

Piotr BOGUSŁAWSKI  
Eugeniusz ŁOWIEC

## SYSTEM MONITOROWANIA POMPOWNI MELIORACYJNYCH – LATA DOŚWIADCZEŃ

**STRESZCZENIE** *W artykule przedstawiono system monitorowania pompowni melioracyjnych na Żuławach Elbląskich. Opisano jego podstawowe elementy: zautomatyzowaną pompownię, układ transmisji danych i stanowisko dyspozytorskie. Przedstawiono doświadczenia z czteroletniego okresu eksploatacji systemu oraz wskazano na kierunki dalszego rozwoju.*

### 1. WSTĘP

---

Żuławy Elbląskie to region o silnie rozwiniętej gospodarce rolnej. Warunkiem utrzymania wysokiej produktywności rolniczej tych terenów jest dbałość o właściwe funkcjonowanie całego systemu wodno – melioracyjnego. Koszty utrzymania takiego systemu są jednak wysokie. Przykładowo utrzymanie 92 przepompowni na terenie województwa elbląskiego pochłonęło w 1996r. kwotę 3501 tys. zł w tym opłaty za energię elektryczną 1126 tys. zł (32 %) [3]. Poszukiwanie możliwości obniżenia nakładów na bieżącą eksploatację jak również

---

**mgr inż. Piotr BOGUSŁAWSKI**  
piotr.boguslawski@iel.gda.pl

**mgr inż. Eugeniusz ŁOWIEC**  
eugeniusz.lowiec@iel.gda.pl

Instytut Elektrotechniki Oddział Gdańsk

usprawnienia procesu zarządzania przedsiębiorstwem są jednymi z ważniejszych zadań, które stoją przed Żuławskim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych w Elblągu (WZMiUW). Z inicjatywy tego zarządu są podejmowane działania polegające na zastępowaniu starych agregatów pompowych nowymi, wprowadzaniu kompensatorów mocy biernej oraz instalacji układów automatyki. Prowadzone są też zmiany w sferze organizacyjnej przedsiębiorstwa. Aktualnie wyczerpały się proste rezerwy obniżenia kosztów funkcjonowania systemu wodno - melioracyjnego i usprawniania procesu zarządzania.

Wychodząc naprzeciw realnym potrzebom przedsiębiorstw melioracyjnych Instytut Elektrotechniki Oddział w Gdańsku włączył do tematyki badawczej zagadnienia związane optymalizacją pracy pompowni melioracyjnych na terenie Żuław. Efektem działań w tym obszarze badań było wystąpienie Instytutu Elektrotechniki Oddział w Gdańsku (IEL-OG) wspólnie z Wojewódzkim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych w Elblągu o projekt celowy pt. „Kompleksowa automatyzacja przepompowni melioracyjnych na Żuławach Elbląskich w oparciu o zastosowanie napędów o regulowanej prędkości oraz układów zdalnego sterowania i nadzoru”. W 1997 roku otrzymano zgodę Komitetu Badań Naukowych (KBN) na współfinansowanie badań. W pracach nad projektem uczestniczyli również specjaliści z Instytutu Melioracji Użytków Zielonych (IMUZ) z Warszawy wspomagając prace merytorycznie w zakresie opisu zjawisk wodnych występujących na obszarach depresyjnych.

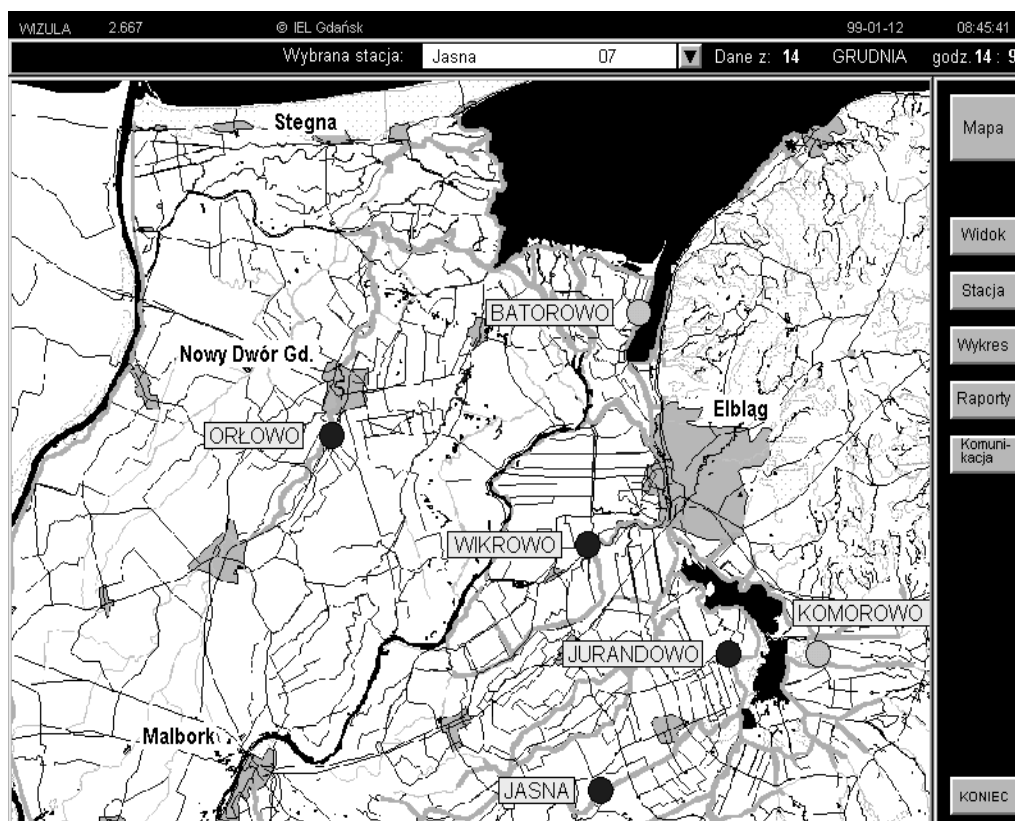
Jednym z zasadniczych zadań jakie udało się rozwiązać w trakcie trwania projektu było opracowanie systemu do monitorowania i sterowania energoelektronicznymi układami napędowymi za pomocą sieci cyfrowej GSM. Wykorzystanie najnowszych dostępnych technologii transmisji danych umożliwiło zbudowanie odpornego na zakłócenia i elastycznego w zastosowaniach układu telemetrycznego.

Głównym problemem przedsiębiorstwa zarządzającego wieloma przepompowniami (rozmieszczonymi w znacznych odległościach) było uzyskiwanie bieżących danych o prawidłowości ich pracy. W szczególności dostęp do aktualnych informacji, np. o poziomach w głównych ciekach wodnych był szczególnie ważny w przypadku zagrożenia powodziowego.

Wychodząc naprzeciw zgłaszanym przez WZMiUW w Elblągu postulatом opracowano system obejmujący stacje pomp w miejscowościach: Juranowo, Jasna, Orłowo, Wikrowo, Batorowo i Gronowo z centrum dyspozytorskim w Elblągu (rys.1). W dalszej kolejności przewidziano włączenie obiektów: Fiszewka i Komorowo. W opracowanym systemie wyróżnić można następujące elementy składowe:

- zautomatyzowane przepompownie melioracyjne,
- układ transmisji danych,

- centrum dyspozytorskie wyposażone w komputerowe środki przetwarzania danych.

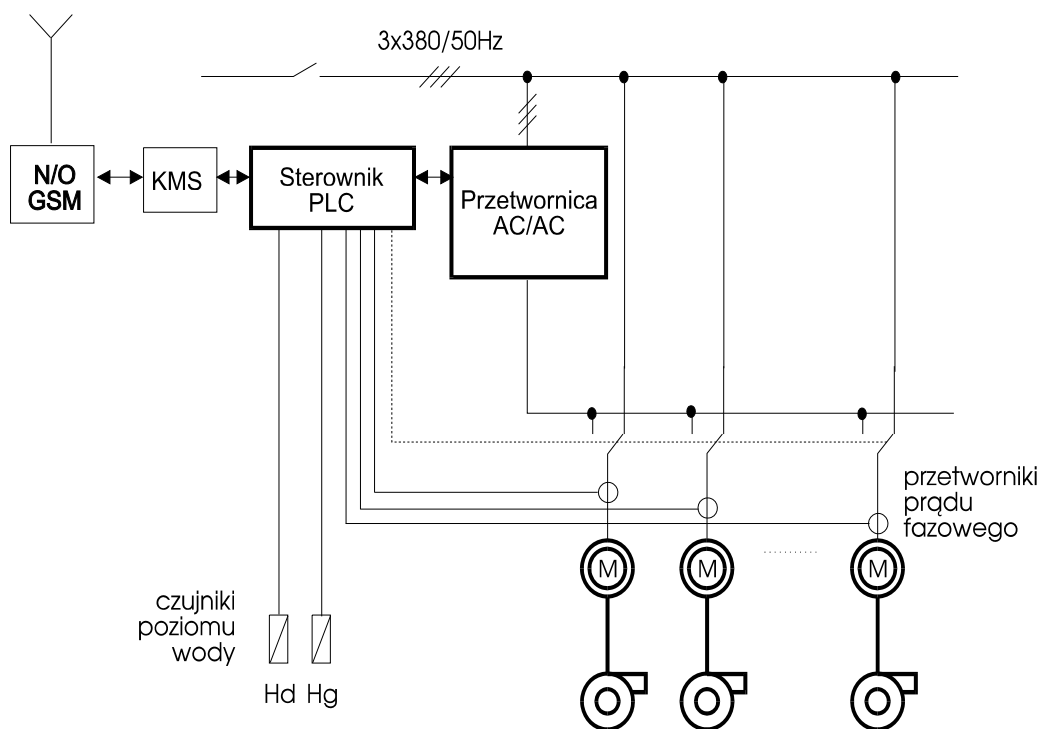


**Rys. 1. Rozmieszczenie przepompowni melioracyjnych wchodzących w skład systemu monitorowania i zdalnego sterowania na Żuławach Elbląskich**

## 2. POMPOWNI MELIORACYJNA

Pompownia melioracyjna jest podstawowym elementem systemów odwadniających, w których odpływ grawitacyjny wody nie jest możliwy. Pompownia połączona siecią kanałów z odwadnianym obszarem ma istotny wpływ na rolnicze i bytowe wykorzystanie tego terenu. Przystosowanie przepompowni do pracy [9] w systemie automatycznym wymagało modernizacji polegającej między innymi na zainstalowaniu: sterowników programowalnych PLC, napędowych przetwornic częstotliwości oraz urządzeń transmisji danych. Przeprowadzono także konieczne zmiany w instalacjach elektrycznych i sygnałowych. Wykonana analiza i pomiary sprawności energetycznej układu złożonego

z pompy, silnika klatkowego i przetwornicy częstotliwości, wykazały istnienie optymalnej prędkości obrotowej, przy której osiąga ona wartość maksymalną. Przykładowo dla badanego układu pompowego sprawność wyniosła 49 % przy częstotliwości zasilania 33,5 Hz oraz 35 % w przypadku zasilania bezpośrednio z sieci (50 Hz) [8]. Lokalny sterownik został zaprogramowany tak, że w oparciu o analogowe sygnały z przetworników Hg – poziomu wody w odprowadzalniku i Hd – poziomu wody w kanale dopływowym oblicza optymalną prędkość obrotową pompy. Zmiana prędkości jest realizowana za pomocą przetwornicy częstotliwości. W zależności od wymaganej wydajności stacji pomp włączane są do pracy równoległej kolejne zespoły napędowe ( tzw. napęd grupowy). Na rysunku 2 przedstawiono energoelektroniczny układ napędowy złożony ze swobodnie programowalnego sterownika PLC, przetwornicy częstotliwości, trójfazowych silników klatkowych stanowiących napędy pomp oraz ważniejsze tory połączeń obwodów energetycznych i sygnałowych. Sterownik stacji jest wyposażony w lokalny pulpit sterowniczy. Umożliwia on operatorowi ustawienie parametrów pracy pompowni oraz bieżącą diagnostykę urządzeń.



**Rys. 2. Przykładowe wyposażenie przepompowni melioracyjnej w urządzenia automatyki**

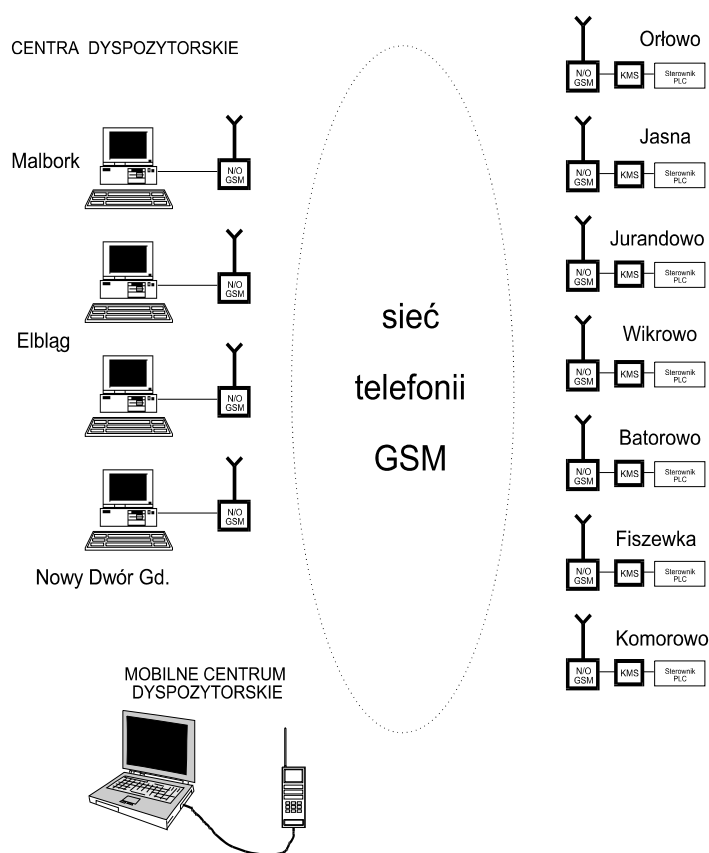
Część przepompowni melioracyjnych zmodernizowano w oparciu o zastosowanie pomp zasilanych. Charakteryzują się one dużą sprawnością przy nominalnej częstotliwości zasilania 50 Hz oraz niskimi kosztami instalacyjnymi.

Sterownik programowalny PLC realizuje jedynie podstawową funkcję – utrzymanie poziomu wody w dolnym kanale dopływowym w zadanych przez operatora granicach.

Każdą z przepompowni wchodzących w skład systemu telemetrycznego wyposażono w moduł KMS (konwerter magistral szeregowych). Umożliwia on połączenie najczęściej spotykanych na rynku sterowników z urządzeniami nadawczo – odbiorczymi telefonii komórkowej GSM. Oprócz dopasowania fizycznego realizuje on konwersję protokołów, a także umożliwia zainicjowanie połączenia z wybranym numerem telefonicznym w przypadku konieczności zgłoszenia alarmu.

### 3. UKŁAD TRANSMISJI DANYCH

Układ transmisji danych jest rozumiany jako zespół urządzeń i programów umożliwiający realizację łączności pomiędzy przepompowniami a centrami dyspozytorskimi. Ogólną strukturę układu przedstawiono na rys. 3. W warstwie



Rys. 3. Ogólna struktura układu do transmisji danych

sprzętowej tworzą ją moduły transmisji danych typu M1 , M20 i M35T produkcji firmy Siemens [7] połączone ze sterownikami PLC za pomocą konwerterów KMS. Osnową układu jest sieć telefonii cyfrowej GSM. Każdy z układów nadawczo – odbiorczych (N/O) posiada własny numer telefoniczny z aktywowaną usługą transmisji danych. Inicjacja połączenia z dowolną stacją pomp następuje zwykle na żądanie centrum operatorskiego. Może odbywać się to w sposób synchroniczny zgodnie z ustalonym wcześniej cyklem czasowym lub asynchronicznie. Przyjęto sposób obsługi obiektów (stacji pomp) według zasady Master – Slave. Do wybierania i zestawiania połączeń wykorzystano oprogramowanie komunikacyjne MODBUS RTU.

Źródłem danych w systemie monitorowania i zdalnego sterowania jest pamięć sterownika PLC [1]. Ze względu na znaczny jednostkowy koszt zestawienia łącza telefonicznego oraz specyfikę obiektu pomiarowego (proces wolnozmienny) założono magazynowanie rejestrowanych danych w pamięci co jedną godzinę. Stąd program sterownika logicznego, oprócz funkcji wynikających z podstawowego algorytmu pracy pompowni ma również za zadanie aktualizację i formowanie danych w postaci ciągłego bloku. Sukcesywne przemieszczanie danych w pamięci jest inicjowane różnymi warunkami, w tym głównie zależnymi od czasu. Program zapewnia ciągłą aktualność informacji, a uformowanie ich w formie bloku przyspiesza transmisję.

Magazynowanie danych telemetrycznych w jednolitym obszarze rejestrów ma decydujący wpływ na efektywność wymiany danych z serwerem komunikacyjnym, który udostępnia dane właściwemu programowi wizualizacyjnemu w centrum dyspozytorskim. Bloki przechowujące zarejestrowane wartości analogowe (np. poziomów wody) poprzedza komórka zawierająca godzinę i dzień miesiąca ostatniej rejestracji. Umożliwia to obliczenie miejsca dla lokalizacji nowych danych np. po dłuższej przerwie w zasilaniu sterownika. Ze względu na ograniczoną pamięć zastosowanego urządzenia akwizycja danych może obejmować okres do 96 godzin. Brak transferu danych ze sterownika do centrum dyspozytorskiego w okresie dłuższym niż czas pełnej rejestracji powoduje utratę części danych.

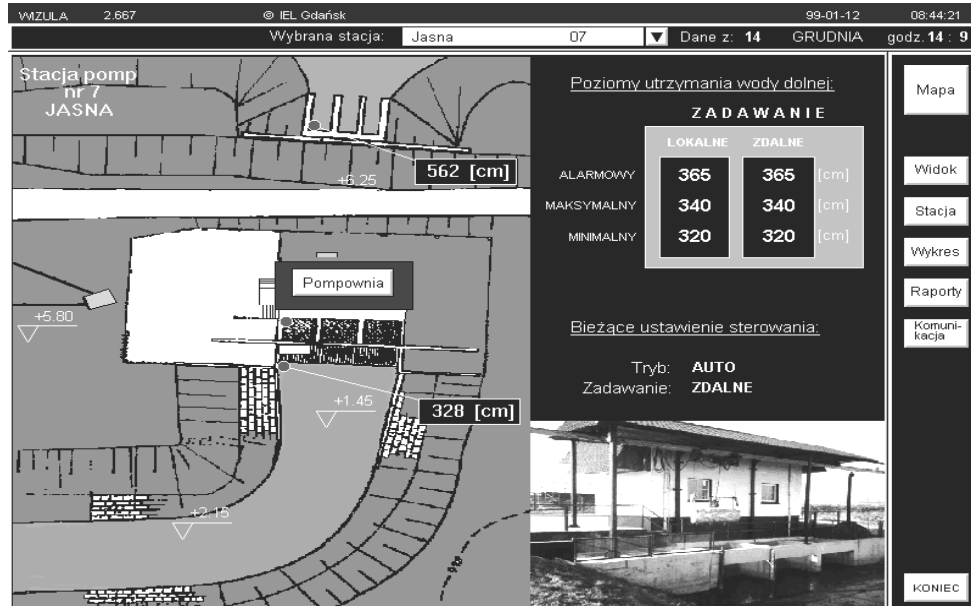
## 4. CENTRUM DYSPOZYTORSKIE

---

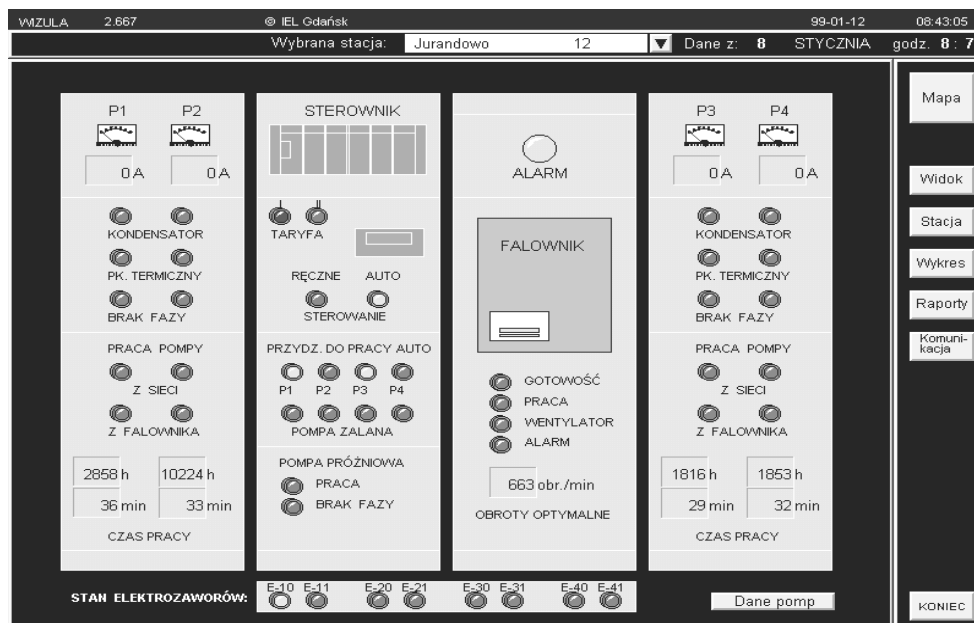
Centrum dyspozytorskie zbudowano w oparciu o komputer typu PC (np. Pentium, 32 MB RAM, VGA, 2.1GB HDD) połączony z modułem komunikacyjnym GSM. Podstawą działania jest oprogramowanie wykorzystujące plat-

formę systemową Windows 95. Do transmisji danych pomiędzy programem wizualizacyjnym a sterownikiem PLC w stacji pomp wykorzystano serwer komunikacyjny MODBUS Scada wer. 5.00 h [7] komunikujący się w protokole RTU (Remote Terminal Unit) za pomocą modemów przewodowych i GSM. W celu zobrazowania procesów zachodzących na zautomatyzowanych obiektach wykorzystano program wizualizacyjny InTouch 7.0 produkcji firmy Wonderware [5]. W oparciu o posiadaną licencję opracowano program o roboczej nazwie WIZULA. Jest to obiektowo zorientowany interfejs graficzny umożliwiający zobrazowanie procesów technologicznych zachodzących w zautomatyzowanych przepompowniach melioracyjnych. Operator zdalnie nadzorujący proces pracy pompowni ma do dyspozycji ekrany w postaci kilku okien zawierających informacje o różnym stopniu szczegółowości, po których poruszać się może przy pomocy myszy komputerowej w sposób typowy dla aplikacji Windows.

W programie użytkowym umieszczono zestaw map i rzutów geodezyjnych obrazujących najbliższe otoczenie stacji pomp na terenie Żuław Elbląskich oraz przygotowano zestaw obiektów graficznych przedstawiających podstawowe elementy wyposażenia ruchowego pompowni. Zadaniem przygotowanej wizualizacji jest przedstawienie bieżącego stanu przepompowni tzn. stanów wody w kanałach melioracyjnych, liczby i prędkości obrotowej pracujących agregatów pompowych, ich czasów pracy, itp. Na rysunku 1 uwidoczniono ekran główny wizualizacji przedstawiający mapę obsługiwanego obszaru. Z tego miejsca operator może wybrać interesujący go obiekt. Na rysunku 4 przedstawiono rzut geodezyjny stacji pomp w miejscowości JASNA wraz z bieżącymi parametrami wody w kanałach. Wartości liczbowe i tekstowe na ekranie odpowiadają parametrom wody w rejonie stacji i trybowi jej pracy w chwili dokonania transmisji danych. Aktualizacja tych informacji polega na wykonaniu transmisji i zapisaniu danych na dysk komputera. Ekran na rys.5 pokazuje elementy manewrowe w przepompowni dostępne dla miejscowego operatora – stan lampek sygnalizacyjnych rozdzielnic wraz z panelem systemu automatyki. Operator w centrum dyspozytorskim ma możliwość uruchomienia z tego ekranu lokalnej bazy danych o stacji pomp. Na rysunku 6 uwidoczniono ekran sterowania komunikacją. Z tego poziomu dyspozytor uruchamia program komunikacyjny, obserwuje przebieg transmisji oraz określa miejsce składowania danych na dysku komputera. Ma też możliwość zdalnego sterowania pracą pompowni poprzez zadanie nowych parametrów utrzymywania wody w kanale dopływowym.

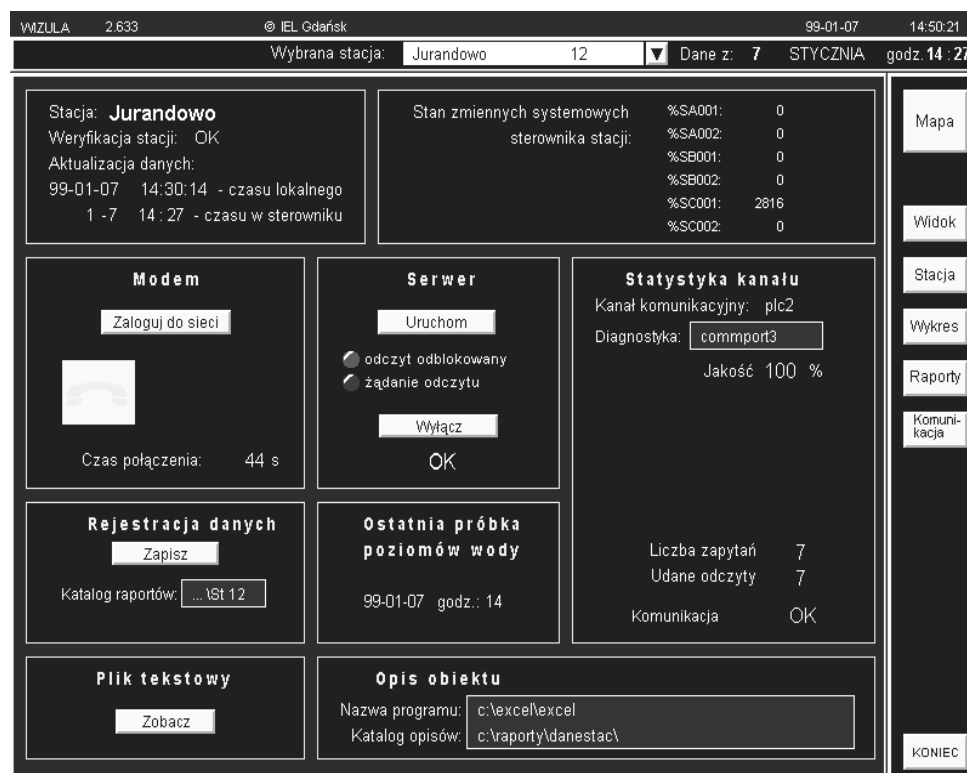


Rys. 4. Okno przedstawiające rzut geodezyjny stacji pomp w miejscowości JASNA wraz z bieżącymi parametrami wody w kanałach



Rys. 5. Widok pól rozdzielnic stacji pomp JURANDOWO





Rys. 6. Widok panelu sterującego układem transmisji danych i procedurami archiwizacji w pamięci stałej komputera

## 5. DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI SYSTEMU MONITOROWANIA POMPOWNI

Dotychczasowe doświadczenia zebrane podczas eksploatacji systemu monitorowania i sterowania potwierdzają słuszność przyjętych rozwiązań technicznych. W szczególności wybór sieci GSM jako medium transmisyjnego danych okazało się trafnym rozwiązaniem. Testowana w różnych warunkach pogodowych łączność była praktycznie niezawodna. Pomimo stosowania anten prętowych umieszczonych wewnątrz budynków nie zauważono wyraźnego pogorszenia jakości transmisji. Miesięczny koszt eksploatacji systemu złożonego z czterech urządzeń nadawczo-odbiorczych na stacjach pomp i jednego w centrum dyspozytorskim wynosi:  $25 \times 5 = 125$  zł (opłata za miesięczny abonament) oraz  $30 \times 2 \times 4 \times 0,70$  zł = 168 zł (przykładowo dla ośmiu jednonumutowych połączeń na dobę w okresie jednego miesiąca) co daje kwotę 293 zł (netto). Potwierdzono w praktyce możliwość wykorzystania komputera typu notebook (z telefonem komórkowym) do pełnienia funkcji mobilnego punktu dyspozy-

torskiego. Wykonany system monitoringu sprawdził się szczególnie w czasie zagrożeń powodziowych. Usprawnił on działania służb odpowiedzialnych za ochronę przeciwpowodziową. Aktualnie system jest rozbudowywany i wzbogacany o nowe możliwości funkcjonalne.

Opisany system monitorowania i sterowania układów energoelektronicznych może być zastosowany w wielu innych obszarach. Zakres sterowania i monitorowania zależy głównie od wymagań stawianych przez przyszłego eksploatatora. Praktyka z dotychczasowej eksploatacji wskazuje, że jest on ważnym elementem systemu ochrony przed powodzią.

Opracowany system monitoringu Żuław otrzymał nagrodę Grand Prix im Prof. Szewalskiego na Międzynarodowych Targach Gdańskich oraz Prezesa SEP w 2000 r. W kolejnych latach eksploatowany system został wyróżniony w konkursie: Mistrz Techniki 2000 organizowanym przez Gazetę Rzeczpospolita oraz przez Ministra Rolnictwa (2002 r).

## 6. STAN AKTUALNY PRAC

---

Jednym z zasadniczych zadań jakie udało się rozwiązać w trakcie trwania projektu było opracowanie systemu do monitorowania i sterowania energoelektronicznymi układami napędowymi na stacjach pomp za pomocą sieci cyfrowej GSM oraz zaprojektowanie układów do lokalnego sterowania zespołami pomp. Wykorzystanie najnowszych dostępnych technologii transmisji danych umożliwiło zbudowanie odpornego na zakłócenia i elastycznego w zastosowaniach układu do monitorowania i sterowania. Potwierdzeniem przydatności podjętych prac badawczych jest ciągły rozwój systemu. Żuławski Zarząd Melioracji finansuje dalszy rozwój ze środków własnych. Do chwili obecnej monitoringiem objęto dziesięć obiektów melioracyjnych a kolejne dwa przewidziane są do przyłączenia jeszcze do końca 2004 roku.

W związku z burzliwym rozwojem telefonii komórkowej oraz technologii internetowych prowadzone są prace nad usprawnieniem łączności i obniżeniem jej kosztów. W ramach działalności statutowej podejmowane są prace nad nowymi urządzeniami oraz oprogramowaniem, które umożliwią wykorzystanie usługi pakietowej transmisji danych GPRS do łączności ze stacjami pomp. Równolegle prowadzone są badania nad nowymi algorytmami sterowania pompownią. Oczekuje się, że implementacja algorytmów [8], [6] wykorzystujących elementy sztucznej inteligencji (sieci neuronowe, algorytmy genetyczne) pozwoli na dalsze obniżenie kosztów eksploatacji tych obiektów.

## LITERATURA

1. Bogusławski P., Łowiec E.: Sterownik logiczny jako rejestrator danych w systemie telemetrycznym, 20 Międzynarodowe Sympozjum Naukowe Studentów i Młodych Pracowników Nauki, Zielona Góra 1998.
2. Driakov D., Hellendoorn H., Reinfrank M.: Wprowadzenie do sterowania rozmytego, WNT Warszawa 1996.
3. Gollnik H., Tabero J.: Problemy użytkowania terenów depresyjnych województwa elbląskiego, materiały z konferencji p.t. Problemy odwodnień terenów depresyjnych, Jachranka 18 –19 wrzesień 1997 r.
4. GSM Module M1, User Guide, SIEMENS AG 1997.
5. Hartman M., Łowiec E. Bogusławski P. Mandrek S.: Pięć lat doświadczeń w automatyzacji przepompowni melioracyjnych na Żuławach, Problemy odwodnień terenów depresyjnych, Jachranka 18-19 września 1997 r. Materiały konferencyjne str.131-138, Wydawnictwo IMUZ 1997.
6. Łowiec E.: Model rozmyty procesu napełniania wodą kanału pompowego przepompowni melioracyjnej, XI Sympozjum MSSP, Krynica 17-21 września 2001 r., Materiały konferencyjne str.151-158.
7. Modbus Scada DDE Server, User's Manual, Standard Automation 1996.
8. Rejman Z.: Badania eksploatacyjne zespołu pompowego nr 3 na stacji pomp Stegna, Nr arch. 50/98 IMP PAN w Gdańsku.
9. Wonderware InTouch, podręcznik użytkownika, ASTOR, Kraków 1997.

*Rękopis dostarczono, dnia 14.10.2004 r.*

**Opiniował: dr inż. Stefan Wójtowicz**

MELIORATION PUMPING STATIONS  
MONITORING SYSTEM  
– THE YEARS OF EXPERIENCES

Piotr BOGUSŁAWSKI  
Eugeniusz ŁOWIEC

**ABSTRACT** *In this paper melioration pumping stations monitoring system in Elbląg Zulawy region is presented. The essential components of the monitoring system: the automatic pumping station, the data transmission set-up and the dispatch centre are described. Four years experiences of the exploitation period and direction of future development are presented.*



**Mgr inż. Piotr Bogusławski** studia wyższe ukończył roku 1994 na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej na kierunku Przetwarzanie i Użytkowanie Energii Elektrycznej. Aktualnie pracuje jako asystent w Oddziale Gdańskim Instytutu Elektrotechniki. Zajmuje się technologią i oprogramowaniem układów mikroprocesorowych oraz zastosowaniami usług telefonii komórkowej w systemach automatyki przemysłowej.

**Mgr inż. Eugeniusz Łowiec** ukończył studia w 1972 roku na Wydziale Elektroniki Politechniki Gdańskiej. Do 1988 roku pracuje w Akademii Marynarki Wojennej zajmując się automatyką okrętową i automatyką komór hiperbarycznych. Od 1988 roku jest zatrudniony w Oddziale Gdańskim Instytutu Elektrotechniki. Jego zainteresowania skupiają się na problematyce optymalizacji pracy pompowni melioracyjnych i aplikacji internetowych do monitoringu obiektów przemysłowych. Jest autorem wielu artykułów patentów i wdrożeń.

