

ZAŁĄCZNIK 9

Wytyczne budowy stanowiska *badawczego*
(pełnowymiarowe stanowisko dynamometryczne)

Spis treści

1 Wstęp

- 1. 1 Uwagi ogólne
- 1. 2 Założenia

2 Opis stanowiska

- 2. 1 Zadania stanowiska
- 2. 2 Zasady działania
- 2. 3 Dane techniczne

3 Budowa stanowiska

- 3. 1 Część mechaniczna
- 3. 2 Pneumatyka
- 3. 3 Wentylacja

4 Układy elektrotechniczne

- 4. 1 Napęd
- 4. 2 Urządzenia rozdzielcze
- 4. 3 Stanowisko obsługi
- 4. 4 Pomiary
- 4. 5 Regulacja parametrami pracy stanowiska
- 4. 6 Sterowanie pracą stanowiska
- 4. 7 Automatyczne sterowanie i rejestracja wyników badań

5 Warunki środowiskowe

6 Przepisy i normy

1 Wstęp

1.1 Uwagi ogólne

Wytyczne stanowiska oprócz danych niezbędnych do rozpoczęcia prac projektowych w branżach poza częścią mechaniczną stanowiska, wyjaśnia podstawowe zadania, budowę i sposób funkcjonowania urządzenia.

1.2 Założenia

Niniejszy opis wykonano w oparciu o projekt wstępny stanowiska.

2 Opis stanowiska

2.1 Zadania stanowiska

Stanowisko badawcze służy do badań rozwojowych i prób elementów ciernych hamulców pojazdów szynowych. Umożliwiać będzie między innymi badania trybologiczne par ciernych o wymiarach rzeczywistych, szczególnie związanych ze zużyciem materiałów par ciernych i z pomiarem współczynnika tarcia.

2.2 Zasady działania

Stanowisko badawcze składa się z układu napędowego (silnika elektrycznego), wału z mechaniczną masą bezwładności oraz części badawczej do zamocowania badanych hamulców. Napęd stanowić będzie silnik prądu zmiennego o mocy 355 lub 400kW z falownikiem, który umożliwi płynną regulację prędkości obrotowej wału stanowiska przy pomocy komputerowego układu sterującego w zakresie prędkości obrotowej od 0 do 2200 obr/min. Wymagana masa pojazdu symulowana będzie załączanymi masami bezwładności (dwie masy dołączane do wału będącego masą podstawową).

Przewidywane są symulacje następujących rodzajów hamowań:

- hamowania do zatrzymania ze stałym ciśnieniem w cylindrach dwu tarcz na zmianę w pierwszym etapie realizacji projektu,
- hamowania ze stałym kontrolowanym naciskiem okładzin ciernych i ze stałą mocą (ze stałym momentem hamowania przy stałej prędkości jazdy) w drugim etapie realizacji,

Hamowania na stanowisku będą realizowane przez układy mechaniczne hamulca w skali 1:1 zasilane i sterowane pneumatycznie. Hamowania będzie można realizować symulując cztery wielkości masy pojazdu przypadającej na tarczę hamulcową lub koło ustawiając stałe ciśnienie (stały nacisk par ciernych) lub stałą siłę hamującą. Symulowana prędkość pojazdu określana będzie prędkością obrotową wału napędowego.

Obsługa stanowiska badawczego odbywać się będzie poprzez automatyczny system komputerowy, umożliwiający prowadzenie zarówno prób i badań specjalnych jak też automatyczną realizację przebiegu badań symulujących długotrwałą eksploatację.

2.3 Dane techniczne

Ogólne:

Wymiary: Część mechaniczna stanowiska bezwładnościowego, (D x Sz x W)
6140x 1952 x 1610 m.

Masa całkowita części mechanicznej 11 ton

Podstawowe dane techniczne części mechanicznej stanowiska:

Regulowana płynnie prędkość obrotowa wału stanowiska 0 – 2200 obr/min

Maks. moment hamowania do zatrzymania 10 kNm

Podstawowa masa bezwładności wraz z silnikiem

i wałem części pomiarowej 450 Kgm²

2 dodatkowe dołączane masy 394 i 1011 Kgm²

Przestrzeń do mocowania badanych elementów

hamulców (miejsce do dyspozycji):

średnica badanego obiektu maks. 1100 mm

długość obiektu badanego (przestrzeń badawcza z tarczami) max 750 mm

Do masy podstawowej (wał główny 1) można dołączać niezależnie lub łącznie dwie w/w masy bezwładności co pozwoli tworzyć 4 różne kombinacje momentów bezwładności: 450, 844, 1461 i 1855 Kgm². Zapewni to możliwość symulowania czterech mas pojazdu. Prędkość symulowanego pojazdu i jego masa przypadająca na badany układ hamulca wynikają z wyżej wymienionych danych technicznych stanowiska oraz chwilowej prędkości obrotowej stanowiska i pozostają w zależności od promienia koła jezdnego pojazdu.

Moc przyłączenia elektrycznego układu napędowego stanowiska około 600 -kVA

Moc przyłączenia elektr. układów pomocniczych stanowiska około 100 kVA

Ciśnienie układu pneumatycznego 0 – 10 bar

Nawiew i zasysanie powietrza 20. 000 m³/ h

Zasilanie w wodę do zwilżania pary cieplej 100 l/h

3 Budowa stanowiska

3.1 Część mechaniczna

Główne elementy części mechanicznej stanowiska badawczego to:

Silnik napędowy będący częścią układu napędowego złożonego z falownika i silnika prądu zmiennego

Napięcie zasilania układu napędowego 3x400VAC

Moc około 360-400 kW

Max. moment obrotowy stały od 0 do około 1500 obr/ min około 3 kNm

Maksymalna prędkość obrotowa	2200 obr/ min
Chłodzenie silnika	wentylacja obca
Obciążenie	masy bezwładności
Charakterystyka obciążenia w funkcji prędk. obrot.	Stało-momentowa od 0 do ok. 1500 obr/min, powyżej tej prędkości rozruch ze stałą mocą silnika
Czas rozruchu i zatrzymania	zależny od nastawionego układu sterującym momentu rozruchowego
Możliwość przeciążenia silnika	około 1,3 raza w czasie 1 min/10 min
Zabezpieczenie własne silnika przed uszkodzeniem	pomiar temperatury uzwojeń
Warunki otoczenia	praca w hali, temp. powyżej 0°C, wilgotność max 90%

Rama podstawowa

- sztywna konstrukcja spawana wolna od naprężeń spawalniczych (np wyżarzona), służąca do mocowania silnika napędowego, mas bezwładności, łożyskowania wału głównego i elementów w przestrzeni badawczej;
- postawiona na 6-ciu elastycznych elementach gumowo-metalowych, tłumiących drgania i hałas;
- wymiary: D x Sz x W 5840 x 1740 x 410 mm;
- masa około 1,3 t;

Podstawowa masa bezwładności

- podstawowa masa bezwładności o momencie bezwładności około 420 kgm², utworzona będzie przez sumę masy silnika, wału głównego stanowiska będącego podstawową masą zamachową (materiał masy: staliwo stopowe badane ultradźwiękowo lub odkuwka stalowa), oraz sprzęgieł.

Dołączane dwie masy bezwładności do podstawowej masy bezwładności:

- bezwładność mas: około 394 kgm² i 1011 kgm²;
- masa tarcz bezwładnościowych około 1,4 i 3,5 t;
- konstrukcja optymalizowana z pomocą obliczeń przy użyciu metody elementów skończonych;
- materiał mas: stal walcowana lub staliwo stopowe badane ultradźwiękowo;
- masy bezwładności wyważane metodą dynamiczną
- masy bezwładności będą mocowane śrubami do podstawowej masy bezwładności;
- centrowanie tarcz bezwładnościowych odbywać się będzie na gniazdach walcowych;
- łożyskowanie zestawu mas bezwładności w wahliwych łożyskach tocznych ze smarowaniem smarem płynno-plastycznym.

Hamulec awaryjny

W celu zapewnienia bezpieczeństwa stanowisko zostanie wyposażone w hamulec awaryjny niezależny od układów badanych. Umożliwi on zatrzymanie stanowiska w przypadku konieczności w możliwie najkrótszym czasie.

Część badawcza

- wał do badań hamulców,
- sprzęgło podatne do przyłączenia wału z badanymi tarczami hamulcowymi lub kołem (obiektu hamowanego)
- rama wahliwa umożliwiające pomiar momentu hamowania poprzez ramię i czujnik pomiarowy (w drugim etapie realizacji projektu);
- układ cylindra z pomiarem siły nacisku dla hamulca tarczowego (w drugim etapie realizacji projektu)
- przesuwna osłona części pomiarowej.
- łożysko końcowe ustalające wał do badań hamulców tarczowych lub hamulców klockowych.

Kołpak ochronny przestrzeni badawczej do osłony obszaru prób

W celu zapewnienia bezpieczeństwa obsłudze zostanie zastosowana nad częścią badawczą masywna specjalna osłona badanych elementów hamulcowych. W skład osłony wejdzie:

- przesuwny kołpak z blachy stalowej o grubości 6 mm, wzmocniony kształtownikami walcowanymi
- układ jezdny umożliwiający szybki dostęp do części badawczej

1 urządzenie do nawilżania (do prób „na mokro”)

W przestrzeni pomiarowej punkt zasilania wody wodociągowej:

- wydatek: około 50 l / h
- temperatura: około 5-20 °C
- jakość wody: pH neutralne, przemysłowa

Woda posłuży do prowadzenia hamowań „na mokro” stosownie do wymagań UIC

Układ składać się będzie z:

- miernika przepływu od 10 do 50 l / h
- zaworów dławiących do manualnej regulacji przepływu
- elektrycznych zaworów włączających przepływ
- oraz spust wody do kanalizacji z części badawczej stanowiska (z odстойnika będącym zagłębieniem dla kanału wentylacyjnego we fundamencie) lub opcjonalnie pompka odpompowująca wodę do kanalizacji; (wybór rozwiązania zależny od położenia wysokościowego kanalizacji). Powinna być możliwość usuwania osadów z odстойnika.

3.2 Pneumatyka

Zasilanie w sprężone powietrze:

Sprężarka napędzana silnikiem elektrycznym (około 2kW) o wydajności około $10\text{m}^3/\text{h}$ wraz z odwadniaczem, osuszaczem i zbiornikiem 100l

Urządzenie sterujące ciśnieniem w obiekcie badanym:

reduktor ciśnienia z manometrem i z głównym zaworem do odcięcia zasilania stanowiska badawczego oraz układ sterujący wartością ciśnienia w cylindrach do sterowania naciskami elementów ciernych lub nastawiania momentu hamowania dla badanego hamulca.

3.3 Wentylacja

Wentylacja części pomiarowej stanowiska służy do ochładzania elementów badanego hamulca i odsysania produktów zużycia par ciernych;

Badane elementy są chłodzone w strumieniu powietrza, przy czym prędkość przepływu jest regulowana poprzez zmianę prędkości obrotowej wentylatorów: tłocznego i ssącego. Należy powiązać sterowanie prędkości nawiewu z prędkością obrotową stanowiska. Napęd wentylatorów będzie realizowany poprzez silniki prądu przemiennego zasilane z falowników, sterowanych z komputera. Moc silników dobrana odpowiednio do wymaganego wydatku wentylacji (około 25 kW każdy)

Prędkość obrotowa wentylatorów nawiewnych i wyciągowych powinny być zsynchronizowane, przy czym ilość powietrza odprowadzonego będzie nieznacznie wyższa, co sprawi, że w przestrzeni badawczej powstanie małe podciśnienie zapewniające brak zapylenia na hali.

Nawiew na obiekt badany następować będzie skosem od dołu płynnie przewężonym kanałem (przekrój wylotowy około $0,3\text{m} \times 0,5\text{m}$). Powietrze odprowadzane będzie w górnej części stałej, tylnej przegrody przestrzeni pomiarowej. Na wylocie powietrza (np przed wentylatorem ssącym) powinien być zabudowany cyklon lub filtr do zbierania pyłu - produktów zużycia okładzin.

W skład układu wentylacyjnego wchodzi:

1 wentylator o wydajności około $20000\text{ m}^3/\text{h}$; w przypadku zastosowania dwóch kanałów nawiewnych możliwe zastosowanie 2 oddzielnych wentylatorów o całkowitej wydajności ok. $20000\text{ m}^3/\text{h}$

1 wentylator o wydajności około $22000\text{ m}^3/\text{h}$;

filtr (cyklon)

i ewentualnie tłumiki hałasu (na ssaniu i wylocie z wentylatorów)

4 Układy elektrotechniczne

4.1 Napęd

Silnikiem napędowym będzie silnik prądu przemiennego. Silnik prądu przemiennego zasilany będzie przez falownik. Będzie możliwa płynna regulacja momentu napędzającego i hamującego w całym zakresie prędkości obrotowej. Podczas hamowania silnik powinien oddawać energię otrzymaną od mas bezwładności na opornik.

Silnik powinien posiadać wbudowany czujnik temperatury co zapobiegnie przeciążeniu.

Silnik zasilany przez falownik realizować będzie następujące zadania:

- przyspieszenie zestawu mas zamachowych do zadanej prędkości obrotowej,
- napędzanie badanego hamulca przy hamowaniu ciągłym.

Dane silnika podano wyżej (punkt 3.1)

Układ napędowy powinien posiadać następujące układy zabezpieczające:

- układ włączenia i wyłączenia
- nastawialne ograniczenie prądowe
- wykrywanie i lokalizacja zakłóceń: nadmierny prąd (bezpieczniki), przegrzanie silnika, spadek napięcia.

4.2 Urządzenia rozdzielcze

Wszystkie urządzenia, które przy normalnej eksploatacji nie powinny być dostępne dla personelu obsługi muszą znajdować się w zamkniętym systemie szaf. Szafy zasilania i sterowania będą ustawione w bezpośrednim sąsiedztwie stanowiska badawczego.

Przykładowo:

1 szafa zasilania z następującymi elementami:

- wyłącznik główny
- rozdzielacz mocy
- aparaty sieciowe

1 szafa mocy z następującymi elementami:

falownik dla silnika 3x400 AC

1 szafa sterownicza z następującymi elementami:

- falowniki dla sterowania wentylatorami nawiewu i wyciągu

1 szafa sterownicza z następującymi istotnymi elementami:

- obwody pomocnicze
- obwody bezpieczeństwa
- napędy pomocnicze

Szafy przetwarzania danych oraz pulpit obsługi powinny być umiejscowione w kabinie sterowniczej oddzielnie od szaf zasilania (stanowisko pracy dla bezpośredniej obsługi stanowiska). Układy pomiarowe, sterowania, i automatyzacji (komputery) zasilane będą 230VAC (3kW). Kabina sterownicza powinna być wyposażona w klimatyzator (około 2 kW).

4.3 Stanowisko obsługi

Stanowisko obsługi powinno być osobnym pomieszczeniem sterowniczym usytuowanym np w osi stanowiska za częścią pomiarową. Obsługa i wizualizacja w pracy ręcznej i automatycznej będzie realizowana za pomocą komputera sterującego znajdującego się na stanowisku obsługi i kamery w części badawczej.

Zadawanie żądanych wartości dla napędu i hamulca następować będą w zależności od wybranego rodzaju pracy i regulacji, albo poprzez nastawy sprzętowe (opcja) cyfrowe lub analogowe albo przez bezpośrednie wprowadzenie klawiaturą wartości liczbowych do terminalu obsługi.

Funkcje obsługi:

- napęd włączony / wyłączony
- obroty w lewo / w prawo
- wentylacja włączona / wyłączona
- hamulec włączony / wyłączony
- rodzaj pracy stanowiska: ręczne / automatycznie
- sposób regulacji hamulca badanego: stały nacisk/ stała siła
- zadana liczba obrotów (prędkość)
- zadana wentylacja

Wskazania wartości rzeczywistych:

- liczba obrotów napędu (lub prędkość)
- moment hamowania
- siła nacisku elementów ciernych
- temperatura tarcz hamulcowa

W ruchu automatycznym obsługa odbywa się poprzez monitor i klawiaturę systemu komputerowego.

W kabinie sterowniczej przykładowo powinna znajdować się:

szafa z następującą zawartością podstawową:

- sprzętowe regulowanie pracą stanowiska (opcja)
- technika pomiarowa

pulpit obsługi dla następujących elementów:

- monitor i klawiatura
- drukarka
- komputer obsługi i opracowania danych

oraz dodatkowy wolny pulpit.

Dodatkowo na stanowisku obsługi powinien znajdować się monitor przekazujący obraz obiektu badanego znajdującego się w części pomiarowej.

4. 4 Pomiary

Dla oceny badanych elementów jak również dla zadań regulacyjnych będą określone następujące sygnały pomiarowe:

1 lub 2 x miernik liczby obrotów napędu

- detektor obrotów Kuebler
- rozwiązanie: 200 do 1000 impulsów / obrót
- zakres pomiaru: + / - 2500 obr/ min

2x miernik ciśnienia

- czujnik ciśnienia DMS lub inny prądowy P3 MPB firma HBM lub firmy Gems
- zakres pomiaru : 0 - 10 bar
- dokładność pomiaru: 0, 15 % wartości końcowej
- wzmacniacz pomiaru: ML 30 lub bezpośrednio do karty pomiarowej

1 x miernik siły nacisku

- czujnik siły U2B firma HBM
- zakres pomiaru: + / - 100 kN
- dokładność pomiaru: 0, 1 % wartości końcowej
- wzmacniacz pomiaru: ML 55

1 x miernik siły hamowania

- czujnik siły U2B firma HBM
- zakres pomiaru: + / - 50 kN
- dokładność pomiaru: 0, 1 % wartości końcowej
- długość ramienia dźwigni: 0, 6 m
- zakres pomiaru momentu: + / - 30 kNm
- wzmacniacz pomiaru: ML 55

2 x mierniki przepływu

- przepływomierz firma Rota
- zakres pomiaru: 0 – 50 l / h

4 x stacjonarny pomiar temperatur (pomiar temp.: otoczenia, wody, wentylacji)

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| - termoelementy typ | K (NiCr- Ni) |
| - zakres pomiaru: | 0 – 1000 °C |
| - dokładność pomiaru: | 0, 5 % od wartości końcowej |
| - wzmacniacz pomiaru: | galwanicznie oddzielony |

6 x pomiar temperatur w ruchu poprzez pierścienie ślizgowe

- | | |
|-----------------------|---|
| - termoelementy | typ K (NiCr- Ni) albo typ J (Fe CuNi) |
| - zakres pomiaru: | 0 – 1000 °C |
| - dokładność pomiaru: | 0, 5 % wartości końcowej |
| - wzmacniacz pomiaru: | galwanicznie oddzielony |

Mostek pomiarowy (np **MGCplus** Firmy HBM) zabudowany będzie np w panelu 19" i obejmować będzie maksymalnie 16 kanałów pomiarowych.

Dopuszczalne jest zastosowanie sterownika (lub kilku sterowników) PLC o możliwie szybkim procesorze wraz z niezbędnymi kartami rozszerzeń spełniającego funkcje wymienionego mostka pomiarowego MGCplus.

Przeniesienie sygnału od panelu pomiarowego do komputera z kartą pomiarową może nastąpić za pomocą magistrali danych.

Połączenie czujników pomiarowych z szafą pomiarową będzie realizowane przy pomocy przewodów ekranowanych.

4.5 Regulacja parametrami pracy stanowiska

Dla spełnienia wymagań dotyczących dynamiki systemu napędu i hamowania oraz wymagań dotyczących dokładności, sterowanie będzie realizowane przez system mikroprocesorowy .

Regulacja napędu:

- załączanie i wyłączanie
- regulacja obrotów
- symulacja jazdy

Regulacja procesem hamowania podczas badań

- regulacja ciśnienia

- regulacja momentu hamowania
- regulacja siły nacisku

Regulacja wentylacji

- sterowanie prędkością obrotową wentylatora nawiewu i wyciągu powietrznego poprzez regulowane falowniki wentylatorów wg zadanych zależności w funkcji prędkości obrotowej stanowiska.

4.6 Sterowanie pracą stanowiska

Sterowanie i nadzór stanowiska badawczego realizowane będzie przez sterownik mikroprocesorowy (komputer).

W zakres sterowania wchodzi następujące funkcje:

- przetwarzanie sygnałów sterowania zadanych przez obsługującego i sygnałów systemu automatyzacji
- włączanie i wyłączanie czynności
- kontrola stanów
- analiza i przetwarzanie sygnałów o zakłóceniach
- awaryjne polecenia wynikające ze stanu nadzorowanych elementów stanowiska.

4.7 Automatyczne sterowanie i rejestracja wyników badań

Do obsługi (sterowania stanowiskiem) i wykonywania obliczeń oraz rejestracji wyników służyć będzie komputer. Programowanie procesu badawczego odbywać się będzie poprzez wpisywanie poleceń.

Na tym komputerze wprowadzane będą przewidywane przebiegi badań i realizowane będzie zarządzanie nimi. Możliwe będzie też uruchamianie i sterowanie wykonaniem kompleksowych programów badawczych.

Komputer obsługi realizować będzie dodatkowo funkcję wizualizacji parametrów stanowiska i parametrów mierzonych lub obliczanych. Sygnały i stany pracy będą przedstawiane w formie cyfrowej i graficznej.

Ten sam lub oddzielny komputer może służyć do obróbki i prezentacji wyników prób. W pamięci tego komputera składowane będą również wyniki dokonanych pomiarów.

Uzyskane dane pomiarowe będą mogły podlegać dalszej obróbce przy pomocy ogólnodostępnych pakietów programowych i być prezentowane w powszechnie używanej formie.

Oprogramowanie powinno umożliwiać zbieranie i prezentację opracowywanych na bieżąco wyników w procesie prób (bieżąco drukowany protokół z prób) i prezentację wyników w formie opracowanych wyników gotowych do załączenia do sprawozdania z prób.

Jako podstawę do opracowania należy przyjąć wzorcowe sprawozdanie z prób homologacyjnych okładziny ciernej i wstawki hamulcowej oraz odpowiednie karty UIC 541-3 i UIC 541-4 dotyczące badań homologacyjnych.

Oferta musi obejmować uruchomienie tych oprogramowań na obiekcie i być odebrane przez zamawiającego po spełnieniu sformułowanych wymagań lub wymagań zawartych w w/w kartach UIC.

Analogowe sterowania ciśnieniem w cylindrach hamulcowych w funkcji czasu, sterowanego sterownikiem (komputerem) według krzywej wymaganej w kartach UIC.

Stanowisko, po zamontowaniu momentomierza i uruchomieniu odpowiedniego oprogramowania (wg algorytmów zaproponowanych w artykule „nowoczesnego stanowiska bezwładnościowego do badań hamulców kolejowych”) umożliwi symulowanie mas bezwładnościowych przy pomocy silnika napędowego. W tym celu zastosowany sprzęt ma umożliwić sterowanie momentem silnika w czasie rzeczywistym (z opóźnieniem max 2 - 5ms), zapewniając tym samym symulację masy bezwładności.

4.8 Urządzenia pomocnicze

Do pracy urządzenia niezbędna jest zabudowa wciągarki, umożliwiająca przemieszczenie mas wzdłuż stanowiska badawczego na pole odkładcze za stanowiskiem. Podstawowe parametry urządzenia:

- udźwig ok. 5 ton
- przestrzeń robocza ok. 10m
- przystosowane do przenoszenia wałów przy pomocy trawersy – przewidzieć dodatkową przestrzeń roboczą nad stanowiskiem

5 Warunki środowiskowe

W miejscu zabudowy stanowiska powinny być spełnione następujące warunki :

- temperatura otoczenia : $+ 10... + 35^{\circ} \text{C}$
- względna wilgotność powietrza: maks. 85 % w podanym zakresie temperatury

Powietrze w miejscu zabudowy stanowiska nie może być zapyłone lub zawierać elementów agresywnych.

6 Przepisy i normy

Przy realizacji projektu uwzględnić należy aktualne przepisy, normy i wytyczne dotyczące budowy maszyn oraz bezpieczeństwa pracy.

Należy dołączyć pełną dokumentację DTR oraz wydać dokument potwierdzający znak CE.

7 Dodatkowe kryteria odbioru

Drgania stanowiska $<0,2$ mm przy prędkości obrotowej 1000 obrotów/minutę