

Janusz FLASZA¹
Adrian BARASIŃSKI²

STANOWISKO LABORATORYJNO – DYDAKTYCZNE DO OSIOWANIA ELEKTROMASZYNOWYCH URZĄDZEŃ NAPĘDOWYCH, PROJEKT NA BAZIE PROGRAMU INVENTOR FIRMY AUTODESK

Obecne systemy elektromaszynowe wymagają precyzyjnego osiowania. Precyzyjne ich osiowanie rozwiązuje wiele problemów od strony mechanicznej i elektrycznej. Opisywane badania mają za zadanie ukazać zagrożenia jakie ze sobą niesie niedokładne osiowanie wału pod kątem przyspieszonego zużycia poszczególnych elementów zespołu oraz wpływu wydzielania się nadmiernego ciepła mogącego stanowić zagrożenie pożarowe.

Artykuł zawiera informacje o skutkach złego osiowania, funkcjonalności oprzyrządowania oraz wstępnych wynikach badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych, analizę wyników, a także stwierdzenia i wnioski.

Zebrane informacje umożliwiły wykorzystanie programu INVENTOR firmy Autodesk do zaprojektowania przyrządu badawczego wyposażonego w laserowy system osiowania odwzorowujący rzeczywiste warunki pomiarowe w oparciu o system firmy Pruftechnik.

LABORATORY POSITION – EDUCATIONAL FACILITIES TO DRIVE ALIGNMENT ELECTROMECHANICAL. PROJECT-BASED SOFTWARE COMPANY AUTODESK INVENTOR

Current systems require precise alignment dynamoelectric. Precise alignment of solves many problems of the mechanical and electrical. Described the study are intended to show the dangers it brings accurate shaft alignment for wear of individual components of the assembly and secretion of the impact of excessive heat which may constitute a fire hazard. The article contains information about the consequences of poor alignment, function facilities and the preliminary results of studies conducted in laboratory conditions and actual analysis of the results, as well as the statements and conclusions. These findings allowed the use of Autodesk Inventor to design the research instrument equipped with a laser alignment system that maps the actual conditions of measurement based on the system's Pruftechnik.

¹Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 17, tel./fax.: + 48 34 32-50-889, e-mail: januszflasza@o2.pl

²Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie, CSPSP, 42-200 Częstochowa ul. Sabinowska 62, tel;+48 34-378-53-00 wew. 505, fax: +48 34-378-53-32: e-mail:barasinskia@cspsp.pl

1. WSTĘP

Nieodpowiednie wyosiowanie wałów jest przyczyną wielu problemów związanych z eksploatacją maszyn zarówno pod względem mechanicznym, jak i elektrycznym. Złe wyosiowanie lub rozosiowanie występuje wtedy, gdy osie dwóch wałów nie są względem siebie równoległe. Testy udowodniły, [13] że złe wyosiowanie jest przyczyną w około 50% awarii maszyn! Straty w produkcji oraz częstsze naprawy powodują wzrost kosztów działalności.

2. DIAGNOSTYKA UKŁADÓW ELEKTROMASZYNOWYCH

2.1. Projekt stanowiska

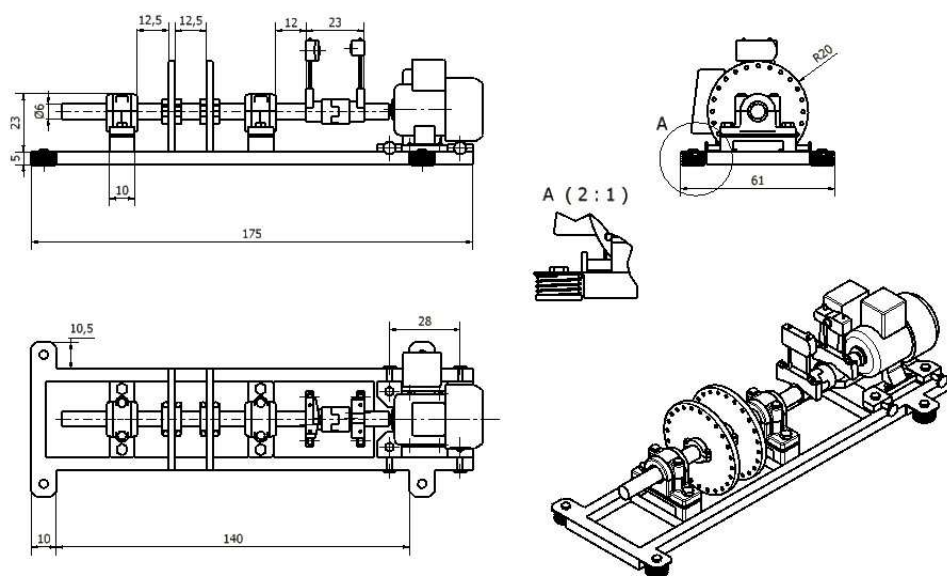
Niezawodność a przede wszystkim bezpieczeństwo eksploatacji układów napędowych ma duże znaczenie ekonomiczne w przemyśle. Nieprzewidziane awarie, a nawet krótkie postoje maszyn i urządzeń z reguły prowadzą do znacznych strat produkcyjnych. Niezbędne jest szybkie rozpoznawanie aktualnego stanu technicznego maszyny oraz związanej z nim szybkiej detekcji i lokalizacji uszkodzenia na podstawie obserwacji pewnych symptomów uszkodzeń pojawiających się w sygnałach pomiarowych, [1].

Jest wiele rozwiązań technicznych pozwalających w sposób modułowy skompletowanie stanowisk laboratoryjnych w różnych dziedzinach nauk technicznych. Istotnym jednak procesem jest proces projektowania, budowy i walidacji stanowiska laboratoryjnego wzorowanego na obiekcie rzeczywistym z przemysłu. To tu można zaobserwować wiele procesów, zależności i rozwiązań, które analizując w zespole pozwalają wydobyć procesy towarzyszące w liniach produkcyjnych i dokonać dogłębnej ich analizy od strony technicznej już na etapie projektu, [2].

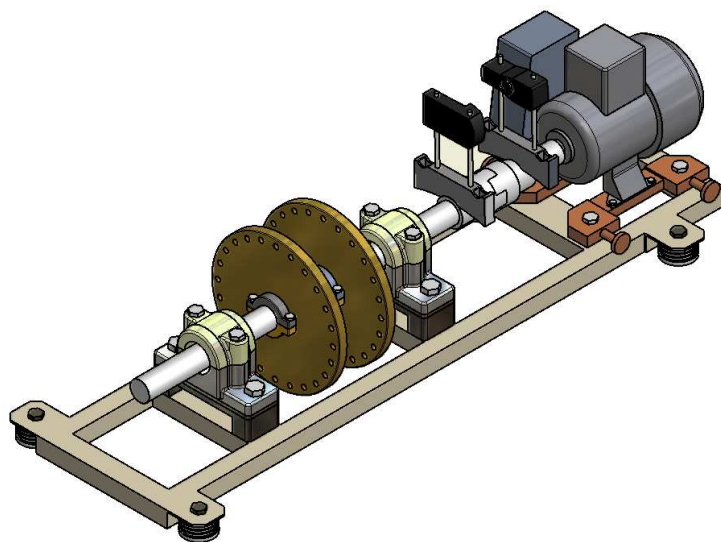
W oparciu o badania rzeczywiste na obiekcie przemysłowym w Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. na ciągu elektromaszynowym WGGC - wentylator główny gazu cyrkulacyjnego - zostało opracowane stanowisko laboratoryjne, rys. 1, 1A, 1B, które pozwoli na ukazanie zachodzących procesów.

Dzięki takiemu stanowisku laboratoryjnemu uzyskamy pogląd w warunkach laboratoryjnych na procesy związane z brakiem wyosiowania w układach elektromaszynowych. Należy zaznaczyć, że prawidłowo przeprowadzana i prowadzona diagnostyka w znacznym stopniu organizuje późniejsze aplikacje w przemyśle poprzez wyeliminowanie pojawiających się uszkodzeń na obiekcie laboratoryjnym. Dzięki tak skonstruowanemu stanowisku badawczemu uzyskamy wiedzę na temat przyczyny awarii i nieoczekiwanych, nieplanowanych postojów układów elektromaszynowych z prognozowaną chronologią przyczyn, jak:

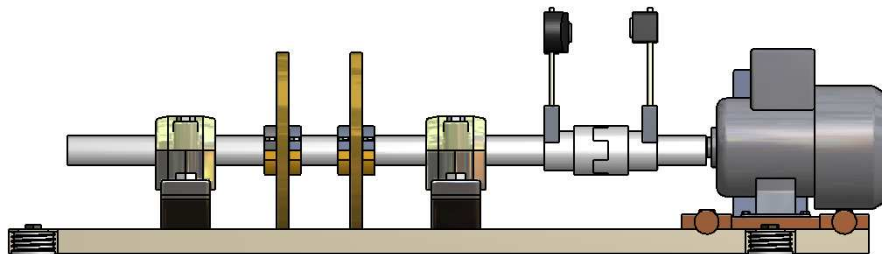
- stan łożysk;
- izolacji uzwojeń silników indukcyjnych;
- niewyważenia, nieosiowości i luzów związanych z ruchem wirnika;
- niesymetrii szczeliny pomiędzy stojanem, a wirnikiem;
- skrzywieniem wałów silników;
- stan fundamentów, konstrukcji wsporczych i mocowania,
- nagrzewaniem się poszczególnych elementów układu elektromaszynowego, [3].



Rys.1. Układ badawczy - projekt, [opr. wł. na podst. materiałów Pruftechnik].



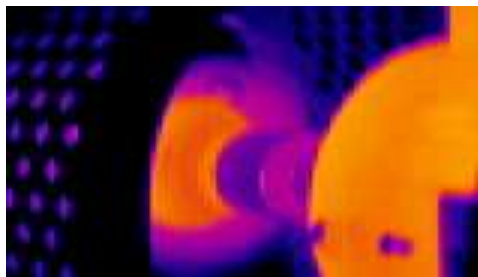
Rys.1A. Układ badawczy - projekt, [opr. wł].



Rys.1B. Układ badawczy - projekt, [opr. wł].

3. KONCEPCJA MODELU LABORATORYJNEGO

Ideą pierwotną opracowywanego stanowiska jest przybliżenie zjawisk zachodzących w układach rzeczywistych i możliwość wykonania eksperymentu z wykorzystaniem różnych technik osiowania i diagnostyki. Etap pierwszy obejmował wykonanie projektu technicznego, etap drugi będzie obejmował wykonanie rzeczywistego układu badawczego. Etap pierwszy został opracowany we współpracy z Firmą Pruftechnik z Wrocławia. Posiadając dane z osiowania w standardowym układzie – silnik/obciążenie, rys. 2. można zauważyć potrzebę stosowania osiowania, jak również wybór odpowiedniej *metody osiowania*.



Rys.2. Termograf. Układ badawczy, CSPSP – Częstochowa, [opr. wł].

Sygnaly wibroakustyczne oddziałujące na układy elektromaszynowe, jak wykazują badania [4-11], ukazują najistotniejsze zjawiska fizyczne, które zachodzą w tych układach, takich jak: odkształcenia, naprężenia, współdziałanie poszczególnych części i podzespołów maszyn, stany przed awaryjne i awaryjne.

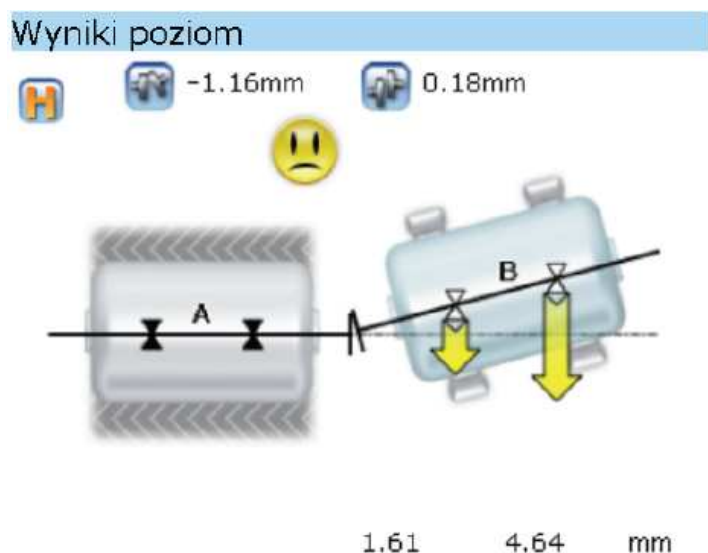
Natomiast niewspółosiowość jest trudna do wykrycia podczas pracy układu elektromaszynowego. Jedyнным sposobem jest pomiar wtórnych efektów powstających wówczas niezrównoważonych sił. Efekty te są widoczne w:

- 1) drganiach mechanicznych i zwiększonym hałasie,
- 2) niesymetrii szczeliny powietrznej,

- 3) wzroście tętnień momentu obrotowego,
- 4) wzroście strat,
- 5) nadmiernym nagrzewaniu się maszyn, rys. 2.

Jak wiadomo [12] w eksploatacji napędów elektromaszynowych dominują metody monitorowania stanu technicznego, które oparte są na analizie sygnałów diagnostycznych w dziedzinie czasu i częstotliwości. W przypadku napędów z silnikami indukcyjnymi - najchętniej obecnie stosowanymi - podstawowymi sygnałami wykorzystywanymi w diagnostyce są prąd fazowy statora oraz drgania, które zawierają widmo wszystkich uszkodzeń elektrycznych oraz mechanicznych.

Wykonanie stanowiska laboratoryjnego jest spowodowane współpracą z przemysłem z branży koksowniczej – Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., gdzie są prowadzone pomiary prawidłowego osiowania w układach wentylatora głównego gazu cyrkulacyjnego - WGGC. Przykłady pomiarowe złego osiowania przedstawia rys. 3.



Rys.3. Graficzne wyniki sprzęgieł-poziom, P1, [13]

Zastosowana analiza w Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. potwierdza konieczność stałej kontroli układów elektromaszynowych w tym wypadku pod względem osiowania wałów.

Proces ten pozwoli uzyskać szeroko rozumianą jakość wyrobu, z której można uzyskać określone korzyści ekonomiczne.

Przeprowadzana diagnostyka na utrzymaniu ruchu pozwala ponadto stwierdzić przydatność sprawdzanej maszyny lub zestawu maszyn dla procesu technologicznego i na odpowiednim etapie wyeliminowanie maszyn przekraczających dopuszczalne normy

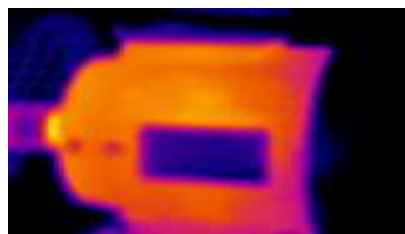
uszkodzeń z procesu technologicznego. To skłoniło nas do opracowania modelu stanowiska laboratoryjnego w odpowiedniej skali, służącego do przeprowadzenia badań nieniszczących, jak również umożliwiającego porównanie z technologicznym procesem przemysłowym. Ponadto model pozwoli na analizę osiowania od strony eksperymentalnej, co dla pozytywnych wyników pozwoli zaimplementować go do realiów przemysłowych.

W trakcie realizacji stanowiska laboratoryjnego stwierdziliśmy, iż ciekawym rozwiązaniem będzie wyposażenie go w kamerę termowizyjną oraz termopary umieszczone w różnych miejscach na korpusie silnika indukcyjnego celem ukazania miejsc najbardziej podatnych na uszkodzenia wynikające ze złego osiowania. Badany układ elektromaszynowy od strony zjawisk cieplnych przedstawia rys. 4.

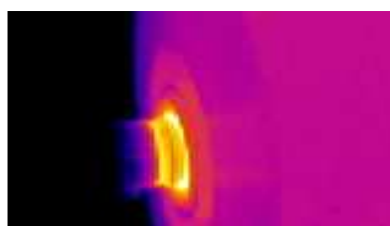


Rys. 4. Układ napędowych z obciążeniem - model I, [opr. wł.].

Otrzymane wyniki z pomiarów przedstawia rys. 5, 6.



Rys.5. Termograf badanego układu napędowego, silnik/obciążenie, I - wsza faza – rozruch, [op.wł].



Rys.6. Termograf badanego układu napędowego, II - a faza, [op.wł].

Analiza termografu szczególnie w fazie II – warunki znamionowe zasilania bez obciążenia - ukazuje, iż pierwszym elementem, który ulega nagrzaniu jest łożysko, na którym osadzony jest wał silnika.

Zaprojektowany i zbudowany model I, rys.4. będzie pozwalał na analizę zjawisk zachodzących w układzie pod względem zmian napięcia zasilania i obciążenia, ale od strony wydzielanego ciepła w poszczególnych elementach układu napędowego. Ten układ pozwoli na eliminację ognisk uszkodzeń powstałych na skutek nadmiernego tarcia lub złego doboru przewodów zasilających, jak i nawojowych w silnikach napędowych układów elektromaszynowych. Pierwsze analizy pomiarowe z kamerą termowizyjną dla układu poprawnie wyosionanego dały ciekawe wyniki obserwacji, rys. 5, 6.

4. WNIOSKI

Zastosowanie diagnostyki jest kosztowne w momencie instalacji na układzie rzeczywistym, jednakże w dłuższej perspektywie te względy ekonomiczne mogą być pozytywne. Z doświadczenia wynika, że najczęściej stosowaną diagnostyką jest diagnostyka eksploatacyjna okresowa. Natomiast analiza wyników pomiarowych na rzeczywistych układach elektromaszynowych powinna decydować o dalszym postępowaniu wobec całego napędu z uwzględnieniem dalszej eksploatacji, przeglądu czy remontu. Budowa stanowiska laboratoryjnego umożliwi zapoznanie się z najnowszymi technikami badań, jakie stosowane są w zakładach przemysłowych, ale również pozwoli kształcić Studentów w aspekcie stosowania tych rozwiązań w przemyśle.

Współpraca z przemysłem potwierdza potrzebę posiadania takich układów badawczych w laboratoriach technicznych Uczelni wyższych, celem kształcenia kadry inżynierskiej

potrafiącej posługiwać się najnowszymi osiągnięciami techniki, jak również umiejętności, już na starcie zawodowym wdrażania tych osiągnięć.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kowalski Cz., T., Wolkiewicz M.: *Analiza możliwości zastosowania sygnałów mocy chwilowej i momentu elektromagnetycznego do diagnostyki silników indukcyjnych*, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, Politechnika Wrocławska, 2007.
- [2] Drab M., Flaszka J.: *Systemy mechatroniczne w przemyśle w aspekcie stanowiska laboratoryjnego wspomagane komputerowo*, Transcomp – XIV International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, Zakopane, 2010.
- [3] Szymaniec S.: *Diagnostyka w przemysłowych napędach elektrycznych*, Wirtualny Nowy Przemysł, Napędy i Sterowanie, 2009
- [4] Aleksandrow A., Barkow A., Barkowa N., Szafranski W.: *Wibracyja i wibrodiagnostyka sudowego elektrooborudowanija*. Sudostrojenje 1986.
- [5] Barkow A.W., Barkowa N.A, Azowcew A. Ju.: *Monitoring i diagnostyka obrotowych maszyn*. Izd. Centr. SPbGMTU, Sankt-Peterburg 2000.
- [6] Brüel & Kjær: *Systematic Machine Condition Monitoring*. Application notes BO 0299-11.
- [7] Brüel & Kjær: *Peak and Envelope Analysis for Bearing Fault Detection*. Application notes BO 0286-11.
- [8] Brüel & Kjær: *Machine Condition Monitoring using Vibration Analysis*. Application notes BO 0247-11.
- [9] Brüel & Kjær: *Machine Condition Monitoring using Vibration Analysis*. Application notes BO 0253-11.
- [10] Cempel Cz.: *Diagnostyka wibroakustyczna maszyn*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1985.
- [11] Cempel Cz.: *Diagnostyka wibroakustyczna maszyn*. PWN, Warszawa 1989.
- [12] Ewert P., Kowalski Cz., T.: *Monitorowanie nieosiowości napędów elektrycznych z silnikami indukcyjnymi*, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, Nr 63 Politechniki Wrocławskiej, 2009.
- [13] *Dane raportowe wygenerowane na OPTALIGN smart*, własność – Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., 2008