

Jerzy AUGUSTYN, Arkadiusz DROBNICA, Zdzisław KACZMAREK, Cezary SIWON  
POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, SAMODZIELNY ZAKŁAD ELEKTROTECHNIKI TEORETYCZNEJ I METROLOGII

Henryk MAREK  
ZAKŁAD DOŚWIADCZALNY CHEMAR

Janusz MIŚKIEWICZ  
POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, SAMODZIELNY ZAKŁAD SILNIKÓW SPALINOWYCH I MASZYN ROBOCZYCH

## Komputerowo wspomagane stanowiska do badania i regulacji elektromechanicznych napędów zasuw i zaworów regulacyjnych

### Streszczenie

Przedstawiono metodę pomiaru oraz stanowiska pomiarowe do badania i korygowania nastaw elektromechanicznych napędów zasuw i zaworów regulacyjnych. Do pomiaru momentu obrotowego wykorzystano zasadę działania hamulca Prony, współpracującego z tensometrycznym czujnikiem siły. Do akwizycji danych pomiarowych wybrano kartę pomiarową PCL-711 firmy Advantech. Przyjazne dla użytkownika oprogramowanie napisano w środowisku oprogramowania narzędziowego LabWindows/CVI firmy National Instruments.

### Abstract

A measurement method and computer-aided stands for test and adjustment slide dampers drives are presented. Principle of operation the Prony's torque dynamometer for torque measuring is chosen. It is co-operated with strain gauge force sensor. For data acquisition the Advantech PCL-711 PC-based plug-in board is implemented. The user-friendly software is written in National Instruments LabWindows/CVI Virtual Instrumentation Tools.

### Wprowadzenie

W układach regulacji i sterowania dużych elektrowni ciepłych jako elementy wykonawcze występują w dużych ilościach napędy zasuw i zaworów regulacyjnych. Napędy te zasilane są zazwyczaj energią elektryczną. Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących tego typu napędy jest ściśle określona wartość momentu obrotowego powodująca zadziałanie przeciążeniowego wyłącznika momentu. Wartości momentu powodujące załączenie lub wyłączenie napędu są nastawiane przy pomocy urządzenia regulacyjnego w przeciążeniowym wyłączniku napędu. W nowych napędach wartości tych nastaw są ustawiane przez producenta. W trakcie eksploatacji występuje potrzeba okresowego sprawdzania i korygowania nastaw wartości momentu obrotowego armatury regulacyjnej [1]. W celu skrócenia czasu wyłączenia napędów z eksploatacji i zmniejszenia kosztów związanych z ich transportem do producenta, w Samodzielnym Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach opracowano skomputeryzowane stanowiska pomiarowe umożliwiające badania i regulacje napędów elektromechanicznych wraz z akwizycją i archiwizacją danych pomiarowych, bezpośrednio u użytkownika napędów. W wyniku współpracy z Elektrownią im. Tadeusza Kościuszki w Połańcu wykonano i uruchomiono dwa stanowiska do

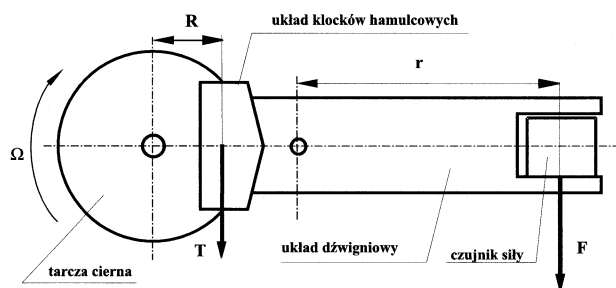
regulacji napędów o znamionowych momentach obrotowych od 40 do 2500 Nm. Stanowiska te zawierają układy umożliwiające obciążenie badanego napędu zmieniającym się w czasie momentem hamującym, pomiar oraz rejestrację przebiegów momentu hamującego w czasie i prądów fazowych silnika napędu.

### Metoda pomiaru

W opracowanych stanowiskach pomiarowych do wymuszenia w badanym napędzie zmieniającego się w czasie momentu hamującego  $M_h$  zastosowano układ hamulca Prony (rys. 1). W hamulcach tego typu tarczowy zespół hamujący, połączony z badanym napędem za pomocą sprzęgła, jest dociskany przez układ klocków, wywołując na powierzchni tarczy siłę tarcia  $T$ . Moment tej siły obciąża badany napęd, równoważąc jego moment obrotowy

$$M_0 = M_h = R \cdot T$$

Klocki hamujące są zamocowane w układzie dźwigniowym i ich zużycie nie wpływa na wartość momentu hamującego. Siła tarcia powoduje wychylenie dźwigni, która naciska na tensometryczny



Rys. 1. Zasada pomiaru momentu obrotowego hamulcem PRONY

dr inż. Jerzy AUGUSTYN  
– adiunkt w Samodzielnym Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii Politechniki Świętokrzyskiej. Zajmuje się pomiarami komparacyjnymi z wykorzystaniem techniki cyfrowego przetwarzania sygnałów.

mgr inż. Arkadiusz DROBNICA  
– asystent w Samodzielnym Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii Politechniki Świętokrzyskiej. Zajmuje się wykorzystywaniem systemów mikroprocesorowych, w szczególności procesorów sygnałowych w technice pomiarowej.

dr hab. inż. Zdzisław KACZMAREK  
– prof. Politechniki Świętokrzyskiej. Kierownik Samodzielnego Zakładu Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii. Zajmuje się odtwarzaniem sygnałów pomiarowych i czujnikami światłowodowymi.

mgr inż. Cezary SIWON  
– asystent w Samodzielnym Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii Politechniki Świętokrzyskiej. Zajmuje się systemami pomiarowymi, w szczególności zastosowaniem narzędzi programowych do wizualnego tworzenia aplikacji pomiarowych

dr inż. Henryk MAREK  
– zajmuje się projektowaniem i konstrukcją urządzeń mechanicznych i armatury w Zakładzie Doświadczalnym Chemaru.

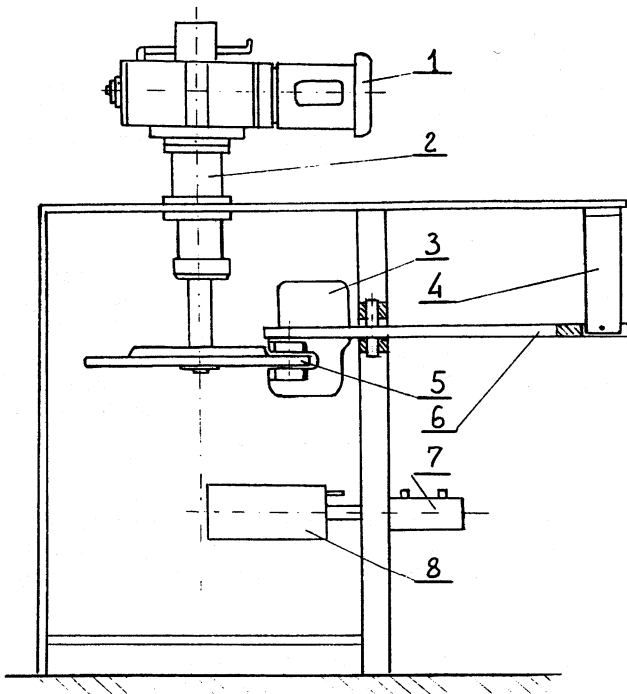
mgr inż. Janusz MIŚKIEWICZ  
– pracuje w Samodzielnym Zakładzie Silników Spalinowych i Maszyn Roboczych Politechniki Świętokrzyskiej. Zajmuje się badaniami eksperymentalnymi urządzeń transportowych dla przemysłu.

czujnik siły. Wartość siły reakcji  $F$ , przetworzona tym czujnikiem, jest proporcjonalna do momentu hamującego  $M_h$

$$M_h = r \cdot F$$

Długość  $r$  ramienia dźwigni została dobrana odpowiednio do zakresu pomiarowego stanowiska badawczego i zastosowanych czujników siły.

Zastosowana metoda pozwala na uzyskanie dokładności pomiaru zależnej głównie od dokładności układów elektronicznych toru przetwarzania sygnału wyjściowego zastosowanego czujnika siły [2]. Uproszczony schemat konstrukcyjny stanowiska przedstawiono na rys. 2, a jedno ze stanowisk, przeznaczone do badania napędów o nominalnych wartościach momentu obrotowego nie przekraczających 400 Nm – na rys. 3.



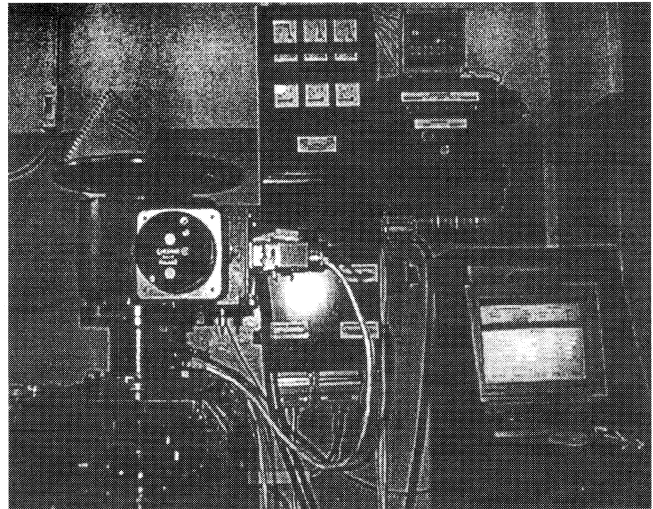
Rys. 2. Schemat konstrukcji mechanicznej stanowiska pomiarowego: 1-badany napęd, 2-sprzęgło, 3-tarczowy zespół hamujący, 4-tensometryczny czujnik siły, 5-tarcza hamulca ciernego, 6-układ dźwigniowy, 7-hydrauliczna pompa hamulcowa, 8- elektryczny silownik liniowy

### System akwizycji danych pomiarowych

W procesie wzorcowania napędu należy ustawić wymaganą, ze względu na warunki eksploatacji, wartość nominalnego momentu załączenia i wyłączenia. Sprawdzeniu podlega ponadto również 3-fazowy silnik napędu. Dlatego w trakcie badania i regulacji należy zmierzyć i zarejestrować maksymalne wartości momentu obrotowego w chwili załączenia i wyłączenia napędu oraz wartości skuteczne prądów fazowych silnika.

### Struktura systemu

Schemat blokowy systemu akwizycji danych, zbudowany w oparciu o 8-kanałową kartę pomiarową PCL-711 Firmy Advantech, przedstawiono na rys. 4. W zależności od nominalnej wartości momentu obrotowego (wielkości napędu) wykorzystuje się jedno z dwóch stanowisk pomiarowych: do regulacji napędów o nominalnych momentach obrotowych z zakresu (40 - 400) Nm oraz (63 - 2500) Nm. Do pomiaru siły  $F$ , propor-



Rys. 3. Stanowisko do badania napędów zasuw o nominalnych wartościach momentu obrotowego od 40 Nm do 400 Nm

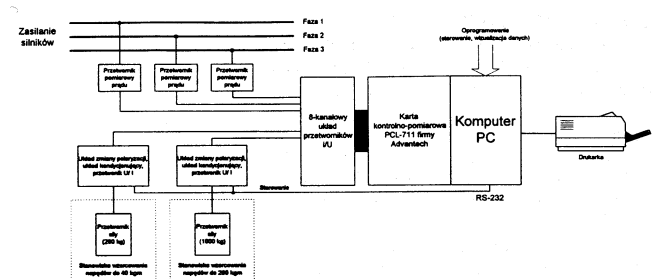
jonalnej do momentu obrotowego, wykorzystywane są tensometryczne czujniki siły typu „off-center” o czułości 2 mV/V przy sile nominalnej  $F_N$ . Pomiary momentu obrotowego dla obu kierunków pracy napędu (zamykanie i otwieranie zasuw) zapewnia układ zmiany polaryzacji sygnału czujnika sterowany poprzez łącze szeregowo RS-232 komputera. Zmiana polaryzacji dokonywana jest automatycznie z poziomu programu po wyborze kierunku pracy napędu.

Pomiary prądów fazowych silnika napędu zapewniają przetworniki wartości skutecznej prądu przemiennego typu PI81 firmy Lumel, współpracujące z przekładnikami prądowymi o przekładni zmienianej w zależności od wielkości napędu (mocy silnika). Wartość skuteczna prądu jest przetwarzana na znormalizowany sygnał stałoprądowy (układ pętli prądowej).

Ze względu na stosunkowo duże odległości pomiędzy stanowiskami pomiarowymi, a komputerem nadzorującym pracę systemu (do kilkunastu metrów) oraz występujące zakłócenia, wzmacnione w układzie kondycjonującym sygnały napięciowe czujników siły również zostały zamienione na sygnał stałoprądowy.

Z doświadczeń badawczych wynika, że czas trwania procesu hamowania badanego napędu nie jest krótszy niż 6 s. Częstotliwość graniczna dla odtworzenia kształtu przebiegu o takim czasie trwania i przyjętym kształcie przebiegu w postaci połówki sinusoidy wynosi 0,5 Hz [3]. Częstotliwość próbkowania wynikająca z kryterium Shannona nie może być mniejsza niż 1 Hz. W pracy przyjęto częstotliwość próbkowania jako 10 Hz.

Działanie systemu akwizycji danych jest nadzorowane przez komputer osobisty zgodny z IBM PC wykorzystujący możliwości zintegrowanego środowiska programowego LabWindows/CVI for Windows 95/NT firmy National Instruments [4].



Rys. 4. Schemat blokowy systemu akwizycji danych

## Oprogramowanie

LabWindows/CVI jest pakietem programowym, wspomagającym projektowanie systemów pomiarowych, opierającym się na koncepcji obiektów programowych, które mogą odwzorowywać zarówno obiekty fizyczne, jak i procedury pomiarowe, procedury przetwarzania danych oraz elementy rozbudowanego graficznego interfejsu użytkownika. Programowanie systemu pomiarowego polega na utworzeniu panelu przyrządu wirtualnego jako zbioru paneli urządzeń oraz paneli złożonych funkcji dostępnych w bibliotekach akwizycji, analizy i prezentacji danych, wchodzących w skład pakietu. Proces tworzenia programu w języku ANSI C jest stosunkowo prosty, gdyż podczas projektowania graficznego panelu systemu pomiarowego automatycznie generowany jest szkielet programu odpowiadający funkcjom tego panelu. Po jego uzupełnieniu o odpowiednie procedury zawarte w bibliotekach funkcji otrzymuje się program, który może być uruchomiony w środowisku LabWindows/CVI, bądź też po skompilowaniu - działać niezależnie od tego środowiska.

Głównymi zadaniami programu napisanego dla obsługi systemu akwizycji danych stanowisk do badania i regulacji momentu są:

- rejestracja wartości chwilowych momentu obrotowego i prądów fazowych silnika napędu,
- pomiar wartości momentu i prądów w chwili zadziałania wyłącznika momentowego napędu,
- zmiana polaryzacji czujnika siły przy zmianie kierunku obrotów silnika napędu,
- archiwizacja parametrów badanych napędów,
- wydruk raportu z przeprowadzonego badania napędu.

Centralnym elementem programu jest panel główny: **Program obsługi momentomierza**, przedstawiony na rys. 5. Z poziomu tego panelu steruje się bazą danych badanych napędów. Można w nim wyróżnić trzy sekcje:

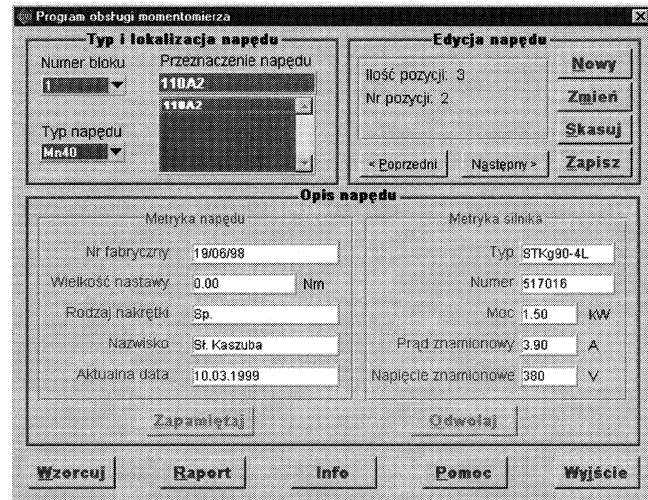
- **Typ i lokalizacja napędu**, która służy do wyszukiwania rekordu napędu w bazie,
- **Edycja napędu**, która umożliwia edycję rekordu i bazy,
- **Opis napędu**, zapewniająca wyświetlenie danych napędu.

Przejdźcie do pozostałych funkcji programu, zrealizowanych również w formie paneli, zapewniają przyciski na dole panelu głównego.

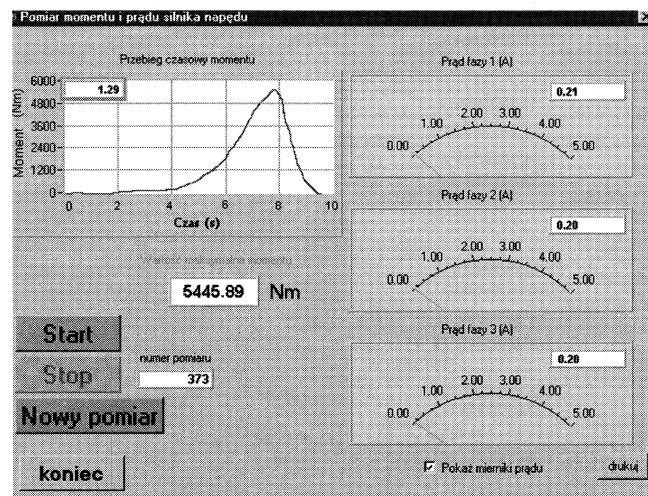
Użytkownik, po wyszukaniu badanego napędu w bazie danych, uzyskuje parametry napędu wraz z wartością nastawy wyłącznika momentu z poprzedniego badania. Pomiaru aktualnej wartości nastawy dokonuje się w panelu: **Pomiar momentu i prądu silnika napędu** (rys. 6), który otwiera się przyciskiem **Wzorcuji**. W czasie pomiaru operator ma możliwość obserwacji na wykresie przebiegu wartości chwilowej momentu. Bieżące wartości skuteczne prądów fazowych silnika napędu można obserwować na umieszczonych na płycie panelu wskaźnikach analogowych i cyfrowych. Podstawowym celem pomiaru jest określenie maksymalnej wartości chwilowej momentu obrotowego, która jest wyświetlana na wskaźniku numerycznym panelu. Na rys. 6 przedstawiono widok płyty tego panelu po zarejestrowaniu charakterystyki momentu zasowy o nominalnym momencie 400 Nm. W celu pełnego udokumentowania przeprowadzonego badania można dodatkowo wydrukować wykresy czasowe momentu i prądów fazowych silnika napędu. Standardowym dokumentem badania jest raport, którego wydruk odbywa się z poziomu panelu otwieranego przyciskiem **Raport**. Forma raportu jest dostosowana do wymagań użytkownika systemu.

## Uwagi eksploatacyjne

Kilkunastomiesięczna eksploatacja obu stanowisk w Elektrowni Połaniec wykazała ich pełną przydatność i niezawodność w działa-



Rys. 5. Panel główny programu sterującego pracą stanowisk pomiarowych



Rys. 6. Panel pomiaru momentu obrotowego i prądów fazowych silnika napędu

niu. Zastosowana w wykonanych stanowiskach badawczych metoda pomiaru momentu obrotowego pozwoliła na wyeliminowanie wielu istotnych źródeł błędów występujących w znanych wcześniejszych opracowaniach [1] i zwiększenie dokładności pomiarów. Jednocześnie zbudowany system pomiaru i akwizycji danych znacznie usprawnił i przyspieszył procedury badania napędów, zapewniając dodatkowo pełną dokumentację przeprowadzonych pomiarów, łącznie z zarejestrowanymi przebiegami czasowymi: momentu hamującego i prądów fazowych silnika napędu.

## Literatura

- [1] K. DOMAGAŁA, J. SKIERSKI: Stanowiska do badania i regulacji napędów zasów i zaworów regulacyjnych. Energetyka 1994, nr 12.
- [2] J. AUGUSTYN, A. DROBNICA, Z. KACZMAREK, H. MAREK, J. MIŚKIEWICZ, C. SIWOŃ: Stanowisko do pomiarów momentów napędów elektrycznych zasów. Zgłoszenie patentu na projekt wynalazczy w Urzędzie Patentowym RP w dniu 22.05.1998 pod numerem P 326465.
- [3] Z. KACZMAREK: Pomiar sił impulsowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej nr 21, Kielce 1989.
- [4] Measurement and Automation Catalogue. National Instruments 1999.