

Przegląd stanowisk do testowania mechanicznych regulatorów prędkości obrotowej okrętowych i trakcyjnych silników spalinowych

Marine and traction engines mechanical speed governors test stands overview

Leszek Chybowski, Robert Grzebieniak

Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych
70-500 Szczecin, ul. Wały Chrobrego 1-2,
e-mail: l.chybowski@am.szczecin.pl, r.grzebieniak@am.szczecin.pl

Słowa kluczowe: obsługa silnika, regulacja prędkości obrotowej, sprawdzanie regulatorów prędkości obrotowej

Abstrakt

W artykule przedstawiono charakterystykę wybranych stanowisk testowych regulatorów prędkości obrotowej dla silników okrętowych i trakcyjnych. Opisano rozwiązania techniczne stanowisk testowych firm Woodward Governor oraz Regulateurs Europa. Zaprezentowano stan techniki i tendencje rozwojowe w zakresie funkcjonalności współczesnych stanowisk testowych regulatorów prędkości obrotowej.

Key words: engine maintenance, speed governing, speed governor testing

Abstract

Paper presents characteristics of selected marine and traction engines governor test stands. Test stands manufactured by Woodward Governor and Regulateurs Europa have been presented. State-of-art of modern speed governor test stands functionality has been shown.

Wstęp

Funkcjonowanie regulatorów prędkości obrotowej silników spalinowych jest jednym z czynników odpowiadających za bezpieczną, efektywną i niezawodną eksploatację współczesnych silników okrętowych i trakcyjnych. W ostatnich latach obserwuje się rozpowszechnienie elektronicznych regulatorów prędkości obrotowej, charakteryzujących się wysoką dokładnością stabilizacji prędkości obrotowej oraz integracją z komputerowymi systemami sterowania silników i systemem zabezpieczeń silnika. Niemniej jednak tendencja ta odnosi się głównie do okrętowych silników napędu głównego. Silniki okrętowych zespołów prądowców oraz trakcyjne silniki spalinowe pojazdów szynowych są najczęściej wyposażone w mechaniczne

(mechaniczno-hydrauliczne) regulatory prędkości obrotowej, które zapewniają wystarczającą dla tych zastosowań jakość regulacji, przy czym są znacznie tańsze od alternatywnych regulatorów elektronicznych [1, 2, 3].

Regulatory mechaniczne oprócz stabilizacji prędkości obrotowej lub obciążenia, pełnią często wiele funkcji dodatkowych związanych z realizacją zadań przez zainstalowane w nich urządzenia pomocnicze. W celu przetestowania działania regulatorów po ich naprawie, a także wykonania regulacji serwisowej regulatora prędkości obrotowej i urządzeń pomocniczych, konieczne jest wykorzystanie specjalistycznych stanowisk testowych regulatorów. Stanowiska takie dostarczane są dla zakładów serwisowych oraz produkcyjnych regulatorów mechanicznych przez najpopularniejszych producentów regulatorów.

W artykule porównano kilka wybranych stanowisk testowych regulatorów produkcji firm Woodward Governor oraz Regulateurs Europa. Stanowiska mogą być przystosowane do testowania i regulacji regulatorów nie tylko danego producenta, ale również firm konkurencyjnych. W dalszej części przedstawiono podstawowe cechy oraz dane techniczne stanowisk testowych.

Charakterystyka wybranych stanowisk testowych regulatorów mechanicznych

Stanowisko Woodward PIN 8909-001

Jednym z najstarszych stanowisk do testowania oraz regulacji większości regulatorów prędkości obrotowych jest napędzane nawrotnym silnikiem pneumatycznym stanowisko firmy Woodward PIN 8909-001 [4]. W stanowisko takiego typu wyposażone jest Laboratorium Siłowni Okrętowych Wydziału Mechanicznego Akademii Morskiej w Szczecinie. Podstawowe dane techniczne urządzenia PIN 8909-001 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne stanowiska Woodward PIN 8909-001

Table 1. Characteristics of Woodward PIN 8909-001 test stand

Wielkość charakterystyczna	Opis
Rodzaj napędu	Nawrotny silnik pneumatyczny
Chłonność silnika pneumatycznego	95 m ³ /h
Ciśnienie nominalne powietrza zasilającego	0,862 MPa
Nominalna prędkość obrotowa silnika	1500 obr/min
Regulacja symulowanych obrotów	Zawór sterujący
Wskazanie aktualnych obrotów	Tachometr analogowy
Zasilanie elektryczne	230 V AC

Stanowisko przystosowane jest do testowania regulatorów o różnych długościach wałków napędowych, w szczególności regulatorów firmy Woodward typu: SG, PSG, UG, PG, LSG, EG3C i EGB2C. Ponadto stanowisko pozwala na przetestowanie od strony mechanicznej regulatorów elektromechanicznych firmy Woodward typu: EG3P, EGB10, EGB10C, EGB2P, EGB10P oraz SI. Wyposażone jest w wbudowany system smarowania silnika i system próżniowy do testowania urządzeń zabezpieczających oraz podsystem podgrzewania oleju roboczego.

Stanowisko może zostać unowocześnione poprzez wymianę układu napędowego na silnik elektryczny z wykorzystaniem odpowiedniego zestawu adaptacyjnego [4].

Nowoczesne stanowiska testowe firmy Woodward

W aktualnych rozwiązaniach stanowisk do testowania regulatorów prędkości obrotowej stosuje się napęd elektryczny zamiast pneumatycznego. Jednym z nowszych stanowisk firmy Woodward jest stanowisko PIN 8909-094 [5]. Jest to napędzane nawrotnym silnikiem elektrycznym uniwersalne stanowisko testowe wyposażone w podsystem smarowania oraz podsystem próżniowy do testowania funkcji zabezpieczających w regulatorach prędkości obrotowej. Współczesne stanowiska wyposażone są w elektroniczne systemy sterujące. Przykładowe stanowisko testowe firmy Woodward z elektronicznym systemem sterowania i napędem elektrycznym wraz z oprzyrządowaniem pomocniczym przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Widok ogólny nowoczesnego stanowiska firmy Woodward

Fig. 1. General view of modern Woodward test stand

Stanowisko PIN 8909-094 pozwala na płynną regulację symulowanej prędkości obrotowej, a ponadto na regulację przyspieszenia silnika przy zmianach prędkości, którą ustala się potencjometrem przyspieszenia. Podstawowe dane techniczne urządzenia PIN 8909-094 zestawiono w tabeli 2.

W rozwiązaniu podstawowym stanowisko przystosowane jest do testowania regulatorów UG-8, regulatorów PG z podstawami PG lub UG oraz regulatorów 3161. Po zastosowaniu zestawów

Tabela 2. Dane techniczne stanowiska Woodward PIN 8909-094

Table 2. Characteristics of Woodward PIN 8909-094 test stand

Wielkość charakterystyczna	Opis
Rodzaj napędu	Nawrotny silnik elektryczny
Moc napędu	2240 W
Zasilanie silnika	180 V DC
Sprzężenie zwrotne regulatora	Przenośny potencjometr
Walek napędowy	Różne w zależności od zestawu adaptującego
Wskazanie aktualnych obrotów	Tachometr cyfrowy

adaptujących stanowisko może być wykorzystane do testowania i regulacji regulatorów SG, PG, UG, PSG, EGB-2 do EGB-58, LSG-10, EG-3, EG-10, TG-13 oraz wielu regulatorów produkcji innych firm.

Stanowisko Regulateurs Europa AK7

Jednym z najprostszych stanowisk do testowania regulatorów prędkości obrotowej jest przenośne urządzenie firmy Regulateurs Europa (RE) o symbolu AK7 [6]. Stanowisko to przedstawione na rysunku 2 zaprojektowano specjalnie dla operatorów lub inżynierów serwisowych do testowania regulatorów prędkości obrotowej wszędzie tam, gdzie stanowiska testowe symulujące silnik są niepraktyczne.



Rys. 2. Widok ogólny stanowiska Regulateurs Europa AK7
Fig. 2. General view of Regulateurs Europa AK7 test stand

Podstawowymi funkcjami stanowiska są: regulacja nastawy statyzmu regulatora oraz granicznej prędkości obrotowej, kalibracja układu utrzymywania zadanej prędkości i obciążenia, kalibracja ogranicznika dawki paliwa oraz ogólne sprawdzenie osiągnięć regulatora prędkości obrotowej. Stanowisko zamontowane jest na stabilnej metalowej ramie,

Tabela 3. Dane techniczne stanowiska Regulateurs Europa AK7

Table 3. Characteristics of Regulateurs Europa AK7 test stand

Wielkość charakterystyczna	Opis
Rodzaj napędu	Silnik elektryczny
Moc napędu	550 W
Zasilanie	230 V ~, 1 faza, 13 A
Zakres testowanych prędkości	100–1800 obr/min
Regulacja symulowanych obrotów	Potencjometr obrotowy – max. 10 obr.
Walek napędowy	Sprzęgło 3/4" SAE oraz podstawa dla regulatorów RE serii 1100
Wskazanie aktualnych obrotów	Tachometr cyfrowy
Waga	50 kg

dającej możliwość zmiany umiejscowienia urządzenia. Podstawowe dane techniczne urządzenia AK7 zestawiono w tabeli 3.

Stanowisko przeznaczone jest głównie do testowania regulatorów RE serii 1100. Opcjonalnie może być wyposażone w podstawy i sprzęgła przystosowane do badania innych typów regulatorów, a także w dodatkowe sterowniki i wskaźniki dla obsługi pneumatycznych układów zadawania prędkości i symulacji pomocniczych sygnałów ciśnieniowych.

Stanowisko Regulateurs Europa AK6

Stanowisko do testowania regulatorów firmy Regulateurs Europa o symbolu AK6 [7], przedstawione na rysunku 3, jest stacjonarnym urządzeniem przeznaczonym do testowania regulatorów prędkości obrotowej z symulacją pracy silnika w zamkniętej pętli regulacji.



Rys. 3. Widok ogólny stanowiska Regulateurs Europa AK6
Fig. 3. General view of Regulateurs Europa AK7 test stand

Zmiany prędkości napędu dokonywane są poprzez regulację momentu bezwładności i momentu obrotowego systemu testującego. Stanowisko pozwala na wyprowadzenie elektrycznego i pneumatycznego sygnału zadawania prędkości dla regulatora oraz dla systemu zatrzymania silnika (ang. *shutdown*) wraz z oprzyrządowaniem pomiarowym. Urządzenie posiada wyjście analogowe do podłączenia rejestratora zmian prędkości obrotowej. Na stanowisku można testować większość regulatorów prędkości obrotowej dostępnych na rynku. Podstawowe dane techniczne urządzenia AK6 zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Dane techniczne stanowiska Regulateurs Europa AK6

Table 4. Characteristics of Regulateurs Europa AK6 test stand

Wielkość charakterystyczna	Opis
Rodzaj napędu	Silnik elektryczny
Moc napędu	11 200 W
Wielkość przyspieszenia	1,7–83 obr/s ²
Zakres testowanych prędkości	60–1300 obr/min; 100–2000 obr/min poprzez przekładnię
Regulacja symulowanych obrotów	Potencjometr obrotowy, przełącznik wielostopniowy
Walek napędowy	Sprzęgła i podstawy dla większości regulatorów
Wskazanie aktualnych obrotów	Tachometr cyfrowy i analogowy

Silnik elektryczny stanowiska napędza pompę hydrauliczną i system zasilania silnika hydraulicznego. System wyposażony jest w główny zawór sterujący, zawór załączania i wyłączania obciążenia, zawór obciążenia ciśnieniem zwrotnym i zawór zmiany kierunku obrotów, układ ręcznego zadawania prędkości obrotowej dla sprawdzania regulatora w otwartej pętli regulacji, zbiornik kompensacyjny o pojemności 23 litrów oraz zintegrowany wodny system chłodzenia oleju (natężenie przepływu wody 9 l/min przy 30°C). Opcjonalnie system może być wyposażony w zewnętrzną chłodnicę powietrza. Stanowisko posiada następujące wskaźniki pomiarowe: ciśnienia w układzie napędowym, ciśnienia w głównym układzie obciążenia, ciśnienia oleju w regulatorze, ciśnienia układu zadawania prędkości i ciśnienia w systemie pomocniczym oraz temperatury oleju systemu napędowego, temperatury oleju w regulatorze razem z termostatem, a także analogowy i cyfrowy tachometr. Urządzenie wyposażone jest ponadto w cyfrowy woltomierz oraz potencjometr zmiany prędkości silnika napędowego i wielostopniowy przełącznik dla elektromagnesów układu zadawania prędkości regulatora.

Podsumowanie

Przedstawione w materiale stanowiska mają wiele wspólnych cech, co jest związane z ich zastosowaniem do testowania podobnych funkcji w regulatorach danego producenta oraz w rozwiązaniach firm konkurencyjnych.

Z przedstawionych najmniej złożone jest stanowisko firmy Regulateurs Europa typ AK7, ale też jest to jedyne w tym gronie stanowisko przenośne, które pozwala spełnić szereg podstawowych funkcji testowych regulatora i niektórych urządzeń pomocniczych.

Istotną cechą nowoczesnych stanowisk testowych jest zastosowanie silników elektrycznych jako głównego napędu regulatorów oraz elektronicznych systemów sterujących stanowiskiem. Ponadto nowoczesne rozwiązania zarówno firmy Regulateurs Europa, jak i Woodward Governor pozwalają na płynną regulację prędkości i przyspieszenia silnika napędzającego regulator.

Pośród podstawowych funkcji stanowisk cechą wspólną jest możliwość symulacji spadku ciśnienia w systemie oleju, możliwość zapewnienia cyrkulacji oleju dla regulatorów bez własnej miski olejowej (po zastosowaniu odpowiednich przystawek) oraz możliwość przetestowania urządzeń zabezpieczających silnik z wykorzystaniem próżniowego systemu pomocniczego zintegrowanego z przedstawionymi stanowiskami stacjonarnymi.

Bibliografia

1. DENDURA K.: Badania eksploatacyjne regulatorów "Woodward" UG-8D. Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 1976.
2. KOWALSKI Z., TITTENBRUN S., ŁASTOWSKI W.F.: Regulacja prędkości obrotowej okrętowych silników spalinowych. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1988.
3. ŚMIERZCHAŁSKI R.: Automatykacja systemu elektroenergetycznego statku. Wydawnictwo Gryf Centrum Graficzne, Gdańsk 2004.
4. Test Stand Conversion Kit Air to Electric Drive 8959-0045 and 8959-061. Installation and Operation Manual. Publikacja firmy Woodward 25801 Rev. B. 1984.
5. Electric Drive Test Stand 8909-094. Installation and Operation Manual. Publikacja firmy Woodward 25405 Rev. C. 1984.
6. Governor Test Stands. Series AK7 Mobile Variable Speed Governor Test Stand. Biuletyn firmy Regulateurs Europa.
7. Governor Test Stands. Series AK6 Governor Test Stand and Engine Simulator. Biuletyn firmy Regulateurs Europa.

Recenzent:
dr hab. inż. Marek Dzida
profesor Politechniki Gdańskiej