

Tomasz BŁAŻEJCZYK

SYSTEM POMIAROWY Z WYKORZYSTANIEM PRZETWORNIKÓW SERII ADAM 4000 W ŚRODOWISKU PROGRAMOWYM LabVIEW

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono przykład wykorzystania języka wysokiego poziomu LabVIEW do cyfrowego pomiaru temperatury. Obiekt, którego temperatura jest mierzona, stanowi układ rezystorów z radiatorami. Do pomiaru zastosowano przetworniki serii ADAM 4000. Z poziomu LabVIEW programowano wejścia/wyjścia przetworników wykorzystując transmisję w standardach RS-232/RS-485. W końcowej części artykułu przedstawiono propozycję zastosowania programu LabVIEW do pomiaru pola elektrycznego 50 Hz.

1. AVANT PROPOS

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie doświadczeń autora związanych z wykorzystaniem przetworników serii ADAM 4000 w środowisku programowanym LabVIEW, nabytych w trakcie realizowania pracy dyplomowej [2].

Rozpoczynając działalność naukowo-badawczą w Zakładzie Badań Podstawowych Elektrotechniki w Instytucie Elektrotechniki autor został zachęcony do zaprezentowania na łamach Prac Instytutu Elektrotechniki zasad działania

mgr inż. Tomasz BŁAŻEJCZYK

Zakład Badań Podstawowych Elektrotechniki
Instytut Elektrotechniki

i użytkowania przetworników serii ADAM 4000, w związku z zarysowującą się możliwością ich zastosowania w bieżących pracach Zakładu związanych z pomiarową identyfikacją pól elektrycznych niskich częstotliwości generowanych przez urządzenia elektroenergetyczne.

W pracy dyplomowej autora przetworniki serii ADAM 4000 ze środowiskiem LabVIEW były zastosowane do pomiaru temperatury. Opis tego układu znalazł się również w niniejszym artykule, jako przykład zrealizowanego zastosowania technicznego. Autor ma nadzieję, że podstawowa koncepcja sprzęto-programowa znajdzie również zastosowanie w realizacji zadania „pomiar pola elektrycznego”, którego wstępną ideę przedstawiono tu w rozdziale 8.

Autor ma również nadzieję, że czytelnik użytkujący lub zamierzający używać przetworniki ADAM 4000 bądź środowisko programowe LabVIEW znajdzie w niniejszym artykule choć kilka wartościowych informacji.

2. WPROWADZENIE

Współczesny eksperyment pomiarowy wykonany jest najczęściej przy użyciu wspomaganie komputerowego. Dotyczy to zarówno eksperymentów wykonywanych w pracowniach naukowych jak i laboratoriach uczelnianych. Podczas eksperymentu komputer może pełnić funkcję urządzenia do akwizycji danych pomiarowych lub sterować aparaturą pomiarową. Te dwa procesy odbywają się w czasie rzeczywistym, stąd wynikają wymagania pod względem prędkości komputera i wykorzystywanego oprogramowania. Aparatura pomiarowa może znajdować się w pobliżu komputera sterującego eksperymentem lub w dużej odległości od niego. Istnieje więc potrzeba transmisji danych, obróbki oraz prezentacji wyników. Umożliwiają to obecnie komputerowe systemy pomiarowe, wykorzystujące przyrządy wirtualne, przetworniki oraz układy kondycjonowania. Współpracę pomiędzy nimi umożliwia środowisko programowe LabVIEW.

Środowisko programowe LabVIEW służy do programowania eksperymentów fizycznych a także do przygotowania oprogramowania systemów pomiarowych. W odróżnieniu od klasycznych języków programowania, w których program złożony jest z poleceń umieszczonych w kolejnych wierszach, LabView reprezentuje graficzny język programowania [5]. Takie języki programowania znacznie zmniejszają czas pisania programu, wyszukiwania i usuwania usterek. Kod źródłowy jest bardziej czytelny, łatwiej wnosi się do niego zmiany nawet po długim czasie od chwili napisania. Użytkownik ma możliwość

dopisania własnych funkcji w językach tekstowych, które umożliwiają obsługę niestandardowych urządzeń i wykonywanie czasochłonnych obliczeń i dołączyć je do głównego programu. Sam program jest tworzony w postaci diagramu, na którym poszczególne operacje, przedstawione w postaci symboli, łączone są zgodnie z kierunkiem przepływu sygnałów. Programy utworzone przy użyciu LabVIEW nazywane są przyrządami wirtualnymi (Virtual Instruments - Vi), ponieważ ich obsługa może imitować obsługę rzeczywistych przyrządów.

Przetworniki serii ADAM 4000 należą do serii inteligentnych modułów przeznaczonych do zdalnego sterowania i pomiarów [1, 3]. Są to niewielkie i uniwersalne urządzenia, przeznaczone głównie do zastosowań przemysłowych i laboratoryjnych. Sterowane są za pomocą prostego zbioru komend wydawanych w formacie ASCII i przesyłanych zgodnie z protokołem komunikacyjnym RS-485. Za pomocą wysyłanych z komputera nadrzędnego komend, istnieje możliwość ustawiania wszystkich parametrów konfiguracyjnych modułu, dotyczących m.in.: adresu modułu, parametrów komunikacji (prędkość, kontrola parzystości, itd.), rodzaju i zakresów pomiarowych wejść analogowych, alarmów. Zdalnie ustawione mogą być również parametry kalibracyjne. Dzięki przechowywaniu parametrów konfiguracyjnych i kalibracyjnych w nieulotnej pamięci EEPROM, urządzenia są w stanie zachować te parametry w przypadku zaniku napięcia zasilającego. Zawarty w modułach licznik czuwający (watchdog timer) nadzoruje pracę modułu i w przypadku nieprawidłowości powoduje jego natychmiastowe zerowanie. Wszystkie te cechy pozwalają na znaczne ograniczenie czynności związanych z obsługą sprzętu pomiarowego.

Seria ADAM 4000 obejmuje wiele rodzajów modułów. Wśród nich występują: moduły wejść/wyjść cyfrowych (napięciowych, przekaźnikowych) i analogowych (napięciowych, prądowych, przystosowanych do podłączenia termopar lub czujników termorezystancyjnych), liczników/częstotściomierzy, konwerterów standardów komunikacyjnych (RS-232, RS-485, RS-422, CAN, światłowód, radiomodem).

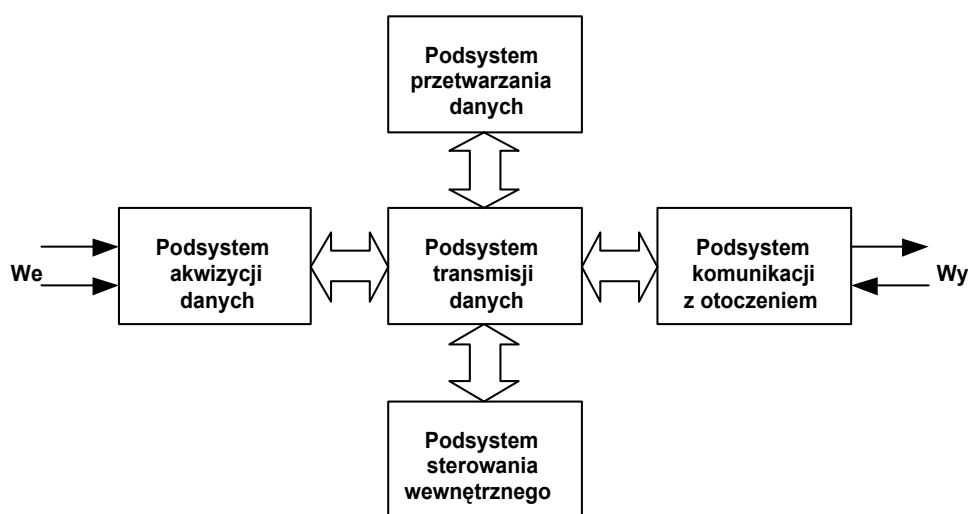
3. UKŁADY AKWIZYCJI SYGNAŁÓW POMIAROWYCH

3.1. Struktura systemów pomiarowych

System pomiarowy stanowi zbiór środków technicznych przyporządkowanych wspólnemu celowi i ogólnemu algorytmowi działania, przeznaczony do automatycznego pozyskiwania informacji o obiekcie, w celu przekształcenia pomiaru, przetworzenia go i przedstawienia w formie dopasowanej do wykorzy-

stania przez człowieka, do wprowadzenia go do automatycznego urządzenia sterującego. Składa się on z pięciu podsystemów (rys.1):

- podsystemu akwizycji danych,
- podsystemu przetwarzania danych,
- podsystemu transmisji danych (systemu interfejsu),
- podsystemu sterowania wewnętrznego,
- podsystemu komunikacji z otoczeniem.



Rys.1. Struktura systemu pomiarowego.

Każdy z wymienionych wyżej podsystemów ma swoje miejsce i wagę. Danymi w systemie mogą być sygnały pomiarowe. Zadaniem podsystemu akwizycji sygnałów pomiarowych jest zbieranie sygnałów pomiarowych i przetwarzanie ich na postać cyfrową [9]. Najczęściej w układach pomiarowych stosuje się przetwarzanie napięcie-cyfra. W skład tego podsystemu wchodzi przełączniki kanałów, układy formujące, układy próbkująco-pamiętające i przetworniki analogowo-cyfrowe. Zadaniem układu formującego jest wstępna obróbka i normalizacja sygnału wejściowego (kondycjonowanie sygnału). Jako układy formujące stosuje się m.in. wtórniki napięciowe, wzmacniacze, filtry dolnoprzepustowe. Układ próbkująco-pamiętający (S&H) służy do pobrania próbki napięcia wejściowego i pamiętania jej przez określony czas.

Niniejszy artykuł dotyczy podsystemu akwizycji danych zrealizowanego w oparciu o przetworniki ADAM 4000 oraz podsystemu transmisji danych, wykorzystującego standardy RS-232 oraz RS-485. Podsystemy współpracują ze środowiskiem programowym LabVIEW.

3.2. Układy akwizycji sygnałów pomiarowych

Głównym elementem układu akwizycji sygnałów pomiarowych jest przetwornik analogowo-cyfrowy. Zachodzi w nim konwersja sygnału analogowego na kod cyfrowy. W zależności od wymagań dotyczących rozdzielczości, dokładności i szybkości stosuje się różne metody przetwarzania analogowo-cyfrowego, np. z bezpośrednim kodowaniem, kompensacyjne (duża szybkość) lub integracyjne (wolniejsze, ale większa rozdzielczość i odporność na zakłócenia o częstotliwości technicznej, a tym samym i większa dokładność).

Wybór konfiguracji układu akwizycji sygnałów pomiarowych uzależniony jest od wymagań stawianych temu układowi [9]. Stosowane są konfiguracje, gdzie występuje sekwencyjnie zbieranie sygnałów (z rozdziałem czasowym), a więc nie mogą być one stosowane, gdzie wymagane jest jednoczesne zbieranie sygnałów z kilku kanałów. W innej konfiguracji każdy kanał może posiadać własny układ formujący; taka konfiguracja może być stosowana przy różnych postaciach sygnałów wejściowych w różnych kanałach. W jeszcze innej konfiguracji może być wykorzystywany cyfrowy przełącznik kanałów, dzięki czemu występują mniejsze błędy niż w przypadku zastosowania przełącznika analogowego. Wiąże się to jednak z koniecznością zastosowania własnego przetwornika analogowo-cyfrowego w każdym kanale.

Układy akwizycji sygnałów pomiarowych wykonywane są często w postaci modułów (kart pomiarowych), które można umieścić bezpośrednio w komputerze. Karty takie zwykle wyposażone są dodatkowo w przetworniki cyfrowo-analogowe (umożliwiające np. rekonstrukcję mierzonego sygnału lub generację wymuszeń), wejścia i wyjścia cyfrowe oraz układy czasowo-częstotliwościowe. Ważnym parametrem karty pomiarowej jest częstotliwość próbkowania wejścia analogowego (ang. sampling rate). Do pomiaru sygnału o dużej częstotliwości wykorzystuje się kartę pomiarową o dużej maksymalnej częstotliwości próbkowania. Obecnie produkowane karty pomiarowe mają maksymalną częstotliwość próbkowania od kilkudziesięciu kiloherców do kilku megaherców. Częstotliwość próbkowania określa, ile próbek jest pobieranych w jednostce czasu. Podawana przez producentów maksymalna częstotliwość próbkowania odnosi się do jednego kanału. Wykonując pomiar w kilku kanałach, otrzymamy maksymalną częstotliwość próbkowania proporcjonalnie mniejszą. Przykładowo dla karty o maksymalnej częstotliwości próbkowania 100 kHz, przy wykorzystaniu czterech kanałów częstotliwość ta zmniejsza się do 25 kHz.

Jednym z elementów kart pomiarowych są układy czasowo-częstotliwościowe. Większość kart pomiarowych wyposażona jest w uniwersalne układy licznikowe (np. 8253/8254), zawierające liczniki programowane. W zależności od słowa sterującego mogą one pracować w różnych trybach pra-

cy. Tryby pracy różnią się znaczeniem sygnału bramkującego GATE i sposobem generacji sygnału wyjściowego OUT.

Ważnym zadaniem układów akwizycji sygnałów pomiarowych jest kondycjonowanie sygnałów. Sygnały pochodzące z czujników pomiarowych muszą być przetworzone na postać akceptowaną przez moduły DAQ (Data Acquisition). Najczęściej stosowanym sposobem kondycjonowania jest wzmacnienie sygnału. Dla przykładu, niski poziom sygnału z termoelektrycznych czujników temperatury powinien być wzmacniony tak, by wykorzystać pełny zakres napięcia wejściowego przetwornika analogowo-cyfrowego. Umożliwi to zwiększenie rozdzielczości i zmniejszenie wpływu szumów.

Innymi sposobami kondycjonowania są: izolacja galwaniczna, filtracja, generowanie sygnałów wymuszających, linearyzacja charakterystyki.

Nie zawsze wszystkie wymagane sposoby kondycjonowania sygnałów mogą być zrealizowane przez umieszczony w komputerze moduł akwizycji sygnałów pomiarowych. W takim przypadku można zastosować zewnętrzną kasetę, w której umieszczone są dodatkowe układy w postaci specjalnych modułów.

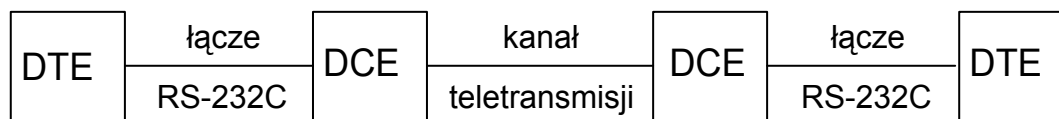
4. SYSTEM INTERFEJSU

W eksperymencie cyfrowego pomiaru temperatury, zrealizowanym przez autora [2], do komunikacji między komputerem a obiektem wykorzystano dwa standardy transmisji: interfejs RS-232 oraz RS-485.

4.1. Interfejs szeregowy RS-232

W standardzie RS-232 określony jest sposób połączenia urządzeń w celu szeregowego przesyłania danych.

Ogólna struktura układu transmisyjnego z interfejsem RS-232 (rys.2) składa się z dwóch urządzeń końcowych dla danych DTE (Data Terminal Equipment), np. komputerów, połączonych kanałem teletransmisyjnym. Ponieważ bezpośrednie połączenie urządzeń DTE z kanałem teletransmisji jest niemożliwe, wykorzystuje się dodatkowe urządzenie komunikacyjne dla danych DCE (Data Communication Equipment), np. modemy telefoniczne połączone z urządzeniami DTE łączem RS-232C.

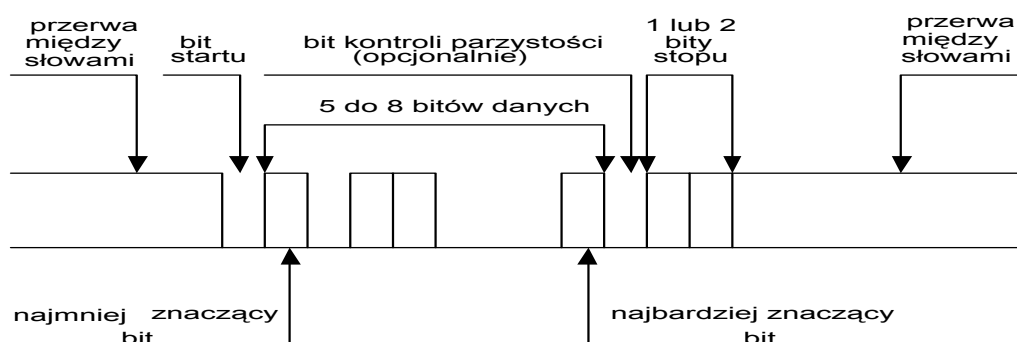


Rys.2. Struktura układu transmisyjnego z interfejsem RS-232.

Najczęściej stosowanym sposobem transmisji przy wykorzystaniu tego interfejsu jest transmisja start-stopowa, w której słowa w postaci ciągów bitów przesyłane są asynchronicznie, jeden za drugim, z czasem trwania wynikającym z prędkości transmisji.

Na liniach danych obowiązuje logika ujemna, tzn. jedynie logicznej odpowiada stan niski, na pozostałych liniach obowiązuje logika dodatnia. Stanowi niskiemu odpowiada napięcie - 15 ... -3 V, wysokiemu zaś 3 ... 15 V.

Miedzy przesyłanymi danymi na linii występuje stan niski (logiczna jedynka). Przesyłanie danych rozpoczyna się bitem startu o poziomie odpowiadającym logicznemu zeru. Po narastającym zboczu bitu startu odbiornik odczytuje stany wszystkich spodziewanych bitów z danego słowa z przesunięciem o czas trwania przesłania połowy bitu. Po bicie startu przesyłanych jest od 5 do 8 bitów danych (począwszy od bitu najmniej znaczącego), a po nim może być (ale nie musi) przesłany bit kontrolny (kontrola parzystości lub nieparzystości). Przesłanie słowa kończy się przesłaniem 1 lub 2 bitów stopu o poziomie odpowiadającym logicznej jedynce. Po odebraniu bitów stopu odbiornik gotowy jest do odebrania kolejnego słowa. Przykładowy format przesyłanego słowa przedstawiony jest na rys.3.



Rys.3. Przykładowy format przesyłanego słowa.

Dla prawidłowego odbioru informacji nadajnik i odbiornik muszą pracować z tą samą prędkością. Odbiornik musi znać również format przesyłanego słowa, tzn. liczbę bitów danych, występowanie i znaczenie bitu kontrolnego (even parity - kontrola parzystości lub odd parity - kontrola nieparzystości) oraz liczbę bitów stopu.

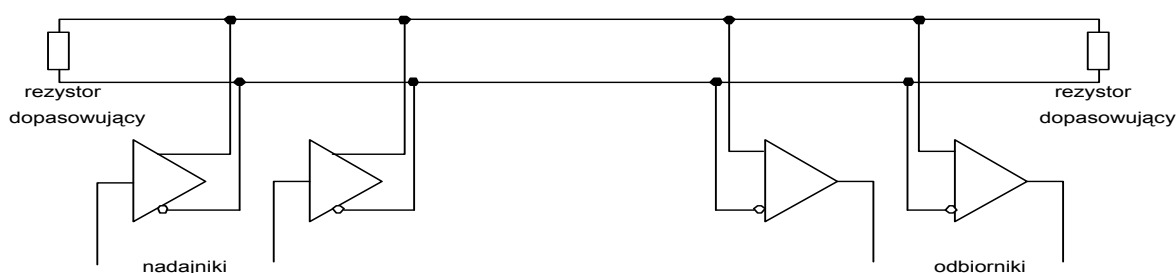
Maksymalna prędkość transmisji zależy od długości połączeń i pojemności elektrycznej obciążającej źródło sygnału ($C_{L\max} = 2500 \text{ pF}$). Długość połączeń nie powinna zwykle przekraczać 15 m. Przy krótkich połączeniach można z powodzeniem zwiększyć prędkość transmisji nawet do 100 kbd.

4.2. Interfejs szeregowy RS-485

W przypadku, gdy wymagany jest większy zasięg, większa szybkość transmisji i większa odporność na zakłócenia, można zastosować interfejs szeregowy RS-485. Używa on organizacji logicznej przesyłanych znaków, taką jak w RS-232C.

Zastosowanie w standardzie RS-485 różnicowego nadajnika, dwuprzewodowego zrównoważonego obwodu transmisji i różnicowego odbiornika pozwala zwiększyć szybkość transmisji nawet do 10 Mbd. Maksymalna długość kabla wynosi tutaj 1200 m.

W interfejsie RS-485 (rys.4) dopuszcza się połączenie do 32 nadajników i do 32 odbiorników. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu urządzeń trójstanowych. W danej chwili może nadawać tylko jeden nadajnik, pozostałe muszą być w stanie wysokiej impedancji.



Rys.4. Obwód interfejsu RS-485.

Dopasowanie toru transmisyjnego stanowią rezystory dopasowujące, umieszczone na początku i na końcu linii. Możliwe jest również dopasowanie odniesione do masy, pod warunkiem nie przekroczenia dopuszczalnego obciąż-

żenia nadajnika. Dopasowanie takie polega na podziale rezystorów dopasowujących na dwie równe części, których wspólny koniec łączy się do masy.

5. PRZETWORNIKI SERII ADAM 4000

Do cyfrowego pomiaru temperatury zastosowane zostały przetworniki ADAM: 4520, 4013 oraz 4060.

5.1. Przetwornik ADAM 4520

Większość komputerów przemysłowych wyposażonych jest w porty komunikacyjne RS-232. Standard ten, chociaż dość powszechnie stosowany, ma jednak wiele ograniczeń dotyczących głównie zasięgu i szybkości transmisji. Zastosowany m.in. w modułach ADAM 4000 interfejs komunikacyjny RS-485 pozwala na dwustronną transmisję danych z większą szybkością i na wiele większe odległości (do 1200 m), przy

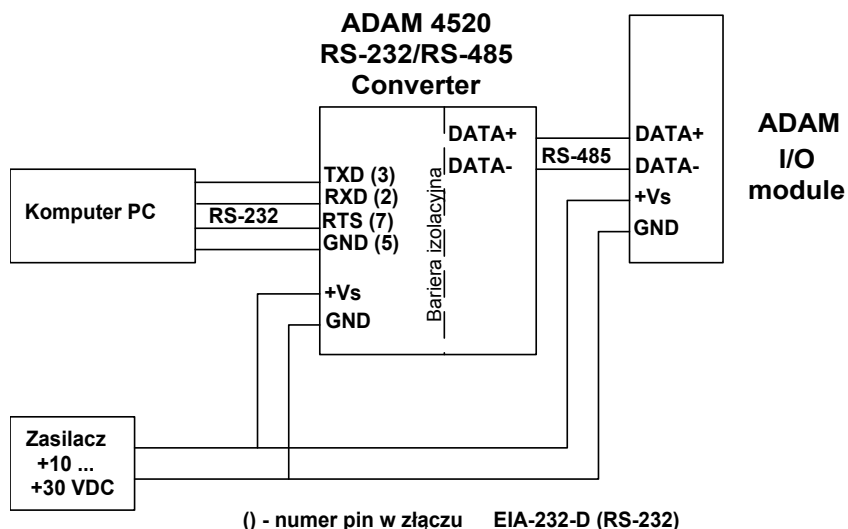


Rys.5. Wygląd zewnętrzny przetwornika 4520.

zastosowaniu tylko pojedynczej pary skrętki ekranowej. Nie są stosowane sygnały sterujące kierunkiem przepływu informacji, jak np. RTS (*Request To Send*) i CTS (*Clear To Send*) występujące w standardzie RS-232.

Zastosowanie modułu konwertera RS-232 na RS-485/RS-422 pozwala więc na stosowanie standardowych portów komunikacyjnych komputerów przemysłowych bez konieczności integracji w ich wyposażenie, jak i modyfikacji oprogramowania. Umożliwia ustalenie szybkości transmisji od 1200 bd do 115,2 kbd zapewniając także pełną izolację optyczną sygnałów.

Wygląd zewnętrzny modułu przedstawiony jest na rys.5. Schemat funkcyjny konwertera przedstawia rys.6.



Rys.6. Schemat funkcyjny konwertera.

Moduł ADAM 4520 nie jest adresowany w odróżnieniu od pozostałych modułów. Parametry techniczne konwertera przedstawione są w tabeli 1.

TABELA 1

Parametry techniczne przetwornika 4520.

Wejście	RS-232 (4 przewody), TX, RX, RTS, GND
Wyjście	RS-485 (2 przewody), RS-422 (4 przewody)
Prędkość transmisji	1200, 2400, 4800, 9600 bit/s
Maksymalna odległość	1200 m
Znamionowe napięcie izolacji	500 V
Zasilanie	+10 ...+30 V
Pobór mocy	1.2 W

5.2. Przetwornik ADAM 4013

Moduł 4013 jest przetwornikiem A/C służącym do pomiaru temperatury. Możliwe jest to dzięki analogowemu wejściu modułu, do którego można podłączyć czujniki RTD typu Pt lub Ni. Przetwornik ten umożliwia obsługę odpowiedniego typu sondy pomiarowej. Dokonuje się tego przez zmianę adresów zakresu wejścia przetwornika. Wygląd zewnętrzny przetwornika przedstawiony jest na rys.7.



Rys.7. Wygląd zewnętrzny przetwornika 4013.

Parametry techniczne przetwornika 4013 przedstawione są w tabeli 2.

TABELA 2

Parametry techniczne przetwornika 4013.

Wejście	Czujnik RTD typu Pt lub Ni
Wyjście	RS-485 (2 przewody)
Prędkość transmisji	1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bit/s
Maksymalna odległość	1200 m
Dokładność	$\geq \pm 0.05\%$
Dryft zera	$\pm 0.03 \mu V/^{\circ}C$
Ilość wejść	2, 3, 4
Znamionowe napięcie izolacji	500 V
Szybkość przetwarzania	10 próbek / s
Zasilanie	+10 ... +30 V
Pobór mocy	1.2 W

5.3. Przetwornik ADAM 4060

Moduł 4060 jest przetwornikiem mającym na cyfrowym wyjściu cztery pary styków. Dwie pary styków są typu włącz-wyłącz, pozostałe zaś są stykami przełączającymi. Załączanie poszczególnych par styków następuje drogą wysyłania rozkazów. Odpowiednie układy wyjściowe pozwalają obciążać przetwornik

znacznymi napięciami, co umożliwia bezpośrednie sterowanie układami styczników lub przekaźników. Wygląd zewnętrzny przetwornika przedstawiony jest na rys.8.



Rys.8. Wygląd zewnętrzny przetwornika 4060.

Parametry techniczne przetwornika 4060 przedstawione są w tabeli 3.

TABELA 3

Parametry techniczne przetwornika 4060.

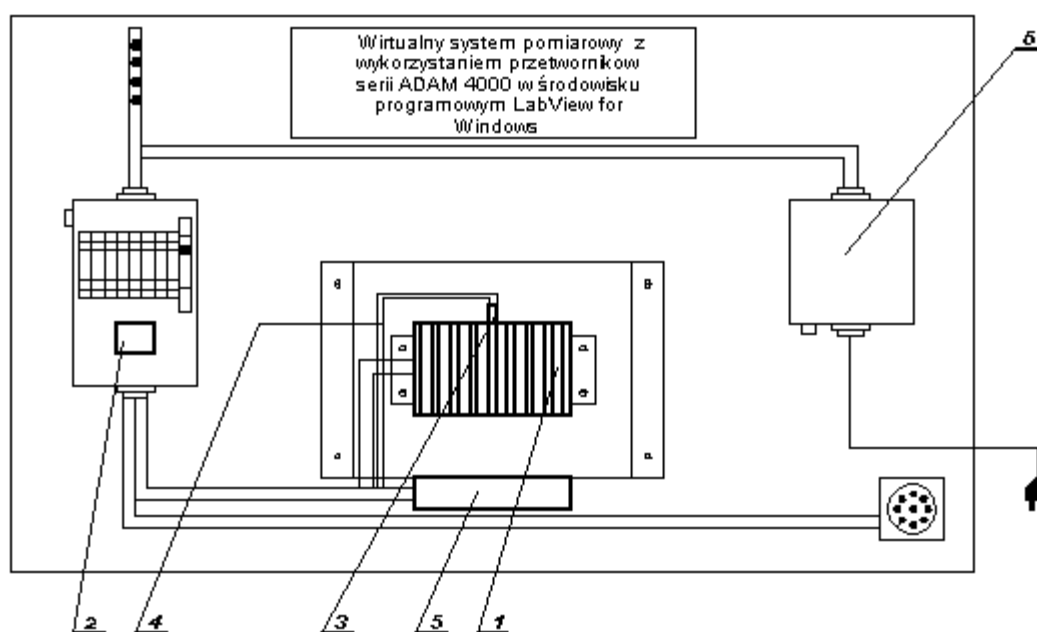
Cyfrowe wyjście	4 kanały
Wejście	RS-485 (2 przewody)
Prędkość transmisji	1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bit/s
Maksymalna odległość	1200 m
Obciążalność wyjść	AC: 0.6/125; 0.3/250 DC: 2/30; 0.6/110 A/V
Czas włączania	3 ms
Czas wyłączenia	8 ms
Rezystancja wyjściowa	1000 (min) MΩ
Zasilanie	+10 ...+30 V
Pobór mocy	0.8 W

6. POMIAR TEMPERATURY PRZY WYKORZYSTANIU PRZETWORNIKÓW SERII ADAM 4000 I ŚRODOWISKA PROGRAMOWANEGO LabVIEW

6.1. Obiekt sterowania

Eksperyment pomiarowy zrealizowany przez autora [2] został wykonany na modelu fizycznym z zastosowaniem środowiska programowanego LabVIEW.

Model fizyczny (obiekt sterowania) jest umieszczony na tablicy schematycznie przedstawionej na rys.9.



Rys.9. Rozmieszczenie poszczególnych układów obiektu sterowania.

Na obiekt sterowania składa się kilka układów: układ grzania, sonda pomiarowa, układ wentylacji oraz układ zasilania.

Układ grzania stanowi szeregowo-równoległe połączenie rezystorów umieszczonych między radiatorami (1 na rys.9). Napięcie zasilające rezystory jest doprowadzane za pomocą przekąźnika (2 na rys.9).

Wytworzona przez układ grzania temperatura jest mierzona za pomocą sondy pomiarowej (3 na rys.9). Sondę stanowi czujnik Pt₁₀₀. Przewody zasilające czujnik (4 na rys.9) są połączone bezpośrednio z przetwornikiem ADAM 4013.

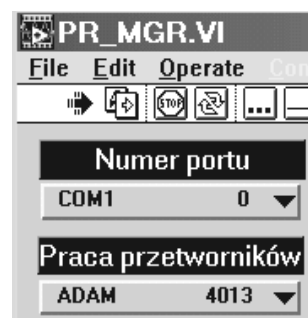
Układ wentylacji stanowi wentylator (5 na rys.9). Zasilany jest bezpośrednio z przetwornika ADAM 4060.

Układ zasilania służy do zamiany napięcia 220 V na 12 V. Stanowi go transformator toroidalny (6 na rys.9).

6.2. Aplikacje w LabVIEW do sterowania w systemie pomiarowym

Program główny do sterowania obiektem wykorzystuje podprogramy. Pełne opisy podprogramów są przedstawione w pracy [2]. W niniejszym artykule przedstawiono opis programu głównego „PR_MGR.vi”

Za pomocą tego programu użytkownik może sterować obiektem przez przetworniki ADAM. Umożliwia to kontrolę temperatury obiektu. Graficzny interfejs użytkownika składa się z kilku wirtualnych przyrządów. Na rysunku 10 przedstawione są dwa przyrządy. Jeden z nich, *Numer portu*, służy do wyboru portu szeregowego, za pomocą którego będą wysyłane i odczytywane dane. Numer portu ma przypisaną wartość (COM1-0, COM2-1, COM3-2, itd.) [6], która z kolei jest wprowadzana na wejście wirtualnego przyrządu *Serial Port Init*. Drugi wirtualny przyrząd z rys.10, *Praca przetworników*, służy do wyboru przetwornika (4060, 4013), za pomocą którego ma być realizowane konkretne zadanie.

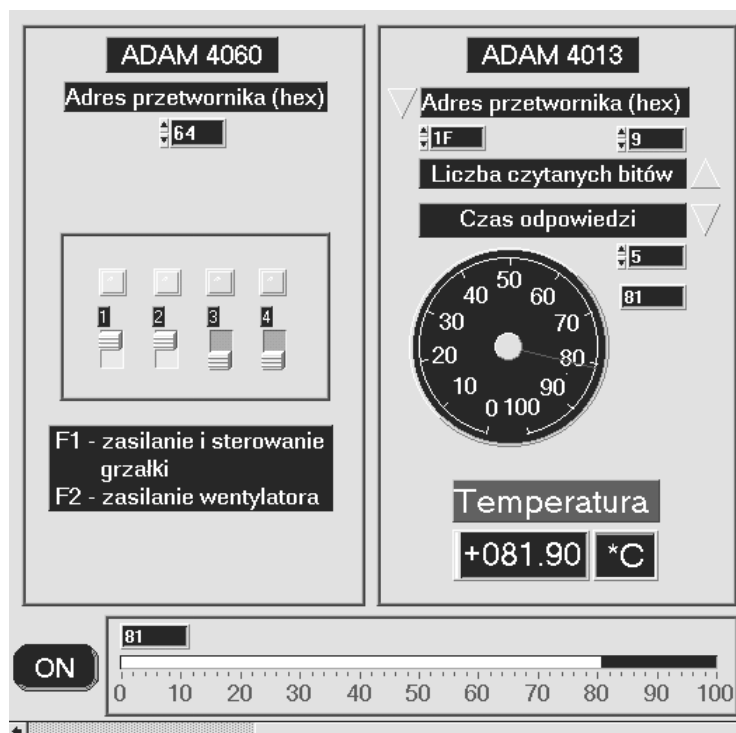


Rys.10. Wirtualne przyrządy do wyboru numeru portu i typu przetwornika w programie „PR_MGR.vi”.

Znaczną część panelu programu głównego stanowią przyrządy do obsługi przetworników (rys.11). Przyrządy *Adres przetwornika (hex)* służą do wprowadzania adresów przetworników pracujących w sieci. Występują tu przyrządy *Liczba czytanych bitów* oraz *Czas odpowiedzi*. Liczba czytanych bitów powinna być ustawiona na 9, przy 10 wynik pomiaru jest nieprawidłowy. Czas odpowiedzi jest ustawiony na 5.

Do sterowania przetwornikiem ADAM 4060 służą cztery przełączniki On/Off. Załączanie poszczególnych z nich jest imitacją załączania poszczególnych par styków na wyjściu cyfrowym przetwornika. W rzeczywistości załączanie przełącznika jest równoznaczne z wysyłaniem do portu szeregowego odpowiedniego rozkazu (np. #640001r). Przełączniki mogą być załączane za pomocą klawiszy funkcyjnych (F1, F2, F3, F4). Te czynności mogą być jednak wykonywane przy pozycji ADAM 4060 w wirtualnym przyrządzie *Praca przetworników*.

Przetwornik ADAM 4013 służy do pomiaru temperatury. Pomiar ten polega na cyklicznym czytaniu wejścia analogowego przetwornika. Aktualnie mierzona temperatura jest wskazywana przez cyfrowy wyświetlacz *Temperatura*. Dodatkowo zastosowano wskaźniki: wskazówkowy i poziomy pasek postępu.



Rys.11. Fragment panelu programu „PR_MGR.vi” do obsługi przetworników.

7. POMIARY, WYNIKI, WNIOSKI

7.1. Pomiar temperatury

Pomiar temperatury umożliwia program „PR_MGR.vi” z jednoczesnym zapisem danych do pliku, a zatem przed uruchomieniem należy wpisać ścieżkę dostępu do pliku. Po wprowadzeniu niezbędnych danych (numer portu, adres przetwornika, liczba czytanych bitów, czas odpowiedzi) możliwe jest uruchomienie programu. Zanim będą wykonywane jakiegokolwiek pomiary, należy wcze-



Rys.12. Wynik pomiaru temperatury w LabVIEW.

śniej sprawdzić, czy tablica z modelem obiektu jest fizycznie połączona z przetwornikami ADAM, czy komputer z załadowanym LabVIEW jest połączony RS-232 z przetwornikami.

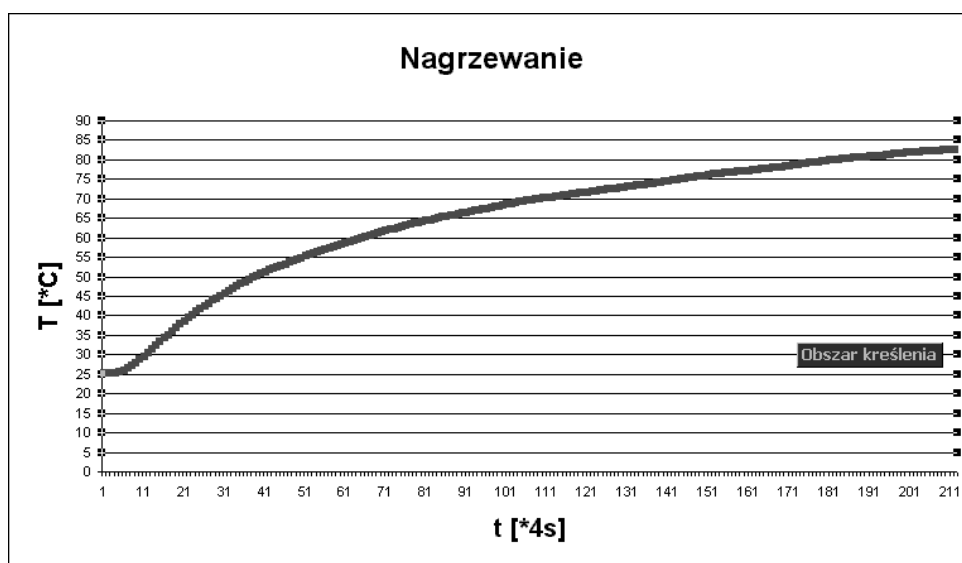
25,15
25,57
25,81
26,02
26,23
26,51
26,84

Rys.13. Wyniki pomiaru temperatury w arkuszu Excel.

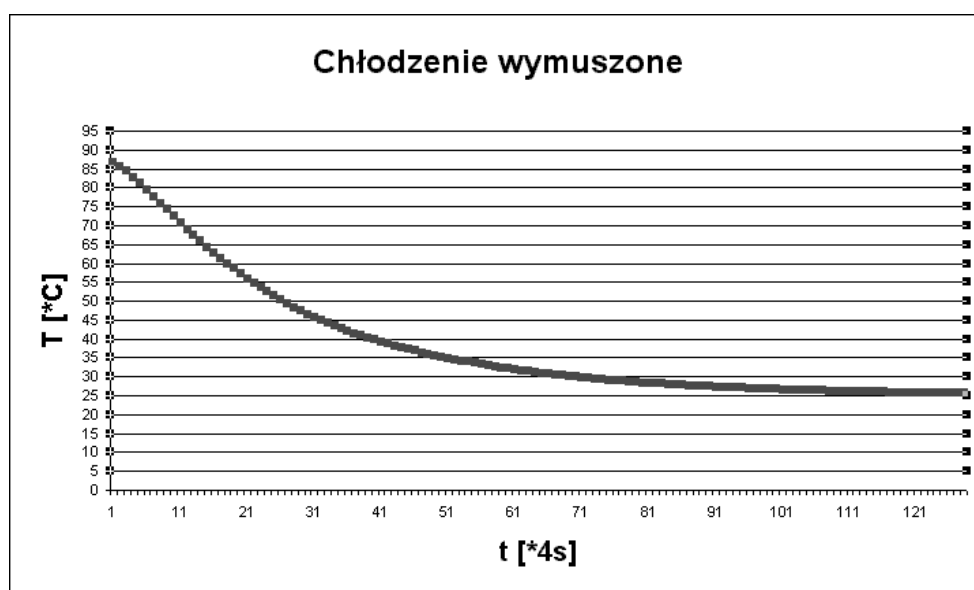
Pomiar temperatury jest dokonywany w pętli. Program automatycznie zapisuje wartości temperatury do pliku, konwertując wcześniej wynik pomiaru z postaci kropki oddzielającej część dziesiętną (rys.12) na przecinek (rys.13), co umożliwia zapisywanie danych do arkusza w Excelu i dalszą ich obróbkę.

7.2. Wyniki pomiarów temperatury

Przykładowe wyniki pomiarów przedstawione są poniżej (rys.14, rys.15). Na rysunku 14 przedstawiony jest wykres przebiegu temperatury przy próbie nagrzewania. Na osi Y jest mierzona temperatura ($T [^{\circ}\text{C}]$), zaś na osi X jest czas nagrzewania (pomiaru były szczytywane co 4 s, $t [^{\circ}4\text{ s}]$). Wykres przebiegu temperatury podczas wymuszonego chłodzenia (włączony wentylator) przedstawiony jest na rys.15.



Rys.14. Przebieg temperatury przy próbie nagrzewania.



Rys.15. Przebieg temperatury przy próbie wymuszonego chłodzenia.

7.3. Wnioski

Program napisany w LabVIEW nie stanowi kompozycji „pod kluczem”. Umożliwia wykonanie pomiarów innych wielkości. Autor widzi możliwość zastosowania tego programu do pomiaru pola elektrycznego niskiej częstotliwości.

8. ZASTOSOWANIE ŚRODOWISKA LabVIEW DO POMIARU POLA ELEKTRYCZNEGO

8.1. Pomiary pola elektrycznego

Metrologia pola elektrycznego w środowisku naturalnym jest procesem dość złożonym [7]. Oprócz wyboru metody pomiaru, przyrządów pomiarowych, warunków wykonania pomiarów, w badaniach pól elektrycznych, ważna jest właściwa dokumentacja i interpretacja wyników pomiarów pod kątem zgodności z obowiązującymi przepisami [8].

Do bezpośredniego pomiaru natężenia pola elektrycznego szerokie zastosowanie znalazły czujniki dipolowe (pojemnościowe). Najczęściej wykorzystywane są mierniki dipolowe, złożone z dwóch sferycznych odizolowanych od siebie półczasz, tzw. dipole sferyczne [4]. Po połączeniu ich przewodem popłynie prąd I proporcjonalny do natężenia pola elektrycznego E :

$$I = 3\pi\varepsilon_0 \omega r^2 E \quad (1)$$

gdzie:

- r - promień sfery,
- ω - pulsacja,
- ε_0 - stała elektryczna.

Powyższy wzór opisuje działanie dipola jednokierunkowego, umożliwiającego pomiar jednej składowej wektora natężenia pola elektrycznego. Na rynku występują także dipole bezkierunkowe.

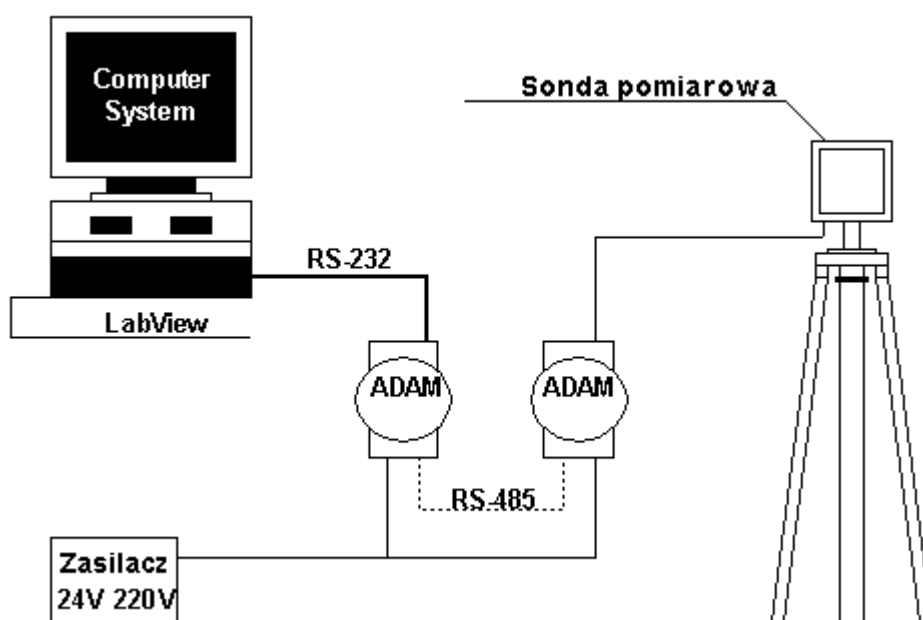
Mierniki dipolowe mogą być przystosowane do pomiaru selektywnego lub szerokopasmowego. Mierniki selektywne (wąskopasmowe) przystosowane są do pomiaru przebiegu wyłącznie jednej częstotliwości. Według polskich przepisów taki rodzaj pomiaru obowiązuje dla częstotliwości 50 Hz.

Stosunkowo nowym zagadnieniem w dziedzinie metrologii pól elektrycznych jest widmowy pomiar pól. Aparatura pomiarowa taka jak analizatory widma czy oscyloskopy cyfrowe otwiera nowe możliwości. Jedynym problemem jest posiadanie odpowiedniej anteny pomiarowej.

Obecnie na rynku dostępnych jest kilka typów mierników pola elektrycznego pochodzących od producentów polskich jak i zagranicznych. Obok mierników cechujących się dużą dokładnością pomiaru, niestety o relatywnie wysokich cenach, dostępne są mierniki tańsze, jednak o większym błędzie pomiaru (rzędu 15 - 20%). To sprawia, że wymagany zasięg oddziaływania pola od linii wysokich napięć jak i od stacji elektroenergetycznych jest najczęściej zawyżony. Stąd wydaje się celowe opracowanie miernika czy systemu pomiarowego, który charakteryzowałby się większą dokładnością pomiaru przy umiarkowanej cenie. Istotnym byłoby gdyby umożliwiał on obróbkę danych i ich transmisję do urządzeń peryferyjnych w celu, np. wydruku strefy ograniczonego użytkowania [8]. Mając na uwadze wzrost zainteresowania problematyką pomiaru pól elektrycznych w środowisku naturalnym, autor widzi możliwość zastosowania takiej koncepcji do ich identyfikacji.

8.2. Zastosowanie środowiska LabVIEW do pomiaru pola elektrycznego 50 Hz

Do pomiaru pola elektrycznego 50 Hz autor proponuje zastosowanie środowiska programowego LabVIEW współpracującego z czujnikiem dipolowym (pojemnościowym) (rys.16).



Rys.16. Zastosowanie środowiska programowego LabVIEW do pomiaru pola elektrycznego.

Sygnał z sondy pomiarowej jest transmitowany światłowodem do odpowiedniego modułu (konwertera) przetwornika ADAM i zamieniany na standard RS-485. Drugi moduł zamienia sygnał pomiarowy na standard RS-232. Dane w formacie ASCII są następnie czytywane i obrabiane w środowisku LabVIEW.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie karty pomiarowej zamiast przetworników pomiarowych. Za takim rozwiązaniem przemawia fakt, że karta pomiarowa umieszczona w slotcie komputera nie stanowi widocznego elementu systemu pomiarowego. W takim rozwiązaniu transmisja między układem akwizycji sygnałów pomiarowych a komputerem jest oparta bezpośrednio na magistrali i procesorze. Wpływ na zakłócenia jest tu mniejszy niż w przypadku zastosowania oddzielnych modułów ADAM.

LITERATURA

1. Adam 4000 Series. Data Acquisition Modules. User's Manual. Industrial Automation with PCs Advantech 1994.
2. Błażejczyk T.: Wirtualny system pomiarowy z wykorzystaniem przetworników serii ADAM 4000 w środowisku programowym LabVIEW for Windows. Dyplomowa praca magisterska.
3. Bonecki J.: Adam 4000 - moduły kontrolno-pomiarowe firmy Advantech. „Elektronika Praktyczna” 2000 nr 6.
4. Elektrotechnika. Kwartalnik AGH. Tom 12, Zeszyt 1. Kraków: Wydawnictwa AGH 1993.
5. LabVIEW for Windows-Tutorial. National Instruments Corporation 1994.
6. LabVIEW Instrument I/O VI reference Manual. National Instruments Corporation 1994.
7. Mosiński F., Wira A.: Ekologiczne problemy przesyłu i użytkowania energii elektrycznej. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej 1999.
8. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 11 sierpnia 1998 r. w sprawie poszczególnych zasad ochrony przed promieniowaniem szkodliwym dla ludzi i środowiska, dopuszczalnych poziomów promieniowania, jakie mogą występować w środowisku oraz wymagań obowiązujących przy wykonaniu pomiarów kontrolnych promieniowania.
9. Świsulski D.: Laboratorium z systemów pomiarowych. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej 1998.

Rękopis dostarczono, dnia 18.01.2002 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Krystyn Pawluk

MEASUREMENT SYSTEM USING CONVERTER ADAM 4000 SERIES IN PROGRAMMING ENVIRONMENT LabVIEW

T. BŁAŻEJCZYK

SUMMARY *The paper presents how to use language programming LabVIEW for digital temperature measurements. The investigate object is built with resistors end radiators. For measurement, converters ADAM 4000 series was used. In order to programm Input/Output converters, RS-232/RS-485 transmission was used. At the end, the proposition of application for Low Frekuensi Electric Field measurement was suggested.*

Mgr inż. Tomasz Błażejczyk urodzony w 1976 r. w Żelechowie ukończył Technikum Mechaniczne w Żelechowie w 1996 r. W tym samym roku rozpoczął studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej na kierunku Elektrotechnika. W 2001 r. uzyskał tytuł mgr inż. w zakresie przetwarzania i użytkowania energii elektrycznej ze specjalizacją „Pomiary i Automatyzacja Przemysłu” z wynikiem celującym. Praca magisterska otrzymała I nagrodę w konkursie na najlepszą pracę dyplomową absolwentów Wydziału Elektrycznego Politechniki Lubelskiej organizowanym przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich w Lublinie. W tym samym roku rozpoczął pracę w Zakładzie Badań Podstawowych Elektrotechniki i studia doktoranckie w Instytucie Elektrotechniki. Zajmuje się pomiarem pola elektrycznego 50 Hz od linii wysokiego napięcia i stacji elektroenergetycznych współpracując w tym zakresie z prof. K. Pawlukiem i dr W. Krajewskim. Jest członkiem Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

