



**FIRMA INNOWACYJNO
-WDROŻENIOWA**

Koszyce Małe, ul. Źródłana 8

33-111 Koszyce Wielkie

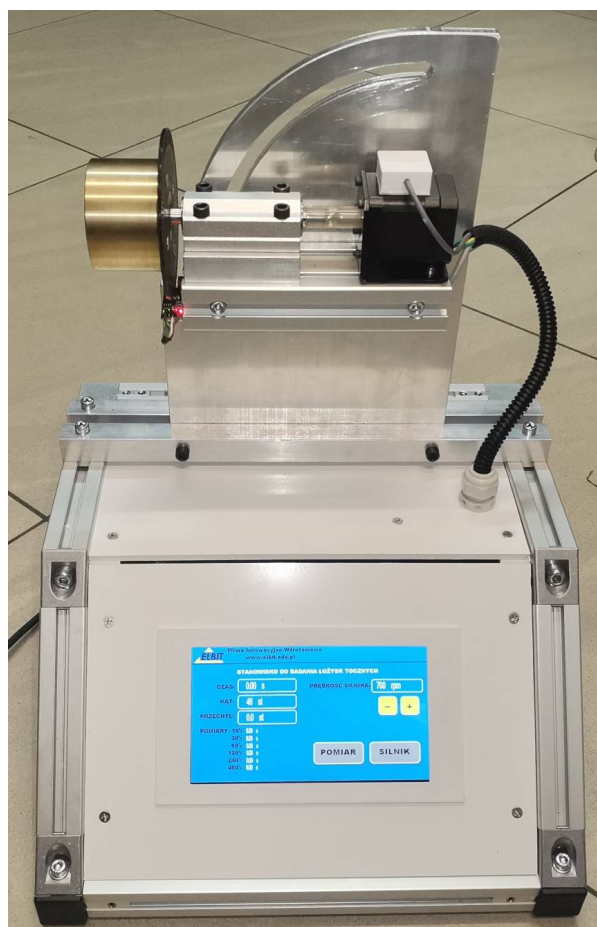
tel.: 0146210029, 0146360117, 608465631

fax: 0146210029, 0146360117

mail: biuro@elbit.edu.pl

www.elbit.edu.pl

**Stanowisko do pomiarów tarcia łożysk kulkowych
0271.0.0.1000**



Spis treści.

Wstęp.....	3
Opis techniczny.....	4
Urządzenia wykonawcze:.....	5
Sterownik CPU07.....	5
Sterownik silnika BLDC BLD70	7
Budowa i działanie stanowiska.....	8
Część mechaniczna:	8
Część elektryczna i sterowanie.	11
Tarcie w łożyskach kulkowych tocznych - teoria.	13
Przykładowe ćwiczenia.....	15
Instrukcja użytkowania	16
Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy.....	16
Instrukcja obsługi.....	16
Załączniki:.....	18
Dokumentacja towarzysząca.....	18

Wstęp.

Stanowisko do pomiarów tarcia łożysk kulkowych jest stanowiskiem dydaktycznym i służy do zobrazowania studentom wydziałów mechanicznych i mechatronicznych zjawisk występujących wewnątrz łożyska kulowego podczas ruchu.

Część teoretyczną dotyczącą zjawisk zachodzących w łożysku przytoczono za katalogiem firmy SKF.

Opis techniczny.**Parametry podstawowe:**

Zewnętrzna temperatura pracy:	10÷40 ° C
Wilgotność:	do 50 %
Napięcie robocze:	230 VAC
Zasilanie:	jednofazowe
Długość kabla zasilającego:	2.2 m
Moc sumaryczna:	60W
Wymiary zewn. (głęb. x szer. x wys.):	400 x 370 x 550 mm
Waga:	ok. 7 kg
Zakres ustawiania kąta osi łożyska:	0÷90 °
Zakres prędkości obrotowej:	100÷3000 obr/min
Dokładność pomiaru kąta osi łożyska:	1°
Rozdzielczość pomiaru kąta osi łożyska:	0.1°
Rozdzielczość pomiaru kąta obrotu łożyska:	3.6°
Maksymalna częstotliwość pomiaru kąta obrotu:	765Hz
Tarcza kodowa:	100 działek

UWAGA:

W urządzeniu występuje wysokie napięcie. Podczas pracy należy zachować ostrożność, a każdy przypadek niewłaściwego działania należy zgłaszać do producenta!

Poniżej przedstawiono wyciągi z dokumentacji i opisy ważniejszych podzespołów użytych do konstrukcji stanowiska.

Urządzenia wykonawcze:**Sterownik CPU07****Opis działania:**

Sterownik CPU07 został opracowany jako główna jednostka sterująca maszynami wytrzymałościowymi, ale równie dobrze sprawdza się w sterowaniu skomplikowanymi procesami przemysłowymi.

Sterownik posiada osiem wejść dwustanowych $0 \div 24$ V, szesnaście wyjść dwustanowych $0 \div 24$ V, dwa 12-bitowe wyjścia analogowych, cztery 12-bitowe wejścia analogowe oraz cztery 16-bitowe wejścia różnicowe.

Ponadto posiada sprzętowe układy do podłączenia kodera inkrementacyjnego lub liniału optycznego, urządzenia do komunikacji szeregowej (RS232 lub RS485), pamięć RAM, ROM oraz interfejsy klawiatury numerycznej i wyświetlacza graficznego lub LCD.

Sterownik przystosowany jest do zasilania z zewnętrznego źródła napięcia stałego, którego wartość powinna zawierać się w granicach od 10 V do 30 V.

Sterownik posiada wbudowany zestaw elementów przeciwprzepięciowych chroniących wszystkie wejścia i wyjścia od przepięć powstałych na liniach zewnętrznych.

Dane techniczne:

Zasilanie:	10 ÷ 30 Vdc
Pobór prądu:	0.1 ÷ 0.3A (zależny od ilości dołączonych modułów)
Sygnał wyjściowy	transmisja szeregową
Interfejs:	RS232 lub RS485
Protokół:	MODBUS RTU
Adres urządzenia:	ustawiany 1÷255
Prędkość transmisji:	2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 57600 kbit/s
Maksymalny zasięg (RS485):	1200 m.
Stopień ochrony obudowy:	IP32
Temperatura pracy:	0÷70°C
Parametry wejść cyfrowych:	
punkt przełączenia:	11.8V;
maksymalna częstotliwość	
sygnału wejściowego:	500Hz
Parametry wyjść cyfrowych:	
maksymalna częstotliwość	
sygnału wyjściowego:	>2kHz
maksymalny ciągły prąd wyjściowy:	0.5A
zabezpieczenie przepięciowe i nadprądowe	każdego wyjścia oddzielnie.
Parametry wejść analogowych:	
przetwornik	12-bitowy;
częstotliwość kwantyzacji:	1kHz
Każde wejście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane	
następująco:	
○	0 ÷ 5 V;

- $0 \div 10 \text{ V}$;
- $0 \div 20 \text{ mA}$;

Parametry wyjść analogowych:

przetwornik 12-bitowy;

maksymalna częstotliwość

sygnału wyjściowego: $> 100 \text{ Hz}$

Każde wyjście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane następująco:

- $0 \div 5 \text{ V}$;
- $0 \div 10 \text{ V}$;

Sterownik silnika BLDC BLD70



Własności:

BLD-70 jest ekonomicznym, wysokowydajnym sterownikiem o małych gabarytach. Jest dostosowany do sterowania trójfazowych silników BLDC z maksymalnym prądem do 3A, wyposażonych w czujniki HALLA.

Silniki BLDC znajdują zastosowanie w aplikacjach, gdzie zależy nam na sterowaniu prędkością silnika, przy zachowaniu nominalnego momentu obrotowego. Ponadto sterowniki BLDC umożliwiają w łatwy sposób sterowanie kierunkiem obrotów oraz realizują funkcję rampy rozpędzania i hamowania silnikiem.

W sterownik BLD- 70 silnik może być sterowany za pomocą zewnętrznych przycisków lub przełączników podłączonych do złącz sterowniczych, możemy realizować następujące funkcje: Start/Stop silnika, zmiana kierunku obrotów oraz zmiana prędkości obrotowej silnika. Sterowanie prędkością silnika może odbywać się za pomocą wbudowanego potencjometru, zewnętrznego potencjometru lub zewnętrznego sygnału analogowego 0-5V. BLD-70 współpracuje z szeroką gamą silników Nema 17, 23 i może być stosowany w wielu różnych maszynach, takich jak: napędy przenośników, napędy wrzecion obrabiarek, napędy ruchu robotów mobilnych. Jest to świetna alternatywa dla silników DC, oraz trójfazowych silników indukcyjnych małej mocy pracujących z przemiennikami częstotliwości. Szeroki zakres napięć zasilających 12 - 24 VDC, czyni BLD-70 uniwersalnym w zastosowaniu i umożliwia adaptację w różny gotowych systemach sterowania.

Dane techniczne

- napięcie zasilania 12-24V
- prąd ciągły 3A
- prąd w impulsie 6A
- do silników BLDC o mocy do 70W
- obroty do 20000rpm

Budowa i działanie stanowiska.

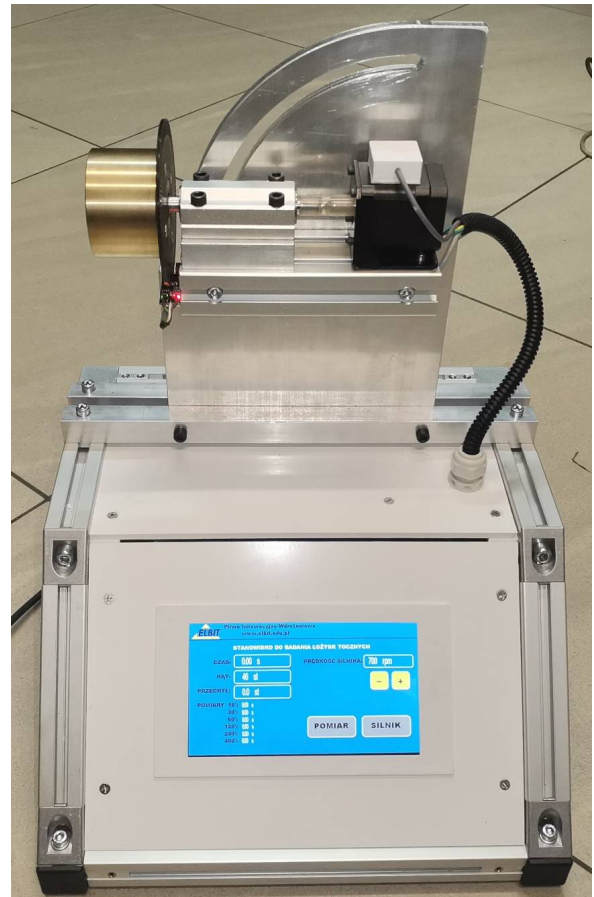
W stanowisku mierzy się siłę tarcia łożysk kulkowych metodą pośrednią, poprzez pomiar przyrostu prędkości obrotowej masywnego ciężarka.

Część mechaniczna:

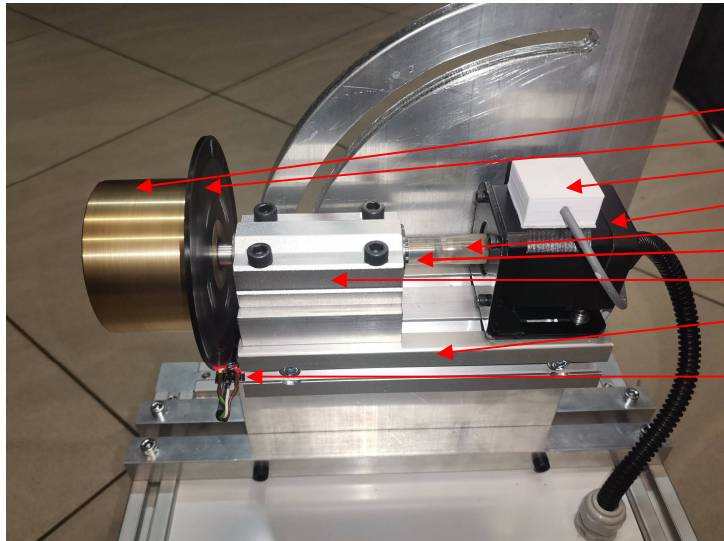
Stanowisko wykonane zostało w postaci nabiurkowej, mobilnej (zdjęcie obok).

Masywna podstawa zbudowana z profili aluminiowych 30x30 kryje w sobie całą potrzebną do badań elektronikę i układy zasilające.

Stanowisko posadowione jest na gumowych nóżkach antypoślizgowych. Do poprawnej pracy wymagane jest ustawienie stanowiska na poziomej powierzchni.

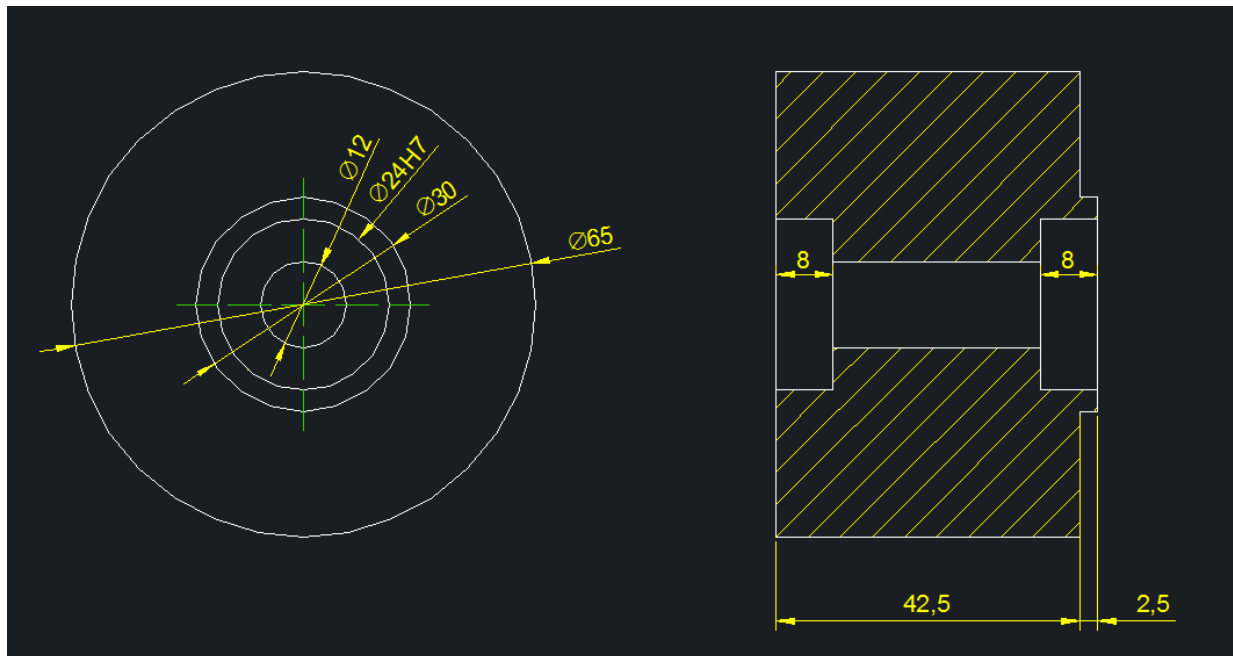


Główna część badawcza składa się z silnika elektrycznego bezszczotkowego (1), który poprzez sprzęgło (2) napędza oś główną (3) zamocowaną w aluminiowych uchwycie łożysk (4). Na drugim końcu osi montuje się swobodnie wirującą masę (5) wykonaną z wałka mosiężnego z zamocowaną na stałe tarczą kodową (6). Badane łożyska – zawsze po dwie sztuki - montuje się na osi głównej i wewnątrz wirującej masy.

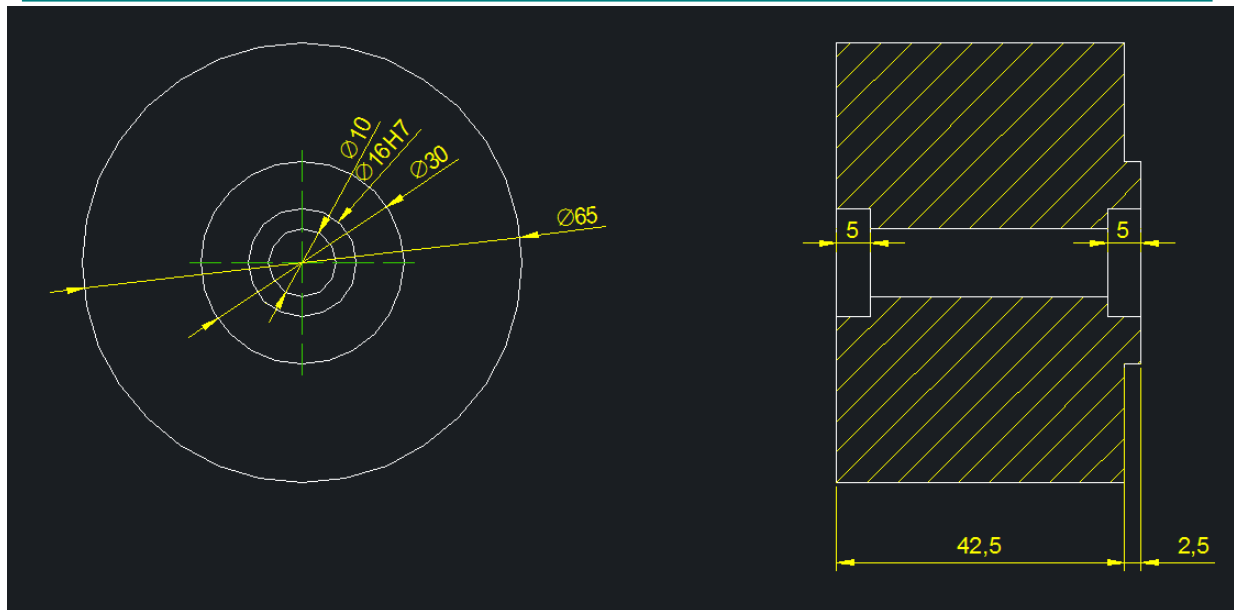


- 5. masa
- 6. tarcza kodowa
- 9. przechyłomierz
- 1. silnik
- 2. sprzęgło
- 3. oś główna
- 4. mocowanie
- 7. podstawa
- 8. transoptor

Całość badanego układu zamocowana jest na aluminiowej ruchomej podstawie (7), którą można ustawić pod dowolnym kątem od 0 do 90 stopni. Daje to możliwość badania łożysk pod naciskiem siły grawitacji od czysto promieniowej do czysto osiowej oraz dowolne złożenie tych sił. Wałek mosiężny posiada wymiary: $\phi 65 \times 42$. Wałki zostały wykonane w dwóch wariantach: z gniazdem na łożyska o średnicy zewnętrznej 24mm i z gniazdem na łożyska 16mm. Rysunki poniżej.



Wałek z gniazdem na łożyska o średnicy zewnętrznej 24mm



Walek z gniazdem na łożyska o średnicy zewnętrznej 16mm

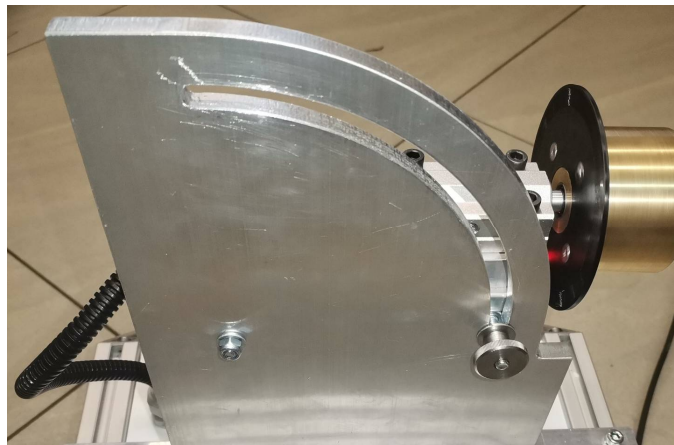
Dokładne wagi obu wałków wraz z tarczami kodowymi i zamontowanymi łożyskami wynoszą:

- wałek z gniazdem 24mm: 1143.5g
- wałek z gniazdem 16mm: 1174.7g

Szybkość rozpędzania się wirującej masy jest w początkowym okresie liniowo zależna od siły tarcia łożysk. Mierząc szybkość rozpędzania zamocowanej na łożyskach masy i znając jej moment obrotowy można wyliczyć moment napędowy, który odpowiada sile tarcia.

Do pomiaru kąta wirującej masy wykorzystano transoptor szczelinowy (8), zaś do pomiaru pochylenia osi głównej elektroniczny przechyłomierz (9).

Zmianę położenia osi głównej realizuje się poprzez popuszczenie śruby dociskowej z tyłu stanowiska (zdjęcie obok) i odpowiednim ustawieniu osi.



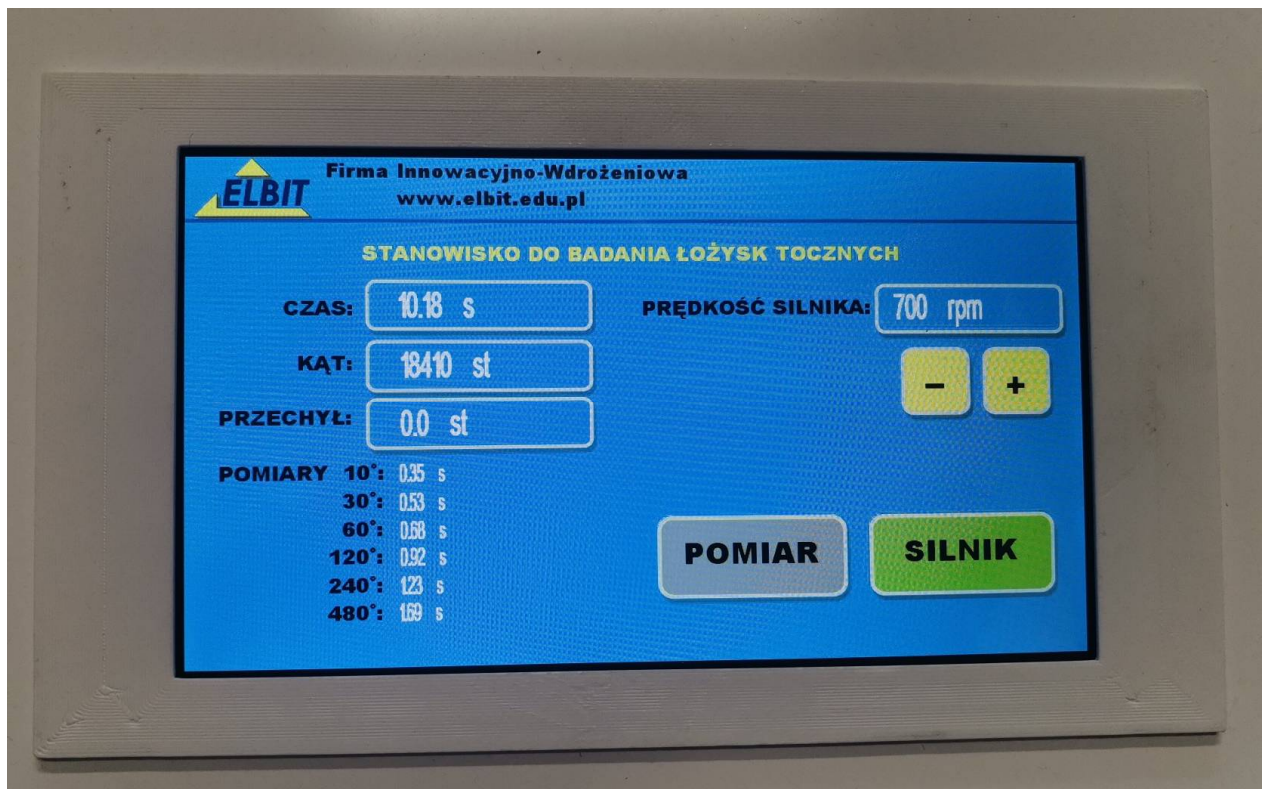
Część elektryczna i sterowanie.

Z prawej strony stanowiska umieszczono włącznik główny (zdjęcie obok). Załączenie zasilania sygnalizowane jest poprzez podświetlenie wyświetlacza na ścianie przedniej. Do zasilania wymagana jest instalacja elektryczna 230V.



Wewnątrz obudowy umieszczono sterownik przemysłowy, który realizuje wszystkie pomiary oraz prezentuje je na wyświetlaczu.

W stanowisku zastosowano 7-calowy wyświetlacz z rezystancyjnym ekranem dotykowym. Wygląd wyświetlacza pokazano na poniższym zdjęciu.



Z lewej strony wyświetlacza umieszczono wartości pomiarowe:

- czas próby w sekundach;
- kąt obrotu masy (wałka) w stopniach;
- przechył, czyli kąt nachylenia osi głównej od poziomu w stopniach.

Badanie polega na określeniu szybkości wybiegu masy. Do jej wyliczenia potrzebne są pomiary pośrednie: kąta o jaki obróciła się masa i czas w jakim to nastąpiło. Poszczególne pomiary czasu dla określonych kątów zapisywane są w trakcie próby.

Wartości kątów przyjęto arbitralnie i nie można ich zmieniać. Są to kąty: 10° , 30° , 60° , 120° , 240° i 480° .

Z prawej strony wyświetlacza umieszczono elementy do sterowania silnikiem. Przyciski umożliwiają ustawienie zadanej prędkości silnika w granicach od 100 do 3000 obr/min. Sterowanie silnikiem odbywa się w pętli sprzężenia zwrotnego więc wartość aktualna jest niemal identyczna z wartością zadaną.

W prawym dolnym rogu wyświetlacza umieszczono dwa przyciski sterujące: SILNIK i POMIAR.

Przycisk SILNIK uruchamia sterowanie silnikiem z zadaną prędkością, zaś przycisk pomiar uruchamia sekwencję pomiarową, na którą składają się poszczególne kroki:

1. Wyzerowanie licznika czasu i poszczególnych pomiarów;
2. Uruchomienie silnika (jeśli nie był wcześniej uruchomiony);
3. Przez 10s sterownik zlicza impulsy z tarczy kodowej przeliczając je na aktualny kąt obrotu tarczy wraz z masą. W momencie gdy wykryte zostanie przekroczenie kąta charakterystycznego, aktualny czas jest zapamiętywany.
4. Pomiar kończy się automatycznie po 10s lub można zakończyć go ręcznie poprzez powtórne naciśnięcie przycisku POMIAR.

Tarcie w łożyskach kulkowych tocznych - teoria.

Tarcie w łożysku tocznym ma decydujący wpływ na ilość ciepła wytwarzanego przez łożysko. Wartość tarcia jest zależna od obciążenia i szeregu innych czynników, w tym:

- rodzaju i wielkości łożyska
- prędkości roboczej
- właściwości i ilości środka smarnego

Całkowity opór do wykonywania ruchu obrotowego w łożysku jest sumą tarcia tocznego i ślizgowego na powierzchniach styku, między elementami tocznymi i bieżniami, między elementami tocznymi i koszykiem oraz między elementami tocznymi i innymi powierzchniami prowadzącymi. Tarcie jest również generowane poprzez opór środka smarnego i uszczelnienia stykowe, jeśli występują.

Oszacowanie momentu tarcia:

W pewnych warunkach moment tarcia może zostać oszacowany z dostateczną dokładnością przy wykorzystaniu stałego współczynnika tarcia μ . Te warunki są następujące:

- obciążenie łożyska $P \approx 0,1 C$
- prawidłowe smarowanie
- normalne warunki pracy

Moment tarcia w tych warunkach można wyznaczyć z poniższego wzoru:

$$M = 0,5 \mu P d$$

Dla łożysk igiełkowych poprzecznych użyj F lub F_w zamiast d .
gdzie

M = moment tarcia [Nmm]

μ = stały współczynnik tarcia dla łożyska (tabela)

P = równoważne obciążenie dynamiczne łożyska [N]

d = średnica otworu łożyska [mm]

F = średnica bieżni pierścienia wewnętrznego [mm]

F_w = średnica pod wałeczkami [mm]

Stały współczynnik tarcia μ dla łożysk otwartych (łożyska bez uszczelnień stykowych)	
Rodzaj łożyska	Współczynnik tarcia μ
Łożyska kulkowe zwykłe	0,0015
Łożyska kulkowe skośne	
– jednorzędowe	0,0020
– dwurzędowe	0,0024
– jednorzędowe dwukierunkowe	0,0024
Łożyska kulkowe wahlwe	0,0010
Łożyska walcowe	
– z koszykiem, gdy $F_a \approx 0$	0,0011
– z pełną liczbą elementów tocznych, gdy $F_a \approx 0$	0,0020
Łożyska igiełkowe z koszykiem	0,0020
Łożyska stożkowe	0,0018
Łożyska baryłkowe	0,0018
Łożyska toroidalne CARB z koszykiem	0,0016
Łożyska kulkowe wzdłużne	0,0013
Łożyska walcowe wzdłużne	0,0050
Łożyska igiełkowe wzdłużne	0,0050
Łożyska baryłkowe wzdłużne	0,0018

Całkowity moment tarcia w łożysku jest sumą momentów tarcia M_0 i M , gdzie

M_0 – moment tarcia nie zależny od obciążenia;

M_1 – moment tarcia zależny od obciążenia.

$$M = M_0 + M_1 \text{ [Nmm]}$$

Przykładowe ćwiczenia.

Poniżej przedstawiono przykładową kartę ćwiczenia dla omawianego stanowiska.

Data:				Temperatura otoczenia [°C]:			
Łożysko:		Obroty [1/s]:		Kąt [°]:		Masa [g]:	
L.p.	ρ [°]	t1[s]	t2[s]	t3[s]	tśr[s]	Mt[Nmm]	μ
1	0 °						
2	10 °						
3	30 °						
4	60 °						
5	120 °						
6	240 °						
7	480 °						

W pierwszej kolejności należy uzupełnić wartości mające wpływ na ćwiczenie jak temperatura otoczenia, kąt zamocowania osi głównej, typ badanego łożyska, ustawione obroty i masa wałka obciążającego.

Następnie należy wykonać po trzy (lub więcej) pomiarów i wyliczyć średnie czasy osiągnięcia założonych kątów. Następnie korzystając ze wzorów wyliczyć sumaryczny moment dla danego łożyska.

Instrukcja użytkowania

Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy.

Stanowisko powinno być ustawione w miejscu zapewniającym wygodną obsługę i dostęp do części mechanicznej i elektrycznej. Podłączając do sieci zasilającej należy zabezpieczyć obsługującego przed porażeniem prądem elektrycznym poprzez prawidłowe zerowanie i uziemianie. W czasie pracy stanowiska nie wolno dotykać żadnych części ruchomych. Na czas dłuższej przerwy w pracy należy wyjąć wtyczkę z gniazda. Podobnie należy postąpić w przypadkach przerw spowodowanych brakiem prądu. Wszelkie zauważone w czasie pracy nieprawidłowości działania należy niezwłocznie zgłaszać nadzorowi, przerywając pracę aż do chwili usunięcia usterki. Ponieważ stanowisko nie posiada osłon chroniących obsługę, podczas badania należy wyznaczyć jednometrową strefę bezpieczeństwa wokół stanowiska. Wewnątrz strefy może znajdować się tylko przeszkolony operator.

Instrukcja obsługi.

Obsługa stanowiska polega na podłączeniu do sieci prądu elektrycznego, przewodu zakończonych wtyczką oraz uruchomieniu go za pomocą włącznika kołyskowego na boku obudowy. Lampa kontrolna sygnalizuje podanie napięcia zasilającego do części elektrycznej urządzenia.

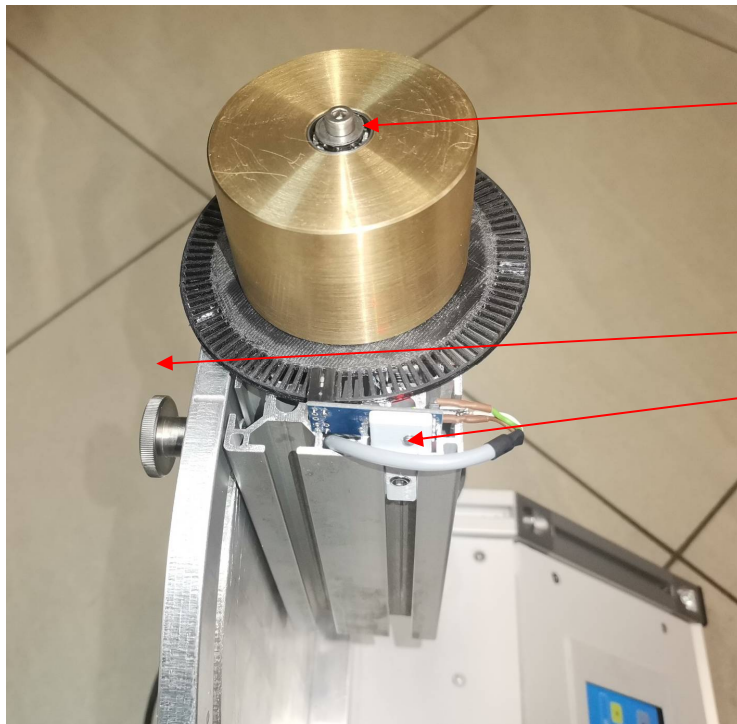
Czynności niezbędne do wykonania poprawnie zarejestrowanej próby:

1. Zamontować badane łożyska w wałku mosiężnym i założyć na oś - Zabezpieczyć wałek śrubą.
2. Ustawić właściwy kąt osi głównej.
3. Ustawić wymagane obroty silnika.
4. Zanotować temperaturę otoczenia.
5. Po upewnieniu się, że wałek obraca się swobodnie włączyć przycisk PRÓBA.
6. Po zakończeniu próby (ręcznym lub automatycznym) zanotować wyniki.
7. Dla dokonania nowej próby przy tych samych nastawach przejść do punktu 5, dla zakończenia działań wyłączyć stanowisko.

Czynności niezbędne do wymiany łożyska:

1. Wyłączyć stanowisko – wszelkie działania przy płycie transoptora mogą być dokonywane tylko przy wyłączonym stanowisku.
2. Ustawić oś główną w położenie pionowej i zabezpieczyć śrubą dociskową (1).
3. Przytrzymując oś odkręcić śrubę (2) zabezpieczającą wałek mosiężny.
4. Poluzować wkręt (3) podstawy transoptora.

5. Delikatnie zdjąć wałek z tarczą i zespół transoptora.
6. Wymienić łożyska.
7. Montaż odbywa się w odwrotnej kolejności. Podczas montażu należy ustawić położenie transoptora tak, by nie dotykał tarczy kodowej.



śruba zabezpieczająca

śruba dociskowa

wkręt podstawy

Załączniki:

Dokumentacja towarzysząca.

Spis rysunków technicznych:

0271.0.3.1000 Instalacja elektryczna.

Karty katalogowe ważniejszych podzespołów.