

Krzysztof Jahółkowski
Politechnika Lubelska, Lublin

LABORATORYJNE STANOWISKO BADANIA SILNIKA PRĄDU STAŁEGO Z KOMPUTEROWYM SYSTEMEM POMIAROWYM

LABORATORY STAND FOR TESTING DC MOTORS WITH A COMPUTERIZED MEASURING SYSTEM

Abstract: Wide availability of high-class computer equipment, software, measurement cards, converters as well as of devices cooperating with data acquisition systems makes possible to build technologically advanced, modern measuring systems. Such systems are applied to the testing of electrical machines more and more frequently. Due to the application of a graphical integrated program environment it is possible to intuitively create applications to acquire, analyze and present measurement data at the user graphical interface.

The article presents a laboratory stand for testing of dc motors that is equipped with a modern measuring system. It includes the following elements: a PC, measurement card of the PCL-818L type, converters of current, voltage, rotational speed, and force as well as a software elaborated on the basis of the DasyLab program and adapted to determine selected characteristics of a dc motor.

1. Wstęp

Coraz powszechniej w badaniach maszyn elektrycznych stosuje się systemy pomiarowe wykorzystujące technikę komputerową, która wprowadziła karty pomiarowe tzw. karty zbierania danych (DAC ang. Data Acquisition Cards) oraz oprogramowanie, które jest ważnym elementem decydującym o możliwościach i funkcjonowaniu systemu. Pozwala to tworzyć zaawansowane technicznie nowoczesne systemy pomiarowe przyjazne dla użytkownika. Współpraca poszczególnych elementów systemu pomiarowego jest możliwa dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu, które można tworzyć do konkretnej aplikacji pomiarowej korzystając z języków wysokiego poziomu, co jest pracochłonne i skomplikowane lub też zastosować zintegrowane środowisko programowe oferowane przez wiele firm. Graficzne zintegrowane środowisko programowe pozwala w sposób intuicyjny tworzyć aplikacje pomiarowe poprzez graficzne łączenie bloków funkcyjnych na płaszczyźnie projektowej dostępnej w programie oraz przeprowadzać analizę i prezentację danych pomiarowych na płaszczyźnie graficznego interfejsu użytkownika (GUI ang. Graphical User Interface) dostosowanego do konkretnej aplikacji [1].

2. Stanowisko laboratoryjne

2.1 Opis stanowiska

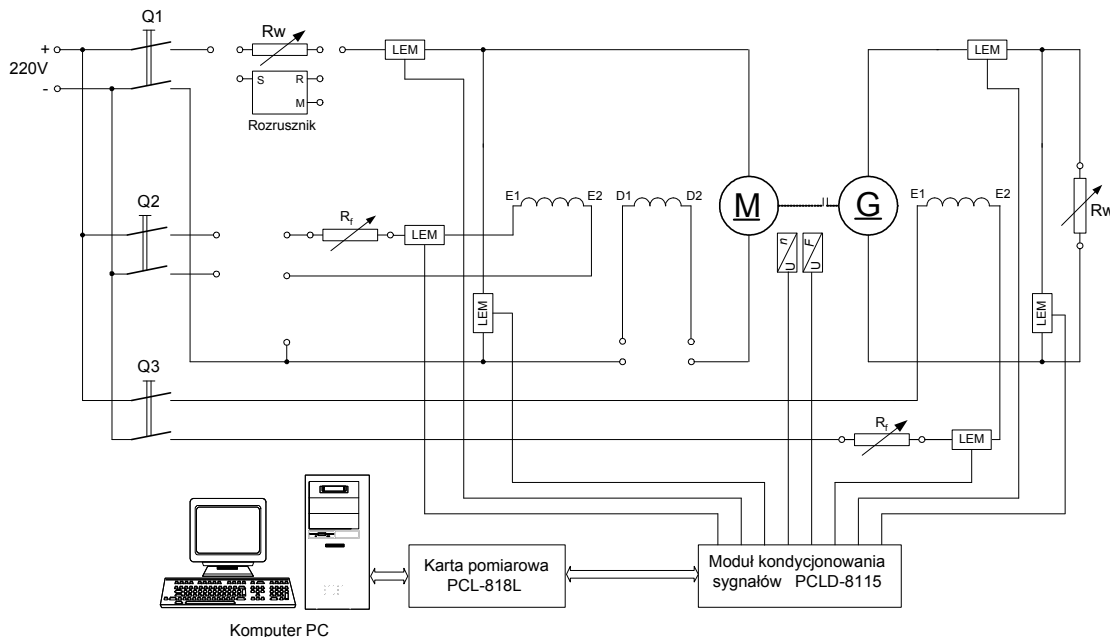
Prezentowane stanowisko przeznaczone jest do badania silnika szeregowo-bocznikowego prądu

stałego. W jego skład wchodzi: zespół maszynowy, tablica synoptyczna z układem zasilania silnika i hamownicy, modułem kondycjonowania sygnałów, przetwornikami prądu i napięcia oraz komputerem PC z kartą pomiarową i oprogramowaniem DasyLab. Zespół maszynowy składa się z silnika i prądnicy prądu stałego zamocowanych na płycie posadowej. Wały obu maszyn połączone są sprzęgłem rozłącznym pozwalającym na odłączenie badanego silnika od hamownicy bez potrzeby demontażu maszyn od podstawy. Ponadto na podstawie zamocowano czujnik miernika prędkości obrotowej oraz czujnik miernika siły. Tensometryczny czujnik siły współpracujący z miernikiem oraz z dźwignią mocowaną na wale silnika służy do wyznaczania jego momentu rozruchowego. Na płaszczyźnie czołowej tablicy synoptycznej umieszczony jest schemat układu pomiarowego, który można dowolnie konfigurować w zależności od rodzaju wyznaczonej charakterystyki i badanego silnika. Konfiguracji układu pomiarowego oraz podłączenia niezbędnych elementów regulacyjnych dokonuje się na tablicy synoptycznej. Pozostałe połączenia układu pomiarowego wykonano wewnątrz tablicy, w której są umieszczone przetworniki prądu i napięcia oraz moduł kondycjonowania sygnałów pomiarowych, z którego sygnały analogowe są przekazywane poprzez kabel połączeniowy do karty pomiarowej zainstalowanej w komputerze PC.

2.2 Układ pomiarowy

Schemat układu pomiarowego stanowiska badawczego przedstawia rys.1. Głównymi elementami zaproponowanego układu pomiarowego są: przetworniki prądu, napięcia, siły i prędkości obrotowej, karta pomiarowa, komputer PC oraz pakiet programu DasyLab.

stawie wskazań programowalnego cyfrowego miernika typu N120 z magnetycznym czujnikiem zbliżeniowym. Miernik posiada analogowe wyjście napięciowe 0÷10V dla zaprogramowanego zakresu pomiarowego. Analogowe wyjścia mierników prędkości obrotowej i siły pozwalają na podłączenie i współpracę z syste-



Rys.1. Schemat układu pomiarowego stanowiska do badania silnika prądu stałego

Do pomiaru prądu w obwodzie głównym oraz wzbudzenia silnika i prądnicy hamowniczej zastosowano przetworniki z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego i czujnikiem Halla szwajcarskiej firmy LEM typu LA25-NP. o zakresach 5A i 25A, natomiast w obwodach pomiaru napięcia przetworniki typu LV25-NP. o zakresach 300V i 400V. Analogowe napięcie wyjściowe przetworników zależy od wartości mierzonej wielkości i zmienia się od zera do 5V. Moment rozruchowy silnika prądu stałego określa się na podstawie pomiaru siły, z jaką działa dźwignia na czujnik tensometryczny oraz długości jej ramienia. W przedstawionym stanowisku pomiarowym zastosowano miernik siły typu AR461 o zakresie 0÷100N oraz czujnik tensometryczny Ar211 zasilany napięciem 10V. Miernik siły posiada analogowe wyjście napięciowe, o wartości 0÷5V dla całego zakresu pomiarowego. W celu wyznaczenia charakterystyk mechanicznych, regulacyjnych i prędkościowych niezbędnym parametrem jest prędkość obrotowa, którą określa się na pod-

mem pomiarowym. Sygnały pomiarowe z przetworników prądu i napięcia oraz z mierników prędkości obrotowej i siły podawane są na wejścia modułu kondycjonowania sygnałów typu PCLD-8115, a następnie na wejścia analogowe karty pomiarowej umieszczonej w komputerze.

W prezentowanym stanowisku badawczym zastosowano kartę pomiarową typu PCL-818LS o następujących parametrach:

- rozdzielczość przetwornika A/C 12 bitów,
- częstotliwość próbkowania 40 kHz,
- 16 wejść/wyjść cyfrowych,
- 1 wyjście analogowe,
- 16 kanałów analogowych ze wspólną masą lub 8 różnicowych,
- wejściowe zakresy napięciowe bipolarne: ± 10 ; ± 5 ; $\pm 2,5$; $\pm 1,25$; $\pm 0,625$ [V].

Sygnały analogowe są przetworzone w karcie pomiarowej na sygnały cyfrowe, które podlegają dalszej obróbce w komputerze za pośred-

nictwem programu stworzonego dla potrzeb systemu pomiarowego.

Aplikacja pomiarowa stanowiska do badania silnika prądu stałego została opracowana w środowisku programu DasyLab [4], który posiada dwie płaszczyzny robocze. Pierwsza z nich to płaszczyzna projektowa (*Worksheet*), na której zrealizowano aplikację pomiarową, natomiast druga to graficzny interfejs użytkownika (*Layout*) przy pomocy którego utworzono pulpity operatorskie. Dla potrzeb stanowiska badawczego opracowano pięć pulpity operatorskich, z których jeden służy do wyboru rodzaju wyznaczonej charakterystyki, a cztery pozostałe pełnią rolę graficznych interfejsów pomiarowych. Pulpity, które służą do obsługi pomiarów posiadają wirtualne mierniki, tablice pomiarów oraz przyciski wyboru rodzaju silnika, kasowania danych, uruchomienia pomiaru i powrotu do pulpitu wyboru. Jeden z pulpity operatorskich przedstawiono na rys.2.

czynności te wykonuje się na pulpitych operatorskich. Pomiary wykonywane są online, a rejestracja danych do tablicy pomiarów i komórek Excela następuje w chwili uruchomienia przez operatora przycisku inicjującego procedurę pomiarową. Przenoszenie danych z jednej aplikacji do innej umożliwia mechanizm DDE (Dynamic Data Exchange), który został wykorzystany w systemie pomiarowym. Tylko część wielkości niezbędnych do wyznaczenia charakterystyk badanej maszyny są mierzone bezpośrednio, pozostałe można wyznaczyć na podstawie pomiarów parametrów innej maszyny. Przykładem tego jest moc i moment obrotowy badanego silnika, które można wyznaczyć na podstawie pomiaru prądu twornika prądnicy hamowniczej i prędkości obrotowej, korzystając z następujących zależności [3].

Moc wewnętrzna prądnicy hamowniczej:

$$P_{iH} = U_{iH} I_{aH} \quad (1)$$



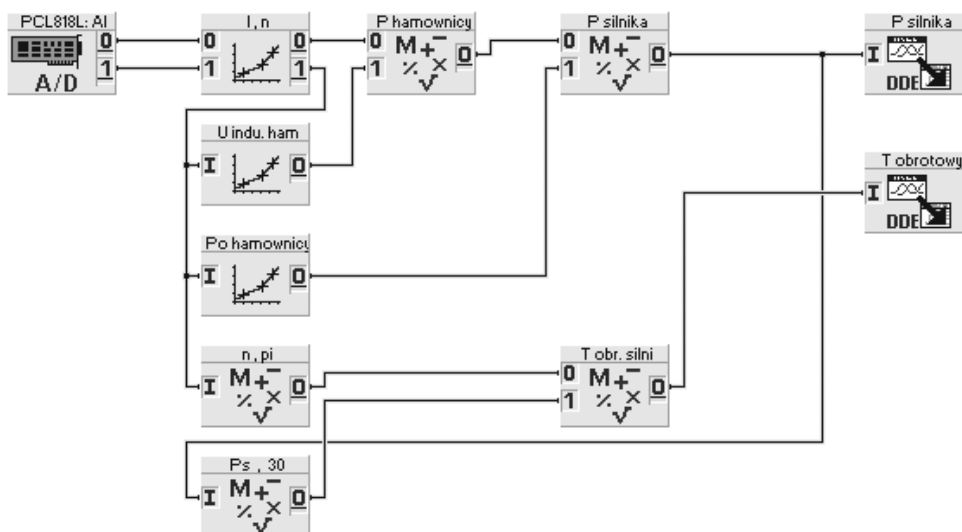
Rys.2. Widok pulpitu operatorskiego aplikacji pomiarowej do wyznaczenia charakterystyki mechanicznej silnika

Pracę systemu inicjuje uruchomienie aplikacji pomiarowej z poziomu programu DasyLab, a następnie w celu przeprowadzenia pomiarów należy dokonać wyboru rodzaju wyznaczonej charakterystyki oraz rodzaju badanego silnika,

U_{iH} – napięcie indukowane prądnicy wyznaczone z charakterystyki $U_{iH} = f(n)$.

Moc na wale badanego silnika:

$$P_s = P_{iH} + P_{0H} \quad (2)$$



Rys.3. Schemat blokowy układu do wyznaczania mocy i momentu obrotowego silnika prądu stałego

P_{0H} – straty jałowe prądnicy wyznaczone z charakterystyki $P_{0H} = f(n)$.

Moment obrotowy silnika:

$$T_s = \frac{30P_s}{\pi \cdot n} \quad (3)$$

Prądnicę hamowniczą należy uprzednio wycechować tzn. wyznaczyć charakterystykę strat jałowych P_{0H} oraz napięcia indukowanego U_{iH} w funkcji prędkości obrotowej przy stałej wartości prądu wzbudzenia.

Korzystając z bogatej biblioteki bloków funkcyjnych programu DasyLab stworzono układ pomiaru mocy i momentu obrotowego silnika prądu stałego, który umożliwił zapis danych do komórek Excela za pośrednictwem bloków funkcyjnych DDE.

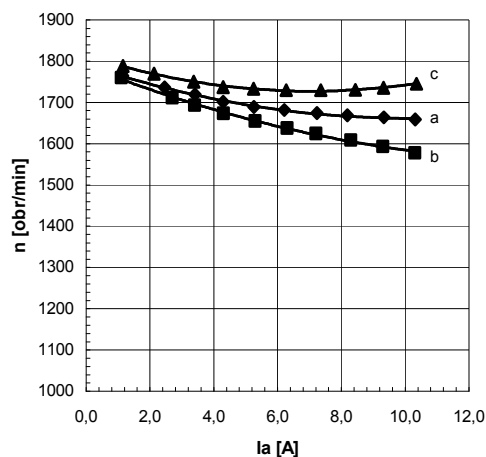
Schemat blokowy takiej aplikacji przedstawiono na rys.3.

3. Pomiary

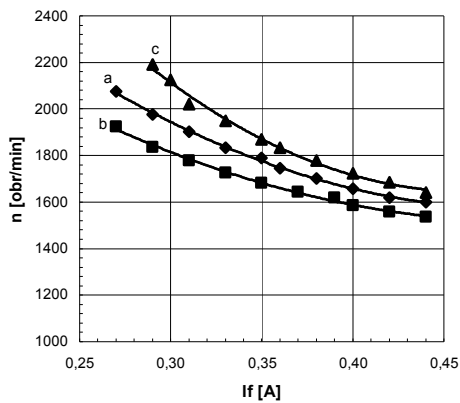
Na stanowisku badawczym z komputerowym systemem pomiarowym przeprowadzono badania silnika szeregowo-bocznikowego prądu stałego typu PZMb 44a o następujących danych znamionowych: moc $P_N=1,5$ kW, napięcie $U_N=220$ V, prąd $I_N=8,6$ A i prędkości znamionowej $n_N=1500$ obr/min.

W zakres badań wchodziły pomiary wielkości na podstawie, których zostały wyznaczone charakterystyki momentu rozruchowego, regula-

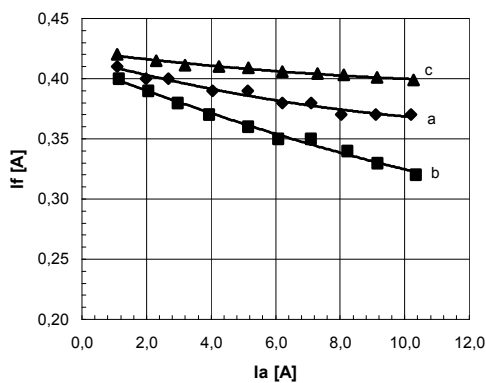
cyjne, mechaniczne oraz prędkości obrotowej. Charakterystyki wyznaczone dla silnika bocznikowego oraz szeregowo-bocznikowego przy zgodnym i przeciwnym działaniu strumieni. Wybrane charakterystyki sporządzone na podstawie danych pomiarowych przedstawiono na rysunkach 4, 5, 6.



Rys.4. Charakterystyki mechaniczne $n=f(I_a)$ dla silnika: a) bocznikowego, b) szeregowo - bocznikowego przy współdziałaniu strumieni, c) szeregowo - bocznikowego przy przeciwdziałaniu strumieni



Rys.5. Charakterystyki prędkości obrotowej $n=f(I_f)$ dla silnika: a) bocznikowego b) szeregowo - bocznikowego przy współdziałaniu strumieni, c) szeregowo - bocznikowego przy przeciwdziałaniu strumieni



Rys.6. Charakterystyki regulacyjne $I_f=f(I_a)$ dla silnika: a) bocznikowego, b) szeregowo - bocznikowego przy współdziałaniu strumieni, c) szeregowo - bocznikowego przy przeciwdziałaniu strumieni

4. Podsumowanie

Przedstawione w artykule laboratoryjne stanowisko wyposażone w komputerowy system pomiarowy wykazało przydatność do badań wybranych parametrów silnika prądu stałego. Główną zaletą stworzonego systemu pomiarowego jest możliwość zapisywania danych pomiarowych w aplikacji Excela oraz wizualizacji tych danych na ekranie monitora dzięki zastosowaniu atrakcyjnych interfejsów graficznych znacznie ułatwiających przebieg badań.

Ważną zaletą przedstawionego systemu pomiarowego jest jednoczesny pomiar i rejestracja wszystkich wielkości mierzonych, co nie jest możliwe przy klasycznej metodzie pomiarowej.

Pakiet programu DasyLab pozwala na łatwe zmiany konfiguracji układu pomiarowego, a także na przetestowanie alternatywnych aplikacji. Pozwala to na zminimalizowanie problemów związanych z uruchomieniem całego systemu pomiarowego

5. Literatura

- [1]. Winiecki W., Nowak J., Stanik S.: *Graficzne Zintegrowane Środowiska Programowe Do Projektowania Komputerowych Systemów Pomiarowo-Kontrolnych*. MIKOM, W-wa, 2001.
- [2]. Glinka T.: *Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle*. Wyd. BOBRME Komel Katowice, 2002.
- [3]. Latek W.: *Badanie maszyn elektrycznych w przemyśle*. WNT, W-wa, 1979.
- [4]. <http://www.dasylab.net>.