

**Artur Polak, Adam Decner**

**Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice**

## HAMOWNIE BADAWCZE NOWEJ GENERACJI

### A NEW GENERATION OF DYNAMOMETER FOR TESTING THE ELECTRICAL MACHINES

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono projekt, który zrealizowano w bardzo krótkim czasie. W trakcie realizacji projektu zaprojektowano, zbudowano i uruchomiono stanowisko do badania maszyn elektrycznych. W skład stanowiska wchodzi hamownia wraz z układem zasilania, ława montażowa, układ pomiarowy, pulpit sterowniczy oraz oprogramowanie pomiarowe i wspomagające edycję sprawozdań z badań. W artykule opisano podstawowe parametry stanowiska.

**Abstract:** The article presents a project that was realized in a very short period of time. During the project, a test stand for testing of electrical machines was designed, built and activated. The test stand was made up of dynamometer with power supply system, bench mounting, measuring system, control panel and measurement software which support editing of research reports. The article describes the basic parameters of the test stand.

**Słowa kluczowe:** *maszyny elektryczne, badanie maszyn elektrycznych, stanowisko badawcze, hamownia*  
**Keywords:** *electrical machines, electrical machines tests, test stand, dynamometer*

#### 1. Wstęp

Korzystając z doświadczenia załogi Laboratorium Badawczego Instytutu Komel zaprojektowano i wykonano stanowisko do badań silników i generatorów o mocach od 10 do 200 kW, prędkości obrotowej do 3000 obr/min i momencie obrotowym do 1200 N·m. Stanowisko umożliwia również przeprowadzanie badań sprzęgieł elektromagnetycznych.

Projekt stanowiska uwzględniał następujące warunki i ograniczenia:

- stanowisko badawcze miało zostać posadowione na istniejącym podłożu, stąd też ograniczenia gabarytowe,
- zasilanie stanowiska dostosowane do istniejącego stanu,
- przepuszczanie kabli i przewodów sygnałowych z wykorzystaniem istniejących kanałów,
- sterowanie pracą stanowiska z pomieszczenia operatora.

Rzeczywisty czas realizacji inwestycji wyniósł 4 miesiące (!).

#### 2. Opis budowy i zasada działania hamowni

Stanowisko badawcze składa się z czterech zasadniczych elementów: ramy stanowiska, silnika obciążająco-napędzającego, przekształtni-

kowego układu zasilającego oraz pulpitu sterującego.

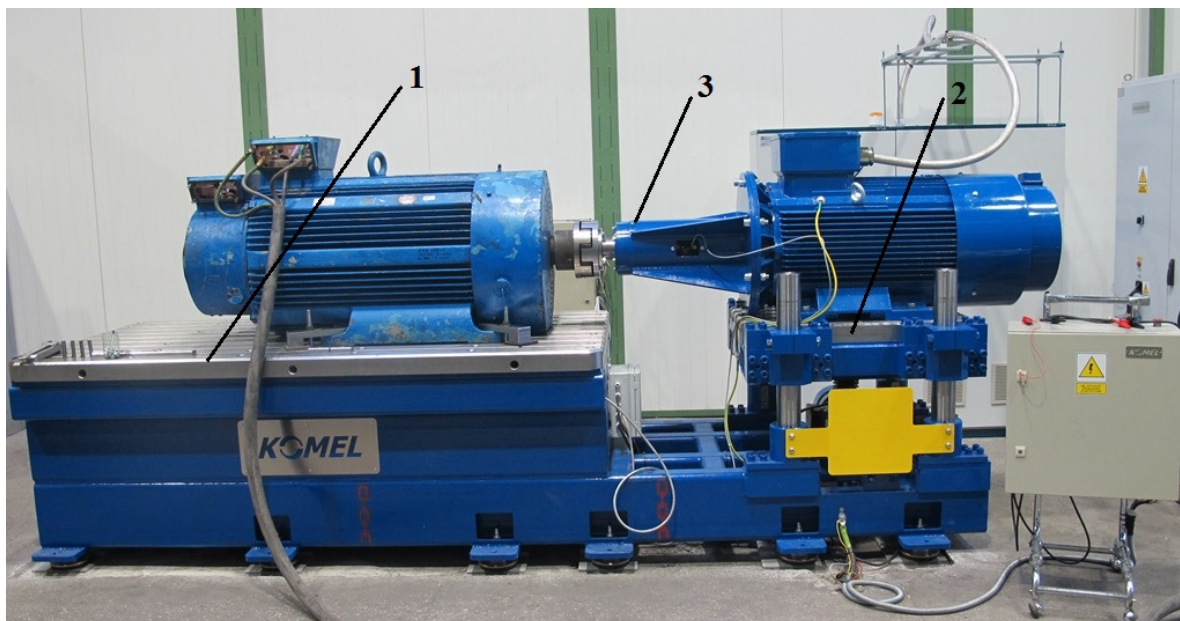
Rama stanowiska została podzielona na dwie zintegrowane ze sobą części: część stała i część ruchoma. Obie części zostały wykonane głównie z kształtowników o profilu zamkniętym oraz blach o różnej grubości. Obie z części zwieńczone zostały stołami z rowkami teowymi, przystosowanymi do montażu obiektów badań. Część ruchoma pozwala na pionowy ruch stołu (górną-dół) w określonym zakresie, który realizowany jest za pomocą przekładni śrubowej sprzężonej z silnikiem elektrycznym wyposażonym w hamulec oraz specjalnie zaprojektowany system prowadnic w postaci słupów prowadzących, zintegrowany z tulejami prowadząco-zaciskowymi.

Napęd hamowni oparto na maszynie indukcyjnej przeznaczonej do pracy z falownikiem o następujących parametrach:

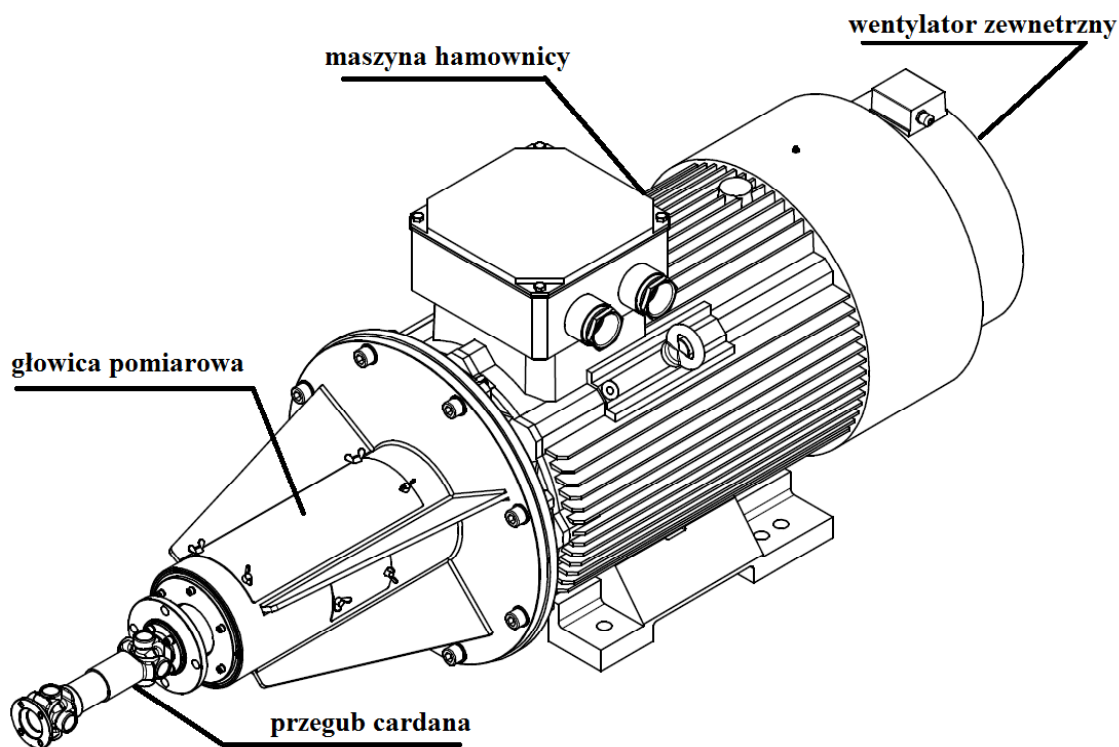
- moc znamionowa:  $P_N = 300$  kW,
- moc maksymalna przy długotrwałym obciążeniu  $P_{max} = 150\% P_N$  (300 kW),

Cechy charakterystyczne obciążenia:

- praca ze stałym momentem  $T = 1200$  N·m w zakresie prędkości obrotowej (100 ÷ 1500) obr/min,
- praca ze stałą mocą  $P = 200$  kW w zakresie prędkości obrotowej (1500 ÷ 3000) obr/min.



Rys. 1. Stanowisko hamowni (część maszynowa)



Rys. 2. Szkic układu hamująco-napędowego hamowni

Na rysunku 1 przedstawiającym część montażową wraz z silnikiem hamownicy zaznaczono:  
 1 - stacjonarny stół montażowy o wymiarach 1250x2500 mm i udźwigu 3000 kg,  
 2 - ruchoma płyta pod silnik hamowni, współpracująca ze stołem stacjonarnym, na którym możliwy jest montaż silników o wzniosach od (180 – 400) mm, udźwig płyty 2000 kg,

3 - układ sprzęgający z pomiarem momentu. Maszyna hamowni została wyposażona w zewnętrzny układ przewietrzania, co jest korzystne na stabilizację jej parametrów termicznych. Omawiana maszyna została wykonana w korpusie do montażu na łapach i dodatkowo z kołnierzą tarczą łożyskową od strony napędu. Do kołnierza tarczy maszyny przymocowano głowicę z zamontowanym układem do

pomiaru momentu mechanicznego oraz prędkości obrotowej (rys. 2)

### 3. Układ zasilania hamowni

Przekształtnik dwukierunkowy, którego zadaniem jest przekazywanie energii do hamowni maszynowej o zmiennej prędkości obrotowej i do sieci energetycznej, składa się z następujących głównych podzespołów:

- tranzystorowy przekształtnik DC/AC odbierający energię z silnika hamowni i przekazujący ją do obwodu DC,
- filtr kondensatorowy w obwodzie DC wraz z układem odbioru energii w stanach awaryjnych,
- tranzystorowy prostownik aktywny AC/DC przekazujący energię z obwodu DC do sieci elektroenergetycznej,
- filtr LC zapewniający właściwy poziom współczynnika THD w prądzie wyjściowym.

Hamownia jest czterokwadrantowa, pozwala na pracę obciążającego silnika indukcyjnego klatkowego 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). Możliwa jest praca hamowni w pięciu trybach:

- praca z regulowanym momentem obciążenia,
- praca z momentem hamującym zależnym liniowo od prędkości,
- praca z momentem hamującym będącym funkcją kwadratową prędkości,
- sterowanie częstotliwościowe skalarne (oparte o charakterystykę  $U/f$ ),

- sterowanie wektorowe z regulacją prędkości obrotowej.

Podstawowe parametry techniczne przekształtnika:

- napięcie zasilania  $3 \times 400 \text{ V}$ ,
- napięcie wyjściowe  $18 - 400 \text{ V}$ ,
- maksymalny prąd wyjściowy  $350 \text{ A}$ ,
- moc mechaniczna na wale silnika  $200 \text{ kW}$ ,
- moc zwracana do sieci zasilającej zależna od sprawności układu,
- częstotliwość przełączeń przekształtnika sieciowego  $3450 \text{ Hz}$ ,
- częstotliwość przełączeń przekształtnika silnikowego  $2100 \text{ Hz}$ ,
- temperatura otoczenia podczas pracy  $< 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Schemat blokowy przekształtnika przedstawiono na rysunku 3.

Obwody główne przekształtnika składają się z czterech głównych modułów:

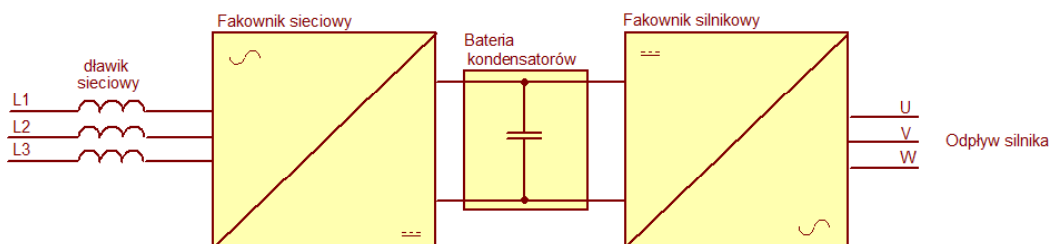
- dławika sieciowego,
- falownika sieciowego (prostownik tranzystorowy),
- baterii kondensatorów obwodu pośredniczącego,
- falownika silnikowego.

Falownik sieciowy pracuje jako prostownik w pełni sterowany umożliwiając dwukierunkowy przepływ energii. Kształtuje on prąd sieciowy przekształtnika oraz utrzymuje napięcie w obwodzie pośredniczącym na stałym poziomie.

### 4. Pulpit sterowniczy i stanowisko pomiarowe

Stanowisko badawcze wyposażono w pulpit sterowniczy (rys. 4) i kolumnkę/szafkę pomiarową (rys. 6).

Sterowanie pracą hamowni odbywa się z przedstawionego panelu wyposażonego w zadajniki falownika zasilającego silnik hamowni (rys. 5).



Rys. 3. Schemat blokowy przekształtnika



Rys. 4. Pulpit sterowniczy hamowni



Rys. 5. Pulpit sterowniczy hamowni – panel sterowania



Rys. 6. Kolumnienka pomiarowa hamowni

Kolejny element pulpitu to stanowisko komputerowe złożone z jednego komputera PC połączonego z dwoma monitorami LCD. Dostarczony komputer wyposażono w oprzyrządowanie i oprogramowanie umożliwiające realizację pomiarów i generowanie raportów.

Rolą zainstalowanego komputera PC jest nadzór nad procesem pomiarowym w tym sterowanie pracą karty pomiarowej, archiwizacją danych pomiarowych oraz edycją protokołów z badań.

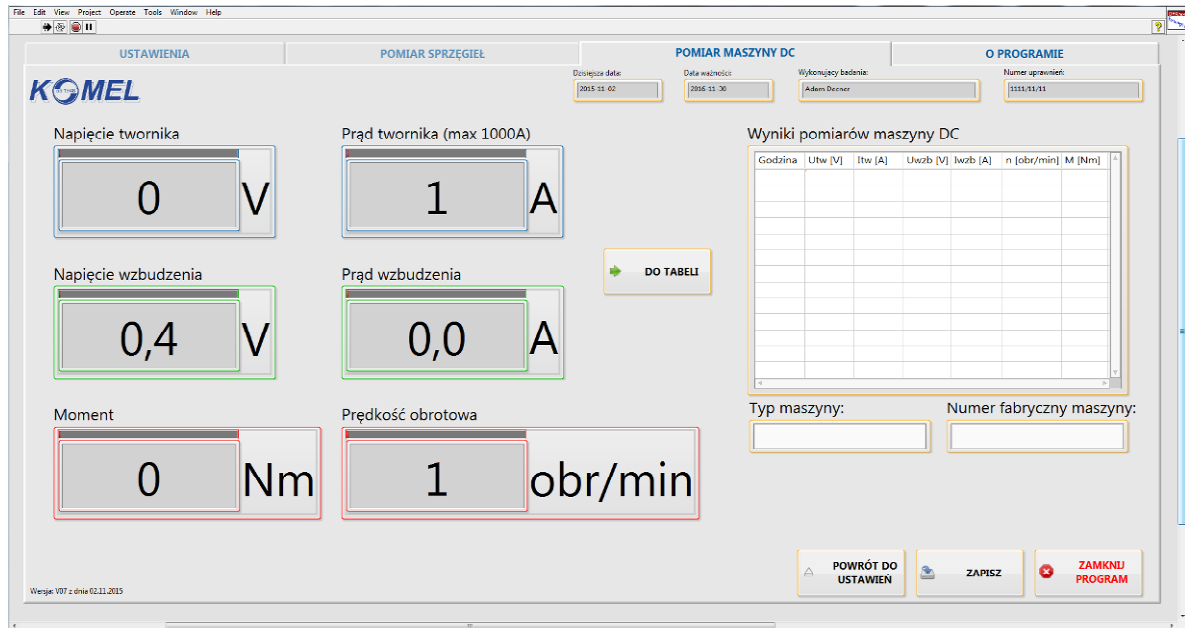
Ważnym elementem układu pomiarowego stanowiska hamowni jest tzw. kolumnienka pomiarowa, w której zainstalowano przetworniki pomiarowe, kartę pomiarową oraz układy zasilania przetworników.

## 5. Oprogramowanie stanowiska badawczego

Techniki analogowe już kilkadziesiąt lat temu zaczęły ustępować cyfrowym, które charakteryzują się m.in. bardzo dużą częstotliwością próbkowania, wysoką odpornością na zakłócenia, wysoką dokładnością odwzorowania itp. [1].

Z uwagi na doświadczenie w programowaniu wirtualnych przyrządów pomiarowych, system pomiarowy skonfigurowano i programowano w środowisku opartym na języku G, który jest językiem programowania graficznego.

Oprogramowanie nadzoruje łączność i poprawne funkcjonowanie części pomiarowej, umożliwia wykonanie nastaw modułów pomiarowych (ich konfigurację), obliczenia wielkości elektrycznych i mechanicznych, zapisanie wyników (rys. 7).



Rys. 7. Główne okno pomiarowe oprogramowania hamowni

## 6. Podsumowanie

Zaprojektowane i wykonane stanowisko 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, przez co usunięcie ewentualnych awarii oraz modernizacja nie nastęca większych problemów i kosztów.

## 7. Literatura

[1]. M. Barański, A. Decner: *Wirtualne przyrządy pomiarowe oraz systemy akwizycji danych przeznaczone do badań maszyn elektrycznych*, Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe, nr 2/2015 str. 69-72.

## Autorzy

dr. inż. Artur Polak – KOMEL  
 Laboratorium Maszyn Elektrycznych  
 Kierownik Laboratorium  
 e-mail: labor@komel.katowice.pl  
 tel.: +483229999381 wew. 21

dr. inż. Adam Decner – KOMEL  
 Laboratorium Maszyn Elektrycznych  
 specjalista badawczo-techniczny  
 e-mail: a.decner@komel.katowice.pl  
 tel.: +483229999381 wew. 29