



MINISTERSTWO EDUKACJI  
i NAUKI



**Stanisław Popis**

**Diagnozowanie urządzeń i systemów mechatronicznych  
311[50].Z4.01**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy  
Radom 2005**

Recenzenci :

mgr inż. Marek Zalewski

mgr inż. Maria Suliga

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja :

dr inż. Janusz Figurski

Korekta :

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną jednostki modułowej 311[50]Z4.01. Diagnostowanie urządzeń i systemów mechatronicznych zawartej w programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Wprowadzenie</b>                                                                          | 3  |
| <b>2. Wymagania wstępne</b>                                                                     | 4  |
| <b>3. Cele kształcenia</b>                                                                      | 5  |
| <b>4. Materiał nauczania</b>                                                                    | 6  |
| <b>4.1. Zasady diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych</b>                           | 6  |
| 4.1.1. Materiał nauczania                                                                       | 6  |
| 4.1.2. Pytania sprawdzające                                                                     | 15 |
| 4.1.3. Ćwiczenia                                                                                | 16 |
| 4.1.4. Sprawdzian postępów                                                                      | 17 |
| <b>4.2. Metodyka diagnozowania elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych</b> | 18 |
| 4.2.1. Materiał nauczania                                                                       | 18 |
| 4.2.2. Pytania sprawdzające                                                                     | 39 |
| 4.2.3. Ćwiczenia                                                                                | 39 |
| 4.2.4. Sprawdzian postępów                                                                      | 40 |
| <b>4.3. Pomiary diagnostyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych</b>                   | 41 |
| 4.3.1. Materiał nauczania                                                                       | 41 |
| 4.3.2. Pytania sprawdzające                                                                     | 46 |
| 4.3.3. Ćwiczenia                                                                                | 46 |
| 4.3.4. Sprawdzian postępów                                                                      | 47 |
| <b>4.4. Oprogramowanie diagnostyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych</b>            | 48 |
| 4.4.1. Materiał nauczania                                                                       | 48 |
| 4.4.2. Pytania sprawdzające                                                                     | 52 |
| 4.4.3. Ćwiczenia                                                                                | 52 |
| 4.4.4. Sprawdzian postępów                                                                      | 53 |
| <b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>                                                                  | 54 |
| <b>6. Literatura</b>                                                                            | 57 |

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik dla ucznia będzie dla Ciebie pomocą w opanowaniu wiadomości oraz ukształtowaniu umiejętności niezbędnych do diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych.

Poradnik dla ucznia zawiera:

- Wymagania wstępne – wykaz wiadomości i umiejętności, które powinieneś posiadać przed przystąpieniem do zajęć,
- Cele kształcenia - wykaz wiadomości i umiejętności, które zdobędziesz po zrealizowaniu zajęć,
- Materiał nauczania – wiadomości niezbędne do diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych,
- Pytania sprawdzające – które pomogą Ci sprawdzić, czy opanowałeś zakres materiału nauczania,
- Ćwiczenia – które umożliwią Ci nabycie umiejętności praktycznych diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych,
- Sprawdzian postępów – umożliwiający Ci osobistą refleksję nad osiągniętymi efektami,
- Sprawdzian osiągnięć – umożliwiający ocenę osiągniętego przez Ciebie poziomu wiadomości oraz umiejętności.

Bardzo uważnie zapoznaj się z wiadomościami zawartymi w materiale nauczania mając świadomość, że podane są one w formie skróconej. Nauczyciel wskaże Ci literaturę i inne materiały, które pozwolą na rozszerzenie i lepsze opanowanie zakresu wiadomości.

Realizując ćwiczenia zaproponowane w Poradniku dla ucznia oraz przez nauczyciela będziesz miał sposobność do weryfikacji wiedzy, którą nabyłeś oraz zastosowania jej w praktyce.

Po wykonaniu ćwiczeń określ poziom swoich postępów rozwiązując sprawdzian postępów.

Sprawdzian osiągnięć, któremu będziesz poddany, pozwoli na określenie stopnia opanowania przez Ciebie wiadomości i umiejętności objętych zakresem jednostki modułowej „Diagnozowanie urządzeń i systemów mechatronicznych”.

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinienś umieć:

- stosować jednostki miar układu SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- poszukiwać informacji w internecie,
- definiować podstawowe pojęcia z zakresu mechatroniki,
- analizować działanie obwodów elektrycznych prądu stałego i przemiennego,
- analizować działanie układów analogowych i cyfrowych,
- analizować działanie układów mikroprocesorowych,
- analizować działanie układów elektrycznych,
- analizować działanie układów pneumatycznych i elektropneumatycznych,
- analizować działanie układów hydraulicznych i elektrohydraulicznych,
- odczytywać dokumentację techniczną układów i systemów mechatronicznych,
- analizować działanie układów sterowania w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- analizować działanie układów komunikacyjnych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- analizować działanie układów manipulacyjnych i robotów,
- aktywnie uczestniczyć w dyskusji,
- przygotowywać i realizować prezentacje,
- stosować różne metody i środki porozumiewania się w zakresie zagadnień technicznych (symbole, rysunki, zdjęcia, itp.),
- stosować ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w czasie eksploatacji maszyn i urządzeń.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- dokonać analizy dokumentacji techniczno-ruchowej urządzeń i systemów mechatronicznych,
- określić rodzaj i zakres pomiarów diagnostycznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać metody do pomiaru wybranych wielkości fizycznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać przyrządy pomiarowe do pomiarów diagnostycznych elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych,
- posłużyć się przyrządami pomiarowymi do pomiarów diagnostycznych elementów i podzespołów mechatronicznych,
- wykonać pomiary diagnostyczne,
- zlokalizować uszkodzenia urządzeń i systemów mechatronicznych na podstawie oględzin i pomiarów diagnostycznych,
- określić rodzaj i zakres napraw urządzeń i systemów mechatronicznych na podstawie przeprowadzonych pomiarów diagnostycznych,
- posłużyć się instrukcją serwisową podczas lokalizacji uszkodzeń urządzeń i systemów mechatronicznych,
- wykorzystać technologię informacyjną do diagnozowania uszkodzeń w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- sporządzić protokół z wykonanych pomiarów diagnostycznych,
- zastosować przepisy bhp obowiązujące na stanowisku pracy.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Zasady diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Każde urządzenie i system mechatroniczny przeznaczone do wykonywania określonych zadań powinno posiadać określony zespół cech użytkowych, które umożliwiają wypełnianie założonych funkcji. Zagadnienia poprawności działania urządzeń i systemów mechatronicznych są znaczącymi problemami technicznymi oraz ekonomicznymi. Tendencje współczesnej techniki i technologii zmierzające do wzrostu efektywności procesów poprzez:

- a) zwiększanie prędkości eksploatacyjnej,
- b) optymalizację (zazwyczaj minimalizację) gabarytów i wagę,
- c) zwiększanie podatności konstrukcji (w efekcie wzrost oddziaływań dynamicznych) stwarzają zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego, wydajności pracy, zmniejszenia dokładności, niezawodności i trwałości oraz destrukcję środowiska [6].

Każde urządzenie i system mechatroniczny w każdej chwili czasowej znajduje się w określonym stanie. Pod pojęciem stan systemu należy rozumieć określony zbiór zachodzących w systemie procesów, a także jego strukturę. Strukturę urządzenia stanowi zbiór tworzących go elementów konstrukcyjnych, uporządkowanych i wzajemnie powiązanych w ściśle określony sposób, w celu wypełnienia założonych funkcji. Jest ona charakteryzowana rozmieszczeniem, kształtem i wymiarami części (elementów struktury). Elementami struktury całego urządzenia są zespoły, które również mają swoje struktury. Tworzą je układy i mechanizmy, które z kolei można podzielić na pary kinematyczne i poszczególne części. Struktura urządzenia wyznacza całokształt jego właściwości techniczno-eksploatacyjnych założonych podczas konstruowania, określa stopień przydatności w konkretnych warunkach eksploatacyjnych. Może ona być opisana zbiorem mierzalnych wielkości, takich jak: wymiary i odległości części, kątowe miary wzajemnego ich położenia, luzy pomiędzy współpracującymi elementami, zużycie, parametry opisujące deformacje kształtu (owalność, stożkowatość, falistość), parametry charakteryzujące stan powierzchni, sprężystość elementów itp. Zbiór ten nazywany jest zbiorem parametrów struktury.

Procesy zachodzące w urządzeniach i systemach mechatronicznych podzielić można na:

- 1) robocze, wynikające bezpośrednio z realizacji użytkowych funkcji urządzenia (np. przemiany energetyczne, wymiana ciepła, tarcie w elementach ciernych),
- 2) towarzyszące, powstające jako wtórny efekt zasadniczych procesów roboczych (np. szумы, drgania, zapachy, zjawiska świetlne).

Sekwencję czasową tych stanów można traktować jako czas życia (istnienia) urządzenia lub systemu mechatronicznego.

W czasie eksploatacji, na urządzenia i systemy mechatroniczne oddziałują następujące czynniki:

- 1) robocze (wewnętrzne – np. zmienna prędkość kątowa, zmienne naciski jednostkowe),
- 2) zewnętrzne (otoczenia – np. temperatura, wilgotność),
- 3) antropotechniczne (np. operatorzy, zasady eksploatacji).

Wymienione czynniki wywołują zmianę stanu obiektu technicznego. Czynniki te mają charakter losowy, co sprawia, że zbiór cech opisujących właściwości obiektów w innej chwili ma również charakter losowy. Wynika stąd, że obiekty, które przepracowały ten sam okres, mogą znajdować się w krańcowo różnym stanie technicznym.

Określanie stanu urządzenia i systemu mechatronicznego umożliwia podejmowanie decyzji dotyczących dalszego postępowania z urządzeniem, podjęcie działań profilaktycznych

(np. regulacje, wymiana elementów lub zespołów) lub wprowadzenie zmian w konstrukcji, technologii, eksploatacji.

Zagadnieniami uzyskiwania informacji o obiekcie i określania jego stanu zajmuje się diagnostyka (gr. Diagnosis – rozpoznanie, ustalenie).

Potrzeba przeprowadzania diagnostyki urządzeń i systemów mechatronicznych jest spowodowana:

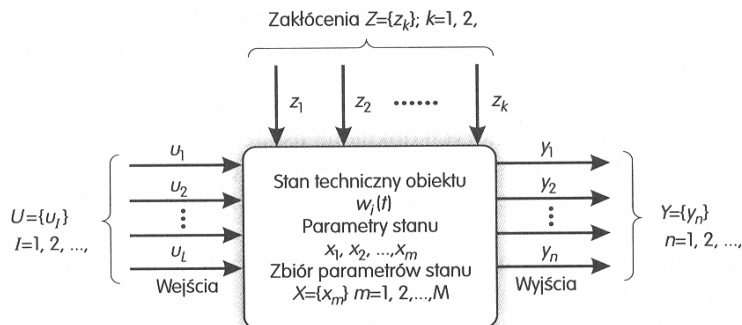
- 1) złożonością systemów produkcyjnych (mechatronicznych), gdzie awaria jednego elementu może unieruchomić system dając w efekcie duże straty ekonomiczne,
- 2) dużą ilością maszyn będących w ciągłym ruchu bez nadzoru,
- 3) wysokim poziomem niezawodności wymaganym dla urządzeń i systemów mechatronicznych.

Zadania funkcjonalne diagnostyki obejmują [6]:

- 1) diagnozowanie procesów przemysłowych (nadzór parametrów procesowych – temperatura, ciśnienie, objętość przepływającego medium),
- 2) diagnozowanie realizacji zadań funkcjonalnych (zużycie paliwa, moc jednostkowa, czas przejazdu),
- 3) diagnozowanie stanu zużycia (stan zużycia objętościowego, jednostkowego, liniowego),
- 4) diagnozowanie uszkodzeń (monitorowanie wystąpienia uszkodzenia w celu zapobiegania ich rozwojowi i konsekwencjom awarii).

Istota diagnostyki technicznej polega na określaniu stanu urządzenia (zespołu, podzespołu, elementu) w sposób pośredni nie wymagający demontażu, w oparciu o pomiar generowanych sygnałów diagnostycznych (wartości określonych parametrów struktury oraz procesów zachodzących w urządzeniach) i porównanie ich z wartościami nominalnymi.

W diagnostyce technicznej obiekt badań traktowany jest jako system, w którym wyodrębnia się cechy (parametry): stanu, wyjściowe, wejściowe, zakłócenia (rys.4.1).



**Rys. 4.1.** Obiekt techniczny jako system [2]

Ustalenie stanu obiektu technicznego jest możliwe tylko w wyniku przeprowadzenia jego badań diagnostycznych. Proces badań diagnostycznych urządzenia polega na wykonaniu pomiarów określonych wielkości charakteryzujących zachodzące w nich procesy (parametrów diagnostycznych) i analizie uzyskanych wyników.

Procesy wykorzystywane jako nośniki informacji diagnostycznej można podzielić następująco:

- procesy robocze – zapewniające realizację podstawowych funkcji użytkowych urządzenia,
- procesy towarzyszące – powstające jako wtórny efekt podstawowych procesów roboczych.

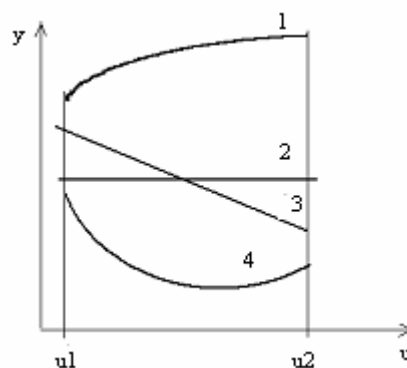
Wzajemny związek parametrów struktury (zwanych również cechami stanu technicznego) i parametrów wejściowych urządzenia pozwala traktować parametry wyjściowe jako parametry stanu, mierzone bez demontażu urządzenia, ponieważ parametry wyjściowe i opisujące je wielkości mogą być na ogół obserwowane i mierzone z zewnątrz.



Parametr wyjściowy może być uznany za diagnostyczny parametr stanu technicznego maszyny, jeśli spełnia następujące warunki:

- warunek jednoznaczności, zgodnie z którym każdej wartości cechy stanu odpowiada tylko jedna wartość parametru wyjściowego,
- warunek dostatecznej szerokości pola zmian, zgodnie z którym jest możliwa duża zmiana wartości parametru wyjściowego dla danej zmiany cechy stanu,
- warunek dostępności, czyli łatwość mierzenia parametru.

Za diagnostyczny parametr stanu urządzenia uznane mogą być tylko parametry reprezentowane przez krzywe 1 oraz 3. Krzywe 2 oraz 4 nie spełniają warunków przedstawionych powyżej. (Rys. 4.2.)

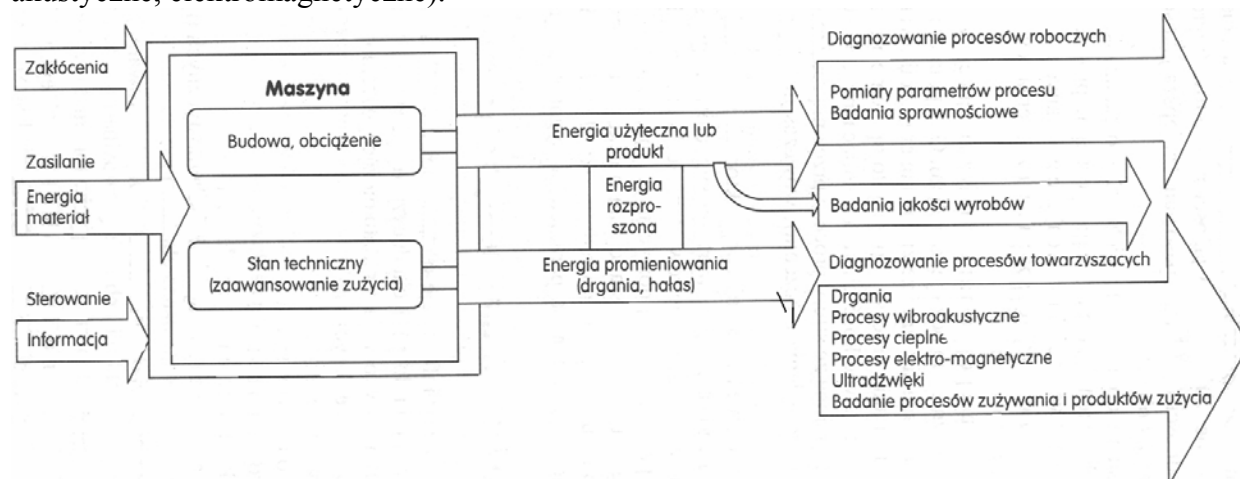


Rys. 4.2. Przykłady przebiegu zmienności parametrów wyjściowych

Urządzenia to systemy otwarte, w których występuje przepływ masy, energii i informacji (rys.4.3). Strumień masy, energii i informacji przetworzony zostaje na dwa strumienie wyjściowe:

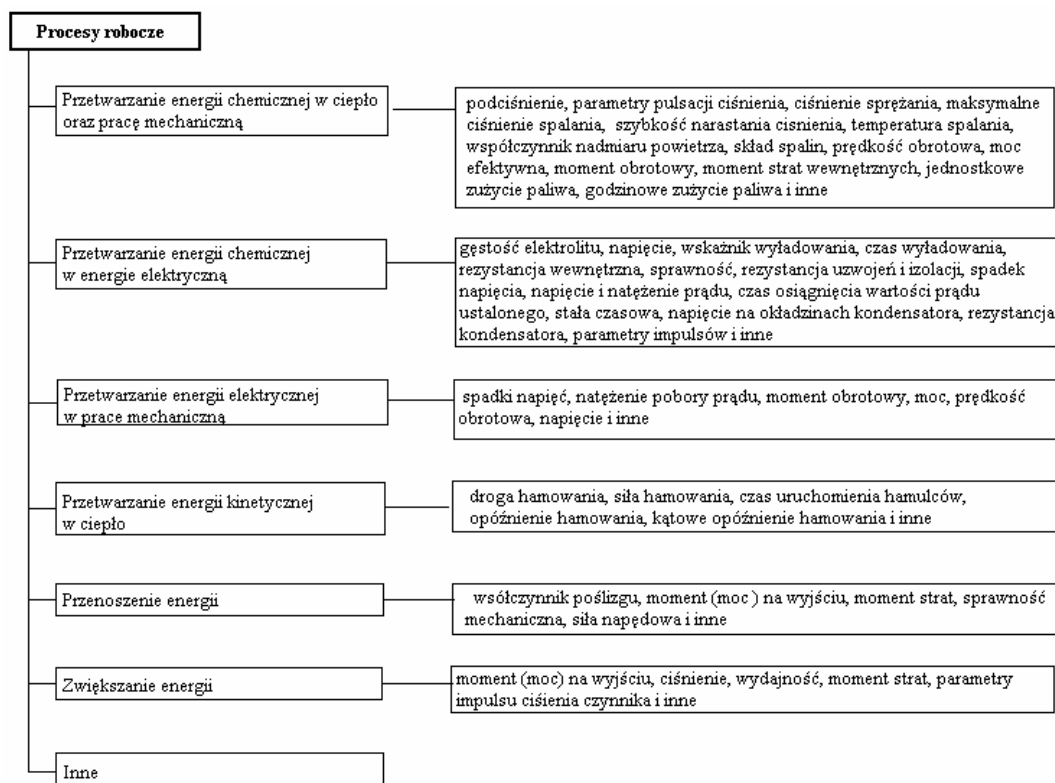
- energii użytecznej,
- energii rozpraszanej.

Stan obiektu określić można obserwując jego wyjście główne, czyli funkcjonowanie (przekształcanie energii lub produkt) oraz wyjście rozproszeniowe (np. termiczne, wibracyjne, akustyczne, elektromagnetyczne).

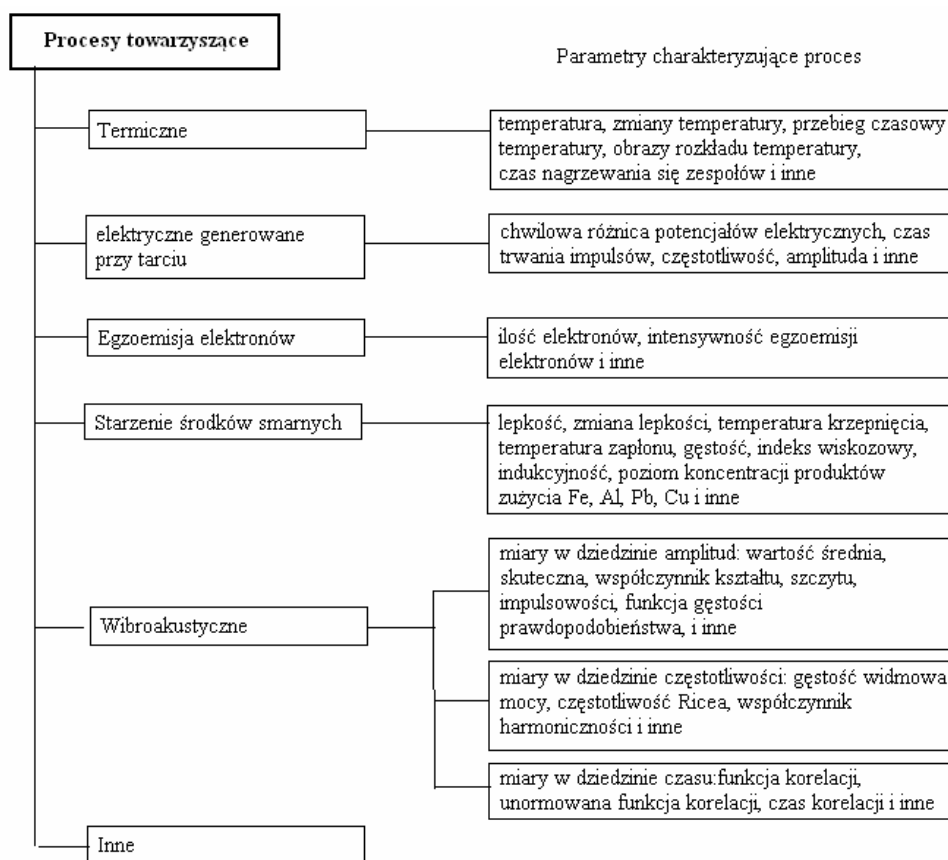


Rys. 4.3. Schemat procesów występujących w urządzeniu i możliwości diagnozowania [2]

Diagnostyka techniczna zajmuje się oceną stanu technicznego urządzenia poprzez badanie własności procesów roboczych i towarzyszących jego pracy, a także poprzez badanie pracy wytworów uzyskiwanych dzięki urządzeniu (rys.4.4, rys.4.5).



Rys. 4.4. Przykłady wielkości charakteryzujących procesy robocze zachodzące w urządzeniach [6]



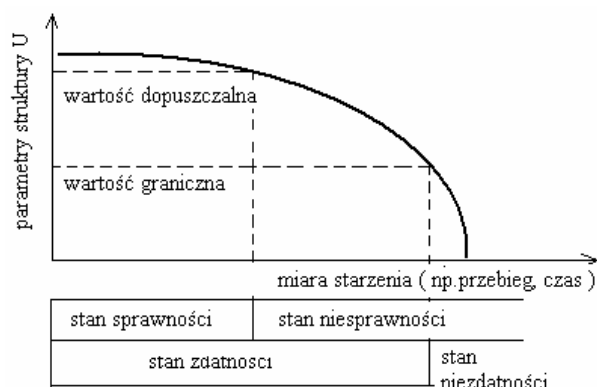
Rys. 4.5. Przykłady wielkości charakteryzujących procesy towarzyszące zachodzące w urządzeniach. [6]

Z istnieniem urządzeń i obiektów technicznych są nieodłącznie związane procesy starzenia i zużycia, które wpływając destrukcyjnie na ich stan techniczny prowadzą nieuchronnie do dających się obserwować uszkodzeń.

Starzeniem fizycznym nazywa się procesy fizyczne zachodzące w materiałach części maszyn na skutek wymuszeń wewnętrznych i zewnętrznych, powodujących nieodwracalne zmiany własności użytkowych części. Procesy starzenia występują od chwili zakończenia produkcji części. Starzenie fizyczne oddziałuje na obiekt w całym procesie jego istnienia, od wytworzenia do likwidacji, nawet wówczas, gdy obiekt nie wykonuje swoich funkcji.

Zużyciem nazywamy proces stopniowego niszczenia części pod wpływem czynników fizykochemicznych, różnego rodzaju obciążeń i czasu pracy w całym procesie eksploatacji. Procesy zużywania się obiektu zachodzą tylko w czasie wykonywania procesów roboczych (funkcjonowania) urządzenia.

Na skutek procesów starzenia i zużycia następuje pogorszenie stanu urządzenia. Kumulujące się zmiany mogą doprowadzić do osiągnięcia granicznych wartości parametrów struktury, przy których następuje zniszczenie elementu, zmiana lub pełna utrata właściwości techniczno-eksploatacyjnych urządzenia tak, że dalsza jego eksploatacja będzie niemożliwa lub nieopłacalna.



**Rys. 4.6.** Ilustracja klasyfikacji stanów technicznych obiektów [4]

W badaniach diagnostycznych wyróżniane są następujące klasy stanów technicznych urządzeń (rys.4.6):

1. stan sprawności,
2. stan niesprawności,
3. stan zdatności,
4. stan niezdatności.

Powyżej przedstawioną klasyfikację można objaśnić następująco.

Jeżeli żaden z parametrów struktury urządzenia nie osiągnie wartości dopuszczalnej – obiekt jest w stanie sprawności; właściwości techniczno-eksploatacyjne odpowiadają właściwościom założonym podczas konstruowania. Obiekt może wypełniać wszystkie funkcje zgodnie z przeznaczeniem.

Gdy żaden parametr struktury nie osiągnie wartości granicznej obiekt może nadal wypełniać zasadnicze funkcje robocze, tzn. jest w stanie zdatności. Jednakże biorąc pod uwagę inne kryteria obiekt będzie miał właściwości techniczno-eksploatacyjne nie w pełni odpowiadające założonym (np. zwiększone zużycie paliwa wskutek nadmiernego zużycia pierścieni tłokowych). Obiekt będzie w stanie niepełnej sprawności, czyli niesprawności technicznej.

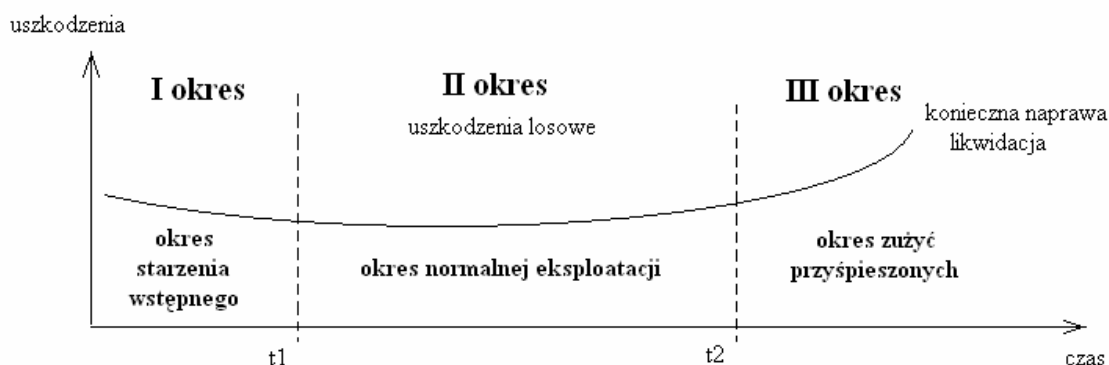
Wreszcie, gdy któryś z parametrów struktury przekroczy wartość graniczną, obiekt utraci swoje właściwości techniczno-eksploatacyjne i nie będzie mógł wypełniać funkcji roboczych. Obiekt będzie w stanie niezdatności. Stan niezdatności oznacza, że w urządzeniu wystąpiło uszkodzenie; urządzenie nie spełnia chociażby jednego z wymagań, określonych w dokumentacji technicznej.

Uszkodzenie jest jednym z istotnych zdarzeń występujących w procesie użytkowania maszyn, determinującym niezawodność maszyn, efektywność ich wykorzystania, proces obsługiwań technicznych, a także zakres potrzeb diagnostyki technicznej. Najogólniej, pojęcie uszkodzenia maszyny zdefiniować można jako zdarzenie polegające na przejściu maszyny (zespołu, elementu) ze stanu zdatności do stanu niezdatności.

Główne przyczyny powstawania uszkodzeń:

- a) konstrukcyjne – uszkodzenia powstałe wskutek błędów projektowania i konstruowania obiektu, najczęściej przy nieuwzględnianiu obciążeń ekstremalnych, tzn. wartości, które w istotny sposób przekraczają obciążenia nominalne, prowadząc wprost do uszkodzeń,
- b) produkcyjne (technologiczne) – uszkodzenia powstałe wskutek błędów i niedokładności procesów technologicznych (brak tolerancji wymiarów, gładkości powierzchni, obróbki termicznej) lub wad materiałów,
- c) eksploatacyjne – uszkodzenia powstałe w wyniku nieprzestrzegania zasad eksploatacji lub na skutek oddziaływań czynników zewnętrznych nieprzewidzianych dla warunków użytkowania danego obiektu, co prowadzi do osłabienia i przedwczesnego zużycia,
- d) starzeniowe – zawsze towarzyszące eksploatacji obiektów i będące rezultatem nieodwracalnych zmian, prowadzących do pogorszenia wytrzymałości i zdolności współdziałania poszczególnych elementów.

Przebieg intensywności uszkodzeń maszyny w czasie jej eksploatacji pokazano na rys.4.7.



Rys. 4.7. Przebieg intensywności uszkodzeń maszyny podczas eksploatacji [6]

Z uwagi na zewnętrzną postać możliwości oceny stanu wyróżnić można dwa modele uszkodzeń elementów:

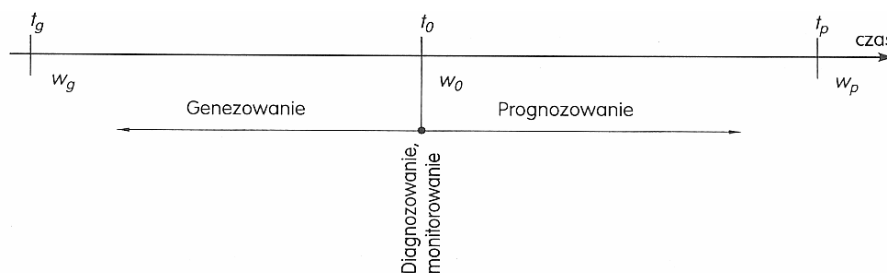
- a) model zużycia starzeniowych, gdzie parametr starzeniowy jest monitorowany (organoleptycznie i aparaturowo) lub diagnozowany okresowo i znajomość stanu zapobiega nagłym uszkodzeniom i zatrzymaniu maszyny,
- b) model zużycia awaryjnych, gdzie brak możliwości obserwacji stanu elementu prowadzi do uszkodzeń awaryjnych (bez wcześniejszych symptomów).

Diagnostyka techniczna zajmuje się ustalaniem stanów obiektów technicznych, które mogą dotyczyć przeszłości, teraźniejszości oraz przyszłości. Diagnoza może dotyczyć :

- a) oceny stanu stwierdzonego,
- b) prognozy rozwoju zmiany stanu,
- c) przyczyn rozwoju zmiany stanu,
- d) łącznie wszystkich wymienionych elementów.

W związku z tym wyróżnia się następujące rodzaje badań diagnostycznych (rys.4.8):

- diagnozowanie stanu,
- monitorowanie stanu,
- genezowanie stanów,
- prognozowanie stanów.



Rys. 4.8. Rodzaje badań diagnostycznych [2]

Diagnozowanie to ustalenie stanu obiektu w chwili  $t_0$ , w której wykonywane jest badanie diagnostyczne.

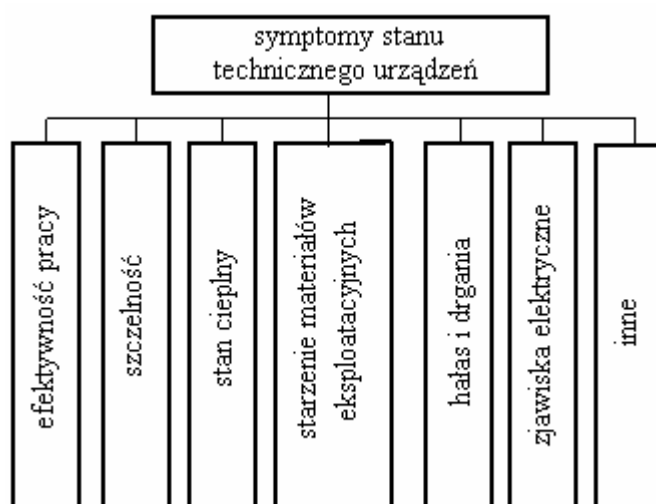
Monitorowanie (diagnozowanie ciągłe, dozorowanie) jest bieżącą obserwacją stanu obiektu (np. przez kierowcę za pomocą urządzeń kontrolno-pomiarowych umieszczonych na tablicy rozdzielczej samochodu). Dostarcza informacji o aktualnym stanie obiektu.

Genezowanie to ustalenie przyczyn stanu w chwili  $t_g$  poprzedzającej chwilę  $t_0$  badania obiektu. Inaczej mówiąc jest to odtworzenie kolejności zaistniałych w przeszłości stanów (np. samochodu przed wypadkiem drogowym). Prawidłowa geneza może mieć decydujący wpływ na zmianę, np. przebiegu procesu technologicznego wytwarzania lub remontu maszyny.

Prognozowanie to wyznaczanie stanów przyszłych, następujących po chwili  $t_0$ . Prognoza jest tym bardziej wiarygodna, im dokładniejsze są informacje, na podstawie których została opracowana oraz im krótszy jest czas prognozowania.

Wymienione rodzaje badań diagnostycznych są ze sobą ściśle powiązane i każde z nich stanowi element, tzw. pełnej diagnozy.

Spośród różnych cech charakteryzujących obiekt i jego stan wyróżnia się czasem takie, które występują tylko w czasie, gdy obiekt jest uszkodzony lub nie w pełni zdalny. Cechy te nazywamy symptomami (rys.4.9). Występowanie tych cech nie jest wynikiem świadomych działań konstruktora, lecz związane jest z naruszeniem zasad pracy urządzenia, przekroczeniem dopuszczalnych granic obciążalności, wytrzymałości. Symptomami uszkodzenia są np. wzrost temperatury przewodów zasilających, nadmierne drgania silnika, zmiana barwy rezystora, migotanie światła świetlówki.



Rys. 4.9. Klasyfikacja symptomów diagnostycznych stanu technicznego urządzeń [4]

Parametry charakteryzujące efektywność pracy mogą być wykorzystane do oceny stanu technicznego całego obiektu lub jego zespołów i układów (np. moc i zużycie paliwa – dla całego

samochodu, drogę hamowania – dla układu hamulcowego). Parametry charakteryzujące szczelność są wykorzystywane podczas diagnozowania zamkniętych przestrzeni roboczych (np. układy chłodzenia, smarowania, zasilania, zespoły hydrauliczne i pneumatyczne). Parametry charakteryzujące stan cieplny określany za pomocą temperatury elementów i szybkości jej zmian, są wykorzystywane głównie do oceny stanu technicznego zespołów, w których na skutek pracy wydzielają się znaczne ilości ciepła. Stan materiałów eksploatacyjnych (np. ilość i stan zanieczyszczeń oleju oraz zmiana jego właściwości użytkowych) umożliwia ocenę intensywności oraz stopnia zużycia niektórych elementów maszyn. Parametry procesów wibroakustycznych, towarzyszących pracy wszystkich ruchomych elementów mechanizmów, są wykorzystywane do oceny ich stanu technicznego, jak również do diagnozowania szczegółowego. Wykorzystanie przebiegów napięcia prądu do oceny stanu technicznego maszyn jest możliwe w przypadku, gdy uszkodzenie jakiegoś elementu zmienia proces elektryczny. Wykorzystanie innych zjawisk, np. wydzielanego przez materiały rozszczepialne promieniowania przenikliwego wymaga specjalnego przygotowania obiektów do diagnozowania.

Cechy, które wyznaczają stan zdadności obiektu nazywane są parametrami. Wartości liczbowe tych cech, zwykle dotyczących podstawowych właściwości obiektu, umieszczane w dokumentacji technicznej pozwalają na identyfikację zarówno obiektu, jak i jego stanu.

Podstawą opracowania efektywnych metod diagnozowania są procesy fizyczno-chemiczne zachodzące w maszynach i odzwierciedlające zmiany stanu maszyny. Wielkości fizyczne wykorzystywane do diagnozowania stanu muszą opisywać przemiany zachodzące w maszynach lub właściwości maszyn po ich zajęciu.

Największą wartość diagnostyczną mają wielkości fizyczne, których zmiany następują wtedy i tylko wtedy, gdy następuje zmiana stanu maszyny. Żadna konkretna wartość wielkości fizycznej w zastosowaniu diagnostycznym, nie może charakteryzować alternatywnych stanów maszyny (stan A lub stan B), musi dotyczyć tylko jednego stanu.

Zagadnienia diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych powinny być brane pod uwagę zarówno podczas konstruowania, wytwarzania jak i podczas eksploataowania urządzenia.

W okresie konstruowania obiektu należy pamiętać, że w przyszłości będzie on wymagał kontroli stanu (diagnozowania użytkowego i obsługowego) zarówno całości jak i poszczególnych elementów. W zależności od wyników tej kontroli zachodzić może konieczność naprawy, często polegającej na wymianie fragmentu obiektu obejmującego także nieuszkodzone elementy. Stąd w okresie konstruowania obiektu powinna być przewidziana taka jego konstrukcja, by w czasie eksploatacji diagnozowanie:

- a) mogło objąć cały obiekt (pełność kontroli),
- b) było ekonomicznie uzasadnione,
- c) pozwalało realizować wymiany, naprawy i usługi profilaktyczne,
- d) umożliwiało podejmowanie optymalnych lub przynajmniej korzystnych decyzji dotyczących dalszego postępowania z obiektem (w sytuacji, gdy jest on niezdatny).

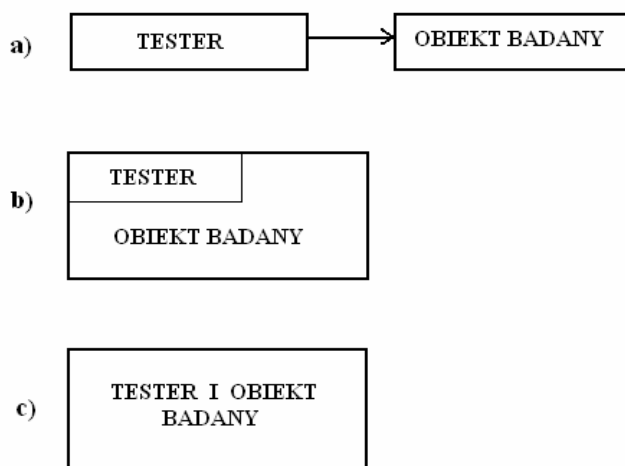
Etap wytwarzania obiektów pod względem wymogów traktuje jako główne: wysokiej jakości wykonanie, technologiczność operacyjną, dostępność właściwych materiałów, niskie koszty produkcji, zgodność z normami (unifikacja, typizacja, normalizacja). Podstawowym zadaniem jest wytworzenie poszczególnych elementów obiektu, a następnie całości, zgodnie z dokumentacją techniczną.

Najwięcej wymagań dotyczących diagnozowania obiektów związanych jest z procesem eksploatacji obiektu.

Celem diagnozowania obiektu w okresie eksploatacji jest:

- 1) określenie, czy obiekt funkcjonuje prawidłowo (oczekuje się diagnoz użytkowych uzyskanych w wyniku badania właściwości funkcjonalnych obiektu (kontrola funkcjonalna)),
- 2) wyznaczenie prognozy dotyczącej oczekiwanego okresu zdatności obiektu (jest to zwykle wyznaczenie prawdopodobieństwa poprawnej pracy obiektu w zadanym czasie),
- 3) możliwość lokalizacji każdego uszkodzenia (uzyskanie dostatecznie dokładnych diagnoz obsługowych),
- 4) określenie przyczyny uszkodzenia,
- 5) wyznaczenie danych umożliwiających określenie podstawowych parametrów procesu naprawy (średni czas naprawy, prawdopodobieństwo naprawy w określonym czasie, oczekiwany koszt naprawy),
- 6) wyznaczenie danych umożliwiających oszacowanie parametrów procesu odnowy (średni czas do następnego uszkodzenia, oczekiwany czas do kolejnych badań i prac profilaktycznych).

Realizację procesu badań diagnostycznych umożliwiają urządzenia (systemy) diagnostyczne (rys.4.10).



**Rys. 4.10.** Podstawowe generacje systemów diagnostycznych [6]

- a) system diagnostyczny zewnętrzny
- b) system diagnostyczny wewnętrzny
- c) system diagnostyczny rozproszony

#### **System diagnostyczny zewnętrzny:**

Funkcje systemu ocenowego i obiektu są wyraźnie oddzielone, wyróżnione i realizowane przez odrębne układy; wyróżnia się tu systemy uniwersalne (dla danego obiektu lub dla danego parametru) lub specjalizowane (np. zautomatyzowany system naprawczy); urządzenia diagnostyczne zewnętrzne są przyłączane do maszyny i wymagają często wyłączenia jej z ruchu.

#### **System diagnostyczny wewnętrzny:**

Najczęściej sterująco-diagnostyczny w postaci pokładowych testerów z niezawodnym jądrem, gdzie ściśle określone elementy obiektu badanego wykonują funkcje diagnostyczne (autodiagnozowanie); proces diagnozowania odbywa się współbieżnie z funkcjonowaniem maszyny, a wyniki badań wpływają na sterowanie i decyzje eksploatacyjne.

#### **System diagnostyczny rozproszony:**

Elementy obiektu wykonują zarówno funkcje użytkowe jak i diagnostyczne oraz istnieje możliwość wzajemnego przejmowania funkcji kontrolnej w ujęciu zdatności systemu, jednoznacznego dla wszystkich podsystemów.

Zwiększające się wymagania dotyczące jakości i zakresu diagnozowania są przyczyną automatyzowania systemów diagnostycznych. Dzięki temu możliwe jest:

- obniżenie kosztów eksploatacji,
- zmniejszenie czasu kontroli,
- zwiększenie wiarygodności wyników diagnozowania,
- zmniejszenie wymagań co do kwalifikacji i liczby personelu.

Urządzenia diagnostyczne można zaprojektować w sposób najbardziej racjonalny na etapie projektowania maszyny. Równolegle z powstającą koncepcją rozwiązań funkcjonalnych można zaplanować strukturę kontrolno-pomiarową maszyny.

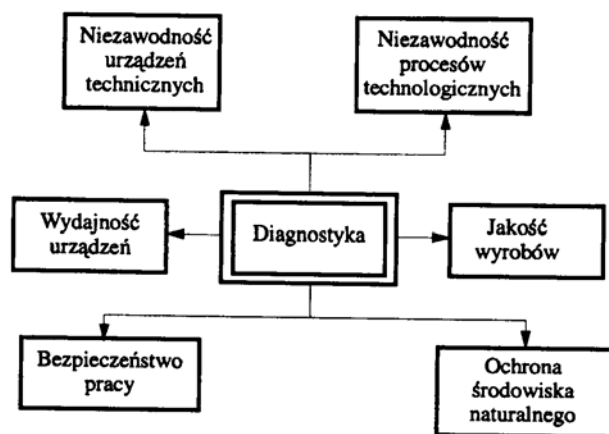
### Strategia utrzymania maszyny w stanie zdatności

Podstawowe założenia strategii utrzymania maszyny w stanie zdatności są następujące:

- 1) warunkiem koniecznym utrzymania maszyn w stanie zdatności jest permanentne diagnozowanie i prognozowanie ich stanu,
- 2) ustalenie wiarygodnego stanu maszyny jest podstawą do wykonywania niezbędnych zabiegów obsługiwaną,
- 3) ocenę wszelkich poczynąń obsługowych (jakość napraw, regulacji, likwidacja) prowadzi się przy zastosowaniu metod diagnostyki technicznej.

Jest to strategia elastyczna, uwzględniająca zmienność stanów maszyny oraz wskazująca na potrzeby i zakres obsługiwaną zależnie od stanu maszyny, czyli w zależności od potrzeb. Istotnym warunkiem tej strategii jest potrzeba stosowania nowych skutecznych metod diagnozowania stanu maszyn, stosowanie pokładowych i stacjonarnych układów diagnostycznych, wspieranych techniką komputerową i dokonaniai sztucznej inteligencji.

Wpływ diagnostyki technicznej na sfery funkcjonowania urządzeń i systemów mechatronicznych przedstawiono na rys.4.11.



Rys. 4.11. Wpływ diagnostyki technicznej na sfery funkcjonowania urządzeń i systemów mechatronicznych [7]

### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Co to jest stan urządzenia lub systemu mechatronicznego?
2. Co to jest czas życia (istnienia) urządzenia (systemu) mechatronicznego?
3. Wymień powody przeprowadzania diagnostyki urządzeń i systemów mechatronicznych.
4. Jakie są zadania diagnostyki?
5. Dokonaj klasyfikacji nośników informacji diagnostycznej.



6. Jakie warunki musi spełniać diagnostyczny parametr stanu technicznego urządzenia?
7. Na czym polega starzenie się maszyn i urządzeń?
8. Na czym polega zużywanie się maszyn i urządzeń?
9. Jakie są różnice pomiędzy stanem zdatności, a stanem niezdatności urządzeń?
10. Podaj główne przyczyny powstawania uszkodzeń.
11. Na czym polega monitorowanie stanu urządzeń?
12. Do czego wykorzystywane są symptomy stanu urządzenia?
13. Wymień cele diagnozowania urządzenia w okresie jego eksploatacji.
14. Na czym polega strategia utrzymania urządzenia w stanie zdatności?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

W oparciu o wiadomości zawarte w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia scharakteryzuj tendencje współczesnej techniki i technologii zmierzające do wzrostu efektywności procesów.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3-4 – osobowej,
- 4) zapisać rezultaty dyskusji w karcie sprawozdania z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 2

Określ diagnostyczne parametry stanu technicznego siłownika pneumatycznego dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3-4 – osobowej,
- 4) zapisać rezultaty dyskusji w karcie sprawozdania z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 3

Określ symptomy świadczące o niedostatecznym smarowaniu tłoków i gładzi cylindrów sprężarki tłokowej.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,

- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w dokumentacji techniczno- ruchowej (lub instrukcji obsługi i użytkowania) sprężarki tłokowej,
- 4) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3-4 – osobowej,
- 5) zapisać rezultaty dyskusji.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia
- dokumentacja techniczno-ruchowa (lub instrukcja obsługi i użytkowania) sprężarki tłokowej.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

|                                                                                                                       | Tak                      | Nie                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Czy potrafisz:</b>                                                                                                 |                          |                          |
| 1) objaśnić potrzebę diagnozowania stanu urządzeń i systemów mechatronicznych?                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) objaśnić na czym polegają czynniki antropotechniczne oddziałujące na urządzenia i systemy mechatroniczne?          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) objaśnić istotę diagnostyki technicznej?                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować warunki, które muszą spełniać diagnostyczne parametry stanu urządzeń i systemów mechatronicznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) odróżnić stan zdatności od stanu niezdatności urządzenia mechatronicznego?                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) scharakteryzować rodzaje badań diagnostycznych urządzeń i systemów mechatronicznych?                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) scharakteryzować znaczenie symptomów stanu uszkodzenia urządzeń i systemów mechatronicznych?                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.2. Metodyka diagnozowania elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych

### 4.2.1. Materiał nauczania

Proces diagnozowania elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych w czasie ich eksploatacji zwykle przeprowadza się w oparciu o odpowiednie rozdziały w instrukcjach użytkowania i obsługi lub dokumentacji techniczno-ruchowej.

W materiałach tych podaje się:

- zależności funkcjonalne w urządzeniach i systemach, cechy, symptomy i ich wartości charakteryzujące stan zdadności obiektu,
- punkty kontrolne i metody badań.

Informacje te są pomocne w zrozumieniu zasady i sposobu działania urządzeń i układów w zakresie umożliwiającym świadome ich eksploatację przez użytkownika.

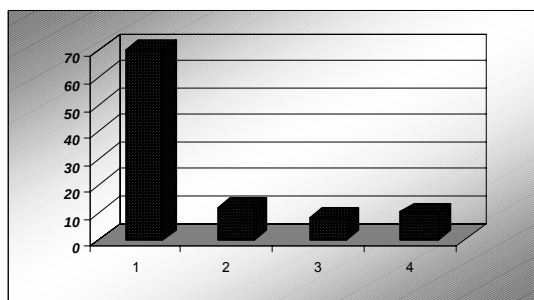
Opracowując instrukcję dąży się do minimalizacji liczby badanych wielkości i poszukuje się parametru uogólnionego, to jest wielkości, której wartość (często logiczna: TAK-NIE) pozwala wnioskować o stanie całości obiektu, nawet kosztem obniżenia wiarygodności kontroli. Takie podejście jest niezbędne w przypadkach, gdy użytkownik nie posiada dostatecznych kwalifikacji do prowadzenia diagnozowania i obsługi obiektu.

W instrukcjach oraz dokumentacjach techniczno-ruchowych diagnozowanie zajmuje coraz więcej miejsca i obejmuje przepisy dotyczące postępowania po wykonaniu działań diagnostycznych, przy lokalizacji uszkodzeń (diagnozowaniu obsługowym), w czasie badań okresowych, przy pracach profilaktycznych i przy diagnozowaniu użytkowym.

Programy diagnostyczne związane z obsługiwaniem obiektu opracowywane są tak, by uzyskiwane diagnozy były jak najbardziej wiarygodne, a zbiór możliwych diagnoz uwzględniał warunki, w jakich wykonywana jest obsługa obiektu.

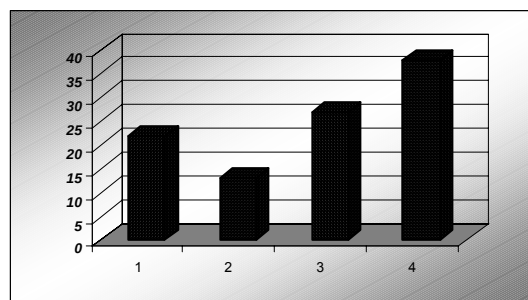
### Diagnostyka układów hydraulicznych

Okolo 70% niesprawności układów hydraulicznych urządzeń i sytemów mechatronicznych spowodowana jest zanieczyszczeniem cząstkami stałymi cieczy roboczych. Pozostałymi przyczynami niesprawności są: przedwczesne zużycie elementów (pomp, zaworów, rozdzielaczy, przewodów), zmęczenie materiału oraz przeciążenie układu – rysunek 4.12. Najczęściej występujące uszkodzenia urządzeń hydraulicznych przedstawiono na rys.4.13.



Rys. 4.12. Przyczyny uszkodzeń elementów układów hydraulicznych[6]

1. zanieczyszczenie cieczy roboczej,
2. zużycie, 3. przeciążenia, 4. inne



Rys. 4.13. Udział uszkodzeń elementów układów hydraulicznych [6]

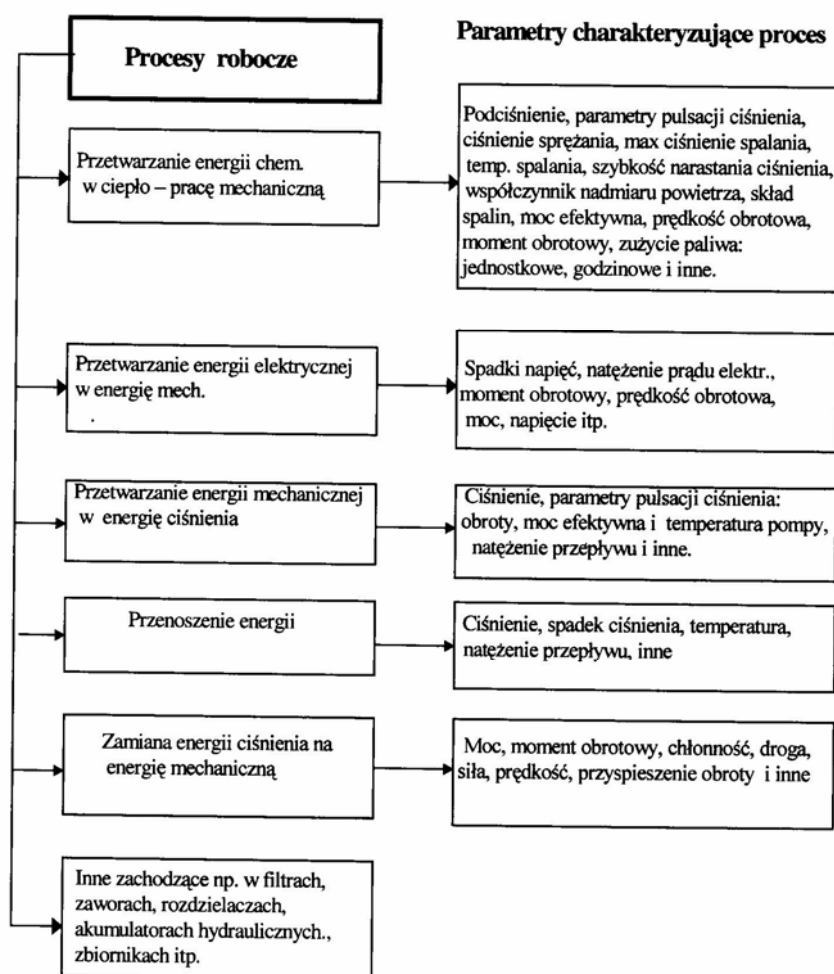
1. przewody i połączenia, 2. pompy,
3. elementy wykonawcze, 4. elementy sterujące

Procesy przebiegające w elementach układów hydraulicznych można podzielić na robocze i towarzyszące.

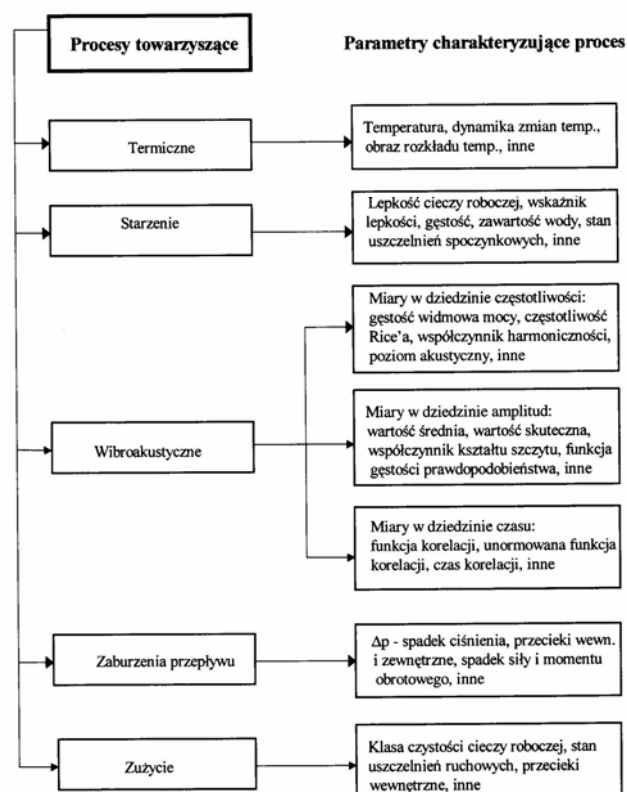
Procesy robocze odnoszą się do parametrów, których zmiana wartości wpływa na pracę elementów układu hydraulicznego, ale nie zawsze jest to prosta funkcja stanu technicznego elementów.

Wartości parametrów opisujących procesy towarzyszące zależą od oddziaływań wymuszających te procesy i cech dotyczących miejsca pomiaru sygnału do celów diagnostycznych, są zatem funkcją stanu technicznego elementów układu.

Podział procesów fizykochemicznych przedstawiony na rys. 4.14 oraz 4.15 na robocze (pierwotne) oraz towarzyszące (wtórne) nie wyklucza możliwości innego podziału procesów przebiegających w elementach układów hydrauliki maszynowej.



Rys. 4.14. Klasyfikacja i opis procesów roboczych zachodzących w układach hydraulicznych [6]



Rys. 4.15. Klasyfikacja i opis procesów towarzyszących zachodzących w układach hydrauliki maszynowej [6]

### Algorytm diagnozowania układów hydraulicznych maszyn roboczych

Metodyka diagnozowania układów hydrauliki maszynowej maszyn roboczych zależy od wielu czynników, np.:

- rodzaju elementów sterujących układu - hydraulicznych lub elektrohydraulicznych,
- zainstalowania w diagnozowanym układzie czujników i przetworników pomiarowych,
- możliwości (punkty pomiarowe) zamontowania czujników i przetworników pomiarowych (bez demontowania układu),
- przygotowania miejsca na gniazda diagnostyczne (wyjścia końcówek zainstalowanych przetworników pomiarowych),
- rodzaju i sprawności aparatury diagnostycznej.

Specyfika diagnozowania układów hydraulicznych polega na tym, że w razie stwierdzenia niesprawności układu hydraulicznego (np. nieprawidłowości w działaniu elementów roboczych maszyny roboczej) niezbędną czynnością procesu diagnozowania jest sprawdzenie stanu poszczególnych elementów składowych.

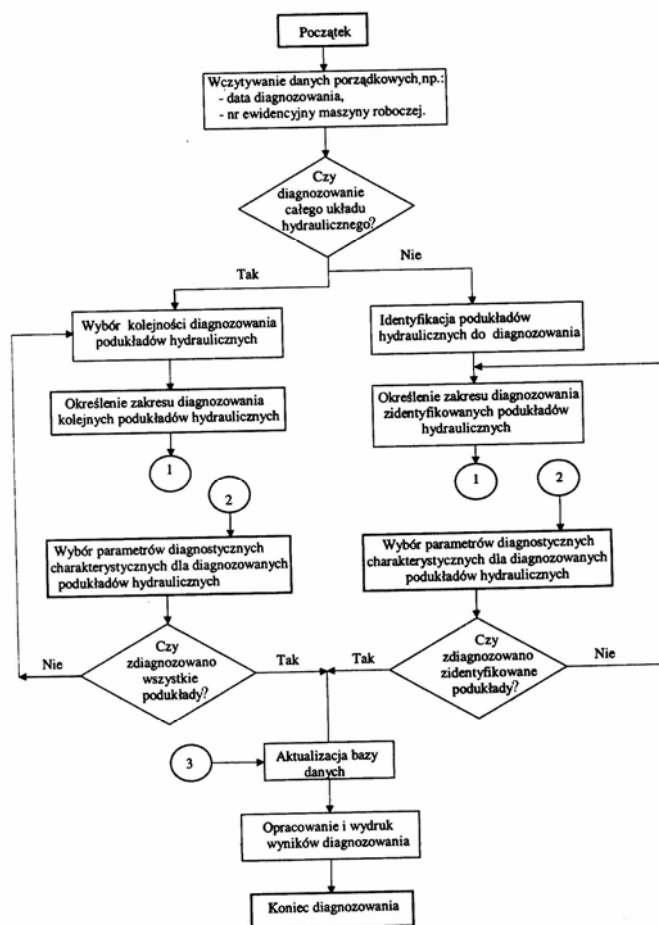
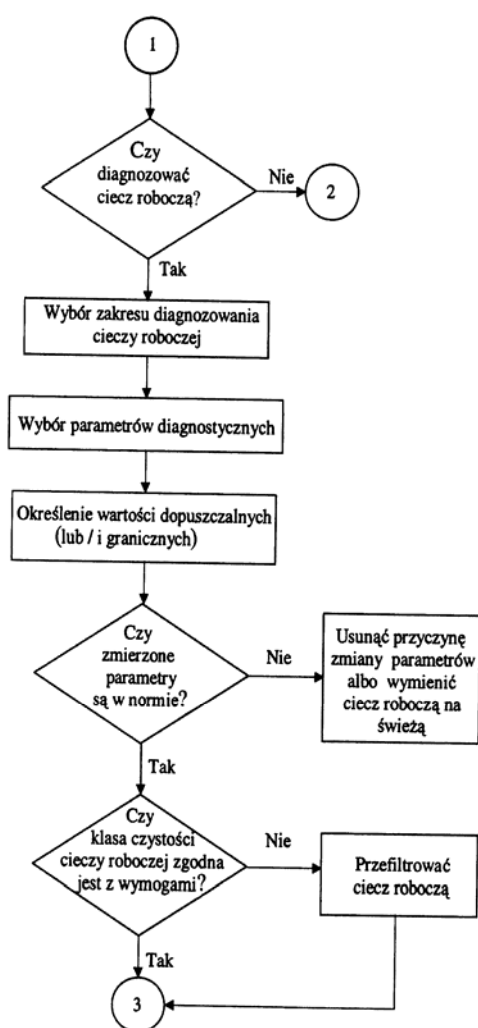
Algorytm diagnozowania układów hydrauliki maszynowej pokazano na rys. 4.16. Wyodrębniono w nim diagnozowanie cieczy roboczej, traktując wszystkie czynności związane z kontrolowaniem jej parametrów jako integralną część diagnozowania, co wynika z tego, że przyczyną ok. 70% awarii układów hydraulicznych jest zanieczyszczenie cieczy.

Najczęściej spotykaną metodą diagnozowania układów hydraulicznych jest metoda obserwacji prostej, w której wykorzystywane są zmysły człowieka - wzrok, słuch, dotyk i węch. Metoda ta wymaga dużego doświadczenia oraz jest mało kosztowna. Typowymi parametrami diagnostycznymi możliwymi do rozpoznania metodą obserwacji prostej są:

#### 1. Kontrola wzrokowa:

- wskazania przyrządów kontrolno-pomiarowych (termometru, wskaźnika poziomu cieczy roboczej, manometru, wskaźnika zanieczyszczenia wkładu filtrującego, obrotomierza, amperomierza itp.) zainstalowanych w układach hydraulicznych,

- wibracje (drgania, silne jednorazowe wstrząsy, wstrząsy powtarzające się),
  - przecieki zewnętrzne,
  - pienienie się oleju hydraulicznego.
2. Kontrola słuchowa:
- zewnętrzne hałasy mechaniczne,
  - wewnętrzne hałasy mechaniczne,
  - hałas wywołany przepływem cieczy.
3. Kontrola dotykowa:
- temperatura,
  - wibracje (drgania wywołane przesterowaniem),
  - przecieki.



Rys. 4.16. Algorytm diagnozowania układów [6]

## Diagnozowanie instalacji i urządzeń pneumatycznych

W układach pneumatycznych rozróżnia się trzy podstawowe grupy elementów, które łączą funkcjonalnie sprężone powietrze, będące dla układu płynem roboczym:

- 1) elementy, w których zachodzą jednocześnie: zmiana parametrów płynu roboczego i parametrów mechanicznych (sprężarki, siłowniki i silniki pneumatyczne),

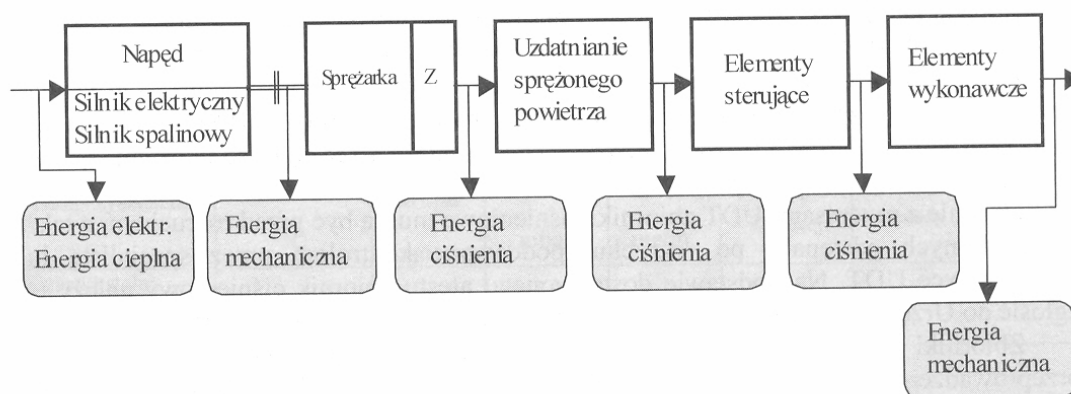
- 2) elementy, w których zachodzi tylko zmiana parametrów fizycznych płynu roboczego (osuszacze, filtry),
- 3) elementy, w których zachodzi zmiana parametrów mechanicznych w celu zmiany parametrów roboczych płynu (zawory i rozdzielacze).

Wszystkie urządzenia układów pneumatycznych należy diagnozować zgodnie z wymaganiami producentów podanymi w dokumentacji technicznej poszczególnych urządzeń oraz należy przestrzegać wytycznych projektanta instalacji sprężonego powietrza. Zbiorniki ciśnieniowe muszą posiadać znak kontroli stanowiący świadectwo przeprowadzenia pierwszej kontroli (tzw. paszport), a użytkownik ma obowiązek utrzymywać go we wzorowym stanie.

### Algorytm diagnozowania instalacji i urządzeń pneumatycznych

Metodyka diagnozowania instalacji i urządzeń pneumatycznych zależy od wielu czynników, np.:

- zainstalowania w diagnozowanej instalacji czujników i przetworników pomiarowych,
- możliwości (punkty pomiarowe) zamontowania czujników i przetworników pomiarowych (bez demontowania układu),
- przygotowania miejsc na gniazda diagnostyczne (wyjścia końcówek zainstalowanych przetworników pomiarowych),
- możliwościami posiadanej aparatury diagnostycznej.



Rys. 4. 17. Schemat funkcjonalny układu pneumatycznego [6]

Lokalizację potencjalnych punktów pomiaru wielkości diagnostycznych układu pneumatycznego przedstawiono na rys.4.17.

Specyfika diagnozowania instalacji i urządzeń pneumatycznych polega na tym, że w razie stwierdzenia niesprawności (np. nieprawidłowości w działaniu elementów wykonawczych), niezbędną czynnością procesu diagnozowania jest sprawdzenie stanu elementów składowych instalacji. Pneumatyczne elementy wykonawcze sprężone są z różnymi podzespołami mechanicznymi, zatem nie każda niesprawność pneumatycznego elementu wykonawczego ma związek z zasilaniem sprężonym powietrzem.

Algorytm diagnozowania instalacji i urządzeń pneumatycznych pokazano na rys.4.18 a, b, c.

Najczęściej spotykaną metodą diagnozowania jest metoda obserwacji prostej, w której wykorzystywane są zmysły człowieka - wzrok, słuch, dotyk. Metoda ta wymaga dużego doświadczenia oraz jest mało kosztowna. Typowymi parametrami diagnostycznymi możliwymi do rozpoznania metodą obserwacji prostej są:

1. Kontrola wzrokowa:

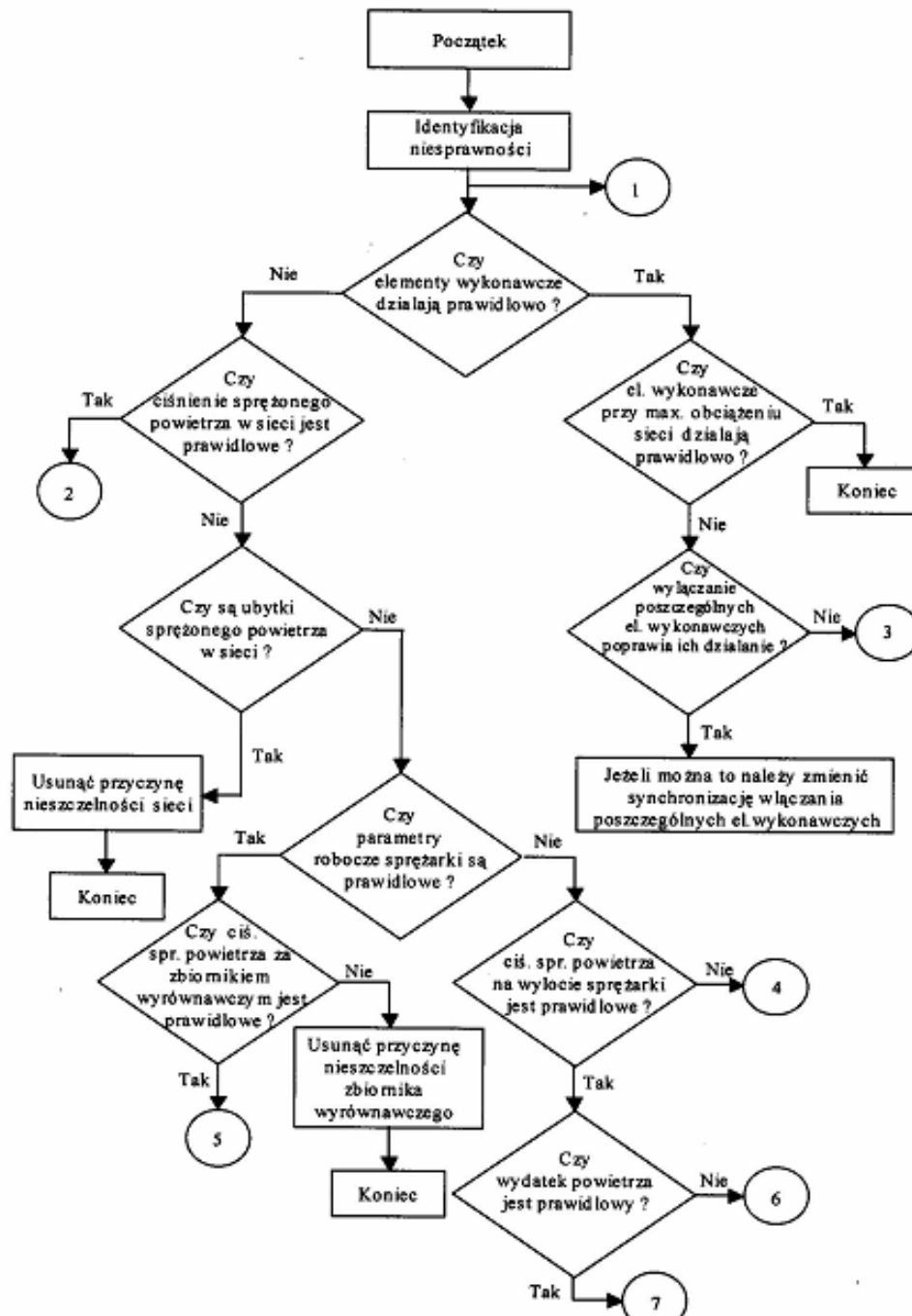
- wskazania przyrządów kontrolno-pomiarowych - termometru, manometru, wskaźnika zanieczyszczenia wkładu filtrującego w zespołach uzdatniania sprężonego powietrza, obrotomierza, amperomierza (sprężarki),
- wibracje (drgania, silne jednorazowe wstrząsy, wstrząsy powtarzające się),
- wilgoć pojawiająca się na elementach wykonawczych,

2. Kontrola słuchowa:

- hałas wywołany nieszczelnościami w instalacji pneumatycznej.

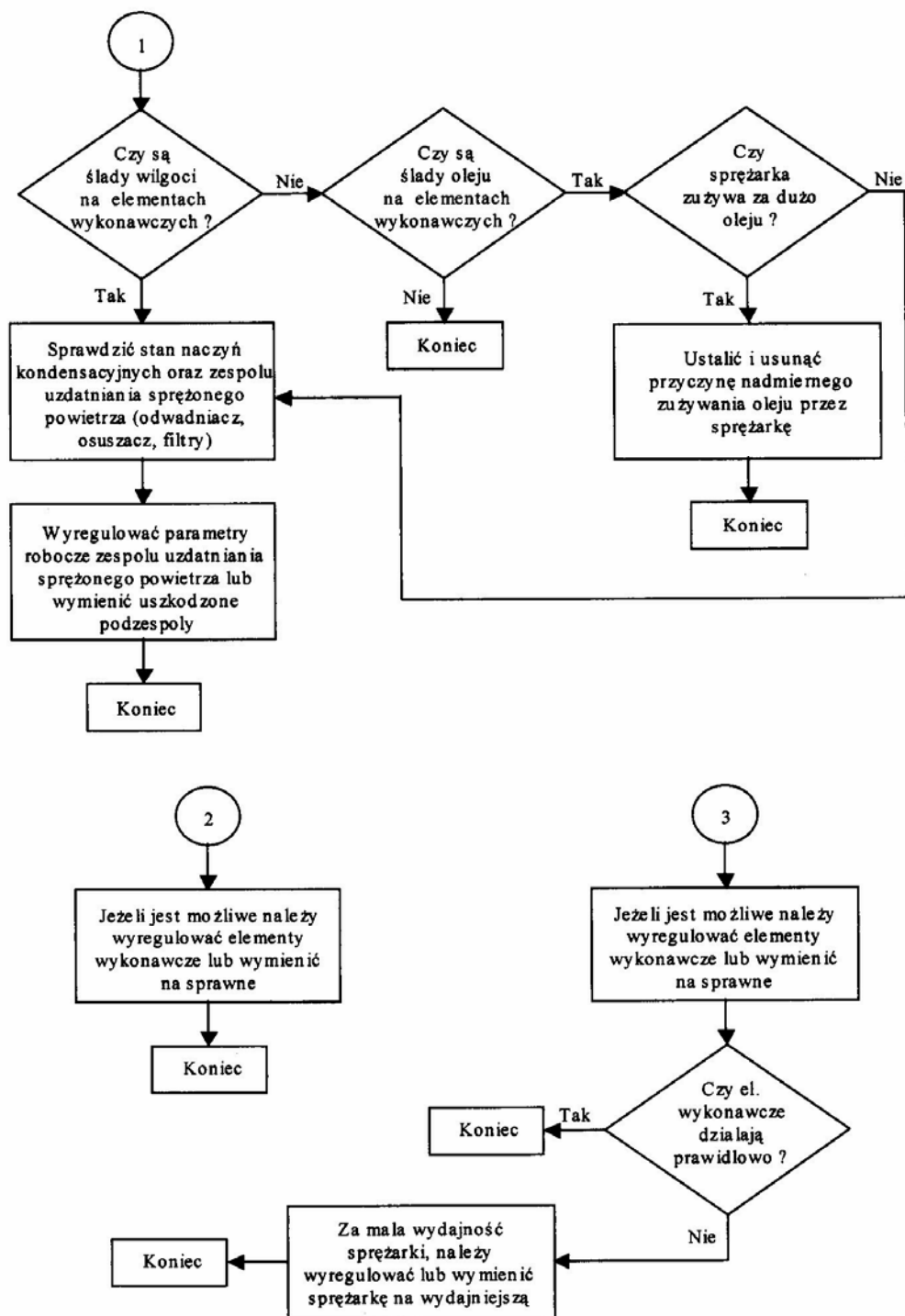
3. Kontrola dotykowa:

- temperatura,
- wibracje (drgania wywołane przesterowaniem).

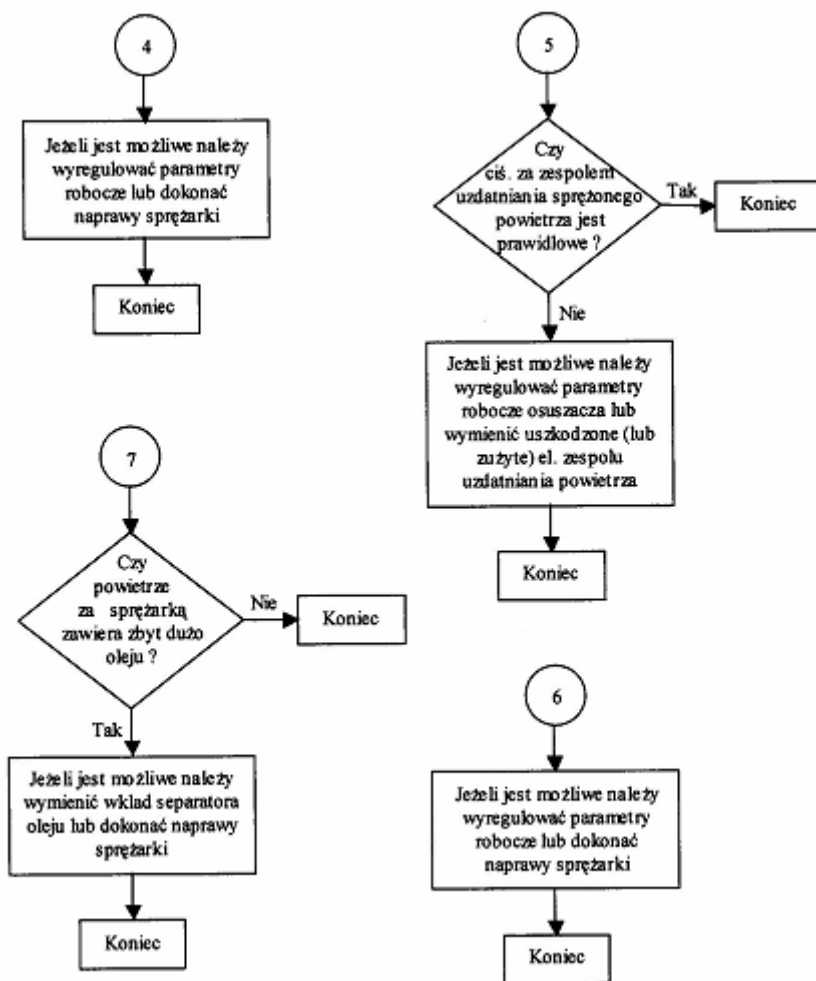


Rys. 4.18. a) Algorytm diagnozowania układów pneumatycznych [6]





Rys. 4. 18. b) Algorytm diagnozowania układów pneumatycznych [6]



Rys. 4.18. c) Algorytm diagnozowania układów pneumatycznych [6]

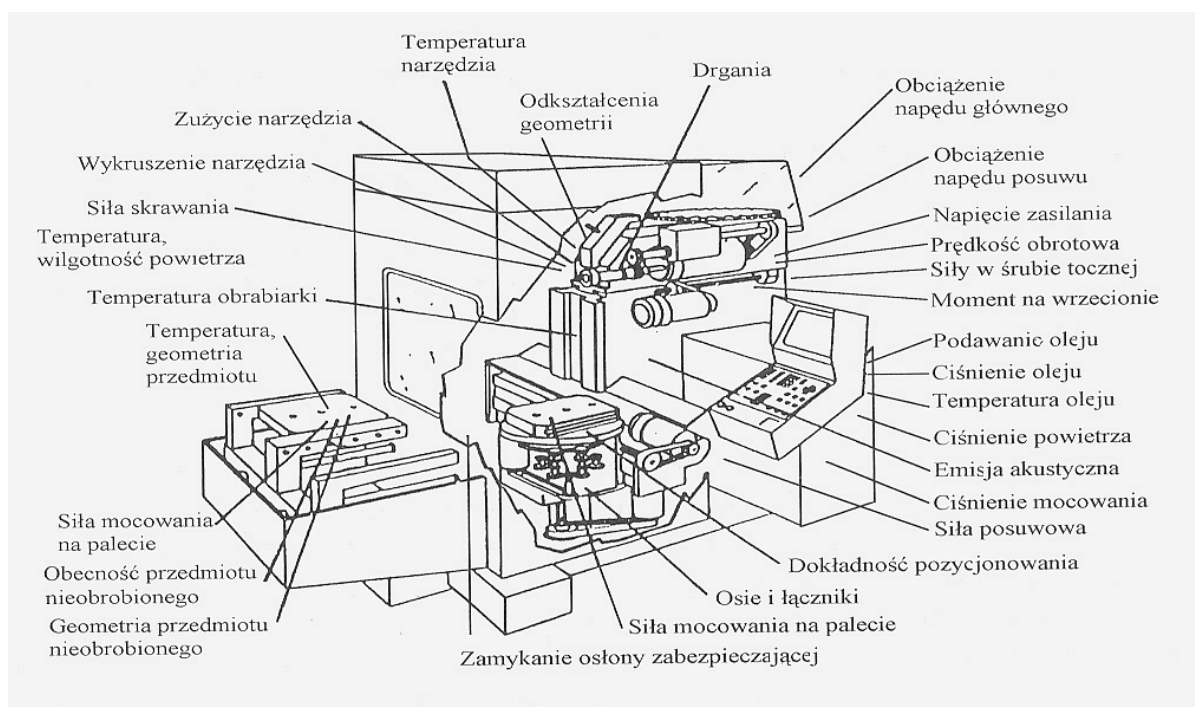
### Diagnozowanie obrabiarek

Diagnostyka obrabiarek jest obecnie podstawą ich niezawodnego i dokładnego działania. Wraz z rozwojem układów sterowania numerycznego i coraz większej roli oprogramowania systemowego i technologicznego diagnostyka dostarcza coraz to więcej informacji o prawidłowości działania obrabiarki i poprawności realizowanego procesu, niezbędnych dla korygowania i kompensacji błędów na drodze programowej. Automatyzacja zespołów konstrukcyjnych obrabiarek i całych maszyn wymaga skutecznego diagnozowania i nadzorowania prawidłowości ich działania, okresowo i w sposób ciągły, dla poprawy dokładności obróbki, uniknięcia awarii i przerw w pracy, bardzo zwiększających koszty wytwarzania.

Dzięki diagnostyce współczesne układy sterowania typu CNC są bardzo niezawodne, szybkie i precyzyjne. Cechy te uzyskuje się dzięki doskonałej diagnostyce wewnętrznej i możliwościom zarządzania bardzo rozbudowaną diagnostyką, jak i nadzorowaniem pojedynczych obrabiarek i całych systemów obróbkowych.

Diagnostyka obrabiarek CNC obejmuje układy sterowania mechanizmami maszyn, urządzenia pomocnicze, oprogramowanie i wreszcie narzędzia i proces obróbki.

W celu ułatwienia projektowania systemu diagnostycznego i szczegółowych rozwiązań poszczególnych torów pomiarowo-diagnostycznych należy uwzględnić wielkości, które podlegają pomiarom (rys. 4.19.).



**Rys. 4.19.** Typowe wielkości wymagające śledzenia w centrach obróbkowych [6]

Wyróżnić można tutaj sygnały:

- określające gotowość obrabiarki do pracy, takie jak: wyłącznik sygnalizujący zamknięcie osłony zabezpieczającej, sensor sygnalizujący obecność przedmiotu obrabianego lub sensor sygnalizujący zadziałanie urządzeń mocujących. Jeśli cały zestaw niezbędnych warunków, nie jest jednocześnie spełniony, nie jest możliwe uruchomienie maszyny;
- nadzorujące stan maszyny: dokładność pozycjonowania, temperaturę czy odształcenia geometrii, geometrię i położenie przedmiotu obrabianego, drgania. Pozwalają one stwierdzić, czy kontynuacja procesu nie spowoduje niedopuszczalnego obniżenia jakości wyrobów lub też czy nie grozi awaria układu mechanicznego;
- nadzorujące prawidłowość procesu: siły skrawania, siły posuwowe, moment na wrzecionie;
- nadzorujące stan narzędzi (zużycia i wykruszenia). Nadzorowanie narzędzi z uwagi na ich stosunkowo małą trwałość i duże prawdopodobieństwo przypadkowych uszkodzeń jest zagadnieniem bardzo ważnym dla automatycznego wytwarzania.

W obrabiarkach bardzo dokładnie diagnozowane są zwłaszcza: łożyska wrzecion, łożyska wałków, przekładnie zębate i pasowe, napędy posuwów i obrotów oraz inne elementy trudno dostępne, elementy sterowania nie objęte własną diagnostyką sterowników CNC i PLC, wielkości kinematyczne, geometryczne i inne mechanizmy.

Przyczyną wielu nieprawidłowości w procesie obróbki mogą być błędy w programach technologicznych. Błędy programowania powinny być wykryte i usunięte przed rozpoczęciem obróbki. Dobre efekty diagnostyczne zapewnia symulacja ruchów zespołów oparta o zamodelowanie uchwytów, przedmiotu, narzędzi i ich wzajemnych ruchów, wynikających z programu technologicznego (np. MTS lub inne). Można więc w ten sposób nie tylko diagnozować błędy programów, ale również kolizje.

Na diagnozowanie samej obrabiarki nakłada się diagnozowanie gotowości całego systemu do pracy i cyklu pracy poszczególnych modułów.

Diagnozowanie gotowości systemu do rozpoczęcia pracy stanowi podstawę uruchomienia cyklu pracy i obejmuje sprawdzenia:

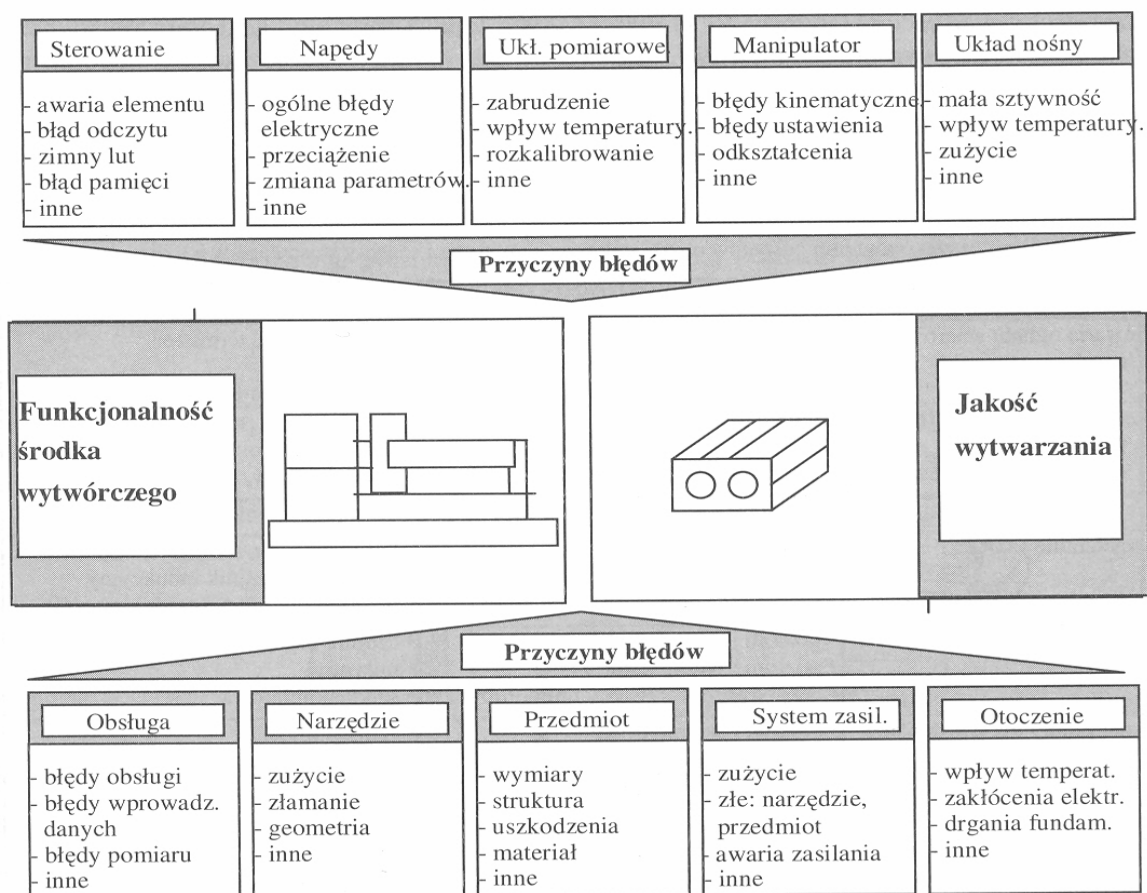
- czy poszczególne zespoły zajmują prawidłowe położenia,

- czy spełnione są warunki zadziałania poszczególnych składników,
- czy prawidłowo zadziałały podstawowe mechanizmy, np. mocowania przedmiotu i narzędzia,
- blokowania i odblokowania poszczególnych mechanizmów i inne,
- czy jest narzędzie i przedmiot.

Po uruchomieniu cyklu pracy następuje czuwanie nad jego prawidłowością – czyli zgodnością z programem, wykorzystujące odpowiednie sygnały czasowe i położeniowe.

### Nadzorowanie składników systemu obróbkowego

Zakłócenia funkcjonalności systemów obróbkowych i niedostateczna jakość wykonanych przedmiotów mają swoją przyczynę w błędach, które mogą występować w różnych składnikach biorących udział w procesie wytwarzania. Przegląd ważniejszych takich czynników pokazano na rys.4.20.



Rys. 4.20. Błędy wpływające na funkcjonalność i jakość obrabiarki [6]

Układy CNC/PLC podejmują zaprogramowane działania, gdy spełnione są określone warunki. Niespełnienie któregoś z nich jest sygnalizowane przez układ sterowania na monitorze, co stanowi podstawę postępowania operatora zmierzającego do usunięcia niesprawności. Przy bardzo dobrze zorganizowanej diagnostyce na monitorze pojawi się dokładny opis niesprawności, jej lokalizacja i objaśnienie sposobu usuwania. Wyświetlona informacja może też mieć postać syntetyczną, wymagającą interpretacji operatora.

Osobnego omówienia wymaga diagnozowanie kolizji ruchomych składników systemów obróbkowych: elementów obrabiarek i układów pomocniczych, narzędzi, przedmiotu.

Kolizje te są na ogół przyczyną bardzo kosztownych uszkodzeń maszyn, jak i przedmiotów obrabianych.

Kolizjom związanym z nieprawidłowościami narzędzi i przedmiotów można zapobiegać przez automatyczną symulację w układzie sterowania CNC torów narzędzi w przestrzeni roboczej obrabiarki, z uwzględnieniem ich aktualnych wymiarów i wymiarów przedmiotów. Układ do diagnozowania kolizji korzysta oprócz programu CAD i danych technologicznych, z odpowiednich sygnałów pomiarowych: pomiarów przedmiotu dokonywanych każdorazowo po jego zamocowaniu i pomiarów narzędzia wprowadzonego do obróbki. Możliwość wystąpienia kolizji jest sygnalizowana na ekranie monitora, układ zaś nadzorowania zapobiega jej wystąpieniu.

Podstawowymi elementami decydującymi o skuteczności diagnozowania i nadzorowania systemów obróbkowych są sensory.

Sygnały diagnostyczne oraz sensory i przetworniki pomiarowe typowych niesprawności występujących w konstrukcjach mechanicznych systemów obróbkowych ukazuje tabela 4.1.

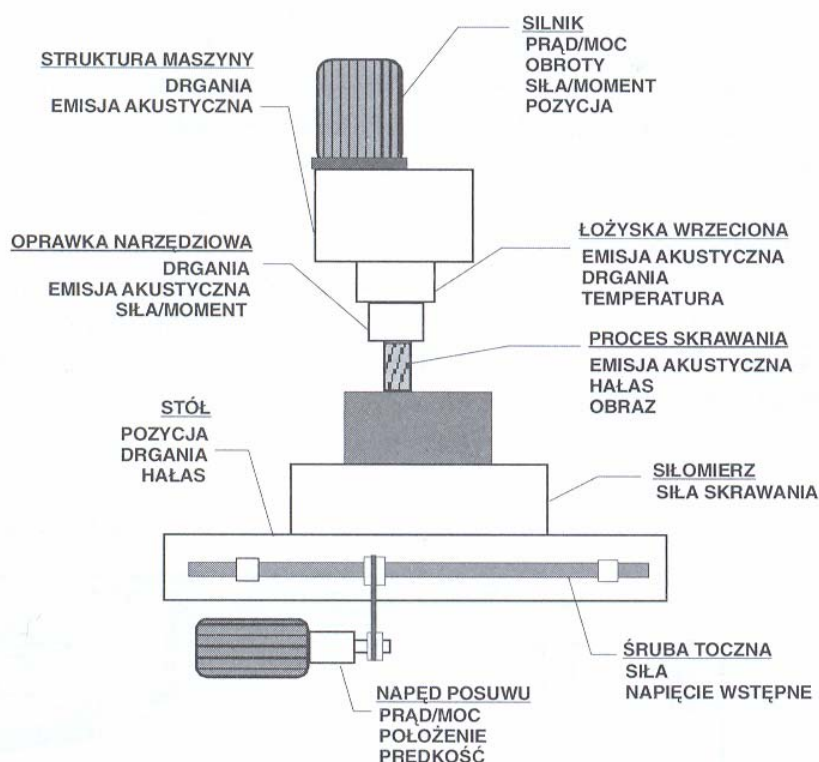
**Tabela 4.1.** Typowe niesprawności zespołów obrabiarek oraz symptomy i sensory stosowane w ich diagnozowaniu [6]

| NIESPRAWNOŚĆ                                 | SYMPTOM                                                                                                                                                          | SENSOR                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| awaria układu smarowania łożysk              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura łożyska</li> <li>• obciążenie wewnętrzne w łożysku</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• termoelement, termistor, tensometr,</li> <li>• tensometr, czujnik indukcyjny</li> </ul>                                             |
| awaria układu chłodzenia                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura obiektu</li> <li>• zmiany wymiarów i kształtu przedmiotów obrabianych</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• termoelement, termistor</li> <li>• sonda pomiarowa, czujnik pneumatyczny, laser</li> </ul>                                          |
| awaria układu hydraulicznego                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ciśnienie</li> </ul>                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik ciśnienia</li> </ul>                                                                                                        |
| zacieranie łożyska                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura łożyska</li> <li>• obciążenie wewnętrzne w łożysku</li> <li>• moc (prąd) pobierana przez silnik</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• termoelement, termistor, tensometr</li> <li>• tensometr, czujnik indukcyjny</li> <li>• przetwornik mocy (prądu), bocznik</li> </ul> |
| uszkodzenie łożyska                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom i widmo drgań</li> <li>• poziom i widmo hałasu</li> <li>• chropowatość powierzchni obrabianej</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik drgań</li> <li>• mikrofon</li> <li>• sonda pomiarowa</li> </ul>                                                             |
| nadmierny luz w łożyskach                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom i widmo drgań</li> <li>• chropowatość powierzchni obrabianej</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik drgań</li> <li>• sonda pomiarowa</li> </ul>                                                                                 |
| uszkodzenie przekładni zębatych              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• odstęp między impulsami</li> <li>• drgania</li> <li>• chropowatość powierzchni obrabianej</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik indukcyjny</li> <li>• czujnik drgań</li> <li>• sonda pomiarowa</li> </ul>                                                   |
| niewłaściwe luzy w prowadnicach              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• moc pobierana przez silnik</li> <li>• przyspieszenie podczas rozruchu</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• przetwornik mocy (prądu), bocznik</li> <li>• czujnik drogi, laser</li> </ul>                                                        |
| nadmierne luzy w połączeniu                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• drgania</li> <li>• stan powierzchni obrabianej</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik drgań</li> <li>• sonda pomiarowa</li> </ul>                                                                                 |
| niedostateczne smarowanie prowadnic          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• moc pobierana przez silnik</li> <li>• stan powierzchni obrabianej</li> <li>• przyspieszenie podczas rozruchu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• przetwornik mocy (prądu), bocznik</li> <li>• sonda pomiarowa</li> <li>• czujnik drogi, laser</li> </ul>                             |
| niesprawność układu korekcji lub kompensacji | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stan powierzchni obrabianej</li> </ul>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sonda pomiarowa, czujnik pneumatyczny</li> </ul>                                                                                    |
| wystąpienie drgań samowzbudnych              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• drgania</li> <li>• stan powierzchni obrabianej</li> <li>• zmiana amplitudy siły skrawania</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• czujnik drgań</li> <li>• sonda pomiarowa</li> <li>• czujnik piezoelektryczny, tensometry</li> </ul>                                 |

Zestawiono w niej niesprawności, które można wykryć w prosty sposób na podstawie oceny wartości pojedynczego sygnału. Często jednak mierzona sensorem pojedyncza wielkość jest symptomem wielu niesprawności. Wtedy jednoznaczną informację o niesprawności daje bądź złożona obróbka matematyczna tego sygnału lub skojarzenie tego sygnału z sygnałami innych sensorów. Wymaga to na ogół złożonego wnioskowania diagnostycznego, realizowanego programowo.

Spośród sensorów stosowanych w diagnozowaniu i nadzorowaniu procesu skrawania szczególną uwagę poświęca się sensorom do diagnozowania stanu narzędzi. Wynika to z dużego wpływu stanu ostrzy narzędzi na dokładność obróbki.

Monitorowanie narzędzia skrawającego obejmuje: identyfikację stanu narzędzia, monitorowanie jego zużycia, złamania i trwałości. Możliwe rozmieszczenie sensorów służących ocenie stanu narzędzia pokazuje rys. 4.21.



**Rys. 4.21.** Przykład rozmieszczenia sensorów służących ocenie stanu narzędzia [6]

W praktyce na potrzeby monitorowania narzędzia skrawającego wykorzystuje się raczej miary pośrednie, a rzadziej korzysta się z bezpośrednich pomiarów własności i cech narzędzia. Częściej spotyka się też układy, które bazują na sygnałach z czujników zamontowanych już w obrębie struktury obrabiarki, przeznaczonych do innych celów np. prąd pobierany przez silniki napędów, siła mierzona wrzecionowym łożyskiem tensometrycznym itp.

Typowe sensory, stosowane do wykrywania nieprawidłowości stanu narzędzi i symptomy uszkodzeń przedstawia tabela 4.2. Skuteczne diagnozowanie zapewniają nie tyle same sensory, ale odpowiednio dobrane metody pomiarowe.

Do diagnozowania narzędzi coraz bardziej użyteczna staje się obecnie, oprócz siły skrawania, emisja akustyczna. Sygnały akustyczne w pasmach kilkuset kHz są wolne od wpływów otoczenia. Mają więc one postać prostą do interpretacji i dogodną do dalszej obróbki.

Tabela 4.2. Symptomy i sensory do wykrywania uszkodzeń narzędzi [6]

|                                 | SYMPTOM                                          | SENSOR                                                                                                   |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ocena podczas procesu skrawania | zmiana siły skrawania                            | tensometr, czujnik piezoelektryczny, czujnik indukcyjny, czujnik pojemnościowy, czujnik transformatorowy |
|                                 | zmiana mocy skrawania                            | przetwornik mocy (prądu.), bocznik, tensometry                                                           |
|                                 | zmiany poziomu i widma drgań                     | czujnik drgań                                                                                            |
|                                 | zmiany poziomu i widma hałasu                    | mikrofon                                                                                                 |
|                                 | wzrost temperatury narzędzia                     | termopara w narzędziu, kamera termowizyjna                                                               |
|                                 | wzrost rezystancji styku narzędzia z przedmiotem | woltomierz                                                                                               |
|                                 | zmiany chropowatości                             | przetwornik fotooptyczny                                                                                 |
|                                 | wzrost poślizgu w silniku napędzającym           | tachoprądnica, miernik poślizgu                                                                          |
| Ocena przed lub po skrawaniu    | zmiana indukcyjności                             | pierścień indukcyjny                                                                                     |
|                                 | zmiana wymiarów narzędzia                        | sonda dotykowa                                                                                           |
|                                 | zmiana położenia narzędzia względem bazy         | czujnik położenia                                                                                        |
|                                 | zmiana geometrii narzędzia                       | kamera TV, kamera CCD, czujnik Phatronic,                                                                |

Do sensorów, z którymi wiąże się coraz większe nadzieje na szerokie ich stosowanie w nadzorowaniu procesu skrawania, a zwłaszcza zużycia narzędzi i kolizji, należą kamery wizyjne. Zasada ich pracy jest bowiem bardzo zbliżona do sposobu widzenia człowieka i pozwala na inteligentne pomiary. Ostatnio dzięki technikom cyfrowym nastąpił znaczący rozwój technik analizy obrazu, zaś zarówno sprzęt, jak i oprogramowanie znacznie tanieje. Wieloosiowe układy kamer wizyjnych pozwalają na ciągłe i bardzo precyzyjne śledzenie zachowania się układów mechanicznych w czasie rzeczywistym.

#### **Diagnozowanie układów regulacji i sterowania kotła gazowego (TERMET MiniMax Plus) w oparciu o instrukcję obsługi i użytkownika**

Kocioł gazowy centralnego ogrzewania dwufunkcyjny MiniMax Plus jest przeznaczony jest do przygotowania wody wykorzystywanej w domowych instalacjach centralnego ogrzewania oraz do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Niezawodne działanie kotła zależy od poprawnego funkcjonowania instalacji:

- gazowej,
- spalinowo-powietrznej,
- centralnego ogrzewania,
- ciepłej wody użytkowej.

W konstrukcji kotła przewidziano układy oraz urządzenia przyczyniające się do zapewnienia niezawodnej i bezpiecznej pracy, np.:

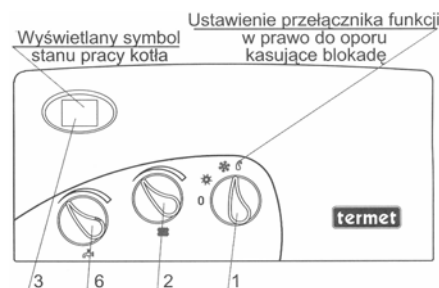
- zabezpieczenie przeciwwypływowe gazu,
- zabezpieczenie przed wybuchowym zapaleniem gazu,
- zabezpieczenie przed przekroczeniem maksymalnej temperatury pracy w układzie wody grzewczej,
- zabezpieczenie przed przekroczeniem górnej granicznej temperatury wody grzewczej,

- zabezpieczenie przed wzrostem ciśnienia wody,
- zabezpieczenie przed nadmiernym dogrzaniem wody,
- zabezpieczenie kotła przed zamarzaniem,
- zabezpieczenie przed możliwością zablokowania pompy,
- zabezpieczenie przed zanikiem ciągu kominowego.

Jeżeli w kotle nastąpi nieprawidłowość objawi się to wyświetleniem odpowiedniej informacji (symbolu) na panelu sterowania (rys.4.22).

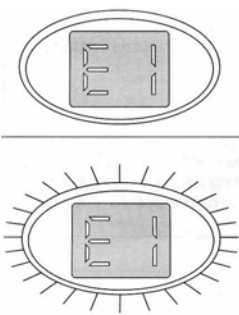
**Rys. 4.22.** Widok panelu sterowania kotła gazowego [8]

1. przełącznik wyboru funkcji pracy kotła, 2. wybierak temperatury wody grzewczej c.o. , 3. wyświetlacz, 6. wybierak temperatury wody użytkowej

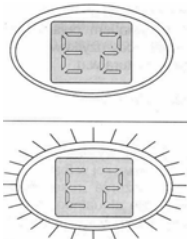
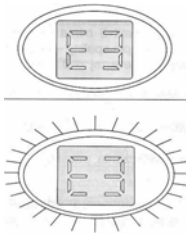
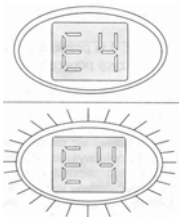
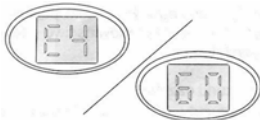
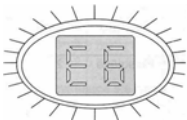


Komunikaty wyświetlane są z zachowaniem priorytetu ich ważności dla bezpieczeństwa użytkownika. Stany zadziałania zabezpieczającego (po których kocioł powróci sam do pracy) sygnalizowane są światłem ciągłym. Stany wyłączenia z blokadą, po których kocioł nie wraca sam do pracy, sygnalizowane są pulsowaniem symboli.

**Tab. 4.3.** Wybrane komunikaty wyświetlane na panelu sterowania informujących o błędach działania kotła oraz metody usuwania błędów [8]

| Informacja prezentowana na wyświetlaczu                                             | Opis uszkodzenia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Metoda naprawy                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Podczas uruchamiania kotła nie pojawia się płomień na palniku- zadziała zabezpieczenie i na panelu wyświetlony będzie symbol E1. Następują maksymalnie 3-krotne samoistne próby ponownego zapłonu, podczas których wyświetlany jest symbol E1 światłem stałym. Jeżeli po tych próbach nadal nie pojawi się płomień, to zadziała zabezpieczenie z blokadą i symbol E1 wyświetlany na panelu sterującym przejdzie w stan pulsujący, sygnalizując wyłączenie kotła z blokadą. Powodem pulsowania symbolu E1 może być brak gazu lub niewłaściwe podłączenie przewodów zasilających kocioł.</p> | <p>1.otworzyć zawór doprowadzający gaz do kotła</p> <p>2.zamienić między sobą podłączenie przewodów L i N w gnieździe sieciowym</p> |



|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Wyświetlany symbol E2 oznacza wyłączenie zabezpieczające spowodowane zbyt wysoką temperaturą wody grzewczej przed rozpoczęciem grzania. Rozwarcie styków ogranicznika temperatury wody grzewczej w czasie dłuższym niż 30 minut spowoduje wyłączenie z blokadą sygnalizowane pulsującym sygnałem E2. Z chwilą, gdy temperatura wody w wymienniku ciepła spaliny-woda osiągnie w czasie pracy wartość <math>95^{\circ}\text{C} \pm 3,5</math>, zadziała zabezpieczenie przed przekroczeniem górnej granicznej temperatury wody grzewczej. Objawi się to pulsowaniem symbolu E2 na panelu sterowania sygnalizując wyłączenie kotła z blokadą.</p> | <p>- odczekać, aż temperatura wody obniży się</p>                                                                                                                                                                                                                                           |
|   | <p>Zadziałanie zabezpieczenia przed wypływem spalin do pomieszczenia nastąpi z chwilą, gdy w przewodzie kominowym wystąpi brak podciśnienia lub nastąpi przerwa w obwodzie czujnika ciągu sygnalizowana na panelu sterowania symbolem E3. Po wyłączeniu kotła przez zabezpieczenie po czasie ok. 15 minut sterownik samoczynnie podejmie próbę ponownego uruchomienia. Kiedy w czasie do 30 min. kocioł nie zostanie uruchomiony, nastąpi wyłączenie z blokadą i wyświetlany symbol E3 przejdzie w stan pulsowania.</p>                                                                                                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. zgłosić sprawdzenie prawidłowości ciągu kominowego do Zakładu Kominiarskiego</li> <li>2. nie wyłączać z działania zabezpieczenia przed brakiem ciągu kominowego</li> <li>3. nie dokonywać samowolnie żadnych zmian przy zabezpieczeniu</li> </ol> |
|  | <p>Zwarcie lub uszkodzenie w obwodzie czujnika NTC temperatury wody grzewczej sygnalizowane jest wyświetlaniem symbolu E4. Utrzymujący się ten stan przez okres dłuższy niż 30 min. spowoduje wyłączenie kotła z blokadą, a symbol E4 przejdzie w stan pulsowania.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>- wezwać Autoryzowany Serwis Firmowy w celu wymiany czujnika NTC</p>                                                                                                                                                                                                                     |
|  | <p>Uszkodzenie w obwodzie czujnika NTC temperatury wody użytkowej sygnalizowane jest wyświetlaniem na zmianę co 3 sekundy symbolu E4 i temperatury wody grzewczej (w czasie poboru wody użytkowej)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>- wezwać Autoryzowany Serwis Firmowy w celu wymiany czujnika NTC</p>                                                                                                                                                                                                                     |
|  | <p>Pulsowanie symbolu E6 oznacza awarię w układzie elektronicznym kotła</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>- wezwać Autoryzowany Serwis Firmowy w celu wymiany układu elektronicznego</p>                                                                                                                                                                                                           |

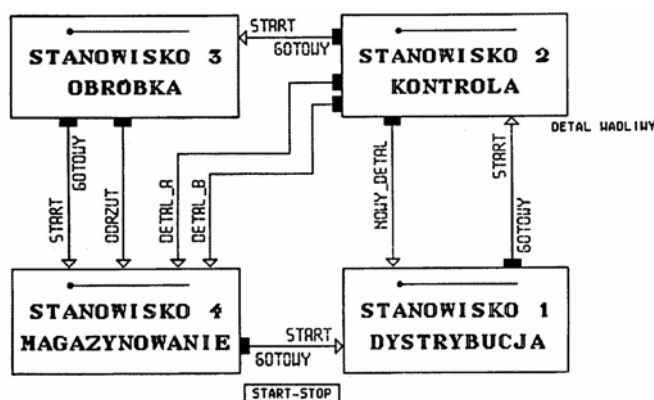
## Diagnostyka systemów mechatronicznych w oparciu o system MPS

System MPS jest dydaktycznym stanowiskiem laboratoryjnym – systemem mechatronicznym – symulującym typowe operacje, charakterystyczne dla przemysłowych procesów wytwórczych. Zawiera elektryczne i elektropneumatyczne układy wykonawcze oraz czujniki binarne i analogowy, a także sterowniki PLC umożliwiające sterowanie elementów wykonawczych. Elementy wykonawcze oraz czujniki binarne generują lub odbierają sygnały dwuwartościowe (0 lub 1) co pozwala na podłączenie układu do sterowników PLC. Dzięki zastosowaniu programu komputerowego ViP możliwa jest wizualizacja i symulacja działania systemu.

W skład zestawu MPS wchodzi cztery stanowiska:

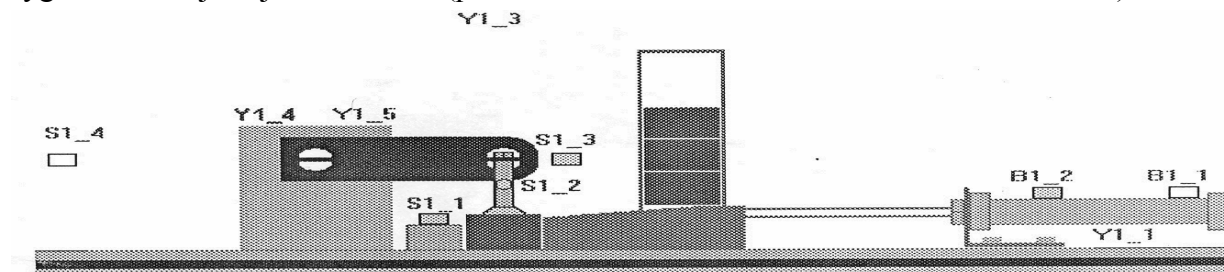
- stanowisko 1 – DYSTRYBUCJA,
- stanowisko 2 – KONTROLA,
- stanowisko 3 – OBRÓBKA,
- stanowisko 4 – MAGAZYNOWANIE.

Każde stanowisko realizuje pewne, charakterystyczne dla siebie operacje na detalach „przetwarzanych” przez system. Każdy detal transportowany jest przez kolejne stanowiska, oprócz tych detali, które zostaną uznane przez system za wadliwe. Detale wadliwe usuwane są poza system. Poszczególne stanowiska połączone są strukturalnie i programowo zgodnie z zasadą przedstawioną na rys. 4.23.



Rys. 4.23 . Schemat połączeń pomiędzy stanowiskami systemu MPS [10]

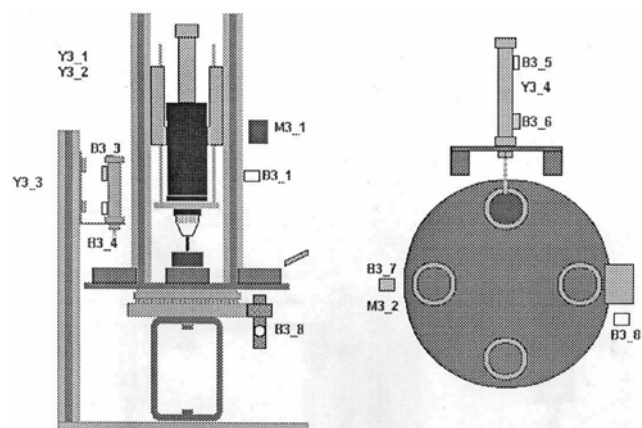
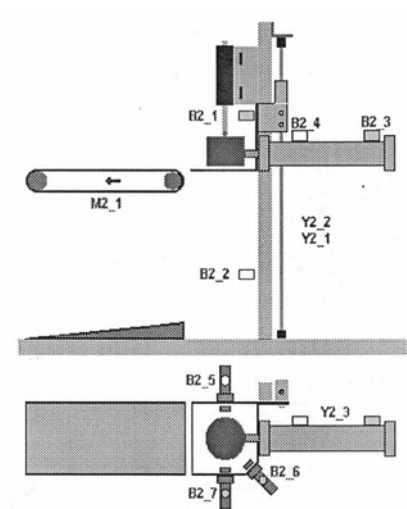
Działanie stanowiska 1 – DYSTRYBUCJA (rys.4.24) polega na przesunięciu przy pomocy siłownika pneumatycznego detalu z magazynu opadowego do położenia sygnalizowanego czujnikiem S1-1, a następnie przemieszczeniu za pomocą siłownika obrotowego do pozycji sygnalizowanej czujnikiem S1-4 (przekazanie detalu do stanowiska 2 – KONTROLA).



Rys. 4. 24. Struktura stanowiska 1 – DYSTRYBUCJA [10]

Działanie stanowiska 2 – KONTROLA (rys. 4.25) rozpoczyna się po odebraniu od stanowiska 1 detalu położonego na platformę znajdującą się w dolnym położeniu. Dokonane jest rozpoznanie rodzaju materiału detalu (dzięki sensorom B 2-5, B 2-6, B 2-7). Informacja o rodzaju materiału przekazywana jest do stanowiska 4 – MAGAZYNOWANIE. Detal

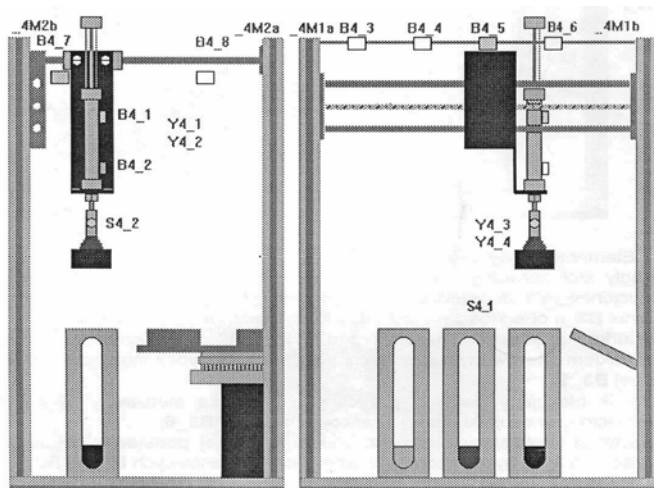
podnoszony jest do położenia górnego, gdzie za pomocą sensora analogowego dokonywany jest pomiar jego wysokości. Detal o prawidłowej wysokości jest spychany na transporter taśmowy (przekazany do stanowiska 3 – OBRÓBKA. Detal o nieprawidłowej wysokości jest opuszczany do położenia dolnego, spychany z platformy i w ten sposób usuwany z systemu.



**Rys. 4. 25.** Struktura stanowiska 2 – KONTROLA [10]    **Rys. 4. 26.** Struktura stanowiska 3 – OBRÓBKA [10]

Działanie stanowiska 3 – OBRÓBKA (rys.4.26) rozpoczyna się po dostarczeniu przez transporter detalu i złożeniu w gnieździe stołu obrotowego. Stół wykonuje obrót i przemieszcza detal pod wiertarkę, gdzie następuje symulacja procesu wiercenia otworu w detalu. Kolejny obrót stołu umożliwia przemieszczenie detalu do miejsca sprawdzenia wykonania otworu. Rezultat tego sprawdzenia przekazywany jest do stanowiska 4 – MAGAZYNOWANIE i umożliwia zmagazynowanie detalu w magazynie detali dobrych lub odrzucenie jako złego.

Działanie stanowiska 4 – MAGAZYNOWANIE (rys.4.27) polega na uchwyceniu przyssawką detalu znajdującego się na stole obrotowym i przełożeniu do właściwego magazynu lub odrzucenie wadliwego detalu.



**Rys. 4.27.** Struktura stanowiska 4 – MAGAZYNOWANIE [10]

Na rys. od 4.24 do 4.27 zamieszczone są oznaczenia sensorów określających stan poszczególnych elementów struktury stanowiska MPS (np.B2-1. S1-4, itp.) oraz oznaczenia

sygnałów wykonawczych ( np. Y1-1, Y2-2, itp.). Dokładne objaśnienie ich znaczenia zamieszczone jest w instrukcji obsługi stanowiska MPS.

Diagnostykę systemu można przeprowadzać dzięki:

- 1) obserwacji stanu poszczególnych sensorów oraz elementów wykonawczych sygnalizowanych diodami oraz lampkami zamontowanymi w listwie podłączeń elektrycznych,
- 2) analizie programu sterowania sterownika PLC, gdzie wyświetlane są stany logiczne wszystkich sygnałów występujących w systemie,
- 3) wykorzystaniu programu ViP umożliwiającego wizualizację oraz symulację pracy zaprogramowanego cyklu pracy systemu.

W trybie symulacji możliwa jest informacja o błędnie wykonanych ruchach elementów stanowiska, można również symulować awarie poszczególnych sensorów.

**Lokalizacja uszkodzeń** jest to kontrola prowadzona po stwierdzeniu, że obiekt jest niezdatny i należy ustalić przyczynę (źródło) tego stanu. Zazwyczaj czyni się założenie, że w obiekcie istnieje tylko jedno uszkodzenie. Jeśli istnieje ich więcej to po wykryciu pierwszego obiekt jest nadal uszkodzony i ponownie poszukuje się uszkodzenia. Celem procesu diagnozowania jest w tym przypadku ustalenie, który z elementów obiektu nie spełnia wymagań oraz z jakich przyczyn. Przebieg procesu lokalizacji uszkodzeń zależy zatem od:

- liczby rozróżnianych elementów w obiekcie (głębokości lokalizacji),
- kolejności badanych właściwości i kolejności punktów kontrolnych, w których dokonuje się badania.

Bezpośrednim następstwem procesu lokalizacji uszkodzeń jest proces naprawy. Diagnoza uzyskiwana w wyniku lokalizacji uszkodzenia powinna być dyrektywą do dalszego postępowania z obiektem (co i jak naprawiać?). Z tych względów decydujące znaczenie dla planowania i przebiegu procesu lokalizacji uszkodzeń mają możliwości systemu obsługiwanego i jego ograniczenia związane z właściwościami obiektu.

Metodyka lokalizacji uszkodzeń powinna być wcześniej przygotowana i przedstawiona w odpowiedniej formie w instrukcji obsługi (w dokumentacji techniczno-ruchowej). Powinna zawierać :

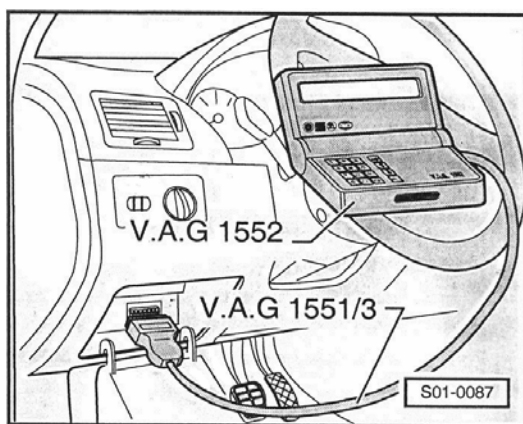
- ustalenie metody prowadzenia kontroli (aktywna lub bierna, torów sprawdzeń lub poszczególnych elementów),
- zestawienie kryteriów (lub wybranie jednego z nich) umożliwiających optymalizację procesu lokalizacji uszkodzeń,
- opracowanie algorytmu postępowania przy lokalizacji uszkodzeń.

Bierna metoda kontroli polega na sprawdzeniu zgodności wartości parametrów poszczególnych elementów z wartościami określającymi ich stan zdatności. Niezgodność jest objawem uszkodzenia i stanowi podstawę zastąpienia elementu innym lub oddania go do naprawy.

Metoda aktywna polega na wprowadzeniu na wejścia elementu (lub całego obiektu) określonych wymuszeń (sygnałów testujących) i obserwacji reakcji elementu na wyjściu. Metoda ta pozwala objąć podczas jednego sprawdzenia kilku elementów, by drogą eliminacji dojść do elementu uszkodzonego. Metoda kontroli poszczególnych elementów (aktywna lub pasywna) polega na sprawdzeniu oddzielnie każdego elementu (wynikającego z głębokości lokalizacji). Natomiast kontrola torów sprawdzeń obejmuje kilka elementów jednocześnie, których stan ma wpływ na wynik sprawdzenia. Zlokalizowanie w torze sprawdzenia elementu uszkodzonego wymaga specjalnych procedur, ale znacznie skraca czas trwania procesu.

### Przykład lokalizacji błędów silnika samochodu ŠKODA FABIA

Lokalizacji błędów dokonuje się za pomocą testera V.A.G. 1552, Po podłączeniu testera do złącza diagnostycznego samochodu (rys. 4.28), w zależności od funkcji, która ma być wywołana należy załączyć zapłon lub włączyć silnik, a następnie przeprowadzić procedurę połączenia testera ze sterownikiem silnika oraz uruchomienia programu testującego (zgodnie z zapisami w instrukcji). Po wykonaniu testu systemów silnika na wyświetlaczu testera pojawiają się informacje o wykrytych błędach (jeżeli takie zostały wykryte). Naciskanie przycisku → powoduje wyświetlanie kolejnych wykrytych błędów.



Rys. 4.28. Sposób podłączenia testera V.A.G. 1552 do złącza diagnostycznego samochodu [9]

W tabeli 4.4 zamieszczone są przykładowe błędy związane z funkcjonowaniem silnika oraz sposób ich usunięcia.

Tabela 4.4. Przykładowe błędy działania silnika i sposób ich usuwania [9]

| Informacja na VAG 1552                   |                      | Możliwa przyczyna błędu                                                                                                                                                                                                   | Możliwe skutki                                                                                                                                                                    | Usuwanie błędu                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16500<br>czujnik temperatury silnika G62 | Niewiarygodny sygnał | -czujnik temperatury silnika G62 wytwarza niewiarygodny sygnał na skutek luźnego styku lub korozji wskutek wilgoci w złączu<br>-G62 uszkodzony<br>-uszkodzone wejście sygnału w sterowniku silnika (uszkodzony sterownik) | -utrudniony rozruch zimnego silnika w bardzo niskiej temperaturze<br>-zakłócenia w jeździe podczas rozgrzewania silnika<br>-zwiększone zużycie paliwa<br>-pogorszony skład spalin | -odczytać bok wartości pomiarowych, wyświetlana grupa 004, pole 3⇒ rozdz.01-5<br>-sprawdzić czujnik temperatury silnika G62 ⇒ rozdz.24-2<br>-wymienić sterownik silnika⇒ rozdz.24-8 |

|                                                |                         |                                                                                          |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16500<br>czujnik<br>temperatury<br>silnika G62 | Sygnal<br>zbyt<br>słaby | -zwarcie masy<br>-uszkodzony czujnik<br>temperatury silnika G62                          | -utrudniony rozruch<br>zimnego silnika<br>w bardzo niskiej<br>temperaturze<br>-zakłócenia w jeździe<br>podczas rozgrzewania<br>silnika<br>-zwiększone zużycie<br>paliwa<br>- pogorszony skład<br>spalin | -odczytać bok<br>wartości<br>pomiarowych,<br>wyświetlana grupa<br>004, pole 3⇒<br>rozd.01-5<br>-sprawdzić czujnik<br>temperatury silnika<br>G62 ⇒ rozdz.24-2 |
| 16500<br>czujnik<br>temperatury<br>silnika G62 | Sygnal<br>zbyt duży     | -zwarcie do plusa<br>-przerwa przewodu<br>-uszkodzony czujnik<br>temperatury silnika G62 | -utrudniony rozruch<br>zimnego silnika<br>w bardzo niskiej<br>temperaturze<br>-zakłócenia w jeździe<br>podczas rozgrzewania<br>silnika<br>-zwiększone zużycie<br>paliwa<br>- pogorszony skład<br>spalin | -odczytać bok<br>wartości<br>pomiarowych,<br>wyświetlana grupa<br>004, pole 3⇒<br>rozd.01-5<br>-sprawdzić czujnik<br>temperatury silnika<br>G62 ⇒ rozdz.24-2 |

### **Zasady bezpieczeństwa i higieny pracy podczas diagnozowania**

Pomiary diagnostyczne urządzeń i systemów mechatronicznych dokonywane mogą być bez konieczności demontażu diagnozowanych podzespołów, często w czasie ich działania, dlatego osoby przeprowadzające pomiary mogą być narażone na negatywne oddziaływania ze strony obiektu badań oraz środowiska, w którym odbywają się badania. (tab.4.5).

Personel przeprowadzający pomiary diagnostyczne powinien być przeszkolony w zakresie przestrzegania przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczących określonych stanowisk. Ogólne przepisy bhp zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Negatywne skutki zagrożeń można wyeliminować lub ograniczyć dzięki stosowaniu odzieży oraz sprzętu ochronnego, a także przestrzeganie przepisów bhp dotyczących obsługi poszczególnych urządzeń oraz stanowisk pracy. Ze względu na dużą różnorodność nie podajemy szczegółowych przepisów bhp, lecz wybrane ogólne zasady zawarte w wymienionym powyżej rozporządzeniu.

1. Maszyny i inne urządzenia techniczne powinny spełniać wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy. określone w odrębnych przepisach, przez cały okres ich użytkowania.
2. Montaż, demontaż i eksploatacja maszyn, w tym ich obsługa, powinny odbywać się przy zachowaniu wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii, uwzględniających instrukcje zawarte w dokumentacji techniczno-ruchowej.
3. Każda maszyna powinna być wyposażona w element sterowniczy przeznaczony do jej całkowitego i bezpiecznego zatrzymywania.
4. Gdy jest to konieczne w związku z zagrożeniami, maszyna powinna być wyposażona w urządzenie do zatrzymywania awaryjnego.
5. Elementy sterownicze maszyn mające wpływ na bezpieczeństwo muszą być widoczne i możliwe do zidentyfikowania oraz oznakowane zgodnie z wymaganiami określonymi w Polskich Normach.

**Tabela 4. 5.** Rodzaje zagrożeń występujących podczas obsługi i eksploatacji urządzeń

| Zagrożenia  |                                              |                                         | Najczęściej zagrożone części ciała |       |      |               |                 |                |      |                |      |       |                     |             |
|-------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|-------|------|---------------|-----------------|----------------|------|----------------|------|-------|---------------------|-------------|
|             |                                              |                                         | Głowa                              |       |      |               |                 | Kończyny górne |      | Kończyny dolne |      | Inne  |                     |             |
|             |                                              |                                         | Czaszka                            | Twarz | Oczy | Narząd słuchu | Drogi oddechowe | Dłonie         | Ręce | Stopy          | Nogi | Skóra | Tułów, w tym brzuch | Drogi rodne |
| 1           |                                              |                                         | 2                                  | 3     | 4    | 5             | 6               | 7              | 8    | 9              | 10   | 11    | 12                  | 13          |
| Fizyczne    | Mechaniczne                                  | Upadki z wysokości                      | X                                  |       |      |               |                 | X              | X    |                | X    |       |                     |             |
|             |                                              | Wybuchy, uderzenia wstrząsy, zgniecenia | X                                  |       |      | X             |                 | X              | X    | X              | X    | X     | X                   |             |
|             |                                              | Przekłucia, przecięcia, otarcia         |                                    |       | X    | X             |                 | X              | X    | X              | X    | X     | X                   |             |
|             |                                              | Poślizgnięcia, upadki                   |                                    |       |      |               |                 | X              |      | X              | X    |       |                     |             |
|             |                                              | Drgania, wibracja                       |                                    |       |      |               |                 | X              | X    | X              |      |       |                     |             |
|             | Termiczne                                    | Wysoka temperatura, ogień               |                                    | X     | X    |               | X               | X              | X    | X              | X    | X     |                     |             |
|             |                                              | Zimno                                   |                                    | X     |      | X             | X               | X              |      | X              |      | X     |                     |             |
|             | Elektryczne                                  |                                         | X                                  | X     |      |               |                 | X              |      | X              |      | X     |                     |             |
|             | Promieniowanie                               | Jonizujące                              |                                    | X     | X    |               |                 | X              |      | X              |      |       | X                   | X           |
|             |                                              | Niejonizujące                           |                                    | X     | X    |               |                 | X              |      |                |      | X     |                     |             |
| Hałas       |                                              |                                         |                                    |       | X    |               |                 |                |      |                |      |       |                     |             |
| Chemiczne   | Aerozole                                     | Pyły, włókna                            |                                    |       | X    |               | X               |                |      |                |      | X     |                     |             |
|             |                                              | Dymy                                    |                                    |       | X    |               | X               |                |      |                |      |       |                     |             |
|             |                                              | Mgła                                    |                                    | X     | X    |               |                 | X              |      |                |      | X     |                     |             |
|             | Płyny                                        | Zanurzenie                              |                                    |       |      |               |                 | X              |      | X              | X    |       |                     |             |
|             |                                              | Chłapanie,pryskanie                     |                                    | X     | X    |               |                 | X              | X    | X              | X    | X     | X                   |             |
| Gazy, pary  |                                              |                                         | X                                  | X     |      | X             |                 |                |      |                |      |       |                     |             |
| Biologiczne | Szkodliwe bakterie                           |                                         |                                    | X     | X    |               | X               | X              |      | X              |      | X     |                     |             |
|             | Szkodliwe wirusy                             |                                         |                                    |       |      |               | X               | X              |      | X              |      | X     |                     |             |
|             | Grzyby                                       |                                         |                                    |       | X    |               | X               |                |      | X              |      | X     |                     |             |
|             | Biologiczne antygeny inne niż mikroorganizmy |                                         |                                    |       |      |               |                 |                |      |                |      | X     |                     |             |
|             | Pierwotniaki i zwierzęta bezkręgowce         |                                         |                                    |       |      |               | X               |                |      |                |      | X     |                     |             |

- Elementy sterownicze nie mogą stwarzać jakichkolwiek zagrożeń, w szczególności spowodowanych ich niezamierzonym użyciem.
- Maszyny wielostanowiskowe powinny być wyposażone w urządzenia sygnalizacji dźwiękowej lub świetlnej, automatycznie wysyłające sygnały uprzedzające o uruchomieniu maszyny. Sygnały powinny być odbierane na wszystkich stanowiskach pracy przy danej maszynie.

8. Elementy ruchome i inne części maszyn, które w razie zetknięcia się z nimi stwarzają zagrożenie; pasy, łańcuchy, taśmy, koła zębate i inne elementy układów napędowych oraz części maszyn zagrażające spadnięciem, znajdujące się nad stanowiskami pracy, powinny być osłonięte (usytuowanie osłon powinno być zgodne z PN).
9. Urządzenia powinny być wyposażone w urządzenia ochronne, co ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa dla osób oraz środowiska. Szczegółowe wymagania dla urządzeń ochronnych określają Polskie Normy.

Zasady bhp obowiązujące podczas eksploatacji, obsługi i badań urządzeń i systemów mechatronicznych zawarte są w jednostce modułowej 311[50].O1.02 Przestrzeganie zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Dokumentacja diagnozowania powinna być prowadzona w postaci kart diagnostycznych, w których powinny znaleźć się następujące informacje:

- 1) trendy symptomów stanu urządzenia diagnozowanego oraz ich prognozy,
- 2) terminy i zakresy obsługi urządzeń,
- 3) status ruchu urządzenia (postój, ruch, ½ obciążenia),
- 4) termin i zakres przyszłego diagnozowania.

#### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega diagnozowanie usługowe?
2. Co jest główną przyczyną uszkodzeń elementów układów hydraulicznych?
3. Symptodem jakiej niesprawności jest wzrost spadku ciśnienia na filtrze w układzie hydraulicznym?
4. Które parametry diagnostyczne układów hydraulicznych można rozpoznawać metodą obserwacji prostej?
5. Określ zakres diagnozowania pneumatycznej sieci przesyłowej.
6. Jaki jest cel stosowania programów symulacyjnych dla potrzeb diagnozowania pracy obrabiarek CNC?
7. Na czym polega strategia diagnostyki urządzeń i systemów mechatronicznych?
8. Objasnij założenia metodyki lokalizowania uszkodzeń urządzeń i systemów mechatronicznych.
9. Na czym polega metoda aktywna lokalizacji uszkodzeń?
10. Objasnij istotę metody pasywnej lokalizacji uszkodzeń.

#### 4.2.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Na wyświetlaczu panelu sterowania kotła centralnego ogrzewania TERMET MiniMax Plus pojawił się pulsujący symbol E1. Określ rodzaj niesprawności sygnalizowanej przez ten symbol oraz sposób postępowania w celu jej usunięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w instrukcji obsługi i użytkownika kotła,
- 4) ćwiczenie wykonać indywidualnie,
- 5) w karcie sprawozdania z wykonania ćwiczenia scharakteryzować niesprawność oraz sposób jej usunięcia.



- Wypożyczenie stanowiska pracy:
- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
  - instrukcja obsługi i użytkowania kotła centralnego ogrzewania TERMET MiniMax Plus.

## Ćwiczenie 2

W czasie diagnozowania układu hydraulicznego po wykonaniu pomiarów stwierdzono, że prędkość ruchu tłoczyska siłownika dwustronnego działania jest mniejsza od wartości nominalnej, a ciśnienie zasilania siłownika jest prawidłowe. Określ rodzaj niesprawności sygnalizowanej przez te symptomy oraz sposób postępowania w celu jej usunięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w dokumentacji techniczno- ruchowej (lub instrukcji obsługi i użytkowania) siłownika,
- 4) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3-4 – osobowej,
- 5) zapisać rezultaty dyskusji w sprawozdaniu z ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- dokumentacja techniczno- ruchowa (lub instrukcja obsługi i użytkowania) siłownika.

### 4.2.4. Sprawdzian postępów

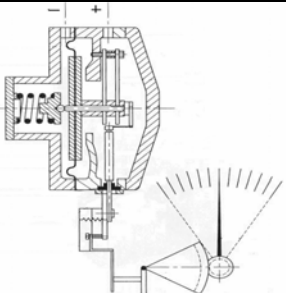
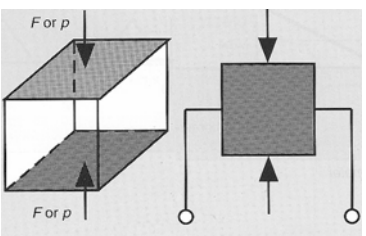
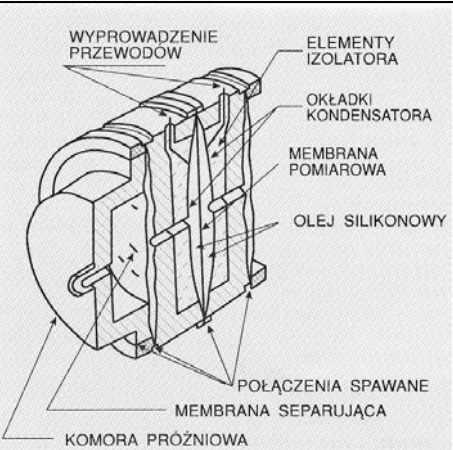
|                                                                                                                                 | Tak                      | Nie                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Czy potrafisz:</b>                                                                                                           |                          |                          |
| 1) posłużyć się instrukcją serwisową podczas lokalizacji uszkodzeń urządzeń i systemów mechatronicznych?                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) określić sposób wykorzystania informacji uzyskanych dzięki wykonaniu pomiarów parametrów diagnostycznych?                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) sformułować strategię diagnozowania urządzeń pneumatycznych?                                                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) wyjaśnić znaczenie parametrów roboczych urządzeń i systemów mechatronicznych dla procesu diagnozowania?                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wyjaśnić znaczenie parametrów roboczych dla procesu diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych?                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) określić rodzaj i zakres napraw urządzeń i systemów mechatronicznych na podstawie przeprowadzonych pomiarów diagnostycznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

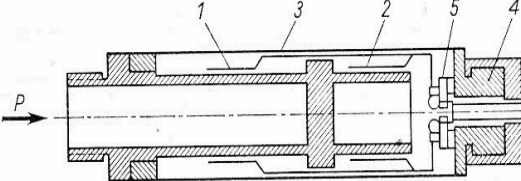
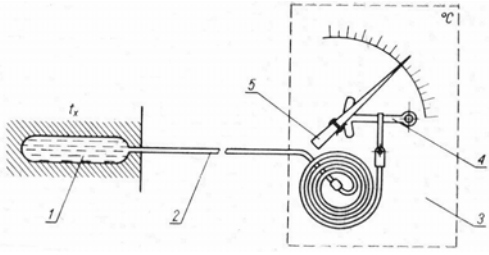
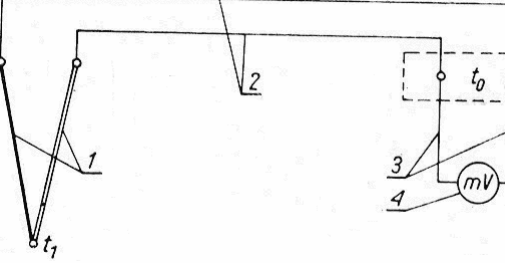
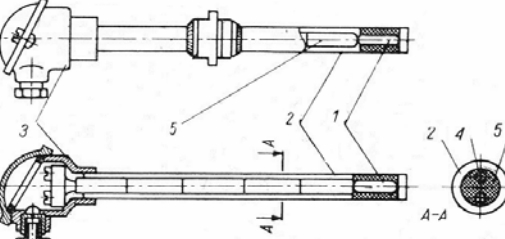
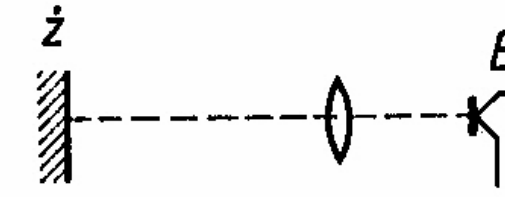
## 4.3. Pomiary diagnostyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych

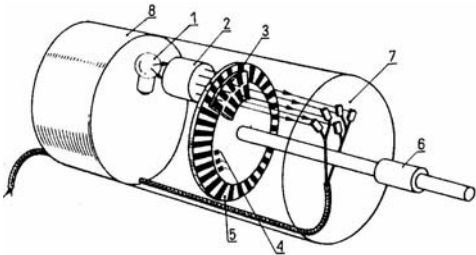
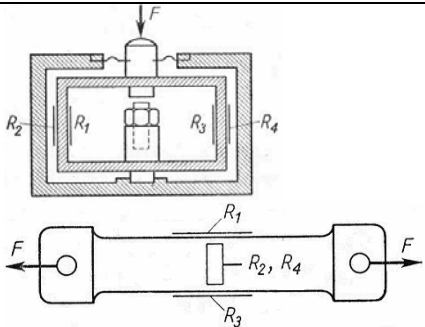
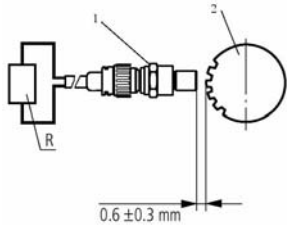
### 4.3.1. Materiał nauczania

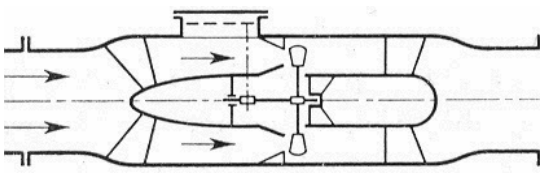
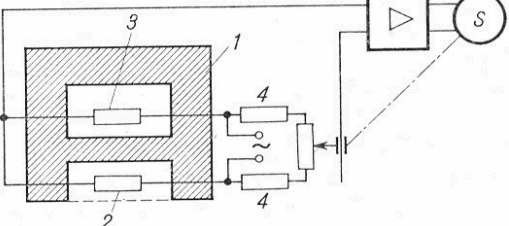
Ważnym źródłem informacji o stanie urządzeń i systemów mechatronicznych, które są niezbędne do przeprowadzenia diagnozy są pomiary diagnostyczne. Dokonywane są pomiary wartości parametrów roboczych oraz towarzyszących. Ze względu na dużą różnorodność parametrów diagnostycznych w tab.4.6 przedstawione zostały przykładowe urządzenia do pomiarów wartości wybranych wielkości fizycznych.

**Tabela 4.6.** Zasady działania wybranych przyrządów pomiarowych do pomiarów diagnostycznych elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych

|                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pomiary ciśnienia |   | Manometry sprężyste wykorzystują zasadę odkształcenia elementu sprężystego (np. membrany, rurki Bourdona) w zależności od działającego ciśnienia. Odkształcenie elementu sprężystego przekazywane jest za pomocą zespołu dźwigni do wskazówki.                                       |
|                   |  | Czujniki wykorzystujące zjawisko piezoelektryczne. Jeżeli kryształ kwarcu poddany będzie działaniu siły $F$ (lub ciśnienia) to w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny działania siły wytworzy się różnica potencjałów elektrycznych, która jest proporcjonalna do wartości siły. |
|                   |  | Pojemnościowy przetwornik różnicy ciśnień. Mierzona różnica ciśnień, działająca poprzez przepony izolujące powoduje przemieszczenie membrany pomiarowej, co zmienia jej pojemność w stosunku do okładek kondensatora i wytwarza sygnał proporcjonalny do różnicy ciśnień.            |

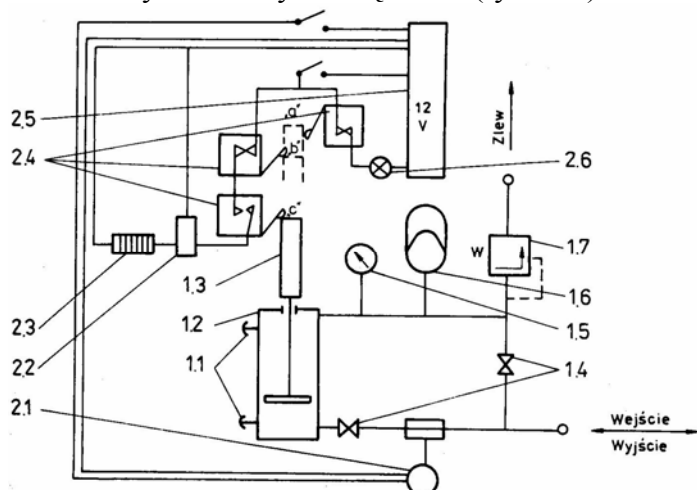
|                     |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                     | <p>Przetworniki manometryczne do pomiaru ciśnień 10 do 2000 bar stanowią mostki tensometryczne naklejone na ścianie cylindrycznego naczynia, do którego wnętrza doprowadzone jest mierzone ciśnienie. Tensometry kompensujące temperaturę naklejone są na część tulei nie poddanej działaniu ciśnienia.</p>                                                                         |
| Pomiary temperatury |                     | <p>W termometrach cieczowych wykorzystana jest zależność pomiędzy ciśnieniem substancji zawartej w hermetycznie zamkniętym układzie czujnika 1 i kapilary 2, a temperaturą <math>t</math> otoczenia czujnika. Ciśnienie to poprzez układ dźwigni 4 przekazywane jest do wskazówki 5.</p>                                                                                            |
|                     |                    | <p>W termometrze termoelektrycznym wykorzystano zjawisko powstawania prądu elektrycznego (siły termoelektrycznej) w zamkniętym obwodzie złożonym z przewodów o różnych właściwościach termoelektrycznych w zależności od różnicy temperatur <math>t_1</math> oraz <math>t_0</math>.</p>                                                                                             |
|                     |                   | <p>W termometrach oporowych wykorzystano zjawisko zmiany rezystancji czujnika 1 pod wpływem zmian temperatury otoczenia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                     | <p>Pirometry</p>  | <p>Każde ciało o temperaturze powyżej zera absolutnego emituje energię w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Zmiana temperatury powoduje zmianę intensywności promieniowania. Energia emitowana przez ciało, którego temperatura ma być mierzona jest odbierana przez fotodetektory (np. fotodiody, fotorezystory) i przekształcana na standardowy sygnał elektryczny.</p> |

|                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |    | <p>Fotoelektryczne przetworniki impulsowe mogą być wykorzystywane do pomiaru przemieszczenia kąowego (przetwornik obrotowo – impulsowy) oraz przemieszczenia liniowego (liniał kreskowy). Tarcza kodowa 3 z naniesionymi kreskami sprzężona jest z elementem obrotowym 6. W zależności od położenia tarczy kodowej do detektora 7 docierają impulsy świetlne pochodzące od nadajnika promieniowania 2.</p>                                                               |
| Siła              |   | <p>Tensometryczny przetwornik siły-<br/>-siła mierzona <math>F</math> oddziałuje na element sprężysty powodując jego odkształcenie sprężyste. Tensometry <math>R_1, R_2, R_3, R_4</math> służą do pomiaru odkształceń elementu sprężystego zależnych od wartości działającej siły.</p>                                                                                                                                                                                   |
| Prędkość obrotowa |  | <p>Zasada działania impulsowych indukcyjnościowych sensorów prędkości. Na elemencie wirującym umieszczona jest tarcza z naciętymi zębami 2. Impulsowy sensor indukcyjnościowy 1 (sensor indukcyjnościowy zbliżeniowy) usytuowany jest w niewielkiej odległości od obwodu tarczy. Poszczególne zęby przemieszczając się w pobliżu powierzchni czołowej sensora powodują wzbudzenie impulsów, których częstotliwość jest proporcjonalna do prędkości obrotowej tarczy.</p> |

|                     |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natężenie przepływu |  | <p>Przepływomierz turbinowy składa się z czujnika przepływu (montowanego w rurociągu) i miernika elektronicznego. Czujnik przepływu to cylindryczny korpus z ułożyskowaną wewnątrz osiowo turbiną. Prędkość obrotowa turbiny jest proporcjonalna do prędkości przepływu cieczy. Do zewnętrznej powierzchni korpusu czujnika przymocowana jest cewka pomiarowa, w której wytwarzane jest zmienne napięcie o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości obrotowej turbiny.</p> |
| Wilgotność          |  | <p>W higrometrach oporowych wykorzystana jest zasada zmiany oporu wilgotnych ciał higroskopijnych. W układzie higrometru oporowego oprócz rezystora pomiarowego 2 występuje rezystor kompensujący temperaturę 3. Dzięki układowi mostkowemu wartość wilgotności zamieniana jest na sygnał elektryczny.</p>                                                                                                                                                                    |

### Przykład pomiaru diagnostycznego podzespołu hydraulicznego.

Podczas pomiaru sprężona ciecz robocza zmagazynowana w akumulatorze powoduje przesunięcie tłoka i przetłoczenie dawki pomiarowej cieczy roboczej przez nieszczelności badanego zespołu. Czas przetłaczania mierzony jest automatycznie w zakresie 0-55 godzin. Wymaganą w czasie pomiaru temperaturę oleju uzyskuje się przez odpowiednie sterowanie układem hydraulicznym urządzenia (rys.4.29).



**Rys. 4.29.** Schemat układu do pomiaru przecieków wewnętrznych w podzespołach hydraulicznych (bez demontażu podzespołu) [1]

Obwód hydrauliczny: 1.1. – zawory odpowietrzające  
1.2. – cylinder z tłokiem  
1.3. – krzywka sterująca  
1.4. – zawory odcinające  
1.5. – manometry  
1.6. – akumulator hydrauliczny  
1.7. – zawór przelewowy

Obwód elektryczny: 2.1. – termometr  
2.2. – generator impulsów  
2.3. – licznik czasu  
2.4. – mikrowyłączniki  
2.5. – bateria  
2.6. – lampka kontrolna

Zasada pomiaru: pomiar czasu przecieku dawki pomiarowej 40 [cm<sup>3</sup>] oleju przy średnim ciśnieniu 7 [MPa] i temperaturze 50 ± 5[°C]

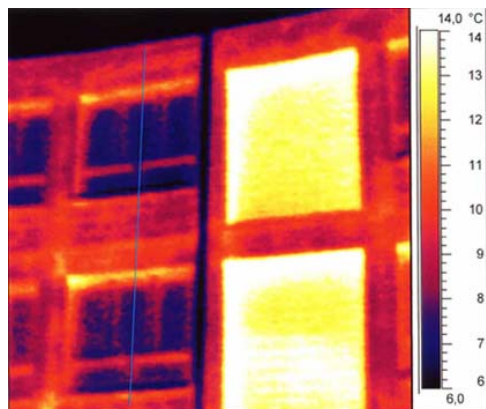
### Pomiary termowizyjne

Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania w paśmie podczerwieni, a jego intensywność zależy od temperatury, rodzaju materiału i cech powierzchni ciała. Promieniowanie podczerwone można odebrać za pomocą detektorów podczerwieni. Wykorzystuje się do tego zjawisko zamiany energii fali na ciepło (takim detektorem cieplnym jest bolometr) lub zjawisko fotoelektryczne polegające na zmianie natężenia lub napięcia elementu oświetlonego. Istnieje możliwość pokazania rozkładu promieniowania na powierzchni. Metoda badawcza polegająca na wizualizacji i rejestracji rozkładu temperatury na powierzchni obiektów zwana jest obrazowaniem termalnym lub termowizją. Tworzenie obrazu termowizyjnego (inaczej termogramu) polega na rejestracji przez kamerę promieniowania emitowanego przez obserwowany obiekt, a następnie przetworzeniu go na mapę temperatur (rys.4.30).



Rys. 4.30. Widok kamery termowizyjnej

Intensywność promieniowania podczerwonego jest proporcjonalna do jego temperatury. Z reguły, barwami jasnymi oznaczone są powierzchnie o wysokiej temperaturze, zaś kolorami ciemnymi o temperaturze niskiej (rys.4.31 oraz rys.4.32).[Pracownia Usług Termowizyjnych PW, [www.put.itc.pw.edu.pl](http://www.put.itc.pw.edu.pl)]



Rys. 4.31. Termogram budynku mieszkalnego



Rys. 4.32. Termogram i zdjęcie fotograficzne instalacji elektrycznej. Kolor żółty wskazuje wadliwy element

Termowizja ma szerokie zastosowanie, m. in.:

- obrazuje rozkład temperatury na elewacji budynku lub sieci ciepłowniczej i służy do wykrywania wad izolacji cieplnej budynków lub instalacji cieplnej,
- termowizja umożliwia kontrolę jakości przyłączy energetycznych i badanie stanu przewodów elektrycznych,
- do określania rozkładu temperatur w piecach i na ich powierzchni oraz do określania temperatury podczas walcowania,

- do badania jakości układów scalonych, poszukiwania uszkodzonych elementów w aparaturze elektronicznej i określanie rozprywu ciepła w obwodach drukowanych,
- do badania stanu łożysk i innych ciernych elementów.

#### **Systemy wizyjne**

W systemach wizyjnych stosowane są kamery wizyjne wykorzystujące naturalne oświetlenie obszaru działania. Obraz uzyskiwany z kamer jest dwuwymiarowy lub trójwymiarowy precyzyjnie pokazujący kształt, wielkość i położenie obiektu. Obraz uzyskiwany przez kamerę wizyjną poddawany jest analizie przez systemy komputerowe określające zmiany zachodzące w obiekcie obserwowanym przez kamerę. Systemy wizyjne mogą być pomocne np. do określania stopnia zużycia lub uszkodzenia narzędzi skrawających w obrabiarkach CNC.

### **4.3.2. Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Które cechy przyrządów pomiarowych decydują o zastosowaniu przyrządu do wykonania pomiaru?
2. Na czym polega metoda bezpośrednia pomiarów?
3. Jaka jest zasada pomiaru wilgotności higrometrem oporowym?
4. Objaśnij sposób działania manometru sprężystego.
5. Którego manometru użyjesz do pomiaru szybkozmiennej wartości ciśnienia (wybierz właściwą odpowiedź):
  - a. sprężystego,
  - b. piezoelektrycznego.
6. Przedstaw strukturę oraz zasadę działania tensometrycznego przetwornika siły.
7. Jaka jest zasada pomiarów termowizyjnych?
8. Jaki jest cel stosowania systemów wizyjnych w diagnozowaniu urządzeń i systemów mechatronicznych?

### **4.3.3. Ćwiczenia**

#### **Ćwiczenie 1**

Jednym z etapów diagnozowania układu hydraulicznego jest sprawdzenie stopnia zanieczyszczenia filtra cieczy roboczej. Dobierz rodzaj oraz parametry przyrządu umożliwiającego wykonanie tego sprawdzenia.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w dokumentacji techniczno-ruchowej (lub instrukcji obsługi i użytkowania) filtra cieczy roboczej,
- 4) z katalogu urządzeń pomiarowych stosowanych do diagnostyki układów hydraulicznych dobrać właściwy przyrząd pomiarowy,
- 5) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3-4 – osobowej,
- 6) w karcie sprawozdania z ćwiczenia zapisać nazwę oraz parametry przyrządu pomiarowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,

- dokumentacja techniczno- ruchowa (lub instrukcja obsługi i użytkowania) filtra cieczy roboczej,
- katalogi urządzeń pomiarowych stosowanych do diagnostyki układów hydraulicznych.

## Ćwiczenie 2

W czasie diagnozowania układu pneumatycznego po wykonaniu pomiarów stwierdzono, że prędkość ruchu tłoczyska siłownika dwustronnego działania jest mniejsza od wartości nominalnej, a ciśnienie zasilania siłownika jest prawidłowe. Prawdopodobną przyczyną tej niesprawności jest nieszczelność wewnątrz siłownika. Zaproponuj sposób dokonania pomiarów pozwalających zweryfikować tę tezę (dobierz przyrządy pomiarowe oraz zaproponuj strukturę układu pomiarowego).

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w dokumentacji techniczno-ruchowej (lub instrukcji obsługi i użytkowania) siłownika,
- 4) z katalogu przyrządów pomiarowych stosowanych w pomiarach diagnostycznych urządzeń pneumatycznych dobrać właściwe przyrządy pomiarowe,
- 5) sporządzić protokół z procesu diagnozowania,
- 6) ćwiczenie wykonać w grupie 3-4 – osobowej,
- 7) sporządzić sprawozdanie z wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- dokumentacja techniczno-ruchowa (lub instrukcja obsługi i użytkowania) siłownika,
- katalog przyrządów pomiarowych stosowanych w pomiarach diagnostycznych urządzeń pneumatycznych.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

|                                                                                                                                   | Tak                      | Nie                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Czy potrafisz:</b>                                                                                                             |                          |                          |
| 1) scharakteryzować własności metrologiczne przyrządów pomiarowych?                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) dobrać metodę pomiaru dla potrzeb dokonywania pomiarów diagnostycznych?                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) dobrać przyrządy pomiarowe dla potrzeb dokonywania pomiarów diagnostycznych?                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) posłużyć się przyrządami pomiarowymi do pomiarów diagnostycznych elementów i podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wykonać pomiary wybranych parametrów diagnostycznych ?                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



## 4.4. Oprogramowanie diagnostyczne w urządzeniach i systemach mechatronicznych

### 4.4.1. Materiał nauczania

Najbardziej ogólnie rozumiana diagnostyka techniczna swym zakresem obejmuje całokształt działań, związanych z:

1. obserwacją diagnostyczną obiektów diagnozowania,
2. przetwarzaniem danych zgromadzonych w procesie obserwacji diagnostycznej w celu uzyskania danych wejściowych do procesu rozumowania diagnostycznego,
3. prowadzeniem różnorodnych eksperymentów numerycznych,
4. rozumowaniem diagnostycznym, którego wynikami mogą być m.in. konkluzje (diagnozy), plany odpowiednich działań przywracających pełną użyteczność diagnozowanym obiektom (odtworzących stan eksploatacyjny) oraz inne działania o charakterze naprawczym i korygującym (np. szkolenia personelu, modernizacja użytkowanych maszyn i technologii),
5. udostępnianiem wyników rozumowania diagnostycznego odpowiedniemu gronu adresatów, a zwłaszcza osobom zarządzającym eksploatacją danej grupy środków technicznych.

Czynnikiem łączącym te wszystkie kroki w jedną całość jest potrzeba przetwarzania danych i informacji. Istnieje więc potrzeba stosowania nowoczesnych technologii informatycznych, które powinny wesprzeć diagnostów w realizacji badań diagnostycznych. Niektóre z nich zaprezentowane są poniżej.

**Systemy SCADA** (ang. Supervisory Control and Data Acquisition – Sterowanie Nadrzędne i Akwizycja Danych) są złożonymi systemami informatycznymi, wykorzystującymi technologie sieci przemysłowych i lokalnych, sterowników PLC, komputery i specjalizowane oprogramowanie stacji danych i klienckich. Przeznaczone są one do nadzorowania i kontrolowania stanu złożonych instalacji i obiektów przemysłowych. Umożliwiają nadzór nad wieloma ważnymi funkcjami i podzespołami obiektu w sposób zdalny. Sygnały procesowe są mierzone za pomocą czujników sprzężonych ze sterownikami PLC. Wartości pomiarowe przedstawia się na tzw. obrazach synoptycznych. Systemy te zazwyczaj posiadają także możliwość nadzorowania wartości dopuszczalnych i generowania alarmów. Wartości odczytywane z czujników są przechowywane w archiwalnych plikach systemu. System SCADA realizuje następujące funkcje:

- komunikację ze sterownikami, regulatorami,
- przetwarzanie zmiennych procesowych (obliczenia zmiennych niemierzalnych, bilanse, statystyka),
- oddziaływanie na proces (np. sterowanie ręczne z konsoli, zmiana wartości zadanych),
- kontrolę procesu i sygnalizację alarmów,
- archiwizację danych, raportowanie,
- wizualizację procesu w oparciu o schematy, wykresy,
- wymianę danych z innymi systemami oraz bazami danych.

#### **Systemy wizualizacji wyników pomiarów**

W celu zdiagnozowania stanu maszyny konieczne jest przeprowadzenie wielu kroków. Po przeprowadzeniu pomiarów i wstępnych analiz sygnałów diagnostycznych konieczna staje się ich prezentacja. Prezentacja wyników pomiarów i analiz może ułatwić lub utrudnić przeprowadzenie dalszego procesu wnioskowania. Dlatego też ważną rolę odgrywają systemy wizualizacji wyników pomiarów i analiz. Systemy wizualizacji wyników pomiarów bardzo

często związane są z systemami umożliwiającymi przeprowadzenie pomiarów diagnostycznych oraz wykonanie ich wstępnej analizy.

Aplikacje te można przygotować w taki sposób, aby oprócz procesu pobierania danych możliwe było również przeprowadzenie wybranych analiz diagnostycznych, na podstawie których specjalista będzie mógł podjąć decyzję dotyczącą dalszych badań i pomiarów.

### **Bazy danych**

Jednym z podstawowych elementów współczesnych systemów informatycznych są bazy danych. Wybór bazy danych oraz jej struktury ma znaczący wpływ, decydujący o jakości działania systemu informatycznego. Do elementów mających wpływ na wybór bazy danych, niezależnie od jej zastosowania, należą między innymi:

- wydajność bazy danych,
- struktura bazy danych,
- możliwość wymiany danych (eksportowanie i importowanie danych z różnych obiektów i systemów baz danych).

W systemach informatycznych przeznaczonych do zastosowań diagnostycznych występują dwa typy baz danych:

- a) bazy danych stałych,
- b) bazy danych zmiennych.

Baza danych stałych zawiera ogólne informacje o obiekcie, np. dotyczące struktury i stanu obiektu. Baza danych zmiennych zawiera dane zmieniające się w sposób dynamiczny, np. wyniki pomiarów, wyniki przeprowadzonych analiz.

### **Hurtownie danych**

Hurtownia danych jest specjalnym rodzajem analitycznej bazy danych, przeznaczonej do udostępniania wielkich ilości danych w celu prowadzenia analizy tych danych w zakresie obejmującym szeroką dziedzinę zastosowań. Hurtownia danych gromadzi dane ze wszystkich systemów monitorowania i diagnostyki działających w obrębie organizacji. Integracyjna rola hurtowni danych polega na jej cyklicznym zasilaniu danymi z innych baz, np. gromadzących dane w ramach systemu SCADA lub baz rozproszonych. Schemat logiczny hurtowni jest zorientowany na optymalizację szybkości wyszukiwania i jak najbardziej efektywną analizę zawartości, natomiast szybkość aktualizacji zawartości ma mniejsze znaczenie. Hurtownie danych są często zintegrowane ze specjalnym oprogramowaniem, które umożliwia bardzo efektywne przeglądanie zawartości, wykonywanie prostych podsumowań i obliczeń, a także generowanie wykresów.

### **Systemy rozpoznawania obrazów**

Zagadnienia rozpoznawania obrazów obejmują bardzo dużą grupę metod związanych z ich pozyskiwaniem, przetwarzaniem, analizą oraz rozpoznawaniem. Systemy pozwalające na pozyskiwanie, przetwarzanie i analizę obrazów wykorzystują dane zapisane w formie obrazów w dosłownym znaczeniu. Spośród wielu zastosowań wykorzystywanych w technice, pozwalających na pozyskiwanie obrazów jako przykład można wymienić rozwijane ostatnio bardzo dynamicznie metody bazujące na operacjach wykonywanych na obrazach termowizyjnych.

Dane przetwarzane za pomocą systemów rozpoznawania obrazów porównywane są ze wzorcem, którym może być inny obraz (termowizyjny, zdjęcia mikroskopowe, wykresy, zdjęcia rentgenowskie, wyniki badań ultrasonograficznych). Celem badań diagnostycznych obiektów jest określenie ich stanu technicznego w postaci identyfikacji niesprawności, uszkodzenia lub zjawiska występującego podczas działania obiektu.

### **Systemy monitorowania**

Współczesne maszyny i urządzenia są obiektami bardzo złożonymi o skomplikowanej budowie i sposobie działania. Bardzo często w czasie eksploatacji takich urządzeń wymagana jest ich wysoka niezawodność przy jednoczesnym obniżeniu kosztów ich eksploatacji.

Jedną z metod umożliwiającą osiągnięcie tych celów jest obserwacja stanu tych urządzeń. Do ciągłego obserwowania stanu takich złożonych układów służą systemy monitorowania, których zadaniem jest ocena stanu na podstawie obserwacji zmian zachodzących w przebiegach zmiennych procesowych oraz procesów reszkowych. W zależności od typu monitorowanych obiektów takimi zmiennymi procesowymi mogą być: moc silnika, natężenie przepływu czynnika roboczego. Systemy monitorowania powinny umożliwiać rejestrowanie danych (procesowych i dotyczących procesów reszkowych), analiza tych danych, prezentacja wyników i ocena stanu monitorowanego obiektu.

### **Mikroserwery stron www**

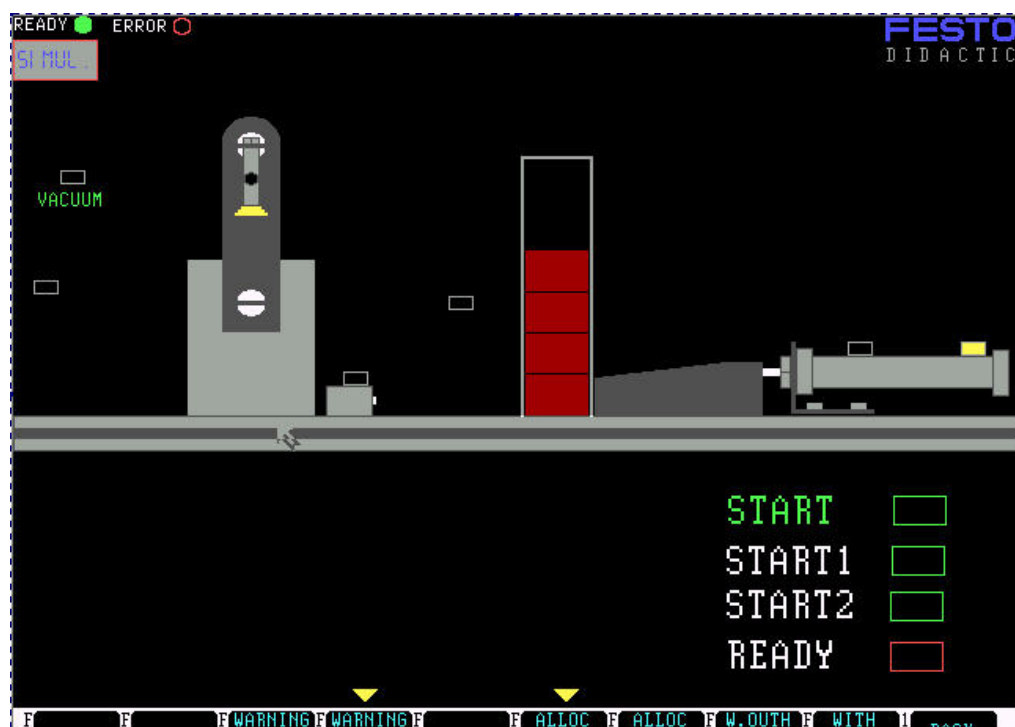
Popularność sieci komputerowych, a w szczególności Internetu, stała się przyczynkiem do rozwoju różnych technik i konstruowania nowych urządzeń, w których wykorzystano rozwiązania bazujące na sposobie działania Internetu. Powstała cała rodzina urządzeń-mikroserwerów, z których można zbudować sieć wykonującą różne zadania. Mikroserwery stron WWW to małe urządzenia (lub niewielkie programy), w których zaimplementowane jest działanie serwera HTTP, czyli serwera stron WWW. Takie rozwiązanie umożliwia udostępnianie przez mikroserwery danych, które są wynikiem działania urządzeń, w ramach których działają mikroserwery. Mikroserwery mogą mieć bardzo różnorodne zastosowanie. Mogą być wykorzystywane w zastosowaniach przemysłowych, np. w układach pomiarowych lub układach monitorowania maszyn. Wyobraźmy sobie, że mikroserwer został umieszczony w czujniku wykonującym pomiary na jakimś obiekcie technicznym. Załóżmy, że zadaniem tego mikroserwera jest udostępnianie danych rejestrowanych przez ten czujnik w postaci odpowiednio przygotowanej strony WWW. Takie rozwiązanie umożliwia bezpośrednie przeglądanie wyników pomiarów za pomocą zwykłej przeglądarki stron WWW bez konieczności instalowania specjalnego nierzadko drogiego oprogramowania.

### **Systemy symulacyjne**

We współczesnej diagnostyce technicznej szczególną rolę odgrywają systemy symulacyjne, które umożliwiają prowadzenie różnorodnych eksperymentów numerycznych. Jednym z najbardziej znanych systemów obliczeniowych do przeprowadzania symulacji jest program SIMULINK. Program ten służyć może do modelowania, symulacji i analizy układów dynamicznych. Zawarty w nim graficzny interfejs użytkownika umożliwia konstruowanie modeli w postaci diagramów blokowych jedynie z użyciem myszy lub innego urządzenia wskazującego. Dzięki temu można model projektowany w SIMULINKU przygotować tak, jakby był szkicowany na kartce. Po opracowaniu modelu można przeprowadzić jego symulację.

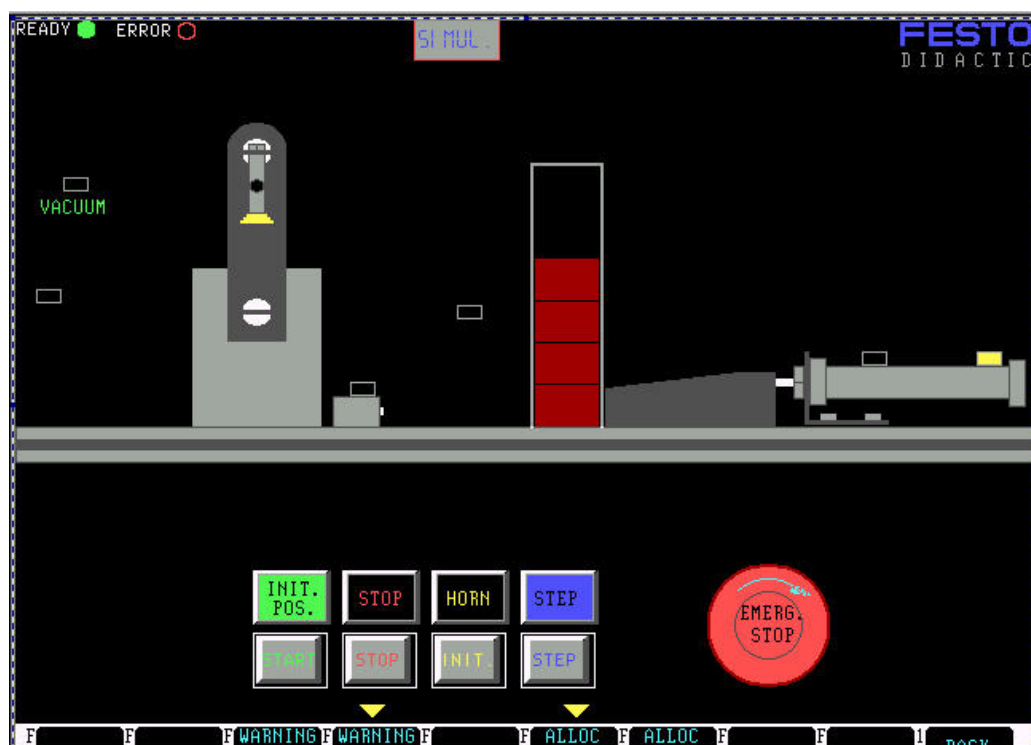
W Simulinku dostępne narzędzia umożliwiają śledzenie wyników działania modelu już w trakcie przeprowadzania symulacji, bez konieczności oczekiwania na jej zakończenie. Istnieje możliwość zmiany wartości wybranych parametrów przygotowanego modelu i natychmiastowe sprawdzenie ich wpływu na badany proces.

Poniżej przedstawiono przykłady obrazów symulacji działania stacji DYSTRYBUCJA systemu MPS (rys.4.33 oraz rys.4.34).



Rys. 4.33. Obraz symulacji stanowiska MPS – DYSTRYBUCJA [10]

Pozycja elementów obrazu określa bieżący stan symulowanego obiektu. Położenie elementów obrazu zmienia się wraz z przebiegiem procesu działania urządzenia. Dzięki temu możliwe jest wykrywanie nieprawidłowości i stanów awaryjnych.



Rys. 4.34. Obraz z pulpitem operatorskim symulacji stanowiska MPS– DYSTRYBUCJA [10]

Współpraca z obiektem symulowanym jest wzbogacona o możliwość korzystania z pulpitu sterowniczego. Sygnały przekazywane przez operatora sterownikowi obiektu (start, stop, żądanie do powrotu do pozycji początkowej, praca krokowa, awaryjne przerwanie pracy), a także sygnały odbierane od sterownika (potwierdzenie pozycji początkowej, zatrzymania, pracy krokowej, sygnalizacja awarii) zmieniają wartości określonych zmiennych wewnętrznych sterownika.

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka rolę w diagnostyce technicznej pełni przetwarzanie danych i informacji?
2. Scharakteryzuj wpływ technologii informacyjnych na proces diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych.
3. Czym różnią się hurtownie danych od baz danych?
4. Objasnij, jakie są możliwości wykorzystania w diagnostyce technicznej obrazów termowizyjnych.
5. Scharakteryzuj sposób działania układów wizyjnych.
6. Jakie jest przeznaczenie układów monitorowania?
7. Objasnij, jaki jest wpływ stosowania systemów symulacyjnych na proces diagnozowania urządzeń i systemów mechatronicznych.

#### 4.4.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Po uruchomieniu systemu MPS detal nie jest wysuwany z magazynu opadowego stanowiska DYSTRYBUCJA. Zlokalizuj przyczynę (przyczyny) tej nieprawidłowości działania systemu.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.4. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznaj się ze wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) zapoznać się z informacjami zawartymi w instrukcji obsługi i użytkowania systemu MPS,
- 4) przeanalizować powiązania logiczne pomiędzy poszczególnymi stanowiskami systemu MPS,
- 5) dokonać symulacji oraz wizualizacji działania systemu za pomocą programu ViP,
- 6) dokonać analizy stanów logicznych sygnałów wpływających na wysunięcie detalu z magazynu opadowego,
- 7) ćwiczenie wykonaj w grupie 3-4 – osobowej,
- 8) zapisać przyczynę niesprawności w karcie sprawozdania z wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z punktem 6 Poradnika dla ucznia,
- instrukcja obsługi i użytkowania systemu MPS,
- stanowisko dydaktyczne MPS wraz z oprogramowaniem ViP.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów.

|                                                                                                                           | Tak                      | Nie                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Czy potrafisz:</b>                                                                                                     |                          |                          |
| 1) scharakteryzować funkcje wypełniane przez systemy SCADA w procesie diagnozowania?                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zastosować wybrany program diagnostyczny do przeprowadzenia diagnozy urządzenia i systemu mechatronicznego?            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) uzasadnić potrzebę stosowania systemów monitorowania urządzeń i systemów mechatronicznych?                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) objaśnić sposób wykorzystania systemów rozpoznawania obrazów w procesie diagnozy urządzeń i systemów mechatronicznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

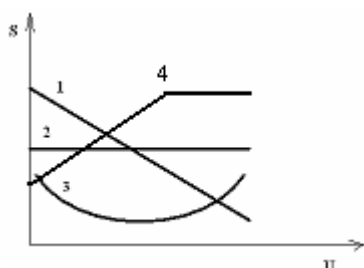
## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 8 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 odpowiedzi. Tylko jedna z nich jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, zaznaczając znakiem X właściwą odpowiedź. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zaznaczyć odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi na któreś z zadań będzie sprawiało Ci trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później, udzielaj odpowiedzi na pozostałe pytania i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 20 min.

### Zestaw zadań testowych

1. Stan systemu mechatronicznego to
  - a) zbiór zachodzących w systemie procesów.
  - b) struktura systemu.
  - c) właściwości techniczne systemu.
  - d) właściwości eksploatacyjne systemu.
2. Który z parametrów przedstawionych na wykresie może być zakwalifikowany jako parametr diagnostyczny?



- a) parametr 1,
  - b) parametr 2,
  - c) parametr 3,
  - d) parametr 4.
3. Który z podanych procesów zachodzących podczas eksploatacji urządzeń mechatronicznych zaklasyfikować można do kategorii procesów towarzyszących?
    - a) Przetwarzanie energii chemicznej w energię elektryczną.
    - b) Przenoszenie energii.
    - c) Starzenie środków smarnych.
    - d) Przetwarzanie energii kinetycznej w ciepło.

4. W jakim stanie technicznym znajduje się system, jeżeli żaden z parametrów struktury systemu mechatronicznego nie osiąga wartości granicznej, a system dalej wypełnia zasadnicze funkcje?
  - a) Sprawności.
  - b) Zdatości.
  - c) Niesprawności.
  - d) Niezdatości.
5. Ustalenie przyczyn stanu w chwili  $t_g$  poprzedzającej chwilę  $t_0$  badania obiektu to
  - a) diagnozowanie.
  - b) prognozowanie.
  - c) genezowanie.
  - d) monitorowanie.
6. Parametrem określającym stan zanieczyszczenia filtra hydraulicznego jest
  - a) ciśnienie cieczy roboczej na wejściu filtra.
  - b) ciśnienie cieczy roboczej na wyjściu filtra.
  - c) spadek ciśnienia cieczy roboczej w filtrze.
  - a. temperatura filtra.
7. Sygnał informujący o zamknięciu osłony zabezpieczającej w obrabiarce CNC należy do grupy sygnałów
  - a) określających gotowość obrabiarki do pracy.
  - b) nadzorujących stan obrabiarki.
  - c) nadzorujących prawidłowość przebiegu procesu.
  - d) określających poprawność działania układu sterowania.
8. Zjawisko zmiany rezystancji czujnika pod wpływem zmian temperatury otoczenia jest wykorzystane do budowy termometrów
  - a) termoelektrycznego.
  - b) manometrycznego.
  - c) dylatacyjnego.
  - d) oporowego .



## KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

### Diagnozowanie urządzeń i systemów mechatronicznych.

**Zakreśl poprawną odpowiedź**

| Nr<br>zadania | Odpowiedź |   |   |   | Punkty |
|---------------|-----------|---|---|---|--------|
|               | a         | b | c | d |        |
| 1             | a         | b | c | d |        |
| 2             | a         | b | c | d |        |
| 3             | a         | b | c | d |        |
| 4             | a         | b | c | d |        |
| 5             | a         | b | c | d |        |
| 6             | a         | b | c | d |        |
| 7             | a         | b | c | d |        |
| 8             | a         | b | c | d |        |
| Razem:        |           |   |   |   |        |

## 6. LITERATURA

1. Cempel C., Tomaszewski F. (red.): Diagnostyka maszyn., Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego, Radom, 1992
2. DT-UC-90/WO Warunki techniczne dozoru technicznego. "Urządzenia ciśnieniowe-wymagania ogólne"
3. Instrukcja naprawy silnika samochodu SKODA FABIA.
4. Instrukcja użytkowania kotła gazowego TERMET MiniMax Plus.
5. Instrukcja użytkowania zestawu dydaktycznego MPS-4 firmy FESTO.
6. Legutko S. : Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. WSiP, Warszawa 2004
7. Niziński S., Michalski R. : Diagnostyka obiektów technicznych. Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Instytut Technologii Eksploatacji; Olsztyn, Radom, 2002
8. Niziński S., Pelc H., Diagnostyka urządzeń mechanicznych – WNT, Warszawa, 1980
9. PN-ISO 8573-1: 1995 - Klasy czystości sprężonego powietrza.
10. Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.
11. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn., Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz, 1996
12. Żółtowski B., Cempel C. (red): Inżynieria diagnostyki maszyn: Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej, Instytut Technologii Eksploatacji PIB Radom – Warszawa, Bydgoszcz, Radom 2004