

SIXTEEN PLACES TEMPERATURE MEASURING SYSTEM TO RECORDING TEMPERATURE CHANGES DURING THE WIND MACHINE WORK

Summary

Present universal system to measure temperature makes possible measurement in sixteen places. The system makes possible recording temperature on the operator's computer. To analyze the data special computer program is used. Important feature of this system is its simplicity and flexibility by relatively low price.

SZESNASTOPUNKTOWY SYSTEM POMIARU TEMPERATURY DO REJESTRACJI ZMIAN TEMPERATURY W CZASIE PRACY MASZYNY WIATROWEJ

Streszczenie

Przedstawiono uniwersalny system do pomiaru temperatury umożliwiający pomiar w szesnastu punktach pomiarowych. System umożliwia rejestrację temperatury na komputerze operatora. Do analizy użyty został specjalistyczny program komputerowy. Ważną cechą powstałego systemu jest jego prostota i elastyczność przy zachowaniu niskiej ceny.

1. Wstęp

Pomiar temperatury jest najczęściej spotykanym rodzajem pomiaru warunków środowiskowych. Przeważnie wystarczający jest pomiar temperatury w jednym punkcie lub pomiar w 2-4 punktach. Do takich celów buduje się mierniki temperatury powszechnie spotykane w handlu. W sytuacji gdy potrzebny jest pomiar wielopunktowy i prawie jednocześnie, powszechnie spotykane systemy pomiarowe okazują się niewystarczające. Istniejące w handlu rozwiązania są bardzo kosztowne. Dlatego w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych przystąpiono do szukania własnego, szybkiego i taniego rozwiązania, które pozwoliłoby na przeprowadzania testów działania maszyny wiatrowej, opracowanej także w PIMR [1, 2].

Artykuł opisuje etapy prac prowadzących do powstania systemu i powody jakimi się kierowano przy wyborze zastosowanych rozwiązań.

2. Cechy systemu

Szesnastopunktowy system do pomiaru temperatury w obrębie pracy maszyny wiatrowej charakteryzuje się następującymi cechami:

- system jest przenośny – jedno urządzenie może być wykorzystywane na wielu obiektach, niekoniecznie do pomiaru temperatury w obrębie pracy maszyny wiatrowej,
- liczba wykorzystywanych czujników może być regulowana w zakresie 1-16,
- darmowy komputerowy program wizualizacyjny i rejestrujący z bogatymi opcjami dodatkowymi,
- odporność na zakłócenia powstałe w czasie przesyłania danych,
- możliwość zmiany topologii sieci i tworzenia różnych konfiguracji,
- dokładność pomiaru 0,5°C w zakresie -10°C do +85°C,
- możliwość pomiaru temperatury w zakresie -55°C do 125°C (dotyczy czujników, a nie komputera),

- zasilanie z baterii, akumulatorów lub sieci elektroenergetycznej poprzez układ zmniejszający i prostujący napięcie do 9-12V=,
- szybki montaż i demontaż na stanowisku pomiarowym,
- niska cena budowy w stosunku do innych rozwiązań.

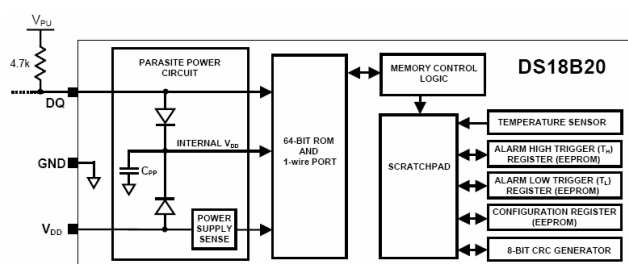
3. Zastosowane rozwiązania

Impulsem do powstania opisywanego systemu było istnienie darmowego oprogramowania odczytującego i rejestrującego przebiegi czasowe mierzonej temperatury. Program o nazwie „Lämpömittari” [3] służy do zbierania danych z półprzewodnikowych czujników temperatury firmy Dallas Semiconductor [4]. Zastosowanie gotowego programu skróciło czas realizacji systemu, a użycie cyfrowego czujnika półprzewodnikowego uprościło układ.

4. Czujnik temperatury

Elementem dokonującym pomiaru w systemie jest zespół (do 16 sztuk) cyfrowych czujników temperatury DS18B20 [5]. To, że system składa się z 16 czujników nie jest podyktowane ograniczeniem technicznym, a jedynie potrzebami na jakie został zaprojektowany system.

DS18B20 jest nowoczesnym układem scalonym, którego wewnątrz integruje kilka urządzeń elektronicznych. Jego schemat budowy ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy DS18B20

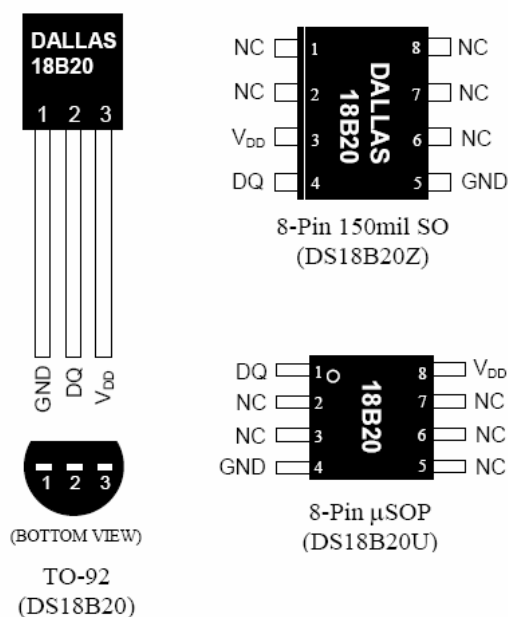
Fig. 1. DS18B20 block diagram

Układ zawiera m.in.:

- układ mierzący temperaturę,
- pamięć ROM z zapisanym numerem identyfikacyjnym,
- generator sumy kontrolnej CRC,
- pamięć EEPROM do przechowywania bieżącej konfiguracji i alarmów,
- interfejs 1-Wire™.

Pewnego omówienia wymaga generator sumy kontrolnej CRC. CRC jest ośmiobitową wartością dodawaną do każdej wysyłanej odpowiedzi przez układ. Umożliwia ona urządzeniu odbiorczemu określenie czy otrzymana wartość jest poprawna. Określenie następuje na drodze matematycznej. Ta część działania urządzeń nie jest widoczna przez użytkowników systemu gdyż wszystkie czynności są realizowane przez program komputerowy i czujniki.

Dzięki integracji kilku części w jednej obudowie konstruktor otrzymuje do ręki, przydatny, mały i funkcjonalny element elektroniczny, który łatwo zaadoptować we własnych rozwiązaniach konstrukcyjnych (rys. 2 i 3).



Rys. 2. Obudowy i wyprowadzenia czujnika DS18B20
Fig. 2. DS18B20 casings and pins descriptions

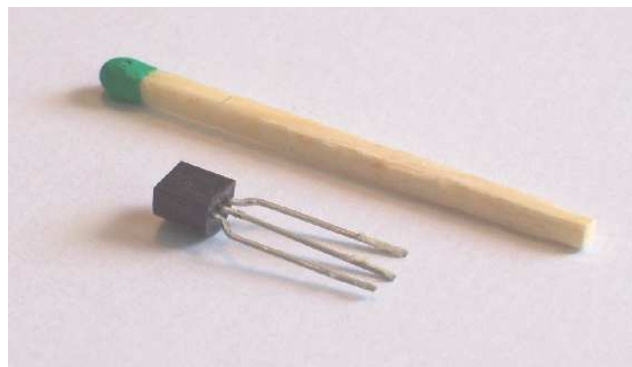
Producent dostarcza układ czujnika w dwóch rodzajach obudów. Typowej TO-92 powszechnie wykorzystywanej jako obudowa tranzystora, oraz uSOP i SO. Do celów doświadczalnych i prototypowych bardziej nadaje się obudowa TO-92. Wyprowadzenia takiej obudowy można wygodnie łączyć z odcinkami przewodów lub podłączać do kostki zaciskowej. Natomiast obudowa uSOP wymaga odpowiedniej płytki drukowanej i montażu powierzchniowego.

W obudowie są zabudowane interfejs i pozostałe układy. Do komunikacji z otoczeniem wystarcza jedna linia „DQ”, która jest linią danych.

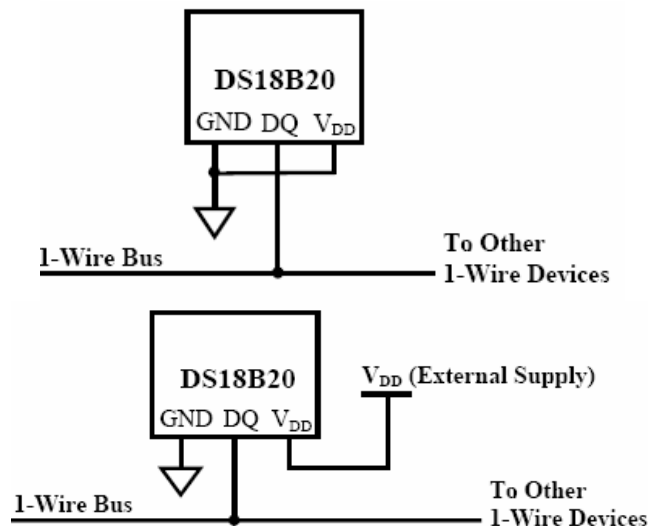
W przypadku zwarcia wyprowadzeń „VDD” i „GND” do masy jest także linią zasilającą układ. Jak z tego wynika do zapewnienia poprawnej pracy układu wystarczą dwie żyły przewodu. Jedna żyłą przyłączona do linii danych i jedna do masy. Wykorzystanie linii „VCC” nie było potrzebne w zastosowanym rozwiązaniu. Może jednak się okazać niezbędne przy jeszcze dłuższych przewodach połączeniowych gdy spadki napięć są większe lub gdy ilość czujników przeciąża linię danych. Jednak układ do po-

prawnej pracy wymaga napięcia z zakresu 3.0-5.5V= i dlatego jest on bardzo wygodny w użyciu w sieci. W przyjętym rozwiązaniu na linii danych jest napięcie 5V=.

Układ dla zapewnienia odporności na warunki atmosferyczne i właściwego mechanicznego montażu na obiekcie został zamknięty w rurce z tworzywa.



Rys. 3. Wybrany rodzaj obudowy w porównaniu z wielkością zapalki
Fig. 3. Selected type of casing in comparison with size of match



Rys. 4. Sposoby łączenia wyprowadzeń czujników
Fig. 4. Methods of connections the sensors pins



Rys. 5. Obudowa zewnętrzna DS18B20
Fig. 5. DS18B20 outside casing

Obudowa układu DS18B20 została przyklejona do miedzianej blaszki w celu zapewnienia odpowiedniej przenikalności cieplnej i szybkiej reakcji na zmiany temperatury. Każda z czujek systemu zakończona jest przewodem z wtyczką RJ-45 (patrz pkt. „Przewody i połączenia”).

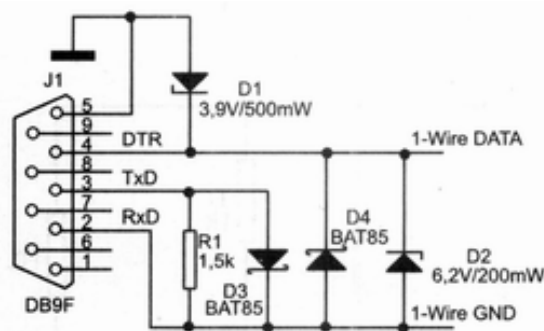
Układy można łączyć w sieć dzięki wyposażeniu w moduły interfejsu 1-Wire™ i nadaniu każdemu fabrycznego, unikalnego numeru seryjnego. Numer jest zapamiętany na stałe w pamięci ROM czujnika. Analogicznie jak przy sieci komputerowej gdy każdy z komputerów ma przypisany własny numer IP aby był rozpoznawalny w sieci.

Interfejs 1-Wire™ umożliwia komunikację po jednej linii. W sieci jest jedno urządzenie nadrzędne powszechnie nazywane w terminologii „MASTER”. W przypadku opisywanego systemu jest to komputer z zainstalowanym oprogramowaniem. Pozostałe podłączone urządzenia to „SLAVES”. W tym przypadku podłączone czujniki temperatury. „Master” inicjuje ruch w sieci zadając pytania i czekając na odpowiedź. Pytania to ściśle określone kody które inicjują przypisane do kodu działanie w czujniku np. odczyt temperatury, konfigurację, konwersję.

5. Interfejs: komputer – czujniki

Dane pomiarowe są zbierane przez komputer osobisty z zainstalowanym oprogramowaniem. Ponieważ napięcie linii danych czujników wynosi 5V, a napięcie interfejsu RS232 komputera -15V/+15V zastosowany został specjalny układ dopasowujący napięcia.

Autor programu komputerowanego [3] proponował własny układ dopasowujący. Niestety w zetknięciu z dzisiejszą techniką komputerową i potrzebami okazał się niestabilny, a w niektórych przypadkach uniemożliwiający pracę.

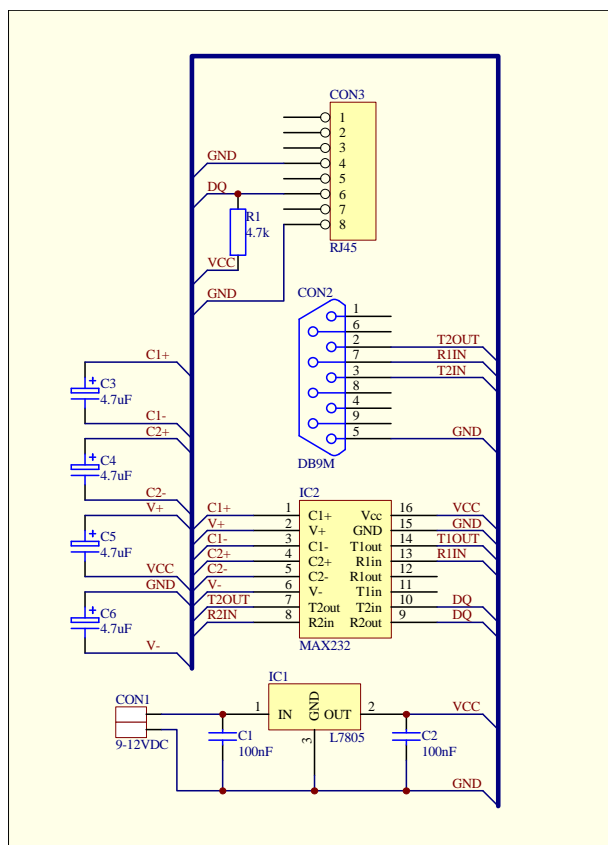


Rys. 6. Oryginalny układ interfejsu
Fig. 6. Original circuit of interface

Oryginalny układ z podłączonymi czujnikami i przewodami zbyt obciążał układ interfejsu RS232 komputera co doprowadzało do jego wyłączenia. Sytuacja miała miejsce na wszystkich dostępnych do prób komputerach. Najmniej odporne na przeciążenie były układy laptopów. Dodatkowo okazał się mało funkcjonalny przy współczesnych komputerach wyposażonych przeważnie tylko w interfejs USB. Zastosowanie przejściówek USB komputera na RS232 interfejsu czujników nie umożliwiało nawiązania transmisji. Dlatego zaprojektowany został nowy interfejs odpowiadający potrzebom współczesnej techniki komputerowej i budowanego systemu.

Na poniższym rys. 7 przedstawiony został kompletny schemat nowego interfejsu systemu pomiarowego. Układ

wymaga zewnętrznego zasilania. Zasilanie jest stabilizowane do wartości 5V= przez stabilizator L7805. W oryginalnym rozwiązaniu czujniki były zasilane z linii danych komputera. W nowym rozwiązaniu specjalistyczny układ MAX232 utrzymuje odpowiednie napięcie na wyjściu odciągając interfejs komputera. Widoczny na schemacie rezystor „R1” o wartości 4.7 kΩ jest zalecany przez producenta czujnika i ma pełnić rolę rezystora odciągającego. Jeśli do każdej z czujek będzie doprowadzone napięcie zasilające wskazane jest połączenie linii zasilającej z linią danych właśnie w taki sposób w każdym czujniku.



Rys. 7. Nowy układ interfejsu
Fig. 7. New circuit of interface

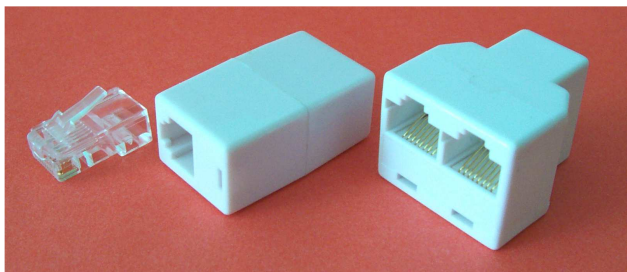
Całość została zamknięta w małej obudowie z tworzywa. Na obudowie znajduje się gniazdo wtyku zasilacza (CON1), gniazdo interfejsu RS232 (CON2) i wtyk RJ-45 (CON3) na przewodzie do połączenia z siecią czujników poprzez rozgałęźnik.

Interfejs czujników i komputer połączone są przy pomocy przewodu do transmisji szeregowej o długości około 3 m. Jeśli komputer nie jest wyposażony w interfejs RS232 tylko w interfejs USB. Należy zamontować przejściówkę pomiędzy interfejsami.

6. Przewody i połączenia

Dobór przewodów użytych do wykonywania połączeń pomiędzy czujnikami okazał się jednym z najbardziej czasochłonnnych etapów prac projektowych. Ponieważ do transmisji wystarczają 2-3 żyłowe przewody w początkowym okresie robione były próby z telefonicznymi przewodami dwużyłowymi i różnego rodzaju przewodami elektrycznymi. Ponieważ ich skuteczność malała wraz ze wzrostem długości systemu i dołączaniu kolejnych czujek zasto-

sowany został przewód sieciowy. Zastosowany druciany przewód sieciowy o 8 żyłach klasy 5 okazał się najodpowiedniejszy do prowadzenia połączeń. Zapewniona została odpowiednia wytrzymałość mechaniczna przewodu i zachowana dostępność części połączeniowych (wtyki, gniazda). Odcinki przewodów i czujników zakończone zostały wtykami RJ-45. Żyły zostały tak rozmieszczone (kolory i kolejność) wewnątrz wtyczek, aby przewody były uniwersalne i mogły służyć także jako część sieci informatycznej.

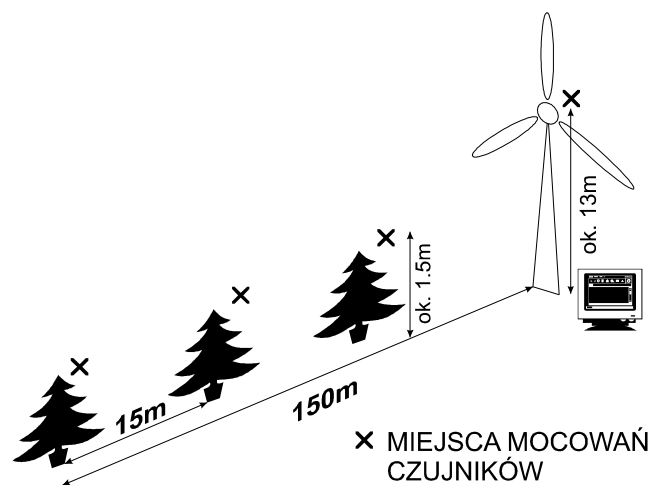


Rys. 8. Elementy łączeniowe. Od lewej: wtyk RJ-45, element przelotowy RJ-45/RJ-45, rozgałęźnik 3xRJ-45
 Fig. 8. Connection elements. From left: plug RJ-45, extension RJ-45/RJ-45, 3-way adapter RJ-45

Wszystkie połączenia pomiędzy odcinkami czujników wykonane zostały przy użyciu prostych środków jakimi są popularne złącza RJ-45. Do rozgałęzienia w miejsca rozjeścia przewodów użyte zostały rozgałęźniki o trzech gniazdach RJ-45. Warto wspomnieć, że w przypadku gdy jakiś przewód okazuje się zbyt krótki łatwo jest wstawić odcinek dodatkowego przewodu wykorzystując elementy przelotowe z gniazdami RJ-45.

7. Topologia sieci

Czujniki podczas pomiaru temperatury w obrębie maszyny wiatrowej rozmieszczone są co 10-15m w jednym kierunku od słupa wsporcze.



Rys. 9. Sposób rozmieszczenia czujników w obrębie maszyny wiatrowej
 Fig. 9. Method of placing the sensors within the wind machine

Taki sposób pomiaru wymusił dołączanie czujników jeden za drugim przy pomocy odcinków przewodu i rozgałęźników. Interfejs czujników i dalej komputer są dołączone na końcu znajdującym się przy słupie wsporczym. Zapewnia to czytelność rozmieszczenia czujników. Jednak nie stoi na przeszkodzie, aby zastosować inne rozwiązania [6], np. umieścić komputer w centralnej części sieci lub do jednego z rozgałęźników dołączyć kilka innych czujników. System zapewnia możliwość dowolnego łączenia czujników. Sposób tworzenia topologii sieci nie ma wpływu na działanie. Może mieć jedynie wpływ na czytelność systemu, a to może powodować pomyłki przy identyfikacji poszczególnych czujników.

Każdy z czujników na obudowie (rurce) ma napisany własny unikalny numer przypisany przez producenta czujnika DS18B20. Dodatkowo można dowolnie ponumerować czujki aby przypisać je do określonego położenia lub miejsca w terenie. Możliwość dalszej, dowolnej numeracji daje także program narzędziowy.

8. Montaż na stanowisku roboczym

Rozłożenie systemu pomiarowego na stanowisku roboczym nawet mało doświadczonej ekipie nie zabiera wiele czasu. Sprowadza się do rozłożenia przewodów i dołączeniu czujek. Jeśli sytuacja tego wymaga czujki można mocować do przedmiotów dopasowując wysokość. Wskazane jest zabezpieczenie miejsc połączeń (rozgałęźników) przed wnikaniem wilgoci np. okrywając folią spożywczą. Po połączeniu czujników wystarczy zestawić interfejsy, zasilić interfejs czujników, włączyć program komputerowy i go skonfigurować do pracy z podłączonymi czujnikami.

Jeśli wcześniej program komputerowy nie był używany z zastosowanymi czujnikami wskazane jest ponumerować czujniki w programie. Numery lub opisy są czytelniejsze niż 16 cyfrowy numer zapisany w pamięci czujnika i pokazujący się standardowo w programie komputerowym. Ułatwia to dalszą analizę danych pomiarowych. Pomocne jest także dobranie kolorów na wykresie, które odpowiadają poszczególnym czujnikom.

9. Wykonywanie pomiarów

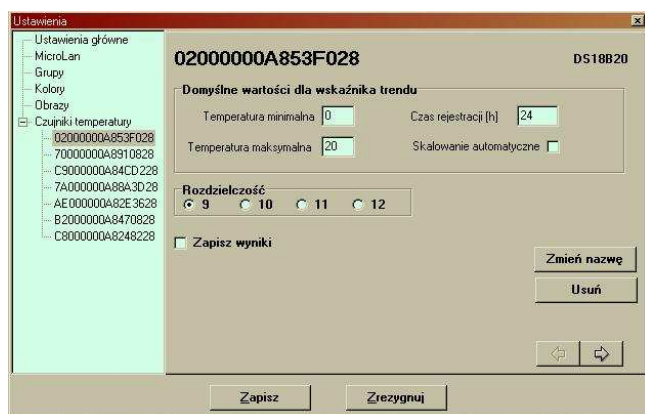
Przed rozpoczęciem pomiarów należy skonfigurować każdy z czujników. Najważniejszymi opcjami są zmiana nazwy czujnika. Sprowadza się to do zastąpienia długiego numeru własną nazwą słowną lub numerem. Kolejną określenie rozdzielczości czujnika. Czym większa wartość tym czujnik przesyła dokładniejszy wynik. Obrazowo więcej miejsc po przecinku. Jednak niekorzystnie wpływa to na czytelność pomiaru. W praktyce wystarczająca jest rozdzielczość 9 bitów.

Po skonfigurowaniu programu do pracy z podłączonymi czujnikami i sprawdzeniu czy wszystkie czujniki się zgłosiły można przystąpić do pomiarów i rejestracji. Wynik pomiaru można przedstawić na ekranie na trzy sposoby.

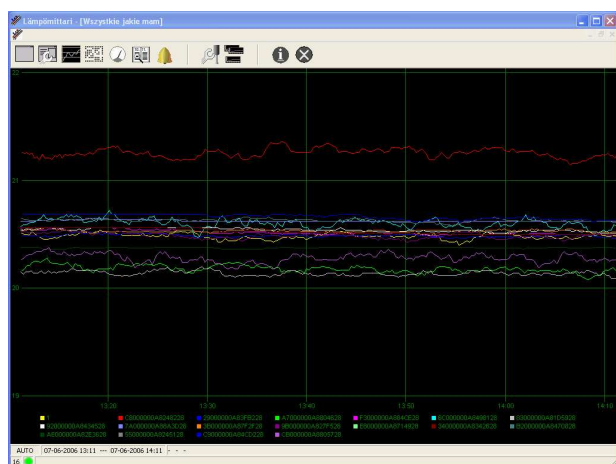
Jednak najwygodniejszym sposobem jest zobrazowanie wyników pomiarów na wykresie liniowym. Wykres można wyskalować ręcznie lub automatycznie. Określać można czas trwania pomiaru, wartość maksymalną i minimalną temperatury.

Ciekawą cechą jest możliwość ustawiania alarmów, które sygnalizują przekroczenie ustawionej wartości w górę lub w dół. Każdy pomiar można zapisywać na dysku lub po

określeniu czasu zapisany zostaje zrzut ekranu. Jeśli dane pomiarowe są zapisywane można je następnie importować w specjalistycznych programach do obróbki danych.



Rys. 10. Pierwsza z trzech zakładek konfiguracji czujnika
Fig. 10. First from three bookmarks of sensor configuration



Rys. 11. Okno główne programu z wykresem przebiegu temperatury w funkcji czasu
Fig. 11. Main window of program with chart of temperature in time function

10. Kierunki rozbudowy

Ponieważ system jest urządzeniem mobilnym, służącym do szybkiego montażu i demontażu w warunkach laboratoryjnych i polowych musi być lekki i posiadać własne źródło energii. Użyty program komputerowy wymaga instalacji na komputerze osobistym. Jako nośnik najbardziej funkcjonalnym rozwiązaniem jest laptop. Najlepiej w specjalistycznej

obudowie wytrzymałej na udary mechaniczne i warunki atmosferyczne (niższe niż w warunkach biurowych temperatury). Laptop wyposażony w akumulator zapewnia 2-3 godzinną niezależność od zewnętrznej energii elektrycznej o napięciu 230V/50Hz. Jednak aby połączyć się z czujnikami konieczny jest przewód interfejsu RS232 pomiędzy komputerem a układem dopasowującym napięcia. Powoduje to że niezbędne jest elektryczne połączenie obu części przewodem, który w warunkach polowych jak każdy dodatkowy element przeszkadza. Dlatego dobrym udogodnieniem byłoby zbudowanie interfejsu opartego na transmisji bezprzewodowej np. Bluetooth™. Drugim elementem poprawiającym jakość pomiaru byłoby zastąpienie najbardziej niewygodnej części systemu czyli komputera mniejszym urządzeniem. Rozwiązaniem może okazać zastosowanie palmtopa z napisanym autorskim programem. Lub znacznie dostępniejszego telefonu komórkowego z możliwością obsługi programów napisanych w języku JAVA™.

Nie ulega wątpliwości, że w droższych systemach powinien ulec także zmianie sposób prowadzonych połączeń pomiędzy poszczególnymi odcinkami linii systemu. Połączenia powinny być hermetyczne ale nadal oparte na złączach (np. przemysłowych).

11. Wnioski

Zbudowany system pomiarowy dzięki swojej prostocie i niskiej cenie jest dobrym narzędziem pomiarowym. Umożliwia szybkie zmontowanie i rozmontowanie. Dzięki użyciu laptopa daje możliwość pracy w warunkach terenowych. W połączeniu z dokładnością i możliwością łączenia w sieć jest idealną bazą wyjściową dla budowy kolejnych urządzeń opartych na czujnikach DS18B20.

Literatura

- [1] Frąckowiak P., Maszyna wiatrowa do ochrony upraw ogrodniczych przed przymrozkami. Zad 9.1. Raport z prac badawczych, PIMR Poznań, 2005
- [2] Szczepaniak J., Pawłowski T., Rutkowski J., Grzechowiak R., Mac J., Maszyna wiatrowa do ochrony upraw ogrodniczych przed przymrozkami. Zad 1, 2 i 3. Raport z prac badawczych, PIMR Poznań 2005
- [3] „Lämpömittari” Copyright © 2001-2003 Timo Saraaho, version: 1.14.7.100
- [4] Dallas Semiconductor; www.maxim-ic.com
- [5] “DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer”, Dallas Semiconductor, Application note 50102
- [6] „Guidelines for Reliable 1-Wire Networks”; Nov 16, 2001; Dallas Semiconductor; Application note 148.