

mgr inż. Piotr Adamski
mgr inż. Emanuel Kędziński
mgr inż. Grzegorz Walkowiak
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Metrologii Elektrycznej „METROL”

SYSTEMY POMIARU I REJESTRACJI PARAMETRÓW MIKROKLIMATU POMIESZCZEŃ PRODUKCYJNYCH

W referacie przedstawiono przyrządy pomiarowe produkowane w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Metrologii Elektrycznej „METROL” w Zielonej Górze, przeznaczone do pomiaru i rejestracji temperatury i wilgotności względnej powietrza PTH1...5 i PTHR1...5. Opisano również oprogramowanie do wizualizacji, raportowania i archiwizacji zebranych wyników pomiarów z tych urządzeń. Przedstawiono również przykłady systemów z wykorzystaniem przetworników obiektowych temperatury i wilgotności względnej powietrza i oprogramowania wizualizacyjnego.

1. WPROWADZENIE

Klimat (*ang. climate*) to ogólne pojęcie, wykorzystywane do opisywania warunków pogodowych, stanowiących syntezę długotrwałej obserwacji i analizy statystycznej wszystkich mierzalnych stanów atmosfery jako parametrów klimatu w danym obszarze kuli ziemskiej.

Mikroklimat (*ang. microclimate*) dotyczy opisu stanu warunków pogodowych mających odniesienie do struktur klimatycznych w małej skali np. do określenia środowiska termicznego w pomieszczeniu zamkniętym.

Podstawowymi parametrami opisującymi mikroklimat w pomieszczeniach zamkniętych – przemysłowych są dwie wielkości fizyczne: temperatura powietrza w pomieszczeniu [°C] i wilgotność względna powietrza [% RH].

Przykłady pomieszczeń zamkniętych wymagających pomiarów i rejestracji parametrów klimatycznych (temperatury i wilgotności powietrza) w procesach przemysłowych dla wybranego środowiska termicznego:

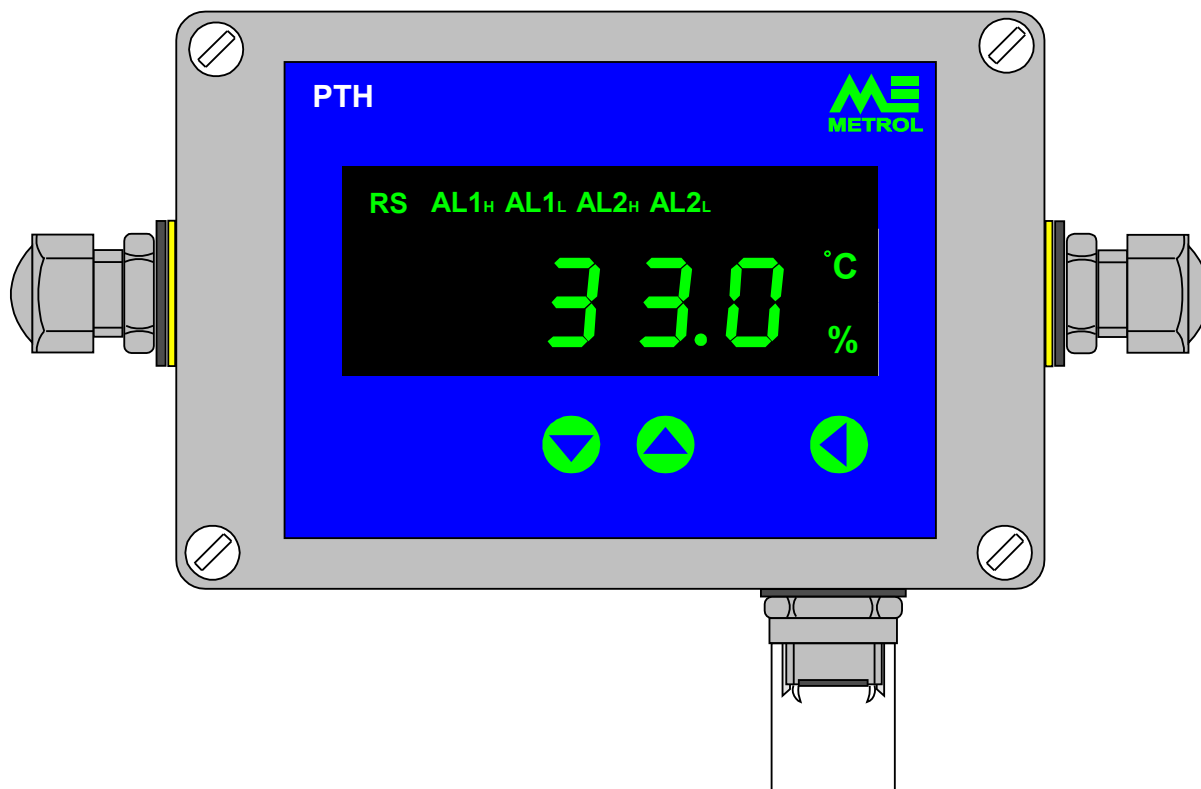
- o podwyższonej wilgotności powietrza - szklarnie, pieczarkarnie, rozlewnie napojów, pływalnie,
- o podwyższonym stężeniu pyłu i amoniaku - stajnie, chlewnie, obory, kurniki, klujniki,
- o wymuszonej wymianie powietrza - przechowalnie warzyw, owoców, nasion i ziół oraz magazyny płodów rolnych i gotowych produktów żywnościowych oraz papieru i leków,
- o podwyższonych wymaganiach sanitarnych - wszystkie procesy technologiczne realizowane w zakresie przetwórstwa mięsa, ryb, warzyw, owoców i mleka,
- o podwyższonej temperaturze - kanały powietrza technologicznego, zamknięte szyby oraz komory filtrów,
- o podwyższonych wymaganiach w przestrzeniach zagrożonych - olejarnie, produkcja materiałów wybuchowych i pirotechnicznych.

Pomiary i monitorowanie parametrów mikroklimatu mogą być zrealizowane za pomocą inteligentnych czujników pomiarowych, przetworników lub przyrządów cyfrowych wyposażonych w interfejsy i protokoły komunikacyjne. Przykładami tego typu urządzeń są opracowane wspólnie przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL” i Przemysłowy Instytut Elektrotechniki w Warszawie przetworniki obiektowe PTH1...5 i PTHR1...5 wraz z dedykowanym do nich oprogramowaniem.

2. WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE I FUNKCJE PRZETWORNIKÓW PTH1...5

2.1. Przeznaczenie

Przetworniki obiektowe temperatury i wilgotności PTH1...5 są urządzeniami cyfrowymi przeznaczonymi do pomiaru temperatury i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych lub klimatyzowanych, komorach chłodniczych, magazynach, halach produkcyjnych i środkach transportu, a także do pomiaru temperatury z wykorzystaniem zewnętrznych czujników termoelementowych i termorezystorowych oraz do pomiaru napięcia i prądu stałego.



Rys. 2.1. Widok przetwornika PTH1...5

Przetworniki PTH1...5 występują w następujących wykonaniach:

PTH1 - przetwornik temperatury (czujnik rezystancyjny Pt100, Pt500, Pt1000 lub inny wg uzgodnienia)

PTH2 - przetwornik wilgotności powietrza

PTH3 - przetwornik temperatury i wilgotności powietrza

PTH4 - przetwornik temperatury (czujnik termoelementowy S, J, K, R, T, N, E, Ni-NiMo)

PTH5 - przetwornik napięcia lub prądu stałego

zakresy napięć mierzonych 0...±200mV, 0...±2V, 0...±10V,

zakresy prądów mierzonych 0...±5mA, 0...±20mA, 4...20mA

2.2. Opis konstrukcji przetworników PTH1...5

Schemat blokowy przetworników PTH1...5 przedstawiono na rys. 2.2. Można w nim wyróżnić następujące elementy:

- blok mikrokontrolera, klawiatury i wyświetlacza
- moduł wyjść alarmowych
- moduł wyjść analogowych

2.2.1. Blok mikrokontrolera, klawiatury i wyświetlacza

W skład tego bloku wchodzi: układ specjalizowanego wielofunkcyjnego mikrokontrolera, układy interfejsów szeregowych i oddzielenia galwanicznego torów analogowych i interfejsu szeregowego, układ podtrzymywania napięcia (bateria) z zegarem czasu rzeczywistego, wewnętrzna pamięć danych EEPROM - dla rejestracji danych pomiarowych z parametrami daty i czasu z możliwością odczytu danych przez łącze szeregowe, przetworniki A/C i C/A, układ modulacji szerokości impulsów PWM, wewnętrzne pamięci Flash i RAM dla programu i danych, porty szeregowe UART oraz I²C, układ watchdog oraz na osobnej płycie: klawiatura o trzech przyciskach funkcyjnych, czterocyfrowy wyświetlacz siedmiosegmentowy LED z kropką dziesiętną oraz osiem diod LED sygnalizujących alarmy i tryby pracy przetwornika

2.2.2. Moduł wyjść analogowych

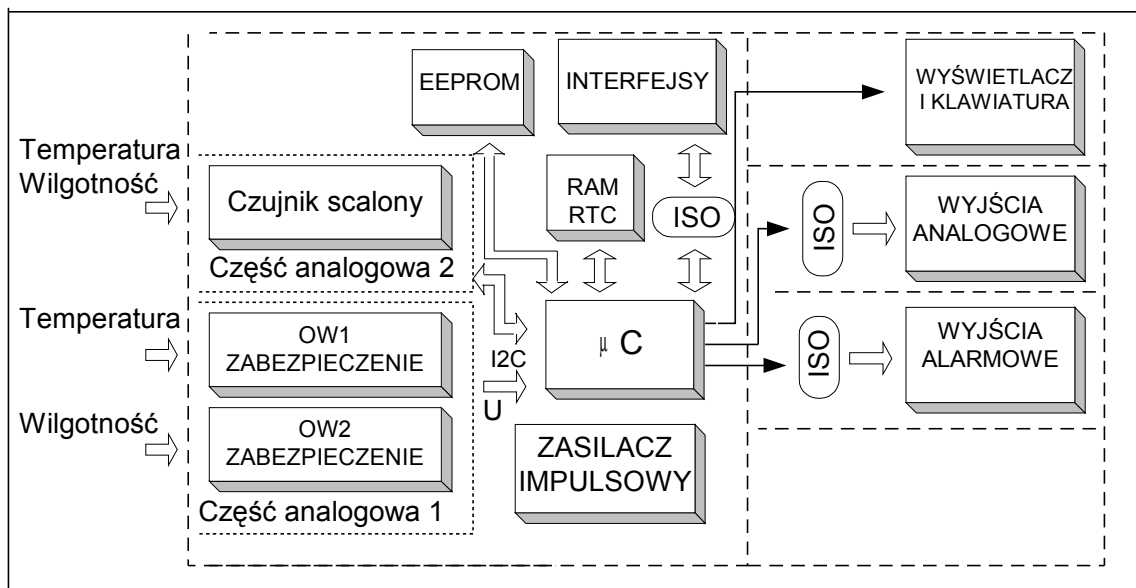
Optoizolowane wyjścia analogowe (opcja) zrealizowano z wykorzystaniem metody modulacji szerokości impulsów PWM. Na wyjściu analogowym mogą być dostępne standardowe sygnały analogowe 0-10V, 0(4)-20mA, 0-5mA

2.2.3. Moduł wyjść alarmowych

Przetworniki PTH1...5 mogą być opcjonalnie wyposażone w jeden lub dwa moduły wyjść alarmowych przeznaczonych do załączania lub regulacji zewnętrznych urządzeń automatyki przemysłowej. Wyjścia alarmowe zrealizowane są z wykorzystaniem elementów elektronicznych z optoizolacją

2.2.4. Moduł czujnika

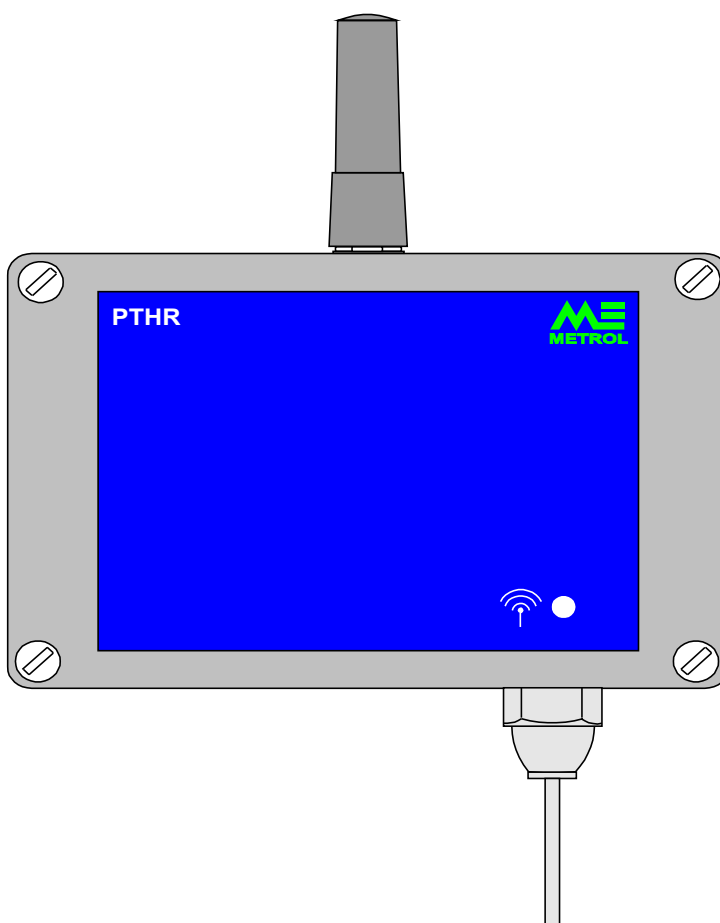
Przetworniki PTH1...5 mogą pracować z termorezystancyjnymi lub termoelektrycznymi czujnikami temperatury (z pomiarem temperatury zimnych końców) oraz z pojemnościowymi czujnikami wilgotności, innym rozwiązaniem jest zastosowanie scalonego modułu do jednoczesnego pomiaru temperatury i wilgotności z wyjściem cyfrowym. Czujniki pomiarowe umieszczone są w przeciwpyłowej osłonie metalowej. Czujniki mogą znajdować się bezpośrednio przy przetworniku obiektowym lub oddalone od niego, a podłączone dłuższym przewodem



Rys. 2.2. Schemat blokowy przetwornika PTH1...5

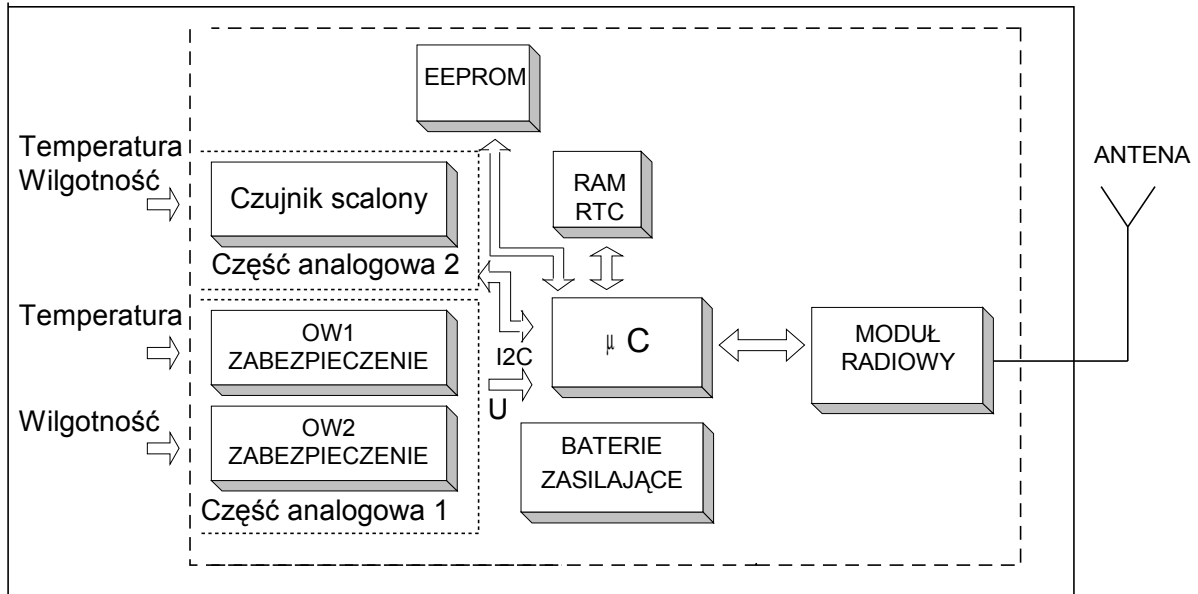
3. WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE I FUNKCJE PRZETWORNIKÓW PTHR1...5

Przetworniki PTHR1...5 wyposażone są w moduł radiowy. Zastosowany moduł pracuje na częstotliwości 868 MHz z modulacją GFSK, szybkość przesyłania danych wynosi 50kB/s. Nadajnik modułu pracuje z małą mocą (mniejszą niż 10mW) dzięki czemu przetworniki PTHR1...5 nie wymagają homologacji. Moduł radiowy przetwornika PTHR1...5 wykorzystywany jest do bezprzewodowej wymiany informacji z jednostką nadrzędną, tzn. do przesyłania wyników pomiarów, sygnałów alarmowych oraz do konfigurowania przetwornika. Konstrukcja bloku mikrokontrolera i obwodów wejściowych przetwornika PTHR1...5 jest podobna do przetwornika PTH1...5. Różnice w budowie w stosunku do przetworników PTH1...5 są następujące: zamiast zasilacza impulsowego do zasilania użyte zostały baterie litowe o rozszerzonym zakresie temperatur pracy (-55...+85°C), brak jest modułów klawiatury i wyświetlacza, wyjść analogowych, wyjść alarmowych i interfejsu szeregowego. Do sygnalizacji transmisji radiowej zastosowana została dioda LED o niskim poborze prądu. Moduł zegara czasu rzeczywistego po odpowiednim zaprogramowaniu steruje częstotliwością wykonywania pomiarów (od 1 minuty do 24 godzin – pojemność pamięci wynosi 4000 wyników pomiarów), w pamięci obok każdego wyniku pomiaru zapisywane są parametry daty i czasu. Zegar wykorzystywany jest również do synchronizacji czasowej transmisji radiowej z urządzeniem MASTER zbierającym wyniki pomiarów z poszczególnych przetworników. W trakcie, gdy przetwornik nie dokonuje pomiarów lub nie komunikuje się z systemem zbierającym pomiary przechodzi w stan niskiego poboru mocy w celu oszczędzania energii baterii zasilających. Zasięg pracy modułów radiowych w zależności od ukształtowania terenu, ilości przeszkód tłumiących sygnały fal radiowych wynosi do 200 metrów.



Rys. 3.1. Widok przetwornika PTHR1...5

Przed pierwszym uruchomieniem PTHR1...5 należy przeprowadzić procedurę identyfikacji przetwornika w systemie za pomocą dostarczonego wraz nim oprogramowania. Jest to procedura jednorazowa zapewniająca prawidłową pracę przetwornika w systemie pomiarowym i odpowiednią jego konfigurację. W przypadku wystąpienia zakłóceń transmisji radiowej nieprzesłane wyniki pomiarów nie są utracone lecz zostaną przesłane w kolejnej sesji wymiany danych.



Rys. 3.2. Schemat blokowy przetwornika PTHR1...5

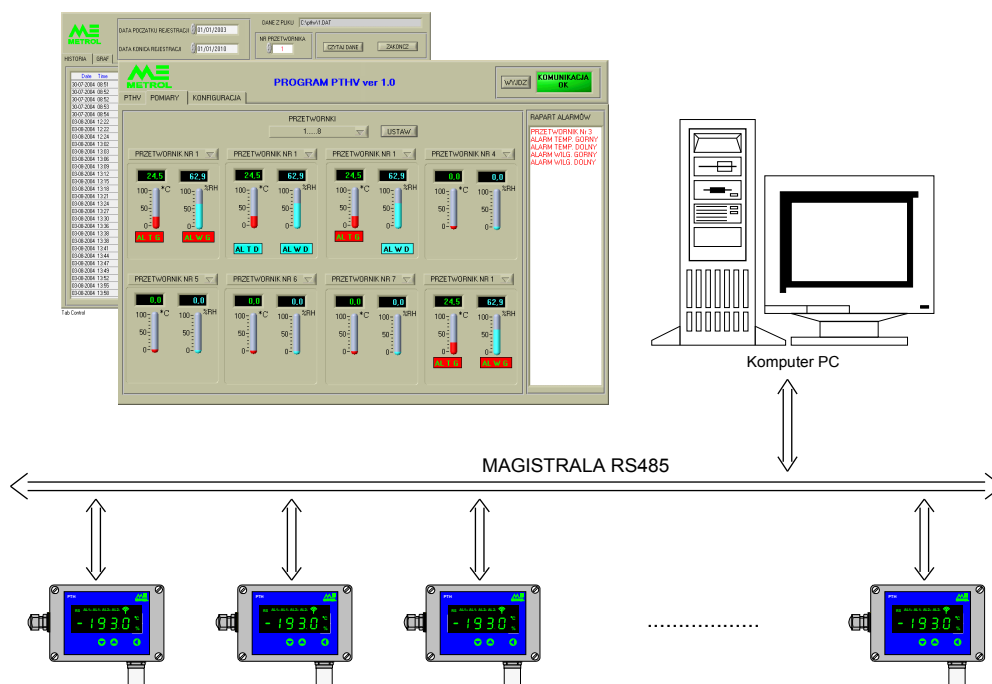
Tabela 3.1. Parametry przetworników PTHR1...5

Nazwa parametru	Wielkość parametru, jednostka miary
Pomiary temperatury	
Zakres pomiaru	-30 ... +65°C
Rozdzielczość odczytu	0,1°C
Dokładność pomiaru	± 0,5°C
Pomiary wilgotności względnej	
Zakres pomiaru	0...100%
Rozdzielczość odczytu	0,1%
Dokładność pomiaru	± 3,5% RH (± 2% RH)
Pomiar napięcia i prądu	
Zakresy pomiaru	±200mV, ±2V, ±10V, ±5mA, ±20mA, 4...20mA
Dokładność pomiaru	±0,05%
Parametry toru radiowego	
Czułość	-100dBm
Moc wyjściowa nadajnika	programowalna : -12.0 ... 8.0dBm
Częstotliwość pracy	868 MHz
Prędkość transmisji	50.0 kb/s
Przybliżony zasięg:	
- teren niezabudowany	200m
- teren słabo zabudowany	100m
- teren gęsto zabudowany	50m

4. PRZYKŁADY SYSTEMÓW MONITOROWANIA PARAMETRÓW KLIMATU OBIEKTU Z WYKORZYSTANIEM PRZETWORNIKÓW PTH1...5 I PTHR1...5

4.1. Budowa systemu pomiarowego z wykorzystaniem przetworników PTH1...5

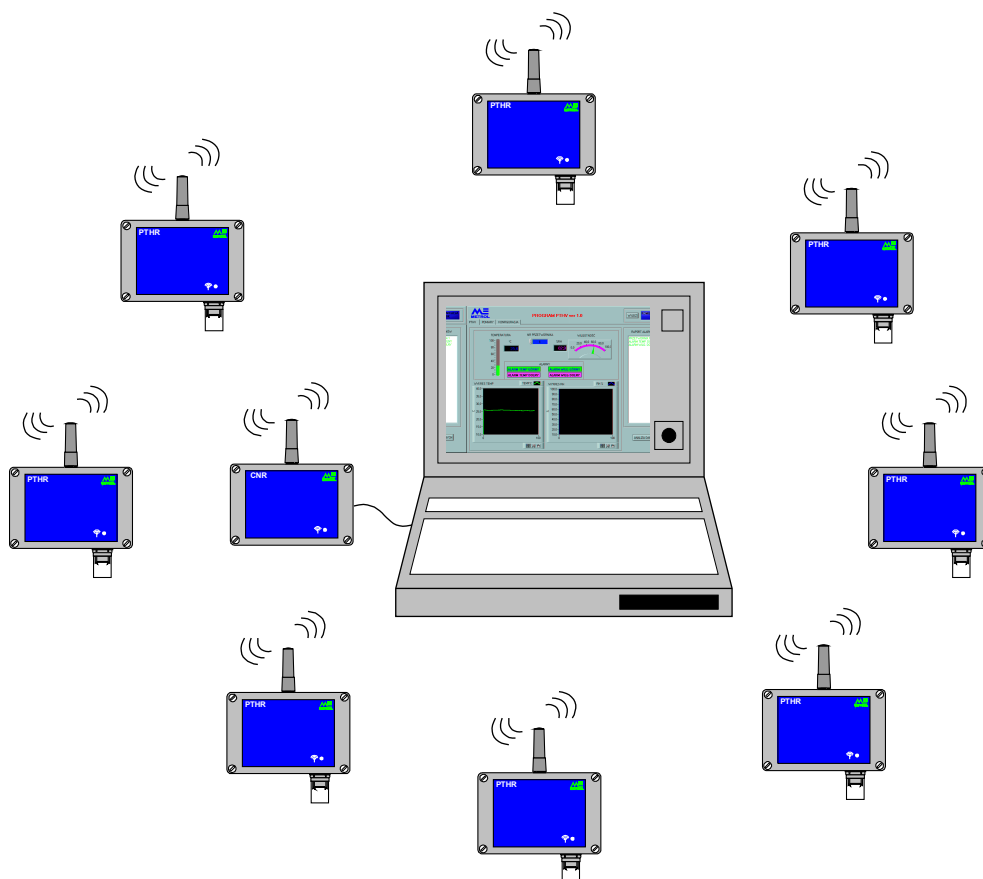
Przetworniki PTH1...5 wyposażone w moduł interfejsu szeregowego RS-485 mogą być wykorzystane do tworzenia rozproszonych systemów pomiarowych. Na rys. 4.1. przedstawiona jest przykładowa struktura systemu z wykorzystaniem magistrali interfejsu szeregowego RS-485.



Rys. 4.1. Struktura systemu pomiaru i wizualizacji temperatury i wilgotności wielu punktów pomiarowych z wykorzystaniem interfejsu szeregowego RS-485

4.2. Budowa systemu pomiarowego z wykorzystaniem przetworników PTHR1...5

Na rys. 4.2. przedstawiona jest struktura systemu pomiarowego z wykorzystaniem transmisji radiowej do przesyłania danych pomiarowych z przetworników PTHR1...5 do komputera. Cykl pracy przetworników PTHR1...5 składa się z kilku faz: pomiaru, wymiany danych z komputerem oraz stanu niskiego poboru energii. Przetwornik PTHR1...5 po odpowiednim skonfigurowaniu dokonuje pomiarów w zaprogramowanych odstępach czasowych i zapisuje wyniki w nieulotnej pamięci danych. Następnie w celu optymalnego wykorzystania baterii zasilających przetwornik PTHR1...5 przechodzi w stan niskiego zużycia energii. W zaprogramowanych momentach czasowych sterowanych wbudowanym zegarem czasu rzeczywistego dokonuje kolejnych pomiarów. Zegar czasu rzeczywistego wykorzystany jest również do uaktywniania modułu nadawczo-odbiorczego transmisji danych do stacji bazowej. Po wyjściu ze stanu uśpienia, układ transceivera (modem radiowy) przetwornika PTHR1...5 przechodzi w stan odbioru, wtedy stacja bazowa rozpoczyna pracę od fazy nadawania. Po przełączeniu układu transceivera (modemu radiowego) na odbiór, stacja bazowa oczekuje odpowiedzi od wywoływanego przetwornika. Odebranie przez moduł pomiarowy PTHR1...5 wywołania, które jest do niego adresowane, powoduje nawiązanie łączności, a następnie przesłanie danych (wyników pomiarów) do stacji bazowej



Rys. 4.2. Struktura systemu z wykorzystaniem transmisji radiowej

W celu prawidłowej transmisji danych przetwornik w określonych momentach czasowych synchronizuje czas wbudowanego zegara z zegarem stacji bazowej. Stacja bazowa po zebraniu danych z przetworników wraz z datą i czasem pomiaru zapisuje je w pamięci nieulotnej. Wyniki pomiarów są następnie przesyłane ze stacji bazowej przez interfejs RS-232C lub RS-485 z wykorzystaniem protokołu Modbus RTU do komputera z zainstalowanym oprogramowaniem wizualizacyjno- archiwizującym.

4.3. Funkcje systemu pomiarów i wizualizacji mikroklimatu pomieszczeń produkcyjnych

- pomiar oraz rejestracja temperatury i wilgotności względnej powietrza (automatyczny),
- archiwizacja danych pomiarowych,
- generowanie raportów o wyznaczonych godzinach,
- wydruk danych zgromadzonych na dysku,
- sygnalizacja, archiwizacja i raportowanie stanów alarmowych,
- sygnalizacja awarii urządzeń,
- obsługa zdarzeń,
- przeglądanie i wydruk trendów historycznych,
- wyznaczanie wartości minimalnych, maksymalnych, średnich dla określonego przedziału czasu,
- analiza danych zgromadzonych na komputerze umożliwia przedstawienie danych na wykresach czasowych, XY. Dane zgromadzone na dysku komputera mogą być także przedstawione w formie tabeli wraz z możliwością filtrowania zmiennych aktualnie wyświetlanych,
- konstrukcja modułowa systemu pomiarowego, umożliwiająca rozbudowę i modyfikację.

4.4. Oprogramowanie wizualizacyjne PTHV dedykowane do przetworników PTH1...5

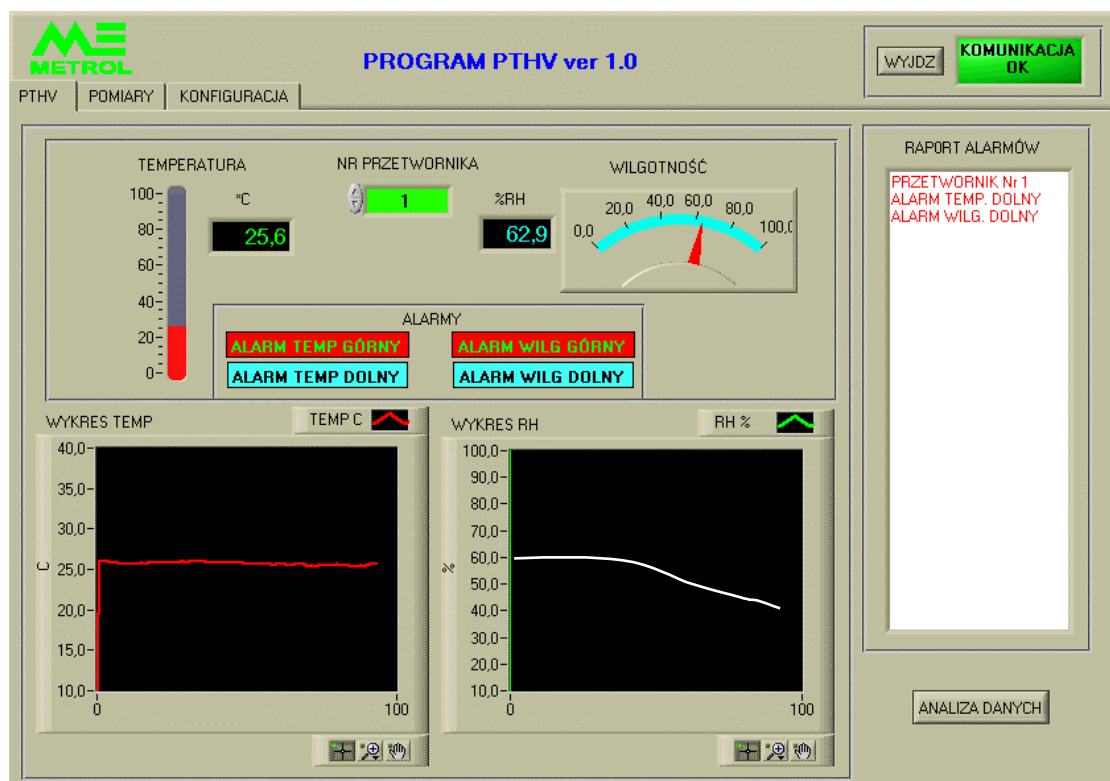
Program PTHV przeznaczony jest do współpracy z przetwornikami temperatury i wilgotności typu PTH1...5. Umożliwia wizualizację i archiwizację wyników pomiarów z 32 przetworników obiektowych za pomocą komputera. Wyniki pomiarów eksponowane są na ekranie. Możliwe jest przeglądanie danych pojedynczego wybranego przetwornika z wykresami w funkcji czasu lub obserwacja ekranu zawierającego grupę 8 przetworników PTH1...5 dowolnie wybranych. Program PTHV podczas wizualizacji wyników wyświetla w oknach raportowych przekroczenia alarmowe ze wszystkich załączonych przetworników. Użytkownik ma możliwość obserwacji stanów alarmowych dla wszystkich punktów pomiarowych, nawet tych, które w danym momencie nie są wywołane na ekranie.

Program PTHV wykonuje ciągłą rejestrację wyników pomiarów oraz stanów alarmowych, zapis danych dokonywany jest na dysku twardym komputera. Podczas wyświetlania bieżących wyników pomiarów istnieje możliwość analizy na ekranie komputera zapisanych wcześniej wyników z podaniem przedziału czasowego, oraz możliwość wykonania wykresów czasowych, a następnie wydruku na drukarce.

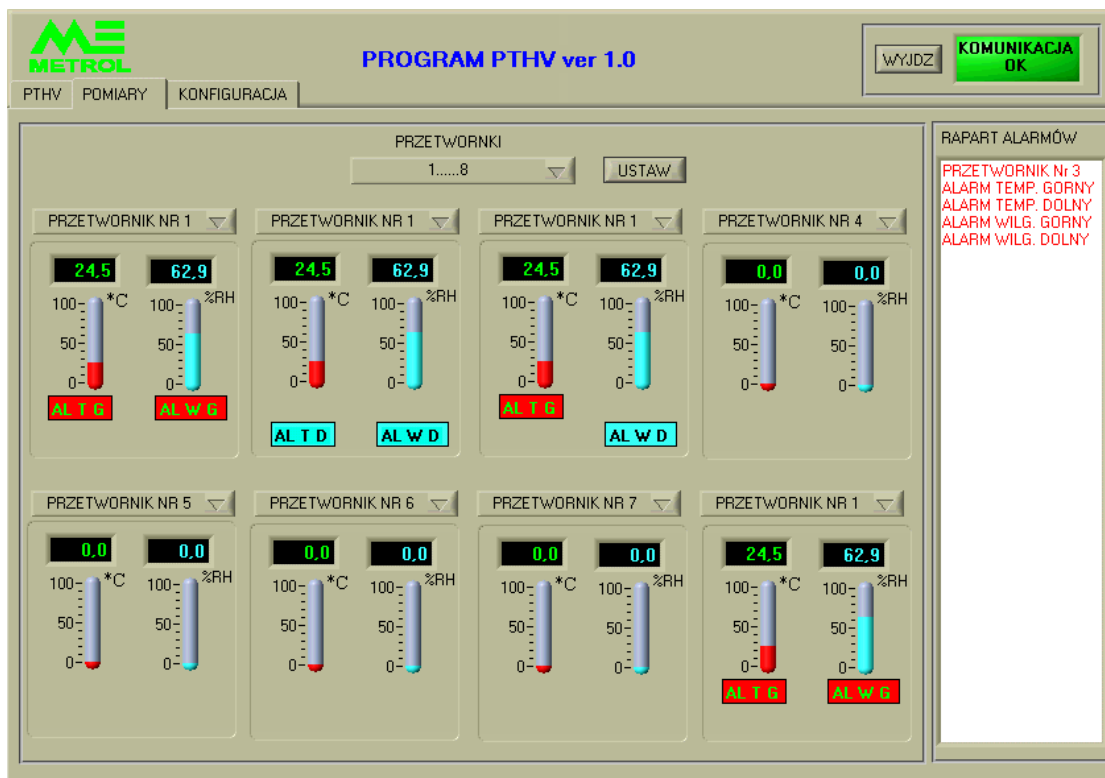
Program umożliwia również zmianę parametrów przetwornika i jego kalibrację. Funkcja ta zabezpieczona jest hasłem. Komunikacja z przetwornikami odbywa się za pomocą łącza RS-485 z wykorzystaniem standardowego protokołu komunikacyjnego MODBUS RTU.

4.5. Wizualizacja

Program PTHV umożliwia prezentację wyników pomiarów przetworników PTH1...5 na ekranie komputera, gdzie można obserwować wyniki pomiarów oraz przekroczenia wartości alarmowych. W programie istnieje możliwość wyboru obserwowanego przetwornika za pomocą okienka „NR PRZETWORNIKA”. Wyniki pomiarów mogą być prezentowane w postaci wykresów w funkcji czasu. Na rys. 4.3. – 4.6. przedstawione są przykładowe ekrany programu PTHV prezentujące wyniki pomiarów.



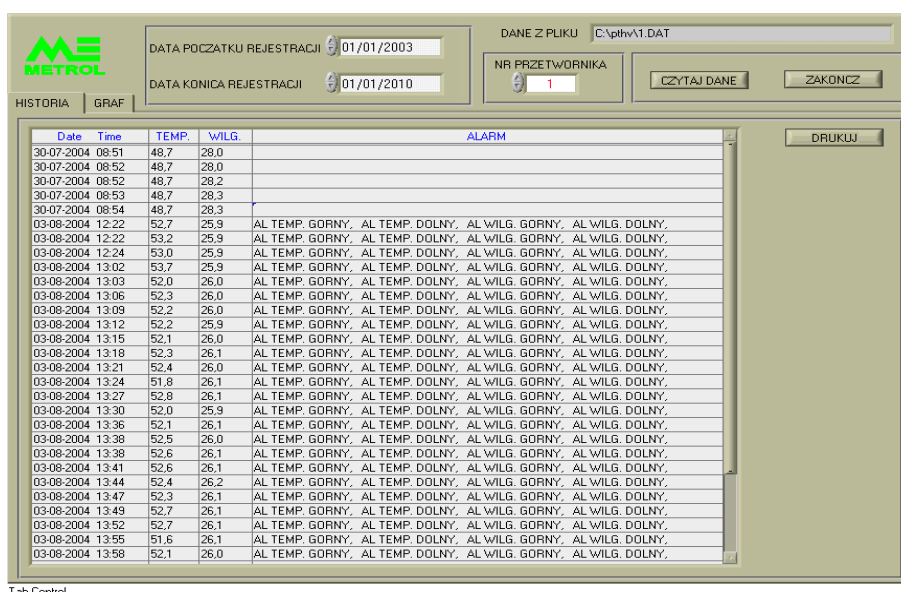
Rys. 4.3. Widok ekranu przedstawiającego temperaturę i wilgotność jednego przetwornika



Rys. 4.4. Widok ekranu przedstawiającego temperaturę i wilgotność ośmiu przetworników

4.6. Rejestracja wyników pomiarów z przetworników temperatury PTH1...5

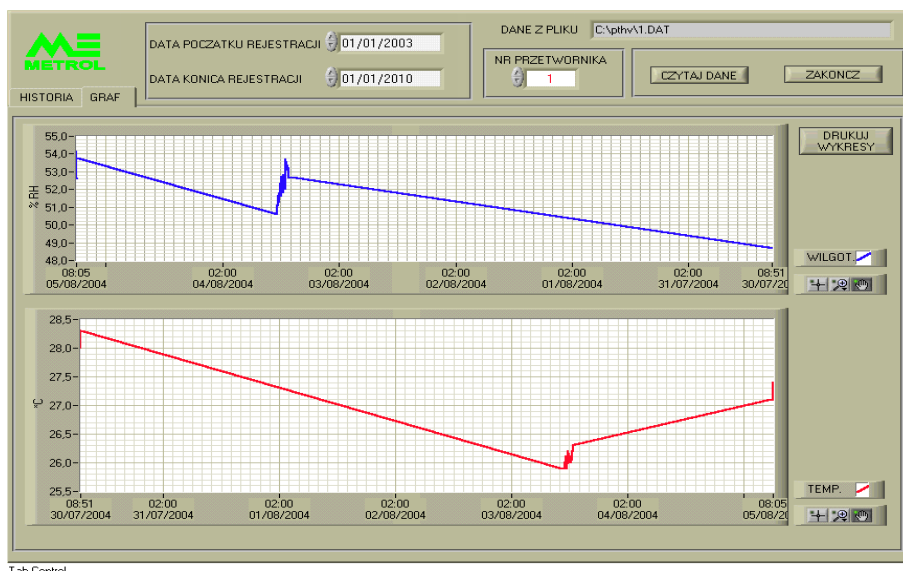
Program umożliwia zapisywanie wyników pomiarów i stanów alarmowych z przetworników PTH1...5. na dysku twardym komputera oraz późniejszą analizę wyników. Wyniki pomiarów przedstawione są w formie tabeli. Tabela przedstawia wyniki pomiarów i stany alarmowe w funkcji czasu (rys. 4.5). Istnieje możliwość obserwacji wyników pomiarów z dowolnie długiego czasu rejestracji.



Rys. 4.5. Ekran przeglądania wyników pomiarów

4.7. Sporządzanie wykresów

Program umożliwia prezentację wyników pomiarów w postaci wykresów w funkcji czasu z wybranego przedziału czasowego (rys.4.6.), podobnie jak w przypadku tabeli p.4.5. Na ekranie obok każdego wykresu znajduje się paleta z narzędziami do jego obsługi. Umożliwia m.in. zmianę zakresu zarówno w osi czasu jak i w osi wyników pomiarów oraz przesuwanie wykresów.



Rys. 4.6. Ekran prezentacji wyników pomiarów w postaci wykresów

5. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono rozwiązania w zakresie systemów pomiaru i rejestracji temperatury i wilgotności względnej powietrza z wykorzystaniem przetworników produkowanych przez OBR ME „METROL”. Wyposażenie przetworników w wejścia do współpracy z wieloma typami czujników temperatury i wilgotności, zastosowanie w nich wyjść analogowych, alarmowych i interfejsu RS-485 pozwala na wykorzystanie w różnych systemach pomiarowych i regulacyjnych. Dodatkowo protokół transmisji MODBUS RTU pozwala na dołączenie ich do już istniejących systemów pracujących w oparciu o ten protokół lub tworzenie systemów, w których mogą współpracować z urządzeniami innych firm. Przetworniki PTHR1...5 umożliwiają stworzenie bezprzewodowego systemu pomiarowego w obiektach, w których utrudniona jest możliwość stworzenia sieci przewodowej. System bezprzewodowej transmisji danych i baterijnego zasilania modułów pomiarowych umożliwia ich łatwe przemieszczanie w całym kontrolowanym pomieszczeniu co ma istotne znaczenie praktyczne w przypadkach częstych zmian: rodzaju magazynowanych produktów, miejsc ich składowania lub liczby monitorowanych punktów. Zastosowanie cyfrowej transmisji danych zmniejsza wrażliwość systemu na zakłócenia pochodzące od silnych nadajników radiowych.

Przedstawione w referacie oprogramowanie dedykowane do przetworników obiektowych PTH1...5 oferowane przez OBR ME „METROL”. może być przystosowane także pod specjalne wymagania zamawiającego.

LITERATURA

- [1] Szumski J.: „Monitorowanie wilgotności w pomieszczeniach”; III Sympozjum Naukowo-Techniczne "Pomiary i sterowanie w procesach przemysłowych - zastosowanie

oprogramowania wizualizacyjnego", Wyd. OBR ME Zielona Góra, Zielona Góra, listopad 1997, s. N1-3.

- [2] Szumski J.: „Aparatura do monitorowania wilgotności w pomieszczeniach oferowana przez METROL, Wyd. OBR ME METROL, Zielona Góra 1999.
- [3] Reska D., Szumski J., Twardowski M. : „Pomiar i regulacja klimatu pomieszczeń przy produkcji środków spożywczych pochodzenia zwierzęcego” Wyd. OBR ME METROL, Zielona Góra 2002.
- [4] Dobrzyński J. „Prawo krajowe, wymagania UE i standardy HACCP w przetwórstwie rolno-spożywczym” Wyd. OBR ME METROL, Zielona Góra 2002.
- [5] Adamski P, Kędzierski E., Walkowiak G., „Pomiary i rejestracja parametrów klimatu w obiektach stacjonarnych i mobilnych” Wyd. OBR ME METROL, Zielona Góra 2004
- [6] Krzysztof Biernacki Wojciech Pierzgalski Paweł Studziński „Bezprzewodowy system rozproszony do pomiaru i rejestracji parametrów klimatycznych” MKM 2005