Zamawiającego, polega na zastosowaniu zestawu czujników elektrycznych zamontowanych na konstrukcji betonowej do obserwacji postępującego stanu spękań. Pojedynczym czujnikiem jest dowolne połączenie przewodzące wykonane na powierzchni badanej konstrukcji, ulegające przerwaniu na skutek pojawienia się lub rozwoju pęknięcia.

Wielkość oraz rozmieszczenie czujników w polu pomiarowym są dobrane w sposób umożliwiający śledzenie spodziewanego scenariusza rozwoju szczelin. Zgodnie z koncepcją systemu ELGRID, czujniki nie są monitorowane indywidualnie lecz są połączone z dodatkowym

obwodem elektrycznym. Tworzą one spójną, pasywną sieć rezystorów i kondensatorów (RC) o zaprojektowanej topologii, która jest monitorowana globalnie. Każdy czujnik znajduje się w osobnej gałęzi powstałej sieci, najczęściej w szeregowym połączeniu z rezystorem lub kondensatorem tak, że efektem przerwania czujnika jest spadek przewodności lub pojemności w gałęzi sieci.

Monitorowanie stanu czujników polega na zasilaniu sieci elektrycznym sygnałem testowym, pomiarach odpowiedzi tej sieci na sygnał testowy w wybranych węzłach oraz identyfikacji uszkodzonych gałęzi poprzez rozwiązanie zadania odwrotnego, które polega na dostrojeniu parametrów modelu sieci na podstawie różnic pomiędzy odpowiedziami zmierzonymi i odpowiedziami symulowanymi numerycznie. Sygnałem testowym jest zmienny sygnał niskonapięciowy, będący złożeniem kilku funkcji harmonicznymi, o skończonym czasie trwania.

Sygnałami pomiarowymi są potencjały elektryczne w węzłach sieci, mierzone w odniesieniu do wspólnej masy. Procedury numeryczne do identyfikacji uszkodzeń w sieci na podstawie zmierzonych odpowiedzi będą dostarczone Wykonawcy w formie bibliotek funkcji stworzonych dla środowiska obliczeniowego Scilab.

Pierwsze z zadań **(a)** obejmuje opracowanie technologii wykonania czujników przewodzących do detekcji pęknięć powstających w konstrukcjach betonowych. Czujniki te mają spełniać następujące wymagania:

- utrata ciągłości elektrycznej przy pojawieniu się pęknięcia w określonym zakresie szerokości szczeliny,
- dobra adhezja do powierzchni betonowej,
- powtarzalność parametrów elektrycznych,
- powtarzalność parametrów mechanicznych,
- izolacja elektryczna od badanej powierzchni,
- odporność na działanie zmiennych warunków środowiskowych,
- niska cena jednostkowa czujnika.

Ponadto, Wykonawca ma przedstawić sposób instalacji czujników na monitorowanej powierzchni, a także sposób przygotowania badanej powierzchni. Montaż musi być przeprowadzony w sposób nieinwazyjny, w szczególności nie jest dopuszczalne nawiercanie lub skuwanie powierzchni betonowych.

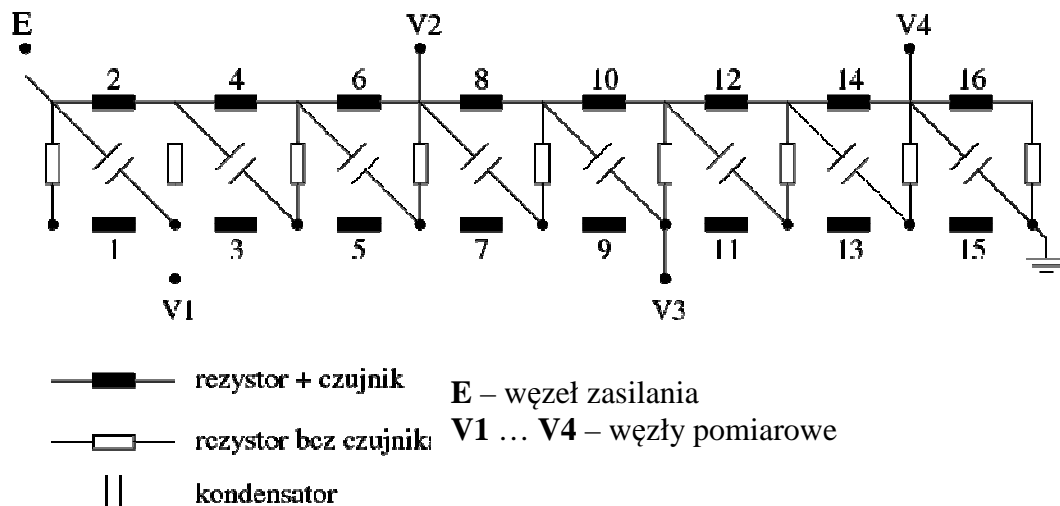
W ramach tego zadania wymagane jest od Wykonawcy weryfikacja zakresu pomiarowego czujników w opracowanym przez siebie urządzeniu kalibracyjnym oraz wykonanie sieci testowej.

Zadanie drugie (b) obejmuje opracowanie sposobu łączenia czujników w sieć elektryczną zaprojektowanej topologii oraz opracowanie modułów elektronicznych umożliwiających diagnozowanie sieci. Moduły elektroniczne mają zawierać:

- układ do generowania zaprogramowanego sygnału zasilającego sieć czujników,
- układy do rejestracji przebiegu zmienności napięć w wybranych węzłach sieci,
- układ do bezprzewodowej transmisji danych pomiarowych na serwer wskazany przez Zamawiającego.

Wykonawca ma także opracować sposób łączenia czujników pomiarowych z obwodem elektrycznym.

Weryfikacja opracowanej technologii ma być dokonana dla dwóch wariantów konfiguracji sieci czujników. W wariantcie I, sieć ma zawierać 16 czujników skonfigurowanych w jednowymiarową strukturę drabinkową, o schemacie elektrycznym pokazanym na rys. 1.



Rys. 1. Schemat elektryczny sieci czujników w wariantcie I.

Układ ten ma służyć do wykrywania pęknięć poprzecznych powstających w zginanych belkach betonowych. W wariantcie II, sieć ma zawierać łącznie 64 czujniki rozmieszczone regularnie na płaskiej powierzchni, skonfigurowane w cztery struktury drabinkowe. Sieć ta ma służyć do wykrywania spękań o nieokreślonej wielkości i ukierunkowaniu, powstających w płytach betonowych poddanych obciążeniom zmęczeniowym, w tym również obciążeniom udarowym. Układy elektryczne łączące układ czujników w spójną sieć RC muszą być dopasowane do wielkości i sposobu rozmieszczenia czujników oraz zapewniać odpowiednie wartości parametrów elektrycznych.

Układy elektroniczne realizujące funkcję zasilania i pomiarów (moduły I/O) muszą umożliwiać kontrolę parametrów generowanego sygnału testowego (wybór kształtu przebiegu, czasu trwania) oraz zapewniać odpowiednią liczbę zsynchronizowanych kanałów pomiarowych z możliwością doboru częstotliwości próbkowania.

Moduł podstawowy I/O do obsługi pojedynczej sieci drabinkowej o 16 czujnikach (wariant I) powinien zawierać jeden kanał zasilający oraz cztery kanały pomiarowe. Moduł rozszerzony I/O powinien umożliwiać obsługę do ośmiu sieci drabinkowych (jeden kanał zasilający, 32 kanały pomiarowe).

Analiza danych pomiarowych przeprowadzana będzie w zewnętrznym centrum obliczeniowym – transmisja danych pomiędzy siecią monitorującą a centrum obliczeniowym powinna się odbywać bezprzewodowo z wykorzystaniem serwera ftp wskazanego przez Zamawiającego. Dołączone oprogramowanie powinno umożliwić obsługę modułów I/O z poziomu platformy PC (system Windows lub Linux) oraz wykonanie identyfikacji uszkodzeń sieci czujników na podstawie dostarczonego kodu numerycznego.

Zadanie trzecie (c) obejmuje weryfikację w warunkach laboratoryjnych działania zainstalowanego modelu badawczego systemu ELGRID na przykładzie belek i płyt betonowych. Sieć monitorująca zamontowana na belce ma zawierać 16 czujników skonfigurowanych w pojedynczą strukturę drabinkową obsługiwaną przez moduł podstawowy I/O. Natomiast sieć monitorująca płytę ma zawierać 64 czujniki skonfigurowane w cztery struktury drabinkowe obsługiwane przez moduł rozszerzony I/O.

Zadanie czwarte (d) obejmuje weryfikacją działania modelu badawczego sieci monitorującej ELGRID zainstalowanej na rzeczywistej konstrukcji wskazanej przez Zamawiającego. Diagnostyka ma obejmować co najwyżej trzy wybrane lokalizacje o wymiarach nie większych niż 1m x 1m zainstalowanych na obiekcie,. Dane zarejestrowane przez układ pomiarowy mają być bezprzewodowo przesyłane do wskazanego centrum obliczeniowego. Monitorowanie uszkodzeń obiektu ma odbywać się w sposób ciągły przez okres 6 miesięcy, przy czym pomiary mają być rejestrowane w cyklu automatycznym co najmniej 1 raz w ciągu doby, a także zdalnie (przez internet) na każdorazowe żądanie użytkownika systemu.

Wymagania dotyczące parametrów technicznych elementów modelu badawczego systemu ELGRID

Czujniki pęknięć:

- długość ścieżki przewodzącej podatnej na pęknięcie: 20mm i 50mm, szerokość do 3mm,
- przerwanie czujnika w przedziale szerokości szczeliny 0,05 – 0,5mm,
- tolerancja parametrów mechanicznych i elektrycznych – 20%,
- izolacja elektryczna od podłoża,
- koszt wykonania pojedynczego czujnika – nie więcej niż 20zł.

Urządzenie do badania zakresu pomiarowego czujników:

- wymagana dokładność pomiaru rozwarcia szczeliny, przy której następuje pęknięcie czujnika: 0,05mm.

Parametry i funkcje modułu podstawowego I/O (obsługa sieci drabinkowej – 16 czujników):

- liczba wejść/wyjść: 4 kanały pomiarowe, 1 kanał zasilający,
- wejście zasilające: napięciowe 0-5V, min. 12-bit przetwornik C/A 5 kHz, programowalny bufor 256 próbek, bufor dodatkowy pozwalający na przechowywanie 4 sygnałów testowych,
- wyjścia pomiarowe: napięciowe 0-5V, min. 12-bit przetworniki A/C 5 kHz na kanał, bufony 512 próbek, opcja wyboru częstotliwości próbkowania,
- temperatura pracy: od -20 do +60 °C,
- obudowa klasy IP 65,
- sterowanie z poziomu komputera PC (połączenie przewodowe),
- instrukcja obsługi, dokumentacja techniczna, gwarancja 12 miesięcy.

Parametry i funkcje modułu rozszerzonego I/O (obsługa do 8 sieci drabinkowych – 128 czujników):

- liczba wejść/wyjść: 32 kanały pomiarowe, 1 kanał zasilający,
- wejście zasilające: napięciowe 0-5V, min. 12-bit przetwornik C/A 5 kHz, programowalny bufor 256 próbek, bufor dodatkowy pozwalający na przechowywanie 4 sygnałów testowych,
- wyjścia pomiarowe: napięciowe 0-5V, min. 12-bit przetworniki A/C 5 kHz na kanał, bufony 512 próbek, opcja wyboru częstotliwości próbkowania,
- temperatura pracy: od -20 do +60 °C,
- obudowa klasy IP 65,
- sterowanie z poziomu komputera PC (połączenie przewodowe i bezprzewodowe),
- instrukcja obsługi, dokumentacja techniczna, gwarancja 12 miesięcy.

Weryfikacja modułów I/O na przykładzie sieci testowej spełniającej wymagania:

- schemat elektryczny ośmiosegmentowej drabinki, zawierająca 18 punktów węzłowych,
- możliwość łatwego włączania elementu dyskretnego (np.. kondensatora) pomiędzy parę sąsiednich węzłów (połączenia bezlutowe),
- możliwość łatwego rozłączenia dowolnej gałęzi sieci (przełącznik, zworka),
- dostęp do wszystkich węzłów sieci w celu podłączenia zasilania lub pomiaru napięcia.

Parametry i funkcje modułu do bezprzewodowej transmisji danych:

- wykonanie testu sieci na żądanie lub w okresach zdefiniowanych przez użytkownika na wskazany serwer
- możliwość przesyłu danych pomiarowych ze wszystkich kanałów

Oprogramowanie do rejestracji danych, sterowania i wizualizacji wyników

Dostarczenie programu wraz z kodem źródłowym (C++, Java lub Python) w systemie Windows lub Linux i zawierającego następujące funkcje:

- obsługa modułów I/O (w połączeniu bezpośrednim i bezprzewodowym):
 - wybór, wgranie sygnału testowego,
 - ustawienie częstotliwości próbkowania sygnałów,
 - wykonanie testu sieci;
- odczyt danych pomiarowych z serwera ftp i zapis w określonym formacie (plain text),
- przygotowanie danych dla algorytmów numerycznych (model sieci, ustawienia algorytmów),
- wykonanie analizy odwrotnej przy wykorzystaniu dostarczonych bibliotek funkcji (w środowisku Scilab),
- wizualizacja wyników pomiarów oraz wyników identyfikacji uszkodzeń.

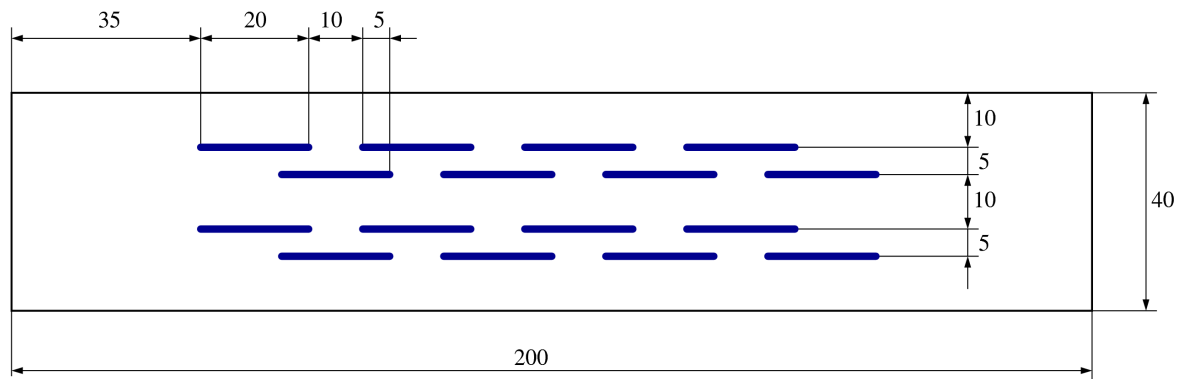
Wymagania dotyczące weryfikacji modeli badawczych systemu monitorowania ELGRID

Weryfikacja modeli badawczych systemu ELGRID w warunkach laboratoryjnych:

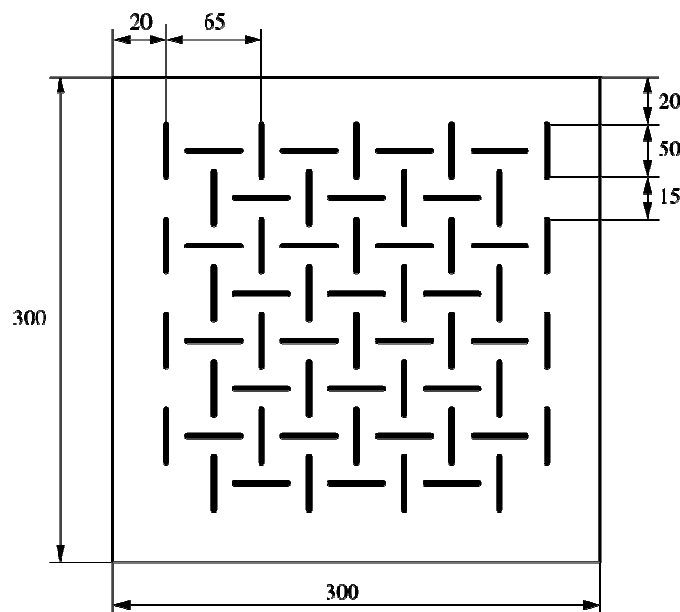
- wymiary belki (o prostokątnym przekroju poprzecznym): 200 x 40 x 10 mm (z dokładnością do 20%),
- wymiary prostokątnej płyty: 300 x 300 x 5 mm (z dokładnością do 20%),
- rozmieszczenie i wielkości czujników na belce i płycie według schematów podanych odpowiednio na rys. 2 i rys. 3.

Weryfikacja modeli badawczych systemu ELGRID w warunkach polowych:

- instalacja sieci czujników na obiekcie wskazanym przez Zamawiającego,
- wielkość pola pomiarowego o wymiarach nie większych niż 1m x 1m,
- liczba i rozmieszczenie czujników zgodne ze wskazaniami Zamawiającego (nie więcej niż 64 czujników w danej lokalizacji),
- system ma działać w zakresie temperatury -20 do +60°C (zainstalowany czujnik temperatury, zdalny podgląd),
- system ma działać przy względnej wilgotności powietrza do 90% (zainstalowany czujnik względnej wilgotności powietrza, zdalny podgląd),
- możliwość wykonania testu na żądanie użytkownika,
- po zakończeniu realizacji przedmiotu zamówienia ma być przeprowadzany cykl monitorowania na wyznaczonym obiekcie przez minimum 6 miesięcy. Test sieci ma odbywać się co najmniej 1 raz w ciągu doby,
- awarie systemu monitorowania mają być usunięte w ciągu 7 dni roboczych liczonych od dnia powiadomienia Wykonawcy.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia czujników na belce betonowej.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia czujników na płycie betonowej.

Wymagania dotyczące doświadczenia wykonawcy:

Wykonawca powinien wykazać się zrealizowaniem minimum jednej usługi o charakterze naukowo-badawczym lub udziałem w co najmniej jednym projekcie o takim charakterze.

Etapy realizacji:

Etap 1 (realizacja w ciągu 3 miesięcy od podpisania umowy, 35% kosztów) obejmuje:

- wstępne opracowanie technologii czujników pękających,
- opracowanie sposobu testowania zakresu pomiarowego czujników,
- projekt i wykonanie sieci testowej do weryfikacji modułów I/O,
- opracowanie modułu podstawowego I/O,
- weryfikacja działania modułu podstawowego I/O na sieci testowej,
- weryfikacja systemu w warunkach laboratoryjnych na przykładzie belki betonowej.

Etap 2 (realizacja w ciągu 6 miesięcy od podpisania umowy, 35% kosztów) obejmuje:

- a) wykonanie modułów podstawowych I/O do dalszych badań przeprowadzanych przez Zamawiającego (4 sztuki),
- b) wykonanie sieci czujników pękających na belkach betonowych,
- c) opracowanie modułu rozszerzonego I/O,
- d) weryfikacja działania modułu rozszerzonego I/O na sieci testowej,
- e) weryfikacja doświadczalna zakresu pomiarowego czujników pękających,
- f) weryfikacja systemu w warunkach laboratoryjnych na przykładzie płyty betonowej.

Etap 3 (realizacja w ciągu 9 miesięcy od podpisania umowy, 30% kosztów) obejmuje:

- a) wykonanie modułów rozszerzonych I/O do dalszych badań przeprowadzanych przez Zamawiającego (2 sztuki),
- b) opracowanie oprogramowania sterującego i integracja pełnego systemu,
- c) instalacja i uruchomienie systemu monitorowanie na wybranym przez Zamawiającego obiekcie.