

Mariusz TARNOWSKI*

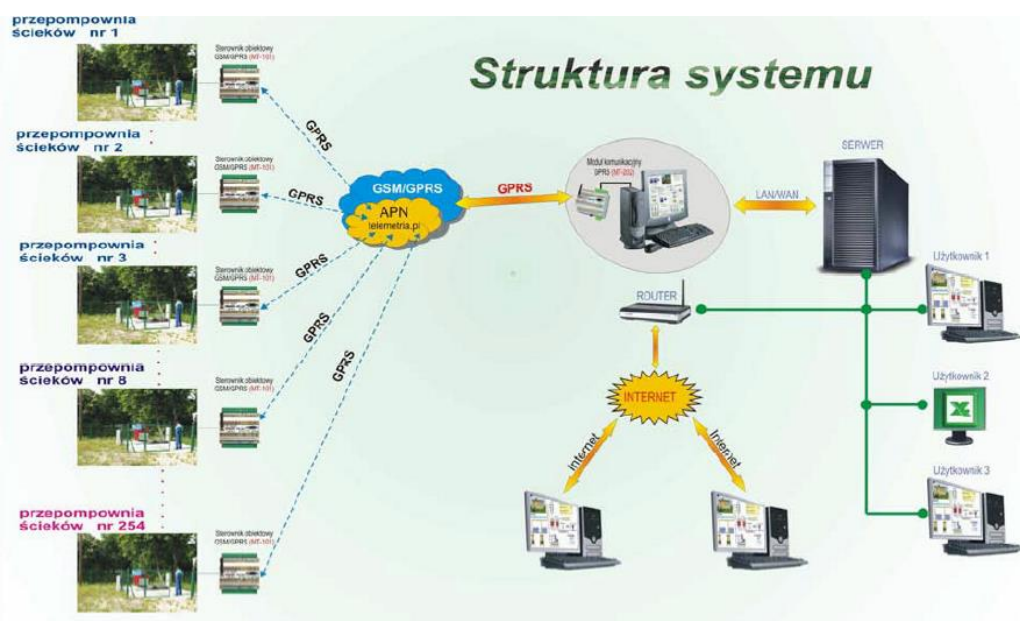
ZDALNE MONITOROWANIE I STEROWANIE PRACĄ PRZEPOMPOWNI I TŁOCZNI ŚCIEKÓW

Wpływ dynamicznego rozwoju urządzeń i usług telekomunikacyjnych na rozwiązania „od monitorowania do zdalnej, bezprzewodowej automatyki włącznie” jest faktem oczywistym. Łączność poprzez sieć telefonii komórkowej GSM, bazująca na wykorzystaniu infrastruktury operatora, jest stosowana w tego rodzaju aplikacjach od połowy lat 90-tych i historycznie bazowała głównie na komunikatach „SMS”. Przełomem było pojawienie się w ofercie operatorów telefonii komórkowej GSM możliwości wykorzystania z tzw. pakietowej transmisji danych, zwanej skrótowo „GPRS”. Pojawienie przed dekadą szeroko dostępnej usługi GPRS stworzyło przesłanki do znaczącej redukcji kosztów przesyłania dużych ilości danych i jest podstawą prezentowanego, kompleksowego rozwiązania, dedykowanego nie tylko monitorowaniu, ale także sterowaniu, z możliwością wykorzystania Internetu włącznie. Jako sprzętową podstawę rozwoju oprogramowania dla „aplikacji dedykowanej” wybrano nowoczesną i nieustannie rozwijaną rodzinę modułów telemetrycznych. Urządzenia najbardziej predysponowane do zastosowania w opisywanym segmencie aplikacyjnym, to telemetryczne moduły, które łączą w sobie cechy klasycznego sterownika PLC zintegrowanego z modemem GSM/GPRS. Urządzenia te, uzupełnione o nowoczesne oprogramowanie pełnią funkcję terenowych sterowników obiektowych. Jedną z wyróżniających cech nowoczesności jest możliwość zdalnej modyfikacji oprogramowania, co znacznie ułatwia zdalne usuwanie potencjalnych awarii, pozwala na zdalną aktualizację oprogramowania wewnętrznego, jak i aplikacyjnego modułów telemetrycznych. Dzięki możliwości zdalnego wsparcia użytkownika poprzez wykorzystanie narzędzi do zdalnego dostępu do komputerów na stacjach dyspozytorskich, szybkość reakcji serwisowej jest liczona w pojedynczych godzinach. Wykorzystanie technologii GPRS oraz Internetu gwarantuje użytkownikowi bezpieczne i bezstresowe użytkowanie oferowanego, inteligentnego systemu monitoringu obiektów rozproszonych. Wdrożenie systemu istotnie redukuje koszty eksploatacji przepompowni ścieków lub innych obiektów rozproszonych. Wbudowane w strukturę systemu dodatkowe narzędzia analizujące „w tle” ponad 100 parametrów z każdej przepompowni informują na bieżąco operatora nie tylko o standardowych awariach, ale również o innych nieprawidłowościach w pracy przepompowni, które pozornie nie są klasyfikowane, jako stany awaryjne, pomimo że w rzeczywistości wymagają interwencji serwisowej.

* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15–381 Białystok, kamerkawb@wp.pl.

1. STRUKTURA SYSTEMU MONITORINGU I JEGO GŁÓWNE SKŁADNIKI

Wyróżniające cechy użytkowe przedstawianych systemów ujawniają się zwłaszcza w czasie awarii jednej z kaskadowo pracujących przepompowni ścieków, w sytuacji konieczności wyłączenia jej z ruchu, w obliczu zagrożenia podtopieniem otoczenia tej pompowni. Oferowane rozwiązanie umożliwia zdalne „przejęcie” sterowania przepompowniami w trybie online, co może pomóc wygospodarować dodatkowy czas na usunięcie awarii. Wymienione atuty ekonomiczne potwierdzają i podkreślają, że oferowany system spełnia współczesne oczekiwania użytkowników.



Rys. 1. System sterowania i monitorowania przepompowni i tłoczni ścieków

Analizując przedstawioną powyżej strukturę systemu należy wyróżnić 2 typy obiektów:

- rozproszone w terenie obiekty typu przepompownie i tłocznie ścieków, podlegające pełnemu monitoringowi w trybie *online*. Nadzorowi podlega proces realizowany na tych obiektach. Szafki sterownicze w przepompowniach i tłoczniach ścieków są wyposażone w zaprogramowane moduły telemetryczne. W każdym z modułów telemetrycznych zainstalowana jest karta SIM posiadająca statyczny numer IP, wybrany operatora sieci komórkowej (T-Mobile, ORANGE lub POLKOMTEL).
- stację dyspozytorską wyposażoną w komputer stacjonarny z monitorem panoramicznym LCD oraz zasilaczem UPS, do którego podłączona jest bramka GPRS, z zainstalowaną kartą SIM, przekazująca dane z monitorowanych obiektów do dedy-

kowanego systemu pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego WINDOWS XP/7/8. Na komputerze zainstalowany jest inteligentny system do monitorowania i zdalnego sterowania pracą obiektów rozproszonych w trybie *online* z wykorzystaniem technologii GPRS do transmisji danych. Należy podkreślić, że opisywany system został specjalnie przystosowany do obsługi technologii GPRS [1].

Nie posiada on ograniczeń dotyczących maksymalnej liczby obiektów, które można włączyć do jego struktury. Co więcej, dynamiczny rozwój infrastruktury oraz usług oferowanych przez operatorów sieci komórkowych gwarantuje stabilny rozwój systemu opartego na opisywanej technologii. Wykorzystana w systemie metoda odbioru i przekazywania danych nie powoduje konfliktów z innymi urządzeniami wymagającymi dostępu do Internetu.

2. STRUKTURA SYSTEMU MONITORINGU I JEGO GŁÓWNE SKŁADNIKI

Wykorzystanie technologii GPRS do transmisji danych gwarantuje użytkownikowi bezpieczny i niezawodny kanał komunikacyjny dostępny przez 24 h, którym, za pośrednictwem infrastruktury wybranego operatora telefonii komórkowej, przesyłane są dane pomiędzy monitorowanymi przepompowniami i tłoczniami, a stacją operatorską. Podstawowa zaletą tej technologii jest niezawodność i bezpieczeństwo przesyłanych danych, brak bezpośrednich kosztów tworzenia i utrzymania własnej infrastruktury sieci, gwarancja dynamicznego rozwoju technologii bezprzewodowej transmisji danych oraz bardzo niskie koszty eksploatacji [2].

Specjalnie dedykowany dla technologii GPRS serwer komunikacyjny gwarantuje przekazywanie do systemu wizualizacji danych obiektowych wraz z pełnym „stemplem czasowym” zaistnienia zdarzenia w monitorowanej przepompowni. Oznacza to, że jakiegokolwiek większe niż standardowe dla technologii GPRS opóźnienie w przesyłaniu danych pomiędzy obiektem a stacją operatorską, nie powoduje przekłamań w systemie, gdyż każda ramka z danymi jest znakowana czasem wystąpienia zdarzenia na obiekcie, a nie czasem odebrania jej przez system [2].

Warunkiem koniecznym wykorzystania transmisji GPRS do zastosowań telemetrycznych jest posiadanie karty SIM operatora GSM mogącej logować się do APN udostępniającego statyczną adresację IP. Wymóg ten podyktowany jest koniecznością zapewnienia jednoznaczności adresowania i identyfikowania użytkowników sieci transmisji danych.

3. OPROGRAMOWANIE APLIKACYJNE MODUŁÓW TELEMETRYCZNYCH W PRZEPOMPOWANIACH ŚCIEKÓW

Oprogramowanie aplikacyjne modułów telemetrycznych, zainstalowanych w monitorowanych przepompowniach ścieków, realizuje złożony algorytm sterowania pracą przepompowni ścieków oraz przekazywania danych w trybie zdarzeniowym do stacji dyspozytorskiej [3].

Dodatkowo, dzięki dwukierunkowej wymianie danych, użytkownik uzyskuje możliwość zdalnego oddziaływania na obiekt, tj. uruchamiania pompy lub pomp, testowania i załączania agregatu (jeżeli przepompownia jest w takowy wyposażona), dezaktywacji pomp lub czujników pływakowych, włączania sygnalizacji alarmowej lub jej dezaktywacji, itp. Wystąpienie w obiekcie dowolnego ze zdefiniowanych w rejestrach sterownika zdarzenia powoduje przesłanie informacji o aktualnym statusie całego obiektu (przepompowni i tłoczni) do stacji operatorskiej [3].

Oprogramowanie modułów telemetrycznych w pełni realizuje tryb zdarzeniowy zarówno dla wartości binarnych (dwustanowych), jak i analogowych. Zaimplementowane w oprogramowaniu modułu procedury gwarantują wierne odtworzenie w systemie krzywej zmian poziomu ścieków w zbiorniku lub prądu pobieranego przez pompy. Całość realizowana jest zgodnie z zasadami teorii sygnałów, co gwarantuje już wspomniane wierne odtworzenie kształtu krzywych, a zatem rzetelną analizę w systemie danych bieżących i archiwalnych. Wszystkie dane zapamiętane są w pamięci sterownika w sposób nieulotny, tzn. zanik zasilania nie powoduje ich utraty [1].

W przypadku chwilowego braku usługi GPRS oprogramowanie wewnętrzne modułu telemetrycznego buforuje w rejestrach zdarzenia, które zaistniały w monitorowanym urządzeniu. Pojemność rejestratora pozwala zbuforować zdarzenia do 2 godzin przy średniej dynamice obiektu. Przywrócenie przez operatora usługi GPRS powoduje automatyczne wysłanie do stacji operatorskiej wszystkich zbuforowanych i niewysłanych ramek zdarzeniowych oraz przejście modułu do pracy w trybie *online*. Takie rozwiązanie gwarantuje użytkownikowi zachowanie ciągłości danych.

Każda szafa sterownicza wyposażona jest w dedykowany moduł UPS zapewniający, w przypadku zaniku zasilania podstawowego, podtrzymanie zasilania modułu przez okres ok. 5 h. Możliwe jest wydłużenie czasu podtrzymania przez zastosowanie akumulatora o większej pojemności, co gwarantuje podtrzymanie zasilania przez okres do 24 h. Kolejną korzyścią wynikającą z zastosowania specjalizowanego modułu UPS jest ochrona akumulatora przed całkowitym rozładowaniem oraz zapewnienie napięcia zasilającego na odpowiednim poziomie przez cały czas pracy z akumulatora. Taki poziom napięcia gwarantuje prawidłowy odczyt wartości poziomu ścieków oraz prądu pomp podczas braku zasilania podstawowego. Zatem zanik zasilania podstawowego nie przerywa procesu monitorowania. Do systemu monitorowania na bieżąco

są przekazywane informacje o poziomie ścieków oraz wszelkich włamaniach, przekroczeniach poziomów, itd.

Poniżej przedstawiono podstawowe funkcje realizowane przez oprogramowanie sterujące pracą przepompowni zapisane w pamięci FLASH modułu telemetrycznego:

- naprzemienna praca pomp,
- pomiar poziomu ścieków w komorze na podstawie sygnału z sondy hydrostatycznej lub ultradźwiękowej,
- pomiar natężenia prądu pobieranego przez pompy,
- pełna transmisja zdarzeniowa zarówno dla sygnałów binarnych na wejściach sterownika, jak i analogowych,
- częstotliwość generowania zdarzeń od zmian sygnałów poziomu lub prądu, zależna od dynamiki zmian wielkości mierzonych, gwarantująca wierne odtworzenie przebiegu mierzonych wielkości przy zmiennej dynamice procesu,
- załączanie pomp na podstawie analizy wartości poziomu odczytanego z sondy hydrostatycznej,
- prawidłowa realizacja algorytmu sterowania pracą pomp po długim zaniku zasilania podstawowego,
- w przypadku pracy 2 pomp jednocześnie, załączanie i wyłączenie drugiej pompy następuje z przesunięciem 5 lub 10 sekund,
- automatyczne załączanie drugiej pompy jako wspomagającej (gdy jedna już pracuje) w przypadku dopływu ścieków > wydajności jednej pompy. 2 warunki załączenia drugiej pompy, tj. przekroczenie poziomu ALARM lub brak obniżenia się poziomu ścieków poniżej wartości MIN po upływie zadanego czasu, liczonego o momentu załączenia pierwszej pompy,
- automatyczne przełączenie na drugą pompę w przypadku wystąpienia awarii pompy aktualnie załączonej,
- informowanie o awarii sondy hydrostatycznej z automatycznym przełączeniem na pracę w oparciu o sygnał z czujników pływakowych,
- w przypadku awarii czujników pływakowych, możliwość zdalnego (z poziomu stacji dyspozytorskiej) ich odłączenia od wejść sterownika,
- możliwość zoptymalizowania zużycia energii poprzez zdefiniowanie dwóch poziomów MIN oraz MAX dla różnych taryf energetycznych i wykorzystania retencji zbiornika,
- przełączenie na drugą pompę po upływie zadanego czasu (np. 20 minut), w przypadku gdy dopływ równoważy wydajność pompy - wyrównywanie czasu pracy pomp,
- automatyczne załączenie pompy pomimo nieosiągnięcia poziomu MAX po zadanym okresie czasu (typowo ok. 3 h), w celu uniknięcia zjawiska zagniwania ścieków w komorze,
- cykliczne (np. co 9 cykli) załączanie 2 pomp jednocześnie (z zachowaniem 5 lub 10 sekundowego przesunięcia) w celu zwiększenia ciśnienia w rurociągu tłocznym i usunięcia z jego ścianek osadów,

- możliwość odpompowania ścieków do tzw. sucho biegu roboczego, jak zadana ilość cykli pracy pomp,
- możliwość blokowania jednoczesnej pracy 2 pomp, np. gdy przydzielona przez zakład energetyczny moc jest zbyt mała,
- programowany czas działania sygnalizacji akustyczno-wizualnej (typowo 3 minuty),
- możliwość wyboru trybu działania sygnalizacji akustyczno-wizualnej w zależności od rodzaju urządzenia, tj. sygnał ciągły lub przerywany w stosunku 2/3,
- możliwość zdalnego (GPRS) lub lokalnego programowania poziomów SUCH, MIN, MAX, ALARM,
- możliwość programowego wyboru, które stany awaryjne wymagają potwierdzenia zwrotnego do sterownika przez operatora systemu wizualizacji,
- możliwość programowego negocowania stanów logicznych na wejściach sterownika,
- możliwość programowego definiowania rodzaju zbocza dla sygnałów binarnych na wejściach sterownika,
- możliwość programowego określania, które sygnały wejściowe mają generować zdarzenia do systemu wizualizacji,
- generowanie danych do systemu wizualizacji w trybie zdarzeniowym (zarówno od wejść binarnych, jak i analogowych), a w przypadku braku zdarzeń (np. brak dopływu ścieków) w trybie cyklicznym czasowym,
- możliwość łączenia z wprowadzonymi do pamięci sterownika numerami telefonów komórkowych, w przypadku braku reakcji ze strony operatora systemu na zaistniały na obiekcie stan alarmowy
- możliwość programowego definiowania, które stany logiczne mają przyznany status awarii krytycznej,
- możliwość aktywowania funkcji łączenia ze wskazanymi numerami telefonów komórkowych w przypadku braku potwierdzenia przez operatora systemu (w ciągu np. 10 minut) przychodzącej z obiektu informacji o zaistnieniu krytycznej sytuacji alarmowej,
- możliwość generowania (w przypadku krytycznym braku usługi GPRS) komunikatu SMS informującego operatora o sytuacji awaryjnej w monitorowanych przepompowniach,
- funkcja trybu burzowego ograniczającego maksymalny czas pracy pomp z możliwością ustalenia przerwy pomiędzy kolejnymi cyklami załączeń [1].

4. SYNCHORNIZACJA CZASU W MODUŁACH TELEMETRYCZNYCH W PRZEPOMPOWNIACH ŚCIEKÓW

Każdy moduł telemetryczny posiada własny zegar czasu rzeczywistego (RTC). W celu zapewnienia dokładnej synchronizacji czasu w modułach systemu, serwer komunikacyjny systemu codziennie synchronizuje czas we wszystkich modułach we włączonych do systemu przepompowniach ścieków. Zapobiega to problemom z przedstawieniem czasu podczas zmiany z czasu letniego na zimowy i odwrotnie. Jako wzorzec czasu traktowany jest czas systemowy komputera tworzącego stację operatorską.

Podłączenie komputera do Internetu zapewnia utrzymanie dokładnego wskazania czasu z uwagi na proces synchronizacji z wzorcem zewnętrznym realizowany cyklicznie przez system operacyjny WINDOWS XP/7/8.

5. ARCHIWIZACJA DANYCH W SYSTEMIE MONITORINGU

Funkcjonalność modułów telemetrycznych pozwala na czasowe buforowanie danych w rejestrach modułu, w przypadku chwilowego zaniku usługi GPRS. Średni czas buforowania wynosi 2 h.

Dane przekazywane do systemu monitorowania przez moduły telemetryczne są, po przetworzeniu przez serwer komunikacyjny, zapisywane w kontenerze baz danych, w bazie danych SQL, na dysku twardym komputera tworzącego stację operatorską. Program do wizualizacji pracy przepompowni na bieżąco śledzi zmiany w bazie danych i odpowiednio interpretuje je wizualnie w aplikacji do wizualizacji.

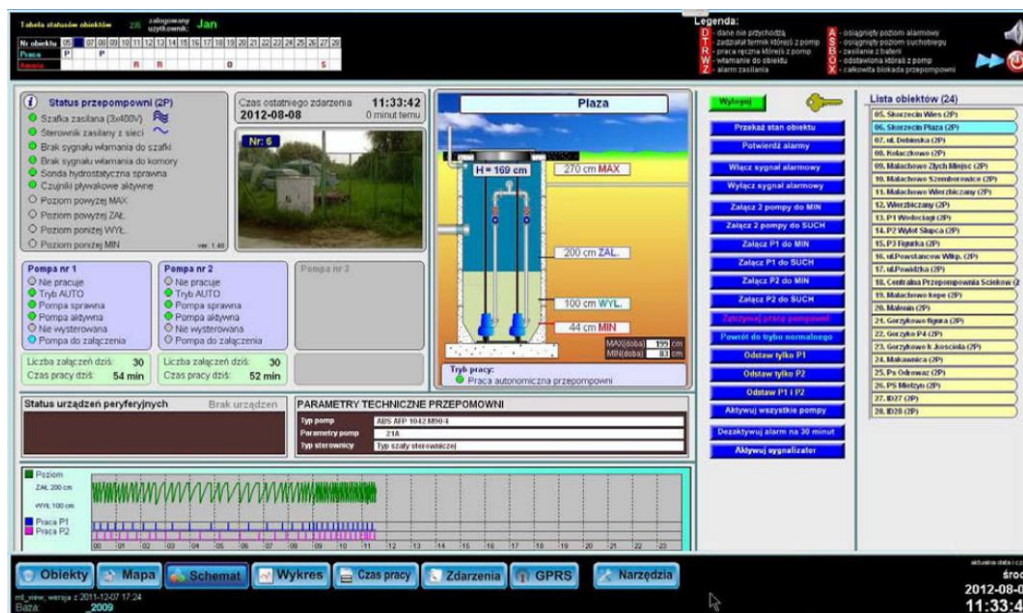
Generalnie do bazy danych na stacji operatorskiej zapisywane są wszystkie informacje przekazywane przez moduły telemetryczne oraz wszystkie operacje wykonane w systemie przez operatora. Oprogramowanie aplikacyjne modułów telemetrycznych przekazuje z każdej przepompowni do systemu prawie 30 informacji. Są to zarówno informacje podstawowe o załączeniu oraz awarii pomp, zaniku zasilania, włamaniu do obiektu, położeniu przełącznika trybu pracy, pracy z UPS-a, jak i zaawansowane informujące o specjalnych trybach pracy, np. pompownia do sucha biegu roboczego, zdalne zatrzymanie pracy pomp, itp. Oprogramowanie modułu sprawdza także sprawność sondy, bezpieczniki w obwodach sterowania stycznikami, uszkodzenia styków stycznika oraz wiele innych.

Każdego dnia uruchamiany jest automatycznie program do archiwizacji, na nośniku zewnętrznym, np. pamięci FLASH, danych zapisanych w bazie MySQL, itp.

6. SYSTEM WIZUALIZACJI PRACY PRZEPOMPOWNI ŚCIEKÓW

Funkcjonalność modułów telemetrycznych pozwala na czasowe buforowanie danych w rejestrach modułu, w przypadku chwilowego zaniku usługi GPRS. Średni czas buforowania wynosi 2 h.

W systemie wizualizacji zdefiniowanych jest ponad 40 parametrów, które podlegają procesowi wizualizacji. Wspomniano już wcześniej, iż oprogramowanie do wizualizacji na bieżąco „śledzi” zmiany zachodzące w bazie danych i przedstawia aktualny status obiektu.



Rys. 2. Wizualizacja pracy przepompowni ścieków

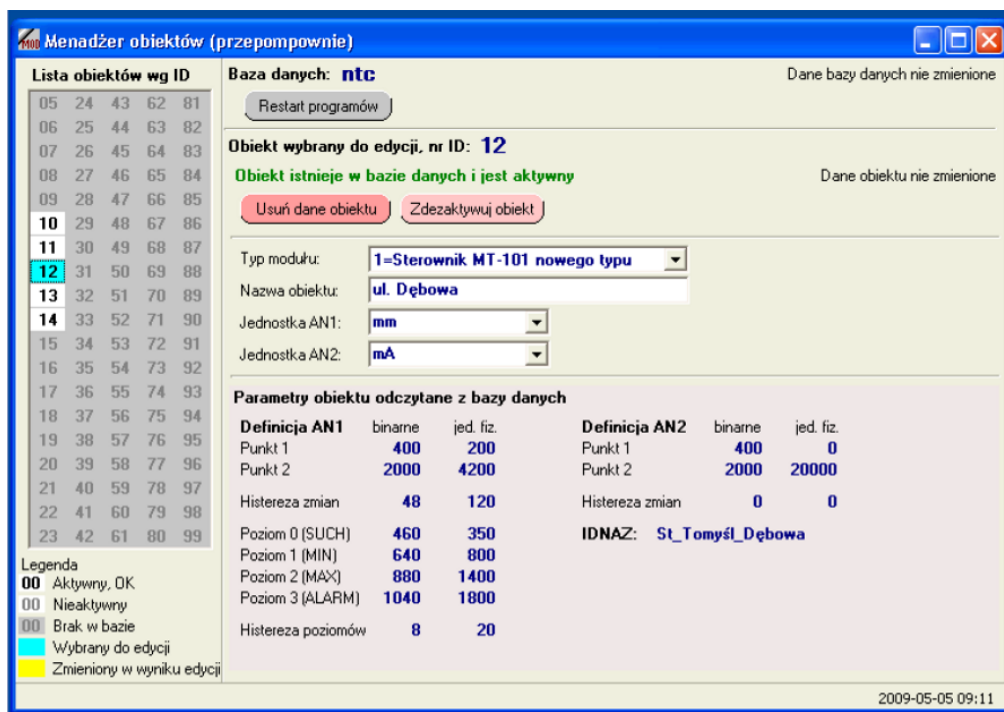
Nad zdjęciem obiektu w specjalnej ramce widoczna jest rzeczywista data i czas ostatniego zdarzenia zarejestrowanego dla aktualnie wyświetlanej przepompowni. Należy podkreślić, że prezentowany czas jest rzeczywistym czasem zaistnienia zdarzenia w przepompowni, a nie zapisu w bazie danych.

Zatem informacje zebrane w bazie i podlegające analizie w systemie oferują użytkownikowi funkcjonalność tzw. „czarnej skrzynki”, a więc pozwalają na pełną analizę procesu w obiekcie oraz działań podjętych przez operatora (przyjęcia informacji o zdarzeniu alarmowym, podjętych decyzjach, wykonanych rozkazach, itd.).

7. PROGRAMY NARZĘDZIOWE DLA ADMINISTRATORÓW DO ZARZĄDZANIA SYSTEMEM

Dla administratorów systemu dostępne jest ponad 10 programów narzędziowych, ułatwiających zarządzanie systemem, dokonywanie w nim zmian, zdalne zmiany parametrów na przepompowniach, rozbudowę systemu o kolejne obiekty, itp.

Do definiowania kolejnego obiektu w strukturze służy program MT_Admin.



Rys. 3. Definiowanie nowego obiektu w systemie

Struktura systemu pozwala na bezproblemowe włączanie do jego struktury kolejnych obiektów (np. przepompowni, tłoczni).

8. WNIOSKI

Wprowadzenie systemów umożliwiających monitorowanie i zdalne sterowanie przepompowniami i tłoczniami ścieków w dużym stopniu niweluje konieczność ingerencji bezpośredniej pracowników w urządzenia, skraca czas reakcji na awarie, umożli-

liwia stwierdzenie rodzaju awarii i nieprawidłowości występujących w danym obiekcie. Umożliwia lokalizację wystąpienia zakłóceń pracy w terenie. Możliwości wynikające z dwukierunkowej komunikacji z obiektami umożliwia zoptymalizowanie pracy samych urządzeń oraz poprawia pracę układu sieci kanalizacyjnego. Pełna archiwizacja prac pompowni i tłoczni ścieków umożliwia pełną analizę wyników, zoptymalizowania pracy układów kanalizacji ciśnieniowej i grawitacyjnej. Wprowadzenie takich rozwiązań jest dużym krokiem ułatwiającym pracę i zarządzanie obiektami kanalizacyjnymi.

LITERATURA

- [1] GORZELANIA A., *Tłocznie ścieków efektywny i bezpieczny transport ścieków*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2014.
- [2] ŁOMOTOWSKI J., *Kanalizacja ciśnieniowa – kierunki zmian w stosowanych rozwiązaniach*, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach PWN, Poznań 2014.
- [3] WEISMANN D., *Komunalne przepompownie ścieków*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2001.

REMOTE MONITORING AND CONTROL PUMPING STATIONS AND COMPRESSOR STATION TREATMENT

The influence of the dynamic development of telecommunications equipment and services solutions "from monitoring remote-Vanya, including wireless automation" is an obvious fact. Connectivity through GSM mobile telephone network, based on the use of the infrastructure operator is used in such applications since the mid-90s and historically was based mainly on messages "SMS". The breakthrough was the emergence of mobile operators offer GSM capabilities using the so-called, packet data, briefly called the "GPRS". The appearance an decade ago widely available GPRS service has created conditions for a significant reduction in the cost of transferring large amounts of data and is the basis of the presented comprehensive solutions, dedicated not only to monitor but also control, with the ability to use the Internet, inclusive. As a hardware basis for the development of software for "a dedicated application" is a modern and continuously developed a family of telemetry modules. Devices best suited for use in the described application segment, the telemetry modules, which combine the qualities of a classic PLC with integrated GSM / GPRS modem. These devices, complemented by modern software serve as off-road driver object. One of the distinguishing features of modernity is the ability to remotely modify OPRO-programming, which greatly facilitates remote removal of potential failure, allows you to remotely update firmware, and application of telemetry modules. With the ability to support remote user by using tools such as remote access to computers at the stations dispatching service response speed is calculated in a single hour. The use of GPRS technology and the Internet provides the user with a safe and stress-free operation offered, intelligent monitoring system of distributed objects. Implementation of the system significantly reduces the operating costs of sewage pumping stations and other facilities scattered. Built in the structure of the system, additional analysis tools in the "background" of more than 100 parameters of each pumping show current operator is not only the standard failures, but also other irregularities in the work of the pumping station, which apparently are not classified as states of emergency, although in reality require the intervention of service.