

STANOWISKO LABORATORYJNE DO PROJEKTOWANIA SYSTEMU POMIARU MOCY I ENERGII

Streszczenie

W pracy przedstawiono koncepcję oraz sposób realizacji struktury komputerowego systemu pomiarowego do kontroli mocy i energii elektrycznej w obwodach trójfazowych. Struktura tego systemu składa się z części analogowej i z części cyfrowej. Do części cyfrowej podano sposób opracowania programów przy wykorzystaniu zintegrowanego środowiska programistycznego LabWindows/CVI. Wyniki pomiarów mocy czynnej i biernej, współczynnika mocy oraz energii są przechowywane w pamięci komputera. Komputer, wyposażony w kartę interfejsową GPIB, spełnia rolę centralnej jednostki sterującej. Służy on także do wykonania obliczeń według opracowanych programów oraz umożliwia prezentowanie wyników na panelach wirtualnych przyrządów pomiarowych. Opracowany system pomiarowy służy studentom jako stanowisko dydaktyczne do projektowania elementów tego systemu.

WSTĘP

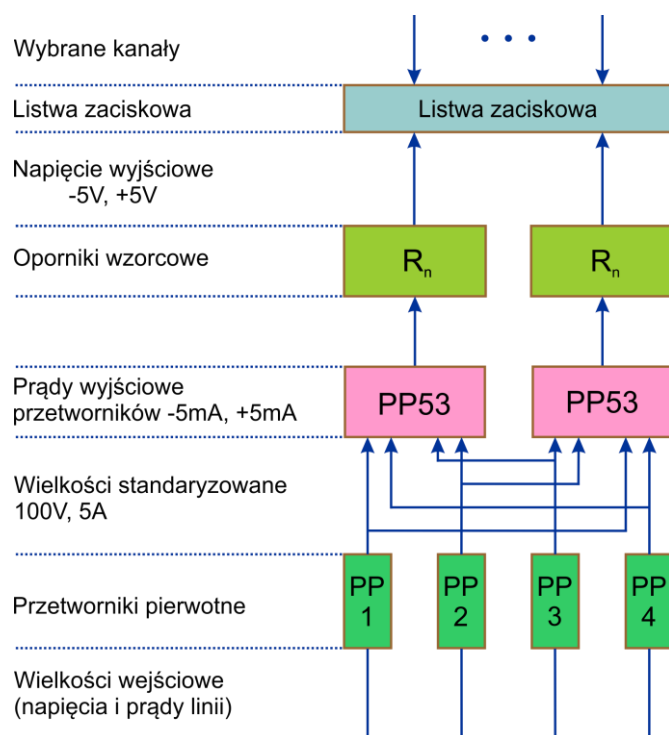
Opracowany system pomiarowy wykonuje pomiary mocy czynnej i biernej i na podstawie pomierzonych wartości tych wielkości oblicza w/g różnych programów: zużycie energii czynnej i biernej, moc pozorną, współczynnik mocy oraz maksymalną moc czynną 15-to minutową. Zastosowany w systemie komputer wyposażony w kartę interfejsową standardu GPIB automatycznie przedstawia na wirtualnym przyrządzie kontrolno-pomiarowym pomierzone i wyliczone wartości wielkości w postaci liczb i wykresów. Zasada pomiaru wielkości elektrycznych za pomocą systemu jest przedstawiona na rysunku 1a.

Zastosowano tu trzykrotne przetwarzanie sygnału analogowego [1, 2] przy użyciu dwóch przetworników analogowo-analogowych

oraz jednego analogowo-cyfrowego, a następnie wielostopniową obróbkę matematyczną wyników cyfrowych. Rysunek 1 przedstawia kompletny tor pomiarowy. Składa się on z przetworników pierwotnych, którymi są przekładniki napięciowe i prądowe, przetworników wtórnych, które przetwarzają wielkości zmiennie-prądowe na stało-prądowe, przetwornika A/C zrealizowanego za pomocą multimetru cyfrowego HP 34970A, komputera klasy PC oraz z urządzenia wizualizującego wyniki pomiarowe na wirtualnym przyrządzie pomiarowym czyli monitora. Ciągła rejestracja wyników pomiarowych w systemie pomiarowym zrealizowana jest w postaci automatycznie utworzonego na początku pomiaru pliku z danymi.

W torze pomiarowym ma miejsce następujące przetwarzanie sygnału:

a) przetwarzanie rzeczywistej wielkości mierzonej na wartość



Rys.1a. Schemat funkcyjny zespołu przetworników

- standaryzowaną 100V, 5A czyli zmiana skali
- b) wielkości zmiennej w czasie na wartość stałą; prąd o natężeniu od zera do +5mA lub od -5mA do +5mA, a następnie napięcie w granicach od zera do +5V lub od -5V do +5V
- c) wielkości analogowej na cyfrową, a więc zmiana charakteru sygnału przy czasie multipleksacji wybieranym przez użytkownika z zakresu od 1s do 5min
- d) zbieranie danych w zbiory odpowiadające większym przedziałom czasowym np. 15-minutowym z uwzględnieniem wszystkich stałych przetwarzania
- e) obróbka wyników polegająca na wykonywaniu obliczeń według różnych programów prezentacja wyników pomiarowych i obliczeń na wirtualnym panelu kontrolno-pomiarowym

1. ORGANIZACJA SYSTEMU

Organizację systemu przedstawiono na rysunku 1a oraz 1b [2]. Wielkości mierzone przetwarzane są na sygnał stałoprądowy za pomocą przetworników MERA-LUMEL typu PP5 współpracujących z przekładnikami napięciowymi o napięciu wtórnym 100V i przekładnikami prądowymi o prądzie wtórnym 5A. Następnie za pomocą oporników wzorcowych (Rn) sygnał stałoprądowy przetwarzany jest na sygnał napięciowy. Sterowany cyfrowo multiplexer HP 34902 pozwala na pomiar w wybranych kanałach przy użyciu multimetru HP 34970A. Dane wyjściowe tego przyrządu są gromadzone w pamięci RAM komputera. Multimetr HP 34970A wraz ze swoim przełącznikiem kanałów pomiarowych (HP 34902) jest połączony z resztą systemu za pomocą magistrali GPIB. Komputer dołączony do magistrali za pomocą karty interfejsowej GPIB pełni rolę centralnej jednostki sterującej systemem.

Sygnałami wejściowymi są standaryzowane wartości napięć U_1, U_2 i prądów I_1, I_2 uzyskiwane z transformatorów pomiarowych będących na wyposażeniu stanowiska laboratoryjnego, a w przypadku zastosowania opracowanego systemu w warunkach przemysłowych z transformatorów pomiarowych będących na wyposażeniu badanych podstacji. Zastosowane przetworniki wtórne typu PP włączone są w układzie Arona tj. w układzie do pomiaru mocy w sieci trójfazowej za pomocą dwóch watomierzy i za ich pomocą dokonywane są pomiary mocy czynnej (P) i biernej (Q). Na ich

podstawie obliczane są:

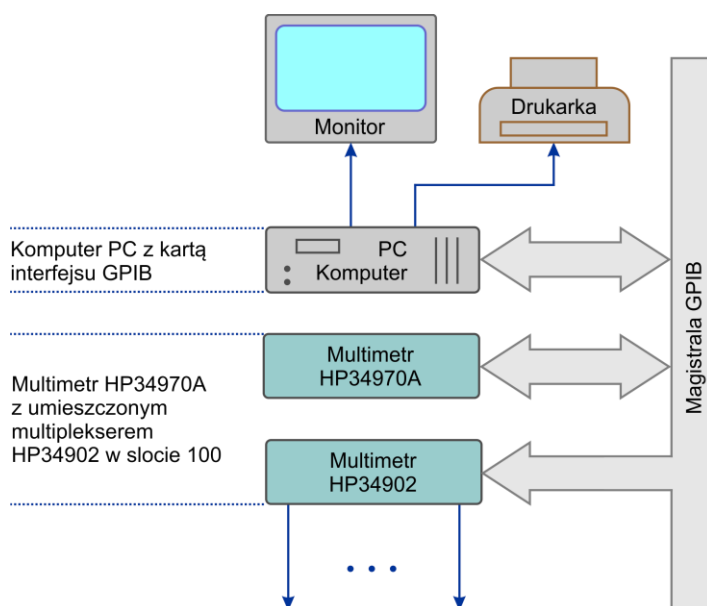
- moc pozorna $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (dla przebiegów sinusoidalnych)
- współczynnik mocy $\cos \varphi = \frac{P}{S}$
- zużycie energii czynnej i biernej
- maksymalna moc czynna 15-minutowa

2. ORGANIZACJA PRACY CZĘŚCI PROGRAMOWEJ ZAPROJEKTOWANEGO SYSTEMU

Program sterujący systemem napisano w zintegrowanym środowisku programistycznym LabWindows/CVI firmy National Instruments [3, 4, 5].

Możliwości tego środowiska wspierającego programowanie obiektowe, doskonale nadawały się do zastosowania w zaprojektowanym systemie pomiarowym. Ogólny algorytm działania programu sterującego systemem pomiarowym w postaci schematu blokowego przedstawiony jest na rysunku 2.

W skład napisanego projektu programu o nazwie **Pomiary wielkości energetycznych.prj** wchodzi następujące pliki: HP34970a.c, HP34970a.h, HP34970a.fp, Pomiar energii.c, Pomiar energii.h, Pomiar energii.uir, Pomiary .txt, Pomiary wielkości energetycznych.exe. Pliki HP34970a. – to udostępnione przez firmę National Instruments biblioteki funkcji niezbędnych do poprawnej komunikacji sterowania multimetrem HP34970. Plik HP34970 a.fp zawiera drzewo wszystkich możliwych do użycia funkcji bibliotecznych obsługujących przyrząd HP34970. Plik HP34970a.h jest plikiem nagłówkowym dla pliku źródłowego HP34970a.c zawierającego prototypy wszystkich funkcji bibliotecznych. Pozostałe pliki zostały opracowane przez autorów pracy. Podstawowym plikiem projektu jest plik o nazwie **Pomiar energii.c** napisany w języku C. Jego plikiem nagłówkowym jest plik **Pomiary energii.h**. Plik nagłówkowy zawiera prototypy funkcji obsługi zdarzeń zdefiniowanych na wirtualnym przyrządzie pomiarowym obejmującym interfejs użytkownika określonym w pliku **Pomiary energii.uir**. Plikiem wynikowym programu jest zbiór **Pomiary.txt** (w formacie kodu ASCII). Do tego pliku po uruchomieniu programu i procedur pomiarowych zapisywane są na bieżąco (w trybie on-line) wyniki przeprowadzonych pomia-



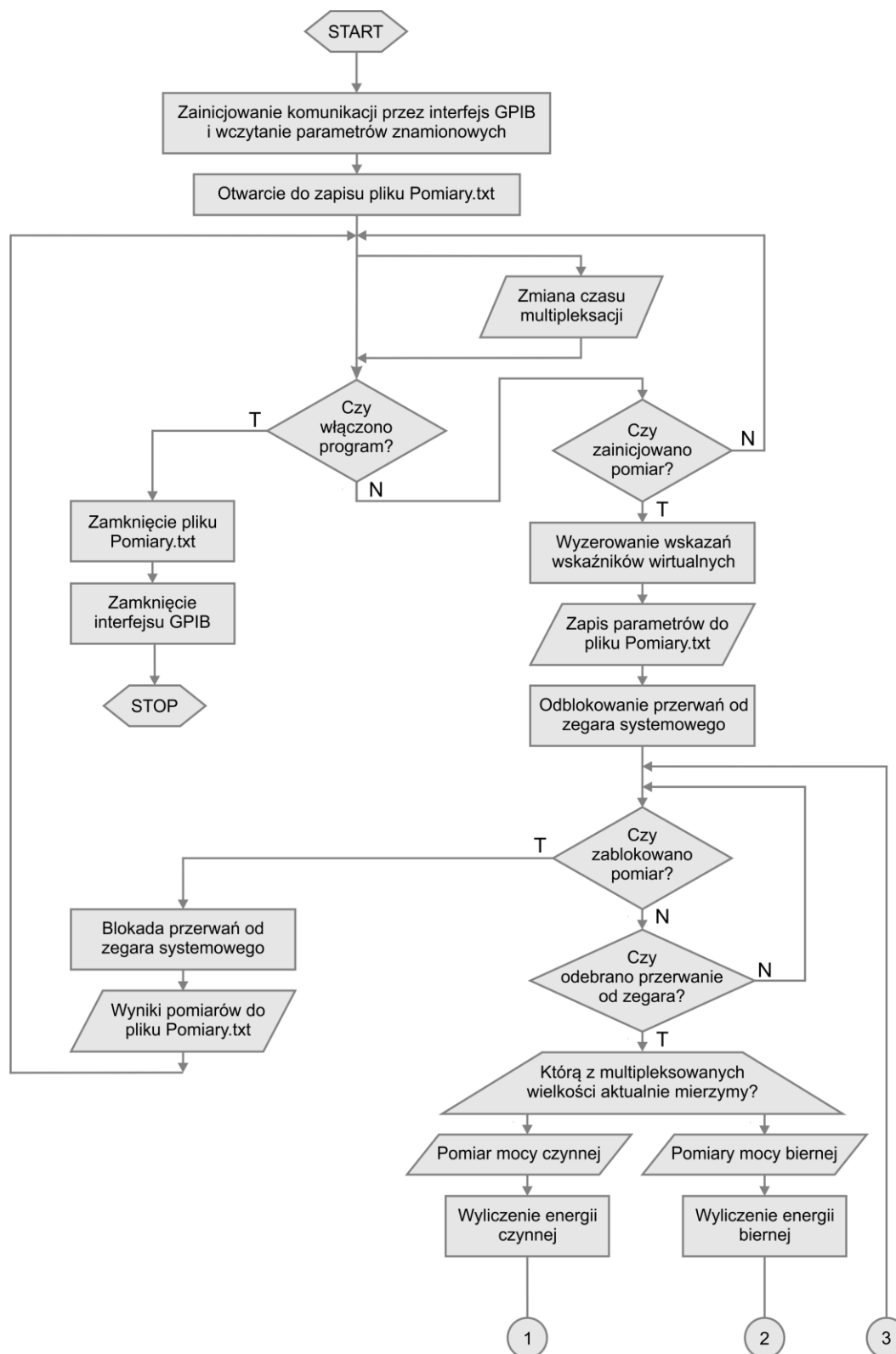
Rys.1b. Schemat blokowy części cyfrowej

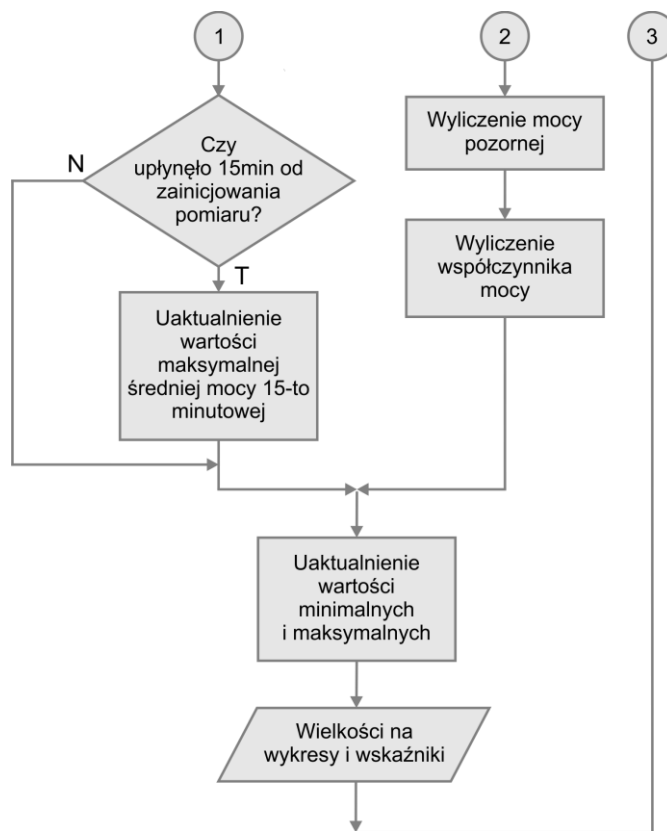
rów i obliczeń programowych. Mogą one, w razie potrzeby, być wykorzystane do dalszego przetwarzania przez operatora systemu pomiarowego.

Gdy inicjacja komunikacji komputera z multimetrem przebiegnie bez zakłóceń, ukazywane jest okno dialogowe służące do wprowadzenia parametrów przetworników występujących w strukturze układu pomiarowego, a następnie wirtualny panel kontrolno-pomiarowy, który świadczy o gotowości systemu do pomiaru. W oknie tym użytkownik systemu za pomocą kursora wprowadza wartości znamionowe parametrów zastosowanych przetworników.

Po wprowadzeniu wszystkich wartości i zatwierdzeniu ich naciśnięciem klawisza „Zatwierdź” ukazywany jest panel kontrolno-pomiarowy (rys. 4)

Powyższy panel zawiera pasek menu zawierający: przycisk wyjścia z programu, przełącznik pomiarów, diody sygnalizacyjne oraz liczne pola wskaźnikowe. Po włączeniu programu oraz przejściu w tryb pomiarowy, graficzne rejestratory wartości poszczególnych rodzajów mocy są wycyszczane w wskaźniki liczbowe wyzerowywane. Wyjście z programu jest możliwe jedynie w przypadku, gdy system znajduje się w trybie oczekiwania – przełącznik PO-

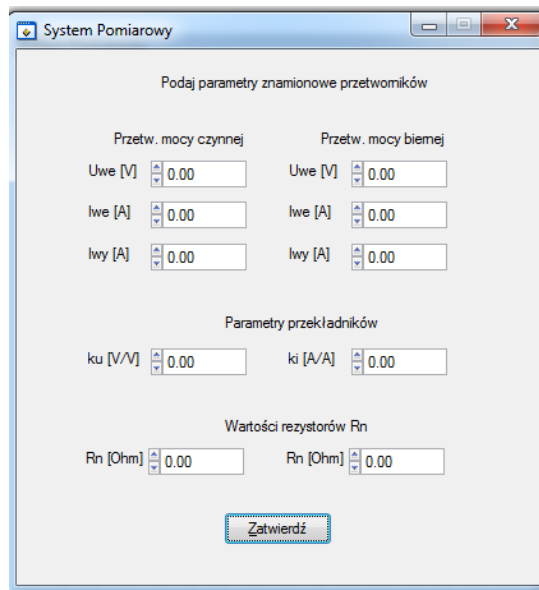




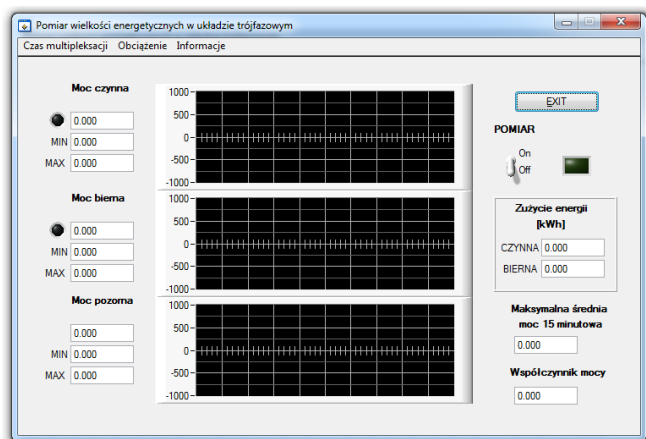
Rys. 2. Algorytm działania programu sterującego zaprojektowanym system pomiarowym

MIAR ustawiony jest wtedy w pozycji Off i odpowiednia dioda jest wygaszana. Takie rozwiązanie daje pewność, że nie nastąpi przypadkowe zamknięcie programu przed uzyskaniem właściwych danych pomiarowych. Przejście w tryb pomiarowy następuje wraz z przestawieniem przełącznika POMIAR w pozycję On. Jeżeli operator systemu przejdzie do tego trybu, zapali się odpowiednia dioda sygnalizacyjna i przycisk wyjścia z programu zostaje zablokowany.

Wskaźniki i wykresy są na bieżąco aktualizowane na podstawie przeprowadzanych pomiarów i wyliczeń programowych. Graficzne rejestratory przedstawiają ostatnie 200 pomiarów wartości poboru mocy czynnej, biernej i pozornej. Wcześniejsze dane pomiarowe nie są jednak tracone. Pełna dokumentacja przeprowadzonych pomiarów i obliczeń znajduje się bowiem w pliku wynikowym o nazwie Pomiary.txt, który jest automatycznie tworzony w momencie uruchomienia programu **Pomiary wielkości energetycznych.exe**. Plik wynikowy zawiera datę, czas rozpoczęcia i zakończenia pomiarów, wartość przyjętego interwału czasowego oraz wyniki przeprowadzonych pomiarów i obliczeń. Przed załączeniem systemu w tryb pomiarowy, istnieje możliwość modyfikacji wartości interwału czasowego pomiędzy kolejnymi pomiarami mocy. W programie przewidziano do wyboru kilka wartości interwału multipleksacji.



Rys.3. Okno dialogowe do wprowadzania wartości parametrów przetworników



Rys.4. Wirtualny panel systemu kontrolno-pomiarowego

Z uwagi na to, że monitorowanie przez system pomiarowy wielkości przyjęto za wolnozmiennie, interwały pomiędzy kolejnymi pomiarami są stosunkowo duże, jak na możliwości sprzętowe i programowe. Zaprogramowano do wyboru następujące ich wartości: 1s, 5s, 15s, 30s, 1min i 5min, z których domyślna jest wartość 15 sekund. Wartości te w zależności od wymagań mogą być jednak już zaprogramowane od wartości jednej setnej sekundy.

PODSUMOWANIE

Zaprojektowany i zbudowany system może być łatwo rozbudowany o dodatkowe przetworniki wtórne służące do pomiaru napięć, prądów i częstotliwości. Można go także w łatwy sposób przystosować do kontroli obciążeń podstacji elektroenergetycznych zasilających trakcje pojazdów szynowych. W dalszym etapie pracy nad tym systemem autorzy opracowują oprogramowanie przy wykorzystaniu zintegrowanego środowiska programistycznego LabVIEW firmy National Instruments. Dzięki temu opracowane stanowisko umożliwi wykorzystanie kolejnego sposobu sterowania pracą zaprojektowanego systemu. Natomiast obecnie w warunkach laboratoryjnych stanowisko umożliwia przez ćwiczących studentów nabycie umiejętności projektowania systemów pomiarowych i ich obsługi programowej przy wykorzystaniu środowiska programowego LabWindows/CVI.

BIBLIOGRAFIA

1. Kuśmierz Z., *Pomiary mocy i energii w układach elektroenergetycznych*, WNT, Warszawa, 1994.
2. Przygodzki J., Kuśmierz J., *Mikrokomputerowy system pomiarowy do diagnozowania podstacji elektroenergetycznych*. Zbiór

referatów na konferencję naukową pt. Zastosowanie mikrokomputerów w energetyce zawodowej. Jadwisin 1988, s.90-96.

3. LabWindows/CVI Manual, National Instruments
4. Shahid F. Khalid, *LabWindows/CVI Programming for Beginners*, Pearson Education, May 15 2000.
5. Augustyn J., Drobnica A., Kaczmarek Z., Siwoń C., *Komputerowo wspomagane stanowiska do badania i regulacji elektro-mechanicznych napędów zasuw i zaworów regulacyjnych*, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 2000, vol. 46, Nr 1, s. 32-34, ISSN: 0032-4140.

LABORATORY STATION FOR DESIGNING THE POWER AND ENERGY MEASUREMENT SYSTEM

Abstract

The paper presents the concept and structure of the method of implementation of computer measurement system for controlling power and energy in three-phase circuits. The structure of this system consists of analog and the digital part. For the digital part given way to develop programs using the integrated development environment LabWindows/CVI. The results of measurements of active and reactive power, power factor and energy are stored in computer's memory. The computer, equipped with a GPIB interface card, acts as the central control unit. It is also used to perform calculations according to the developed programs and allows the presentation of results on the panels of virtual instruments. The developed measuring system is used by students as a educational station to design elements of this system.

Autorzy:

dr hab. inż. **Józef Kuśmierz** – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych.

mgr inż. **Teodor Serwicki** – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych.