

dr inż. Andrzej Kobosko
dr inż. Zbigniew Pietrusiński
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów - PIAP Warszawa

CYFROWY ISKROBEZPIECZNY SYSTEM MONITOROWANIA TEMPERATURY

Referat zawiera omówienie iskrobezpiecznego systemu monitorowania temperatury, którego realizacja została oparta na urządzeniach sieci jedynoprzewodowej firmy Maxim/Dallas USA. System zrealizowany został z przeznaczeniem do pracy w elewatorach zbożowych, może być jednak wzbogacony o pomiary innych wielkości fizycznych i stosowany w różnych obiektach technologicznych

THE DIGITAL INTRINSICALLY SAFE SYSTEM OF TEMPERATURE MONITORING

The authors presents the intrinsically safe system of temperature monitoring, based on the 1-Wire system of Maxim/Dallas USA. The system was developed for the temperature control of the grain silos. It can contain not only the temperature sensors but also the sensors of the other physical properties and it can be used in several technological objects.

1. WPROWADZENIE

W 2002 roku został opracowany w PIAP cyfrowy iskrobezpieczny system pomiaru temperatury przeznaczony do monitorowania temperatury w elewatorach zbożowych w Nowogrodzie Bobrzańskim. Zastosowanie w systemie nowych cyfrowych czujników firmy Dallas Semiconductor USA pozwoliło na znaczną redukcję okablowania (sieć zawiera tylko 2 przewody) oraz uproszczenie bloków i przetworników pośredniczących między sondami (czujnikami), a zestawem komputerowym. Pozwoliło to na znaczne obniżenie kosztów systemu, zwiększenie dokładności pomiarów i niezawodności. System pracuje bezawaryjnie i jest dobrze oceniany przez użytkowników.

2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU

System zawiera zestaw komputerowy typu PC oraz wieloczujnikowe sondy pomiarowe, w kształcie kabla energetycznego, zawieszane w komorach elewatora. Do wewnętrznej rurki kabla wprowadzany jest rdzeń z miniaturowymi czujnikami temperatury. Czujniki te zawierają wewnętrzny przetwornik a/c oraz interfejs komunikacyjny umożliwiający transmisję danych w sieci dwuprzewodowej, co znacznie redukuje okablowanie. Rdzeń sondy daje się łatwo wyssuć z wnętrza, zapewniając dobry serwis w każdej chwili pracy. Zewnętrzny oplot sondy wykonany z drutów stalowych o podwyższonej wytrzymałości mechanicznej gwarantuje odpowiednią wytrzymałość na zrywanie. Zarówno sonda jak i połączenia zewnętrzne znajdujące się w strefie zagrożonej wybuchem, wykonane są w technice iskrobezpiecznej i udokumentowane certyfikatem

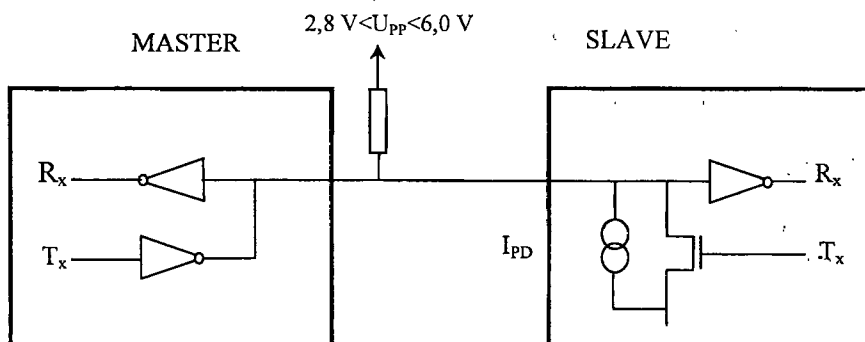
Głównego Instytutu Górnictwa KD Barbara. Sonden połączone są za pośrednictwem magistrali transmisyjnej z odległą jednostką centralną, to jest z zestawem złożonym z komputera PC i drukarki, które znajdują się w strefie bezpiecznej.

Koncepcja realizacji systemu została oparta na wykorzystaniu dwuprzewodowej sieci transmisyjnej firmy Dallas, która w publikacjach firmowych określana jest jako sieć 1-Wire. Charakterystyka tej sieci zostanie bardziej szczegółowo omówiona w dalszej części referatu.

3. SIEĆ 1-WIRE FIRMY DALLAS

3.1. Ogólna charakterystyka

Sieć 1-Wire nazywana czasami MicroLAN, jest tanią siecią bazującą na komputerze typu PC lub kontrolerze komunikującym się drogą cyfrową poprzez skręconą parę kabli z urządzeniami sieciowymi (rys. 1). Jest to sieć typu MASTER/SLAVE zdefiniowana poprzez architekturę otwartego drenu (iloczyn logiczny na drucie), w której do wymuszenia stanu „1” używa się rezystora dołączonego do znamionowego napięcia zasilania +5V. System zawiera 3 główne elementy: MASTER sieci z programem pracy, przewody z odpowiednimi konektorami oraz urządzenia sieciowe typu SLAVE. Wszystkie operacje sieciowe wykonywane są pod kontrolą MASTERA.



Rys. 1. Uproszczony schemat sieci 1-Wire

Funkcję MASTERA sieci może pełnić jakikolwiek mikrokontroler z zegarem 1,8 MHz lub szybszym jak również komputer PC z układem transmisji szeregowej (UART) 115,2 kb/s. Przy standardowej prędkości transmisji w sieci 1-Wire 14,4 kb/s ($115,2/8 = 14,4$ kb/s), mikrokomputer może zaadresować i rozpocząć transmisję danych w czasie krótszym niż 7 milisekund.

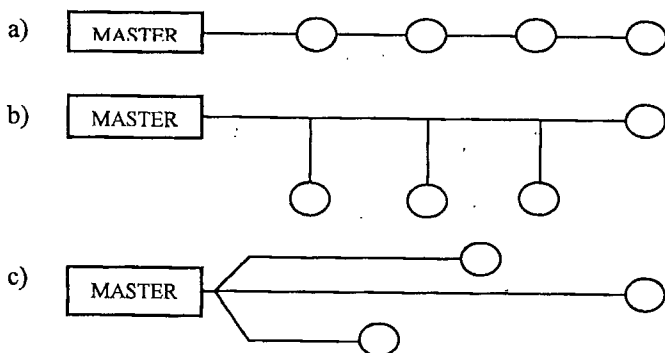
Protokół sieci 1-Wire stosuje konwencjonalne poziomy sygnałów logicznych technologii CMOS/TTL, w których 0,8 V lub mniej odpowiada logicznemu zeru, a 2,2 V lub więcej reprezentuje logiczną jedynkę. Dopuszczalne napięcie zasilania sieci zawiera się w granicach 2,8 V do 6 V. MASTER oraz urządzenia typu SLAVE umożliwiają zarówno odbiór jak i nadawanie (pół duplex).

3.2 Oznaczanie urządzeń

Każde urządzenie podporządkowane zawiera pamięć ROM z indywidualnym 64-bitowym numerem seryjnym, który może być traktowany jako adres węzła sieciowego. Adres ten składa się z ośmiu bajtów podzielonych na 3 grupy. Pierwszy bajt adresu (zaczynając od LSB) określa typ urządzenia. Następne 6 bajtów zawiera indywidualny adres urządzenia, a ostatni bajt jest sumą kontrolną CRC, której wartość zależy od poprzednich 7 bajtów. Pozwala to MASTEROWI określić czy adres został przeczytany bez błędu.

3.3 Topologia sieci

Struktura sieci 1-Wire może być dowolnie kształtowana. Zwykle można ją jednak zakwalifikować do jednej z kilku głównych kategorii pokazanych na rys. 2.



Rys. 2. Typowe topologie sieci jedнопроводowej: a) struktura liniowa, b) liniowa z odgażeniami, c) struktura gwiazdista

3.4 Parametry sieci

Dla sieci 1-Wire zostały wprowadzone dwa istotne parametry, które charakteryzują jej właściwości i są krytyczne dla poprawnej pracy sieci. Są to promień sieci i waga sieci.

Promień sieci oznacza bieżącą długość sieci pomiędzy wyjściem interfejsu 1-Wire MASTERA, a najbardziej odległym od niego urządzeniem sieci, liczoną w metrach. Waga sieci jest całkowitą długością przewodu sieci, również liczoną w metrach. Waga sieci wpływa na czas narastania sygnału w sieci, podczas gdy promień decyduje o czasie najwolniejszych sygnałów odbitych.

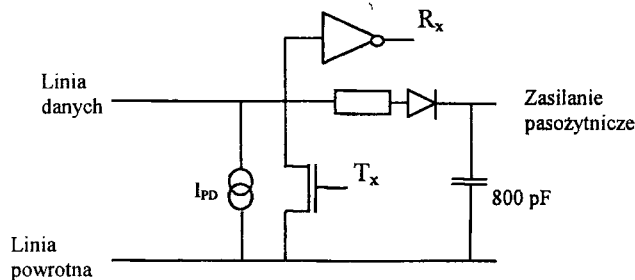
Promień sieci 1-Wire nie może przewyższać 750 metrów. Przy tej odległości protokół transmisyjny przestaje działać z uwagi na opóźnienia czasowe. W praktyce jednak wpływ jeszcze innych czynników powoduje ograniczenie promienia do jeszcze mniejszych wartości.

Wpływ na wagę sieci ma wiele czynników jednak najważniejszym z nich jest pojemność elektryczna sieci. Obecność urządzeń podporządkowanych także zwiększa wagę sieci. Każde urządzenie sieciowe jest równoważne dodaniu do sieci pewnej ilości przewodu sieciowego. Urządzenie typu przycisku wnosi około 1,0 metra, a pozostałe rodzaje urządzeń około 0,5 metra. Ścieżki układów scalonych, łączówki i urządzenia zabezpieczające także zwiększają wagę sieci.

Istnieją metody umożliwiające tworzenie rozbudowanych sieci drogą dzielenia sieci na sekcje załączane elektronicznie. Stosując układy przełączające takie jak DS2409 firmy Dallas, sieć może fizycznie przypominać inną topologię niż topologia widziana elektronicznie. Na przykład topologia gwiazdy, po dodaniu kluczy może odpowiadać topologii liniowej, w której kolejno załącza się poszczególne gałęzie. Pozwala to na znaczną redukcję wagi sieci.

3.5 Zasilanie urządzeń sieciowych

Urządzenia podporządkowane sieci nie wymagają osobnego zasilania. Napięcie zasilające może być uzyskiwane bezpośrednio z sieci w czasie przerwy w komunikacji kiedy sieć jest w stanie wysokim. Układ zasilania pasozytniczego, to jest zasilania bezpośrednio z sieci, pokazany jest na rys.3. Kondensator zasilania pasozytniczego jest ładowany, kiedy linia danych znajduje się w stanie wysokim. Napięcie to jest utrzymywane także podczas stanu niskiego linii transmisyjnej.



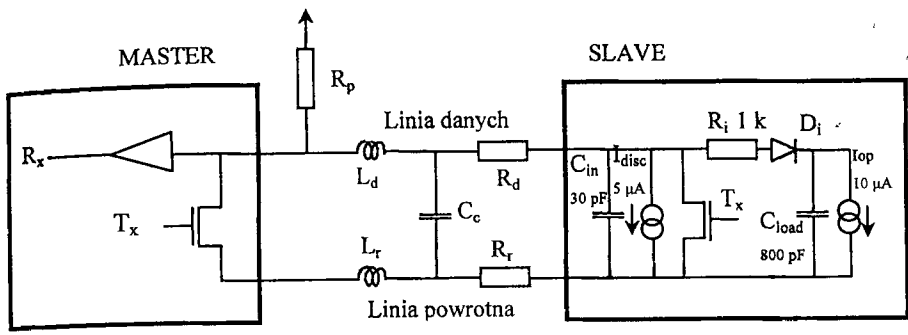
Rys. 3. Zasilanie pasozytnicze urządzeń sieci 1-Wire

3.6. Schemat zastępczy sieci 1-Wire

Uproszczony schemat zastępczy sieci przedstawiony jest na rys. 4.

Okablowanie pomiędzy MASTEREM a urządzeniami podporządkowanymi zostało zamodelowane przez rezystancje i indukcyjności przewodów oraz przez pojemność kabla. Pojemność kabla zależy od jego długości, w przypadku zalecanego do stosowania kabla telefonicznego kategorii 5 wynosi ona około 50 pF/m. Podobnie można oszacować rezystancję kabla.

Urządzenia sieciowe typu SLAVE można zamodelować przez pojemność wejściową (C_{in}), w przybliżeniu stały prąd obciążenia, obwód zasilania pasozytniczego zrealizowany na elementach D_i , R_i oraz pasozytniczy prąd zasilania I_{op} . Prąd wejściowy 5 μA pobierany przez urządzenie jest niezbędny do synchronizacji jego interfejsu z protokołem komunikacji. Gdy tranzystor w porcie urządzenia 1-Wire przewodzi jego impedancja jest nominalnie mniejsza od 100 Ω , co zapewnia napięcie zera logicznego nie większe od 0,4 V przy prądzie 4 mA. Jeśli wiele urządzeń dołączonych jest do sieci jednoprzewodowej to wartości C_{in} , I_{disc} , I_{op} i C_{load} powinny być pomnożone przez liczbę urządzeń, a wartość rezystancji R_i powinna być podzielona przez liczbę urządzeń. Rezystancja kabla wpływa na zmniejszenie marginesu dopuszczalnych zakłóceń przy stanie „zero” linii, natomiast pojemność kabla oraz zasilanie pasozytnicze urządzeń wpływają na ograniczenie rozmiarów sieci. Indukcyjność kabla wpływa na powstawanie pików sygnału przy zmianach stanu linii.

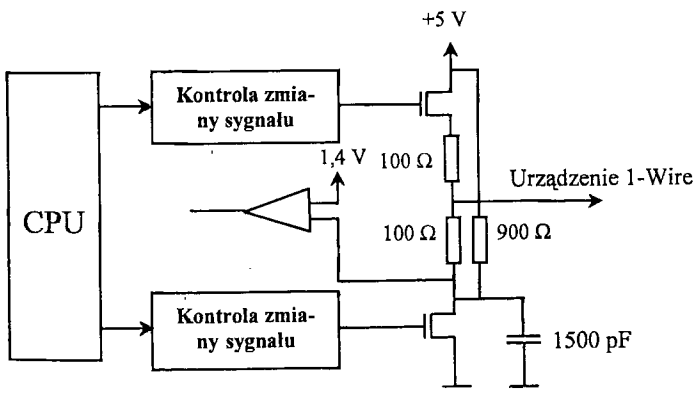


Rys. 4. Schemat zastępczy sieci 1-Wire

3.7. Urządzenia interfejsowe

Szereg czynników wpływa na wielkość maksymalnego promienia i maksymalnej wagi sieci. Na niektóre z nich możemy mieć wpływ, na inne nie.

Końcówka MASTERA znacznie wpływa na dopuszczalny rozmiar sieci jedнопrzewodowej. Musi ona dostarczać potrzebną ilość prądu, niezbędną do pokonania wagi kabla i urządzeń podporządkowanych. Musi także organizować przebiegi czasowe sygnałów występujących na linii, które powinny być zgodne z wymaganiami i zoptymalizowane ze względu na czasy ładowania i rozładowywania sieci.



Rys. 5. Zaawansowany układ drivera sieci jedнопrzewodowej

Przy małych sieciach wystarczają interfejsy z bardzo prostymi końcówkami. Pojemność sieci jest mała, sygnały odbite pojawiają się zbyt szybko, aby mogły spowodować problemy, minimalne są również straty przesyłowe na sieci. Jako końcówka interfejsu może być stosowany prosty układ zwierny (FET) do wymuszania stanu niskiego linii oraz pasywny rezystor dla stanu wysokiego. Jednak, gdy sieć staje się dłuższa i dołączonych zostaje coraz więcej urządzeń, zaczynają odgrywać rolę złożone oddziaływania z którymi interfejs musi sobie poradzić.

Waga sieci jest ograniczona przez możliwość dostatecznie szybkiego ładowania i rozładowywania sieci, potrzebnego do spełnienia wymagań protokołu transmisyjnego. Pojedynczy rezystor zastosowany w interfejsie do wymuszenia stanu wysokiego ogranicza wagę do 200 m. Niektóre bardziej złożone układy interfejsu w MASTERACH stosują aktywne układy znajdujące się pod kontrolą układów logicznych i operujące większymi prądami. Pozwalają one na obsługę sieci o wadze do 500m, ale dzieje się to kosztem znacznie bardziej złożonego wyjścia interfejsu MASTERA.

Mikrokontroler z zaawansowanym interfejsem, wzmiankowany powyżej, jest nowym układem łączącym w sobie zalety wszystkich poprzednich układów, który zapewni niezawodność i elastyczność. Uproszczony schemat tego interfejsu pokazany jest na rys. 5. Zawiera on inteligentny (programowo sterowany) układ kontroli zmiany sygnału. Zestawienie parametrów sieci w zależności od stosowanych interfejsów podane jest w tablicy 1.

Tablica 1. Dopuszczalne parametry sieci w zależności od interfejsu sieci

Rodzaj stopnia wyjściowego sieci 1-Wire	Elementy dodatkowe	Maksymalna waga sieci	Maksymalny promień sieci
Zwykły szeregowy port mikrokontrolera	Rezystor 2 220 Ω do zasilania 5V	3 m	3 m
Tranzystor typu FET do wymuszenia stanu niskiego	Rezystor 1 000 Ω do zasilania 5V	200 m	200 m
Układ portu równoległego DS1410E	Nie wymaga	3 m	40 m
Układ portu szeregowego DS9097	Nie wymaga	3 m	40 m
Adapter interfejsu DS9097U (zawierający układ DS2480B)	Filtr RC R=100 Ω , C=4 700 pF	200 m	200 m
Zaawansowany interfejs sieciowy (w opracowaniu)	Nie wymaga	500 m	500 m

Zła praca sieci jedнопrzewodowej objawia się często tajemniczym znikaniem urządzeń dołączonych do sieci w czasie wykonywania algorytmu przeszukiwania sieci przez MASTERA.

4 TERMOMETR CYFROWY SIECI 1-WIRE

W opracowanym w PIAP systemie monitorowania temperatury zastosowano cyfrowe termometry typu DS18B20 firmy Dallas. Zapewniają one pomiary z rozdzielczością 9 do 12 bitów oraz funkcję programowanego przez użytkownika alarmu przekroczenia górnych i dolnych wartości. Kość wielkości małego tranzystora (obudowa TO-92) zawiera czujnik i przetwornik temperatury oraz wewnętrzny mikroprocesor zapewniający komunikację za pośrednictwem sieci 1-Wire. Każdy układ posiada wewnętrzny 64-bitowy numer kodowy, co pozwala na obsługę przez jeden kontroler wielu termometrów dołączonych do tej samej linii interfejsu. System pomiaru temperatury może być stosowany w układach kontroli środowiska, monitorowania temperatury wewnątrz budynków, w elewatorach zbożowych, jako wyposażenie maszyn, do monitorowania

procesów technologicznych i w systemach kontrolnych. W tablicach 2 i 3 zostały podane: zakres pomiarowy, charakterystyka termometru, rozdzielczość wskazań oraz czas przetwarzania przy pojedynczym pomiarze.

Tablica 2. Charakterystyka termometru

Mierzona temperatura (°C)	Sygnal wyjściowy (binarnie)	Sygnal wyjściowy (hex)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85	0000 0101 0101 0000	0550h
+25,0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10,125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0,5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0,5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10,125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25,0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

Tablica 3. Rozdzielczość oraz odpowiadająca jej zmiana sygnału i czas przetwarzania

Rozdzielczość (bity)	Zmiana sygnału o 1 bit (°C)	Czas przetwarzania (ms)
9	0,5	93,75
10	0,25	187,5
11	0,125	375
12	0,0625	750

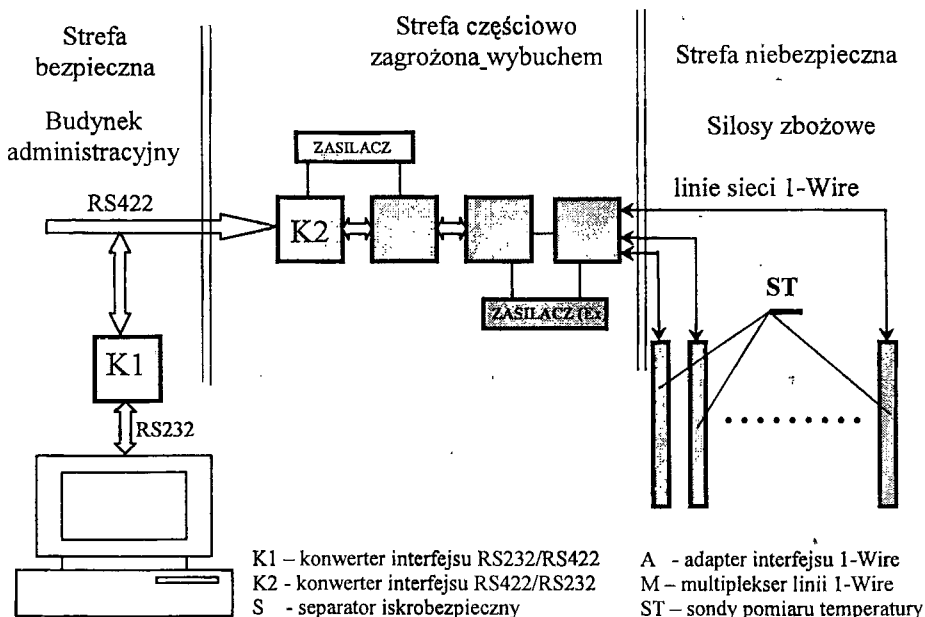
Układ DS18B20 może być zasilany napięciem zewnętrznym lub pracować w trybie zasilania pasożytniczego pobierając energię bezpośrednio z sieci. W stanie „1” sieci ładowany jest kondensator zasilania pasożytniczego. Maksymalny prąd pobierany z sieci nie przekracza jednak 1,5 mA.

5. ISKROBEZPIECZNY SYSTEM MONITOROWANIA

Schemat blokowy systemu monitorowania temperatury został przedstawiony na rys.6. Urządzenia systemowe zostały rozmieszczone w trzech strefach. Sondy (ST) wraz z czujnikami temperatury oraz przewody sieci 1-Wire znajdują się w strefie niebezpiecznej, zagrożonej wybuchem. Sieć jest dwuprzewodowa, a termometry cyfrowe pracują w trybie zasilania pasożytniczego. Adapter (A) interfejsu 1-Wire zawierający driver interfejsu oraz multiplexer (M), zbudowany z kluczy elektronicznych, znajdują się na pograniczu strefy bezpiecznej i strefy częściowo zagrożonej wybuchem. Multiplexer pozwala na kolejne załączanie poszczególnych sond pomiarowych. Adapter interfejsu

oraz multiplexer zasilane są napięciem +5 V pochodzącym z iskrobezpiecznego zasilacza. Z uwagi na dużą odległość pomieszczeń operatorskich od silosów, sieć 1-Wire nie mogła być bezpośrednio doprowadzona do budynku administracyjnego, w którym został umieszczony komputer zarządzający siecią wraz z oprogramowaniem aplikacyjnym. Z tego względu urządzenia sterowni zostały połączone z urządzeniami znajdującymi się w strefie częściowo zagrożonej wybuchem siecią RS422. Wymagało to użycia konwerterów interfejsu: konwertera (K1) typu RS232/RS422 umieszczonego w pobliżu komputera oraz konwertera (K2) typu RS422/RS232 w strefie częściowo zagrożonej wybuchem.

Rozdzielenie sygnałów strefy niebezpiecznej od sygnałów strefy bezpiecznej dokonuje się za pomocą iskrobezpiecznego separatora (S).



Rys. 6. Schemat iskrobezpiecznego układu pomiaru temperatury w silosach zbożowych

6. OPROGRAMOWANIE I FUNKCJE OPERATORSKIE

Oprogramowanie systemu umożliwia:

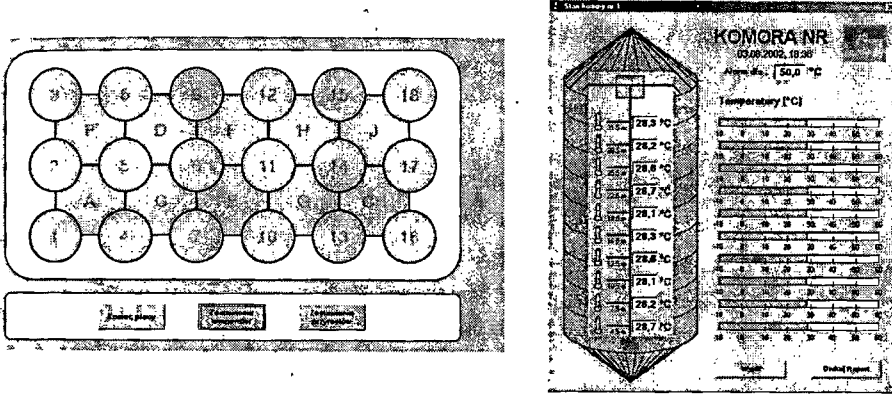
- odczyt temperatur w wybranej komorze elewatora,
- wykonanie wydruku raportu dla pojedynczej komory,
- zbiorcze wyświetlenie temperatur dla wszystkich komór elewatora,
- wydruk zbiorczego raportu o temperaturach we wszystkich komorach,
- wyświetlenie i wydruk zestawienia tygodniowych przyrostów temperatur,
- podgląd stanu termometrów i komór,
- wizualizację stanów alarmowych.

Podczas pracy programu automatycznie wykonywany jest cykliczny odczyt temperatur dla wszystkich termometrów umieszczonych w sieci pomiarowej. Komory są oznaczo-

ne symbolami cyfrowymi i literowymi zgodnie z oznaczeniami technologicznymi. Kolory oznaczeń świadczą o stanie odczytów temperatury w danej komórce:

- oznaczenie zielone – wszystkie odczyty są prawidłowe,
- oznaczenie czerwone na żółtym tle – nastąpiło przekroczenie wartości alarmowej temperatury,
- oznaczenie niebieskie – brak dostępu do komory,
- oznaczenie szare – pomiary w komórce są odłączone.

Poniżej na rys. 7 oraz 8 podano przykładowe plansze wizualizacyjne.



Rys. 7. Główne okno programu zawierające widok wszystkich komór elewatora oraz okno zawierające jedną z komór

Zestawienie tygodniowych przyrostów temperatury w komorach [°C]

POZIOM	KOMORA													
	3	2	7	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
9	0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
8	0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.1
7	0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	0.0
6	0.5	0.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1
5	0.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	-0.1
4	0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
1	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1

POZIOM	KOMORA													
	15	16	17	18	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	J
10	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
9	0.0	0.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
8	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
7	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
6	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2
5	0.0	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
4	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2
3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.0	-0.1
2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1
1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0

Wyjdź Drukuj Raport

Rys. 8. Zestawienie tygodniowych przyrostów temperatur komór elewatora

7. PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

Podstawowe parametry techniczne systemu podane zostały w tablicy 4.

Tablica 4.

Nr	Rodzaj parametru	Wartość
1	Zakres pomiarowy temperatury	-55 °C do +125 °C
2	Dokładność pomiaru	± 0,5 °C w zakresie -10 °C do +85 °C
3	Rozdzielczość pomiaru	9 do 12 bitów (odczyt co 0,1 °C)
4	Liczba punktów pomiarowych	praktycznie dowolna
5	Okres odświeżania punktów pomiarowych	około 6 minut
6	Wytrzymałość mechaniczna na zrywanie	≥ 50 kN - dla sond o $\Phi = 15$ mm

System zapewnia spełnienie wymagań środowiskowych dotyczących iskrobezpieczeństwa i pracy w środowisku zagrożonym wybuchem.

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów otrzymał następujące certyfikaty:

- Orzeczenie atestacyjne dotyczące bezpieczeństwa przeciwwybuchowego KDB Nr 98.476, wydane przez Główny Instytut Górnictwa - Kopalnia Doświadczalna "Barbara", na sondy temperatury typu EST-11 do silosów i elewatorów zbożowych wraz z załącznikiem nr 1 na cyfrowe czujniki temperatury.
- Certyfikat Systemu Jakości nr 366/1/2000 na wykonywanie prac naukowych, badawczo-rozwojowych, projektowanie, wykonywanie, dostawa, instalowanie i serwis urządzeń i układów pomiarowych w zakresie spełnienia wymagań normy PN-ISO 9001, wydany przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji.

LITERATURA

- [1] J. Frączak: Aparatura przeciwwybuchowa w wykonaniu iskrobezpiecznym. Śląskie Wydawnictwo Techniczne. Katowice 1995.
- [2] A. Kobosko: Systemy monitorowania w elewatorach zbożowych. Str. 149. PIAP 2000.
- [3] TempMon - Program monitorowania temperatury dla elewatora w Nowogrodzie Bobrzańskim. Instrukcja użytkownika. PIAP, Warszawa 2002.
- [4] Karta informacyjna PIAP: Pomiar i wizualizacja temperatury w elewatorach zbożowych. Warszawa 2002.
- [5] Materiały informacyjne firmy Dallas dotyczące urządzeń sieci 1-Wire: opisy urządzeń i oprogramowania, noty aplikacyjne, karty informacyjne itp.
- [6] Application Note: A user's guide to intrinsic safety. Measurement Technology Limited. March 1989.