



**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 BADANIA TURBIN WODNYCH
(PROTOTYP)**



Spis treści

Spis treści	2
Działanie urządzenia	3
Sterowanie	10
Oprogramowanie.....	11
Opis techniczny.....	15
Pomiary.....	16
Dokumentacja towarzysząca	20

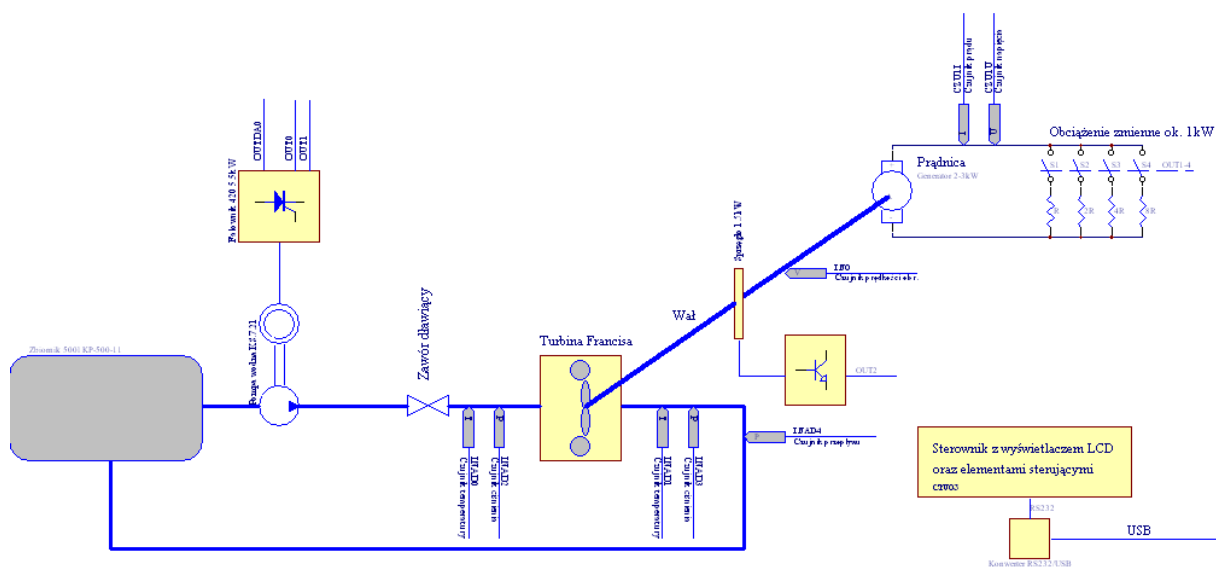
Działanie urządzenia

Stanowisko służy do przeprowadzania doświadczeń związanych z turbinami wodnymi oraz do określania ich charakterystyk.

Powstało na zlecenie Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego zgodnie z umową 88/TECH/2010.

Zgodnie z poniższym schematem blokowym stanowisko składa się z układu wymuszającego obieg wody w układzie, dwóch wymiennych turbin wodnych oraz układu generatora prądu wraz ze zmiennym obciążeniem.

W ważniejszych punktach układu znajdują się czujniki pomiarowe. Sterownik posiada możliwość zapisu danych do komputera oraz zdalnego sterowania.



Główną częścią instalacji wodnej jest zbiornik o pojemności 300l wbudowany w ramę główną stanowiska. Wylot wody znajduje się w dolnej części zbiornika i jest on połączony z wlotem pompy rurami o przekroju 5/4'.

W zbiorniku znajduje się też zawór kulowy (widoczny na zdjęciu) do napełniania wodą, zakończony króćcem na wąż 13mm.

W górnej części zbiornika występuje korek do odpowietrzania, gdyż instalacja wodna w tym stanowisku została zaprojektowana jako instalacja otwarta.

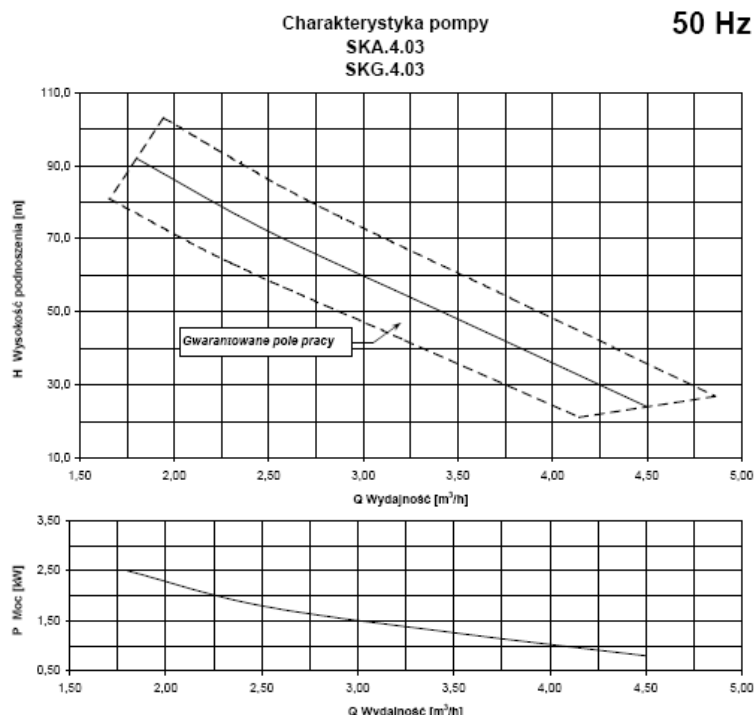
Na przodzie zbiornika zamontowano wodowskaz informujący o napełnieniu zbiornika.

Do prób z turbinami zaleca się napełnienie zbiornika przynajmniej do 1/3 pojemności, tj. przynajmniej do 100l.

W przedniej części zbiornika znajduje się też czyszczak do okresowej kontroli wnętrza zbiornika. Sam zbiornik wykonany jest z blachy stalowej cynkowanej, a na wierzchu dodatkowo zabezpieczonej farbą chlorokauczkową.



W dolnej części stanowiska znajduje się pompa wodna typu SKA 4.03 z silnikiem o mocy 2.2kW.



Samozasysające pompy typu SKA służą do pompowania cieczy w zakresie odporności korozyjnej materiałów użytych do ich budowy. Dozwolone jest pompowanie cieczy o temperaturze do 110°C, gęstości cieczy przetwarzanej do 1300 kg/m³, lepkości do 150 mm²/s, zanieczyszczonych cząstkami stałymi nieścieralnymi o wielkości do 0.5mm w ilościach śladowych.

Jak widać na zamieszczonym obok wykresie maksymalna wydajność tej pompy wynosi 4.5m³/h, tj. 75l/min.

Pompa ta pozwala uzyskać maksymalne ciśnienie w granicach 9 barów.

Na rurze dolotowej zamontowany jest zwężkowy miernik prędkości przepływu wody. Odczytana z niego wartość jest wyświetlana na wyświetlaczu LCD.

Blat stanowiska podzielony jest na dwie części: część „mokrą” i część „suchą”.

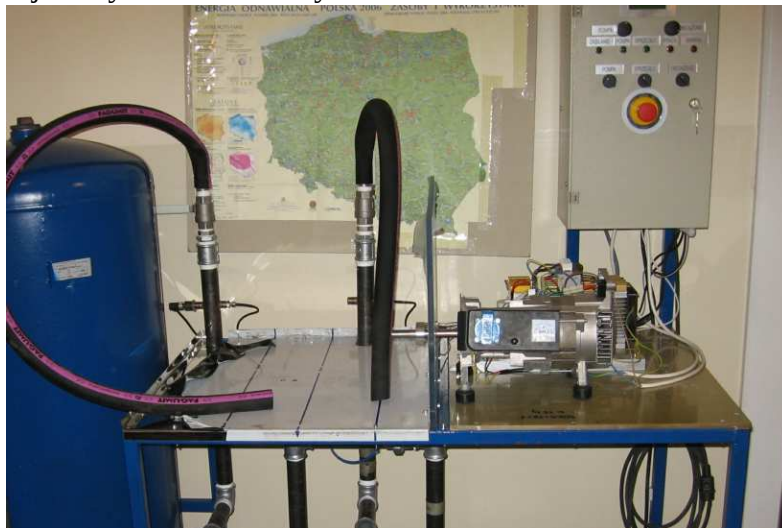
Obie te części rozdzielone są przezroczystą płytą z pleksiglasu.

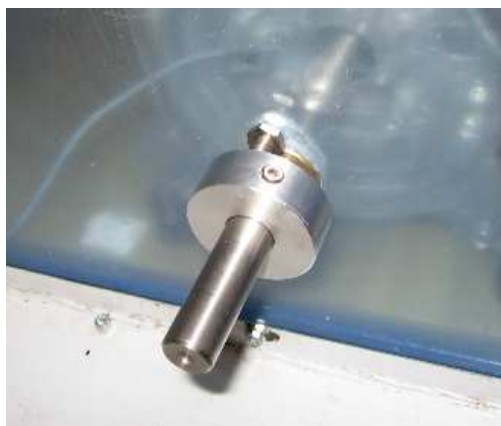
W części „mokrej” zamontowano blat z blachy nierdzewnej oraz wylot i wlot wody. W rurach wylotowych zamontowane są czujniki ciśnienia i temperatury wody.

Na zakończeniach rur zamontowano także zawory kulowe.

Samo doprowadzenie wody do badanych turbin wykonane jest przy pomocy giętkich węży zakończonych szybkozłączami.

Turbiny zamontowane są na stałe do blatu przy pomocy dołączonych uchwytów. Istnieje możliwość regulacji położenia turbin w niewielkim zakresie.





Przy przejściu wału prądnicy przez płytę zamontowano czujnik prędkości obrotowej. Jest to czujnik zbliżeniowy wykrywający szczelinę w wirującej, tarczy aluminiowej.

Czujnik ten okresowo może wymagać regulacji. Ponieważ strefa działania tego czujnika wynosi 2mm, więc uwzględniając materiał z jakiego wykonana jest tarcza należy ustawić czujnik tak, by szczelina wnosila 1mm.

Przy zmianie turbiny czujnik należy przełożyć.

W części „suchej” zamontowano dwa generatory (komutatorowe silniki prądu stałego)

o mocy 120W każdy.

Każda z prądnic podłączona jest do jednej turbiny.

Prądnice te generują napięcie do 24V.

W tylnej części blatu znajduje się opornik dekadowy przełączany przez sterownik, mający za zadanie obciążenie układu generatora.

Do stanowiska dołączono dwa modele turbin wodnych: reakcyjną Francisa i akcyjną Peltona.



Turbiny reakcyjne

Wirnik turbiny reakcyjnej jest na całym obwodzie zasilany wodą, która przepływa przez niego strugą ciągłą i za pomocą rury ssącej jest doprowadzona do dolnego poziomu.

Zastosowanie rury ssącej w turbinach reakcyjnych umożliwia wykorzystanie spadku między wirnikiem, a poziomem wody dolnej.

W turbinie reakcyjnej woda wywiera na łopatkę dwojakie działanie:

1. reakcyjne, wywołane ciśnieniem, pod którym woda przepływa przez wirnik z przyspieszeniem względem wirnika;
2. akcyjne, wywołane krzywizną łopatki i zmianą kierunku ruchu wody.

Turbina Francisa

Jest to turbina wodna reakcyjna o dopływie dośrodkowym, pełnoobwodowa, stosowana przy spadach od kilku do kilkuset metrów.

Składa się z wirnika, kierownicy, rury ssącej oraz przestawialnych łopatek wirnika osadzonych na piaście.

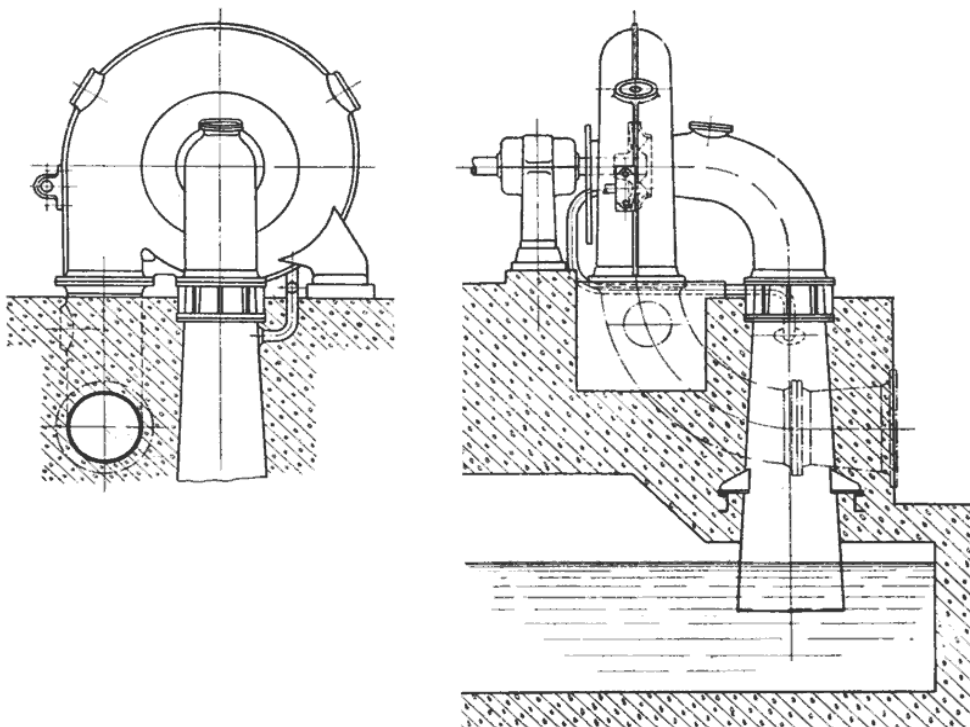
Tylko bardzo małe turbiny o spadach 3-4 m mogą być ustawiane w otwartej komorze bez spirali.

Celem spirali jest właściwe skierowanie wody na turbinę.

Dopływ wody do wirnika reguluje się za pomocą kierownicy mającej łopatki nastawiane specjalnym urządzeniem pierścieniowym, stanowiącym wraz z łopatkami układ wewnętrznej regulacji turbiny.

Po przejściu przez wirnik woda uchodzi na zewnątrz rurą ssawną w postaci łagodnie rozszerzającego się przewodu.

Rura ssawna umożliwia odzyskanie znacznej części energii wody uchodzącej z wirnika. Przykłady przemysłowych turbin Francisa przedstawiono poniżej.



Jest to w Polsce turbina najpowszechniej stosowana w małych elektrowniach wodnych, zwłaszcza starszego typu.

Jej zasadniczą zaletą jest możliwość stosowania w różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych (turbiny pionowe w komorze otwartej lub zamkniętej, turbiny o osi poziomej w spiralach żeliwnych, stalowych lub betonowych).

Sprawność turbiny Francisa dochodzi w dużych jednostkach do 94%.



Kształt turbiny zastosowanej w stanowisku pokazano na zdjęciu obok.

Turbiny akcyjne

Energia potencjalna jest przetwarzana w aparacie kierującym na energię prędkości. Ciśnienie wody przed wejściem na łopatkę jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.

Wirnik turbiny akcyjnej jest zasilany na części obwodu i powierzchnie tylne łopatek nie stykają się z wodą. Wirnik umieszczony jest nad zwierciadłem wody dolnej, co powoduje straty spadu.

Turbina Peltona

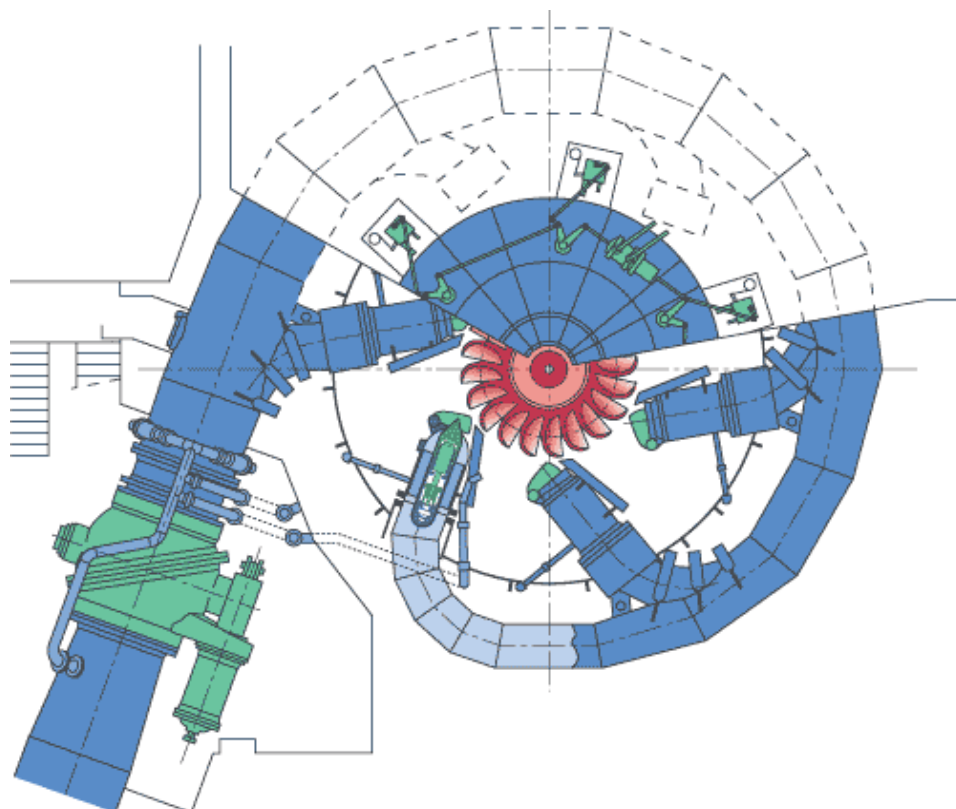
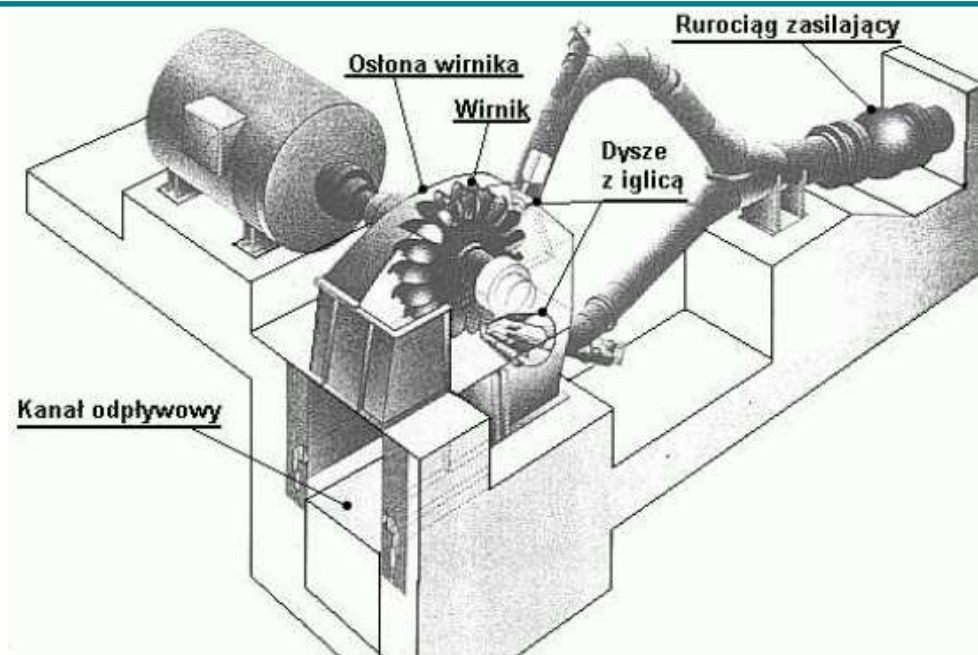
Jest to turbina akcyjna, strumieniowa, cząstkowo-obwodowa. Stosowana jest wyłącznie dla wysokich spadów i stąd znikome możliwości wykorzystania w Polsce.

Wykonywana jest w układzie poziomym lub pionowym.

Woda doprowadzana rurociągiem zakończonym dyszą uderza w łopatki wirnika, nadając mu ruch obrotowy.

Wirnik tej turbiny składa się z tarczy zaopatrzonej na obwodzie w szereg czarek rozdzielających uderzający strumień wody na dwie symetryczne gałęzie i odchylających je niemal o 180°.

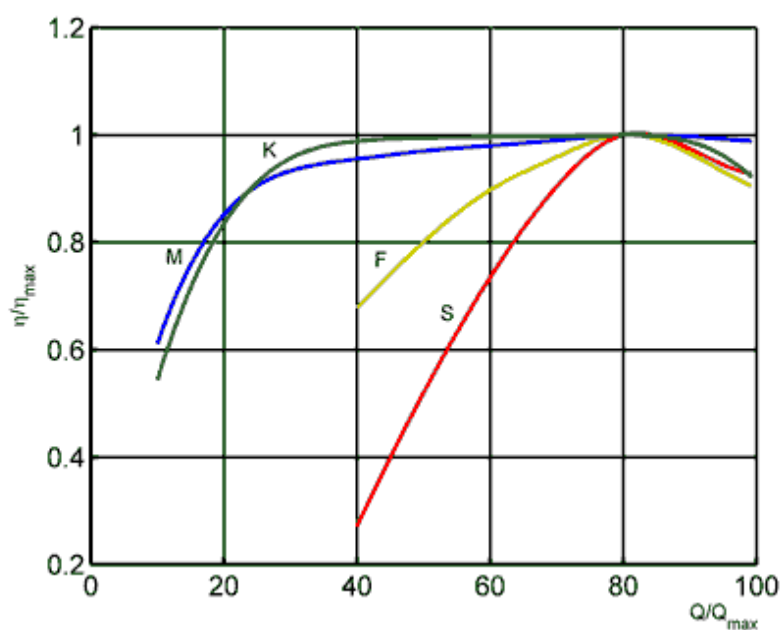
Liczba dysz jest uwarunkowana mocą turbiny, a przede wszystkim przełykiem. Regulacja mocy odbywa się przez przemykanie i otwieranie dysz iglicą. Przykłady przemysłowych turbin Peltona przedstawiono poniżej.





Turbinę Peltona zastosowaną w stanowisku pokazano na zdjęciu obok.

Poniżej przedstawiono też względne sprawności różnych rodzajów turbin wodnych.



F – turbina Francisa,
K – turbina Kaplana,
M – turbina o przepływie poprzecznym (Michell-Banki),
S – turbina śmigłowa

Sterowanie

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

Po włączeniu zasilania przełącznikiem krzywkowym umieszczonym z prawej strony rozdzielnicy uaktywnia się wyświetlacz LCD ze wszystkimi mierzonymi wartościami oraz zapala się lampka z napisem „ZASILANIE”.

W środkowej części rozdzielnicy umieszczono trzy przełączniki pletwowe opisane odpowiednio: POMPA, SPRZĘGŁO i OBCIĄŻENIE.

Po włączeniu przycisku „POMPA” uruchamiany jest falownik sterujący pompą wodną i włącza się kontrolka oznaczona napisem POMPA. Wysterowanie falownika, i co za tym idzie pompy wodnej, zmieniane jest potencjometrem umieszczonym pod wyświetlaczem. Aktualne wysterowanie silnika można odczytać z wyświetlacza.



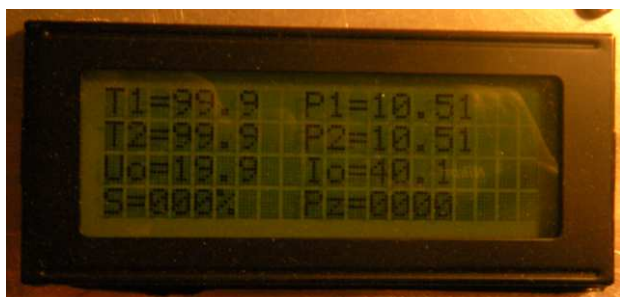
Przełącznik SPRZĘGŁO w pierwszej wersji stanowiska włączał obwód wzbudzenia prądnicy prądu przemiennego. W wersji drugiej pozostał niewykorzystany.

Przełącznik OBCIĄŻENIE podłącza opornik dekadowy do prądnicy. Opornik ten został zaprojektowany jako obciążenie zmienne o mocy maksymalnej do 100W przy napięciu 24V. Stan załączenia obciążenia jest sygnalizowany odnośną kontrolką.

Sterowanie obciążeniem odbywa się przez prawy potencjometr, a wartość dołączonego do układu obciążenia uwidoczniła jest na wyświetlaczu.

W razie sytuacji niebezpiecznej należy skorzystać z wyłącznika bezpieczeństwa (tzw. „grzyb”), który rozłącza zasilanie pompy wodnej.

Kontrolka AWARIA sygnalizuje wciśnięcie tego wyłącznika.



Opis poszczególnych pól wyświetlacza.

- T1 temperatura wylotu w °C;
- T2 temperatura wlotu w °C;
- Uo napięcie prądnicy w V;
- S wysterowanie pompy wodnej w %;
- P1 ciśnienie wody na wylocie w barach

- V prędkość wody w m/
- Io prąd obciążenia w A;
- Pz moc obciążenia w W;

Oprogramowanie

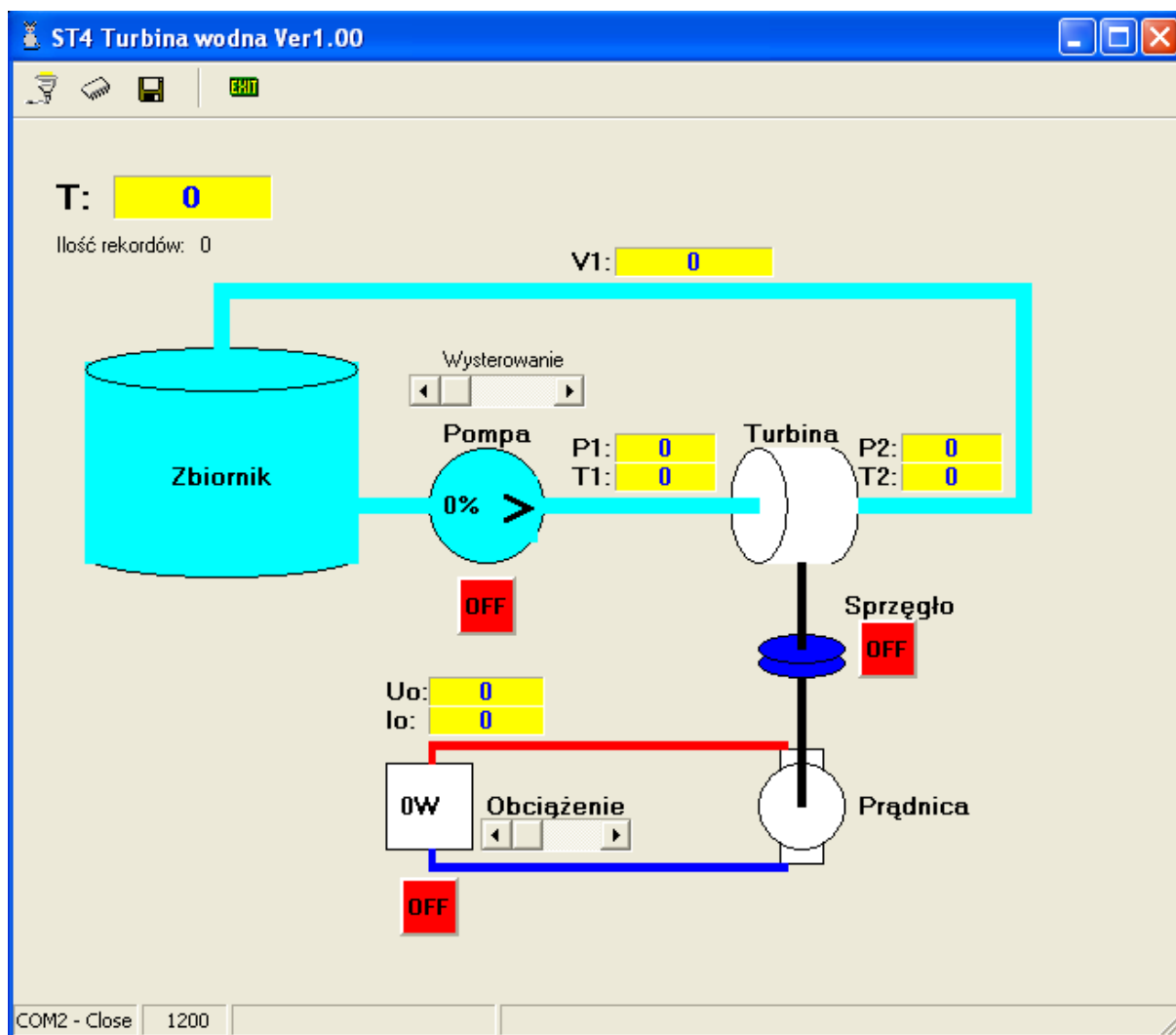
W prawym górnym rogu skrzynki rozdzielczej znajduje się złącze USB do podłączenia komputera.

W stanowisku tym umożliwiono odczyty poszczególnych wartości mierzonych oraz zdalne sterowanie urządzeniem.

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

Wszystkie te pomiary są rejestrowane przez program. 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:

- konfiguracji portu szeregowego;
- diagnostyka;
- zapis danych;

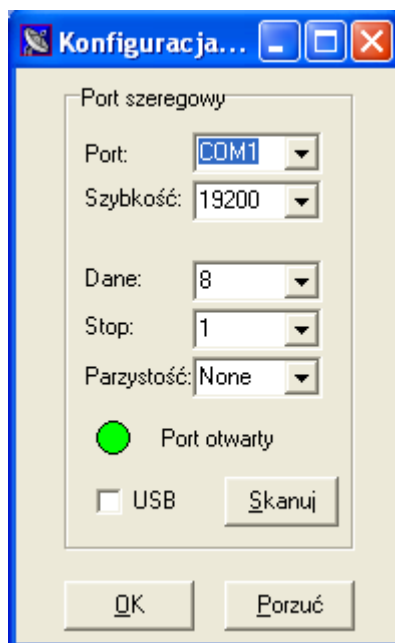
- wyjście z programu.

Przełączniki ON/OFF odpowiadają przełącznikom krzywkowym na rozdzielnicy, zaś suwaki opisanym wyżej potencjometrom.

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 jakiego 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,	116,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
2,	117,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
3,	118,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
4,	119,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
5,	120,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
6,	121,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
7,	122,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
8,	123,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
9,	124,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
10,	125,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
11,	126,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
12,	127,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
13,	128,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
14,	129,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
15,	130,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
16,	131,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
17,	132,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
18,	133,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
19,	134,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
20,	135,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5
21,	136,	67,	99.9,	99.9,	0.00,	0.00,	0.00,	0,	6.9,	3.5

Pierwsza kolumna to numer rekordu rejestracji, druga to sekunda rejestracji, a następne to odpowiednio:

- S wysterowanie silnika w %
- T1 temperatura wylotu otoczenia w °C;
- T2 temperatura wlotu otoczenia w °C;
- P1 ciśnienie wlotu w barach;
- Vo prędkość obrotowa wału w obr/min;

- V przepływ wody w l/s;
- R obciążenie w W;
- I_o prąd obciążenia w A;
- U_o napięcie obciążenia w V;

Opis techniczny

Podstawowe dane stanowiska:

Waga stanowiska nienapełnionego ok. 140kg

Wymiary (szer. X głęb. X wys.)

Instalacja elektryczna

Napięcie robocze 400 VAC

Zasilanie Trójfazowe

Długość kabla zasilającego ok. 8m

Moc układu 2.5kW

Zewnętrzna temperatura pracy: 5÷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.

Pomiary

W celu sprawdzenia poprawności działania stanowiska dokonano kontrolnego pomiaru zamontowanych turbin.

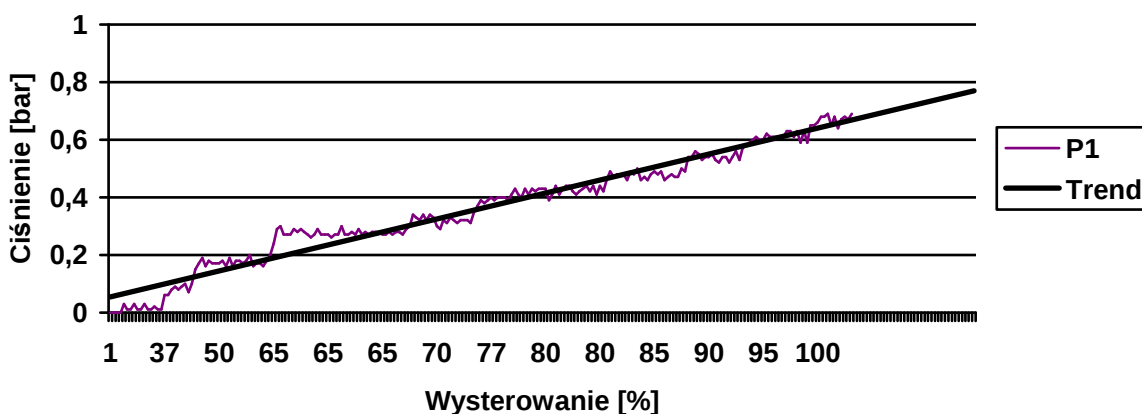
Turbina Francisa

Przebiegi przy zmiennymysterowaniu pompy wodnej.

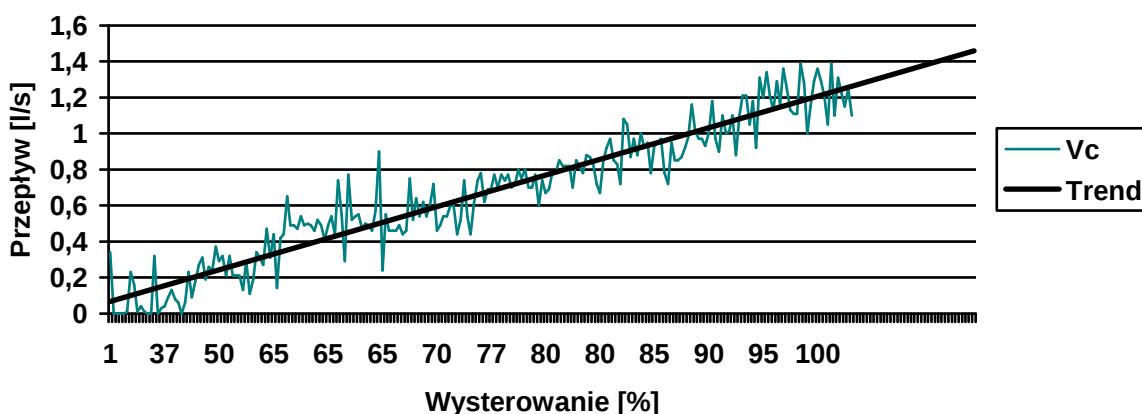
Pomiary przeprowadzono w warunkach:

- temperatura wody $T_1=20^{\circ}\text{C}$;
- obciążenie $I=0$;

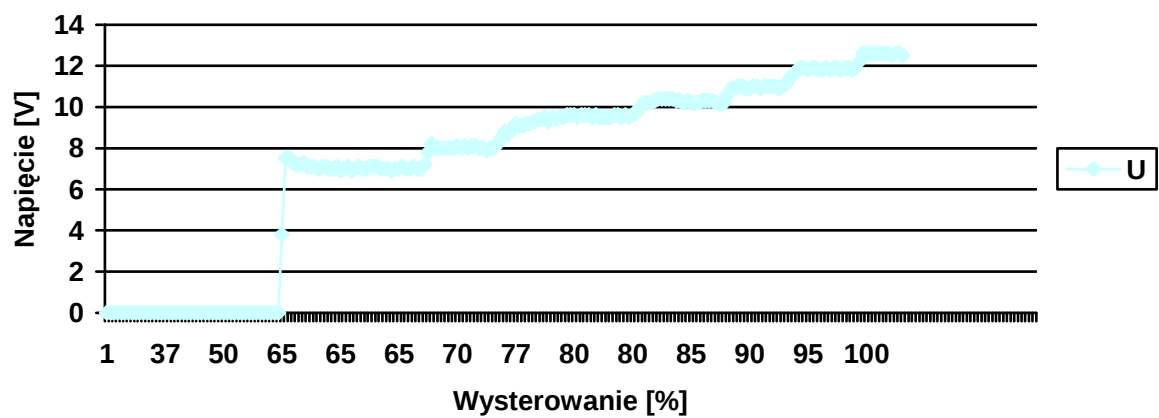
Ciśnienie na wlocie do turbiny (odpowiada wysokości lustra wody w rzeczywistej turbinie) odysterowania silnika napędowego.



Napięcie nieobciążonej turbiny odysterowania silnika napędowego.



Napięcie nieobciążonej turbiny odysterowania silnika napędowego.

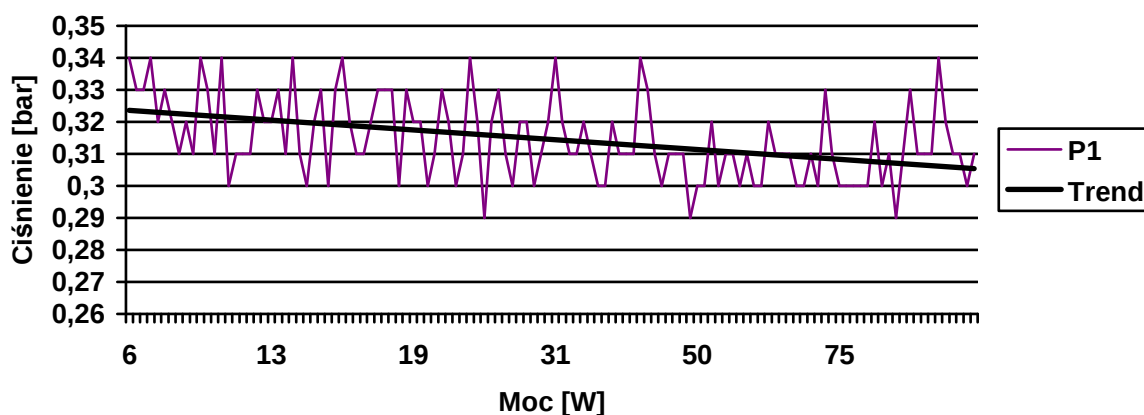


Przebiegi przy zmiennym obciążeniu.

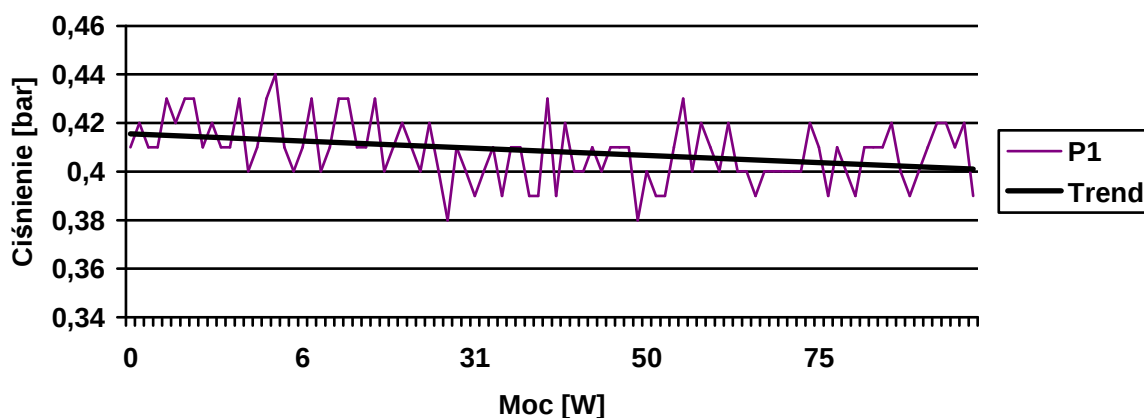
Pomiary przeprowadzono w warunkach:

- temperatura wody $T_1=20^{\circ}\text{C}$;
- ysterowanie silnika napędowego: skokowe od 70% do 100%

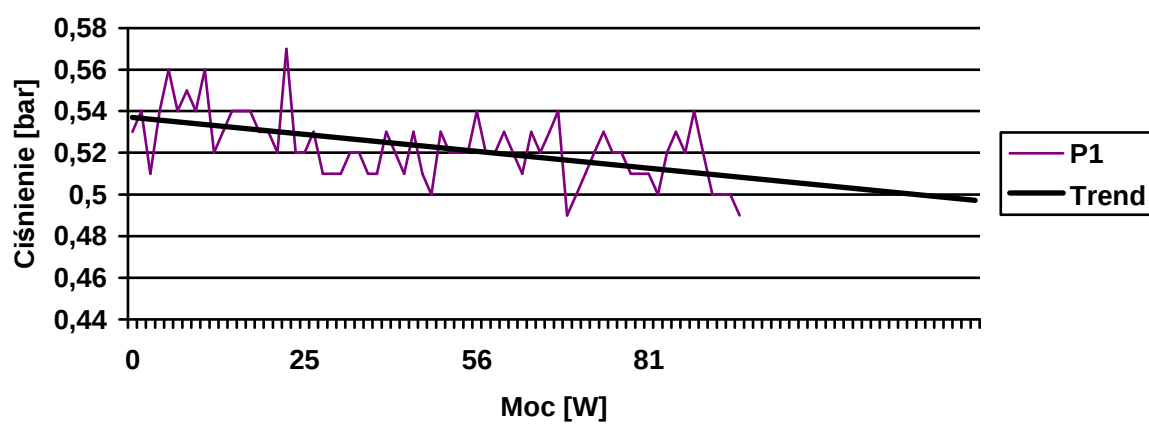
Ciśnienie na wlocie do turbiny (odpowiada wysokości lustra wody w rzeczywistej turbinie) od odbieranej mocy, ysterowanie silnika napędowego 70%.



Ciśnienie na wlocie do turbiny (odpowiada wysokości lustra wody w rzeczywistej turbinie) od odbieranej mocy, ysterowanie silnika napędowego 80%.



Ciśnienie na wlocie do turbiny (odpowiada wysokości lustra wody w rzeczywistej turbinie) od odbieranej mocy, ysterowanie silnika napędowego 90%.



Dokumentacja towarzysząca

Spis załączonych rysunków:

0115.0.2.0200	SCHEMAT BLOKOWY
0115.0.2.0201	INSTALACJA ELEKTRYCZNA
0115.0.2.0202	INSTALACJA ELEKTRYCZNA CD
0115.0.2.0203	INSTALACJA ELEKTRYCZNA CD

Gwarancje i dokumentacje ruchowe ważniejszych zainstalowanych w stanowisku podzespołów.