

Jacek LACH
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

MONITOROWANIE PRACY PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Streszczenie. Artykuł zawiera opis systemu monitorowania pracy przydomowej oczyszczalni ścieków. System składa się z układu bezprzewodowej transmisji danych z oczyszczalni oraz oprogramowania pracującego w systemie komputera stacjonarnego, prezentującego aktualny stan pracy oczyszczalni. Omówiono problematykę korzystania z przydomowej oczyszczalni oraz możliwe dalsze prace, dotyczące utworzonego rozwiązania.

Słowa kluczowe: monitorowanie pracy urządzeń, przydomowa oczyszczalnia ścieków

MONITORING OF OPERATION OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT

Summary. This article describes a system for monitoring operation of domestic wastewater treatment plant. The system consists of wireless subsystem of data transmission from the plant and the software for acquiring and presentation of data. The description of problems connected with usage of the plant was also included as well as further work that can extend existing solution.

Keywords: device operation monitoring, domestic wastewater treatment plant

1. Wprowadzenie

Do niedawna jedynym rozwiązaniem problemu zagospodarowania ścieków bytowych na terenach nieskanalizowanych była budowa przydomowego zbiornika bezodpływowego (tzw. szamba). Rozwiązanie to jednak jest zarówno uciążliwe, jak i kosztowne ze względu na konieczność okresowego opróżniania zbiornika. Rozwiązanie takie jest również kłopotliwe

ze względu na konieczność usytuowania zbiornika w miejscu dostępnym dla wozu asenizacyjnego. Od kilkunastu lat coraz popularniejsza staje się również budowa przydomowych oczyszczalni ścieków. Pomimo, że w roku 2009 odnotowano 19% wzrost liczby przydomowych oczyszczalni ścieków, to nadal zbiorniki bezodpływowe stanowią większość – 62 tysiące oczyszczalni przydomowych w porównaniu do 2 433 tysięcy zbiorników bezodpływowych [1]. Opracowano kilka podstawowych rozwiązań, dotyczących budowy przydomowych oczyszczalni ścieków [2]. Do podstawowych rodzajów można zaliczyć:

- oczyszczalnie z drenażem rozsączającym,
- oczyszczalnie z filtrem piaskowym,
- oczyszczalnie gruntowo-roślinne,
- oczyszczalnie ze złożem biologicznym,
- oczyszczalnie z osadem czynnym.

Każdy z wymienionych rodzajów przydomowej oczyszczalni ma swoje zalety i wady, jak również wymagania gruntowe warunkujące możliwość zainstalowania określonego typu oczyszczalni.

Oczyszczalnie z osadem czynnym są to oczyszczalnie, które cechuje wysoki stopień usunięcia zanieczyszczeń zawartych w ściekach oraz niewielka, wymagana powierzchnia zabudowy. Do wad tego rodzaju oczyszczalni należy wrażliwość na nierównomierność dopływu ścieków, jak i wrażliwość na okresowe braki zasilania – złożę czynne w tego rodzaju oczyszczalni musi być intensywnie napowietrzane, co zapewnia się poprzez ciągłą pracę pompy napowietrzającej. Przy korzystaniu z tego rodzaju oczyszczalni, zgodnie z zaleceniami producenta, każdego dnia należy dokonywać wizualnej kontroli sprawności funkcjonowania oczyszczalni. Działanie takie jest uciążliwe i celowe byłoby zautomatyzowanie tego procesu przynajmniej w podstawowym zakresie. Podczas działania oczyszczalni mogą się również pojawić inne trudności związane z jej pracą.

Przykładem oczyszczalni z osadem czynnym może być oczyszczalnia TOPAS firmy TopolWater. Oczyszczalnia taka składa się z czterech zbiorników: zbiornika akumulacyjnego, zbiornika aktywacyjnego, osadnika wtórnego oraz zbiornika nadmiernego osadu. Najdokuczliwszymi usterkami pojawiającymi się podczas pracy oczyszczalni okazały się problemy wynikające z jej codziennego użytkowania i błędu konstrukcyjnego. Problem wynikający z codziennego użytkowania to problem zatykającej się pompy mamutowej przepompowującej ścieki ze zbiornika ścieków surowych (akumulacyjnego) do zbiornika aktywacyjnego. Zatkanie tej pompy najczęściej jest spowodowane nagromadzeniem się nierozpuszczalnych składników ścieków bytowych (takich jak na przykład włosy). Efektem zatkania pompy jest podniesienie się poziomu ścieków surowych oraz, po przekroczeniu poziomu alarmowego, zadziałanie alarmu dźwiękowego uruchamianego przez zadziałanie przełącznika pływakowego.

wego. W praktyce alarm ten w otwartej przestrzeni jest słabo słyszalny. Wymagana jest również fizyczna obecność w pobliżu oczyszczalni w celu usłyszenia sygnału alarmowego. Drugim problemem związanym z użytkowaniem oczyszczalni jest błąd w jej budowie. W zbiorniku ścieków surowych jest umieszczony przełącznik pływakowy, którego zadaniem jest przełączanie fazy pracy oczyszczalni z przepływowej na akumulacyjną w zależności od poziomu ścieków surowych. W tym samym zbiorniku znajdują się również elementy rozporowe, mające na celu zapobiegnięcie zgnieceniu zbiornika przez napór otaczającego gruntu, gdy zbiornik nie jest wypełniony. Z powodu zbyt niskiego montażu przełącznika pływakowego jest możliwe zawieszenie się przełącznika pływakowego na elemencie rozporowym, czego efektem jest praca ciągła w fazie przepływowej. Dla poprawnej pracy oczyszczalni jest wymagana czterokrotna zmiana fazy jej pracy w ciągu doby. Zawieszenie się pływaka uniemożliwia poprawną pracę oczyszczalni.

Oba opisane przypadki skłaniają do rozbudowy układu sterowania oczyszczalni o element, umożliwiający zdalne monitorowanie aktualnej fazy pracy. Dodatkowym powodem uzasadniającym taką rozbudowę jest konieczność w miarę szybkiej reakcji użytkownika na zaistniały problem. Brak reakcji użytkownika na zatkanie pompy spowoduje zadziałanie przelewu awaryjnego, a w efekcie odpływ surowych ścieków do odbiornika. Ciągła praca w fazie przepływu nie umożliwi odprowadzenia nadmiaru osadu ze zbiornika aktywacyjnego i może doprowadzić do obumarcia złoża. Zaproponowane rozwiązanie, którego szczegóły zostały zaprezentowane w rozdziale 2, umożliwia przekazanie bezprzewodowo informacji o aktualnej fazie pracy, co dodatkowo skutkuje możliwością obserwowania ciągłości pracy oczyszczalni w dłuższych okresach czasu, w tym możliwość monitorowania czy zachodzi wymagana, dobowo zmienność faz pracy oczyszczalni. Rozdział 3 zawiera informacje, dotyczące fizycznej realizacji układu monitorującego oraz przykładowe wyniki a rozdział 4 podsumowanie oraz możliwe kierunki dalszych prac, związane z rozbudową funkcjonalności zaproponowanego rozwiązania.

2. Układ monitorowania

Układ monitorowania pracy przydomowej oczyszczalni ścieków składa się z dwóch części: części sprzętowej oraz części programowej. Układ sprzętowy odpowiada za przekazanie informacji z oczyszczalni znajdującej się na zewnątrz budynku mieszkalnego do komputera pracującego wewnątrz budynku. Dane są przekazywane do komputera za pomocą standardowego interfejsu RS-232. Program monitorujący odczytuje dane, dokonuje ich filtracji oraz generuje raporty z pracy oczyszczalni w postaci strony WWW udostępnianej na serwerze.

2.1. Przekazywanie informacji z oczyszczalni

Przekazywanie informacji o aktualnej fazie pracy oczyszczalni jest dokonywane bezprzewodowo. Bez wątplenia jest to rozwiązanie wygodniejsze od przekazywania informacji za pomocą połączenia kablowego, a jednocześnie nie wymaga żadnych prac ziemnych przy instalacji układu w uruchomionej wcześniej oczyszczalni. Wewnątrz oczyszczalni został umieszczony układ nadajnika informacji, natomiast odbiornik znajduje się wewnątrz budynku mieszkalnego. Jako źródło informacji o aktualnej fazie pracy oczyszczalni wykorzystano wyjście z układu sterującego przeznaczonego dla elektrozaworu trójdrogowego, odpowiadającego za kierowanie przepływem powietrza w układzie. Zasilanie nadajnika jest pobierane z układu sterującego oczyszczalni. W związku z tym, że występują dwie fazy pracy, można potraktować tę informację jako binarną. Przez większość czasu oczyszczalnia pracuje w fazie przepływowej i układ nadajnika pozostaje nieaktywny. W fazie akumulacji następuje uaktywnienie nadajnika i nadawanie sygnału aktywności. Rozważano również możliwość zastosowania komunikacji dwukierunkowej, co umożliwiłoby odpytanie o aktualną fazę pracy oczyszczalni, jak również przesyłanie informacji zarówno w fazie przepływu, jak i akumulacji, jednak prowadziłyby to do niepotrzebnego skomplikowania układu. Po odfiltrowaniu danych programowo uaktywniany jest alarm, w przypadku gdy jest wykryta nieprawidłowość w pracy oczyszczalni – zbyt długi okres nieaktywności nadajnika (niezależnie od przyczyny: awaria nadajnika, zatkanie pompy) jest traktowany jako wystąpienie sytuacji awaryjnej i wymaga interwencji użytkownika.

Do budowy nadajnika wykorzystano moduł fabrycznie zestrojonego nadajnika na pasmo 433MHz TX433N firmy Velleman[4], w połączeniu z enkoderem adresu HT12E. Transmisja sygnału jest realizowana w paśmie nielicencjonowanym 433MHz, z tej samej częstotliwości korzysta wiele urządzeń domowego użytku (np. słuchawki bezprzewodowe). Aby zminimalizować interferencję w wykorzystanym paśmie częstotliwości, transmisja sygnału aktywności jest realizowana w określonych przedziałach czasowych. Do zrealizowania budowy układu czasowego wykorzystano timer NE555[3] w układzie generatora astabilnego o okresie 60 sekund, generującego impuls o czasie trwania rzędu 3 sekund.

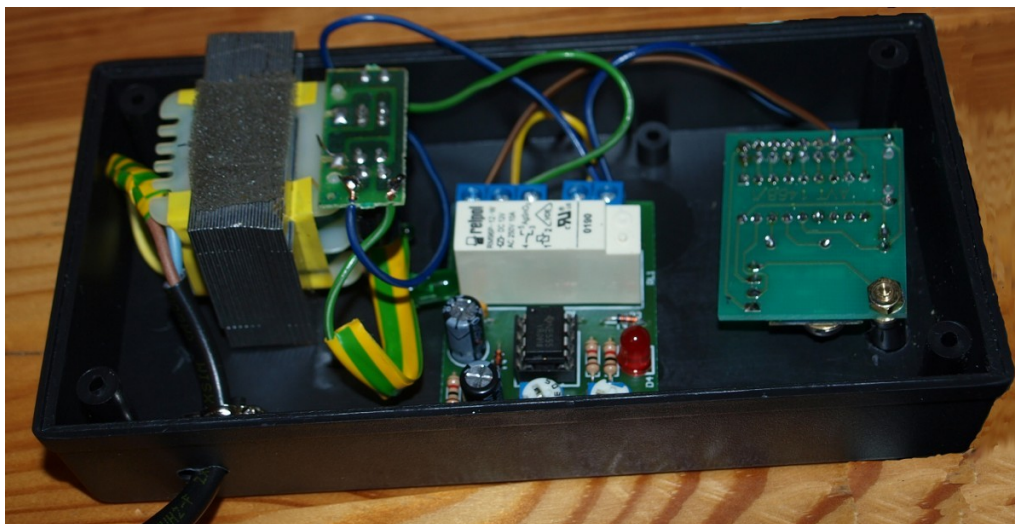
Odbiornik został zbudowany przy wykorzystaniu komplementarnego układu odbiornika RX433N oraz układu dekodera HT12D[5]. Gdy adres nadawany z nadajnika zgadza się z adresem ustawionym w odbiorniku, jest aktywowane wyjście układu VT, które steruje linią RI interfejsu RS-232. Sterowanie jest realizowane za pomocą transoptora CNY17, co uniezależnia działanie odbiornika od poziomu napięć wykorzystywanego na wyjściach interfejsu RS-232 (możliwa jest współpraca zarówno ze standardowym interfejsem, jak również z konwerterami RS-232 na USB).

2.2. Przetwarzanie danych i prezentacja wyników

Odczyt danych z portu szeregowego dotyczących fazy pracy oczyszczalni jest wyzwalany zmianą stanu sygnału RI. Dane są zapisywane do rejestru zdarzeń bez modyfikacji. Przekazanie danych do użytkownika jest poprzedzone etapem filtrowania, podczas którego następuje analiza aktywności nadajnika i scalenie odczytów zarejestrowanych w postaci impulsów do pojedynczej zmiany fazy pracy oczyszczalni. Okres analizy próbek został ustalony na 5 minut. Umożliwia to poprawną pracę, w przypadku gdy pojedynczy impuls zostanie zagubiony, jest to jednocześnie wystarczający długi okres, aby poprawnie zinterpretować zmiany stanu. Ze względu na specyfikę pracy oczyszczalni częstsze zmiany fazy pracy oczyszczalni nie są możliwe – o ile jest możliwy zwiększony dopływ ścieków do oczyszczalni, o tyle wydajność pompy mamutowej jest na tyle niska, że nie są możliwe w praktyce nagłe, duże wahania poziomu ścieków surowych w zbiorniku akumulacyjnym. Dane dotyczące pracy oczyszczalni są prezentowane w postaci wykresu na stronie WWW.

3. Działanie układu monitorującego

Układ monitorujący przedstawiony w rozdziale 2 został fizycznie zbudowany i zainstalowany w przydomowej oczyszczalni ścieków. Zmontowany układ nadajnika został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Zmontowany układ nadajnika

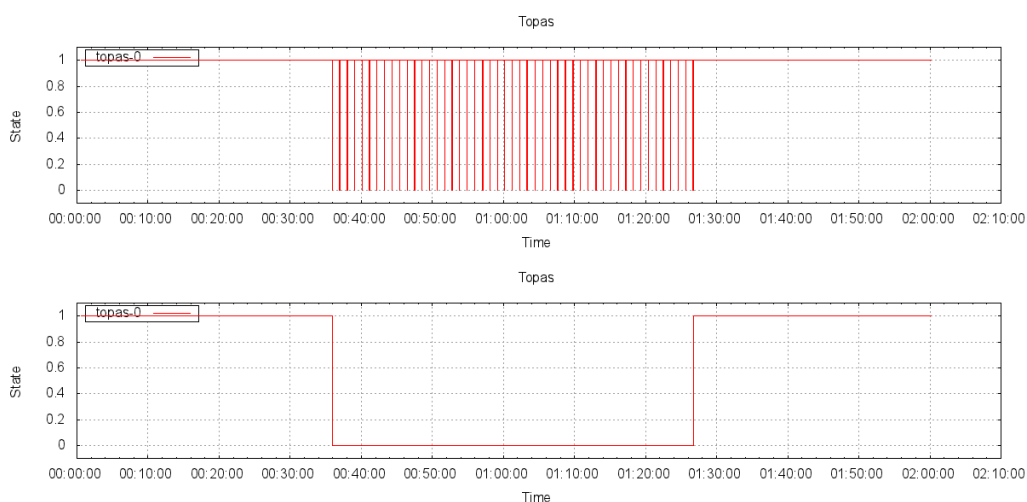
Fig. 1. Assembled transmitter unit

Rysunek 2 przedstawia układ nadajnika zainstalowany w komorze sterującej oczyszczalni.



Rys. 2. Układ nadajnika w komorze sterującej
Fig. 2. Transmitting unit in control chamber

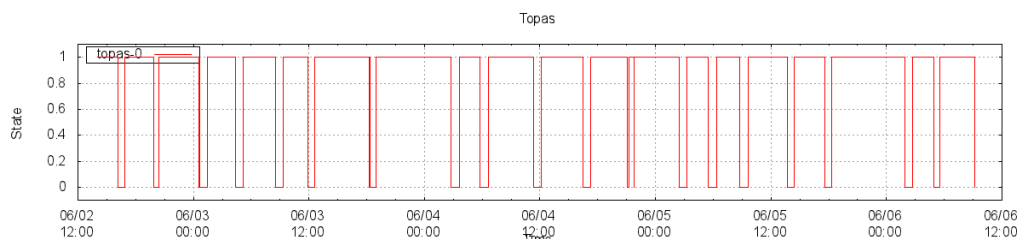
Podczas uruchamiania układu okazało się, że układ odbiornika jest dość wrażliwy na jakość napięcia zasilającego. Konieczne jest dobre filtrowanie napięcia zasilającego w celu poprawnej pracy układu.



Rys. 3. Wizualizacja danych surowych i danych po filtrowaniu
Fig. 3. Visualization of raw and filtered data

Wizualizacja przykładowego fragmentu danych dotyczących pracy oczyszczalni bez filtrowania i po filtrowaniu danych została zamieszczona na rysunku 3. Wykres obejmuje krótki, 2-godzinny okres czasu w celu uwidocznienia wąskich impulsów aktywności nadajnika. Stan „0” na wykresie reprezentuje fazę akumulacyjną pracy oczyszczalni, natomiast stan 1 – fazę przepływu. Wartości na osi X reprezentują czas w godzinach. O godzinie 0:36

rozpoczęła się faza akumulacyjna, co jest widoczne w postaci ciągu impulsów „0” trwających do godziny 1:27. Użytkownik, po przefiltrowaniu danych, otrzymuje informację o ciągłej pracy oczyszczalni w fazie akumulacyjnej, co odpowiada rzeczywistemu działaniu.



Rys. 4. Wizualizacja faz pracy oczyszczalni ścieków

Fig. 4. Visualization of wastewater treatment pool work phases

Rysunek 4 przedstawia wykres danych z kilkudniowego okresu pracy oczyszczalni. Okres ten obejmuje 4 dni, w czasie których można zaobserwować poprawną pracę oczyszczalni. Charakterystyczne jest wydłużenie czasu trwania fazy przepływu w godzinach wieczornych (w szczególności 4.06 oraz 6.06), co jest spowodowane typową aktywnością wieczorną domowników, powodującą zwiększony dopływ ścieków w tym okresie. Sprawdzenie braku aktywności układu nadajnika może być wykonane w każdej chwili przez użytkownika poprzez obserwację wykresu na bieżąco aktualizowanego. Brak sygnału w czasie 24 godzin jest również wykrywany automatycznie i jest sygnalizowany użytkownikowi, poprzez wiadomość pocztową, jako sytuacja awaryjna.

4. Podsumowanie

W artykule zostało przedstawione rozwiązanie, umożliwiające monitorowanie pracy przydomowej oczyszczalni ścieków. Zaproponowany system rozwiązuje problem uciążliwości codziennej wizualnej kontroli poprawności pracy takiej oczyszczalni. Kontroli tej, jak okazało się w codziennej praktyce, nie można wyeliminować ze względu na problem zatykania się pompy umieszczonej w zbiorniku ścieków surowych. Umożliwienie zdalnego śledzenia pracy oczyszczalni oraz alarmowanie o wykryciu sytuacji wyjątkowej ułatwiło korzystanie z oczyszczalni w zakresie najczęściej wykonywanych czynności obsługowych. Dodatkowo, prezentacja danych w postaci wykresu z kilkudniowego okresu pracy oczyszczalni umożliwia również kontrolę jej działania pod kątem zmienności faz pracy, co bez takiego rozwiązania byłoby trudne do zarejestrowania w praktyce. Pomimo, że zrealizowane rozwiązanie jest wygodne i spełnia założenia, to możliwym rozszerzeniem jest dodanie samodzielnego modułu monitorującego (niewymagającego uruchomienia komputera). Rozszerzenie takie mogłoby zostać zbudowane przy wykorzystaniu mikrokontrolera jednoukładowego, a aktualny stan

pracy, wraz z historią zmian mógłby być prezentowany na wyświetlaczu LCD, co zalewniłoby zachowanie obecnej funkcjonalności, bez ponoszenia znacznych kosztów związanych z uruchomieniem takiego rozszerzenia.

BIBLIOGRAFIA

1. Różańska B., Sobczyk M., Brasse J., Rzewuska I.: Infrastruktura komunalna w 2009 r. Główny Urząd Statystyczny, Departament Handlu i Usług, Ministerstwo Gospodarki, Departament Energetyki, Warszawa 2010.
2. Ryńska J.: Przydomowe oczyszczalnie ścieków – Poradnik. Log InMedia 2006.
3. Górski K.: Timer 555 w przykładach. Wydawnictwo BTC, Legionowo 2011.
4. Nota katalogowa TX433N. http://www.velleman.eu/downloads/7/tx433n_datasheet.pdf.
5. Nota katalogowa HT12D. http://www.holtek.com/pdf/consumer/2_12dv120.pdf.

Wpłynęło do Redakcji 7 lipca 2011 r.

Abstract

This article describes a system for monitoring the work of domestic wastewater treatment plant. According to the producer of the plant, on daily basis, user should visually control the work of the plant. In practice this is very inconvenient, but necessary, due to high probability of internal pump clogging which, if not detected in short time, leads to shedding raw sewage to output receiver. The system proposed in this article consists of wireless transmitter installed in the plant, and the receiving part installed inside the house. The information about current working phase is acquired by software installed in a computer system and presented to the user via internet web page. The system was installed in a physical plant and allows for monitoring of the current working phase, monitoring of plant activity during longer time periods and raise alarms in case of long transmitter inactivity (which can be a sign of pump clogging).

Adres

Jacek LACH: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, jacek.lach@polsl.pl .