**Szczegółowa specyfikacja techniczna**

**Dotyczy:**

**System automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia, składający się z następujących modułów:**

1. **Bazowe stanowisko:**

* Komputer PC z monitorem, klawiaturą, myszką i drukarką laserową (w pełni zapewniający obsługę systemu) z preinstalowanym systemem operacyjnym oraz z: oprogramowaniem sterującym wzbudnikami, oprogramowaniem do akwizycji danych kalibracyjnych i tworzenia certyfikatów kalibracji, oprogramowaniem do zarządzania certyfikatami kalibracyjnymi np.: Microsoft Excel, oprogramowaniem bazodanowym np.: Microsoft Access.
* Układ kondycjonowania przetworników typu: IEPE, ładunkowych.
* Rack montażowy integrujący elementy stanowiska bazowego w jedną całość.

1. **Wzbudniki elektrodynamiczne z łożyskiem powietrznym:**

* Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym o długim skoku do kalibracji bardzo niskich częstotliwości w zakresie co najmniej od 0,1 Hz do 500 Hz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem.
* Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym do kalibracji w zakresie od 5 Hz do 15 kHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem.
* Wzmacniacz mocy umożliwiający sterowanie powyższymi wzbudnikami i jednocześnie regulację zadawanego ciśnienia powietrza.
* Piedestał do posadowienia wzbudnika o zakresie od 5 Hz do 15 kHz wypełniony piaskiem.

1. **Akcesoria i inne:**

* Zestaw narzędzi i akcesoriów do montażu kalibrowanych przetworników.
* Źródło powietrza: cichy kompresor bezolejowy wraz z zestawem filtrów zapewniających odpowiednią klasę czystości powietrza.
* Instrukcja użytkowania Systemu.
* Certyfikaty kalibracji elementów Systemu.

**VI. Instalacja i szkolenie:**

* Sprawdzenie poprawności działania Systemu w pełnym zakresie pomiarowym, według przygotowanej listy punktów, przeprowadzone w obecności klienta.
* Instalacja Systemu oraz szkolenie z jego użytkowania w wymiarze co najmniej 3 dni (24h).

**1 Wymagania ogólne dla Systemu automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia:**

**1.1 Wymagania ogólne, które musi spełniać System automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia:**

* Kalibracja: back-to-back zgodna z ISO 16063-21.
* Certyfikaty kalibracji elementów Systemu: mają być zgodne z normą: PN-EN ISO/IEC 17025 oraz dokumentem DA-06 „Polityka dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej”.
* Wsparcie przetworników: Przetworniki przyśpieszenia typu: Ładunkowego, IEPE.
* Automatyczny zapis wyników kalibracji w pamięci TEDS kalibrowanych przetworników.
* Możliwość tworzenia świadectw wzorcowania zgodnych z normami ISO 17025, ISO 16063-21 i wymogami PCA.
* Możliwość kalibracji innych rodzajów przetworników po rozbudowie systemu o dalsze moduły kondycjonowania przetworników: Pojemnościowych, Piezorezystywnych (MEMS), Ładunkowych różnicowych, Napięciowych, CLVD.
* Wspierany rodzaj pomiaru: odpowiedź częstotliwościowa, odpowiedź fazowa, napięcie BIAS, pojemność.
* Możliwość wspierania pomiarów po rozbudowie systemu o dalsze moduły: oporność mostka, czułość statyczna, podtrzymanie w wybranej przez użytkownika częstotliwości.
* Typ wzbudzenia: Stepped Sine, Multi Sine
* Liczba wspieranych punktów częstotliwości: ≥ 200.
* Liczba definiowalnych kryteriów Pass / Fail przypadających na jedną oś: ≥ 6.
* Wsparcie jednostek pomiarowych: metrycznych, imperialnych.
* Typowy czas kalibracji: ma być nie dłuższy niż 90 s (szczegółowa specyfikacja i czas procesu kalibracji opisano poniżej).
* Częstotliwość referencyjna: Definiowana przez użytkownika.
* System zasilany z jednego źródła.
* Napięcie zasilania: 220 - 240 V.
* Częstotliwość zasilania: 48 – 62 Hz.

**1.1.1 Wymagania dla procesu kalibracji**

Proces kalibracji musi być w pełni zautomatyzowany, typowy czas przebiegu procesu kalibracji ma być nie dłuższy niż 90 s dla czynności i warunków opisanych poniżej.

System ma podjąć następujące automatyczne czynności podczas procesu kalibracji

* Przeprowadzenie testów bezpieczeństwa w celu sprawdzenia poprawności połączenia z przetwornikiem.
* Kalibracja w częstotliwości referencyjnej w celu określenia czułości określonej przez użytkownika.
* Kalibracja w zdefiniowanej częstotliwości testowej w celu określenia odpowiedzi częstotliwościowej. Test ma być powtarzany dla wszystkich wybranych częstotliwości testowych.

Test musi trwać nie dłużej niż 90 sekund dla punktów testowych występujących w 1/3 oktawy dla zakresu częstotliwości od 10 Hz do 20 kHz.

W podanej wartości czasu procesu kalibracji nie zawiera się czas montażu oraz demontażu przetwornika oraz czas wprowadzania danych przez użytkownika.

**1.2 Inne wymagania:**

* Instalacja i szkolenie u klienta w wymiarze: co najmniej 3 dni (24 godziny).
* Sprawdzenie poprawności działania systemu, według przygotowanej listy punktów w obecności klienta.
* Uczestnictwo w międzylaboratoryjnym programie porównawczym, którego specyfikacja została opisana poniżej.

**1.2.1 Wymagania dla międzylaboratoryjnego programu porównawczego Uczestnictwo: Pierwszy rok w cenie systemu.**

* Typ testu: Ślepy, Anonimowy.
* Liczba Grup Uczestniczących: ≥ 4.
* Źródło pomiarów referencyjnych: Interferometr Laserowy o niepewności pomiarowej przy 100 Hz nie większej niż: 0,2%.
* Porównanie międzylaboratoryjne powinno obejmować cały zakres częstotliwości czyli od 0,1 Hz do 15 kHz.
* Zgodność z wymaganiami standardu ISO 17025.
* Identyfikowalność łańcucha pomiarowego odniesionego do NMI (National Metrology Institutes).
* Realizacja badań w ciągu 6 m-cy po dostarczeniu systemu.

**2 Wymagania dla stanowiska bazowego i jego elementów automatycznej kalibracji przetworników drgań**

Stanowisko bazowe do automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia ma składać się z wymienionych elementów:

* Komputer PC,
* Monitor, klawiatura, myszka,
* Drukarka laserowa,
* Oprogramowanie preinstalowane na Komputer PC,
* Karta pomiarowa – system akwizycji danych,
* Układ kondycjonowania przetworników: IEPE, ładunkowych,
* Kondensator wzorcowy,
* Rack integrujący elementy systemu,

które mają spełniać szczegółowe wymagania opisane poniżej.

**2.1 Wymagania dla komputer PC, monitor, drukarka**

* Komputer PC ma posiadać preinstalowany system operacyjny Windows 7 lub nowszy oraz oprogramowanie niezbędne do przeprowadzenia automatycznego procesu kalibracji przetworników oraz do zarządzania danymi kalibracyjnymi.
* Monitor: Przekątną ekranu: ≥ 17”.
* Drukarka: laserowa, ma umożliwiać wydruk w kolorze.

**2.2 Wymagania dla oprogramowania**

Oprogramowanie ma umożliwiać:

* Zarządzanie procesem kalibracji:
  + Akwizycja danych,
  + Definiowanie ustawień testu,
  + Definiowanie kryteriów: Pass / Fail (przypadających na jedną oś przetwornika),
  + Zapis / Odczyt danych kalibracji w bazie danych SQL,
  + Eksport danych kalibracji~~,~~
  + Definiowanie częstotliwości referencyjnych przez użytkownika,
  + Tworzenie świadectw wzorcowania zgodnych z ISO 17025, ISO 16063-21, wymogami PCA wraz z możliwością ich edycji celem dostosowania do wzoru świadectwa wzorcowania PCA,
  + Tworzenie bazy danych specyfikacji przetworników.
* Zarządzanie danymi kalibracyjnymi: np. Microsoft Access.
* Zarządzanie certyfikatami kalibracji: np. Microsoft Excel.

**2.3 Wymagania systemu akwizycji danych – karty pomiarowej:**

* Liczba kanałów wejściowych: ≥ 2.
* Liczba kanałów wyjściowych: ≥ 2.
* Rozdzielczość: ≥ 24 Bity.
* Maksymalna częstotliwość próbkowania: ≥ 204,8 kS/s.
* Niezgodność pomiędzy kanałami (Wzmocnienie i Faza): Korygowane programowo
* Jednoczesne próbkowanie na wszystkich kanałach.
* FFT Leakage / Błąd okienkowania: 0,0 %.

**2.4 Wymagania dla układu kondycjonowania przetworników typu: IEPE, ładunkowych**

Układ kondycjonowania przetworników typu: IEPE, ładunkowych musi spełniać poniższe wymagania.

**2.4.1 Wymagania specyfikacyjne**

Ogólne:

* Interfejs komunikacyjny: RS-232
* Odpowiedź częstotliwościowa (-10%): dolny zakres ≤0,2 Hz, górny zakres ≥ 0,1 MHz
* Sygnalizowanie statusu przetwornika: Przesterowanie, Błąd napięcia BIAS
* Sygnalizacja przesterowania wyjścia: ≥ 10 ±1 V
* Impedancja wyjścia: < 1 Ω
* Offset DC: < 50 mV
* Całkowita moc wymagana (maks.): < 7 Watów
* Złącza Wejście/Wyjście: BNC / BNC

**2.4.2 Wymagania dla trybu IEPE**

* Napięcie zasilania przetwornika: 24 ±1 V DC
* Prąd zasilania przetwornika: 4 mA
* Wzmocnienie napięciowe: 1:1
* Dokładność wzmocnienia napięciowego: ≥ ±0,5 %
* Typowy szum spektralny ma być nie większy niż podana wartość dla danej częstotliwości:
  + 1 Hz: ≤ 1 mV/√Hz
  + 10 Hz: ≤ 0,22 mV/√Hz
  + 100 Hz: ≤ 0,08 mV/√Hz
  + 1 000 Hz: ≤ 0,08 mV/√Hz
  + 10 000 Hz: ≤0,07 mV/√Hz
* Typowy szum pasmowy (od 1 Hz do 10 000 Hz): ≤ 9 mV

**2.4.3 Wymagania dla trybu ładunkowego**

* Wejście: wartość maksymalna: 100 000 pC
* Wyjście znormalizowane: 10
* Dokładność wzmocnienia ładunkowego: ≥1 %
* Typowy szum spektralny, ma być nie większy niż podana wartość dla danej częstotliwości:
  + 1 Hz: ≤0,8 mV/√Hz
  + 10 Hz: ≤0,2 mV/√Hz
  + 100 Hz: ≤0,08 mV/√Hz
  + 1 000 Hz: ≤0,08 mV/√Hz
  + 10 000 Hz: ≤0,07 mV/√Hz
  + Typowy szum pasmowy (od 1 Hz do 10 000 Hz): ≤ 9 mV

**2.5 Wymagania dla kondensatora wzorcowego**

* Nominalna pojemność (±1 pF): 1000 pF
* Rezystancja izolacji: > 10 TΩ
* Złącze (Wejście / Wyjście): 10-32 żeńskie, koncentryczne

**3 Wymagania dla wzbudników elektrodynamicznych z łożyskiem powietrznym współpracujących ze stanowiskiem bazowym**

Stanowisko bazowe do automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia musi współpracować z poniżej wymienionymi wzbudnikami elektrodynamicznymi z łożyskiem powietrznym oraz wzmacniaczem mocy do ich sterowania:

* Wzbudnik elektrodynamiczny do kalibracji bardzo niskich częstotliwości w zakresie co najmniej od 0,1 do 500 Hz wraz z oprzyrządowaniem,
* Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym do kalibracji w zakresie co najmniej od 5 Hz do 15 kHz wraz z oprzyrządowaniem,
* Wzmacniacz mocy umożliwiający sterowanie powyższymi wzbudnikami i zapewniający jednocześnie sterowanie powietrzem o odpowiednim ciśnieniu,

które mają spełniać szczegółowe wymagania opisane poniżej.

**3.1 Wymagania dla wzbudnika elektrodynamicznego do kalibracji bardzo niskich częstotliwości w zakresie co najmniej od 0,1 do 500 Hz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem**

Wzbudnik elektrodynamiczny do kalibracji bardzo niskich częstotliwości w zakresie co najmniej od 0,1 do 500 Hz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem musi posiadać referencyjny enkoder optyczny oraz referencyjny przetwornik IEPE i spełniać poniższe wymagania.

**3.1.1 Wymagania specyfikacyjne**

* Zakres częstotliwości: dolny zakres: ≤ 0,1, górny zakres: ≥500 Hz
* Rozszerzona niepewność pomiarowa musi być mniejsza lub równa wartości podanej dla danej częstotliwości:
  + 0,25 Hz – 0,5 Hz: ≤ 3 %
  + 0,5 Hz – 100 Hz: ≤ 1,1 %

**3.1.2 Wymagania dla wzbudnika elektrodynamicznego z łożyskiem powietrznym o długim skoku do kalibracji bardzo niskich częstotliwości**

* Maksymalny skok (pk – pk): ≥ 255 mm
* Maksymalne obciążenia: ≤ 2 kg
* Maksymalne przyśpieszenie ma mieścić się w zakresie podanym dla poniższych zakresów częstotliwości:
  + 0,1 Hz - 0,25 Hz: 0,005 g pk do 0,032 g pk
  + 0,25 Hz - 0,5 Hz: 0,032 g pk do 0,128 g pk
  + 0,5 Hz - 1 Hz: 0,128 g pk do 0,51 g pk
  + 1 Hz - 10 Hz: 0,51 g pk do 2 g pk

**3.1.3 Wymagania dla referencyjnego enkodera optycznego**

* Rozdzielczość wzorca inkrementalnego: ≤ 20 µm
* Rozdzielczość pomiarowa: ≤ 10 nm
* Liniowość skali: ≤ ±3 µm/m
* Czułość temperaturowa skali: ≤ 10 ppm/K

**3.1.4 Wymagania dla przetwornika referencyjnego typu IEPE**

* Czułość nominalna (±10 %): ≥ 50
* Dolny zakres częstotliwości (-5 %): ≤ 0,035 Hz
* Materiał elementu piezoelektrycznego: kwarc
* Stała czasowa rozładowania: > 15 sekund
* Rozdzielczość pasmowa: ≤ 0,15 mg rms

**3.1.5 Wymagania dla przetwornika weryfikacyjnego typu IEPE**

* Czułość nominalna (±5 %): ≥ 50
* Dolny zakres częstotliwości (-5 %): ≤ 0,1 Hz
* Materiał elementu piezoelektrycznego: kwarc
* Stała czasowa rozładowania: > 10 sekund
* Czas ustalania: > 300 sekund
* Rozdzielczość pasmowa: ≤ 0,15 mg rms

**3.2 Wymagania dla wzbudnika elektrodynamicznego z łożyskiem powietrznym do kalibracji w zakresie od 5 Hz do 15 kHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem**

Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym do kalibracji w zakresie 5 Hz do 15 kHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem musi spełniać poniższe wymagania.

**3.2.1 Wymagania specyfikacyjne**

* Zakres częstotliwości: dolny zakres: ≤ 5 Hz, górny zakres: ≥ 15 kHz
* Spodziewana całkowita niepewność pomiarowa ma być mniejsza lub równa wartości podanej dla danego zakresu częstotliwości:
  + 5 do 10 Hz: ≤ 1,7 %
  + 10 Hz do 900 Hz: ≤ 1,2 %
  + 900 do 5000 Hz: ≤ 1,4 %
  + 5000 do 10 000 Hz: ≤ 1,9 %
  + 10 000 do 15 000 Hz: ≤ 2,2 %
* Powtarzalność w tych samych warunkach musi być równa lub lepsza od wartości podanej dla danego zakresu częstotliwości:
  + 5 do 15 kHz: ≤ 0,1 %
* Klasa jakości powietrza według ISO 8573.1 : 4

**3.2.2 Wymagania dla wzbudnika elektrodynamicznego**

* Typ wzbudnika: wzbudnik z łożyskiem powietrznym
* Łożyskowanie: powietrzne
* Materiał łożyska: porowaty grafit
* Materiał rdzenia: Beryl
* Zawieszenie osiowe armatury: elektromagnetyczne
* Zawieszenie osiowe armatury nie może być wykonane przy pomocy elastycznych elementów.
* Akcelerometr referencyjny: umieszczony w rdzeniu, z możliwością łatwego demontażu i wymiany
* Zakres częstotliwości: dolny zakres ≤ 2 Hz, górny zakres ≥ 15 000 Hz
* Maksymalny skok: ≥ 10 mm pk-pk
* Ruch poprzeczny (przy obciążeniu 10 gram, wartość dla danego zakresu ma być nie większa niż:
  + < 5000 Hz: 5 % ruchu osiowego
  + < 10 000 Hz: 10 % ruchu osiowego
  + < 15 000 Hz: 30 % ruchu osiowego
* Pierwszy dynamiczny rezonans osiowy: > 60 kHz
* Materiał armatury: Aluminium anodyzowane
* Obciążenie: ≤500 gram

**3.2.3 Wymagania dla weryfikacyjnego przetwornika przyśpieszenia.**

**3.2.3.1 Wymagania specyfikacyjne:**

* Typ: IEPE
* Czułość nominalna: (±5 %): 1
* Element piezoelektryczny przetwornika: kwarc
* Odpowiedź częstotliwościowa musi zawierać się w zakresach:
  + ±5 %: dolny zakres: ≤ 1, górny zakres: ≥ 7000 Hz
  + ±10 %: dolny zakres: ≤ 0,7; górny zakres: ≥ 11 000 Hz
  + ±3 dB: dolny zakres: ≤ 0,35; górny zakres: ≥ 20 000 Hz
* Częstotliwość rezonansowa: > 38 kHz
* Zakres pomiarowy: ±50
* Nieliniowość amplitudy: < 1% FS
* Stabilność czułości (dla wszystkich częstotliwości): lepsza lub równa: 0,05 %/rok

**3.2.4 Wymagania dla wzorca odniesienia.**

* Rodzaj przetwornika: IEPE, kwarcowy, shear
* Czułość nominalna (±5 %): nie mniejsza niż 1
* Częstotliwość rezonansowa: większa niż 70 kHz
* Zakres pomiarowy: nie mniejszy niż 50
* Nieliniowość amplitudy: < 1% FS
* Identyfikowalność łańcucha pomiarowego do: NMI (National Metrology Institutes).
* Niepewność dostarczanej kalibracji (k=2) ma być nie większa niż podana wartość dla danego zakresu częstotliwości:
  + 5 do 9 Hz: 1,0 %
  + 10 do 5000 Hz: 0,7 %
  + 5000 do 15 000 Hz: 1,5 %
* Dostarczane świadectwo kalibracji uznawane przez PCA (dokument DA-06)
* Materiał powierzchni mocującej: Beryl

**3.3 Wymagania dla wzmacniacza mocy**

**3.3.1 Wymagania ogólne:**

* Skuteczność: ≥ 92 %,
* Moc wyjścia: ≤ 400 Wat,
* Zniekształcenie: < 0,01 %,
* Interlock: Ciśnienie powietrza, Temperatura, Przeciążenie prądowe
* Przycisk „Pauza” odcinający moc bez manipulacji ustawienia wzmocnienia
* Przycisk resetujący wszystkie ustawienia wzmacniacza do ustawień fabrycznych: tak,
* Złącze wejścia: BNC,
* Tryb działania: napięciowy i prądowy,
* Ochrona:
  + Wyłączenie przy niskim poziomie ciśnienia,
  + Wykrywanie przepięć,
  + Wykrywanie: Clipping wyjścia,
  + Bezpieczny start,
  + Wykrywanie przeciążenia prądowego.

**3.4 Posadowienie wzbudnika:**

Piedestał musi zapewnić odpowiednie tłumienie drgań oraz posadowienie wzbudnika a także ma być wypełniony piaskiemdostarczonym przez Klienta.

**4. Wymagania dla akcesoriów i inne**

System automatycznej kalibracji przetworników przyśpieszenia musi zawierać narzędzia i akcesoria:

* Narzędzia i akcesoria umożliwiające montaż przetworników na wzbudnikach,
* Źródło powietrza: cichy kompresor bezolejowy wraz z zestawem filtrów zapewniających odpowiednią klasę czystości powietrza,
* Instrukcja użytkowania Systemu,
* Certyfikaty kalibracji elementów Systemu,
* Gwarancja,
* Referencje,
* Wsparcie techniczne,
* Serwis,

które mają spełniać szczegółowe wymagania opisane poniżej.

**4.1 Wymagania dla narzędzi i akcesoriów umożliwiających montaż przetworników** **na wzbudnikach**

Zestaw narzędzi i akcesoriów ma składać się z następujących elementów:

* Klucz dynamometryczny z wymiennymi końcówkami, 1 kpl.
* Komplet śrubokrętów, 1 kpl.
* Komplet kluczy płaskich, 1 kpl.

**4.2 Wymagania dla kompresora**

Wymagania ogólne:

* Kompresor bezolejowy
* Cichy: ≤ 55 dB
* Ciśnienie: ≥ 8 Barów
* Wydajność: ≥ 150 litrów / minutę
* Moc: ≥ 800 W
* Waga: ≤ 24 kg
* Pojemność zbiornika: ≥ 30 litrów

**4.3 Wymagania dla Instrukcji użytkowania Systemu**

Instrukcja musi zawierać następujące elementy:

* Diagramy podpięcia elementów systemu,
* Opis funkcjonalności oprogramowania,
* Opis funkcjonalności i obsługi wzbudników elektrodynamicznych wraz ze wzmacniaczem mocy,
* Opis procedury ustawienia systemu,
* Opis procedury korekcji kondycjonera,
* Budżet niepewności pomiarowej,
* Opis parametrów technicznych elementów Systemu.

**4.4** **Weryfikacja stanowiska oraz** **Certyfikaty kalibracji**

Wymagana jest weryfikacja stanowiska spełniająca kryterium En<1. Wymagane jest dostarczenie certyfikatów kalibracji uznawanych przez PCA (zgodnych z dokumentem DA-06)następujących elementów:

* Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym o długim skoku do kalibracji bardzo niskich częstotliwości w zakresie od 0,1 Hz do 500 Hz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem,
* Wzbudnik elektrodynamiczny z łożyskiem powietrznym do kalibracji w zakresie od 5 Hz do 15 kHz wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem,
* Przetworniki: referencyjny i weryfikacyjny,
* Kondensator wzorcowy,
* Wzorzec odniesienia,
* System akwizycji danych - karta pomiarowa,
* Układ kondycjonowania przetworników.

**4.5 Gwarancja:** Wymagana gwarancja na wszystkie elementy Systemu: co najmniej 24 miesiące od daty podpisania protokołu zdawczo-odbiorczego.

**4.6** Zamawiający posiada wdrożony system zarządzania spełniający wymagania obowiązujących norm i dokumentów (ISO 17025 oraz ISO 16063-21). Podane przez Zamawiającego normy są wpisane w dokumentację, dotyczącą posiadanej akredytacji. Zamawiający dopuszcza spełnienie norm równoważnych – w takim przypadku Wykonawca jest zobowiązany na swój koszt i ryzyko przeprowadzić proces zapewniający Zamawiającemu utrzymanie wszystkich posiadanych uprawnień i akredytacji w Zakładzie (Zakład Akustyki Technicznej i Techniki Laserowej), dla którego kupowany będzie przedmiotowy system automatycznej kalibracji przetworników.