

STANOWISKO DO BADAŃ ZMĘCZENIOWYCH PRZEKŁADNI I WAŁÓW PRZEGUBOWO-TELESKOPOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę techniczną oraz funkcjonalność stanowiska do zmęczeniowego badania przekładni i wałów przegubowo-teleskopowych. Opisano jego budowę wraz z wykorzystanymi elementami napędowymi oraz kluczowe parametry pracy. Pokazano możliwość przeprowadzenia badań w kilku konfiguracjach. Omówiono sposób sterowania stanowiskiem z uwzględnieniem budowy elektronicznego układu sterowania.

Słowa kluczowe: stanowisko badawcze, sterowanie, przekładnia, wał przegubowo-teleskopowy

Wstęp

Podczas produkcji niektórych wyrobów niezbędne jest przeprowadzenie szeregu prób i badań. Ich celem jest ocena przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych oraz sprawdzenie, czy wyrób nie posiada wad materiałowych. Jedną z takich grup wyrobów wymagających szczegółowych badań są elementy zespołów napędowych maszyn i urządzeń, między innymi przekładnie i wały przegubowo-teleskopowe. Najlepszą metodą weryfikacji praktycznej jest wytworzenie podzespołu i poddanie próbom pod obciążeniem.

Obecnie większość stanowisk badawczych do tego typu badań ma układ napędowy i obciążający w postaci dwóch maszyn elektrycznych z odzyskiwaniem energii obciążania. Alternatywnym energooszczędnym rozwiązaniem jest zastosowanie układu z tzw. mocą krążącą. W rozwiązaniu tego typu badane podzespoły, np. dwie przekładnie zębate są połączone przez układ napinający, które wywołują obciążenie pomiędzy zębami. Silnik napędowy wprawiający cały układ w ruch dostarcza tylko moc niezbędną do pokonania strat tarcia w ząbieniu, łożyskach, uszczelnieniach itd. [6]. W Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu w ubiegłych latach powstało stanowisko do badania trwałościowego przekładni działające na zasadzie mocy krążącej. Brak automatycznego systemu sterująco-monitorującego w tym stanowisku znacznie utrudniał prowadzenie prac badawczych ponieważ nastawa parametrów pracy oraz gromadzenie danych wymagało ciągłej obecności obsługującego pracownika. Ponadto to stanowisko nie mogło być wykorzystane do badania innych elementów układów napędowych wymagających praktycznej weryfikacji np. wałów przegubowo-teleskopowych szeroko stosowanych w rolnictwie. Celem podjętej pracy była modernizacja i adaptacja znajdującego się w PIMR stanowiska do badania trwałościowego i zmęczeniowego przekładni, dla zwiększenia zakresu możliwych do przeprowadzania na nim badań o badanie wałów przegubowo-teleskopowych, z odwzorowaniem rzeczywistych warunków ich pracy oraz zautomatyzowania systemu sterująco-pomiarowego [1, 4].

Funkcjonalność i parametry pracy

W wyniku prowadzonych prac powstało zmodernizowane stanowisko badawcze, działające na zasadzie mocy krążącej, służące do badania trwałościowego i zmęczeniowego przekładni i wałów przegubowo-teleskopowych WPT. Stanowisko wyposażone jest w automatyczny system sterująco-pomia-

rowy. Dzięki swej rozbudowanej konstrukcji umożliwia przeprowadzenie badań wałów o przenoszonym momencie nominalnym w zakresie od 220 do 1400 Nm o długościach 0,46-1,5 m, wyposażonych w podstawowe typy przyłączy 1 3/8"(6), 1 3/8"(21), 1 3/4"(6), 1 3/4"(20). Pozwala na uzyskanie prędkości obrotowych w zakresie od 0 do 2000 obr·min⁻¹, jak również daje możliwość generowania obciążenia momentowego od 0 do 1500 Nm. Podczas badań możliwa jest zmiana wzajemnego położenia wałów napędowych w zakresie poprawnego połączenia teleskopowego oraz pod kątem takim jak podczas rzeczywistych warunków pracy. Układ sterująco-pomiarowy umożliwia automatyczną realizację badania przy różnym momencie obrotowym, prędkości obrotowej, teleskopowaniu oraz wzajemnym położeniu kątowym widłaków w przegubach wału [2, 3, 6].

Budowa stanowiska badawczego

Stanowisko badawcze może być zestawiane w zależności od obiektu oraz celu badań. Na rys. 1 a), 1 b) i 1 c) przedstawiono schematy kinematyczne stanowiska badawczego w poszczególnych konfiguracjach, do badań:

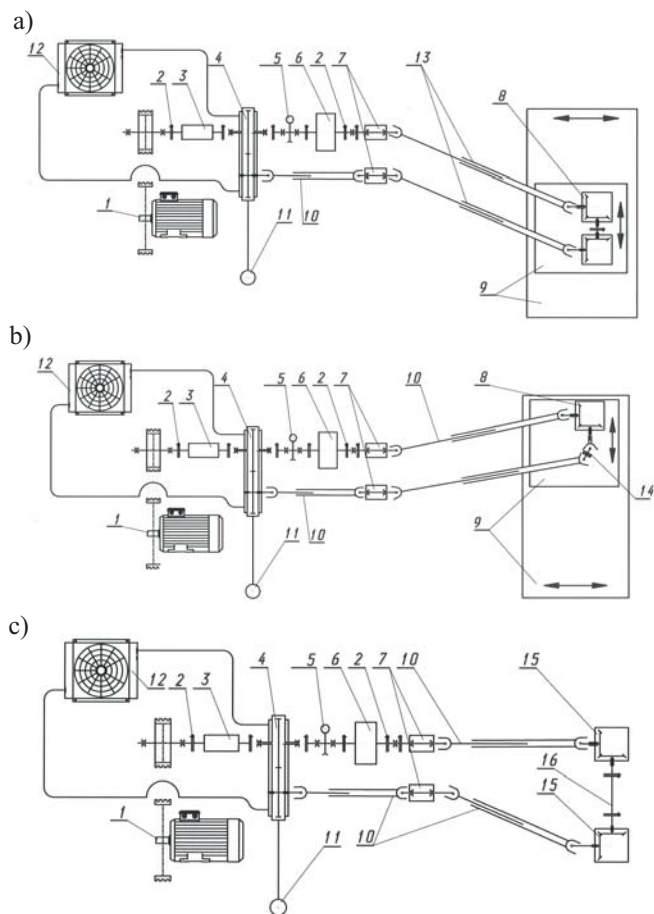
- wałów przegubowo-teleskopowych (rys. 1 a),
- przegubu szerokokątnego (rys. 1 b),
- przekładni zębatych (rys. 1 c).

Jednocześnie badane mogą być dwie przekładnie o takim samym przełożeniu (tego samego typu) lub dwa wały przegubowo-teleskopowe.

Badane wały przegubowo-teleskopowe łączone są z układem napędowym (rys. 1a) z jednej strony sprzęgłem z wałami przekładni zamykających (8), a z drugiej strony z wałami przystawek napędowych (7). Przekładnie zamykające zamontowane są na płycie górnej stołu współrzędnościowego przesuwu (9). Zmiana położenia zespołu przekładni zamykających realizowana jest za pomocą siłowników elektrycznych (4) (rys. 2), umożliwiając odtworzenie stopnia teleskopowania oraz pracy pod kątem w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

Obciążenie momentem obrotowym wywołane jest za pomocą przechylnej skrzynki przekładniowej (4) (rys. 1 a), napinanej układem dźwigniowym. Obudowę przekładni napinającej wyposażono w płaszcz wodny napełniony cieczą chłodzącą. Płaszcz połączono z obiegiem układu chłodzącego dla przeciwdziałania nadmiernemu wzrostowi temperatury w obudowie przekładni podczas jej długotrwałej pracy. W trakcie prowadzenia badań wywoływanie zmiennych obciążeń mo-

mentem obrotowym, jak również zmiana pozostałych warunków pracy realizowane jest programowo, czyli automatycznie, w trakcie prowadzenia badań (bez zatrzymywania stanowiska). Zmiana ta może następować w sposób skokowy, ciągły lub losowy [5].



Rys. 1. Schemat kinematyczny stanowiska badawczego o mocy krążącej: a) układ do badania wałów przegubowo-teleskopowych, b) układ do badania przegubu szerokokątnego, c) układ do badania przekładni zębatach [5]: 1- układ napędowy, 2- sprzęgła podatne, 3- momentomierz MIR-20, 4- przekładnia napinająca, 5- mechanizm likwidacji luzów, 6- momentomierz wzorcowy, 7- przystawki przeniesienia napędu, 8- przekładnia kątowna, 9- stoliki współrzędnościowego przesuwu, 10- wał przegubowy, 11- siłomierz, 12- układ chłodzenia, 13- badane wały przegubowe, 14- badany przegub szerokokątny, 15- badana przekładnia, 16- łącznik

Fig. 1. Kinematic diagram of the test stand with a circulatory power: a)-system for testing jointed-telescopic shafts, b)- system for testing wide angle joint, c)- system for toothed gear testing [5]: 1- drive system, 2- flexible couplings, 3- torque meter MIR-20, 4- tensioning gear box, 5- mechanism of clearance elimination, 6- reference torque sensor, 7- drive transmission support, 8- angle gearbox, 9- coordinate displacement table, 10- drive shaft, 11- dynamometer, 12- cooling system, 13- tested drive shafts, 14- tested wide angle joint, 15- tested gearbox, 16- coupler

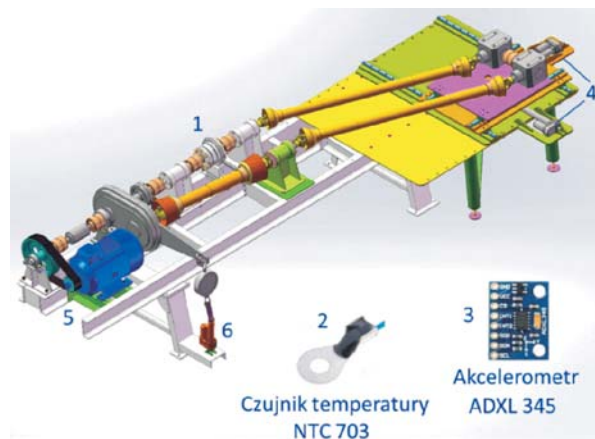
Sensoryka i sterowanie

Na stanowisku badawczym mierzone są następujące wielkości fizyczne:

- moment obrotowy,
- prędkość obrotowa na wale wejściowym,
- temperatura (w 3 miejscach pomiarowych),

- amplitudy drgań w trzech kierunkach w wybranym miejscu pomiarowym,
- przemieszczenia liniowe suportu (wzdłużne oraz poprzeczne),
- czas pracy przy danych ustawieniach

Model stanowiska z zaznaczonymi elementami pomiarowymi oraz wykonawczymi pokazano na rys. 2. Sygnały z czujników przekazywane są do wejść pomiarowych układu kontrolno-sterującego oraz rejestratora umieszczonych w szafie sterowniczej (rys. 3). Układ prowadzi na bieżąco odczyt z tych wejść, przetwarza dane, prezentuje wyniki operatorowi oraz wpływa w określony sposób na przebieg samego badania wysyłając odpowiednie sygnały sterujące do urządzeń wykonawczych.



Rys. 2. Widok modelu stanowiska badawczego [5]: 1- momentomierz oraz obrotomierz, 2- czujnik temperatury NTC 703, 3- akcelerometr ADXL 345, 4- siłowniki elektryczne do przemieszczeń suportu, 5- asynchroniczny silnik indukcyjny, 6- siłownik elektryczny generujący moment obciążenia

Fig. 2. View of model of the test stand [5]: 1- torque meter and tachometer, 2- temperature sensor NTC 703, 3- accelerometer ADXL 345, 4- electric actuators for the displacement carriage, 5- asynchronous induction motor, 6- electric actuators generating load torque



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 3. Wnętrze szafy sterującej: 1- przetwornicę częstotliwości, 2- zespół przygotowania zasilania, 3- rejestrator AR207, 4- elektronika sterująca

Fig. 3. The interior of the control cabinet: 1- frequency converter, 2- preparation unit power, 3- recorder AR207, 4- control electronics

Wewnątrz szafy sterującej (rys. 3) znajdują się elementy odpowiadające za poprawne przygotowanie zasilania elementów napędowych oraz sterujących z uwzględnieniem wymagań bezpieczeństwa (2). Są to elementy takie jak: wyłączniki bezpieczeństwa, bezpieczniki, stycznik oraz filtry zabezpieczające całą elektronikę przed przepięciami z sieci, zakłóceniami elektromagnetycznymi oraz wpływem komutacji falownika. Jednostką sterującą głównym elementem napędowym jest przemiennik częstotliwości (1). Steruje on trójfazowym asynchronicznym silnikiem indukcyjnym o mocy 18,5 kW. Dane rejestrowane podczas badań zapisywane są w rejestratorze AR207 firmy APAR (3). Wyposażony jest on w 16 wejść analogowych o zakresie 0-10 V, oraz 4 wyprowadzenia alarmowe, konfigurowane przez użytkownika. Rejestrator ten umożliwia podgląd zarejestrowanych danych poprzez przeglądarkę internetową za pomocą sieci Ethernet. Wewnątrz rejestratora umieszczono 4 GB pamięci do zapisu danych z możliwością podłączenia pamięci zewnętrznej. Sterownikiem głównym wchodzącym w skład elektroniki sterującej stanowiskiem badawczym (4) jest karta pomiarowa firmy National Instruments USB-6008, współpracująca z systemem LabView. W systemie tym została napisana aplikacja (wirtualny panel sterowania), która pozwala wprowadzić nastawy wszystkich parametrów oraz umożliwia uruchomienie stanowiska i przeprowadzanie badań. Do dyspozycji są przygotowane dwa tryby pracy. Tryb ręczny, w którym operator na bieżąco ustawia dane parametry oraz tryb automatyczny, w którym to zmiany niektórych nastaw odbywają się automatycznie w określonym oraz wcześniej zdefiniowanym przedziale czasu. Program działający w trybie automatycznym zawiera kolejność wykonywania poszczególnych elementów próby trwałościowej dla badanego obiektu.

Podsumowanie

Dzięki wykorzystaniu mechatronicznego układu sterowania oraz rozbudowanej konstrukcji powstało w pełni oprzyrządowane stanowisko do badania elementów układów napędowych metodą mocy krążącej z automatycznym systemem sterująco-pomiarowym. Stanowisko to umożliwia przeprowadzanie badań trwałościowych i zmęczeniowych elementów układów napędowych zleczanych przez producentów.

Bibliografia

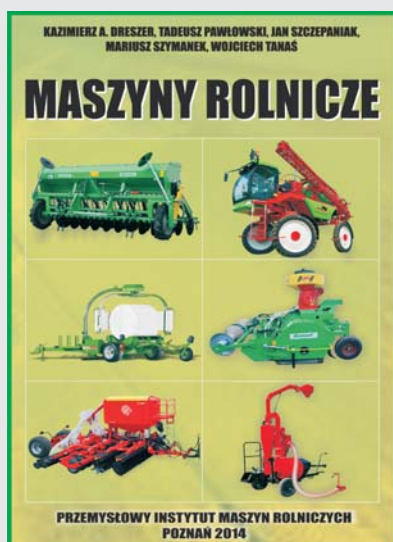
- [1] Adamczyk F., Frąckowiak P., Jankowiak S., Wąchalowski G., Wojciechowski J., Żurowski K., Vicente N.A., Opaska M.: Typoszeręgi przekładni obiegowych, zwłaszcza dla napędu kół jezdnych maszyn roboczych z wykorzystaniem nowoczesnych technik odlewniczych. Badania stanowiskowe w aspekcie funkcjonalności i trwałości typoszeręgi przekładni obiegowych zwłaszcza dla napędu kół jezdnych maszyn roboczych z wykorzystaniem nowoczesnych technik odlewniczych. Projekt celowy nr ROW-III-104/2010. Maszynopis PIMR-7856, Poznań, 2011.
- [2] Mikołajczak M., Leczyk B., Fajfer J.: Założenia dla modernizacji stanowisk badawczych SB101 i 4SB43 w celu dostosowania ich do badań zmęczeniowych elementów obrotowych. Maszynopis PIMR-4937, Poznań, 1978.
- [3] Mikołajczak M., Sedlaczek S.: Projekt wstępny stanowiska do badań zmęczeniowych elementów obrotowych. Analiza wyboru konstrukcji, obliczenia i wytyczne. Maszynopis PIMR, Poznań, 1978.
- [4] Mydlarz J., Kiser B.: Stanowisko do badania kół zębatach stożkowych. Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, 2015, 4 (91), 16-23.
- [5] PIMR: Dokumentacja projektowa stanowiska do badania trwałościowego przekładni działające na zasadzie mocy krążącej. Maszynopis PIMR, Poznań, 2010.
- [6] Sedlaczek S., Mikołajczak M.: Stanowiska do badań sprzęgieł i skrzynek przekładniowych. Założenia konstrukcyjne. Maszynopis PIMR, Poznań, 1978.

STAND FOR FATIGUE TEST OF GEAR AND PTO DRIVE SHAFTS

Summary

The article presents a descriptions of the operation parameters and functionality of fatigue test stand for gearboxes and PTO drive shafts. Its construction with used driving elements and the key operating parameters is described. The ability to conduct research in several configuration is shown. The method of stand controlling, taking into account construction of the electronic control system is discussed.

Key words: test stand, control, gearboxes, PTO drive shaft



Podręcznik pt. **MASZyny ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z przedmiotu "Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych" wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:

Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej i Normalizacyjnej
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>