

Józef KWICZAŁA
Wojciech GLAPA

ZAUTOMATYZOWANY SYSTEM POMIAROWY DO WYZNACZANIA PARAMETRÓW
PRZETWORNIKÓW

Streszczenie. W pracy przedstawiono strukturę sprzętową oraz możliwości metrologiczne zautomatyzowanego systemu pomiarowego. Opracowany system pozwala na analizę właściwości przetworników pomiarowych o strukturze czwórnikowej. Zaprezentowano dwa wyspecjalizowane przeznaczenia systemu, tj. analizę typowych parametrów czwórnikowych przetwornika przy założeniu jego pasywności i liniowości oraz analizę właściwości przetwornika nieliniowego zbudowanego z wykorzystaniem materiałów magnetycznych.

COMPUTER SYSTEM FOR TRANSDUCER PARAMETER EVALUATION

Summary. The structure and capabilities of automated measuring system are presented in this paper. This system is destined to analyze properties of the transducers, which may be treated as a four terminal network. The paper also contains description of two specialized system applications, i.e. identifying of typical four terminal network parameters and frequency characteristic of the linear and passive transducer and analysis of the properties of nonlinear transducers, built with the application of magnetic materials.

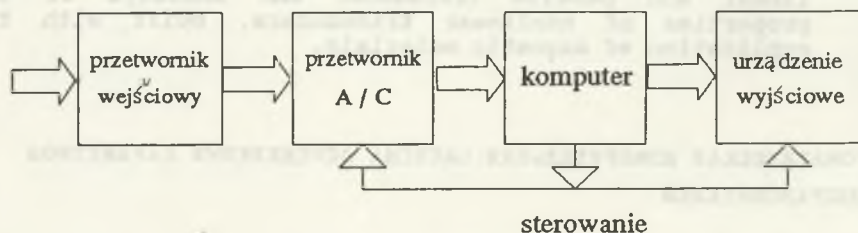
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Резюме. Работа представляет структуру и метрологические возможности автоматической измерительной системы. Назначение системы, это анализ качества преобразователей имеющих форму четырехполюсника.

Рассматриваются два вида работы системы; идентификация параметров и частотных характеристик линейных и пассивных преобразователей и анализ качества нелинейных преобразователей реализованных с применением магнитных материалов.

1. WSTĘP

Dynamiczny rozwój techniki cyfrowej zaowocował opanowaniem technologii masowej produkcji sprzętu komputerowego wysokiej jakości. Pozwala on nie tylko na zwiększenie szybkości operacji i umożliwienie pracy w czasie rzeczywistym (real-time), ale również na wzrost precyzji obliczeń i zwiększenie dokładności przetwarzania wyników. Wzrosła również funkcjonalność urządzeń pomiarowych, pozwalając na coraz "inteligentniejsze" przetwarzanie wyników pomiarów. Właściwości te stały się punktem wyjścia do powszechnego zastosowania komputerów w budowie wszelkiego rodzaju systemów zautomatyzowanych, w tym w zautomatyzowanych systemach pomiarowych [2], [3], [4]. Jednak nawet wprowadzenie komputerów w tor pomiarowy nie zmieniło najbardziej istotnych cech systemów rejestracji i przetwarzania danych. Analizując budowę takiego systemu łatwo można zauważyć, że jest ona podobna do struktury tradycyjnego układu pomiarowego, albowiem zastosowanie komputera nie zmieniło jego podstawowych cech. Na rys.1 przedstawiono schemat blokowy typowego systemu pomiarowego wspomaganego komputerem.



Rys.1. Schemat blokowy systemu pomiarowego
Fig.1. Measuring system block diagram

Właściwe zastosowanie komputera, to rejestracja i przetwarzanie danych według opracowanych dla danego systemu pomiarowego algorytmów. Ponadto nadzoruje on całość czynności związanych z przebiegiem procesu pomiarowego, tj. steruje pracą urządzeń peryferyjnych odpowiedzialnych za zbieranie danych oraz organizuje wyprowadzanie wyników końcowych (sterowanie przetworników mierzonych sygnałów, sterowanie pracą urządzeń wejścia/wyjścia, wizualizacja danych itd.). Od konkretnego zadania pomiarowego zależy, czy komputer może rejestrować, przetwarzać i wyświetlać wyniki pomiarów w czasie rzeczywistym (tzw. systemy nadążne), czy też konieczne jest rejestrowanie danych pomiarowych w celu późniejszego ich przetworzenia.

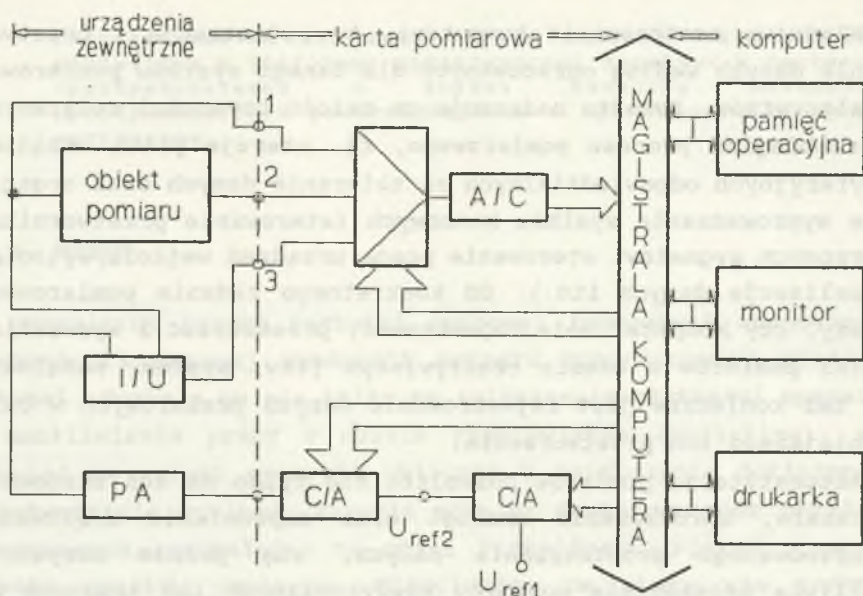
Automatyzacja pomiarów pozwoliła nie tylko na ich skrócenie w czasie, uproszczenie obsługi oraz zapewnienie możliwości wyrafinowanego przetwarzania danych, ale przede wszystkim umożliwia prowadzenie pomiarów niewykonalnych lub trudnych do wykonania metodami tradycyjnymi, np. pomiary wielkości dynamicznych. Na uwagę zasługuje także ekonomiczny aspekt zagadnienia, tzn. odpowiednio zaprojektowany system pomiarowy może być łatwo adaptowany do różnego rodzaju pomiarów, w zależności od doboru odpowiedniego oprogramowania oraz doboru właściwego przetwornika wejściowego.

2. STRUKTURA SYSTEMU POMIAROWEGO

Spośród różnych możliwych koncepcji budowy zautomatyzowanych systemów pomiarowych wybrano rozwiązanie polegające na wykorzystaniu komputera klasy IBM PC/AT wyposażonego w rozszerzoną kartę pomiarową PCL - 812PG firmy PC - LAB [5].

Ze względu na wymagania narzucone parametrami technicznymi karty pomiarowej w systemie zastosowano dodatkowe urządzenia pomocnicze:

- przetwornik prąd-napięcie (I/U); ze względu na napięciowy charakter wejść analogowych karty pomiarowej,
- wzmacniacz mocy (PA); w celu odpowiedniego wzmocnienia sygnału generowanego przez kartę.



Rys.2. Ogólna struktura systemu pomiarowego

Fig.2. General structure of measuring system

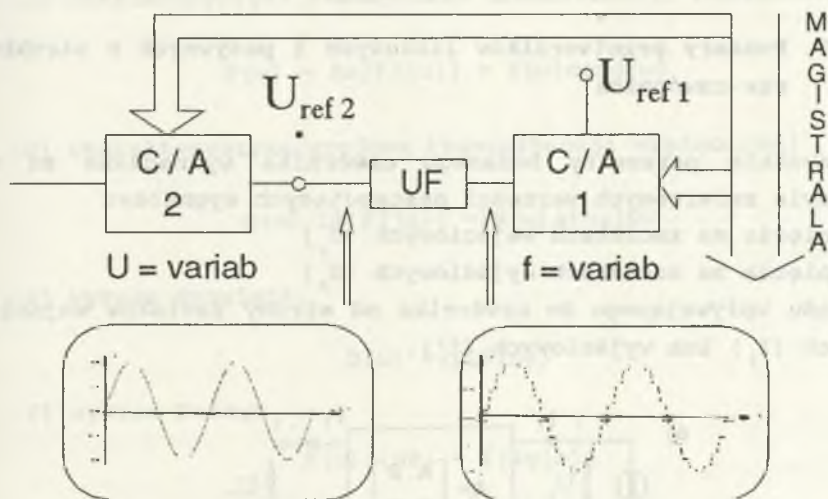
W rozpatrywanym systemie karta pomiarowa analizuje trzy sygnały wejściowe, oznaczone odpowiednio tak jak na rys.2:

- 1 - napięcie na wejściu obiektu pomiarowego,
- 2 - napięcie na wyjściu obiektu pomiarowego,
- 3 - prąd na wejściu (lub wyjściu) obiektu pomiarowego po przetworzeniu na napięcie.

Wykorzystano ponadto dwa kanały przetwarzania cyfrowo-analogowego opisanej karty pomiarowej. Na rys.3 przedstawiono ideę generacji sygnału o przestrajanej zarówno amplitudzie, jak i częstotliwości. Kanał C/A nr 1 generuje przebieg sinusoidalny o ustalonej wartości amplitudy (zależnej od zewnętrznego napięcia odniesienia U_{ref1}) i zadanej programowo częstotliwości. Następnie tak wytworzony sygnał podawany jest na wejście napięcia odniesienia U_{ref2} kanału C/A nr 2. Kanał ten powoduje ustalenie odpowiedniego poziomu amplitudy generowanego przebiegu. Dodatkowo zastosowano układy filtrujące (UF) zmniejszające zawartość harmonicznych sygnału (karta generuje przebieg o

wartościach skwantowanych; wartość kwantu wynika z rozdzielczości przetwornika C/A karty). Ze względu na niewielką moc sygnału generowanego przez kanały cyfrowo-analogowe karty pomiarowej, konieczne jest jego wzmocnienie przy użyciu wzmacniacza mocy.

W trakcie wykonywania pomiarów zarówno generacja sygnału testującego, jak i zbieranie oraz przesył danych do pamięci w trybie bezpośredniego dostępu (DMA) następuje w czasie rzeczywistym. Reszta operacji w systemie, jak przetwarzanie i wyrowadzanie wyników, wykonywana jest po zakończeniu procesu zbierania danych.



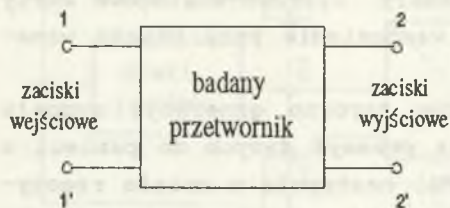
Rys.3. Idea generacji sygnału o regulowanej częstotliwości i amplitudzie

Fig.3. Conception of signal generation with frequency and amplitude control

3. PRZEZNACZENIE ZAUTOMATYZOWANEGO SYTEMU POMIAROWEGO

System pomiarowy, o podanej strukturze, jest przeznaczony do kompleksowych pomiarów przetworników o strukturze czwórnika

(rys. 4). Możliwe jest wyznaczenie parametrów dla dwóch następujących klas przetworników:



Rys.4. Przetwornik jako obiekt pomiaru

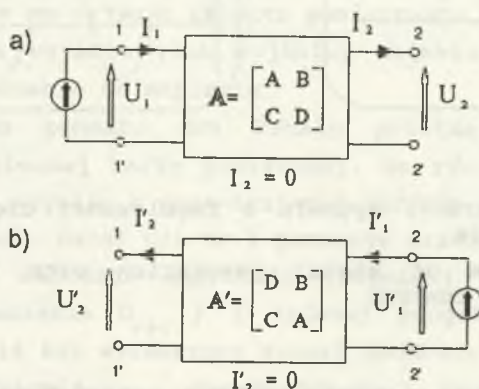
Fig.4. Transducer as measuring object

1. Dowolnych przetworników spełniających kryteria liniowości i pasywności.
2. Przetworników nieliniowych zbudowanych z wykorzystaniem rdzenia ferromagnetycznego.

3.1. Pomiary przetworników liniowych i pasywnych o strukturze czwórnika

Wszystkie parametry badanego czwórnika wyznaczone są na podstawie zmierzonych wartości następujących sygnałów:

- napięcia na zaciskach wejściowych (U_1)
- napięcia na zaciskach wyjściowych (U_2)
- prądu wpływającego do czwórnika od strony zacisków wejściowych (I_1) lub wyjściowych (I_1').



Rys.5. Dwa sposoby podłączenia przetwornika do systemu

Fig.5. Two procedure of connection of a transducer to the system

Można wyróżnić dwa podstawowe zadania realizowane przez program:

1. Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych czwornika.

a) charakterystyka amplitudowa

$$K(\omega) = |K(j\omega)| = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)},$$

b) charakterystyka fazowa

$$\phi(\omega) = \varphi_{U_2} - \varphi_{U_1}$$

c) charakterystyka rzeczywista transmitancji napięciowej

$$P(\omega) = \operatorname{Re}[K(j\omega)] = K(\omega) \cos\phi(\omega)$$

d) charakterystyka urojona transmitancji napięciowej

$$Q(\omega) = \operatorname{Im}[K(j\omega)] = K(\omega) \sin\phi(\omega)$$

e) wykres Nyquista

$$Q(\omega) = f\{P(\omega)\}$$

f) wykres Bodego

$$K(\omega) \text{ [dB]} = f\{\lg(\omega)\}$$

2. Wyznaczanie podstawowych parametrów opisujących czwornik.

a) współczynniki A, B, C, D macierzy łańcuchowej A,

b) współczynnik przenoszenia γ , współczynnik tłumienia a ,
współczynnik fazowy b

$$\gamma = \ln \left(\sqrt{AD} - \sqrt{BC} \right), \quad a = \operatorname{Re}[\gamma], \quad b = \operatorname{Im}[\gamma],$$

d) impedancje charakterystyczne Z_{c_1} oraz Z_{c_2} czwornika

$$Z_{c1} = \sqrt{\frac{AB}{CD}} \quad Z_{c2} = \sqrt{\frac{DB}{CA}}.$$

Program wyznacza zmienność wyżej wymienionych parametrów w określonym paśmie częstotliwości oraz dla amplitud napięcia sygnału testującego zadanych przez użytkownika.

O ile wyznaczenie charakterystyk częstotliwościowych mogłoby zostać zrealizowane w jednym układzie połączeń (rys.5a), to do wyznaczenia parametrów czwórnika należy dokonać pomiarów zarówno przy zasilaniu od strony pary zacisków 1-1' (rys.5a), jak i przy zasilaniu od strony pary zacisków 2-2' (rys.5b). Wynika to z konieczności wyznaczenia wszystkich czterech współczynników A,B,C,D macierzy łańcuchowej A.

Przy zasilaniu obiektu, zgodnie z rys.5a, równanie macierzowe czwórnika ma postać:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Można więc wyznaczyć wartości współczynników A i C macierzy łańcuchowej

$$A = \frac{U_1}{U_2} \quad C = \frac{I_1}{U_2}.$$

Natomiast przy zasilaniu obiektu zgodnie z rys.5b, równanie macierzowe ulega modyfikacji

$$\begin{bmatrix} U'_1 \\ I'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D & B \\ C & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U'_2 \\ 0 \end{bmatrix},$$

i pozwala wyznaczyć wartość współczynnika D.

$$D = \frac{U'_1}{U'_2}.$$

Wartość współczynnika B znajdujemy wykorzystując podstawową właściwość czwórnika liniowego i pasywnego. Mówi ona, że

spośród czterech współczynników A,B,C,D macierzy łańcuchowej tylko trzy są niezależne i powiązane równaniem:

$$AD - BC = 1,$$

Stąd

$$B = \frac{AD - 1}{C}.$$

Zgodnie z przedstawionymi zależnościami, uzyskanie kompletu wyników wiąże się z koniecznością wykonania dwóch cykli pomiarowych, każdy przy innym sposobie podłączenia obiektu do systemu. Aby zapewnić poprawny przebieg pomiarów, system w odpowiednim momencie informuje użytkownika o konieczności modyfikacji układu połączeń obiektu z systemem, podając jednocześnie na ekranie odpowiedni schemat połączeń.

3.2. Pomiary przetworników nieliniowych, zbudowanych z wykorzystaniem rdzenia ferromagnetycznego

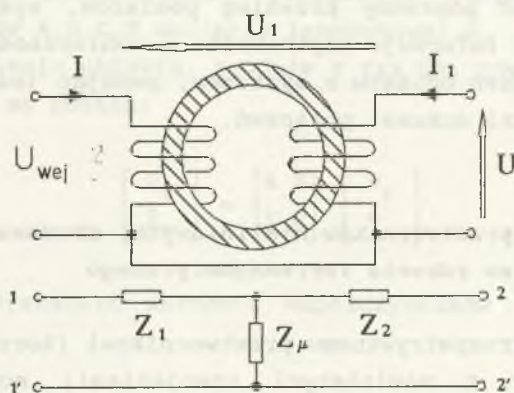
Przyjęto, że rozpatrywanemu przetwornikowi (toroidalny rdzeń ferromagnetyczny z nawiniętymi uzwojeniami) można przyporządkować schemat zastępczy pokazany na rys.6. Wszystkie parametry badanego przetwornika wyznaczone są zawsze na podstawie zmierzonych wartości pary sygnałów, tzn. odpowiedniego napięcia i prądu zgodnie z zaleceniami norm [6,7,8].

Zasilanie od strony zacisków 1-1', gdy zaciski 2-2' są nieobciążone, pozwala na wyznaczenie impedancji Z_{μ} (pomiar U, I) oraz impedancji Z_1 (pomiar U_1, I). Z kolei zasilanie przetwornika od strony zacisków 2-2', przy zaciskach 1-1' rozwartych, pozwala na wyznaczenie impedancji Z_2 przy pomiarze napięcia U_1 i prądu I_1 .

Dla każdego z przypadków obliczana jest składowa rzeczywista i urojona zarówno dla modelu szeregowego, jak i równoległego schematu zastępczego.

Oprócz podanych parametrów przetwornika możliwe jest także analizowanie pewnych właściwości użytego rdzenia ferromagnetycznego. System pozwala na:

- obserwację przebiegów czasowych indukcji $B(t)$ i natężenia $H(t)$ pola magnetycznego w rdzeniu,
- obserwację dynamicznej pętli histerezy $B = f(H)$,
- wyznaczenie wartości skutecznej natężenia pola magnetycznego H_{sk} , indukcji maksymalnej B_{max} oraz stratności P_{Fe} w rozpatrywanym rdzeniu,
- obliczenie składowej rzeczywistej μ' i urojonej μ'' zespolonej przenikalności magnetycznej oraz składowej rzeczywistej μ'_d i urojonej μ''_d różniczkowej przenikalności magnetycznej.

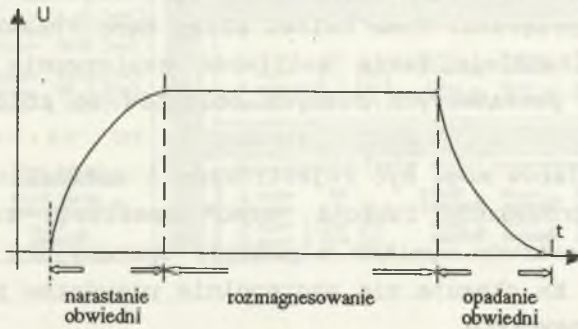


Rys.6. Model przetwornika nieliniowego i jego schemat zastępczy
 Fig.6. Nonlinear transducer model and its equivalent diagram

Aby ułatwić interpretację właściwości badanego przetwornika ze względu na nieliniowy charakter obiektu, system umożliwia prowadzenie pomiarów w trzech trybach pracy:

1. Jeden pomiar ustalono są amplituda oraz częstotliwość napięcia zasilania.
2. Pomiar $x=x(f)$ amplituda stała; częstotliwość zmieniana jest w pamięci zadany przez użytkownika.
3. Pomiar $x=x(U)$ amplituda zmienia się w zakresie podany przez użytkownika, a częstotliwość jest ustalona.

Pozwala to na obserwację wpływu zmian częstotliwości i napięcia sygnału na wyznaczone parametry badanego obiektu. Ponieważ przy pomiarach magnetycznych wartości wyników zależą ściśle od namagnesowania początkowego rdzenia, przewidziano w systemie opcję rozmagnesowania "RMag" badanego przetwornika.



Rys.7. Obwiednia sygnału rozmagnesowania

Fig.7. Demagnetization signal envelope

Umożliwia ona rozmagnesowanie badanego przetwornika przed wykonaniem pomiarów. Aby zapewnić największą efektywność rozmagnesowania, obwiednia sygnału rozmagnesowującego ma postać taką jak na rys.7. Obwiednię sygnału rozmagnesowania dobrano wg zaleceń przedstawionych w pracy [1].

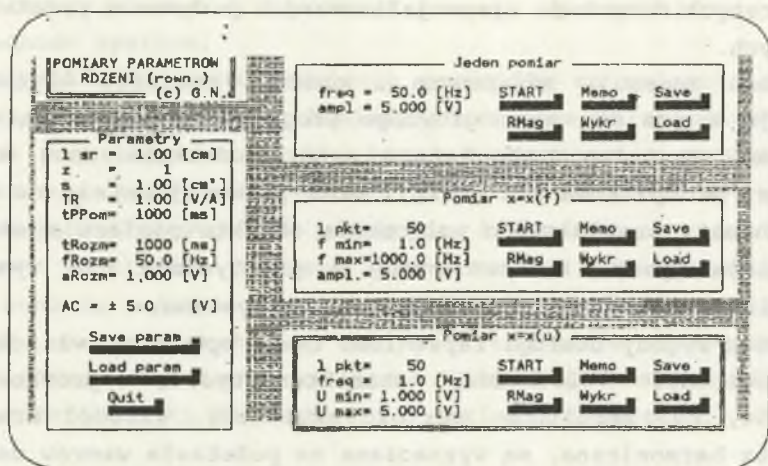
4. WŁAŚCIWOŚCI OPROGRAMOWANIA SYSTEMU

System pomiarowy o przedstawionej strukturze sprzętowej został tak zaprojektowany i wykonany, aby zapewnić optymalną efektywność wykonywanych pomiarów. Programy obsługi gwarantują nie tylko precyzję pomiarów i spełnienie wysokich wymagań metrologicznych, ale ponadto charakteryzują się prostotą obsługi oraz umożliwiają uzyskiwanie wyników w postaci dogodnej dla użytkownika.

Zanim zostaną omówione konkretne przeznaczenia pomiarowe zbudowanego systemu, warto zwrócić uwagę na kilka istotnych właściwości oprogramowania systemu:

1. Sterowanie przebiegiem zbierania danych oraz wyprowadzania wyników odbywa się z okienek menu głównego. Bardziej skomplikowane funkcje wyposażone są we własne menu dodatkowe, czytelnie obrazujące sposób ich wykorzystania.
2. Ponieważ pomiary mogą być prowadzone dla obiektów o różnych parametrach, istnieje konieczność wprowadzania tych parametrów do programu. Temu celowi służy okno "PARAMETRY" menu głównego. Istnieje także możliwość zapisywania i odczytu parametrów początkowych różnych obiektów ze zbiorów dyskowych.
3. Wyniki pomiarów mogą być rejestrowane i odtwarzane z dysku. Ponadto wprowadzona funkcja "MEMO" umożliwia zapamiętanie czterech zestawów wyników w pamięci operacyjnej komputera. Możliwości te okazują się szczególnie przydatne przy pomiarach porównawczych.
4. Na szczególne podkreślenie zasługują możliwości funkcji "WYKRES", zajmującej się wyprowadzaniem na monitor wyników pomiarów w postaci wykresów. Użytkownik dysponuje listą wyznaczonych parametrów badanego obiektu i sam decyduje, która wielkość zostanie przypisana osi rzędnych, a która osi odciętych generowanego wykresu. Dokonuje się tego spod wyspecjalizowanej opcji "DEFINE" należącej do menu własnego funkcji "WYKRES".
5. Menu funkcji "WYKRES" zawiera także opcję "EXPORT". W razie konieczności dokładniejszej obróbki wyników umożliwia ona przesłanie zebranych danych do specjalistycznego oprogramowania przetwarzającego.
6. Ewentualne występowanie zakłóceń w pracy systemu lub przekroczenie parametrów granicznych dopuszczalnych dla karty zostaje zgłoszone odpowiednim komunikatem na ekranie i wygenerowaniem ostrzegawczego sygnału dźwiękowego.

Na rys.8 przedstawiono wygląd ekranu monitora podczas interaktywnej pracy w systemie pomiarowym.



Rys.8. Ekran monitora podczas interaktywnej pracy systemu
 Fig.8. Monitor screen view during interactive running system

5. WNIOSKI

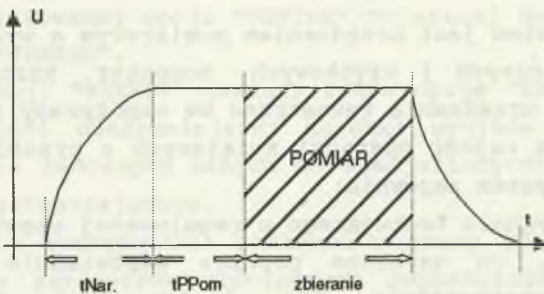
Omówiony system jest urządzeniem pomiarowym o wysokich walorach metrologicznych i użytkowych. Komputer, karta pomiarowa oraz dodatkowe urządzenia zewnętrzne we współpracy z oprogramowaniem wykonują całość operacji związanych z przebiegiem cyklu pomiarowego. System zapewnia:

- 1) generację sygnału testującego o regulowanej częstotliwości i amplitudzie, co uzyskano poprzez odpowiednie sprzężenie kanałów przetwarzania C/A karty oraz zastosowania zewnętrznego wzmacniacza mocy zapewniającego odpowiedni poziom sygnału,
- 2) zbieranie odpowiedzi obiektu na wygenerowany sygnał testujący. Aby umożliwić pomiar sygnału o charakterze prądowym konieczne było zastosowanie przetwornika prąd-napięcie,
- 3) analizę i przetwarzanie zebranych danych według odpowiednich algorytmów oraz wyprowadzanie wyników na urządzenia zewnętrzne. Możliwe jest otrzymywanie wyników w postaci

wykresów definiowanych przez użytkownika oraz przesyłanie zebranych danych do wyspecjalizowanych programów przetwarzających.

Całość operacji związanych z obsługą pomiarów użytkownik wykonuje z poziomu menu głównego programu współpracującego z systemem. Czytelna budowa tego menu, dodatkowe menu własne bardziej skomplikowanych funkcji oraz pojawiające się na ekranie schematy prawidłowego połączenia obiektu pomiaru z układem zapewniają wysoki komfort pracy i praktycznie nie wymagają wcześniejszego zapoznania się z obsługą systemu.

Oprócz wygody obsługi zapewniono także optymalne właściwości metrologiczne. Wielkości charakterystyczne próbkowanych sygnałów, np. amplituda, wartość skuteczna, wartość średnia, pierwsza harmoniczna, są wyznaczone na podstawie wzorów definicyjnych. Pozwala to na uzyskanie rzetelnych wyników pomiaru. Ma to szczególnie istotne znaczenie przy pomiarach przetworników z rdzeniami magnetycznymi, gdzie histereza materiałów ferromagnetycznych może być powodem odkształcenia sygnałów mierzonych. Ponadto system zapewnia możliwość wykonywania pomiarów dynamicznych i wyznacza parametry dynamiczne zgodnie z ich definicją.



Rys.9. Obwiednia sygnału testującego

Fig.9. Test signal envelope

Wykładnicze narastanie obwiedni sygnału testującego oraz rozpoczęcie pomiarów po czasie "tPpom", od momentu ustalenia się amplitudy tego sygnału, pozwalają na eliminację wpływu stanów nieustalonych na wyniki pomiarów (rys.9).

W pomiarach przetworników z rdzeniem magnetycznym zastosowano koncepcję metody ferrometrycznej, gwarantującej wysoką dokładność wyników.

Wszystkie te przedsięwzięcia pozwoliły na osiągnięcie optymalnej precyzji wyników. Pomiarы prowadzone na obiektach wzorcowych pozwalają twierdzić, że błąd wyznaczenia modułu parametrów nie przekracza jednego procenta, a błąd wyznaczenia przesunięcia kąтового nie przekracza 1 stopnia.

Aby umożliwić bliższe zapoznanie się potencjalnych użytkowników systemu z jego właściwościami metrologicznymi, został on zaprezentowany na I Przeglądzie Oprogramowania Technicznego organizowanego przez Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

6. DODATEK

6.1. Podstawowe dane techniczne systemu i dopuszczalne wartości parametrów oprogramowania

A. Struktura sprzętowa

- Jednostka centralna: Komputer klasy IBM PC/AT z procesorem 80286 i koprocesorem numerycznym 80287.
- Rozszerzona karta pomiarowa PCL 812 PG firmy PC-LAB.
- Wzmacniacz mocy sygnału PWL-3.
- Przetwornik prąd-napięcie $U/I=0.1, 1.0, 10.0$ [V/A]
- Oprogramowanie: Język Turbo Pascal z wykorzystaniem programowania zorientowanego obiektowo.

B. Pomiarы przetworników liniowych i pasywnych o strukturze czwórnika

- Pasma analizowanych częstotliwości 1..1000 [Hz]
- Zakres amplitudy napięcia testującego 0.01..10 [V]
- Opcja "Parametry"
TR 1..100 [V/A] zakres przetwornika prąd-napięcie

tPpom	1..10000	[ms]	czas od ustalenia amplitudy wymuszenia do rozpoczęcia pomiarów (rys.4.4)
tNar.	1..10000	[ms]	czas narastania obwiedni sygnału testującego
zakrAC	±0.3125, ±0.625, ±1.25, ±2.5, ±5.0	[V]	zakres przetwarzania A/C
- Opcja "Pomiar $x=x(f)$ "			
lpkt	2..128		liczba punktów pomiaru
fmin	1	[Hz]	częstotliwość minimalna wymuszenia
fmax	1000	[Hz]	częstotliwość maksymalna wymuszenia
ampl	0.01..10	[V]	zakres amplitudy wymuszenia

C. Pomiary przetworników zbudowanych z wykorzystaniem rdzenia magnetycznego.

- Pasma analizowanych częstotliwości	1..1000	[Hz]	
- Zakres amplitudy napięcia testującego	0.01..10	[V]	
- Opcja "Parametry"			
lsred	0.01..99	[cm]	średnia długość drogi magnetycznej
z	1..1000		liczba zwojów uzwojenia
S	0.01..99	[cm]	pole przekroju poprzecznego rdzenia
TR	1..100	[V/A]	zakres przetwornika prąd-napięcie
tPpom	1..10000	[ms]	czas od ustalenia amplitudy, wymuszenia do rozpoczęcia pomiarów (Rys.9)
tNar.	1..10000	[ms]	czas narastania obwiedni sygnału testującego

zakrAC ±0.3125,
 ±0.625,
 ±1.25, [V] zakres przetwarzania A/C
 ±2.5,
 ±5.0

- Opcja "jeden pomiar"

freq 10..1000 [Hz] częstotliwość wymuszenia
 ampl 0.01..10 [V] amplituda wymuszenia

- Opcja "Pomiar $x=x(f)$ "

lpkt 2..128 liczba punktów pomiaru
 fmin 1 [Hz] częstotliwość minimalna wymuszenia
 fmax 1000 [Hz] częstotliwość maksymalna wymuszenia
 ampl 0.01..10 [V] amplituda wymuszenia

- Opcja "Pomiar $x=x(U)$ "

lpkt 2..128 liczba punktów pomiaru
 Umin 0.01..10 [V] napięcie początkowe wymuszenia
 Umax 0.01..10 [V] napięcie końcowe wymuszenia
 freq 10..1000 [Hz] częstotliwość wymuszenia

LITERATURA

1. De Francisco C., Iniguez J.I., Munoz J.M., Ayala J.: Automatic Disaccommodation Mesuring System. IEEE Trans. on Magnetics, Vol. MAG-23, No 2, March 1987.
2. Kaspar P., Draxler K., Ripka P.: Complex Permeability Measuring System. Proc. 5-th IMECO TC-4 Symposium on Electrical Measuring Instruments for Low and Medium Frequencies, Vienna 1992.
3. Kwiczala J.: Multiprocedure Measurement System for Testing of Converter Models with Magnetic Circuits. Proc. European Magnetic Materials & Applications Conference, Koice 1993.
4. Kwiczala J.: Metrologiczna ocena metod pomiaru kompleksowych parametrów materiałów magnetycznych. Metrologia i Systemy Pomiarowe, nr 16, Warszawa 1993.
5. PC- LabCard User's Manual "Multi-Lab Card with Programmable Gain - PCL-812PG".

6. Polska Norma PN-74/H-04734 - Materiały magnetycznie miękkie. Pomiary własności magnetycznych.
7. Polska Norma PN-84/H-04450 - Materiały magnetycznie miękkie. Pomiar stratności magnetycznej.
8. Polska Norma PN-72/T-01019 - Magnetyzm. Nazwy i określenia.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Michał Szyper

Wpłynęło do Redakcji 15 marca 1994

Abstract

The determination of parameters of transducers and a knowledge of characteristic curves of magnetic materials give considerable information to design a precise model of a magnetic converters. The magnetic converters are applied to measure electrical quantity (i.e. inductive voltage and current dividers, magnetic current comparators, transformers, etc.) and nonelectrical quantity (i.e. dynamometers, pressure gauges, position sensors, etc.). The magnetic material complex parameters are achieved basing on measuring system. It consists of microcomputer equipments with multifunction analog and digital control.

The measuring system sketched in the hardware block diagram shown in Fig.2.

The system allows for analog-to-digital conversion of measuring signals and double digital-to-analog conversion for control frequencies and amplitude of signal generator. Material testing is preceding by their demagnetization. Demagnetization signal is generated by digital-to-analog converters. The first D/A converter generates variable frequencies signal, the second one - generates envelope curve of this signal. A power amplifier provides the proper amount of current strength for both magnetization and demagnetization.

The measuring system allows optional choice of three kind of measurement:

1. Single measurement - current-to-voltage or voltage-to-voltage characteristics for given frequency,
2. Measurement material parameters from function of variable frequency and constant test signal amplitude,
3. Measurement material parameters from function of variable amplitude and constant test signal frequency.

The numbers of measurement are determined for (1) and (2) cases. The measuring system calculates:

1. a first harmonic of test signal,
2. an RMS value of test signal,
3. a maximal value of test signal.

The analytic integration of one of both measuring signals allows to determine the magnetic relaxation and magnetic hysteresis of materials.

The maximum measuring frequency is 1000 Hz. The amplitude of magnetization signal as well as the envelope curve of demagnetization signal are controlled by microcomputer.