



**FIRMA INNOWACYJNO
-WDROŻENIOWA**

Koszyce Małe, ul. Źródlana 8

33-111 Koszyce Wielkie

tel.: 0146210029, 0146360117, 608465631

faks: 0146210029, 0146360117

mail: biuro@elbit.edu.pl

www.elbit.edu.pl

TRYBOTESTER



Spis treści

Wstęp	3
Opis techniczny.....	4
Czujniki i przetworniki.....	6
Czujnik siły KMM20-100N	6
Czujnik siły KM202-10N.....	7
Wzmacniacz czujników tensometrycznych WDT1	8
Uniwersalny wzmacniacz pomiarowy CZU5	9
Transformatorowy czujnik przemieszczeń liniowych PTx10	10
Wzmacniacz pomiarowy WG06.....	11
Czujnik temperatury, wilgotności i punktu rosy CZU2HT.....	12
Termopara płaszczoza typu K NiCr-NiAl	13
Przetwornik pomiarowy PS-11	14
Urządzenia wykonawcze.....	15
Sterownik CPU06.....	15
Silnik BG75x25SI 24V	17
Pompa próżniowa V-i 220 SV	18
Budowa i działanie urządzenia	20
Opis programu TRYBOTESTER.....	27
Okno główne.....	27
Parametry programu	28
O programie	29
Panel pomiarów i parametrów.....	30
Programowanie próby.....	31
Sterowanie	32
Wykresy.....	32
Układ sterowania.....	37
Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy.	38
Instrukcja obsługi.	38
Przygotowanie próbek do badań trybologicznych.....	38
Załączniki.....	40
Dokumentacja towarzysząca.....	40

Wstęp

W trybotesterze płaska, okrągła lub sferyczna przeciwpróbka dociskana jest do próbki z dokładnie znaną siłą. Przeciwpróbka montowana jest na sztywnym elemencie. Współczynnik tarcia jest określany podczas testu poprzez pomiar odkształcenia elastycznego ramienia przy pomocy odpowiednich tensometrów.

Współczynnik zużycia liniowego próbki oraz przeciwpróbki jest mierzony przy pomocy precyzyjnego czujnika położenia (wytarcia).

Taka prosta metoda pozwala badać tarcie oraz zużycie niemal każdej znanej kombinacji materiałów w stanie stałym w układzie ze smarowaniem lub bez.

Kontrola parametrów testu, takich jak prędkość, częstotliwość, nacisk, czas, temperatura, wilgotność pozwala symulować typowe warunki panujące w rzeczywistości dla danej pary trącej.

Ważną cechą trybotestera firmy Elbit jest możliwość zakończenia testu w momencie osiągnięcia założonego czasu, długości drogi lub głębokości wytarcia.

Trybotester może wykonywać ruch posuwisto – zwrotny mierząc współczynnik tarcia w obydwóch kierunkach przemieszczenia. Umożliwia to badanie zmian w czasie statycznego i kinetycznego współczynnika tarcia.

Jako dodatkowa opcja trybotestery mogą być wyposażone w obudowę pozwalającą stosować kontrolowanie atmosfery o zmiennej wilgotności i temperaturze. Szczególnym przypadkiem jest możliwość wykonywania badań w próżni.

Kolejną opcją są różne wymienne komory:

- wodna (mokra) do badań trybologicznych elementów zanurzonych w lubrykancie umożliwiającą badania w temperaturze do 150°C;
- wysokotemperaturowa do badań w temperaturze do 900°C.

Oczywiście obie komory posiadają układy dokładnej stabilizacji zadanej temperatury.

Następną opcją jest przystawka do automatycznego badania przewodności elektrycznej trącej pary, która to umożliwia badanie właściwości izolacyjnych powłok.

Oprogramowanie sterujące umożliwia:

- wyliczanie na bieżąco następujących wartości: siły, obciążenia, drogi, prędkości obrotowej, współczynnika tarcia, temperatury pary trącej, temperatury i wilgotności w komorze, głębokości wytarcia, przewodności elektrycznej pomiędzy parą trącą (opcja), współczynnika tarcia, wartości szybkości zużycia obu elementów trących, naprężenia;
- regulację (z poziomu załączonego komputera) parametrów testu takich jak prędkość obrotowa, częstotliwość, ilości obrotów, próg współczynnika tarcia, temperatury i czasu;
- łatwe archiwizowanie danych pomiarowych oraz eksport do pliku ASCII lub Excela;
- połączenie Ethernetowe i prezentacja podstawowych wyników testu w trakcie jego trwania również na stronie internetowej.

Opis techniczny

Parametry podstawowe trybotestera:

Zakres prędkości obrotowej:	0.3 ÷ 1500 obr/min 0.1 ÷ 2000 obr/min (opcja)
Moment obrotowy (dla zakresu prędkości do 26.4obr/min):	2800mNm
Moment obrotowy (dla zakresu prędkości powyżej 26.4obr/min):	1320mNm
Maksymalne obciążenie:	60N
Rozdzielczość pomiaru obciążenia:	30mN
Dokładność pomiaru obciążenia:	0.2%
Zakres pomiaru siły tarcia:	10N
Rozdzielczość pomiaru siły tarcia:	5mN
Dokładność pomiaru siły tarcia:	0.2%
Zakres pomiar głębokości bruzdy:	10mm
Dokładność pomiaru głębokości bruzdy:	0.1%
Maksymalna nieliniowość:	0.04%
Zmienny promień testu:	od 5 do 30mm
Wymiary (dług. X szer. X wys.):	60x35x50
Zewnętrzna temperatura pracy:	0÷40°C
Wilgotność:	do 50%

Instalacja elektryczna:

Napięcie robocze:	230 VAC
Zasilanie:	jednofazowe
Długość kabla zasilającego:	5m
Moc:	500W 1.6kW (dla komory wysokotemperaturowej)

Parametry opcjonalne trybotestera:

Częstotliwość ruchu liniowego:	do 1Hz (standard) do 10Hz (opcja)
Długość posuwu w ruchu liniowym:	do 60mm

Szybkość liniowa:	do 100mm/s
Zakres pomiaru rezystancji:	0 ÷ 1kΩ
Zakres pomiaru temperatury otoczenia:	0÷100°C
Dokładność pomiaru temperatury otoczenia:	0.3°C
Zakres pomiaru wilgotności względnej otoczenia:	0÷100%
Dokładność pomiaru wilgotności otoczenia:	2.0%
Maksymalna próżnia:	1mbar
Maksymalna temperatura dla komory mokrej:	150°C (300°C opcja)
Maksymalna temperatura dla komory wysokotemperaturowej:	900°C (1100°C opcja)

UWAGA

W urządzeniu występują wysokie napięcia, duże naprężenia mechaniczne (komora próżniowa) oraz wysokie temperatury (komora wysokotemperaturowa i wodna). Podczas pracy należy zachować szczególną ostrożność, a każdy przypadek niewłaściwego działania należy zgłaszać do producenta !

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

Czujniki i przetworniki

Czujnik siły KMM20-100N



Własności:

Uniwersalny tensometryczny czujnik siły przeznaczony do pomiaru sił ściskających i rozciągających w warunkach przemysłowych. W szczególności, czujnik może być stosowany w pomiarach sił w maszynach wytrzymałościowych do prób statycznych. Czujnik działa na zasadzie pomiaru odkształcenia sprężystego elementu pomiarowego pod wpływem przyłożonej siły, przy pomocy mostka tensometrycznego. Odkształcenie elementu powoduje

zmianę rezystancji w układzie tensometrycznym, przekształcaną w układzie elektronicznym współpracującego wzmacniacza na sygnał wyjściowy, proporcjonalny do przyłożonej siły.

Klasa dokładności	1	0.5	
Obciążenie znamionowe	50 N	100, 200, 500 N	1, 2, 5 kN
Przebieżenie użyteczne Przebieżenie graniczne	150% F.S. 200% F.S.		
Wyjście ze stałą charakterystyczną (mV/V ± 2%)	1.0	1.5	
Tolerancja zera	±2% F.S.		
Nieliniowość (%F.S.)	0.5	0.25	
Histerja (%F.S.)	0.5	0.25	
Błąd pełzania 30 min (%F.S.)	0.2	0.1	
Współczynnik temperatury - punktu zerowego - stałej charakterystycznej	0.1% F.S./10°C 0.1% F.S./10°C		
Rezystancja wejściowa	395 Ω ±10%		β80 Ω ±10%
Rezystancja wyjściowa	350 Ω ±5%		
Rezystancja izolacji	> 5000 MΩ		
Napięcie zasilania - Zalecane - Maksymalne	5 V 7 V		10 V 15 V
Zakres temperatury - znamionowy - użytkowy	0 ...+50°C -10 ...+70°C		
Odchylenie przy max. obciążeniu	0.1 mm		
Materiał korpusu	Aluminium	Stal	
Kabel	LiFYDY 4x0.05, 2 m		

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Czujnik siły KM202-10N



Własności:

Uniwersalny tensometryczny czujnik siły przeznaczony do pomiaru sił ściskających i rozciągających w warunkach przemysłowych.

Czujnik działa na zasadzie pomiaru odkształcenia sprężystego elementu pomiarowego pod wpływem przyłożonej siły, przy pomocy mostka tensometrycznego. Odkształcenie elementu powoduje zmianę rezystancji w układzie tensometrycznym.

Technische Daten			
Messbereich (0 bis ...)	[N]	3; 5; 10	30; 50; 100
Gebrauchslast	[% F.S.]		120
Grenzlast	[% F.S.]		150
Bruchlast	[% F.S.]		> 200
Nennkennwert	[mV/V]	1	2
Nennkennwerttoleranz	[% F.S.]		10
Nullsignaltoleranz	[% F.S.]		2
Linearitätstoleranz	[% F.S.]		0,04
Hysterese	[% F.S.]		0,04
Kriechfehler (30 min)	[% F.S.]		0,06
max. Kennlinienabweichung *	[% F.S.]		0,15
Wiederholbarkeit	[% F.S.]		0,04
Temp. koeff. Nullpunkt	[% F.S./10K]		0,025
Temp. koeff. Kennwert	[% F.S./10K]		0,025
Legende:	*) einschließlich Hysterese Alle Werte mit Fehlerangaben in % F.S. sind $\leq \pm$ Werte Im Lieferumfang ist standardmäßig ein Messprotokoll enthalten		

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Wzmacniacz czujników tensometrycznych WDT1



Wzmacniacz WDT1 przeznaczony jest do współpracy z mostkowymi czujnikami tensometrycznymi (bez wbudowanej elektroniki). Pozwala on na przetwarzanie sygnałów z czujnika na sygnał napięciowy w przemysłowym standardzie 0-10V. Urządzenie posiada także interfejs RS485 pracujący w standardzie MODBUS.

Urządzenie posiada możliwość wybrania stałej czułości mostka (wartości 1mV/V, 1.5mV/V, 2mV/V). Pozwala to na współpracę z większością dostępnych na rynku czujników tensometrycznych.

Wbudowany interfejs RS485 z protokołem wymiany danych w standardzie MODBUS pozwala na połączenie na jednej magistrali do 32 urządzeń (adres wybierany za pomocą przełączników).

Moduł WDT1 ma wszechstronne zastosowanie zarówno w przemyśle jak i laboratoriach badawczych, wszędzie tam, gdzie istnieje konieczność zgrubnego lub precyzyjnego pomiaru siły (ciężaru). W zależności od zastosowanego czujnika istnieje możliwość pomiarów małych ciężarów w zakresie gramów jak i dużych obciążeń mierzonych w tonach.

Właściwości modułu:

Pomiar sygnału z czujnika tensometrycznego

Filtrowanie sygnału

Wybór stałej czułości mostka (1mV/V, 1.5mV/V, 2mV/V)

Wyjście napięciowe 0-10V o rozdzielczości 1mV

Interfejs RS485 w standardzie MODBUS

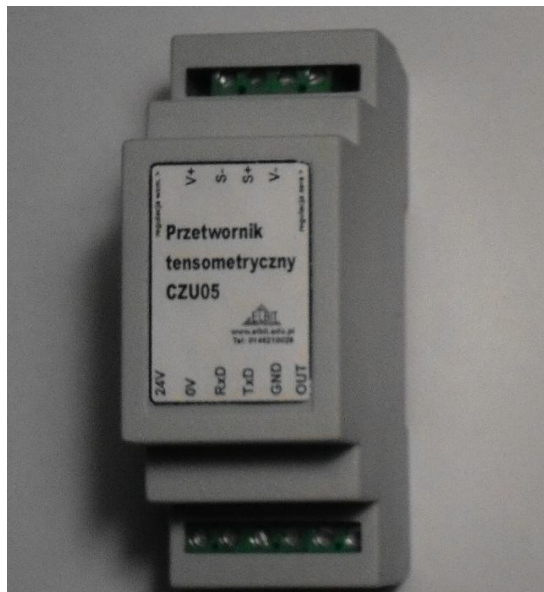
Zasilanie urządzenia 14-25 V DC

Sygnalizacja stanu pracy urządzenia przez 2 diody LED

Pełna instrukcja obsługi w załącznikach.

W zależności od potrzeb wymiennie może być zastosowany uniwersalny wzmacniacz pomiarowy CZU5.

Uniwersalny wzmacniacz pomiarowy CZU5



Uniwersalny wzmacniacz pomiarowy CZU5 jest przeznaczony do kondycjonowania pomiarów pochodzących z przetworników w układzie mostkowym, półmostkowym, lub przetworników aktywnych (generujących napięcie).

Po wstępnym przetworzeniu sygnału analogowego w urządzeniu następuje digitalizacja sygnału. Dostępny jest sygnał w formie analogowej jak i cyfrowej.

Czujniki są fabrycznie dostosowane do pomiaru w określonym zakresie i nie wymagają regulacji.

Czujnik przystosowany jest do zasilania z zewnętrznego źródła napięcia stałego, którego wartość powinna zawierać się w granicach od 14V do 26V.

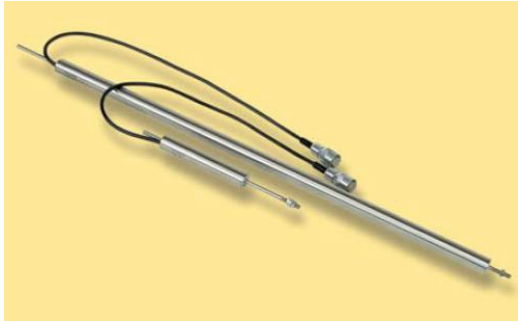
Czujniki posiada wbudowany zestaw elementów przeciw przepięciowych chroniących czujnik od przepięć powstałych na magistrali RS232/485.

Dane techniczne:

Zakres pomiaru napięciowego:	0÷10V
Rozdzielczość przetwornika	24bity
Zasilanie:	14÷26VDC
Pobór prądu:	Ok. 60mA
Sygnał wyjściowy cyfrowy:	MODBUS
Sygnał wyjściowy analogowy:	0÷10V
Interfejs cyfrowy :	RS232 lub RS485
Protokół:	MODBUS RTU
Adres urządzenia:	ustawiany 1÷255
Prędkość transmisji:	2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 57600 kbit/s
Maksymalny zasięg:	1200m
Stopień ochrony obudowy:	IP43
Temperatura pracy układu elektronicznego:	0÷70°C

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Transformatorowy czujnik przemieszczeń liniowych PTx10



Własności:

Transformatorowe przetworniki przemieszczeń liniowych PTx są zminiaturyzowaną wersją przetworników serii PAx. Stosuje się je do statycznych i dynamicznych pomiarów: przesunięć, zmian długości i grubości materiałów, ugięcia części maszyn i konstrukcji.

Przetworniki zbudowane są w oparciu o transformator różnicowy umieszczony w cylindrycznej obudowie. W cewce transformatora znajduje się ruchomy rdzeń magnetyczny, od położenia którego zależy sygnał wyjściowy. Przelotowa konstrukcja przetwornika umożliwia wprowadzenie rdzenia z dowolnej jego strony.

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Wzmacniacz pomiarowy WG06



Własności:

Wzmacniacz pomiarowy WG06 przeznaczony jest do zasilania przetwornika przemieszczeń liniowych (LVDT) pracującego w układzie pełnego mostka i do przekształcenia sygnału z przetwornika na jeden ze standardowych sygnałów analogowych napięciowych lub prądowych. Produkowany jest w wersji listwowej (obudowa IP40, zaciski IP20, obudowa o szerokości 22,5 mm) do montażu na szynie 35 mm. Wzmacniacz sprzedawany jest w komplecie z przetwornikiem przemieszczeń liniowych, lub osobno jako niezależny moduł pomiarowy.

Dane techniczne:

Napięcie zasilające:

21,28V/90mA DC lub
20÷25V/190mA AC

Sygnał wyjściowy (jeden):

±10V, 0-10V, 4-20mA

Rezystancja wejściowa:

>100kΩ

Rezystancja obciążenia:

>2kΩ

sygnał napięciowy:

<500W

sygnał prądowy:

±0,1%

Nieliniowość:

5kHz/2Vrms opcja 1kHz

Generator fali nośnej:

całkowita separacja galwaniczna zasilania od reszty układu

Separacja:

Napięcie próby izolacji obwodów:

2kV, 50Hz, 1min

Temperatura pracy:

0 - 50°C

Obudowa:

listwowa (106,7x79x22,5mm)

Masa:

ok. 150g

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Czujnik temperatury, wilgotności i punktu rosy CZU2HT**Własności:**

Czujnik temperatury i wilgotności (termo-higrometr) CZU2HT jest przeznaczony do pomiaru temperatury i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach, a przy odpowiednim zabezpieczeniu czujnika pomiarowego również na zewnątrz budynków. Może pracować w pomieszczeniach o znacznym zapyleniu dzięki zastosowaniu hermetycznej obudowy oraz odpowiedniego filtra chroniącego czujnik pomiarowy.

Po odczytaniu danych pomiarowych (temperatura i wilgotność względna) i uwzględnieniu odpowiednich poprawek czujnik wylicza punkt rosy.

Czujniki są fabrycznie dostosowane do pomiaru w określonym zakresie i nie wymagają regulacji. Czujnik przystosowany jest do zasilania z zewnętrznego źródła napięcia stałego, którego wartość powinna zawierać się w granicach od 10V do 30V. Czujniki posiadają wbudowane zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania oraz wbudowany zestaw elementów przeciw przepięciowych chroniących czujnik od

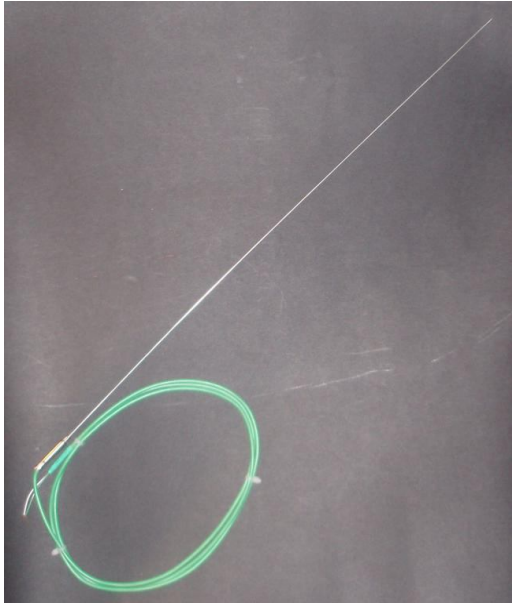
przepięć powstałych na magistrali RS485/RS422.

Dane techniczne:

Zakres pomiaru temperatury:	-40÷123.8°C
Zakres pomiaru wilgotności względnej:	0÷100%RH
Dokładność pomiaru temperatury:	0.3°C
Dokładność pomiaru wilgotności:	2.0%RH
Zasilanie:	10÷30VDC
Pobór prądu:	60mA
Sygnał wyjściowy:	MODBUS oraz 2 wyjścia analogowe 0-10V lub 4-20mA
Interfejs cyfrowy :	RS232 lub RS485
Protokół:	MODBUS RTU
Adres urządzenia:	ustawiany 1÷255
Prędkość transmisji:	2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 57600 kbit/s
Maksymalny zasięg:	1200m
Stopień ochrony obudowy:	IP65
Temperatura pracy układu elektronicznego:	-40÷80°C

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Termopara płaszczeniowa typu K NiCr-NiAl



Własności:

Jest to termopara typu K, czyli nikiel chrom - nikiel aluminium inaczej NiCr - NiAl.

Maksymalny zakres pomiarowy to 1100°C-krótkotrwale 1200°C. Ten rodzaj termopar - typu K - ze względu na swą konstrukcję - niewielką średnicę i minimalną pojemność cieplną, jest przeznaczony do pomiarów tam gdzie jest wymagane precyzyjne mierzenie szybko zmieniających się temperatur.

Termopara jest w osłonie płaszczeniowej wykonanej z Inconelu. Jest to stop o wysokiej zawartości chromu i niklu pozwalający na pracę termopary aż do 1200°C. Wewnątrz osłony są umieszczone elementy pomiarowe zabezpieczone tlenkiem magnezu. Taka konstrukcja termopary

pozwała na kształtowanie i wyginanie jej bez niebezpieczeństwa uszkodzenia i powstania zwarcia.

W termoparze tej spoina pomiarowa jest odizolowana od osłony. Jest ona bardzo czuła na zmiany temperatury i ma minimalny czas reakcji. Nie zaleca się stosowania tej termopary w środowisku agresywnym oraz do prowadzenia długotrwałych pomiarów w górnym zakresie stosowania.

Termopara jest połączona z przewodem kompensacyjnym o długości jednego metra.

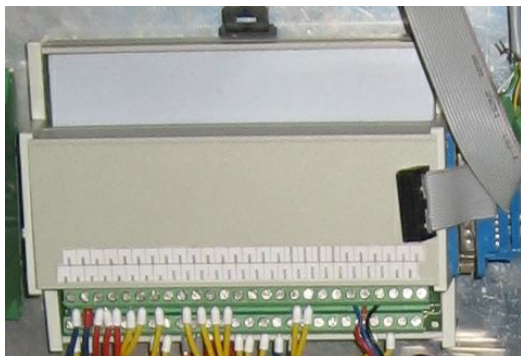
Przetwornik pomiarowy PS-11**Własności:**

Przetwornik pomiarowy PS-11 pozwala przetworzyć wielkość sygnału temperaturowego z czujnika na proporcjonalną wielkość sygnału analogowego, np. 0-20 mA, 4-20 mA, 0-10 V itp. Czujniki Pt100 i Pt1000 są linearyzowane z wejściem 3-przewodowym, a sygnał z termopar jest przetwarzany proporcjonalnie. Przetwornik jest przystosowany do mocowania na szynie TS-35 (TH35).

Pełna karta katalogowa w załącznikach.

Urządzenia wykonawcze

Sterownik CPU06



Opis techniczny:

Sterownik CPU06 to opracowany w firmie Elbit dedykowany sterownik przemysłowy przeznaczony do sterowania prostymi procesami przemysłowymi. W szczególności zaprojektowane rozwiązania hardwerowe predestynują go do zastosowań w maszynach wytrzymałościowych i urządzeniach trybologicznych.

Sterownik posiada osiem wejść dwustanowych $0 \div 24V$, szesnaście wyjść dwustanowych $0 \div 24V$, dwanaście 12-bitowych wyjść analogowych i cztery 12-bitowe wejścia analogowe.

Ponadto posiada zainstalowane urządzenia do podłączenia kodera inkrementacyjnego lub liniału optycznego, urządzenia do komunikacji szeregowej (RS232 lub RS485), pamięć RAM i 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 10V do 30V.

Sterownik posiada wbudowane zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania oraz wbudowany zestaw elementów przeciwprzepięciowych chroniących wszystkie wejścia i wyjścia od przepięć powstałych na liniach zewnętrznych.

W sterowniku zainstalowany jest program realizujący funkcję trybotestera.

Dane techniczne:

Zasilanie:	10÷30Vdc
Pobór prądu:	0.3A
Sygnał wyjściowy	transmisja szeregową
Interfejs:	RS232 lub RS485
Protokół:	MODBUS RTU lub ASCII
Adres urządzenia:	ustawiany 1÷255
Prędkość transmisji:	2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 57600 kbit/s
Maksymalny zasięg (RS485):	1200m
Maksymalny zasięg (RS232):	12m
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 nad prądowe	każdego wyjścia oddzielnie.
Parametry wejść analogowych:	

przetwornik 12-bitowy

częstotliwość kwantyzacji: 1kHz

Każde wejście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane następująco:

- 0÷5V
- 0÷10V
- 0÷20mA

Parametry wyjść analogowych:

przetwornik 12-bitowy

maksymalna częstotliwość

sygnału wyjściowego: >100Hz

Każde wyjście analogowe może być w procesie produkcyjnym skonfigurowane następująco:

- 0÷5V
- 0÷10V

Silnik BG75x25SI 24V**Opis techniczny:**

Elektronicznie komutowane silniki z serii BG są silnikami z magnesami neodymowymi o mocy od 3 do 300W. Łączą zalety silników DC i AC. Odznaczają się długą żywotnością, bezobsługową pracą i dużą dynamiką regulacji. Wykonywane są na napięcia pracy od 24 do 325V, prędkości obrotowe od 500 do 10000obr/min, osiągając moment znamionowy od 2 do 100Ncm. Możliwe są wykonania z przekładniami planetarnymi

i ślimakowymi, a także z wmontowaną elektroniką. Najpopularniejsze są dwie wielkości silników BG44 i BG65.

Znamionowe napięcie zasilania [VDC]	24
Znamionowa prędkość [obr./min.]	3900
Znamionowy moment [Ncm]	61
Znamionowy prąd [A]	12,2
Moment startowy [Ncm]	195
Prąd startowy [A]	50
Moc silnika [W]	220
Bezwładność rotora [gcm ²]	240
Masa silnika [g]	1600

W załącznikach zamieszczono instrukcję obsługi ww. silnika.

W zależności od wersji (potrzeb Zamawiającego) do konstrukcji może zostać wykorzystany inny typ silnika z serii BG75.

Pompa próżniowa V-i 220 SV



Opis techniczny:

Pompy próżniowe VALUE to pompy łopatkowe dwustopniowe ze smarowaniem olejowym z wbudowanym wakuometrem, stosowane min. w klimatyzacji i chłodnictwie służące do usuwania gazów (wytworzenia podciśnienia) w zamkniętej przestrzeni.

Ponadto pompa ta jest wyposażona w:

- zawór bezpieczeństwa, który nawet przy awarii zasilania, odcina pompę od układu;
- dużą dokładność manometrów;
- zawór zwrotny zapobiegający cofaniu się oleju;
- duży wziernik wskazujący poziom oleju oraz zabezpieczenie uniemożliwiające załączenie pompy bez oleju;
- dwustopniowy system uzyskiwania próżni.

Właściwości pomp próżniowych:

- zapobieganie powrotu oleju.

Kanał dla gazów wstępnych został specjalnie zaprojektowany. Dzięki niemu przemieszczający się olej nie przedostanie się do wypompowywanych zbiorników i układów.

- zapobieganie wydmuchu par oleju.

Oddzielony zbiornik oraz urządzenia separujące na wydechu pompy zapobiegają wydmuchiowaniu, rozbryzgiwaniu oleju.

- obudowa ze stopu aluminium.

Zastosowana została obudowa ze stopu aluminium. Stopy aluminium wykazują się bardzo dobrą przewodnością cieplną i wytrzymałością. Dzięki temu pompa jest lepiej chłodzona i może pracować długotrwale. Ponadto pompa ma ładny metaliczny wygląd.

- zaprojektowana od podstaw.

Elementy elektryczne, mechaniczne i niemechaniczne zostały zaprojektowane od podstaw, co przyczyniło się do stworzenia pomp bardziej kompaktowych, lżejszych i niezawodnych.

- wysoki moment rozruchowy.

Zaprojektowany wysoki moment rozruchowy ułatwia rozruch i zwiększa efektywność. Pompa może pracować nawet w niskich temperaturach i przy niskim napięciu.

- wymuszony system smarujący (pompy dwustopniowe).

Pompy te mają zaimplementowany system smarujący zaprojektowany do dostarczania czystego, przefiltrowanego oleju do wszystkich wewnętrznych łożysk i powierzchni zużywających się, niezależnie od ciśnienia operacyjnego pompy.

- niski hałas i vibracje.

Elastyczne połączenie umieszczone pomiędzy silnikiem i modulem skutkuje super cichą i płynną pracą.

- wysoka dokładność manometrów,
- zabezpieczenie uniemożliwiające załączenie pompy bez oleju.

Parametry techniczne

Model / Dane techniczne		V-i220SV	V-i240SV	V-i260SV	V-i280SV
Przepływ	50 Hz	1.8 CFM	3.5 CFM	5.0 CFM	7.0 CFM
		51 l./min.	100 l./min.	142 l./min.	198 l./min.
	60 Hz	2.0 CFM	4.0 CFM	6.0 CFM	8.0 CFM
		57 l./min.	113 l./min.	170 l./min.	226 l./min.
Próżnia	Ciśnienie częściowe	1.5 x 10 ⁻¹ Pa	1.5 x 10 ⁻¹ Pa	1.5 x 10 ⁻¹ Pa	1.5 x 10 ⁻¹ Pa
	Ciśnienie całkowite	12 mikronów	12 mikronów	12 mikronów	12 mikronów
Moc		1/3 HP	1/2 HP	3/4 HP	1 HP
Przylącze		1/4"	1/4"	1/4" & 3/8"	1/4" & 3/8"
Pojemność zbiornika oleju		200 ml	325 ml	460 ml	500 ml
Wymiary w mm		318x124x234	337x138x244	395x145x257	395x145x257
Waga		8,6 kg	10,5 kg	15,9 kg	16,3 kg

Budowa i działanie urządzenia

Trybotester został zaprojektowany jako urządzenie w obudowie nabiurkowej.

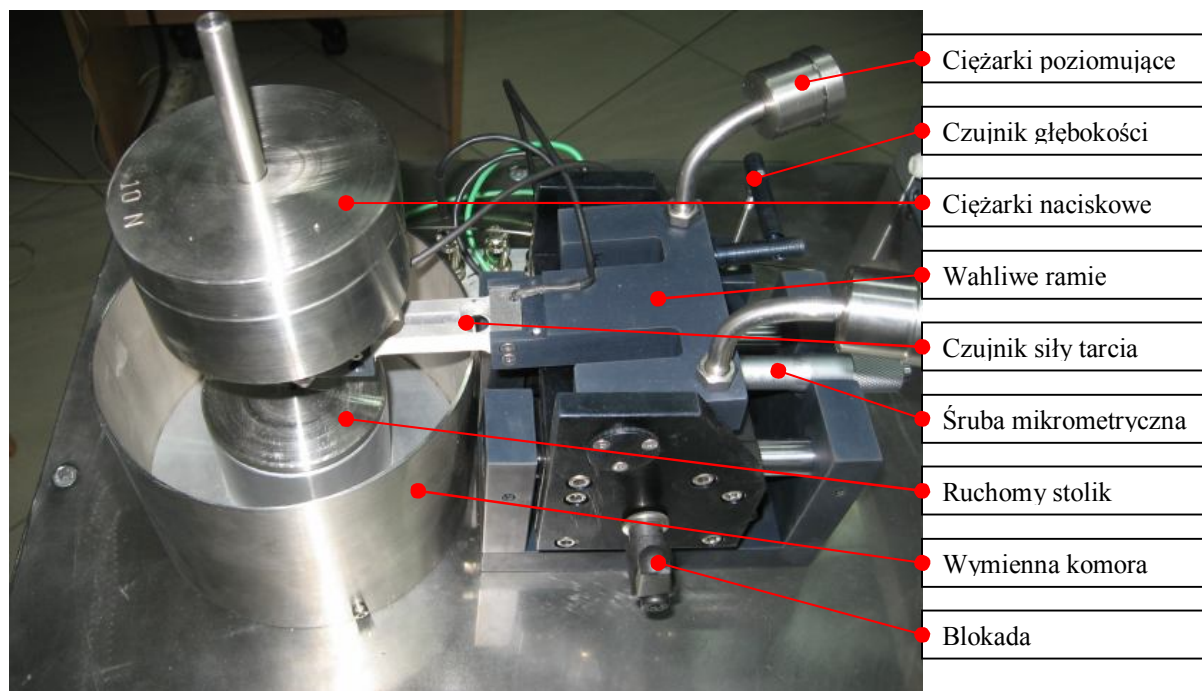
Prawa górna część stanowiska została przeznaczona na elementy sterowania procesem badawczym. Nad pulpitem sterowniczym przewidziano miejsce na komputer sterująco-rejestrujący typu laptop z odpowiednim oprogramowaniem. Poniżej jest część pulpitu z przyciskami i wyświetlaczem prezentującym podstawowe dane pomiarowe.

W lewej, górnej części zamontowano część badawczą trybotestera. Tu znajdują się wymienne komory (standardowa, mokra i wysokotemperaturowa) z mocowaniem badanych próbek oraz większość czujników pomiarowych. Dla opcji próżniowej całość stolika otoczona jest zdejmowaną komorą próżniową.



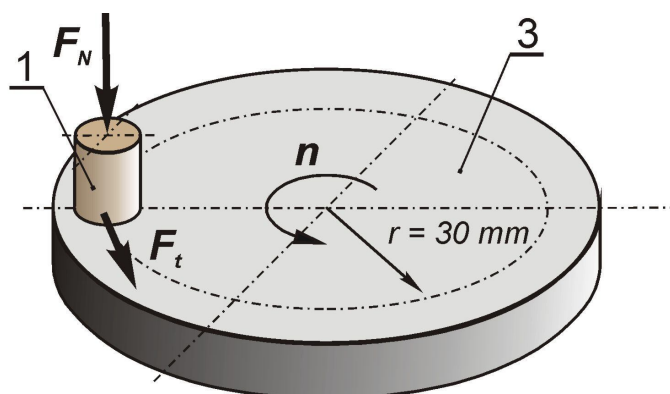
W lewej dolnej części urządzenia zamontowano wszystkie elementy pomocnicze, m.in. zespół napędowy.

Wygląd stolika badawczego przedstawiono na poniższym rysunku.



Trybotester firmy Elbit umożliwia prowadzenie badań typu pin-on-disc (sworzeń – tarcza) – ball-on-disc (kula – tarcza).

Schemat pary ślizgowej przedstawiono na rysunku obok.



Stanowisko jest napędzane zespołem dwóch silników elektrycznych prądu stałego, połączonych ze wspólną osią za pomocą odpowiednio dobranych elektrosprzęgieł.

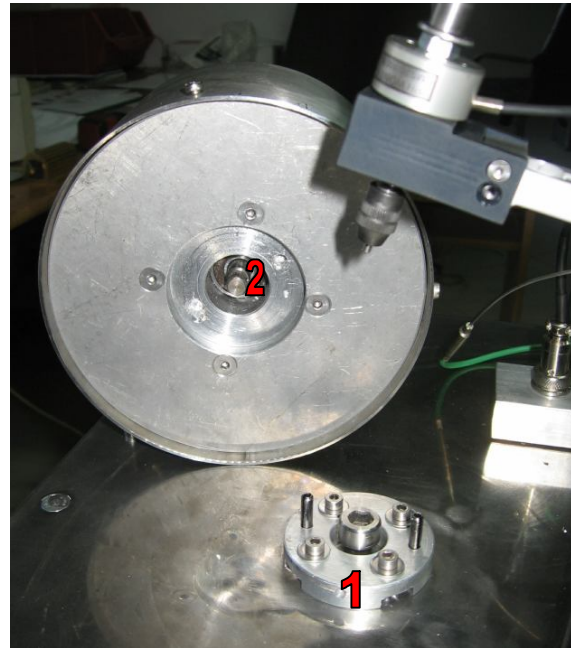
Każdy z silników wyposażony jest w inną przekładnię zębatą, tak aby zapewnić możliwość zaprogramowania każdej prędkości z zakresu pomiarowego trybotestera. Dla zakresu prędkości 0.3 ÷ 26.4 obr/min włącza się silnik dolny z zespołem przekładni (30*70):15, zaś w zakresie 26.4 ÷ 1500 obr/min silnik górny z przekładnią 46:17. Prędkość obrotowa obu silników jest regulowana w podwójnej pętli sprzężenia zwrotnego, co w rezultacie powoduje, że prędkość przeciwpróbki jest stabilna w całym okresie badania (mimo, że siła tarcia ulega znacznym zmianom). Wybór typu silnika i odpowiedniego elektrosprzęgła następuje automatycznie bez udziału operatora. Widok otwartej komory z napędami przedstawiono na rysunku obok. Napęd z silników jest przekazywany na wrzeciono do którego zamocowane jest sprzęgło wieloklinowe (1).

Przejsie wrzeciona z komory napędowej ponad płytę podstawy jest odpowiednio uszczelnione tak, by możliwe było wytworzenie próżni w komorze badawczej.

Każda z komór roboczych (standardowa, mokra czy wysokotemperaturowa) posiada ułożyskowaną oś zakończoną wieloklinem. Dodatkowo dla łatwego mocowania każdej z komór w uchwycie wrzeciona (1) zamontowano dwa kołki pozycjonujące.

W każdej z komór roboczych oś jest odpowiednio ułożyskowana. W komorze standardowej są to dwa łożyska wysokoobrotowe, w komorze mokrej również dwa łożyska z uszczelnieniem, zaś w komorze wysokotemperaturowej jest to jedno łożysko ceramiczne.

W każdej z komór oś zakończona jest na stałe metalową tarczą.



Na rysunku przedstawiono widok z góry roboczej komory standardowej. Wewnątrz metalowej tarczy wykonany jest gwintowany otwór M6 do mocowania przeciwpróbki. Próbka ma kształt sworznia o średnicy 8 mm i wysokości ok. 8 mm. Współpracuje ona podczas badań z płaską powierzchnią przeciwelementu na promieniu r . Jeżeli prędkość obrotowa tarczy wynosi n [obr/min] to prędkość ślizgania v [m/s] próbki względem tarczy określa zależność:

$$v = \omega \cdot r = \pi \cdot r \cdot n / 30 \text{ [m/s]}$$



Próbka jest osadzona w metalowej oprawce, która zabezpiecza ją przed odkształceniem podczas mocowania w specjalnym zacisku znajdującym się na końcu ramienia pomiarowego. Układ łożysk umożliwia obrót ramienia w płaszczyźnie pionowej.

Standardowo trybotester jest wyposażony w następujące średnice uchwytów:

- 1.0mm;
- 1.5mm;
- 2.0mm;
- 2.4mm;
- 3.0mm;
- 3.2mm.

Możliwe jest też dostarczenie trybotestera z uniwersalnym uchwytem 1.0÷3.0mm.

Ciężar próbki z oprawką oraz ciężar własny ramienia są równoważone przy pomocy specjalnych nakrętek (ciężarków poziomujących) stanowiących przeciwwagę. Obciążenie próbki siłą nacisku FN dokonuje się przy pomocy zestawu obciążników mocowanych w uchwycie na ramieniu bezpośrednio nad próbką. Wartość siły FN określa się na podstawie wymaganego nacisku jednostkowego oraz powierzchni styku próbki z przeciwielementem. Reguluje się ją poprzez zmianę ilości odważników stanowiących obciążenie.



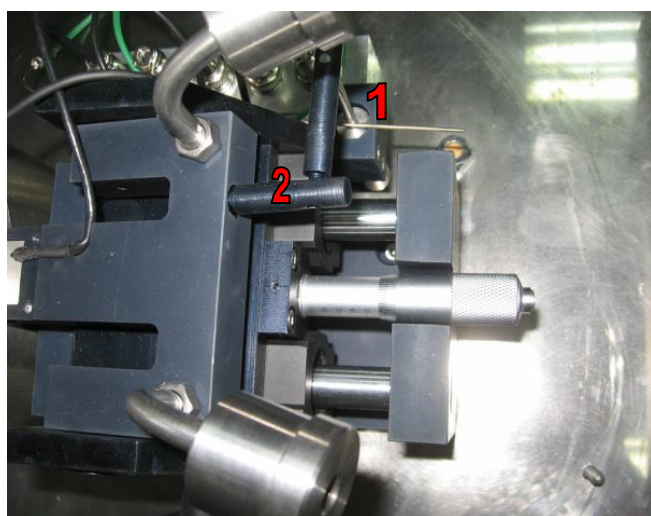
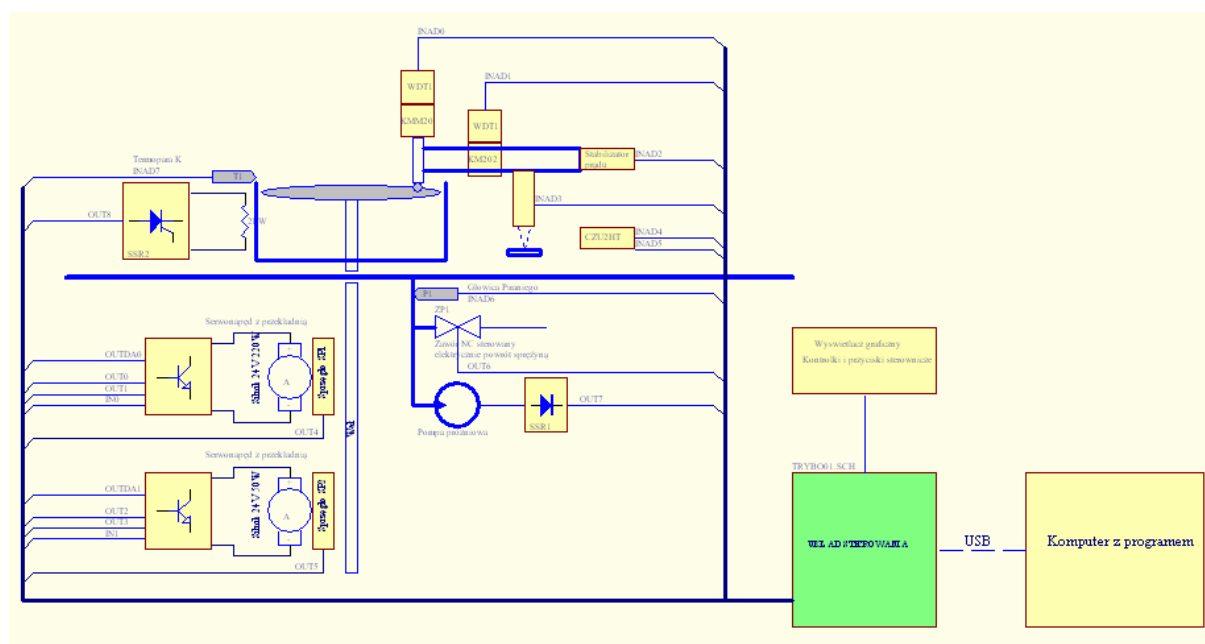
Do stanowiska dołączono następujący zestaw odważników:

- 20N - 2 szt.
- 10N – 1 szt.
- 5N – 1 szt.
- 2N – 2 szt.
- 1N – 1 szt.

Zestaw ten umożliwia zadanie każdej siły z przedziału 1N ÷ 60N ze skokiem 1N. Siła obciążenia jest automatycznie mierzona poprzez tensometryczny przetwornik pomiarowy i wyświetlana na ekranie komputera.

Siła tarcia F_t , która powstaje podczas współpracy pary ślizgowej, oddziałuje poprzez próbkę na ramię. Powoduje to pojawienie się momentu, który próbuje obrócić ramię wokół jego osi pionowej. Siła ta jest automatycznie mierzona przez czujnik zamontowany w ramieniu. Komputer sterujący na podstawie aktualnych pomiarów wylicza podstawowe parametry trybologiczne jak np. współczynnik tarcia czy szybkość zużycia.

Na poniższym schemacie blokowym przedstawiono podstawowe bloki i czujniki pomiarowe w stanowisku (wersja pełnia ze wszystkimi opcjami).



Poza omówionymi już układami napędowymi i czujnikami siły w stoliku pomiarowym zamontowano również dokładny czujnik położenia tyłu LVDT (1) – jest to tzw. czujnik głębokości bruzdy. Jest on za pomocą systemu cięgieł (2) zasprzęglony z ramieniem pomiarowym.

Wartość sygnału odczytanego z tego czujnika jest automatycznie przeliczana w sterowniku zgodnie z zależnością:

$$L2 = \frac{R2}{R1} \cdot L1$$

gdzie:

- L2 – głębokość bruzdy;
- L1 – odległość zmierzona przez czujnik;
- R2 – odległość próbki od osi obrotu ramienia;
- R1 – odległość środka czujnika od osi obrotu ramienia.

Wartość głębokości bruzdy jest wykorzystywana do obliczeń szybkości zużycia próbki. Czujnik głębokości bruzdy podłączony jest do złącza nr 5.

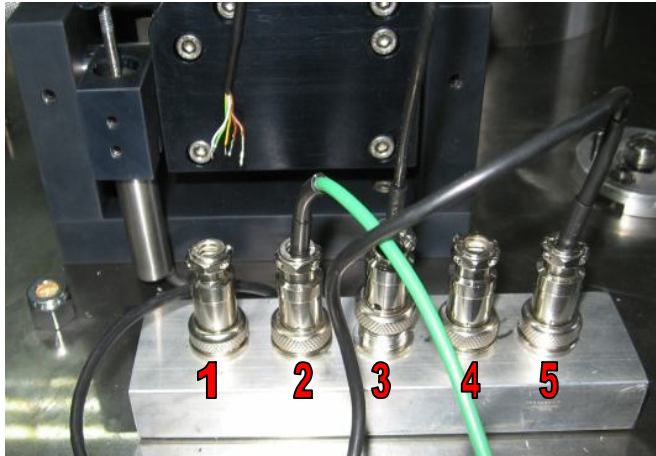
W urządzeniu przewidziano też jako opcję miernik rezystancji styku pary trącej.

Podstawą miernika jest precyzyjne źródło prądowe o wartości prądu 10mA. Płynący przez parę trącą prąd wytwarza napięcie proporcjonalne do rezystancji styku, które jest mierzone przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Wartość oporności jest automatycznie przeliczana w sterowniku zgodnie z prawem Ohma. Do pomiarów rezystancji pary trącej przewidziano specjalną wkładkę izolującą próbkę. Przy tych badaniach czujnik rezystancji należy podłączyć do złącza nr 5.

Uwaga: nie wolno łączyć pomiarów rezystancji z komorą wysokotemperaturową.

Dodatkową opcją w trybotesterze firmy Elbit jest pomiar warunków środowiskowych badania.



W złączu nr 4 (rys. obok) zamontowano zintegrowany czujnik wilgotności i temperatury. Przy badaniach bez założonej komory zewnętrznej wskazuje on po prostu temperaturę i wilgotność otoczenia. Po założeniu komory istnieje możliwość kontrolowania i kształtowania warunków środowiskowych przy jakich następuje badanie.

Poszczególne złącza mają następujące przeznaczenie:

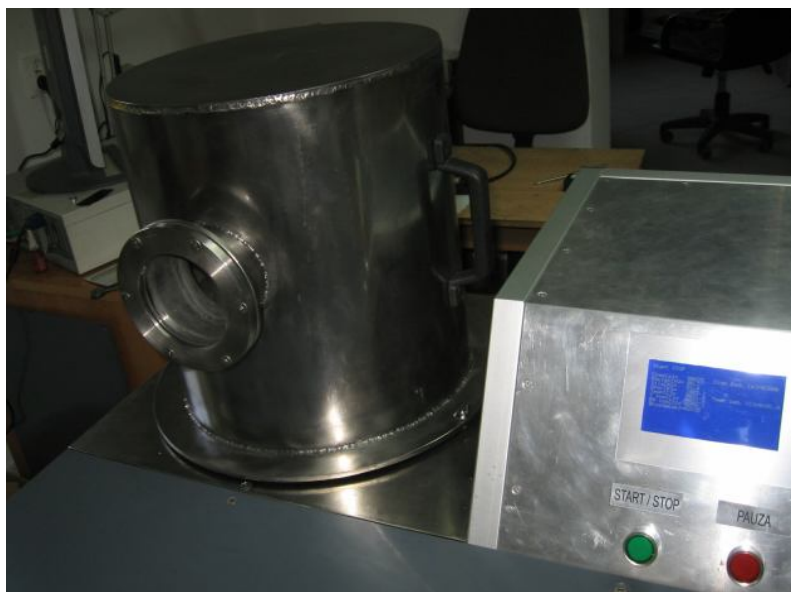
- 1 – grzałki do komór mokrej i wysokotemperaturowej;
- 2 – czujnik temperatury (termopara);
- 3 – tensometryczne czujniki siły;
- 4 – czujnik temperatury i wilgotności;
- 5 – czujnik głębokości bruzdy.

Uwaga: W niektórych wersjach urządzenia (np. brak komór wymiennych) przewody ze stolika pomiarowego mogą być wprowadzone do obudowy przez przepust nierozłączany.

Opcjonalnie dołączana do stanowiska komora próżniowa umożliwia prowadzenie prób trybologicznych w próżni lub w kontrolowanej atmosferze ochronnej oraz w komorze tej możliwe jest kontrolowanie warunków środowiskowych (temperatura i wilgotność).

Komora wyposażona jest w szczelny wziernik (okienko inspekcyjne) oraz dwa uchwyty do podnoszenia. W całości wykonana jest ze stali nierdzewnej.

Zamontowana od dołu uszczelka silikonowa wymaga przesmarowania smarem próżniowym przed każdą próbą.



Wstępne mocowanie komory odbywa się przy pomocy załączonych nakrętek motylkowych, którymi mocuje się komorę do płyty podstawy.

W płycie podstawy zainstalowane jest też zabezpieczenie przed dostaniem się zanieczyszczeń przyłączy próżniowe, przez które odpompowywane jest powietrze z komory. Wartość próżni w komorze może być odczytana przez zainstalowany na pompie wakuometr. Na pompie zainstalowany jest też, sterowany z programu zawór zapowietrzania, który służy do wpuszczania powietrza lub innego określonego gazu do komory.

Ostatnią z opcji w jakie może być wyposażony opisywany trybotester są dodatkowe komory robocze: mokra (wodna) i wysokotemperaturowa. Obie komory posiadają zamontowane wewnątrz grzałki o odpowiednio dobranej mocy oraz element pomiaru temperatury (termoparę). Przy pierwszym zamocowaniu komory należy przewody grzewcze i pomiarowe podłączyć odpowiednio do złącz:

- grzewczy do złącza nr 1;
- pomiarowy (termopara) do złącza nr 2.

Obie te komory mają możliwość stabilizacji temperatury. Wodna do 150°C, zaś wysokotemperaturowa do 900°C. Sterowanie grzałkami odbywa się na zasadzie regulacji wypełnienia (PWM). Termopary zainstalowane SA w okolicy grzałek – dla zmniejszenia bezwładności termicznej układu. Zaś za całość sterowania odpowiada programowy regulator typu PI.

Kończąc rozdział o budowie urządzenia należy wspomnieć o zamontowanej na stoliku pomiarowym poziomicy.

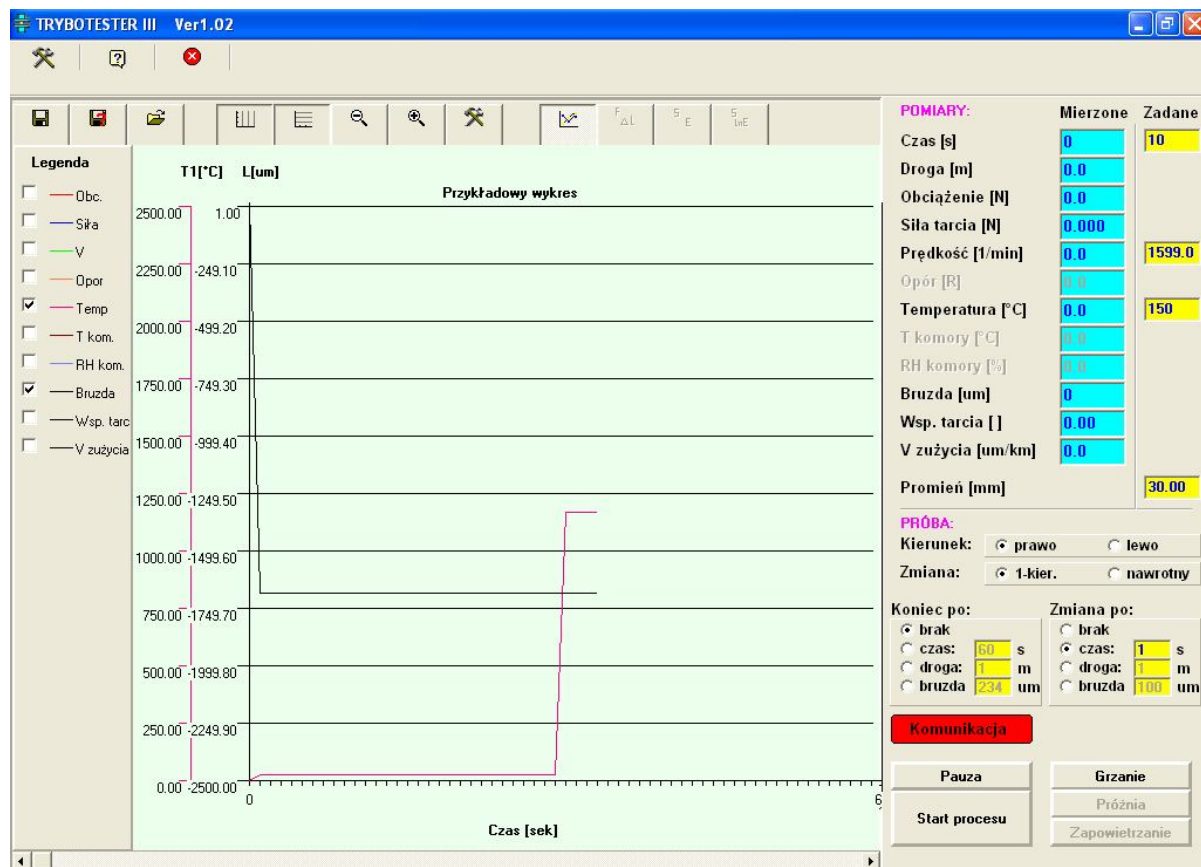
Dokładne wypoziomowanie stanowiska jest niezbędne do poprawnych pomiarów siły nacisku próbki Fn. Poziomowanie odbywa się przez regulację kółek lub nóżek nośnych.

Opis programu TRYBOTESTER

Okno główne

Po włączeniu urządzenia i podłączonego doń komputera należy uruchomić program TRYBOTESTER.EXE.

Okno widoczne na ekranie wygląda jak na rysunku poniżej:



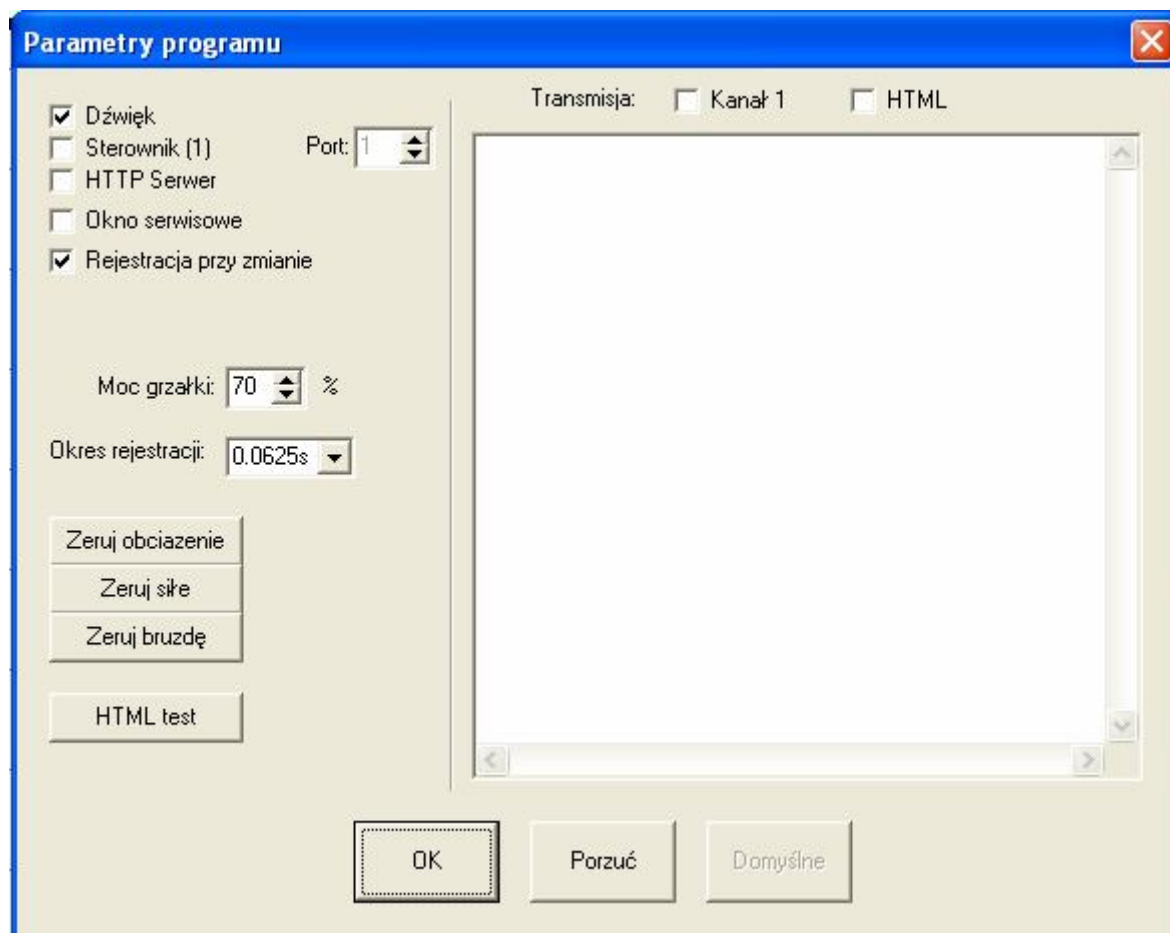
Na lewej i centralnej części monitora przedstawiony jest panel wykresów, a na prawej pomiarów i parametrów próby.

W górnym pasku ikon dostępne są szczegółowe ustawienia programu i niektóre komendy. Omówiono je w kolejności ustawienia w programie.

Parametry programu

W oknie tym zgrupowano większość ważniejszych parametrów procesowych i ustawień urządzenia.

Okno parametrów wygląda jak na rysunku poniżej:



W parametrach ogólnych zgrupowano funkcje przełączające:

Dźwięk – włącza lub wyłącza sygnał dźwiękowy przy naciskaniu przycisków w oknie głównym;

Sterownik – uaktywnia kanał komunikacji ze sterownikiem trybotestera. Po każdej zmianie należy restartować program.

Port – definiuje numer portu szeregowego do komunikacji ze sterownikiem trybotestera. Po każdej zmianie należy restartować program.

HTTP Serwer – włącza funkcję prezentacji aktualnego procesu w Internecie.

Okno serwisowe – włącza w programie głównym panel na którym wyświetlane są szczegółowe stany urządzenia i umożliwia sterowanie funkcjami trybotestera przeznaczone dla obsługi serwisowej.

Rejestracja przy zmianie – włączenie tego przełącznika spowoduje, że rejestrowane będą tylko wartości dla których wystąpiła zmiana. Zmniejsza to wielkość pliku z zarejestrowanymi danymi. Funkcja ta automatycznie ustawia interwał rejestracji na wartość 0.0625s.

Okres rejestracji – parametr ten określa interwał czasowy rejestracji danych.

W oknie parametrów umożliwiono też sterowanie parametrami analogowymi:

Moc grzałki – parametr ten określa maksymalne wystawienie grzałki dla komór mokrej i wysokotemperaturowej. Zmieniając go można wpływać na gradient przyrostu temperatury.

W oknie parametrów można wywołać poszczególne funkcje związane z zerowaniem czujników:

Zeruj obciążenie – tarowanie przetwornika mierzącego obciążenie przyłożone do próbki.

Zeruj siłę – tarowanie przetwornika mierzącego siłę tarcia.

Zeruj bieżącą – przyjęcie aktualnego odczytu z czujnika przemieszczeń jako punktu odniesienia do pozostałych pomiarów.

HTML test – wywołanie funkcji dostępu do programu z kanału Internetu.

W polu „transmisja” można włączyć podgląd danych z poszczególnych kanałów.

O programie

Funkcja pokazuje okno z podstawowymi informacjami o programie i urządzeniu.

Panel pomiarów i parametrów

Z prawej strony ekranu umiejscowiono część związaną z wartościami mierzonymi i wyliczanymi przez urządzenie.

W programie przyjęto konwencję taką, że na niebieskim tle wyświetlane są wartości mierzone, zaś na żółtym zadawane. Przykładowo prędkość zadaną wprowadza się w polu żółtym, zaś po włączeniu urządzenia można obserwować aktualną prędkość wyświetlaną w polu niebieskim.

POMIARY:	Mierzone	Zadane
Czas [s]	0	2000
Droga [m]	0.0	
Obciążenie [N]	0.0	
Siła tarcia [N]	0.000	
Prędkość [1/min]	0.0	2.0
Opór [R]	0.0	
Temperatura [°C]	0.0	101
T komory [°C]	0.0	
RH komory [%]	0.0	
Bruzda [um]	0	
Wsp. tarcia []	0.00	
V zużycia [um/km]	0.0	
Promień [mm]		30.00

Czas [s] – większość procesów trybologicznych to procesy długofalowe. Próba może trwać nawet kilka godzin. Po włączeniu próby startuje licznik czasu widoczny w tej części programu. Pauza wstrzymuje odliczanie czasu.

Droga [m] – zespół napędowy wyposażony jest w dwa silniki z zamontowanymi enkoderami inkrementacyjnymi. Na podstawie zliczanych impulsów i po uwzględnieniu włączonych aktualnie przekładni oraz wprowadzonego promienia testu obliczana jest droga na jakiej nastąpiła próba.

Obciążenie [N] – w trakcie testu mierzona jest wartość obciążenia działającego na próbkę. Poprawność pomiaru determinowana jest właściwym wypoziomowaniem urządzenia oraz wstępnym wytarowaniem czujnika.

Siła tarcia [N] – w trakcie testu mierzona jest za pomocą czujnika zamontowanego na ramieniu wartość siły tarcia jaką wykazują badane elementy. Poprawność pomiaru determinowana jest wstępnym wytarowaniem czujnika.

Prędkość [1/min] – prędkość obrotowa wyliczana jest na podstawie pomiarów z enkoderów. Urządzenie nie rozróżnia znaku prędkości, tj. ruch w prawo i ruch w lewo mają dodatnią wartość prędkości.

Opór [R] – jest to pole przeznaczone do wyświetlania danych z opcjonalnej przystawki mierzącej oporność pary trącej.

Temperatura [°C] – mierzona jest przez termoparę typu K z dokładnością do 1°C. Termopara umieszczona jest na stałe wewnątrz komory roboczej w okolicy zespołu grzałek. Wartość zadaną podaje się w polu żółtym. Można ją zmieniać w trakcie procesu. W zależności od ustawień w oknie parametrów możliwe jest szybsze lub wolniejsze dochodzenie do temperatury zadanej.

T komory [°C] – w trybotesterze z opcją pomiarów środowiskowych mierzona jest temperatura wewnątrz komory zewnętrznej, a jeśli komora nie jest zakładana temperatura otoczenia.

RH komory [%] – w trybotesterze z opcją pomiarów środowiskowych mierzona jest wartość wilgotności wewnątrz komory zewnętrznej, a jeśli komora nie jest zakładana wartość wilgotności otoczenia.

Bruzda [um] – opcjonalnie stolik pomiarowy przystosowany jest do pomiarów głębokości bruzdy wytartej przez badane elementy.

Wsp. tarcia [] – na bieżąco wyliczany jest współczynnik tarcia ślizgowego, jako iloraz wartości siły tarcia F_t i siły obciążenia F_n .

V zużycia [um/km] – na bieżąco wyliczany jest też współczynnik zużycia jako iloraz głębokości wytartej bruzdy i drogi.

Programowanie próby

Z prawej strony ekranu umieszczono pola służące do programowania parametrów próby. Trybotester ma możliwość wykonywania ruchów prostych i nawrotnych w dowolnym kierunku. Możliwe jest też zaprogramowanie zakończenia próby.

Kierunek

Parametr ten określa w którym kierunku wystartują napędy po włączeniu próby. Przyjęto notację matematyczną, tj. ruch w prawo to ruch odwrotny do ruchu wskazówek zegara.

Zmiana

Cała próba może mieć charakter jednokierunkowy lub nawrotny.

Dla ruchu jednokierunkowego napędy obracają stolik z przeciwpróbką w jedną stronę, dla ruchu nawrotnego kierunek ruchu przeciwpróbki jest zmienny.

Koniec po

W tym panelu istnieje możliwość zdefiniowania warunków zakończenia próby. Dostępne wartości:

- brak – wyłączony warunek zakończenia próby;
- czas – wyłączenie napędów i zakończenie próby nastąpi po określonym czasie;
- droga - wyłączenie napędów i zakończenie próby nastąpi po osiągnięciu zadanej drogi;
- bruzda - wyłączenie napędów i zakończenie próby nastąpi po osiągnięciu zadanej głębokości bruzdy.

Zmiana po

W tym panelu istnieje możliwość zdefiniowania warunków zmiany kierunku obrotów podczas trwania próby. Dostępne wartości:

- brak – wyłączony warunek zmiany kierunku;
- czas – zmiana kierunku nastąpi po zdefiniowanym czasie od włączenia próby lub od poprzedniej zmiany kierunku;



PRÓBA:

Kierunek: ☒ prawo ☐ lewo

Zmiana: ☒ 1-kier. ☐ nawrotny

Koniec po:

☐ brak

☒ czas: 60 s

☐ droga: 1 m

☐ bruzda: 234 um

Zmiana po:

☒ brak

☐ czas: 5 s

☐ droga: 1 m

☐ bruzda: 100 um

☐ Komunikacja

Pauza

Grzanie

Start procesu

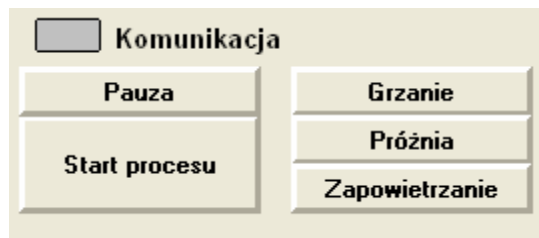
Próżnia

Zapowietrzanie

- droga - zmiana kierunku nastąpi po osiągnięciu zadanej drogi od włączenia próby lub od poprzedniej zmiany kierunku;
- bruzda - zmiana kierunku nastąpi po osiągnięciu zadanej głębokości bruzdy od włączenia próby lub od poprzedniej zmiany kierunku.

Sterowanie

W prawej dolnej części okna programu zgrupowano przyciski służące do sterowania procesem. Są to przyciski: Pauza, Start procesu Grzanie, Próźnia i Zapowietrzanie.



Start procesu

Włącza próbę. Włączenie przycisku powoduje jednocześnie wyzerowanie danych pomiarowych z poprzedniej próby oraz włączenie rejestracji co jest widoczne na wykresach. Stan procesu widoczny jest również na odpowiednim przycisku na obudowie maszyny. Powtórne naciśnięcie przycisku wyłącza próbę kończąc jednocześnie rejestrację.

Pauza

Wstrzymuje aktualny proces bez resetowania danych z rejestracji. Przycisk ten umożliwia czasowe wstrzymanie próby, zmianę parametrów i ponowne włączenie.

Grzanie

Przycisk ten włącza układy grzania komór roboczych (dotyczy tylko komory mokrej i wysokotemperaturowej). Przycisk jest niezależny od przycisku Start i Pauza, tzn. można podgrzać komorę roboczą do właściwej temperatury przed włączeniem próby trybologicznej.

Próźnia

Przycisk ten włącza odpompowywanie komory zewnętrznej wyłączając jednocześnie zawór zapowietrzania. Przycisk jest niezależny od przycisku Start i Pauza, tzn. można odpompować komorę roboczą do właściwego poziomu próżni przed włączeniem próby trybologicznej.

Zapowietrzanie

Przycisk ten włącza zawór zapowietrzania komory zewnętrznej. Przycisk jest niezależny od przycisku Start i Pauza, tzn. można zapowietrzyć komorę roboczą przed włączeniem próby trybologicznej. Przycisk ten działa niezależnie także od przycisku Próźnia.

W tym panelu umieszczono jeszcze kontrolkę komunikacji ze sterownikiem urządzenia. Świecenie kontrolki na zielono sygnalizuje poprawność komunikacji.

Wykresy

W maszynie przewidziano wykresy czasowe.

Można dowolnie przełączać rodzaje wykresów w trakcie pracy maszyny. Służą do tego trzy przyciski w pasku narzędziowym nad wykresem. Nad wykresem są też dwa przyciski, których działanie jest identyczne w każdym typie wykresu, są to: „zapis” i „odczyt danych”.

W dowolnym momencie można włączyć zapis danych na dysk komputera. Dane są zapisywane do pliku o nazwie: „Daneymmddhhnn.txt”, gdzie:

yy: rok rejestracji;

mm: miesiąc rejestracji;

dd: dzień rejestracji;

hh: godzina rejestracji;

nn: minuta rejestracji;

Przykładowo dane zapisane w dniu 13.11.2009 o godzinie 10.30 będą w pliku o nazwie: „Dane0911131030.txt”.

Program umożliwia też odczyt zarejestrowanych uprzednio danych i wyświetlenie ich w postaci wykresu.

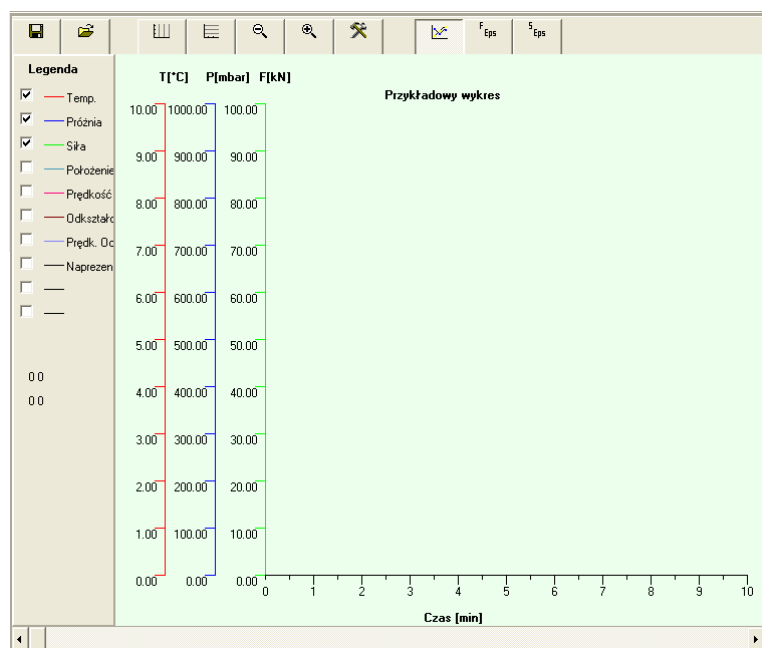
Kolejne dwie ikony („Siatka X” i „Siatka Y”) powodują włączanie i wyłączanie siatki dla osi rzędnych i odciętych na wykresie.

Na prawym panelu można zdefiniować kolor tła na wykresie, rysowanie szczegółowych siatek oraz odświeżanie wykresu na bieżąco w miarę jak napływają dane pomiarowe.

Pod panelami można zdefiniować opis jakim będzie opatrzony wykres.

Wszystkie te parametry są pamiętane po wyłączeniu urządzenia.

Wykres czasowy



Lewy panel (Legenda) służy do włączania rysowania poszczególnych parametrów.

Jeśli włączymy dwa lub więcej różnych parametrów do wyświetlenia, na wykresie pojawi się odpowiednia ilość skal osi odciętych. W tym przypadku Komenda sterująca włączaniem siatki Y działa tylko na ostatnią oś.

Ikony „zmniejsz” i „zwiększ” sterują powiększeniem, czyli horyzontem czasowym uwzględnianym przy rysowaniu wykresu. Wielkości powiększenia są na stałe zapisane

w programie i nie ma możliwości ich zmiany. Dostępne powiększenia:

- 5h
- 2h
- 1h
- 30min
- 10min
- 6min

- 3min
- 1min

Do zmiany poziomej horyzontu czasowego służy suwak pod wykresem.

Ikona „Parametry wykresu” włącza okno konfiguracji szczegółowej wykresu.

Na lewym panelu umożliwiono definiowanie kolorów poszczególnych przebiegów. Przebiegi występują w takiej kolejności, jak na legendzie wykresu.

Rejestracja podstawowych parametrów procesu.

Pogram do obsługi trybotestera wyposażony został we wbudowany rejestrator (programowy) podstawowych parametrów procesu, takich jak:

- obciążenie F_n ;
- siła tarcia F_t ;
- prędkość obrotowa;
- oporność elektryczna;
- temperatura w komorze roboczej;
- temperatura otoczenia;
- wilgotność względna otoczenia;
- głębokość bruzdy;
- współczynnik tarcia;
- szybkość zużycia.

W programie przewidziano przyszłościowo rejestrację do dziesięciu parametrów.

Włączanie i wyłączanie rejestracji danych procesu odbywa się automatycznie poprzez włączenie przycisku próby (Start procesu).

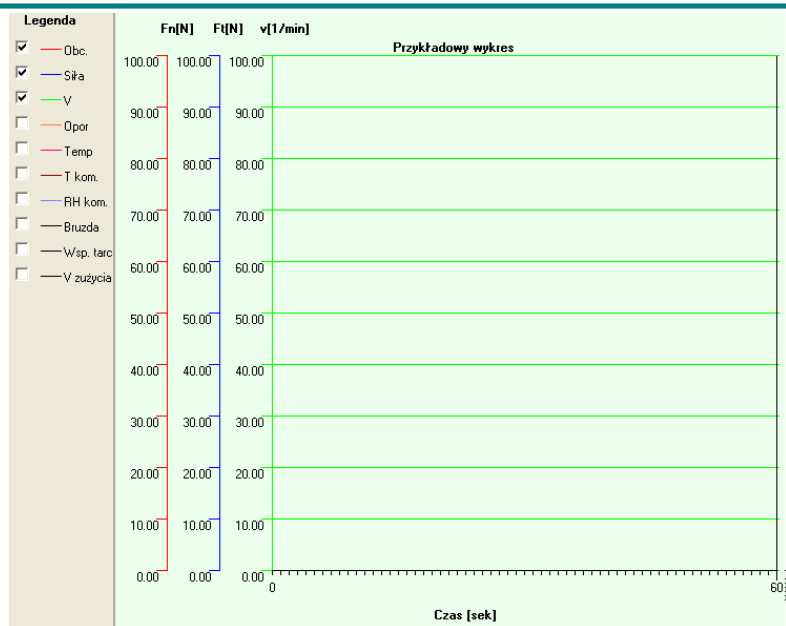
Wszystkie powyższe wartości pomiarowe zapisywane są z wybranym interwałem czasowym.

Okres ten można ustawić w oknie parametrów procesu z zakresu:

- 1.000s
- 0.500s
- 0.250s
- 0.125s
- 0.0625s

Pojemność pamięci zadeklarowano na 1800000 rekordów, co dla interwału 1s daje dokładnie 500 godzin rejestracji.

W każdej chwili można oglądać zarejestrowane dane w postaci graficznej na panelu z wykresami. Panel ten wygląda jak na poniższym przykładzie:



Lewy panel (Legenda) służy do włączania rysowania poszczególnych wartości. Jeśli włączymy dwa lub więcej różnych wartości pomiarowych do wyświetlenia, na wykresie pojawi się odpowiednia ilość skal osi odciętych. W tym przypadku komenda sterująca włączaniem siatki Y działa tylko na ostatnią oś.

Górny pasek ikon służy do konfigurowania uzyskiwanego wykresu oraz zapisu danych.

Zapis danych

Po naciśnięciu tej ikonki wszystkie zarejestrowane dane są zapisywane do pliku o nazwie: „Daneymmddhhnn.txt”, gdzie:

yy: rok rejestracji;

mm: miesiąc rejestracji;

dd: dzień rejestracji;

hh: godzina rejestracji;

nn: minuta rejestracji;

Przykładowo dane zapisane w dniu 13.11.2009 o godzinie 10.30 będą w pliku o nazwie: „Dane0911131030.txt”.

Przykładowa rejestracja przedstawiona jest poniżej:

```
1 7.78 0.00 1.00 -46.46 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
2 5.91 0.00 2.00 -47.75 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
3 13.23 0.00 3.00 -47.72 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
4 21.48 0.00 4.00 -46.04 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
5 18.83 0.00 5.00 -45.05 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
6 14.79 0.00 6.00 -46.19 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
7 7.31 0.00 7.00 -47.74 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
8 13.85 0.00 8.00 -47.78 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
9 23.03 0.00 9.00 -46.16 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
10 22.41 0.00 10.00 -45.26 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
11 10.89 0.00 11.00 -46.23 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

Pierwsza kolumna to sekunda rejestracji, a następne to odpowiednie wartości mierzone.

Siatka X i Siatka Y

Kolejne dwie ikony powodują włączanie i wyłączanie siatki dla osi rzędnych i odciętych na wykresie.

Zmniejsz i Zwiększ

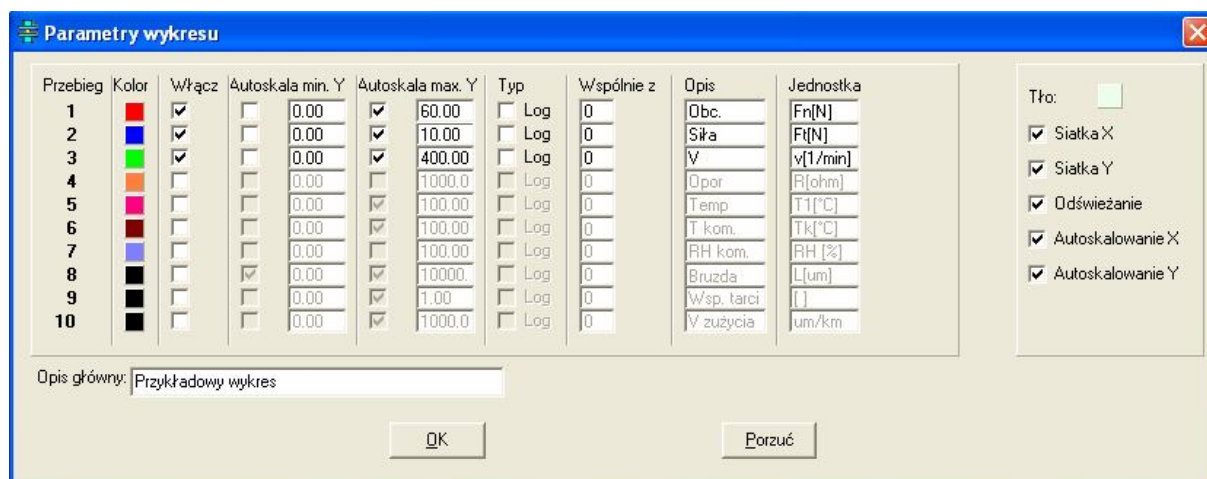
Ikony te sterują powiększeniem, czyli horyzontem czasowym uwzględnianym przy rysowaniu wykresu. Wielkości powiększenia są na stałe zapisane w programie i nie ma możliwości ich zmiany. Dostępne powiększenia:

- 5h
- 2h
- 1h
- 30min
- 10min
- 6min
- 3min
- 1min;

Do zmiany poziomej horyzontu czasowego służy suwak pod wykresem.

Parametry wykresu

Ikona ta włącza okno konfiguracji szczegółowej wykresu.
Przykładowe okno przedstawiono poniżej:



Przebieg	Kolor	Włącz	Autoskala min. Y	Autoskala max. Y	Typ	Wspólnie z	Opis	Jednostka
1	Red	☒	☐ 0.00	☒ 60.00	☐ Log	0	Obc.	Fn[N]
2	Blue	☒	☐ 0.00	☒ 10.00	☐ Log	0	Siła	Ft[N]
3	Green	☒	☐ 0.00	☒ 400.00	☐ Log	0	V	v[1/min]
4	Orange	☐	☐ 0.00	☐ 1000.0	☐ Log	0	Opór	R[ohm]
5	Pink	☐	☐ 0.00	☒ 100.00	☐ Log	0	Temp	T1[°C]
6	Dark Red	☐	☐ 0.00	☒ 100.00	☐ Log	0	T kom.	Tk[°C]
7	Purple	☐	☐ 0.00	☒ 100.00	☐ Log	0	RH kom.	RH [%]
8	Black	☐	☒ 0.00	☒ 10000.	☐ Log	0	Bruzda	L[um]
9	Black	☐	☐ 0.00	☒ 1.00	☐ Log	0	Wsp. tarcia	[]
10	Black	☐	☐ 0.00	☒ 1000.0	☐ Log	0	V zużycia	um/km

Opis główny: Przykładowy wykres

Buttons: OK, Porzuć

Right panel options:

- Tło: ☐
- ☒ Siatka X
- ☒ Siatka Y
- ☒ Odświeżanie
- ☒ Autoskalowanie X
- ☒ Autoskalowanie Y

Na lewym panelu umożliwiono definiowanie parametrów poszczególnym wykresów. Przebiegi występują w takiej kolejności, jak na legendzie wykresu.

Zdefiniować można następujące parametry wykresów:

- Kolor: określenie koloru przebiegu następuje poprzez kliknięcie na kwadracie koloru;
- Włącz: przełącznik aktywujący dany przebieg;
- Autoskala min. Y: włączenie automatycznego skalowania minimalnej wartości dla przebiegu;
- Wartość autoskali min Y: przy wyłączonym automatycznym skalowaniu dolnej wartości przebiegu jest to wartość od której rysowany będzie wykres;
- Autoskala max. Y: włączenie automatycznego skalowania maksymalnej wartości dla przebiegu;
- Wartość autoskali max Y: przy wyłączonym automatycznym skalowaniu górnej wartości przebiegu jest to wartość do której rysowany będzie wykres;
- Typ log: włączenie rysowania wykresu logarytmicznego (szczególnie przydatne przy wykresowaniu np. poziomu próżni);
- Wspólnie z: przebieg rysowany będzie na jednej osi z uprzednio zdefiniowanym;

- Opis: słowny opis przebiegu;
- Jednostka: jednostka jaką opisany będzie przebieg.

Na prawym panelu można zdefiniować kolor tła na wykresie, rysowanie szczegółowych siatek oraz odświeżanie wykresu na bieżąco w miarę jak napływają dane pomiarowe.

Pod panelami można zdefiniować opis jakim będzie opatrzony wykres.

Wszystkie te parametry są pamiętane po wyłączeniu urządzenia.

Układ sterowania

Przy projektowaniu układu sterowania trybotesterem założono, że na pulpicie sterowniczym pozostaną tylko podstawowe przyciski (Start procesu i Pauza oraz włącznik główny) pozostałe sterowanie odbywać się będzie poprzez podłączony do urządzenia komputer.

Stan włączenia próby sygnalizowany jest podświetleniem odpowiednich kontrolerek.

Przy rezygnacji z funkcji rejestracji mierzonych wartości i przy prostych ruchach (jednokierunkowych) po uruchomieniu próby istnieje możliwość wyłączenia komputera. Sterownik maszyny po zadanym czasie wyłączy urządzenie.



Na pulpicie wbudowany został wyświetlacz graficzny do obrazowania mierzonych wartości (wartości te są jednocześnie wyświetlane na ekranie komputera).



Górna linia zawiera informacje o stanie urządzenia (PRACA, STOP, PAUZA), kierunku ruchu (L - lewo, P - prawo) oraz o włączeniu poszczególnych elementów wykonawczych (GRZANIE, POMPA).

Poniżej w dwóch kolumnach wyświetlane są wartości mierzone i wartości zadane.

Instrukcja użytkowania

Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy.

Maszyna powinna być ustawiona 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 lub uziemianie. W czasie pracy maszyny nie wolno dotykać żadnych części ruchomych.

W komorach wysokotemperaturowej i mokrej występują wysokie temperatury. Podczas próby i tuż po jej zakończeniu nie wolno dotykać komór.

W komorze zewnętrznej występuje wysoka próżnia. Należy więc zachować szczególną ostrożność, a zwłaszcza chronić okienko wziernikowe. Jego rozbicie może spowodować implozję.

Wszelkie zauważone w czasie pracy nieprawidłowości działania należy niezwłocznie zgłaszać nadzorowi, przerywając pracę aż do chwili usunięcia usterki.

Instrukcja obsługi.

Obsługa trybotestera polega na podłączeniu do sieci prądu elektrycznego przewodu zakończonych wtyczką oraz uruchomieniu urządzenia za pomocą włącznika krzywkowego.

Lampka kontrolna sygnalizuje podanie napięcia zasilającego do części elektrycznej maszyny.

Następnie należy załączyć komputer z oprogramowaniem narzędziowym (Trybotester.exe).

Po zaprogramowaniu odpowiedniej próby należy włączyć urządzenie przyciskiem START PROCESU.

Próba wyłączy się automatycznie zgodnie z zaprogramowanym warunkiem.

Przygotowanie próbek do badań trybologicznych

Próbka materiału powinna przylegać podczas badań tribologicznych całą powierzchnią do współpracującego przeciwelementu. Powierzchnia styku nie powinna zmieniać się w trakcie badań, gdyż spowodowałoby to zmianę warunków tarcia (zmiana nacisku jednostkowego). Przed właściwymi pomiarami należy odpowiednio przygotować powierzchnię ślizgową próbki prowadząc wstępne i właściwe docieranie bezpośrednio na stanowisku badawczym.

W celu przygotowania (dotarcia) powierzchni ślizgowej próbki należy:

1. W miejsce przeciwelementu zamontować tarczę z naklejonym drobnoziarnistym papierem ściernym;

2. Próbkę wcisnąć do oprawki o odpowiedniej średnicy a następnie zamontować ją w uchwycie znajdującym się na końcu ramienia. Należy zwrócić uwagę na odpowiednie ustawienie znaczników znajdujących się na oprawce i ramieniu tak, aby próbka po zdemontowaniu ze stanowiska mogła być powtórnie zamontowana w takim samym położeniu.

3. Obciążyć nieznacznie próbkę ($p < 0,1 \text{ MPa}$), a następnie uruchomić stanowisko. Prędkość ślizgania próbki nie powinna przekraczać $0,5 \text{ m/s}$.

4. Po upływie 2 do 3 minut sprawdzić wizualnie czy na całej powierzchni styku próbki z przeciwelementem widoczne są ślady współpracy z papierem ściernym. Jeśli cała

powierzchnia ślizgowa miała kontakt z papierem to docieranie wstępne można zakończyć. W przeciwnym razie należy ponownie przeprowadzić docieranie na nowym papierze ściernym.

5. Po dotarciu wstępnym próbka powinna być dalej docierana współpracując z właściwym przeciwelementem. Proces ten odbywa się przy mniejszym od przewidywanego obciążeniu i z mniejszą prędkością ślizgania. W zależności od odporności na zużycie badanego materiału docieranie właściwe zachodzi na drodze od 1 do 30 km (dla materiałów bardzo odpornych na zużycie).

6. Prawidłowo przygotowana do badań powierzchnia próbki powinna być gładka a ślady (zarysowania) pochodzące od papieru ściernego powinny być niewidoczne.

Załączniki

Dokumentacja towarzysząca

Spis rysunków technicznych:

0155.0.1.0000	Schemat blokowy trybotestera
0155.0.1.0002	Układ sterowania trybotestera

Karty katalogowe, instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania ważniejszych podzespołów.

Karta katalogowa czujnika siły KMM20-100N
Świadectwo wzorcowania czujnika siły KMM20-100N
Karta katalogowa czujnika siły KM202-10N
Świadectwo wzorcowania czujnika siły KM202-10N
Instrukcja obsługi wzmacniacza czujników tensometrycznych WDT1
Karta katalogowa transformatorowego czujnika przemieszczeń liniowych PTx
Metryka czujnika PTx
Karta katalogowa wzmacniacza pomiarowego WG06
Instrukcja obsługi i karta katalogowa czujnika CZU2HT
Karta katalogowa przetwornika PS-11
Instrukcja obsługi silnika BG75
Karta katalogowa wzmacniacza CZU5