



**FIRMA INNOWACYJNO
-WDROŻENIOWA**

ul. Krzyska 15

33-100 Tarnów

tel.: 0146210029, 0146360117, 608465631

faks: 0146210029, 0146360117

mail: elbit@resnet.pl

www.elbit.resnet.pl

**STANOWISKO DO WIZUALIZACJI ZJAWISKA
KAWITACJI I BADANIA STRUMIENICY
(PROTOTYP)**





Spis treści

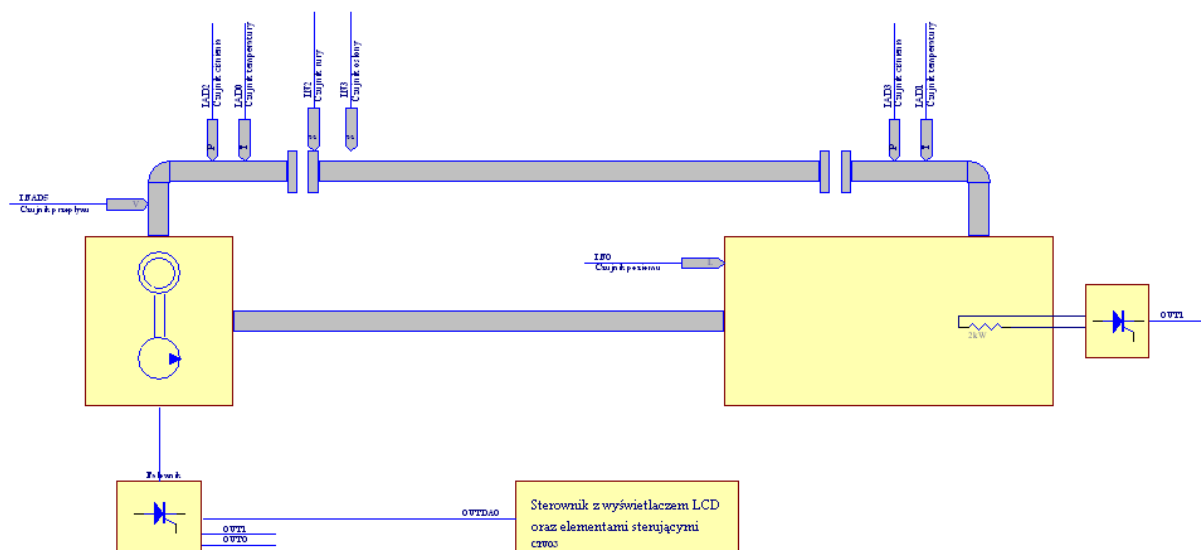
Spis treści	2
Działanie urządzenia	3
Sterowanie	7
Układy badane	9
Oprogramowanie.....	11
Opis techniczny.....	14
Dokumentacja towarzysząca	16

Działanie urządzenia

Stanowisko służy do przeprowadzania doświadczeń związanych z kawitacją, przepływem burzliwym i strumienicą.

Powstało na zlecenie Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego zgodnie z umową 58/TECH/2010.

Zgodnie z poniższym schematem blokowym stanowisko składa się z izolowanego termicznie zbiornika wodnego o pojemności 70l, pompy wodnej o dużym przepływie oraz wymiennych elementów do badania powyższych zjawisk.



W zbiorniku głównym, jak widać na fotografii, zamontowane są dwa zawory kulowe - spustowy i napełniający - zakończone króćcami do węży 13mm.

Dodatkowo w pokrywie górnej zamontowany jest identyczny zawór służący jako odpowietrznik podczas napełniania i spuszczenia wody. Na przedniej ścianie zbiornika umieszczono wodowskaz do sprawdzania stanu napełnienia.

Czujnik poziomu wody umieszczono na ścianie prawej na wysokości ok. 26 cm od dna komory, co odpowiada napełnieniu 46 litrów i jednocześnie jest to minimalny poziom, przy jakim można bezpiecznie uruchomić pompę. Poniżej tego poziomu napełnienia nie włączy się pompa wody, gdyż istnienie niebezpieczeństwo zassania zbyt dużej ilości powietrza i uszkodzenia pompy.

Zamontowana w prawej ścianie grzałka o mocy 2000W posiada zabezpieczenie bimetalowe przed przegrzaniem oraz wbudowany termostat i wskaźnik pracy.

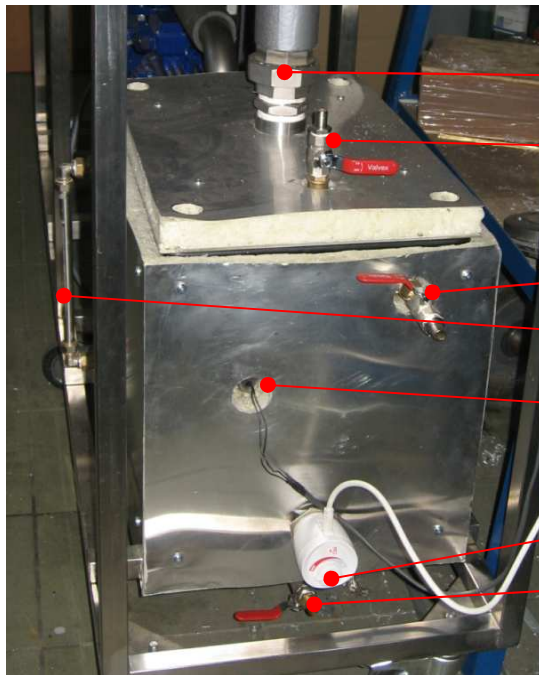
W normalnych warunkach termostat powinien być przekręcony w jego prawe maksymalne położenie, gdyż funkcję regulatora temperatury przejmuje sterownik.

Zbiornik został wykonany z 4mm blachy ze stali kwasoodpornej.

Całość zbiornika jest izolowana dwucentymetrową warstwą pianki poliuretanowej z ekranem termicznym. Wszystkie rury doprowadzające i odprowadzające również są pokryte izolacją termiczną. Z oczywistych powodów urządzenia montowane powyżej blatu izolacji tej są pozbawione.

Instalację hydrauliczną wykonano z rur kwasoodpornych o średnicy $\varnothing 60\text{mm}$ i $\varnothing 50\text{mm}$.

Rura szklana posiada średnicę wewnętrzną $\varnothing 50\text{mm}$.



Wlot wody

Zawór - odpowietrznik

Zawór do napełniania

Wodowskaz

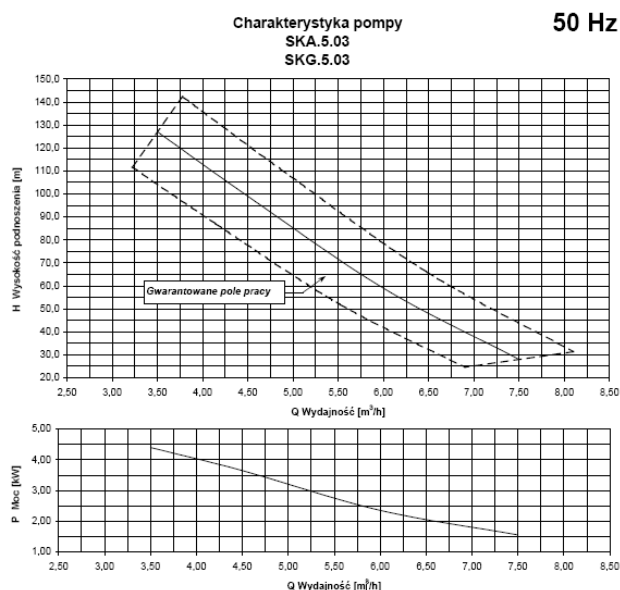
Czujnik poziomu

Grzałka

Zawór spustowy

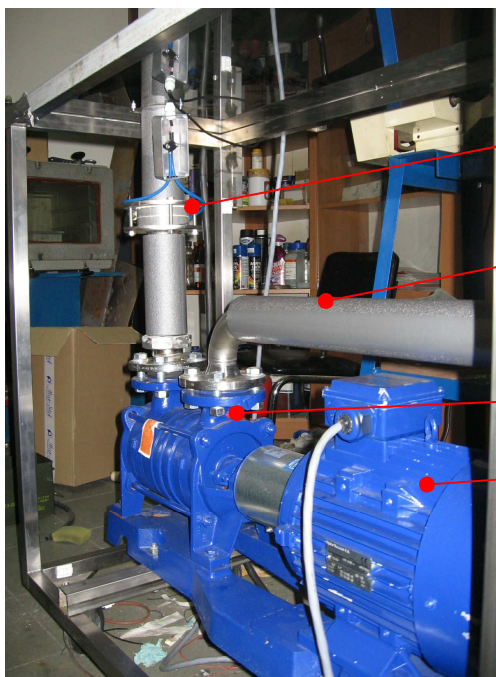
W urządzeniu zamontowano bardzo wydajną, wielostopniową pompę wodną.

Samozasysujące pompy typu SKA wirowe służą do pompowania cieczy w zakresie odporności korozyjnej materiałów użytych do ich budowy. Dozwolone jest pompowanie cieczy o temperaturze do 110°C , gęstości cieczy przetłaczanej do 1300 kg/m^3 , lepkości do $150\text{ mm}^2/\text{s}$ zanieczyszczonych cząstkami stałymi nieścieralnymi o wielkości do 0.5mm w ilościach śladowych.



Ponieważ założono możliwość uzyskiwania w układzie ciśnień do 10barów do pompy wstawiono powiększony silnik o mocy 5.5kW .

Maksymalna wydajność pompy na poziomie $7\text{m}^3/\text{h}$ pozwala na uzyskanie w rurze prędkości liniowej wody równej 1m/s .



Czujnik przepływu

Izolacja termiczna

Pompa wodna

Silnik

Na rurze wylotowej z pompy wodnej zamontowano zwężkowy czujnik przepływu wody z podłączonym do niego różnicowym przetwornikiem ciśnienia.

Sygnal ten po przetworzeniu przez sterownik prezentowany jest na wyświetlaczu LCD na rozdzielnicy. Nosi on nazwę Vc. Ponieważ w czujnikach tego typu występują wahania sygnału związane z burzliwym przepływem, na sygnał ten nałożono cyfrowy filtr o stałej czasowej 9s. Należy pamiętać, że poprawne wskazania na wyświetlaczu są opóźnione w stosunku do właściwego przepływu.

Właściwa część badawcza znajduje się ponad kwasoodpornym blatem stołu.

Rury wychodzące ponad blat - zasilająca (prawa) i odbiorcza (lewa) - zakończone są flanszami ze stali kwasoodpornej z uszczelkami gumowymi.

Odległość między flanszami wynosi dokładnie 100mm.

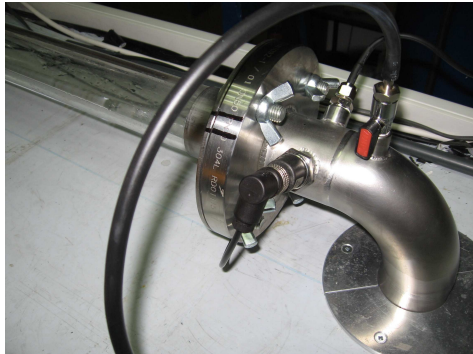
W łatwy sposób (dzięki nakrętkom motylkowym) można wymieniać badane układy.



Do stanowiska dołączono dwa z nich: strumienicę i prostą rurę szklaną ze wzбудnikiem kawitacji i wzбудnikami turbulencji.

Oba zakończenia rur zaopatrzone są w zestaw czujników: temperatury i ciśnienia. Pomiary prezentowane są na wyświetlaczu LCD.

Oznaczone są one odpowiednio:



T1 – temperatura wody zasilającej;
P1 – ciśnienie wody zasilającej;
T2 – temperatura wody spustowej;
P2 – ciśnienie wody spustowej.

Dodatkowo na kolanku spustowym zamontowano miniaturowy zawór kulowy z króćcem na węży 6mm służący jako odpowietrznik lub jako przyłącze do pompy próżniowej (dla układu do kawitacji).

Na flanszy zasilającej zainstalowano czujnik zbliżeniowy wykrywający zamontowanie układu badanego. Zainstalowanie tego czujnika ma przeciwdziałać włączeniu przepływu wody przy zdjętym układzie badanym.

Całość stanowiska zaprojektowano jako konstrukcję z profili kwasoodpornych, zaopatrzoną w kółka skrętne z hamulcami.

Sterowanie

Na rysunku obok przedstawiona jest płyta czołowa rozdzielnic służącej do sterowania przebiegiem eksperymentu.

Po włączeniu zasilania przełącznikiem krzywkowym uaktywnia się wyświetlacz LCD ze wszystkimi mierzonymi wartościami.

Opis poszczególnych pól znajduje się poniżej.

Zainstalowany wewnątrz sterownik umożliwia sterowanie grzałką umieszczoną w komorze oraz pomiarem ciepła.

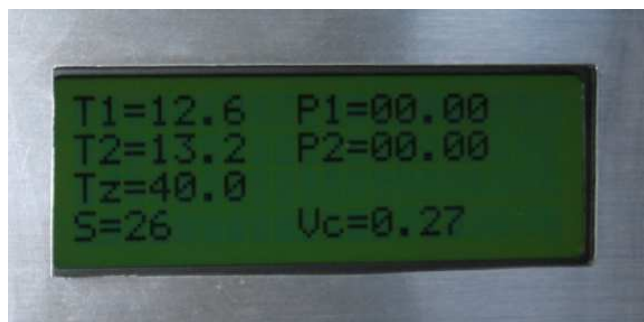
Sterowanie grzałką realizowane jest wg poniższego algorytmu:

Po przekręceniu wyłącznika płetwowego („GRZAŁKA”) zapalona zostaje żółta kontrolka sygnalizująca cykl grzania.

Sterownik porównuje temperaturę T1 (czyli wody zasilającej) z temperaturą zadaną. Jeśli temperatura zadana jest większa niż aktualna, to włączona zostaje grzałka 2kW. Po osiągnięciu przez wodę odpowiedniej wartości temperatury grzałka zostaje wyłączona. Ponieważ nie przewidziano dodatkowego czujnika temperatury wewnątrz komory, dla poprawnego pomiaru temperatury pompa musi być załączona, żeby wymusić minimalny obieg wody w instalacji i równomierne nagrzewanie się elementów armatury.

W związku z tym w sterowniku zaimplementowano zabezpieczenie, które uniemożliwi włączenie grzałki przy wyłączonym silniku.

Temperaturę zadaną ustala się potencjometrem z prawej strony. Wartość ustawionej temperatury zadanej prezentowana jest na wyświetlaczu. Jest to wartość Tz.



Odpowiednie pola wyświetlacza LCD oznaczają:

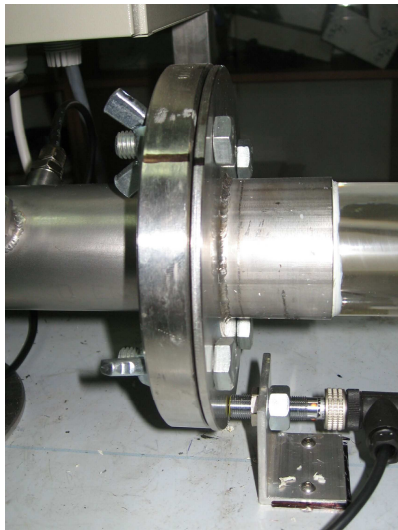
- T1 temperatura wody zasilającej w °C;
- T2 temperatura wody spustowej w °C;
- Tz temperatura zadana w °C;
- S wystawienie silnika w %
- P1 ciśnienie wody zasilającej w barach;
- P2 ciśnienie wody spustowej w barach;
- Vc prędkość przepływu w m/s;

Sterowanie silnikiem realizowane jest następująco:

Po przekręceniu wyłącznika pletwowego („SILNIK”) zapalona zostaje zielona kontrolka sygnalizująca załączenie falownika silnikowego. Potencjometrem z lewej strony rozdzielnicy ustalamy wysterowanie silnika – co w większej części przedziału pracy odpowiada przepływowi wody.

Ponieważ podczas prób uruchomieniowych stwierdzono dużą stabilność przepływu (jest to związane z przewymiarowaniem układu napędowego) zrezygnowano z implementacji regulatora przepływu, tj. układu który zmienia wysterowanie silnika w zależności od wahań przepływu. Układ napędowy w tym stanowisku pracuje w pętli otwartej.

Włączenie silnika uwarunkowane jest kilkoma czynnikami.
Brak któregokolwiek z tych warunków uniemożliwia włączenie napędu i jednocześnie sygnalizowane jest świeceniem się czerwonej kontrolki na rozdzielnicy.



Warunki te to:

- poziom wody w zbiorniku musi przekraczać wysokość czujnika poziomu;
- wyłącznik bezpieczeństwa (tzw. grzyb) musi być wyciągnięty;
- czujnik obecności układu pomiarowego musi wskazywać zamontowanie flanszy;
- dodatkowy czujnik zbliżeniowy musi być załączony.

Na zdjęciu obok przedstawiono czujnik obecności układu pomiarowego podczas normalnej pracy.

Omówienia wymaga dodatkowy czujnik zbliżeniowy. Ponieważ w przyszłości możliwe będzie przeprowadzanie badań innych układów wymagających zamontowania osłony w sterowniku przewidziano dodatkowe wejście do kontroli jej zamknięcia.

W wersji podstawowej wejście to jest na stałe zwarte (zasymulowane jest zamknięcie osłony).

Układy badane



Wizualizacja zjawiska kawitacji.

Do demonstracji tego zjawiska służy długa grubościenna rura szklana zakończona flanszami. Rura ma średnicę wewnętrzną $\varnothing 50$.

Wewnątrz niej umieszcza się na specjalnym wsporniku wzbudnik kawitacji.

Wspornik ma specjalną konstrukcję uniemożliwiającą wpadanie w drgania. Wykonany jest ze stali kwasoodpornej. Pasuje on idealnie do rury szklanej. Należy pamiętać, aby pomiędzy podstawą wspornika a oparciem z rury szklanej umieszczać uszczelkę gumową.

Zakończenie wspornika wykonano jako pręt z gwintem M4 do przykręcania badanych wzbudników.

Wspornik wraz z przykręconym wzbudnikiem kawitacji przedstawiono na poniższym zdjęciu.



Wzbudnik kawitacji wykonano z grubościennego kawałka szkła akrylowego z trzema stożkowymi otworami oraz na zewnątrz zaopatrzone w uszczelkę gumową dla uszczelnienia i wytłumienia drgań.

Widok wzbudnika przedstawia zdjęcie.

Dodatkowo do stanowiska dołączono pasujące do wspornika wzbudniki turbulencji:

- kulę;
- półkulę;
- dysk.

Wszystkie te wzbudniki posiadają średnicę 30 i wykonane zostały ze stali nierdzewnej.



Strumienica

Do stanowiska dołączono także prostej konstrukcji strumienicę zakończoną 30cm odcinkiem szklanej grubościennej rury do obserwacji baniek powietrza.

W korpusie strumienicy zamontowano zawór kulowy zakończony króćcem przyłączeniowym do węża 6mm oraz wakuometr do odczytów wytworzonej próżni.

Oprogramowanie

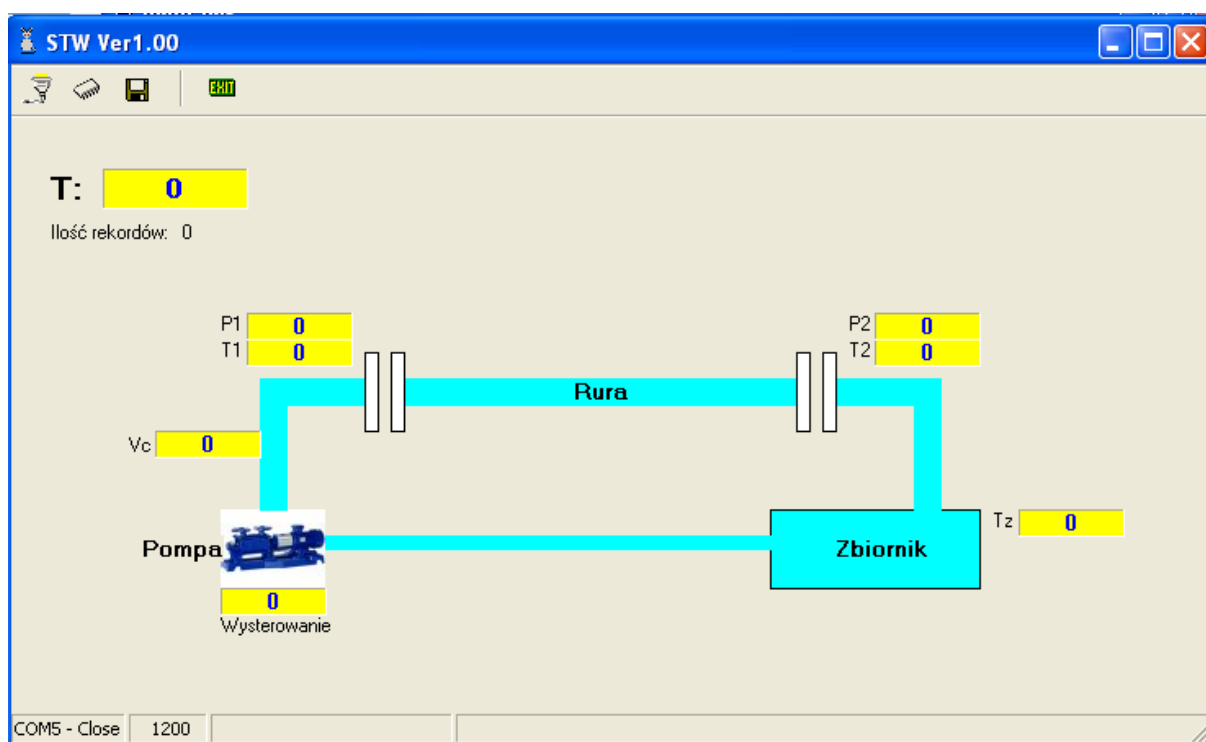
W lewej górnej części skrzynki rozdzielczej znajduje się złącze USB służące podłączeniu do komputera.

W stanowisku tym umożliwiono tylko odczyty poszczególnych wartości mierzonych bez zdalnego sterowania elementami wykonawczymi.

Na ekranie schematycznie przedstawiony jest schemat blokowy stanowiska wraz z aktualizowanymi co 1s odpowiednimi wartościami pomiarów.

Wszystkie te pomiary są rejestrowane przez program pod warunkiem, że zmienia się czas pomiaru. A czas zmienia się tylko podczas cyklu pomiarowego. W każdej chwili można te zarejestrowane pomiary zapisać na dysk.

Przykładowy wygląd ekranu przedstawiono na rysunku:



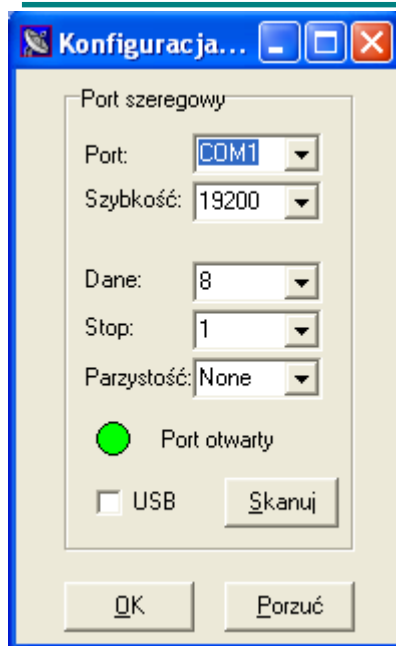
W górnej części okna głównego znajduje się pasek ikon. Ikony te mają następujące znaczenie:

- konfiguracja portu szeregowego;
- diagnostyka;
- zapis danych;
- wyjście z programu.

Konfiguracja portu szeregowego.

Okno to pozwala na ustawienie wszystkich potrzebnych parametrów portu szeregowego do komunikacji ze sterownikiem.

Po aktywizacji okno wygląda następująco:



Kolor lampki w oknie ustawień portu określa poprawność konfiguracji i otwartość portu.

Możliwe są następujące ustawienia parametrów:

Port - określa numer portu, do którego podłączony jest sterownik tarcz. Można ustawiać następujące wartości: NONE, COM1, COM2, COM3, COM4. Po wciśnięciu przycisku OK następuje automatyczna próba otwarcia ustawionego portu i w przypadku niepowodzenia wyświetlany jest odpowiedni komunikat. Aktualny numer i stan otwarcia portu wyświetlane są w linii paska informacyjnego.

Szybkość - określa szybkość portu w bitach/sekundę. Możliwe są ustawienia: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 56000, 57600, 115200, 128000, 256000. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują wszystkie podane wyżej szybkości.

Dane - określa długość słowa danych. Możliwe są ustawienia: 4, 5, 6, 7, 8 bitów. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują długość 4.

Stop - określa ilość bitów stopu. Możliwe ustawienia: 1, 1.5, 2 bity stopu. Uwaga: nie wszystkie układy UART akceptują długość 1.5.

Parzystość - określa rodzaj kontroli parzystości. Możliwe ustawienia: Even, None, Odd, Space (zachowano oryginalną pisownię).

Standardowe ustawienia wymagane przez sterownik to 1200, 8, 1, N.

Diagnostyka.

Okno to jest oknem serwisowym i służy do podglądu paczek wysyłanych przez sterownik.

Zapis danych

Po naciśnięciu tej ikonki wszystkie zarejestrowane dane są zapisywane na plik dyskowy o nazwie „daneyymmddhhnn.txt”. Gdzie yy oznacza rok zapisu, mm miesiąc, dd dzień, hh godzinę i nn minutę.

Zapis następuje bez kontroli nadpisywania, tzn., że po każdym zapisie należy zmienić nazwę pliku z danymi.

Przykładowo plik o nazwie Dane1010091345.txt został zarejestrowany o godz. 13.45 09.10.2010r.

Przykładowa rejestracja przedstawiona jest poniżej:

1,	1230,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
2,	1235,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
3,	1240,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
4,	1245,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
5,	1250,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
6,	1255,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00
7,	1260,	999.0,	999.0,	999.0,	202.0,	230.0,	0.00,	0.00

Pierwsza kolumna to sekunda rejestracji, a następne to odpowiednio:

- Systerowanie silnika w %;
- T1 temperatura rury zasilającej w °C;
- T2 temperatura rury spustowej w °C;
- P1 ciśnienie rury zasilającej w barach;
- P2 ciśnienie rury spustowej w barach;
- Tz temperatura zadana w °C;
- Vc przepływ w m/s.

Opis techniczny

Podstawowe dane stanowiska:

Ciśnienie maks w instalacji	0.2 bar
Czas cyklu pracy	Ciągły
Pojemność zbiornika	70l
Medium zbiornika	dowolne nieagresywne
Maksymalne ciśnienie	10bar
Maksymalna prędkość wody w rurze szklanej	1m/s
Waga stanowiska nienapełnionego wodą	ok. 115kg
Waga stanowiska napełnionego wodą	ok. 195kg.
Wymiary (szer. X głęb. X wys.)	190 x 50 x 180 cm

Instalacja elektryczna

Napięcie robocze	3x400 VAC
Zasilanie	trójfazowe
Długość kabla zasilającego	ok. 8m
Moc grzałki	2000W
Maks temperatura grzałki (zabezpieczenie)	90°C
Moc silnika	5.5kW

Pomiary

Dokładność pomiaru temperatury	0.5
Maksymalna temperatura pracy czujników	100°C
Maksymalna temperatura wody w układzie	90°C
Dokładność pomiaru przepływu	5%
Zakres pomiaru przepływu	10m/s
Zakres pomiaru ciśnienia	10bar
Zewnętrzna temperatura pracy:	0÷40°C
Wilgotność:	do 50%

UWAGA!

W urządzeniu występują wysokie napięcia. Podczas pracy należy zachować szczególną ostrożność, a każdy przypadek niewłaściwego działania należy zgłaszać do producenta!

W urządzeniu mogą wystąpić wysokie temperatury dochodzące do 90°C. Dotknięcie elementów wymiennych nagranych do tej temperatury może spowodować poważne obrażenia!

Dokumentacja towarzysząca

Spis załączonych rysunków:

0111.0.2.0200	SCHEMAT BLOKOWY
0111.0.2.0201	INSTALACJA ELEKTRYCZNA
0111.0.2.0202	INSTALACJA ELEKTRYCZNA CD

Gwarancje i dokumentacje ruchowe ważniejszych zainstalowanych w stanowisku podzespołów.