

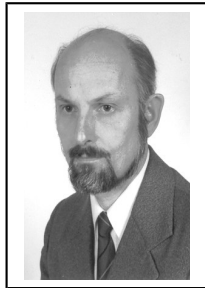
Jerzy JAKUBIEC

INSTYTUT METROLOGII, ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice

System diagnostyki cieplnej budynków

Prof. dr hab. inż. Jerzy JAKUBIEC

Pracownik Instytutu Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej. Studia ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w 1971 r., w 1978 uzyskał stopień doktora, w 1989 – doktora habilitowanego, a w 2004 – tytuł profesora. Zainteresowania naukowe: analiza propagacji błędów w systemach pomiarowo-sterujących, synteza modeli niepewności algorytmów przetwarzania danych pomiarowych, modelowanie metrologicznych właściwości torów przetwarzania analogowo-cyfrowego.



e-mail: jerzy.jakubiec@polsl.pl

Streszczenie

W artykule opisano system do pomiaru wielkości charakteryzujących stan cieplny obiektu, którym może być budynek wielokondygnacyjny lub kompleks budynków. Przyrządy w systemie organizowane są w węzły, którymi zarządzają sterowniki węzłów połączone z przyrządami pomiarowymi za pomocą interfejsów szeregowych. Natomiast same sterowniki komunikują się z komputerem lokalnym, nadzorującym pracę systemu, przy użyciu transmisji bezprzewodowej. Operator system może prowadzić pomiary zdalnie za pośrednictwem Internetu z możliwością dodatkowego wykorzystania sieci telefonii komórkowej.

Słowa kluczowe: diagnostyka cieplna budynków, system pomiarowy, komunikacja bezprzewodowa.

A system of thermal building diagnostics

Abstract

The paper presents properties of a system for measurements of quantities which determine thermal state of buildings. The system can be used both in investigations of thermal processes in buildings and for monitoring thermal processes to perform an energy consumption audit. The general structure of the system is shown in Fig. 1 where K denotes the multifunctional element, called a communicator, the main role of which is to organize measurement instruments in nodes W_1, \dots, W_n as it is shown in Fig. 2. Moreover, communicators are used in the system for realizing wireless transmission in the ZigBee standard with a local computer which controls the whole system. The local computer can be connected by the Internet with others computers, which work as consoles of this local one installed in the object of diagnostic. In Fig. 3 there is shown the communicator connected with analog modules constructed to connect sensors with an analog output such as a voltage, a current or a resistance. Instruments which can be used in the system are mentioned in the text under Fig. 3, i.e. combustion analyzer GA 40 PLUS etc. The scheme of the communicator is presented in Fig. 4. The communicator is built on the basis of an ADuC836 microcontroller cooperating with the ZigBee module ATZB-A24-UFL. It is used in the system in several roles, as: a measurement node controller, a router of wireless network and a coordinator of this network. These functions are realized according to implementation of the RTOS operating system [8] working in the real-time, multitasking mode. Each measuring instrument is supplied by a separated task, which enables simple modification of programs and introduction of new instrument tasks. The diagnostic system is managed from a local computer by using the program written in the LabView environment, the main role of which is to organize the central database, shown in Fig. 5, exchanging measurement and control data with the node controllers. The system operator communicates with this program by using a system of windows shown in Fig. 6, which enables introducing measurement parameters and realizing the measurement data visualization.

Keywords: thermal diagnostic of buildings, measurement system, wireless communication.

1. Wstęp

Cel diagnostyki cieplnej budynków można ogólnie określić jako wyznaczenie strumieni ciepła dostarczanego i odprowadzanego z budynku, czego efektem końcowym jest swoisty bilans energetyczny obiektu. Działania te realizowane są pod kątem uzyskiwania dwojakiego rodzaju efektów. Po pierwsze, znając istotne czynniki powodujące straty ciepłne w budynku można poszukiwać środków ich zmniejszania, co jest głównym zadaniem audytu energetycznego istniejących obiektów, a minimalizacja tych strat stanowi istotny aspekt projektowania nowych budynków. Po drugie, bieżące monitorowanie stanu cieplnego budynku pozwala na budowanie systemów automatyki, które optymalizują jego bilans cieplny i pozwalają tym samym na oszczędzanie energii [1].

Omawiany tu system diagnostyki został zbudowany dla celów realizacji pomiarów charakteryzujących stan cieplny eksploatowanych budynków, co oznacza, że pomiary wykonywane są in-situ. A zatem z założenia jest to system przenośny, który może być instalowany w różnego rodzaju budynkach oraz ich zespołach w celu uzyskiwania danych pomiarowych o stanie cieplnym obiektu przez okres czasu pozwalający na otrzymanie reprezentatywnych zbiorów danych. System ten przewidziany jest także do wykorzystania w eksperymentach badawczych, gdyż aktualny stan wiedzy na temat procesów, związanych z wymianą ciepła między budynkiem a otoczeniem, wymaga prowadzenia intensywnych badań na różnego rodzaju obiektach rzeczywistych. Możliwe jest także wykorzystanie systemu do prowadzenia audytu energetycznego budynków.

W celu uzyskania przedstawionych właściwości umożliwiono integrowanie w systemie różnego rodzaju aparatury pomiarowej, stosowanej aktualnie dla celów uzyskiwania wyników pomiarowych charakteryzujących stan cieplny budynku. Aparatura ta poddawana jest przez producentów ciągłej modernizacji, a tym samym zmieniają się zarówno jej właściwości metrologiczne, jak i wykorzystywane interfejsy komunikacyjne. Aby umożliwić użytkowanie takiej aparatury zapewniono odpowiednią elastyczność systemu, rozumianą jako zdolność do integracji różnorodnej aparatury pomiarowej, stosowanej aktualnie i w najbliższej przyszłości dla celów pomiaru stanu cieplnego budynków. Ponadto zbudowano moduł analogowy przystosowany do wykorzystywania w systemie różnego rodzaju czujników o wyjściu napięciowym, prądowym lub rezystancyjnym.

Rozwój technologii komunikacyjnych udostępnił dużą gamę rozwiązań, które mogą być stosowane w systemach istotnie podnosząc ich walory eksploatacyjne. Przede wszystkim należy tu wymienić Internet oraz interfejsy bezprzewodowe, jako podstawowe środki komunikacji we współczesnych systemach pomiarowych [2]. Interfejsy bezprzewodowe umożliwiają nie tylko tworzenie systemów przenośnych, ale także pozwalają na przestrzenną dyslokację punktów pomiarowych, co jest istotne w przypadku eksperymentów prowadzonych bezpośrednio na obiektach w postaci eksploatowanych budynków, gdzie poprowadzenie wymaganego okablowania jest praktycznie niemożliwe. Natomiast Internet umożliwia zdalny dostęp do systemu, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie eksperymentów z dowolnego miejsca w sieci. Jest to szczególnie istotne podczas długotrwałych badań, gdyż dzięki zdalnemu nadzorowi nad systemem nie jest konieczna fizyczna obecność operatora w obiekcie. W zbudowanym systemie wykorzystano te środki w sposób zapewniający dużą elastyczność w zakresie tworzenia różnorodnych jego konfiguracji dostosowanych do warunków realizacji pomiarów.

Aktualny stan rozwoju systemów pomiarowych, używanych do diagnostyki cieplnej budynków, w niewielkim stopniu dostarcza rozwiązań mogących stanowić inspirację nowoczesnych konstrukcji systemów, które spełniają wszystkie wymienione powyżej wymagania. W związku z tym opisany system został zbudowany od

podstaw, z wykorzystaniem najnowszych rozwiązań sprzętowych i programowych. System ten integruje typowe przyrządy pomiarowe używane do diagnostyki cieplnej budynków oraz umożliwia dołączanie czujników specyficznych dla prowadzonych eksperymentów badawczych. Lokalna transmisja w obrębie budynku odbywa się w sposób bezprzewodowy, natomiast komunikacja zdalna jest realizowana za pomocą standardowych rozwiązań internetowych i sieci telefonii komórkowej.

2. Budowa i funkcjonowanie systemu

Ogólną strukturę systemu pokazano na rys. 1. Pomiary w systemie wykonywane są za pomocą zespołów wyspecjalizowanych przyrządów, zorganizowanych w węzły pomiarowe, oznaczone jako W_1, \dots, W_n . Każdy z węzłów zarządzany jest przez sterownik węzła nadzorujący przepływ informacji przy użyciu interfejsów szeregowych. Funkcję sterownika spełnia wielofunkcyjne urządzenie nazywane komunikatorem i oznaczone na rys. 1 symbolem K.

Rys. 1. Ogólna struktura systemu diagnostyki cieplnej budynków, W_1, \dots, W_n – węzły pomiarowe, K – komunikatory
Fig. 1. General structure of the system of thermal building diagnostics, W_1, \dots, W_n – measurement nodes, communicators

Istotną funkcją komunikatora w systemie jest także umożliwienie wymiany informacji między lokalnymi bazami danych, tworzonymi w komunikatorach spełniających funkcję sterowników węzłów, a centralną bazą danych, działającą na komputerze lokalnym. Ogólnie komunikator może spełniać w systemie cztery funkcje:

- sterownika węzła pomiarowego, zarządzającego zespołami przyrządów pomiarowych za pośrednictwem szeregowych interfejsów przewodowych RS 485 i RS 232,
- koordynatora sieci bezprzewodowej, zarządzającego komunikacją w sieci bezprzewodowej w standardzie ZigBee,
- urządzenia sprzęgającego sieć bezprzewodową z komputerem lokalnym, który służy do zarządzania systemem z poziomu obiektu,
- rutera sieci bezprzewodowej, spełniającego w systemie funkcję wzmacniacza sygnału radiowego.

Podstawowym podzespołem systemu jest węzeł pomiarowy, organizujący pracę grupy przyrządów pomiarowych w sposób pokazany na rys. 2.

Rys. 2. Struktura węzła pomiarowego systemu, S oznacza sterownik węzła, PP – przyrząd pomiarowy, MA – modul analogowy, CZ – czujnik
Fig. 2. Structure of a system measurement node; S - node controller, PP - measurement instrument, MA - analog module, CZ - sensor

Głównym elementem węzła jest komunikator pracujący jako sterownik S. Podstawowe zadania sterownika można określić jako:

- komunikację z przyrządami pomiarowymi, której celem jest przekazywanie poleceń sterujących i odbiór danych pomiarowych za pomocą interfejsów szeregowych,
- archiwizację danych ze wszystkich przyrządów za okres trwania eksperymentu pomiarowego,
- komunikację z koordynatorem sieci bezprzewodowej.

Do jednego sterownika można podłączyć do 8 przyrządów, w tym maksymalnie 4 moduły analogowe. Służą do tego złącza szufladowe widoczne na zdjęciu z rys. 3. Aktualnie w systemie wykorzystywane są przyrządy:

- analizator spalin GA 40 PLUS,
- miernik energii elektrycznej BM-157,
- wielokanałowy rejestrator temperatury MTT-302,
- stacja meteorologiczna VANTAGE PRO2,
- mikromanometr różnicowy CMR-10A,
- przepływomierz ultradźwiękowy.

Zadaniem modułu analogowego jest pomiar wielkości analogowej, dającej się przetworzyć za pomocą czujników na jedną z trzech wielkości elektrycznych: rezystancję, napięcie lub prąd. Podstawowym podzespołem tego modułu jest mikrokontroler ADuC836 firmy Analog Devices [3]. Zawiera on dwa toru pomiarowe z 16-bitowymi przetwornikami AC typu Sigma-Delta, przy czym jeden z torów zawiera wzmacniacz o regulowanym cyfrowo współczynniku wzmocnienia. Mikrokontroler wyposażony jest w czujnik temperatury, co daje możliwość korygowania błędów temperaturowych toru pomiarowego. Moduł zawiera ponadto źródło napięcia wzorcowego o dużej stabilności temperaturowej, co umożliwia realizację pomiarów z odpowiednio dużą dokładnością. Maksymalna częstotliwość próbkowania wynosi około 100 razy na sekundę, co w pełni zaspakaja potrzeby próbkowania wartości chwilowych sygnałów charakteryzujących procesy cieplne. W aktualnej wersji systemu moduł analogowy wykorzystywany jest do pomiaru temperatury przy użyciu czujników Pt100.

Na rys. 3 pokazano widok komunikatora i modułu analogowego. Obydwa wymienione komponenty systemu zostały skonstruowane pod kątem realizacji wyspecjalizowanych zadań systemu.



Rys. 3. Fotografia pokazująca komunikator połączony kablami z 2 modulami analogowymi
Fig. 3. Photograph of the communicator connected with 2 analog modules by cables

Dane pomiarowe gromadzone są na bieżąco w sterowniku węzła i zarazem przesyłane za pomocą sieci bezprzewodowej do komunikatora pracującego jako koordynator sieci bezprzewodowej, połączonego z komputerem lokalnym przy użyciu łącza USB. Głównym zadaniem komputera lokalnego jest zarządzanie systemem, a w szczególności:

- konfigurowanie systemu, polegające na przekazywaniu do węzłów informacji, z jakimi przyrządami mają współpracować oraz określenie parametrów pomiarów (rodzaju mierzonej wielkości, częstotliwości próbkowania itp.),
- bieżące odbieranie danych pomiarowych oraz ich archiwizacja,
- wizualizacja danych pomiarowych w postaci przebiegów oraz wskazań przyrządów,
- komunikacja z operatorem.

Komputer lokalny jest połączony z komputerami zdalnymi za pośrednictwem Internetu. Jeden z komputerów zdalnych spełnia rolę bazy danych służącej do przechowywania i udostępniania wszystkich danych pomiarowych, które zostały uzyskane za pomocą systemu. Pozostałe komputery wykorzystywane są jako zdalne konsole komputera lokalnego, dzięki czemu umożliwiają realizację wszystkich jego zadań na odległość.

System przedstawiony ogólnie na rys. 1 może pracować w jednej z trzech postaci, o charakterystycznych strukturach. Są to:

- struktura skupiona,
- struktura zdekomponowana,
- struktura rozproszona.

System o strukturze skupionej przeznaczony jest do prowadzenia pomiarów zasadniczo w jednym pomieszczeniu, gdy możliwa jest bezpośrednia komunikacja bezprzewodowa między sterownikami węzłów a koordynatorem sieci bezprzewodowej. Natomiast system o strukturze zdekomponowanej wykorzystywany jest w sytuacji, gdy pomiary przeprowadza się równocześnie w kilku odległych pomieszczeniach, jak również w sytuacji, gdy obiektem pomiaru jest zbiór budynków. System taki można traktować zasadniczo jako zbiór autonomicznych systemów o wspólnej bazie danych.

System o strukturze rozproszonej jest stosowany w przypadku, gdy używa się jednego komputera lokalnego, a pomiary realizowane są w odległych pomieszczeniach lub osobnych budynkach. W tej sytuacji nie jest na ogół możliwe bezpośrednie połączenie radiowe między węzłami a koordynatorem i trzeba zastosować routery, których zadaniem jest w tym przypadku odpowiednie wzmocnienie sygnału radiowego. Na drodze między węzłem a koordynatorem może pracować kilka ruterów, co pozwala na uzyskiwanie w tego rodzaju systemie dość znacznych odległości między węzłami i koordynatorem.

Prócz opisanych 3 podstawowych struktur, w praktyce można stosować także i inne, będące ich kombinacją. Możliwości w tym zakresie określone są głównie przez właściwości standardu ZigBee zastosowanego do transmisji bezprzewodowej w systemie. Ponadto należy dodać, że poszczególne węzły systemu mogą pracować autonomicznie pod nadzorem sterownika, który spełnia wówczas funkcje rejestratora. Wyniki zapamiętane w sterowniku są przenoszone do bazy danych po zakończeniu pomiarów.

3. Budowa i oprogramowanie komunikatora

Schemat komunikatora pokazano na rys. 4. Jest on wyposażony w mikrokontroler ATXMEGA128-A3 [4], zawierający pamięć programu typu flash o pojemności 120 KB z dodatkowym obszarem 8 KB, który może być przeznaczony na dane oraz 8 KB pamięci zawierającej program ładujący. Wewnętrzna pamięć danych obejmuje 8 KB pamięci trwałej EEPROM oraz 2 KB pamięci statycznej SRAM. Do odmierzenia czasu astronomicznego zastosowano układ DS1307 firmy MAXIM [5]. Mikrokontroler obsługuje 5 kanałów transmisji w standardzie RS488, 3 kanały RS 232C, wyposażone w optoizolację, oraz jedno złącze USB, wykorzystywane do komunikacji z komputerem lokalnym.



Rys. 4. Schemat blokowy komunikatora
Fig. 4. Block scheme of the communicator

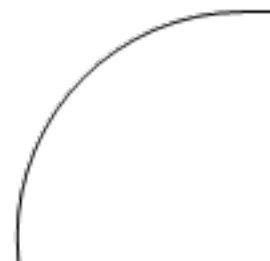
Mikrokontroler komunikatora współpracuje z trwałą pamięcią zewnętrzną DataFlash AT45DB642 firmy Atmel o pojemności 64Mb [6], w której tworzona jest lokalna baza danych służąca do przechowywania wyników pomiaru. Pojedynczy wynik stanowi 16 bajtowy rekord będący strukturą danych obejmującą 32 bitowy identyfikator, 32 bitowy znacznik czasu, 32 bitowy wynik pomiaru w formacie zmiennoprzecinkowym IEEE-754, 8 bitowy numer kanału oraz znacznik końca rekordu.

Pamięć DataFlash jest zorganizowana w 8192 strony o rozmiarze 1024 bajty każda, co pozwala na przechowanie ponad 500 000 wyników pomiaru. Dzięki temu możliwa jest realizacja pomiarów nawet przy długotrwałym zerwaniu transmisji bezprzewodowej, a także wykorzystanie komunikatora do pracy autonomicznej (bez komunikacji z komputerem lokalnym) jako rejestratora wyników pomiaru. W takim przypadku wyniki zapamiętane w lokalnej bazie danych są przekazywane do systemu po zakończeniu pomiarów i po podłączeniu komunikatora do dowolnego komputera w systemie.

Do komunikacji bezprzewodowej między komunikatorami wykorzystano moduł ATZB-A24-UFL firmy Atmel pracujący w standardzie ZigBee [7], który sprzężony jest z mikrokontrolerem głównym przy użyciu interfejsu RS 232C. Moduł ten przy pełnej mocy nadajnika zapewnia transmisję na odległość do 1 km przy braku przeszkód. Może być skonfigurowany jako urządzenie końcowe sieci bezprzewodowej i w takiej roli pracuje w sterowniku węzła. W przypadku, gdy moduł spełnia funkcję routera, komunikator wykorzystywany jest do wzmocniania sygnałów radiowych i wówczas mikrokontroler główny wprowadzany jest w stan uśpienia. Natomiast użycie tego modułu jako koordynatora sieci powoduje, że komunikator spełnia rolę elementu sprzęgającego sieć bezprzewodową z komputerem lokalnym za pomocą interfejsu USB.

Komunikator może być zasilany z trzech źródeł: sieci energetycznej, akumulatorów wewnętrznych, doładowywanych za pomocą ładowarki zewnętrznej lub z akumulatora zewnętrznego. Poszczególne rodzaje zasilania przełączane są automatycznie za pomocą układu sterującego. Dzięki możliwości wprowadzania mikrokontrolera głównego w stan uśpienia w okresie między momentami obsługi przyrządów pomiarowych możliwa jest długotrwała praca komunikatora bez zasilania sieciowego. W przypadku, gdy komunikator spełnia rolę koordynatora sieci bezprzewodowej, to zasilany jest z komputera lokalnego przez port USB.

Oprogramowanie komunikatora działa w sposób pokazany ogólnie na rys. 5.



Rys. 5. Sieć działań programu komunikatora
Fig. 5. Block diagram of the communicator program

W zależności od pełnionej funkcji oprogramowanie komunikatora może pracować w trybie sterownika węzła lub w trybie koordynatora sieci bezprzewodowej. W pierwszym przypadku moduł ZigBee pełni funkcję urządzenia końcowego tej sieci. Wówczas program wykonywany przez mikrokontroler główny wykonuje następujące działania:

- sprawdza bieżącą konfigurację przyrządów pomiarowych w węźle i na tej podstawie uruchamia poszczególne zadania pomiarowe oraz realizuje cykliczną aktywację wykonywania pomiarów przez przyrządy,
- aktywizuje podprogramy (zadania pomiarowe) obsługujące przyrządy pomiarowe, przyłączone do portów szeregowych,
- realizuje transmisję radiową wyników pomiarów do centralnej bazy danych, organizowanej na komputerze lokalnym,
- przeprowadza archiwizację wyników pomiarów w lokalnej bazie danych, mieszczącej się w pamięci trwałej komunikatora.

Sterownik węzła musi realizować współbieżnie wiele zadań. Aby to umożliwić opracowano system operacyjny typu RTOS (ang. Reduce Task Operating System), realizujący przełączanie zadań [8] i działający na zasadzie podziału czasu [9]. System ten umożliwia współbieżną realizację 8 zadań oraz, niezależnie od nich, obsługę przerwań.

Komunikator zostaje wprowadzony w tryb koordynatora w przypadku, gdy jest połączony z komputerem lokalnym (laptopem), na którym działa oprogramowanie nadzorujące działanie całego systemu, w tym program sprzęgający centralną bazę danych z bazami lokalnymi. Program ten realizuje dwa zadania:

- odczytuje z centralnej bazy danych konfigurację systemu i wysyła ustawienia portów do odpowiednich sterowników węzłów,
- odbiera od sterowników węzłów wyniki pomiarów, przechowywane w ich lokalnych bazach danych, i przesyła je do programu zarządzającego centralną bazą danych w celu ich przechowania.

W trybie koordynatora komunikator nie wykonuje obsługi sygnałów przerwań z portów szeregowych C0, C1, D0, D1 i E0, a jedynie obsługuje sygnały przerwań z portów szeregowych E1 (realizuje połączenie z interfejsem USB) i F0 (połączenie z modułem ZigBee). Działanie programu sterownika w tym trybie polega na kopiowaniu bajtów nadchodzących z portu E1 do portu F0 i z portu F0 do portu E1.

4. Oprogramowanie komputera lokalnego

Podstawowym zadaniem tego oprogramowania jest zarządzanie procesem pomiaru w systemie. Polega ono na konfigurowaniu systemu po kącie realizacji pomiarów, nadzorowaniu ich wykonywania wraz z wizualizacją danych pomiarowych, pozyskiwaniu tych danych i lokowaniu ich w centralnej bazie danych. Wymienione działania są wynikiem realizacji dwóch niezależnych aplikacji: programu wizualizacji i zarządzania systemem, nazywanego w skrócie programem zarządzającym, oraz programu komunikacji, służącego do wymiany danych między komputerem lokalnym a koordynatorem sieci bezprzewodowej [10].

Koncepcja wymiany danych między aplikacjami wynika z konstrukcji centralnej bazy danych, której strukturę pokazano na rys. 6. Baza ta zawiera zarówno wyniki pomiarów, jak i dane konfiguracyjne systemu. Program zarządzający umożliwia operatorowi wprowadzanie danych konfiguracyjnych oraz wskazywanie danych pomiarowych dla celów ich wizualizacji. Natomiast program komunikacji uaktualnia bazę danych, wprowadzając do niej na bieżąco wyniki pomiarów, a zarazem za pośrednictwem koordynatora przekazuje dane konfiguracyjne do lokalnych baz danych w sterownikach węzłów.

Rys. 6. Schemat wymiany informacji pomiędzy zadaniami realizowanymi przez komputer lokalny

Fig. 6. Scheme of information interchange between the tasks realized by a local computer

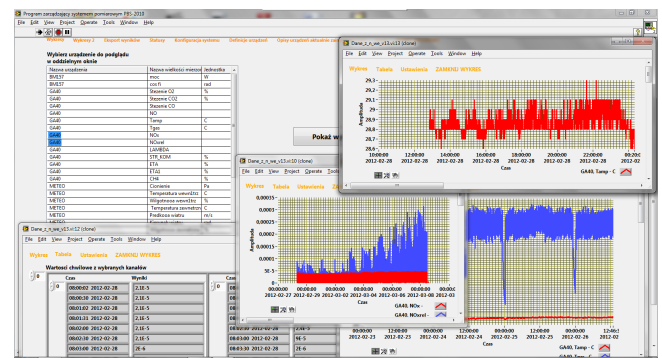
Baza danych obejmuje pięć tabel:

- WYNIKI – zawiera dane pomiarowe,
- KONFIGURACJA – zawiera bieżącą konfigurację systemu (adresy węzłów, podłączone przyrządy, parametry pomiarów),
- DEFINICJE_ELEMENTOW_SYST – jest to spis przyrządów możliwych do zastosowania w systemie, zawiera rodzaje wielkości mierzonych, jednostki, opisy informacji statusowych,
- MIERNIKI – służy do przechowywania opisów mierników wykorzystywanych w aktualnie w systemie (miejsce zainstalowania, rodzaj przyrządu z tablicy DEFINICJE_ELEMENTOW_SYST),
- OBIEKTY – w bazie danych mogą być zgromadzone dane z wielu różnych obiektów, w każdym obiekcie może być zainstalowany inny zestaw przyrządów. Aby ułatwić wyszukiwanie danych, dla każdego przyrządu definiowanego w tablicy MIERNIKI wpisywany jest numer obiektu, na którym dany przyrząd był zainstalowany. Tablica OBIEKTY zestawia numery obiektów z ich nazwami opisowymi.

Program zarządzający systemem, pracujący w środowisku LabView, pozwala na realizację trzech podstawowych zadań:

- początkową konfigurację systemu przed rozpoczęciem wykonywania pomiarów,
- podgląd wyników pomiarów, zarówno bieżących, jak i archiwalnych,
- eksport danych pomiarowych zarówno w trakcie pomiarów, jak i po ich zakończeniu.

Działania wykonywane w trakcie tych zadań wybierane są przy użyciu zakładek programu zarządzającego [4]. Zakładki te mogą być wyświetlane w oddzielnych oknach, a także można otworzyć je w jednym oknie, jak pokazano to na rys. 7.



Rys. 7. Okno programu zarządzającego wieloma zakładkami otwartymi jednocześnie
Fig. 7. Window of the program managing few folds opened at the same time

Konfiguracja systemu jest niezbędna, gdy przystępuje się do pomiarów na nowym obiekcie. Aby ją przeprowadzić, należy najpierw zdefiniować obiekt przez wpisanie jego opisu do tablicy OBIEKTY, a następnie określić urządzenia obsługiwane przez system przez wypełnienie w bazie danych tablicy DEFINICJE_ELEMENTOW_SYST. Kolejną czynnością polega na doborze zbioru przyrządów aktualnie wykorzystywanych w systemie wraz ze sporządzeniem opisu miejsca ich zainstalowania przy

użyciu tablicy MIERNIKI w bazie danych. Tablica ta zawiera spis przyrządów aktualnie obsługiwanych przez system wraz z opisem pozwalającym na zidentyfikowanie przyrządu również w przypadku, gdy używanych jest wiele takich samych przyrządów. Ostatni krok konfiguracji systemu polega na przypisaniu przyrządów do konkretnych węzłów sieci, wybraniu mierzonych wielkości oraz określeniu parametrów transmisji i pomiarów. Służy do tego tablica KONFIGURACJA SYSTEMU.

Celem wizualizacja jest wyświetlanie wyników pomiarów w postaci graficznej lub tabelarycznej, a ponadto możliwa jest kontrola statusu przyrządów użytkowanych w systemie. Wyniki można wyświetlać na bieżąco, np. z ostatnich 10 minut, lub przeglądać wyniki archiwalne określając początek i koniec żadanego przedziału czasowego. Każda z form wizualizacji może być dostosowywana do wymagań użytkownika systemu. Można zdefiniować wiele ekranów z wykresami, a dla każdego z ekranów określić liczbę wyświetlanych wielkości, rozmiary wykresu itp. Możliwe są także: zmiana skali, typu wykresu oraz odczyt wartości danych pomiarowych za pomocą kursorów oraz kopiowanie wykresu do schowka. Jednoczesne otwarcie wielu okien z informacjami odnośnie różnych wielkości mierzonych oraz zmiana ich rozmiarów umożliwi dostosowanie na bieżąco wyglądu ekranu do potrzeb użytkownika (patrz rys. 7).

Program zarządzania systemem pomiarowym umożliwia przekazywanie wybranych danych pomiarowych do arkusza kalkulacyjnego Excel. Wyprowadzane są średnie arytmetyczne wyników znajdujących się w zadanym przedziale czasowym. Przed utworzeniem raportu definiuje się, które wielkości mierzone mają zostać przekazane, początek i koniec tych danych oraz przedział czasu, z którego liczona jest średnia.

5. Uwagi końcowe

Zbudowany system cechuje się dużą elastycznością strukturalną, co pozwala na stosunkowo proste dostosowanie systemu do prowadzenia pomiarów cieplnych w różnego rodzaju obiektach, w tym wielokondygnacyjnych i składających się z wielu budynków. Pomiarów mogą realizowane w sposób ciągły przez wiele dni, a możliwość ich nadzorowania zdalnie przez Internet zwalnia operatora od obecności na obiekcie badań. W przypadku, gdy komunikatory są wykorzystywane jako rejestratory mogą zapamiętywać wyniki pomiarów z okresu około 10 dni.

W zbudowanej wersji systemu możliwe jest użytkowanie ponad 100 przyrządów i modułów analogowych. Aktualnie oprogramowanych jest 6 przyrządów firmowych oraz moduł analogowy do pomiaru temperatury, przy czym implementacja w systemie kolejnych przyrządów wymaga jedynie dołączenia do oprogramowania sterownika węzła odpowiednich programów użytkowych.

Obsługa systemu wymaga fachowej wiedzy odnośnie właściwości przyrządów pomiarowych stosowanych w systemie. System nie dokonuje identyfikacji zintegrowanych w nim przyrządów, gdyż przyrządy te nie są dostosowane do przekazywania danych opisujących ich właściwości. Uzyskanie wersji systemu w pełni przyjaznej dla użytkownika wymaga nawiązania odpowiedniej współpracy z producentami aparatury pomiarowej.

Publikacja wykonana w ramach w ramach projektu strategicznego: Zintegrowany system zmniejszania eksploatacyjnej energochłonności budynków, zadanie badawcze: Rozwój diagnostyki cieplnej budynków.

6. Literatura

- [1] Jakubiec J., Konopka K., Żurkowski R.: System pomiarowy do diagnostyki cieplnej budynków. Metrologia dziś i jutro – 2011. Monografia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2011.
- [2] Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe. WKiŁ, Warszawa, 2002.
- [3] Dokumentacja mikrokontrolera ADuC836. Strona internetowa firmy Analog Devices
- [4] Dokumentacja mikrokontrolera ATXMEGA128-A3, <http://www.atmel.com/>
- [5] Dokumentacja zegara DS1307, <http://www.maxim-ic.com/>
- [6] Dokumentacja pamięci DataFlash AT45DB642, <http://www.atmel.com/>
- [7] ZigBit™ 2.4 GHz Amplified Wireless Modules, atmel.com, czerwiec 2009.
- [8] Barry R.: Multitasking on an AVR – example C implementation of a multitasking kernel for the AVR, avr Freaks.net, marzec 2004.
- [9] Silberschatz A., Peterson J.L., Galvin P. B.,.: Podstawy systemów operacyjnych. Wyd. V, WNT Warszawa, 2005.
- [10] Konopka K. Program wizualizacji i zarządzania pomiarami w systemie diagnostyki cieplnej budynków. Materiały IX Konferencji Naukowo-Technicznej PPM'12, ss. 266-269.

otrzymano / received: 23.04.2013

przyjęto do druku / accepted: 03.06.2013

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Szanowni Autorzy artykułów publikowanych w PAK

W trosce o jak najwyższy poziom punktacji miesięcznika PAK zwracam się z prośbą o cytowanie artykułów opublikowanych w PAK w innych artykułach, zwłaszcza tych publikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej. Ma to bezpośredni wpływ na współczynnik IF (Impact Factor) miesięcznika PAK.

W algorytmach oceny czasopism współczynnik IF ma największą wagę. Na zwiększenie wartości współczynnika IF redakcja czasopisma nie ma żadnego wpływu, ale wszystko zależy od Autorów cytujących. W przypadku miesięcznika PAK aktualnie każde cytowanie zwiększa IF o około 0,002. Oczywiście cytowanie artykułu tylko wtedy jest uzasadnione, jeżeli jest on tematycznie związany z artykułem cytującym, a autor skorzystał z niego przy przygotowaniu pracy.

Aby ułatwić Autorom korzystanie z artykułów opublikowanych w PAK (a także możliwość cytowania) została opracowana przez redakcję PAK „Wyszukiwarka”, umożliwiająca wyszukiwanie artykułów według nazwiska autora, słowa tytułu artykułu, albo frazy kluczowej.

Aby skorzystać z „Wyszukiwarki” należy:

- wejść na stronę: www.pak.info.pl
- w menu „Wyszukiwarka” (po lewej stronie ekranu) wybrać „Artykuły”.

Strona zawiera również szereg innych łatwo dostępnych funkcjonalności, m.in. wykazy artykułów opublikowanych w PAK, a cytowanych w artykułach opublikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej.

Zdaję sobie sprawę, że redakcje niektórych czasopism usuwają cytowania artykułów publikowanych w czasopismach spoza listy filadelfijskiej, np. argumentując, że są one mało dostępne. Taka argumentacja będzie mniej uzasadniona, jeżeli tytuł naszego miesięcznika oraz tytuły artykułów będą podane w cytowaniach w języku angielskim. Proszę zauważyć, że oficjalny tytuł anglojęzyczny miesięcznika PAK (występujący na okładce) ma formę: Measurement, Automation and Monitoring (MA&M), a wszystkie artykuły naukowe publikowane w PAK są napisane albo w języku angielskim, albo mają rozszerzone abstrakty w tym języku.

Tadeusz SKUBIS
Redaktor naczelny Wydawnictwa PAK