

Marta Wyżykowska

# Sterowanie i automatyka małych elektrowni wodnych

Koło Naukowe Energetyków  
Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska  
Konferencja: Nowoczesna Energetyka Europy Środkowo-Wschodniej 2015

Opiekun naukowy: dr inż. Sławomir Bielecki

## Abstrakt

Współcześnie rozwój energetyki rozproszonej wprowadza konieczność uproszczonej i przejrzystej eksploatacji obiektów energetycznych. Z racji zmniejszonych nakładów na inwestycje zastosowane rozwiązania i sposoby sterowania przyjmują specyficzną, charakterystyczną strukturę. Począwszy od prostej części mechanicznej, pozwalającej na konserwację nawet niedoświadczonemu mechanikowi, poprzez uproszczoną strukturę sterowania, prowadzoną przez gotowy regulator, ograniczoną redundancję. Stosunkowo najbardziej nowoczesne podejście dotyczy wizualizacji danych, ich dostępności, co wynika z czasu jaki obsługa może poświęcić obiektowi. Podobnie wygląda aspekt odczytów liczników w AMI.

Powyższa struktura jest widoczna w małych elektrowniach wodnych, co mogłam zobaczyć podczas obchodu, jaki przeprowadziłam w marcu 2015 na terenie Małej elektrowni wodnej w Buszkowie (Gm Słaboszów, woj. małopolskie). Pozwoliło mi to na zapoznanie się ze strukturą pracującej elektrowni, jej budową. Właściciel obiektu udostępnił do celów dydaktycznych dokumenty określające zasady działalności obiektu: dokumentację techniczno-ruchową turbiny, projekt przyłącza energetycznego do sieci nn, projekt instalacji elektrycznej i automatyki wewnątrz obiektu, umowę z PGE Dystrybucja o przyłączeniu do sieci, schemat zasilania MEW Buszków. Umożliwiono mi również zapoznanie się z instalacją zespołu maszynowego, zawartością szaf sterowniczych oraz węzłami pomiarowymi. Pozwoliło mi to na zebranie informacji i opisanie wyposażenia z zakresu jej sterowania, regulacji, zabezpieczeń, infrastruktury elektroenergetycznej i pomiarów.

Wykonanie opracowania przyczyniło się do rozwoju mojej wiedzy w dziedzinie realizacji obiektów małej mocy, ich nadzoru i sterowania. Pozwoliło na rozwój myśli praktycznej w stosunku do poznanych (i również tu przedstawionych) wzorców teoretycznych, zwróciło też uwagę na aspekty ekonomiczne inwestycji z perspektywy przedsiębiorstwa produkującego energię elektryczną. Z kolei poznanie obsługi obiektu zwróciło mi uwagę na problemy związane z utrzymaniem parametrów pracy. Opracowanie tematu pozwoliło mi na profesjonalną ocenę inżynierskich aspektów obiektu i zrozumienie zasad ich realizacji.

## 1. STEROWANIE MAŁYCH ELEKTROWNI WODNYCH

Głównymi funkcjami systemów kontroli i sterowania elektrowni wodnych są:

- ustawianie kąta i kierunku łopatek wirnika i kierowniczych;
- ustalenie skrajnych pozycji łopatek;
- kontrola prędkości obrotowej turbiny;
- kontrola mocy generatora i przepływu wody;
- kontrola nastaw założonych;
- zabezpieczenia przeciw porażeniom i pożarom, ochrona maszyn.

W celu osiągnięcia powyższych wykorzystuje się podzespoły, które można usystematyzować pod względem pełnionych funkcji:

- czujniki, mierniki oraz inne elementy wpływające bezpośrednio na przepływ: iglice, odchylacze strumienia, jazy oraz przewodowanie służące sterowaniu i sygnalizacji;
- elementy wykonawcze - siłowniki;
- systemy bezpieczeństwa: ograniczniki przepływu, zawory, sprzęgła, wyłączniki;
- systemy kontroli: pętle kontroli pozycji, prędkości, mocy;
- systemy komunikacyjne: panele operacyjne, telemetria.

Przy czym część z elementów nie ma zastosowania w MEW z racji niskiej ekonomiki inwestycji.

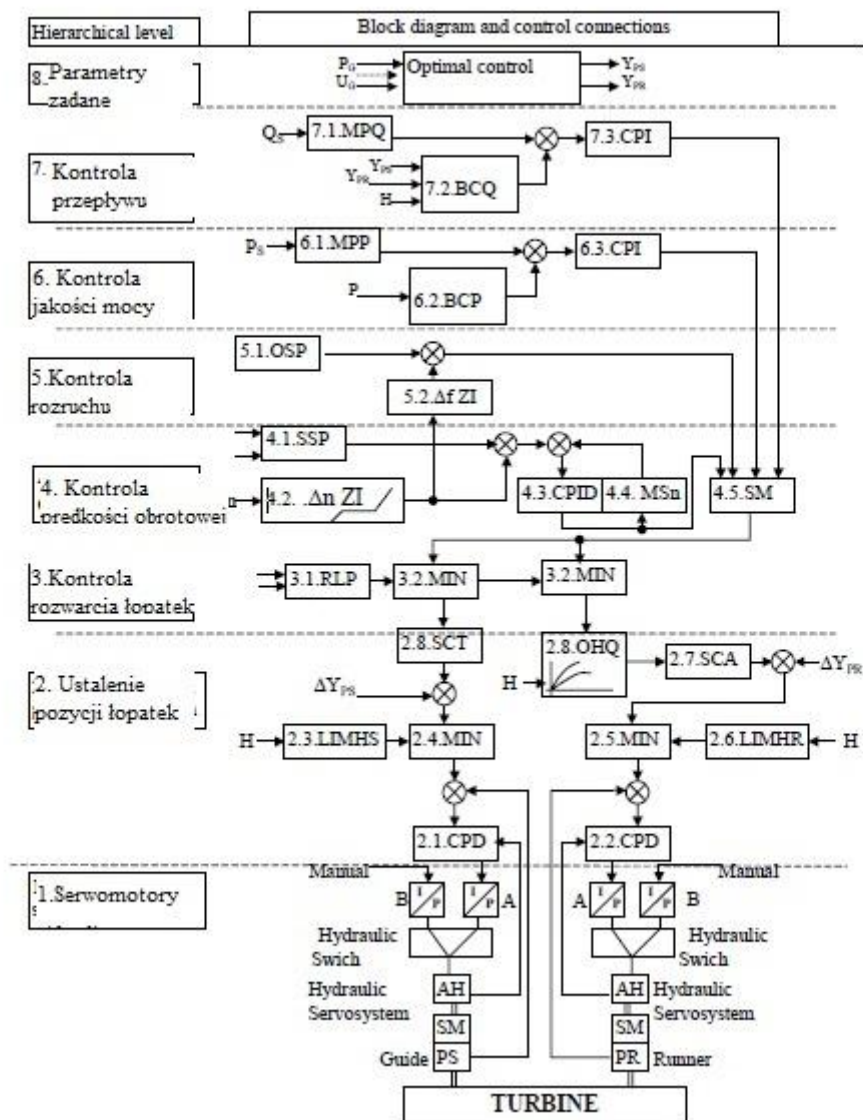
## 1.1 Podstawowy graf sterowania turbiny

Opis dotyczy rys.2.1. prezentującego schemat blokowy regulacji Turbiny Kaplana 8 hierarchicznych poziomów pełni opisane powyżej zadania, rozpisane w kolejności faktycznego przebiegu. W schemacie występują zarówno zadane wzorce matematyczne, urządzenia jak i uwzględniono wpływ czynników zewnętrznych, które wpływają na ostateczną regulację łopatek.

Podstawą struktury są poziomy 1 i 2-gi – na nich zachodzą faktyczne zmiany parametrów pracy: zmiana nastawienia łopatek. W pętlach PD 2.1 i PD 2.2 kontrolery dostają sygnał ze sprzężenia zwrotnego dotyczącego pozycji czujników na łopatkach i położenia serwowatorów. Informacje te analizowane są na wyższych poziomach hierarchii. Bloki 2.3 i 2.6 kontrolują nieprzekraczanie maksymalnego otwarcia; zaś 2.4 i 2.5 przekazują minimalne możliwe nastawy do kontrolerów. Blok 2.9 może zatrzymać regulację z wyższych poziomów, operator przejmuje regulację przez  $\Delta YPS$ . W kontrolerze łopatek wirnika, zadana wartość przechodzi przez moduł optymalizacji 2.8, tak aby dopasować przepływ i poziom wody zbiornika górnego w funkcji spadku. Używając modułu 2.7, można przejść na regulację manualną spadku używając nastawy  $\Delta YPR$  do 2.5 MIN. Moduł 3.1 służy do oceny granic współczynnika otwarcia, kontroluje go moduł 3.2. Poziom 4 pozwala wybrać warunki pracy kontrolera - moduł 4.5 kontroluje prędkość obrotową i jej tempo przyrostu zadane bezpośrednio przez 4.1, następnie porównywane z faktyczną za pomocą czujnika prędkości 4.2

Kontrola rozruchu następuje na poziomie 5-tym - bada się tu aktualną prędkość obrotową, doprowadza do synchronizacji z siecią. Badanie współczynnika mocy  $\text{tg}\phi$  następuje na poziomie 6-tym - blok 6.1 który przekazuje do bloku 6.3 informację o adekwatnej produkcji mocy czynnej, zaś 6.2 przelicza produkcję mocy z pomocą pomiaru na generatorze.

Na poziomie 7-ym zachodzi kontrola przepływu. Kontroler 7.3 CPI zapewnia optymalną wartość nastaw łopatek. Są one funkcją zadanego w 7.1 przepływu i charakterystyki hydraulicznej m.in. spadku i otwarcia śluzy. Na poziomie 8-mym zadane zostają parametry wyjściowe - wymagana moc wyprowadzona, napięcie, na podstawie czego ustala się wstępne parametry łopatek.



Rys. 1 Diagram sterowania turbiny

## 2. ANALIZA CZĘŚCI ELEKTRYCZNEJ

W celu doboru najadekwatniejszego wyposażenia obiektu konieczna jest analiza wskazanych i wymaganych parametrów pracy. Zawiera się w niej:

- Ustalenie rozpyły obciążeń, tak aby każdy element układu był przystosowany do przepływającego prądu i zastosowania (dotyczy to m.in. przewodów, transformatorów, kondensatorów, bezpieczników, wyłączników).
- Analiza stanu zwarcia pozwala upewnić się co do odpowiedniości zabezpieczeń. Polega na faktycznym sprawdzeniu, czy dokonane założenia są słuszne, pozwala ustalić zachowanie w stanie awaryjnym.
- Zastosowanie wymaganych przez prawo i umowy urządzeń ochronnych i synchronizujących. Obiekt musi być zabezpieczony przed awarami sieci przesyłowej. Poza synchronizacją konieczne jest stosowanie urządzeń ochraniających przed nadmiernymi napięciami, spadkami poniżej normy, zmianą częstotliwości itp. Konieczne jest wypełnienie norm i standardów korzystając z aktualnych możliwości technologicznych.
- Amerykański standard NECT (National Electrical CodeT) uwzględnia również analizę możliwości powstawania łuku elektrycznego. Wymaga ona ochrony personelu przed łukami. Jej celem jest wybór odpowiednich zabezpieczeń i asortymentu elektrycznego.

Kolejnym istotnym elementem jest analiza zapotrzebowania sterowników. Mogą dotyczyć szeregu czynności, zależnie od inwestycji i powagi obiektu dobiera się, najczęściej z listy poniżej:

- pozwalające przełączać w tryb pracy ręcznej / automatycznej,
- automatyczne załączanie/ wyłączanie,
- monitorowanie parametrów bieżących,
- zdalna kontrola,
- regulowanie napięcia i częstotliwości zgodnie z sytuacją w sieci elektroenergetycznej,
- współpraca regulatorów z siłownikami łopatek czy zasuw,
- zarządzanie zasobami wody (przepływ minimalny, przez jazy, poziom wody górnej),
- alarmowanie i bieżąca konserwacja
- akwizycja danych i raportowanie
- aspekty niezawodności i redundancji
- wymagania rynku i odbiorów

Współcześnie najbardziej popularnym rozwiązaniem w małych elektrowniach wodnych jest stosowanie programowalnych sterowników logicznych (PLC) z dołączonym interfejsem graficznym. Poprawnie zaprojektowany i zaimplementowany może wykonywać powyższe zadania. System musi uwzględniać cały cykl życia obiektu, w tym instalacje, rozruchy, utrzymanie. Krytyczne decyzje dotyczą m.in.:

- przetwarzanie danych: scentralizowane lub rozproszone,
- lokalna bądź zdalna współpraca z punktami I/O,
- grupowanie I/O w danych jednostkach i slotach,
- kolejność konstrukcyjna,
- architektura komunikacyjna,
- interfejs zdalnej komunikacji,
- systemy zabezpieczeń.

Wizualizacja stanu i warunków pracy elektrowni, logi wydarzeń i pomiarów, informacje o warunkach alarmów są generowane przez odpowiednio stacje, mogące pracować jako jednostki operatorskie. W dużych obiektach zwykle korzysta się ze SCADY, jednak stanowi ona jedynie jednostkę inżynierską, pozwalającą zmieniać parametry konkretnych sterowników. Używanie innych systemów wizualizacji pozwala na większy zakres użyteczności.

Zebrane dane są najczęściej przechwytywane do bazy danych SQL, mogą służyć do raportów spełniania obowiązków regulacyjnych, analizy osiągnięć, wglądu działania urządzeń. Wykorzystanie telemetrii pozwala na ciągłą analizę stanu pracy. Smartfony stają się mobilną platformą, pozwalającą na bieżący wgląd w status pracy i występowanie alarmów, skrajnie pozwala na zdalną kontrolę. Używa się tu SMS-ów do alarmowania, raportów wysyłanych mailem i podgląd via strona internetowa.

### **3. MEW BUSZKÓW**

- Moc zainstalowana: 30kW
- Zainstalowany system regulacji: podwójna, łopatki wirnika i kierownicy
- Typ turbiny: Kaplana
- Przepływ maksymalny:  $Q = 1,58 \text{ m}^3/\text{s}$
- Prędkość obrotów roboczych:  $n = 358 \text{ obr}/\text{min}$
- Prędkość generatora:  $n = 1000 \text{ obr}/\text{min}$

#### **3.1 Regulator turbinowy**

W realizacji MEW Buszków kluczowym elementem jest regulator turbinowy MS16 produkcji MEW. Podłączono do niego serie czujników: parcia na łopatki, temperatury generatora, prądu, napięcia, prędkości obrotowej; obwodów wykonawczych: wyłącznik generatora, obwody załączające silnik agregatora, pompy smaru, generatora ( w tym jego synchronizację). Dołączone są również obwody sondy położenia, kierownicy, wirnika, regulacji i serwisowy. Podłączone są bezpośrednio do niego konwertery wielkości analogowych na cyfrowe:

- Konwerter Wieland cores C1 UI-B - zdolny do konwersji pomiarów prądu, napięcia i temperatury używając uniwersalnych czujników

- Przetwornik położenia LXY-P00 umożliwia przetworzenie sygnału z potencjometru (tj. położenie suwaka potencjometru położenia łopatek) na standardowy sygnał prądowy.
- Przekaznik RZ3A40D40 Carlo Gavazzi załączający obwody wysokich napięć z 3-ma triakami, zastosowany do załączania wszystkich silników

Firma nie udostępniła schematów urządzenia.

### 3.2 Sterowanie turbiną

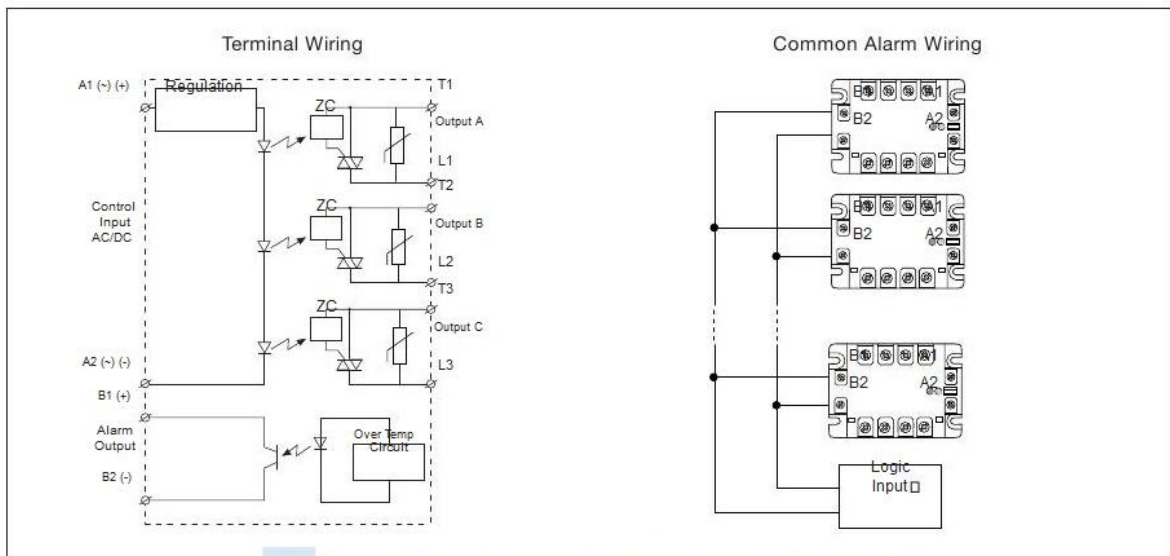
Podstawą sterowania jest ustawienie kąta łopatek. Pierścień regulacyjny kierownicy połączony jest ciągniami z orczykiem wału regulacyjnego. Jego napęd, odbywający się za pomocą dźwigni i siłownika hydraulicznego, pozwala na ruch w płaszczyźnie kątowej  $0^{\circ}$ – $25^{\circ}$ . Siłownik kierownicy jest sterowany przez oddziaływanie miernika, zmiana ustawienia wirnika jest wynikiem zmian w kierownicy. Piasta wirnika posiada gniazda łożyskowe, po których prowadzi się drąg łożyskujący. Regulacja łopat odpowiada zakresowi kątowemu  $0^{\circ}$  –  $30^{\circ}$ , drąg przemieszcza się wtedy maksymalnie o 50 mm. Sterowanie zachodzi przy użyciu rozdzielaczy oleju, regulowanych sterownikami PLC. Przy zadaniu przetyku sterowniki dopasowują ciśnienie i wydatek oleju wymuszanego przez agregat hydrauliczny. Rys.4.1. przedstawia proces sterowania turbiny bez użycia elektronicznych systemów sterowania, jest jednak dobrym wyobrażeniem podstawowego procesu regulacji. Po dociążeniu turbiny przy stałym momencie oporowym wzrasta prędkość obrotowa i układ sterowniczy (tu zaznaczony jako 1) z serwomotorem uniesie tłok rozdzielacza ku górze - tłok 3 zacznie przemieszczać się w dół zamykając kierownicę, to jest z kolei sygnał, aby zmniejszyło się pochylenie łopatek wirujących – prędkość obrotowa maleje.

W realizacji wykorzystano agregat hydrauliczny celem zasilania siłowników firmy Parker cieczą roboczą (smarem) o wymaganych parametrach: ciśnieniu i wydatku. Połączenie pomiędzy regulatorem a pracą siłowników zachodzi przez sterowniki PLC. Napędza go silnik elektryczny o mocy 1,1kW Drugi silnik 0,37kW napędza bezpośrednio pompę oleju.

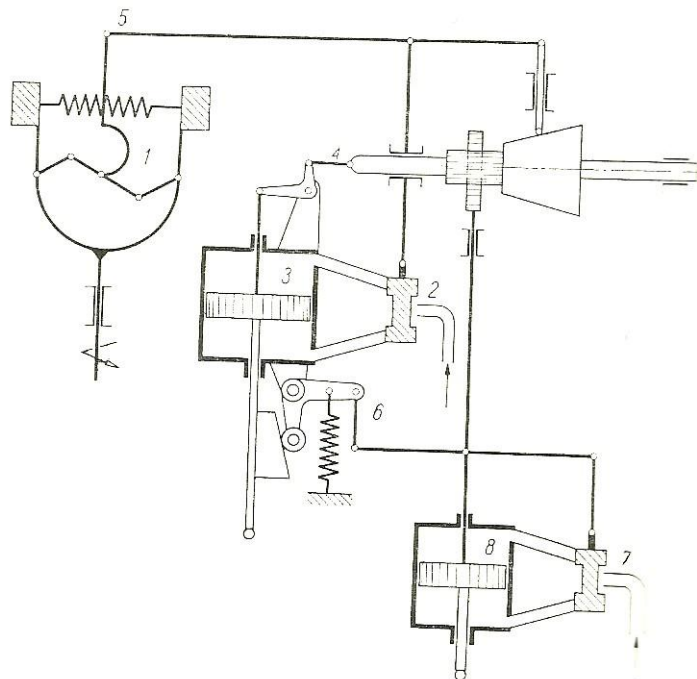
Główny parametr pracy, jakim jest poziom piętrzenia, zależy od przepływu i warunków hydrologicznych, należy zadać na stacji operatorskiej, która umożliwia również odczyt parametrów bieżących: odchylenie łopatek wirnika i kierownicy.

Woda dostarczana jest przy otwartej zasuwie do elektrowni, zaś przy czyszczeniu turbiny, remontach i przestojach woda przepływa przez jaz.

## Connection Diagrams



Rys. 2 Przekaznik RZ3A40D40 z zaznaczonymi ścieżkami załączającymi i obwodem rozłączeniowym od przegrzania oparty na termistorach



Schemat regulatora turbiny Kaplana: 1 - miernik, 2 - rozdzielacz oleju siłownika kierownicy, 3 - siłownik kierownicy, 4 - mechanizm ujarzmiający, 5 - dźwignia, 6 - mechanizm sprężenia, 7 - rozdzielacz oleju siłownika wirnika, 8 - siłownik wirnika

Rys. 3 Sterowanie turbiny Kaplana



Rys. 4 Regulator

### 3.3 Zabezpieczenia generatora

Na podstawie umowy z PGE Dystrybucja SA konieczne było wyróżnienie zagrożeń i zabezpieczeń niezbędnych do zastosowania w trójfazowym silniku klatkowym jednobiegowym mocy 30 kW 2SKg 225M6 Celmy:

- Zwarciove topikowe WT-2 80A – chroni przed skutkami zwarć generatora i w obwodzie jego linii zasilającej
- Przeciążeniowe – chroni przed nadmiernym wzrostem prądu  $I_n$ , wyłącza generator po  $t > 20s$ .
- Asymetrii prądowej i zaniku fazy – chroni generator przed skutkami pracy asymetrycznej. Warunki zadziałania, czyli wyłączenie generatora to 30% progu asymetrii i  $t > 3s$ .
- Nadnapięciowe - chroni przed wzrostem napięcia sieci zasilającej wyłączając generator. Warunki zadziałania:  $U > 440V$ ,  $t > 0, 2s$



- Podnapięciowe chroni przed asymetrią napięcia poniżej 30% i zanikiem fazy, spadkiem napięcia w fazie poniżej 320V, kontroluje kierunek wirowania. Zabezpieczenie reaguje po  $t > 2s$ , następuje wyłączenie generatora, jego załączenie jest możliwe dopiero po powrocie właściwych parametrów sieci.
- Częstotliwościowe chroni generator przed pracą z niewłaściwą częstotliwością. Pobudzenie powoduje wyłączenie generatora po czasie  $t > 0, 2s$  po przekroczeniu zakresu częstotliwości pracy  $< 49, 5Hz; 50, 5Hz >$  Realizację w obwodzie wykonano na następujących urządzeniach:
- Rozłącznik bezpiecznikowy Apator RBK00 wyposażony w komory gaszeniowe, uzbrojone w metalowe płytki dejonizacyjne. Parametry:  $IN = 160A$ ,  $UN = 690A$ .
- Wyłączniki silnikowe Lovato SM1B 20 i SM1B 24 z wyzwaczem przeciążeniowym nastawione na 1,3 i 2,5A i wyzwaczem zwarciovym typu B.
- Styczniki trzypolowe sterowane AC Levato BF 50 00, prąd roboczy  $I_{th} = 90A$ , przy  $t < 40^{\circ}C$
- Przekładnik termiczny Lovato DRPT 220 (VAC) do ochrony silników wyposażonym w termistorowe czujniki PTC wtopione w głowice uzwojenia.
- Przekładnik kontroli napięcia, częstotliwości, kierunku wirowania i asymetrii Lovato 70
- Przekładnik kontroli prądu generatora, zabezpieczenia nadprądowe, asymetrii prądowej, zaniku fazy Lovato 71
- Wyłącznik nadprądowy GE 63A.

### 3.4 Ochrona od porażień linii nn

Linia została zaprojektowana w systemie TNC, uziemiona w miejscu przyłącza i podziału na sieć pięcio-przewodową. Wszystkie obwody odbiorcze mają zastosowane wysokoczuły wyłącznik różnicowoprądowy.

### 3.5 Telemetria

Możliwość odczytu danych na odległość zapewniają następujące komponenty dostarczające dane do interfejsu.

- Konwerter optoizolowany MCU-01 USB/RS485 umożliwia szeregową, asynchroniczną wymianę danych w trybie Half Duplex (dwukierunkowym naprzemiennym) pomiędzy interfejsem V.24/RS 232 (do serwera) a siecią urządzeń z interfejsem RS 485(dane zebrane z magistrali roboczej).
- Serwer akwizycji danych podłączony do internetu, co umożliwia przesył obrabionych danych do internetowo dostępnej aplikacji.
- Router cisco zapewniający dostęp do sieci internet
- Interfejs internetowy, napisany w JavaScript pozwalający na bieżącą analizę parametrów, generowanie wykresów.

Zapewniony jest również przepływ danych przez sieć GSM, informacje o przestojach turbiny są natychmiast przesyłane tym kanałem.

## Małe Elektrownie Wodne

[Strona główna](#) | [Zmiana hasła](#) | [Wyloguj się](#)

### Menu

#### Informacje

#### MEW Buszków

- [Ogólne](#)
- [Aktualne dane](#)
- [Wykresy](#)
- [Raporty](#)
- [Alarmy](#)
- [Historia](#)
- Turbina 1**
- [Aktualne dane](#)
- [Wykresy](#)
- [Raporty](#)
- [Alarmy](#)
- [Historia](#)

[Wykresy z różnych MEW](#)

### MEW Buszków : Ogólne : Aktualne dane

Nazwa	Wartość	Jednostka	Data
Aktualność danych	23	s	2015-05-01 22:01:00
Energia oddanie	214013.2	kWh	2015-05-01 22:01:00
Energia pobór	7.5	kWh	2015-05-01 22:01:00
Kierownica	67.85	%	2015-05-01 22:01:00
Kod błędu	99		2015-05-01 22:01:00
Moc czynna	18.7	kW	2015-05-01 22:01:00
Napięcie międzyfazowe	428	V	2015-05-01 22:01:00
Obroty Generatora	1007.3	1/min	2015-05-01 22:01:00
Poziom wody górnej	67.46	%	2015-05-01 22:01:00
Stan połączenia G1	1		2015-05-01 22:01:00
Wirnik	54.12	%	2015-05-01 22:01:00
Wykonywany program	2		2015-05-01 22:01:00
Zadanie	67.07	%	2015-05-01 22:01:00

© 1997 - 2015 Małe Elektrownie Wodne s.c.

[www.mew.pl](http://www.mew.pl)

Rys. 5 Interface z danymi

### 3.6 Kompensacja mocy biernej

Realizację zadanego współczynnika mocy dokonuje oddzielny regulator mocy biernej - wyspecjalizowany sterownik z 5-ma stopniami podłączonymi do kolejnych kompensatorów; pomiar i zmiana sterowania odbywa się przez przekładnik na 1 fazie. . Urządzenie zasilane jest bezpośrednio z linii, posiada również port komunikacyjny przekazujący aktualne dane do regulatora MS16. Adekwatne oprogramowanie regulatora pozwala uzyskać współczynnik mocy na dozwolonym poziomie, zachodzą jednak sytuacje w których drastycznie spada (patrz rysunek). Wynikają one głównie z nagłych spadków obciążeń, co powoduje spadek współczynnika mocy generatora (nominalny wynosi 0,88; przy 0,25 obciążenia wynosi 0,61). Urządzeniem wykonawczym są kompensatory Electronicon serii MKPg wewnątrz pokryte polipropylenem, na który naniesiono warstwę cynku i aluminium wypełnione gazem izolującym o mocach biernych: 2,5kvar, 16,6 i 1,5 kvar oraz 10 kvar. Są one konfigurowane w taki sposób, aby uzyskać  $\text{tg } \phi = 0,4$ .

Za produkcję mocy biernej elektrownia jest obciążana opłatami, które, gdy współczynnik mocy mie- ści się w normach nie przekraczają 40zł. Jednak w razie zakłóceń pracy obiektu i przyrostu  $\text{tg } \phi = 0,4$  ponad normę płaci za ponadumowny pobór energii biernej.

### 3.7 Liczniki energii

Zamontowane liczniki są przykładem inteligentnego systemu pomiarowego, można je uznać za składową AMI, jednak dalej jest to komunikacja jednokierunkowa. Warunkiem koniecznym pomiaru jest złożenie do operatora wniosku o pomiar. Dwa liczniki dwudrożne Model ZMG 310 Landis+Gyr - jeden zliczający w sumie moc wyprodukowaną i potrzeby własne, drugi zaś moc oddawaną do sieci nn (zaopatrzony jest w moduł komunikacji GPRS), w tym do mieszkalnego budynku przy elektrowni. Rejestrują energię czynną i bierną, w obu kierunkach i we wszystkich kwadrantach.. Pozwalają one na zdalny odczyt przez dystrybutora, wbudowane mają zabezpieczenia przed zewnętrznym polem magnetycznym, tak aby niemożliwe były oszustwa. Budynek mieszkalny posiada swój własny licznik 1 torowy.

Oznaczenie typu można odszyfrować następująco: ZMG -sieć 3-fazowa, 4-przewodową 3-podłączenie bezpośrednie

10-Klasa dokładności dla energii czynnej 1 (IEC)

CR-Wielkości mierzone: Energia czynna i bierna

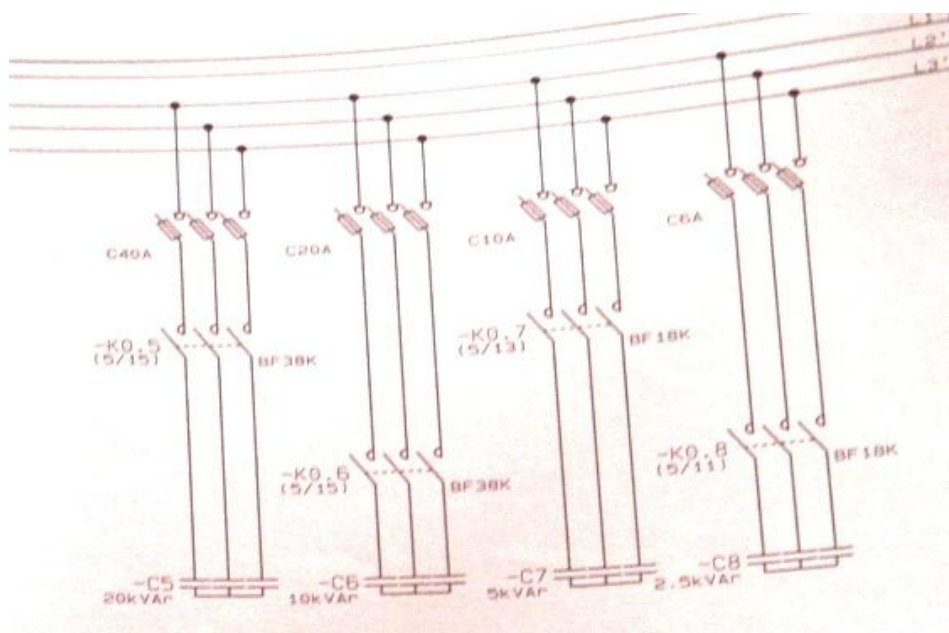
Cztery funkcje taryfowe: Taryfy dla energii i mocy, sterowanie wewnątrznie przełącznikiem zegar. (TOU)

260-Liczba wejść sterowania / styków wyjściowych / funkcje specjalne

b.-funkcje dodatkowe: Profil Mocy, sprzętowa i programowa detekcja zdarzeń

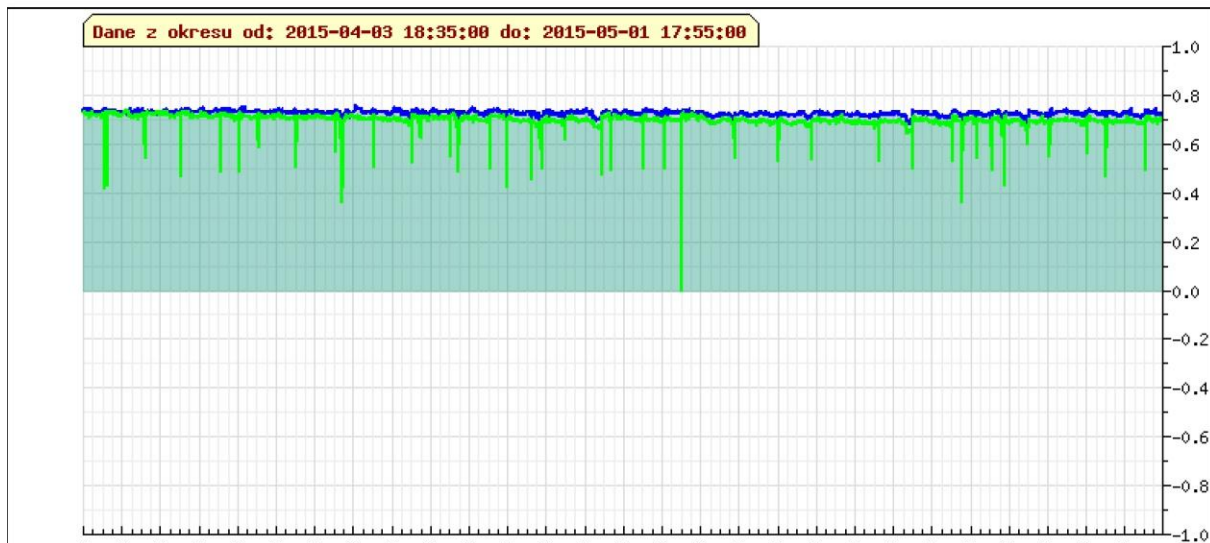
43 - Interfejsy: CS (tworzy najprostszą pętlę prądową CS+ i CS-) i RS485

Oddział PGE Dystrybucja Skarżysko Kamienna jest jednym z pilotażowych, wykorzystujących technologię zdalnego pomiaru - AMR. Pobór wymaganych informacji zachodzi przez sieć GPRS. Z racji, iż większość parametrów jest akwizowana przez jednostkę sterującą, licznik pełni drugorzędną funkcję, informując użytkownika o produkcji i zużyciu energii jedynie na wyświetlaczu.



Rys. 6 Schemat elektryczny zamontowanych kondensatorów

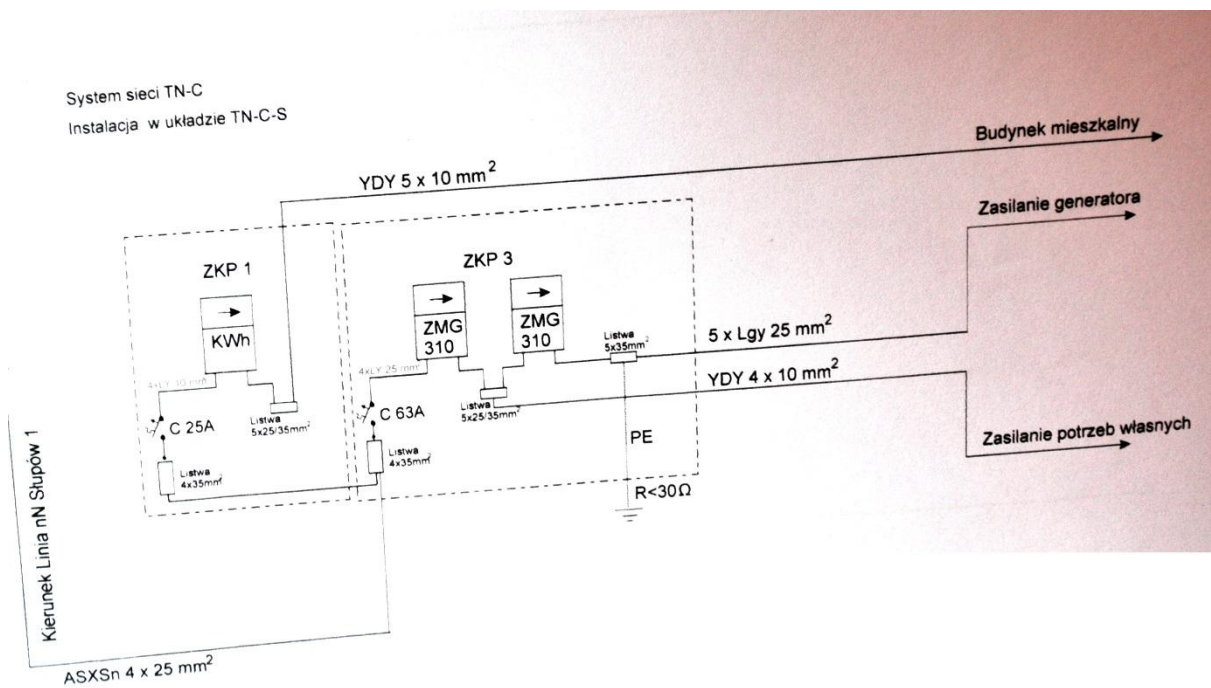
MEW Buszków : Turbina 1 : Wykresy



Rys. 7 Przebieg współczynnika mocy dla L2 i L3 w kwietniu 2015



Rys. 8 Liczniki trójdrożne



Rys. 9 Schemat elektryczny złączy kontrolno-pomiarowych

## **LITERATURA**

- [1] W.A. Krzyżanowski; "Turbiny wodne. Konstrukcja i zasady regulacji"; wyd.1, WNT, Warszawa 1971;
- [2] Peacock, I. Mahoney, K.; "The ABCs of small hydro upgrade and automation" industry application IA08303003E, June 2011,
- [3] M. VINATORU, E. IANCU i in.; University of Craiova; "Control System for Kaplan HydroTurbine"; 4th WSEAS/IASME International Conference on DYNAMICAL SYSTEMS and CONTROL (CONTROL'08) Corfu, Greece; Październik 26-28, 2008;
- [4] DTR turbiny; MEW s.c.; 2013
- [5] Dokumentacja techniczna przyłącza do sieci.
- [6] Umowa o dystrybucję energii elektrycznej
- [7] TARYFA DLA USŁUG DYSTRYBUCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ PGE Dystrybucja S.A. Lublin, 2013
- [8] Materiały wykładowe z przedmiotu Inteligentne Sieci Przesyłowe, dr inż. Sławomir Bielecki
- [9] Katalogi produktów następujących firm: Celma Indukta, Wieland Electric, SSA, Carlo Gavazzi, Aparator, Lovato, GE, MIKSTER Industrial Technology, MEW s.c., Electronicon, Landis+Gyr