

**Janusz Flasza, Politechnika Częstochowska, Częstochowa**  
**Dariusz Głodkowski, Koksownia Przyjaźń, Dąbrowa Górnicza**

## **REDUKCJA KOSZTÓW EKSPLOATACJI UKŁADÓW ELEKTROMASZYNOWYCH POPRZEZ STOSOWANIE SYSTEMÓW DIAGNOSTYCZNYCH – ANALIZA PROBLEMU**

### **COST REDUCTION THROUGH THE DIAGNOSIS OF LIFE - ANALYSIS OF THE PROBLEM**

**Abstract:** Recent technological and organizational solutions help ensure an adequate level of security maintenance, in addition, include the development and application of technology. These processes help maintain high production efficiency and lowest possible operating costs. Therefore, the diagnosis and risk analysis allows estimates of the reliability of industrial processes. So you can make strategic decisions aimed at providing technical safety and reduce costs.

#### **1. Wprowadzenie**

Obecne elektromaszynowe zespoły napędowe to skomplikowane technologicznie maszyny i urządzenia elektroniczne, elektryczne i mechaniczne. Rozwój techniki i jej stosowanie we współczesnych zakładach przemysłowych powoduje wzrost wymagań jakie stawia się elektromaszynowym układom napędowym. Stawiane są żądania wysokiej efektywności, niezawodności i konieczności spełnienia szeregu norm i certyfikatów, które mogą świadczyć o poprawności eksploatacyjnej. Dlatego też jest koniecznością ciągłe udoskonalanie metod umożliwiających gromadzenie danych i ich odpowiednią analizę. Efektywna organizacja procesów zmierzających do odpowiedzi na pytanie, jaki jest stan techniczny układu elektromaszynowego, jest podstawowym zadaniem diagnostyki technicznej pozwalającej efektywnie wpływać na koszty procesu technologicznego, [1,2,3].

#### **2. Logistyka a diagnostyka na płaszczyźnie utrzymania ruchu obiektów technicznych**

Współczesna logistyka obejmuje takie procesy, jak:

- zaopatrzenie;
- transport;
- dystrybucja;
- marketing;
- ekonomia.

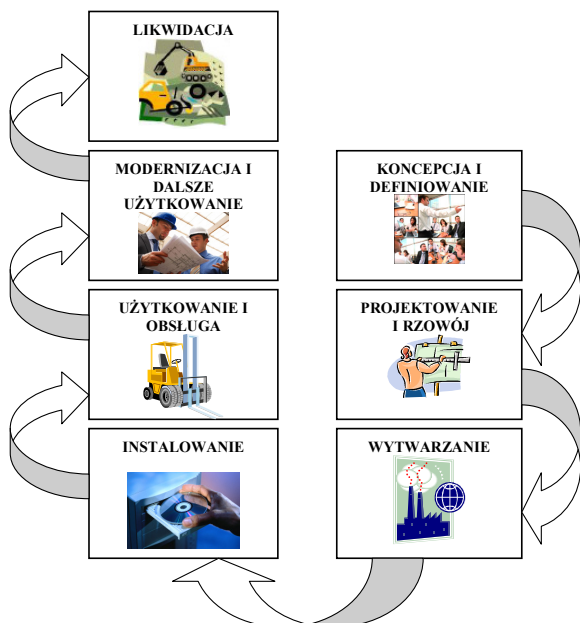
Takie jednak podejście nie w pełni odzwierciedla nadzór nad procesem produkcyjnym w przemyśle. Celem uzyskania pełnego spektrum po-

prawnej logistyki w przemyśle należy zawrzeć m.in. procesy:

- zużycia elementów układów elektromaszynowych;
- diagnozowania urządzeń technicznych;
- organizacji utrzymania środków trwałych, w tym maszyn, w stanie zdolności funkcjonalnej i zadaniowej, [4].

Chcąc uzyskać wysoką skuteczność, niezawodność i ekonomiczność procesów przemysłowych, należy tym procesem sterować, tzn. efektywnie zarządzać. Ważnych danych do procesu podejmowania decyzji m.in. diagnostycznych i eksploatacyjnych w przemyśle dostarcza analiza Life Cycle Cost (LCC), [5] która ma na celu ocenę poniesionych kosztów na stworzenie i użytkowanie obiektu w tym wypadku elektromaszynowego układu napędowego, co w konsekwencji przekłada się na ekonomiczny aspekt procesu produkcyjnego. Zagadnienia LCC obejmują i producentów i użytkowników poszczególnych urządzeń, maszyn składających się na procesy przemysłowe, w tym wypadku proces koksowniczy. Koszty powstające w trzech pierwszych fazach, rys. 1, ponosi producent-dostawca, a w kolejnych trzech użytkownik obiektu. Jednakże użytkownik z ekonomiczno-eksploatacyjnego punktu widzenia koszty zaczyna ponosić od momentu zakupu systemu, np. diagnozującego. Jednakże czynnikiem determinującym koszty nabycia technologii diagnozującej dla Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. jest niezawodność procesu technologicznego. Z jednej strony mała niezawodność całego obiektu

technicznego jest przyczyną start ekonomicznych, ale drugi aspekt zwiększający niezawodność pociąga za sobą wzrost kosztów wykonania obiektu technicznego, to natomiast wpływa na koszty eksploatacyjne.



Rys. 1. Ścieżka rozwoju obiektu technicznego

Jest to kompromis ukierunkowany na zmniejszenie kosztów związanych z remontami i nieprzewidywanymi postojami maszyn i jakością oferowanego wyrobu, [7].

Istotnym kosztem niezawodności są koszty wynikłe z działań i zdarzeń pojawiających się w fazie eksploatacji, które można podzielić na:

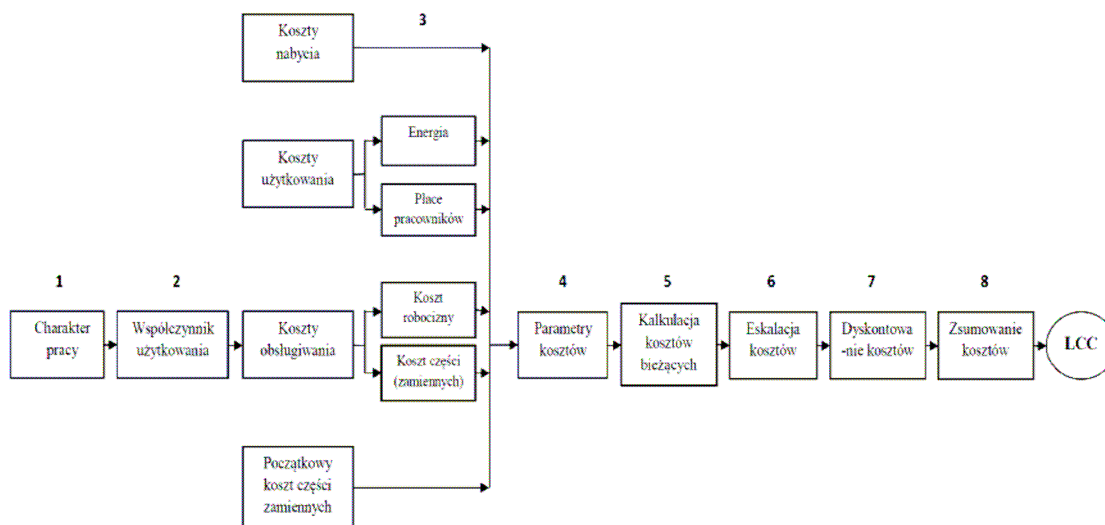
- koszty bieżącego użytkowania, (paliwo, płace);

- koszty wywołane uszkodzeniami, w wyniku, których zmienia się poziom niezawodności;
- koszty obsługi profilaktycznej, do której zaliczyć można zakup systemów diagnostycznych, a które powodują wzrost niezawodności.

Efektywne eksploatowanie obiektów technicznych stanowi bardzo złożony problem ponieważ w czasie eksploatacji obiekty techniczne ulegają uszkodzeniom i to one powodują komplikacje w procesie technologicznym. Koszty przywracania obiektowi technologicznej zdolności do użytku można oszacować na podstawie losowych funkcji opisujących pojawienie się uszkodzeń. Poznanie miar niezawodności pozwala nie tylko oszacować przyszłe koszty eksploatacji dla całego okresu użytkowania obiektu, ale także ma wpływ na:

- negocjowanie korzystnych okresów gwarancji kupowanych podzespołów;
- opracowanie optymalnej strategii napraw, remontów lub wymian;
- porównanie działania systemów od różnych producentów;
- zredukowanie strat z powodu awarii i przestojów;
- opracowanie i wdrożenie optymalnych strategii diagnozowania w celu minimalizacji kosztów.

W literaturze można spotkać kilkustopniową procedurę tworzenia modelu LCC dla wybranego procesu technologicznego, co obrazuje rys. 2.



Rys. 2. Model kalkulacji LCC oparty na niezawodności obiektu technologicznego, [8]

Dokonując usystematyzowania eskalacji problemu dla wybranego procesu technologicznego można wysnuć wniosek, że diagnozowanie urządzeń technicznych w oparciu o praktykę zawodową pozwalają na wykazanie możliwych oszczędności w kosztach dla ciągu produkcyjnego.

### 3. Dlaczego diagnostyka wyosiowania wałów się opłaca?

W zakładach przemysłowych, które są związane ze strategicznymi sektorami gospodarki ze względu na zastosowane technologie nawet nieznaczne niekontrolowane zmiany wybranych parametrów procesu produkcyjnego mogą zademonstrować cały proces. Znaczenie ciągłego monitorowania oraz diagnostyki odgrywa bardzo ważną rolę. Analizując relację kosztów wdrożenia systemu diagnozowania maszyn i kosztów związanych z niekontrolowaną awarią udział monitorowania i diagnostyki, jako narzędzi wspomagających zarządzanie eksploatacją elektromaszynowych układów napędowych będzie sukcesywnie wzrastał, [9].

Bazując na doświadczeniu zawodowym oraz współpracy z przemysłem zauważa się coraz większe zainteresowanie optymalizacją zarządzania parkiem maszynowym.

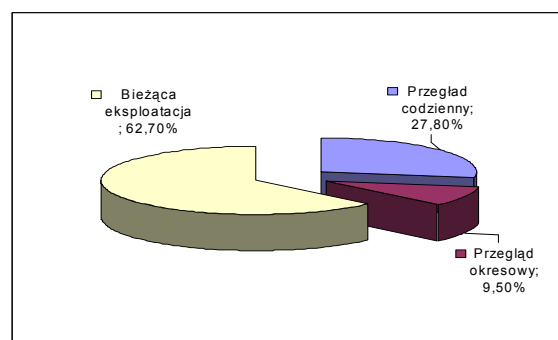
Badania literaturowe i praktyka wykazują, że w ocenie stanu technicznego urządzeń współpracujących standardem staje się diagnostyka zorientowana uszkodzeniowo, [9]. Dobrym rozwiązaniem wydaje się być monitorowanie ciągłe stanu technicznego. Monitorowanie diagnostyczne opłaca się w przypadku maszyn i urządzeń o nieznannej charakterystyce lub kiedy chcemy zmaksymalizować czas pracy maszyny, bądź zespołu maszyn.

Szybka reakcja w pierwszej fazie pojawienia się niesprawności daje dużą szansę na zminimalizowanie nakładów związanych z remontem, czy postojem maszyn. Powstaje również i inne pytanie, a mianowicie: ile i w jaki rodzaj diagnostyki należy zainwestować, aby można było na tym zaoszczędzić?

### 4. Wstępna analiza procesu diagnostycznego

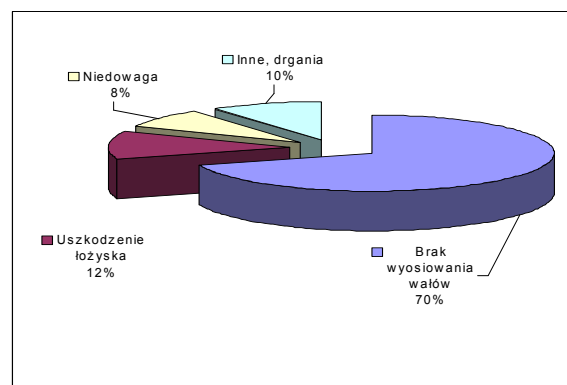
Dokonując wstępnej analizy danych związanych z procesem diagnozowania na obiekcie rzeczywistym brak diagnozowania powodował wzrost kosztów remontowych, a także zwiększał koszty produkcyjne spowodowane znacznymi przestojami procesu technologicznego,

gdyż uszkodzenia pojawiały się podczas bieżącej eksploatacji. Gdy wprowadzono przegląd codzienny ujawniono brak wyosiowania wałów oraz ich niedoważenie, a ponadto uszkodzenia łożysk tocznych. Brak systematycznego diagnozowania układów napędowych był jedną z przyczyn wysokich kosztów eksploatacji. Istotną rzeczą okazuje się odpowiednia organizacja i planowanie polityki remontowej, która eliminuje eksploatację od uszkodzenia do uszkodzenia. Nowoczesne formy organizacji produkcji w przemyśle, jakie stosuje Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o. umożliwiają uzyskanie wysokiej wydajności produkcji, elastyczności, jakości oraz ekonomicznej efektywności procesu produkcyjnego. Dzięki systematycznej procedurze diagnozowania ujawniono uszkodzenia na początkowym etapie uszkodzeń, co pozwoliło efektywnie zarządzić czasem usunięcia usterki, rys. 3.



Rys. 3. Wartość procentowa ujawnienia uszkodzenia w diagnostyce, [opr. wł.]

Dokonując analizy z raportów diagnoz można pokusić się na oszacowanie wielkości procentowej najczęściej występujących uszkodzeń na dwóch współpracujących maszynach w elektromaszynowym układzie napędowym, rys. 4.



Rys. 4. Podział przyczyn uszkodzeń, [opr. wł.]

## 5. Podsumowanie

Ze wstępnej analizy danych wynika, iż dzięki zastosowaniu odpowiedniego systemu diagnozowania można z dużym prawdopodobieństwem uzyskać ocenę stanu sprawności dwóch maszyn ze sobą współpracujących poprzez eliminowanie zachodzących podczas codziennej eksploatacji uszkodzeń. Pozwala to nie tylko zmniejszyć koszty związane z remontem i wynikłym z tego powodu przestojem w procesie technologicznym, ale umożliwia poprzez odpowiednio wypracowany system logistycznego zarządzania diagnostyką uzyskać efekty ekonomiczne w całym procesie produkcyjnym na terenie Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. Ze względu na poprawną diagnostykę uzyskuje się właściwie funkcjonujące obiekty techniczne, co istotnie wpływa na efektywność całego systemu. Zastosowanie zaawansowanej metodyki diagnozowania laserowego pozwala wykryć konkretne formy niesprawności, lokalizować uszkodzenia i je eliminować. Oczywiście nowe stosowane technologie diagnostyczne wymagają odpowiednich nakładów finansowych na sprzęt oraz na szkolenie pracowników w zakresie obsługi i interpretacji otrzymanych wyników, jednakże ten wydatek finansowy przekłada się pozytywnie na proces technologiczny. Należy podkreślić, iż przeprowadzona wstępna analiza ma charakter pogłówny i wskazuje na potencjalne możliwości osiągnięcia oszczędności, czy to na skutek zoptymalizowania okresów międzyremontowych, czy też zastosowania remontów w oparciu o diagnostykę ze zoptymalizowanymi okresami międzydiagnostycznymi. Niemniej nawet dla orientacyjnych danych można uzyskać ciekawe i zachęcające do prowadzenia dalszych badań i obserwacji wyniki. Szacunki potencjalnych oszczędności są bardzo zachęcające.

## 6. Literatura

- [1]. Bently Nevada Corporation: Performance of REBAM® during ball bearing failures. Research test results, part 1. Orbit, vol. 13, no. 3, 1992, pp. 22-26.
- [2]. Bolares F., Cousinard O., Marconi et P., Rasolofondraibe L.: Advanced detection of rolling bearing spalling from de-nosing vibratory signal. Control Engineering Practice 12, 2004, s. 181-190.
- [3]. Cempel Cz.: Diagnostyka wibroakustyczna maszyn. PWN, W-wa 1989.
- [4]. Niziński S., Kolator B.: Problemy współczesnej logistyki w aspekcie utrzymania ruchu obiektów technicznych, MORTOL, 2007, nr 9, s. 144-154.
- [5]. Kuleczycka J.: Koszty cyklu życia LCC – ich znaczenie w ZPP. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią. PAN, Kraków, 2010.
- [6]. PN-EN 60300-3-3: Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia. PKN, 2001.
- [7]. Dietrich M., Kocańda S., Korytkowski B., Zimowski W., Stupnicki J., Szopa T.: Podstawy konstrukcji maszyn, T1, WNT, W-wa 1999.
- [8]. Dziadach I.: Unreliability costs in Life Cycle Cost Analysis (LCCA)-comparison of calculation methods. Summer Safety & Reliability Seminars. Journal of Polish Safety and Reliability Association, v. 1, 75-82, 2010.
- [9]. Jurdiak L., Zimroz R.: Dlaczego diagnostyka maszyn się opłaca i ile można na tym zaoszczędzić? Konferencja ZPR KWB Bełchatów SA, Nowoczesność w budowie maszyn i urządzeń górnictwa odkrywkowego, Bełchatów, 2003.

## Autorzy

dr inż. Janusz FLASZA, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny,  
42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 17,  
fje@el.pcz.czyst.pl  
mgr inż. Dariusz GŁODKOWSKI, Służba Głównego Mechanika,  
Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o.,  
42-523 Dąbrowa Górnicza, ul. Koksownicza 1.  
d.glodkowski@przyjazn.com.pl