

Nowoczesne stanowiska badawcze i hamownie wyposażone w wirtualne i tradycyjne przyrządy pomiarowe

Adam Decner, Artur Polak

1. Wstęp

Wyposażenie pomiarowe stanowisk tworzą gotowe przyrządy pomiarowe, takie jak analizatory mocy, induktry lub cyfrowe mierniki rezystancji, przekładni transformatorów lub skonstruowane na potrzeby laboratorium badawczego, składające się z przetworników pomiarowych i kart akwizycji danych. Rzeczywiste przyrządy pomiarowe komunikują się z systemem pomiarowym za pomocą interfejsu komunikacyjnego (GPIB, RS232, RS485, USB itp.). System oparty na kartach pomiarowych ma zapewnioną komunikację poprzez odpowiednie umieszczenie karty pomiarowej w złączu PCI, PCIe, USB itp. i zainstalowanie sterowników. Stanowisko takie może pracować pod nadzorem oprogramowania pomiarowego dopasowanego do wymogów i nadzorującego proces pomiarowy, edycyjny i archiwizacyjny. Zastosowanie takiego oprogramowania umożliwia również zapis w chmurze czy publikowanie wyników w internecie lub sieci wewnętrznej.

Współczesne cyfrowe urządzenia rejestrujące proponowane są w szerokiej ofercie, zaś ich cena jest uzależniona od częstotliwości próbkowania, ilości kanałów pomiarowych, jakości zastosowanych przetworników analogowo-cyfrowych, możliwości zapisu i prezentacji danych pomiarowych.

Wirtualne przyrządy pomiarowe znalazły bardzo szerokie zastosowanie w instytutach naukowych, szkołach i uczelniach, a coraz częściej używane są też w zakładach przemysłowych produkujących lub remontujących maszyny elektryczne. Za ich pomocą realizowane są badania prowadzone na stacjach prób i w laboratoriach. To właśnie dziedzina maszyn i urządzeń elektrycznych obfituje w bardzo szerokie spektrum zagadnień pomiarowych. Stale obecne są zagadnienia elektryczne, polowe, termiczne, mechaniczne, elektroniczne, zasilania oraz sterowania. W celu wykonania kompleksowych badań należy pobierać wiele różnych sygnałów fizycznych, jak np.: moc, napięcie, prąd, moment, prędkość obrotowa, indukcja, parametry drgań i temperatura. Opisane wymagania bardzo komplikują stanowiska pomiarowe oraz zwiększają koszt aparatury [1].

2. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko badawcze składa się z czterech zasadniczych elementów: ramy stanowiska, silnika obciążająco-napędzającego, przekształtnikowego układu zasilającego oraz pulpitu sterującego [2].

Rama stanowiska jest zwykle podzielona na dwie zintegrowane ze sobą części (w przypadku, gdy stanowisko ma pełnić funkcję stanowiska uniwersalnego): część stała (rys. 1, część 1) i część ruchoma (rys. 1, część 2) [2].

Streszczenie: W artykule przedstawiono zaprojektowane i wykonane stanowiska badawcze i hamownie umożliwiające badanie maszyn elektrycznych. Wyposażenie pomiarowe stanowisk tworzą gotowe przyrządy pomiarowe, takie jak analizatory mocy, induktry lub cyfrowe mierniki rezystancji, przekładni transformatorów lub skonstruowane na potrzeby laboratorium badawczego, składające się z przetworników pomiarowych i kart akwizycji danych. Rzeczywiste przyrządy pomiarowe komunikują się z systemem pomiarowym za pomocą interfejsu komunikacyjnego (GPIB, RS232, RS485, USB itp.). System oparty na kartach pomiarowych ma zapewnioną komunikację poprzez odpowiednie umieszczenie karty pomiarowej w złączu PCI, PCIe, USB itp. i zainstalowanie sterowników. Stanowisko takie może pracować pod nadzorem oprogramowania pomiarowego dopasowanego do wymogów i nadzorującego proces pomiarowy, edycyjny i archiwizacyjny. Zastosowanie takiego oprogramowania umożliwia również zapis w chmurze czy publikowanie wyników w internecie lub sieci wewnętrznej.

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, stanowisko badawcze, przyrząd pomiarowy, karta pomiarowa, próby

MODERN TEST STANDS AND DYNAMOMETERS EQUIPPED WITH VIRTUAL AND TRADITIONAL MEASURING INSTRUMENTS

Abstract: Designed and made teststands and dynamometers, which are used for testing of electrical machines are described. The measurement equipment of the teststands are traditional measuring instruments, such as power analyzers, inductors or digital resistance meters transformer turns ratio, or constructed for the needs of a research laboratory, consisting of measuring transducers and data acquisition device. The traditional measuring instruments communicate with the measurement system via a communication interface (GPIB, RS232, RS485, USB, etc.). The communication of system based on data acquisition cards is realized through the appropriate placement of a measurement card in a PCI or PCIe slot or through USB connector, etc. and installing corresponding drivers. Such a teststand can be operated under the supervision of measurement software tailored to the requirements and supervising the measurement, editing and archiving process. The use of such software also enables writing to the cloud or publishing results on the internet or internal network.

Keywords: electrical machines, teststand, measuring devices, data acquisition card, tests



Rys. 1. Stanowisko montażowe hamowni 200 kW



Rys. 2. Stanowisko montażowe hamowni 11 kW

W przypadku badań maszyn jednego lub zbliżonego wzniosu stanowisko może być wykonane bez części ruchomych. W zależności od przyjętej koncepcji obie części mogą posiadać stoły z rowkami teowymi, przystosowanymi do montażu różnych obiektów badań (rys. 1, rys. 2) lub mogą być wyposażone w gotowe do zamontowania silników stojaki (rys. 3). Część ruchoma pozwala na pionowy ruch stołu (góra – dół) w określonym zakresie, który może być realizowany za pomocą przekładni [2].

Przedstawione na rysunkach 1–3 hamownie służą do badania maszyn prądu stałego i przemiennego (rys. 1), maszyn prądu stałego przeznaczonych do zastosowań militarnych (rys. 2) oraz silników synchronicznych z magnesami trwałymi do zastosowań militarnych (rys. 3).

3. Wyposażenie

Napęd hamowni przedstawionej na rysunku 1 stanowi silnik asynchroniczny zasilany z przekształtnika energoelektronicznego. Hamownia pozwala na pracę silnika obciążającego we wszystkich czterech ćwiartkach układu współrzędnych moment – prędkość, zapewniając bliski jedności współczynnik mocy oraz quasisinusoidalny kształt prądów wejściowych. Jest to realizowane poprzez zastosowanie dwóch przekształtników energoelektronicznych, z których jeden odpowiada za współpracę z siecią zasilającą (prostownik tranzystorowy), a drugi zasila silnik klatkowy (falownik silnikowy).



Rys. 3. Stanowisko montażowe hamowni 15 kW

Napęd hamowni przedstawionej na rysunku 2 stanowi prądnicę prądu stałego zasilana z przekształtnika energoelektronicznego. Hamownia pozwala na zwrot energii do sieci zasilającej.

Badane silniki prądu stałego zasilane są również z takiego samego przekształtnika energoelektronicznego, lecz skonfigurowanego do pracy silnikowej.

Hamownia przedstawiona na rysunku 3 posiada dwa napędy. Specyficzne procedury badawcze wymagały od stanowiska bardzo szerokiego zakresu regulacji prędkości obrotowej 1–4500 obr./min. Zdecydowano więc na zastosowanie jako głównego obciążenia silnika synchronicznego z magnesami trwałymi oraz pomocniczego silnika asynchronicznego z przekładnią. Główna maszyna obciążająca ma możliwość pracy we wszystkich czterech ćwiartkach układu współrzędnych moment – prędkość.

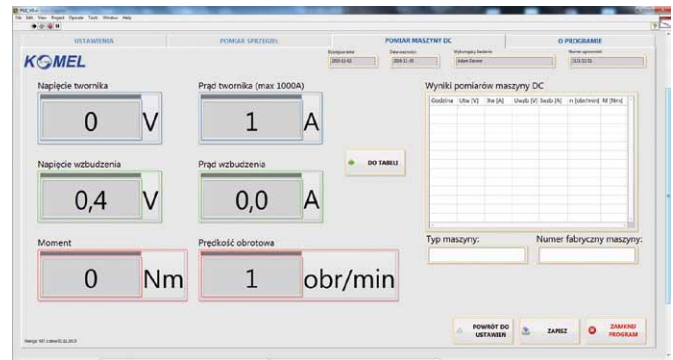
Sterowanie pracą hamowni z rysunków 1–3 odbywa się z odpowiednio wyposażonych pulpitów. Na rysunku 4 przedstawiono pulpit hamowni 200 kW (rys. 1), na rysunku 5 przedstawiono pulpit hamowni 11 kW (rys. 2), a na rysunku 6 przedstawiono pulpit hamowni 15 kW (rys. 3). Z pulpitów załączane są poszczególne urządzenia hamowni, przeprowadzane jest sterowanie parametrami obciążenia oraz wykonywane są pomiary i rejestracje.

4. Oprogramowanie

Dostępnych i użytkowanych jest wiele środowisk programisty, które umożliwiają stworzenie przyrzędu wirtualnego. Środowisko takie jest dobierane w zależności od potrzeb danej aplikacji. W Laboratorium Łukasiewicz Komel wybrano środowisko oparte na języku G, który jest językiem programowania graficznego, tzn. wszystkie funkcje, rozkazy i polecenia programu opisane są za pomocą ikon graficznych. Środowisko to może być używane do wykonywania pomiarów, przeprowadzania testów, sterowania przyrządami pomiarowymi, sterowania procesami technologicznymi, wykonywania zaawansowanych obliczeń matematycznych. Najważniejsze cechy wybranego środowiska to m.in. obsługa wielu różnych urządzeń, komunikacja poprzez dostępne porty, intuicyjność, wielowątkowość, możliwość budowania plików wykonywalnych [3].



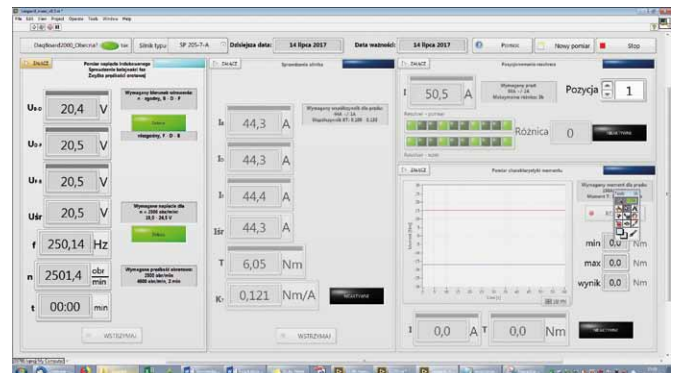
Rys. 4. Pulpit sterowniczy hamowni 200 kW



Rys. 7. Przyrząd wirtualny hamowni 200 kW



Rys. 5. Pulpit sterowniczy hamowni 11 kW



Rys. 8. Przyrząd wirtualny hamowni 15 kW



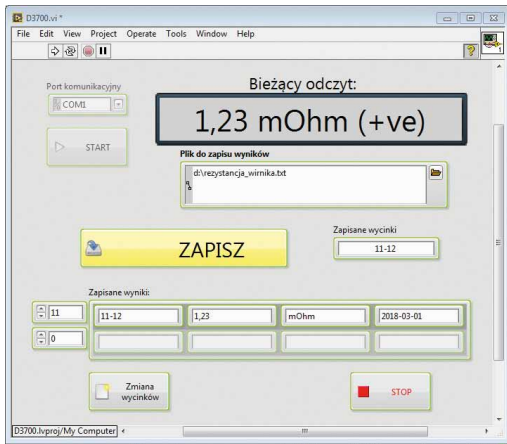
Rys. 6. Pulpit sterowniczy hamowni 15 kW

Oprogramowanie pomiarowe hamowni przedstawionych na rysunkach 1 i 3 napisano w języku G. Oprogramowanie nadzoruje łączność i poprawne funkcjonowanie części pomiarowej, umożliwia wykonanie nastaw modułów pomiarowych (ich konfigurację), obliczenia wielkości elektrycznych i mechanicznych, zapisanie wyników [2]. W hamowni przedstawionej na rysunku 2 zastosowano klasyczne tablicowe przyrządy pomiarowe.

Na rysunku 7 przedstawiono wygląd jednego z ekranów przyrządu wirtualnego, za pomocą którego wykonywane są pomiary, rejestracje oraz generacja raportów z pomiarów i ich archiwizacja na hamowni 200 kW (rys. 1).

reklama

reklama



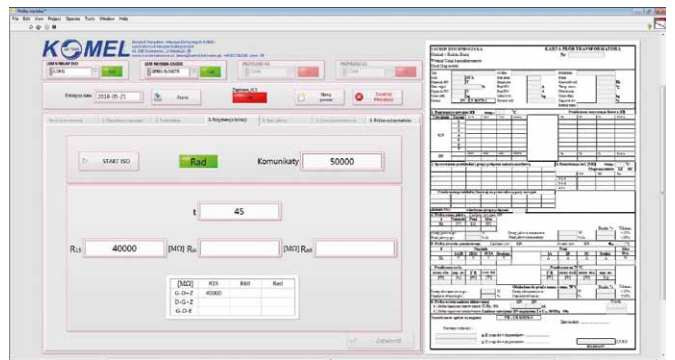
Rys. 9. Oprogramowanie mostka cyfrowego



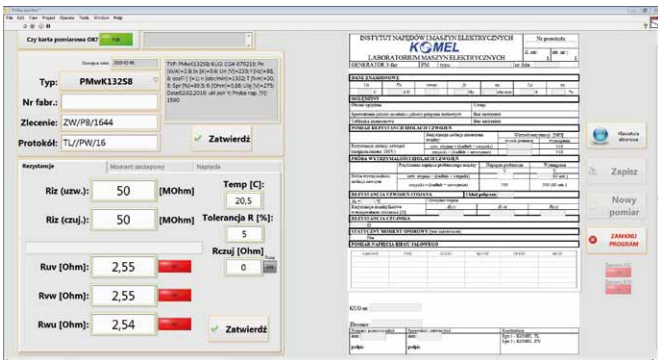
Rys. 12. Generator synchroniczny z magnesami trwałymi



Rys. 10. Cyfrowy mostek do pomiaru rezystancji



Rys. 13. Przyrząd wirtualny do badania transformatorów energetycznych



Rys. 11. Przyrząd wirtualny do badania generatorów synchronicznych z magnesami trwałymi



Rys. 14. Induktorowy miernik rezystancji izolacji

Na rysunku 8 przedstawiono wygląd ekranu przyrządu wirtualnego, za pomocą którego wykonywane są pomiary i rejestracje oraz bieżąca ocena wyników pomiarów hamowni 15 kW (rys. 3).

5. Inne zastosowanie przyrządów wirtualnych

Możliwości środowiska programistycznego powinny być wykorzystane przez programistę w najwyższym stopniu. W stanowiskach badawczych mogą być wykorzystane przetworniki pomiarowe i specjalizowane karty pomiarowe, tak jak pokazano



Rys. 15. Analizator mocy

na przykładzie hamowni 200 kW (rys. 1) oraz 15 kW (rys. 3). Oprócz powyższych przyrządy wirtualne stanowią uzupełnienie przyrządów pomiarowych, takich jak analizatory mocy, induktry lub cyfrowe mierniki rezystancji, przekładni transformatorów itp. Takie oprogramowanie umożliwia i ułatwia gromadzenie wyników pomiarów, generowanie gotowych raportów z prób. Na rysunku 9 przedstawiono oprogramowanie do obsługi mostka cyfrowego do pomiaru rezystancji (rys. 10). Na rysunku 11 przedstawiono przyrząd wirtualny do badania generatorów synchronicznych z magnesami trwałymi (rys. 12). Na rysunku 13 przedstawiono oprogramowanie do testowania transformatorów energetycznych współpracujące m.in. z indukctorem (rys. 14) oraz analizatorem mocy (rys. 15).

6. Podsumowanie

Zaprojektowane i wykonane stanowiska badawcze cechuje modułowa i kompaktowa budowa, która pozwala na dość dowolne rozlokowanie poszczególnych elementów w istniejącej infrastrukturze. Nie jest wymagane wykonywanie specjalnych przygotowawczych prac budowlanych, takich jak np. wylewanie i poziomowanie fundamentów. Wszystkie zastosowane podzespoły są dostępne na terenie kraju.

W artykule przedstawiono przykłady wykorzystania wirtualnych przyrządów pomiarowych w praktyce. Profesjonalnie przygotowane oprogramowanie umożliwia przeprowadzenie szerokiego zakresu prób. Przytoczone przykłady aplikacji pokazują różnorodność zastosowań w codziennej pracy laboratorium badawczego i stacji prób.

Wiele lat doświadczeń, budowania i użytkowania przyrządów wirtualnych oraz różnorodność ich zastosowania pokazuje, że stanowią one istotny element wyposażenia badawczego laboratorium. Wirtualne przyrządy pomiarowe wykorzystywane są podczas badań stacjonarnych prowadzonych na stanowiskach w laboratorium jako rejestratory szybkozmiennych lub wolnozmiennych przebiegów, analizatory czy zwykłe mierniki.

Szybka modernizacja lub naprawa przyrządu poprzez dodanie nowych


(innych) funkcji, wymianę modułów pomiarowych może zostać zrealizowana w bardzo krótkim czasie, na stanowisku badawczym. Bardzo duże możliwości zapisu czy eksportu wyników pomiarowych stanowią również o uniwersalności tego typu urządzeń.

Szeroka gama możliwych do zastosowania przetworników i kart pomiarowych powoduje, że to użytkownik decyduje o parametrach swojego przyrządu, może więc osiągnąć kompromis pomiędzy dokładnością a ceną przyrządu wirtualnego i klasycznego. Wykorzystanie wysokiej klasy przetworników oraz karty pomiarowej zwiększa dokładność pomiarów i rejestracji, ale powoduje wzrost ceny przyrządu wirtualnego.

Niniejszych zalet brakuje przyrządom zamkniętym (np. analizator mocy). Przyrządy takie są niezwykle precyzyjne w pomiarach i wykonaniu, co stanowi duży problem podczas ewentualnych napraw serwisowych. Przedstawiony na rysunku 15 analizator mocy jest przyrządem, którego naprawa w obecnych czasach jest bardzo trudna. Ostatnie egzemplarze przyrządu zostały wyprodukowane w latach 2006–2007 i po 13 latach od zakończenia produkcji naprawa w serwisie producenta jest praktycznie niemożliwa. Jednak niewątpliwą zaletą takiego przyrządu jest niezwykle wysoka dokładność jego pomiarów, przy zachowaniu systematycznego kalibrowania.

Literatura

- [1] BIERNAT A., URBAŃSKI W.: *Wirtualna technika pomiarowa w laboratoriach maszyn elektrycznych*. „Napędy i Sterowanie” 5/2012.
- [2] POLAK A., DECNER A.: *Hamownie badawcze nowej generacji*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 3/2016.
- [3] DECNER A., BARAŃSKI M.: *Wirtualne przyrządy pomiarowe oraz systemy akwizycji danych przeznaczone do badań maszyn elektrycznych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 23/2015.

 dr inż. Adam Decner
dr inż. Artur Polak

artykuł recenzowany

reklama

reklama