

ISSN 1896-0677



01 >

9 771896 067606



SŁUŻBY UTRZYMANIA RUCHU

SUR

Innowacyjne rozwiązania w utrzymaniu ruchu

INDEKS 226289

cena 40 zł (w tym 5% VAT)

WWW.SLUZBY-UR.PL

TEMAT NUMERU:
**HYDRAULIKA
I PNEUMATYKA**

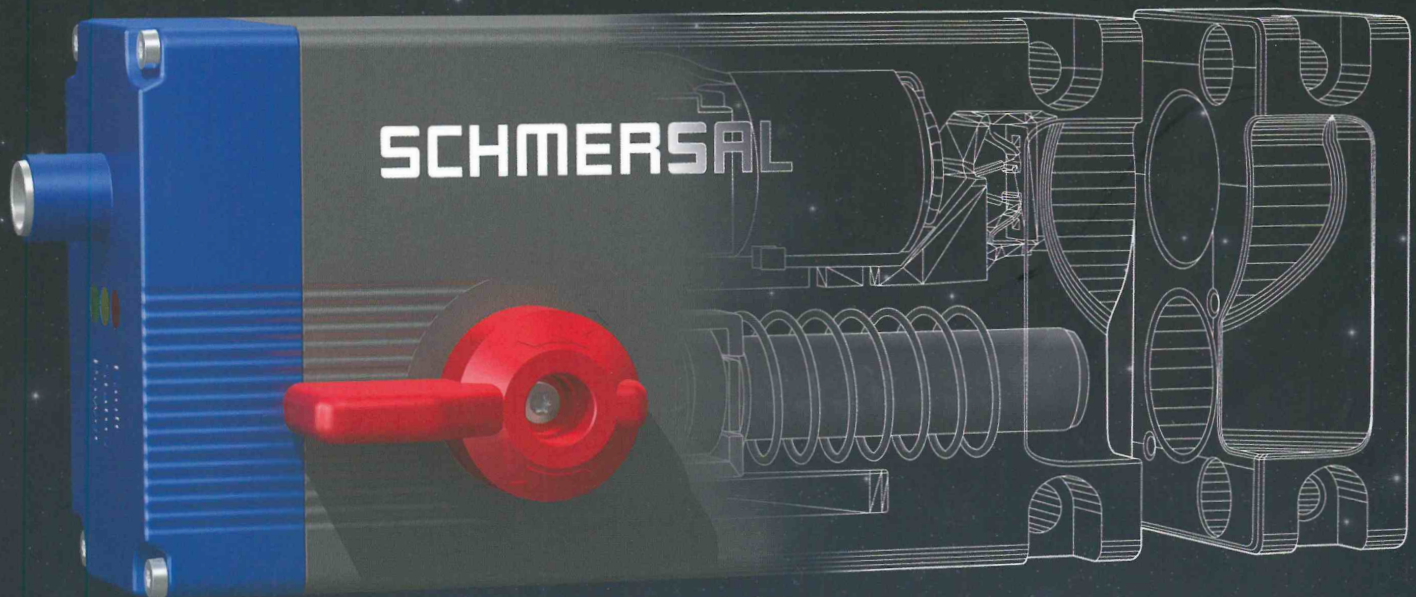
NUMER 1(57)/2016 styczeń-luty

Elektroniczna blokada AZM 400

ogromny krok w bezpieczeństwie

10.000 N

Więcej szczegółów na stronie 98



www.schmersal.pl

 **SCHMERSAL**
Safe solutions for your industry

— **HYDRAULIKA I PNEUMATYKA**
EFEKTYWNE OBNIŻENIE KOSZTÓW
WYTWARZANIA SPRĘŻONEGO POWIETRZA

— **TPM**
WPROWADZANIE TPM W ZAKŁADACH
PRODUKCYJNYCH – KROK PO KROKU

UTRZYMANIE RUCHU
Asset Management,
czyli strategia UR oparta na ryzyku

WORLD CLASS MANUFACTURING
Od reakcji do prewencji,
czyli HELP CHAIN
w Whirlpool Polska



temat numeru:

HYDRAULIKA I PNEUMATYKA

- 6** Efektywne obniżenie kosztów wytwarzania sprężonego powietrza
- 10** Straty energii w instalacji i na odbiornikach sprężonego powietrza
- 13** Zabezpieczenie układów hydraulicznych przed uszkodzeniem w trakcie eksploatacji, obsługi i serwisu

DIAGNOSTYKA

- 20** Monitorowanie i diagnozowanie stanu technicznego przekładni zębatach
- 26** DIAGNO(nie)STYKA...

MAINTENANCE BEST PRACTICES

- 30** BSH Hausgeräte GmbH
Praca zespołowa podstawą efektywnego wdrażania TPM na hali produkcyjnej

AKADEMIA PRODUKCJI

- 34** Podstawowe nieprawidłowości pracy napędów elektrycznych oraz metody ich eliminacji
- 38** Strategia kooperacji w produkcji. Jak współpracować z innymi firmami?

TPM

- 41** Wprowadzanie TPM w zakładach produkcyjnych – krok po kroku
- 46** Wdrożenie TPM przy outsourcingu kompleksowego utrzymania ruchu – możliwe i skuteczne

LOGISTYKA PRODUKCJI

- 48** Prepersi – jak sprytnie (smart) gospodarować częściami zamiennymi

UTRZYMANIE RUCHU

- 52** Zarządzanie procesem autonomicznej konserwacji maszyn w systemie TPM
- 57** Reorganizacja SUR
- 61** Strategia konserwacji i remontów maszyn w przedsiębiorstwie
- 70** Asset Management, czyli strategia UR oparta na ryzyku

PANEL EKSPERCKI

- 73** Stanisław Kowalewski
dyrektor ds. Nauki i Techniki, wiceprezes zarządu ELOKON Polska Sp. z o.o.

WORLD CLASS MANUFACTURING

- 74** Wpływ procesu komunikacji na efektywność organizacji
- 78** Od reakcji do prewencji, czyli HELP CHAIN w Whirlpool Polska

AUTOMATYKA

- 83** Pytania do ekspertów

ZARZĄDZANIE ZASOBAMI LUDZKIMI

- 88** Trudna relacja
- 92** Żegnamy feedback, witamy feedforward!

96 Z RYNKU

Ekspenci EMT-Systems =)

Monitorowanie i diagnozowanie stanu technicznego przekładni zębatych

Przekładnie zębate są mechanizmami przenoszącymi energię mechaniczną z maszyny napędzającej (napędu) na maszynę napędzaną (odbiorczą) zwykle przy jednoczesnej zmianie prędkości obrotowej i momentu obrotowego. Przeniesienie napędu w przekładni zębatej ogólnego przeznaczenia w najprostszym przypadku odbywa się przy współdziałaniu dwóch kół zębatych umieszczonych na łożyskowanych wałach (wejściowym i wyjściowym), zamkniętych w korpusie zapewniającym odpowiednie warunki obiegu medium smarującego i wymiany ciepła.



dr hab. inż. Marek Fidał – Politechnika Śląska

Absolwent Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej. Zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego Politechniki Śląskiej w Instytucie Podstaw Konstrukcji Maszyn, w którym uzyskał stopień doktora habilitowanego nauk technicznych (2014) w zakresie budowy i eksploatacji maszyn. Podstawowe zainteresowania i kierunki badań dotyczą szeroko pojętych metod diagnostyki technicznej, termografii, metod przetwarzania i analizy sygnałów oraz obrazów, analizy modalnej, systemów pomiarowych, a także wibroakustyki. Jest właścicielem firmy Adapted Engineering Solutions (AdEnSo) oferującej innowacyjne i dopasowane rozwiązania techniczne dla firm.

W praktyce spotyka się przekładnie o bardziej złożonej budowie (wielostopniowe), z nieruchomymi i ruchomymi (planetarne) osiami kół, z wałami łożyskowymi tocznie i/lub ślizgowo, z kołami o różnym kształcie (walcowe, stożkowe) różnej geometrii linii zęba (proste, śrubowe, daszkowe itp.) czy różnym umiejscowieniu uzębienia. W większości przypadków przekładnia zębata działa w szeregowym układzie przeniesienia napędu, co w przypadku jej awarii skutkuje unieruchomieniem całego zespołu maszynowego.

Aby zapobiec awariom i zapewnić długotrwałe i bezawaryjne działanie przekładni zębatych, należy prawidłowo je eksploatować oraz na bieżąco oceniać ich stan techniczny w celu detekcji potencjalnych uszkodzeń oraz planowania remontów. Bieżącą ocenę stanu technicznego przekładni można prowadzić na różne sposoby. Podstawowe i najczęściej spotykane metody oceny stanu technicznego zaprezentowano w dalszej części artykułu.

NIESPRAWNOŚCI PRZEKŁADNI ZĘBATYCH

Ogólny stan techniczny przekładni uzależniony jest od trzech głównych czynników: cech konstrukcyjnych przekładni, jakości materiałów, dokładności wykonania i montażu elementów przekładni oraz warunków i sposobu eksploatacji przekładni. W przypadku cech konstrukcyjnych, takich jak geometryczne, materiałowe i dynamiczne, ich dobór zależy od konstruktora. Typowym przykładem nie zawsze przemysłowych

działań konstruktorów przekładni zębatych, często prowadzącym do powstawania problemów eksploatacyjnych, jest ograniczanie gabarytów przekładni zębatych kosztem zwiększania wytrzymałości ich elementów, bez uwzględniania np. zmiany sposobu smarowania i/lub właściwości medium smarującego.

Nawet prawidłowo zaprojektowana i skonstruowana przekładnia będzie źródłem problemów eksploatacyjnych, jeśli jej podzespoły zostaną niedokładnie wykonane i zmontowane. Brak dotrzymania tolerancji geometrycznych często prowadzi do występowania mimośrodowości między wałami i kołami zębatymi, nieprawidłowe wykonanie gniazd łożysk prowadzi do przekoszenia osi wałów. Błędy takie prowadzą do dynamicznych zmian luzów międzyzębnych, co w konsekwencji prowadzi do nieprawidłowego współdziałania kół zębatych i ich uszkodzenia. Do powstania niesprawności przekładni mogą przyczynić się błędy montażu łożysk, uszczelnień, sprzęgieł itp. Nie należy również zapominać, że na trwałość i niezawodność przekładni ma wpływ rodzaj i jakość materiałów użytych do wykonania wałów i kół zębatych, a także zabiegi mające na celu zapewnienie odpowiedniej chropowatości i twardości powierzchni elementów przekładni.

Nieprawidłowa eksploatacja przekładni zębatych stanowi najczęstszą przyczynę ich uszkodzeń. Do głównych czynników eksploatacyjnych powodujących niesprawności przekładni należą przeciążenia, przekraczanie dopuszczalnych wartości prędkości obrotowych, rozosiowanie wałów przekładni i maszyny napędzającej i/lub napędzanej, nieprawidłowe warunki smarowania wynikające ze stosowania nieprawidłowo obranego, przepracowanego i/lub zanieczyszczonego oleju [18].

Wymienione wyżej czynniki prowadzą do różnych uszkodzeń poszczególnych elementów konstrukcyjnych przekładni zębatej, jakimi są sprzęgła, łożyska, koła zębate, a także olej. Za większość uszkodzeń kół zębatych i łożysk odpowiedzialne są procesy trybologiczne generowane w wyniku występowania toczenia z poślizgiem. Efektem występowania procesów tarcowych może być zużycie ściernie, zmęczeniowe (pitting, spalling, cuffing), odkształceniowe; zacieranie, fretting. Powstają one na powierzchniach zębów oraz powierzchniach bieżni i elementów tocznych łożysk. Tarcie odpowiedzialne jest również za powstawanie uszkodzeń uszczelnień wałów przekładni, co prowadzi do często występujących wycieków oraz do wnikania zanieczyszczeń do wnętrza przekładni. Do częstych uszkodzeń przekładni można zaliczyć też pęknięcia i wytamania zębów, pęknięcia korpusów, pęknięcia wałów powstające głównie w trakcie nadmiernych przeciążeń [13, 18]. Na rys. 1 przedstawiono przykład uszkodzenia zmęczeniowego



Rys. 1.

Przykład uszkodzenia zmęczeniowego pierścienia zewnętrznego łożyska tocznego (a) [materiały własne autora], przykład zużycia ściernoadhezyjnego, zatarć oraz odkształceń plastycznych powierzchni zęba [8] (b)

powierzchni pierścienia zewnętrznego łożyska tocznego oraz przykład zużycia ściernoadhezyjnego, zatarć oraz odkształceń plastycznych powierzchni zęba [8].

Ze względu na złożoną budowę w przekładniach zębatych występują interakcje pomiędzy poszczególnymi elementami, co powoduje propagację uszkodzenia z jednego z elementów przekładni na pozostałe jej elementy. Taka sytuacja przykładowo może wystąpić, gdy między wałem maszyn napędzającej a wałem wejściowym przekładni powstanie rozosiowanie. Istnienie rozosiowania będzie skutkowało wzrostem wartości sił dynamicznych działających w węzłach łożyskowych, powodując przyspieszone zużycie łożysk. Niesprawne łożyska przekładni będą z kolei przyczyną szeregu nieprawidłowości we współdziałaniu kół zębatych (błąd podziałki, błąd ewolwenty, zmiana luzów) prowadzących do uszkodzenia powierzchni zębów (nawet wytłamania zębów). Koincydencje między różnymi uszkodzeniami zwykle występują w układzie destrukcyjnego sprzężenia zwrotnego, co w perspektywie dłuższej eksploatacji niesprawnej przekładni i braku odpowiednich działań zaradczych prowadzi zwykle do poważnej i kosztownej awarii maszyny. Biorąc pod uwagę miejsce przekładni zębatych w zespole maszynowym, jej złożoną budowę i czynniki wpływające na jej stan techniczny, celowe staje się objęcie tych ważnych podzespołów maszyn nadzorem diagnostycznym wpisującym się w predykcyjną strategię służb utrzymania ruchu.

METODYKA MONITOROWANIA I DIAGNOZOWANIA NIESPRAWNOŚCI PRZEKŁADNI ZĘBATYCH

Ocena stanu technicznego przekładni zębatych nie jest prosta ze względu na ich złożoną budowę i liczne interakcje między zjawiskami generowanymi przez elementy przekładni i maszyn współpracujących. Ocenę stanu technicznego przekładni zębatych można przeprowadzić w sposób demontażowy i bezdemontażowy. Ze względu na wysokie koszty badań stanu w sposób demontażowy preferowane są bezdemontażowe metody, które można podzielić na metody offline (wymagające zatrzymania maszyny) i online pozwalające badać stan przekładni w ruchu. Do metod offline można zaliczyć głównie niektóre badania medium smarującego i inspekcje wizualne z zastosowaniem wzroku lub dodatkowych przyrządów optycznych (np. endoskopy). Bezemontażowe badania stanu wymagające zatrzymania przekładni najczęściej prowadzi się, aby potwierdzić diagnozę sformułowaną na podstawie wyników badań prowadzonych w trakcie działania przekładni zębatej. Badania stanu technicznego przekładni zębatych w trybie online można podzielić na dwie grupy [18]:

- Monitorowanie stanu przekładni – polegające na systematycznej rejestracji wybranych parametrów diagnostycznych i ich analizie

w kontekście istniejących kryteriów oceny stanu lub danych historycznych. Monitorowanie może być realizowane w trybie doraźnych i cyklicznych inspekcji prowadzonych przez odpowiednio przygotowany i wyposażony w odpowiedni sprzęt personel (monitorowanie obchodowe) lub w trybie ciągłym wymagającym stosowania odpowiednich rozwiązań technicznych. Ciągłe monitorowanie zwykle stosuje się do przekładni o krytycznym znaczeniu dla procesu produkcji lub urządzeń trudno dostępnych (np. przekładnie turbin wiatrowych). Monitorowanie umożliwia detekcję niesprawności i zwykle jest źródłem ogólnej informacji o klasie stanu technicznego przekładni na podstawie której podejmowane są decyzje co do dalszych działań eksploatacyjnych. Liczba przyjętych klas stanu zależy od stosowanej metody oceny stanu i przyjętych wartości kryterialnych (zapisanych np. w normach drganiowych).

- Diagnozowanie stanu przekładni – są to działania następujące zwykle po detekcji nieprawidłowości w trakcie monitorowania i mają na celu lokalizację i identyfikację niesprawności, czyli wskazanie miejsca i rodzaju uszkodzenia. Badania diagnostyczne wymagają stosowania bardziej zaawansowanych metod i powinny być prowadzone przez odpowiednio przeszkolony i doświadczony personel. Dzięki badaniom diagnostycznym możliwa jest odpowiedź na pytanie, co było przyczyną wystąpienia niesprawności i jak długo maszyna może działać bez ryzyka wystąpienia nagłej awarii.

Do monitorowania i diagnostyki przekładni wykorzystuje się najczęściej parametry i sygnały diagnostyczne wyznaczane w wyniku stosowania metod badawczych bazujących na:

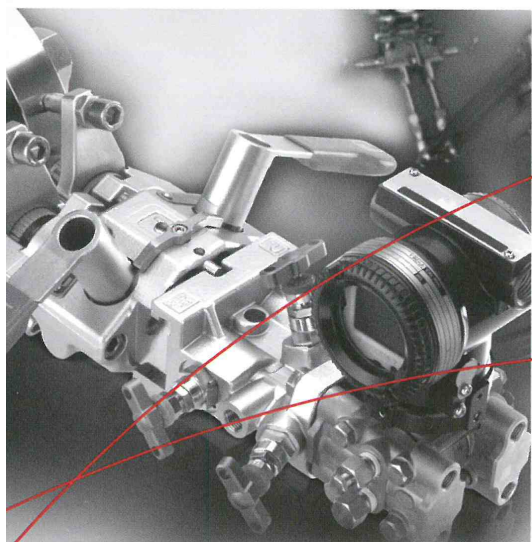
- obserwacji zjawisk wibroakustycznych (drgań i dźwięku),
- obserwacji zjawisk cieplnych,
- badania medium smarującego pod kątem jego własności i obecności produktów zużycia.

METODY WIBROAKUSTYCZNE

Wibroakustyczne metody bezdemontażowego monitorowania i diagnostyki przekładni zębatych są najczęściej stosowane ze względu na dużą pojemność informacyjną sygnałów wibroakustycznych, których symptomy pozwalają wykrywać szeroki zakres różnych niesprawności przekładni zębatych. Metody wibroakustyczne można ogólnie podzielić na trzy grupy: metody bazujące na sygnałach drgań mechanicznych, metody akustyczne i szeroko rozumiane metody ultradźwiękowe.

Do najbardziej rozpowszechnionych metod monitorowania i diagnostyki przekładni zębatych należą metody drganiowe. Są one bardzo dobrze opisane, istnieje szereg parametrów diagnostycznych i kryteriów oceny wartości parametrów drgań zawartych w licznych normach, a także jest bardzo duży wybór różnorodnego sprzętu pomiarowo-kontrolnego, który

CENTRUM SZKOLEŃ INŻYNIERSKICH



Twój partner w przemyśle

INTEGRUJEMY GŁÓWNE PIONY PRZEMYSŁOWE

- kompleksowo ucząc nowoczesnych technik i metod działania.

- Hydraulika siłowa
- Pneumatyka przemysłowa
- Frezarki i tokarki CNC
- Automatyka produkcji / PLC / SCADA
- Robotyka, sensoryka produkcji
- Systemy CAD / CAM / CAE
- Tworzywa sztuczne
- Zarządzanie jakością produkcji
- Technologie informatyczne

Kursy i warsztaty praktyczne

kierowane do Służb utrzymania ruchu w tym działów: automatyki, mechanicznych, energetycznych, technicznych oraz projektów konstrukcyjnych.

Gwarantujemy

- ✓ Specjalistyczne szkolenia w doskonałych warunkach
- ✓ Nowoczesne pracownie szkoleniowe
- ✓ Unikalne stanowiska dydaktyczne do modelowania układów
- ✓ Wyselekcjonowanych specjalistów z bogatym doświadczeniem przemysłowym
- ✓ Fachową dokumentację szkoleniową



Dołącz do Nas na **Facebooku**
www.facebook.com/EMTSystems



Dołącz do Nas na **Google+:** EMT-Systems



SIEMENS



Zapraszamy na nasz kanał