

dr inż. Jerzy Kapcia  
 Politechnika Gdańska  
 Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa

## UKŁADY STEROWANIA PROCESAMI OBRÓBKĄ Z DODATKOWYMI PĘTLAMI SPRĘŻENIA ZWROTNEGO OD PRZEDMIOTU OBRABIANEGO I NARZĘDZIA.

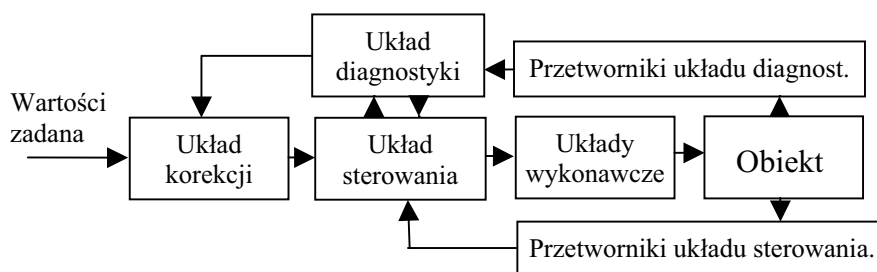
*W referacie przedstawiono próby zastosowania dodatkowych sprzężeń zwrotnych w układach sterowania maszyn na przykładzie pilarki oraz frezarki sterowanej numerycznie. Ideą wprowadzenia takich rozwiązań jest budowa układów sterowania i diagnostyki, które – w myśl zasady, iż: „ lepiej zapobiegać uszkodzeniom niż potem je naprawiać” – korygują proces sterowania tak, aby nie dopuścić do uszkodzenia maszyny lub przedmiotu obrabianego.*

*The article presents working control system with extra feedback from machine tool and workpiece on example of sawing machine and milling machine. The idea to engineer (design) control and diagnostic systems has its roots in the golden rule: “Better prevent from damages than repair them”. Thanks to their features the control process is corrected against a machine tool or a workpiece breakdowns.*

### 1. WSTĘP

W projektowaniu maszyn i urządzeń zasadniczym celem projektanta jest opracowanie i wdrożenie projektu wydajnej i bezawaryjnej maszyny. Układ sterowania takiej maszyny powinien przeprowadzić proces obróbki według ściśle zaprogramowanego algorytmu. Jeśli w trakcie procesu sterowania wystąpią sytuacje awaryjne, to takie podzespoły jak: wyłączniki krańcowe, nadprądowe czy kontrolne układy logiczne powinny przerwać pracę maszyny. W proponowanych rozwiązaniach montowane są na maszynie-obiekcie dodatkowe przetworniki diagnostyczne pozwalające na wprowadzenie dodatkowych pętli sprzężenia zwrotnego. Schemat blokowy proponowanego rozwiązania przedstawiony został na rys. 1. W omawianych przykładach zastosowane przetworniki pozwalają na pomiar takich wielkości jak:

- przemieszczeń – indukcyjne liniowe,
- przyspieszeń – układy scalane AD,
- siły – tensometry,
- prądów – hallotronowe.

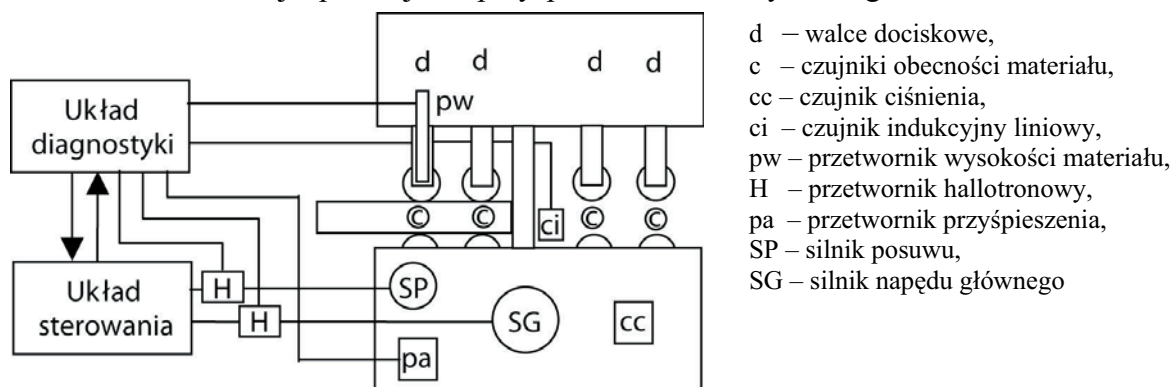


Rys. 1. Schemat blokowy zintegrowanego układu sterowania i diagnostyki

Występujący na rys. 1 blok układu diagnostyki realizowany jest z wykorzystaniem komputera PC. W przypadku pilarki jako moduł wejściowy i wyjściowy dla sygnałów cyfrowych i analogowych zastosowano moduł USB-DAQ. W przypadku frezarki sterowanej numerycznie zastosowano wewnętrzną kartę ze złączem PCI. Wprowadzenie układu diagnostyki może być również wykorzystane w kolejnych etapach prac do prowadzenia procesów optymalizacji obróbki

## UKŁAD STEROWANIA I DIAGNOSTYKI PILARKI

Podstawowym zadaniem układu diagnostycznego jest pomiar i analiza mocy pobieranej przez silnik główny i silnik posuwu oraz analiza drgań ciętego materiału i piły. W przypadku przekroczenia wartości progowych dla zadanych parametrów ciętego materiału, możliwa jest korekta prędkości posuwu a w krańcowym przypadku wyłączenie silników. Schemat usytuowania przetworników dla pilarki przedstawiono na rys. 2. Dwa przetworniki hallotronowe umieszczono w obwodach stałoprądowych falowników silnika posuwu oraz silnika napędu głównego. Przetworniki pozwalają na pomiar i rejestrację przebiegu prądu a na tej podstawie obliczany jest przebieg mocy chwilowej. Z czujnika indukcyjnego liniowego mierzone są drgania ramy z piłami tnącymi. W kolejnym etapie badań planowane jest zamocowanie na każdej z pił czujnika przyspieszeń do analizy ich drgań.

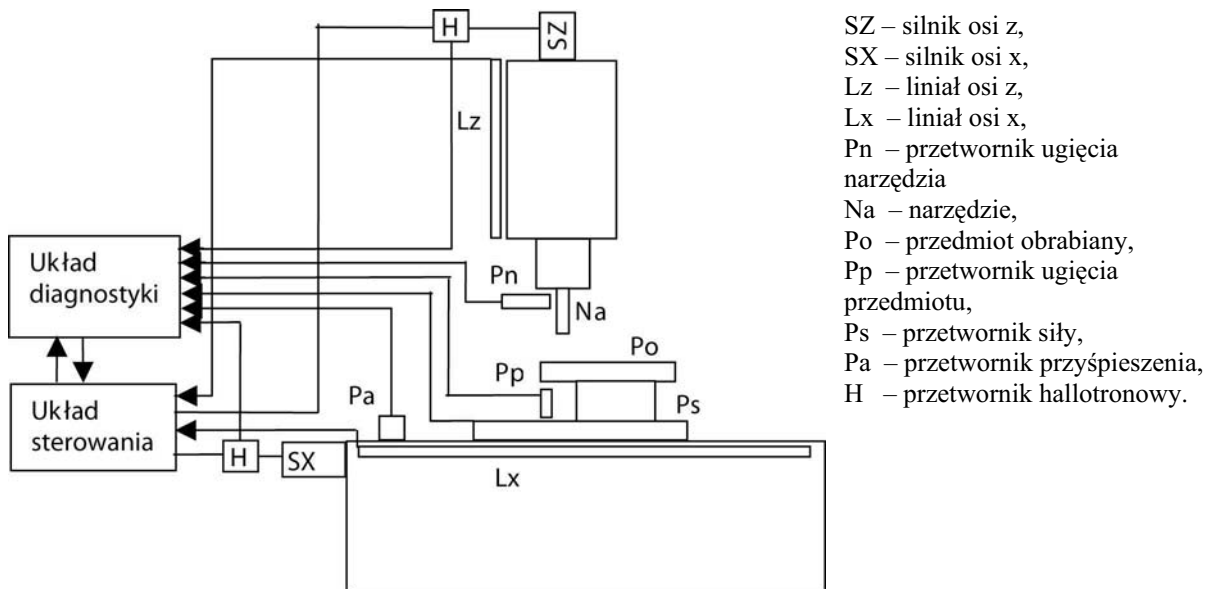


Rys. 2. Schemat blokowy połączeń dla układu diagnostyki pilarki

Bezpośrednio do stołu pilarki zamocowano czujnik przyspieszeń do pośredniego pomiaru drgań przecinanego drewna. Z układu sterowania do układu diagnostyki dołączone są również sygnały dotyczące prędkości obrotowej silnika głównego i szybkości posuwu. Do prawidłowego funkcjonowania układu diagnostyki niezbędna jest również informacja o wysokości przecinanego materiału uzyskiwana z przetwornika pw do pomiaru przemieszczeń. Ponadto wprowadzane są dodatkowe parametry dotyczące liczby pił zamocowanych w ramie oraz informacja o rodzaju przecinanego drewna i stopniu wilgotności. Prędkość obrotowa i prędkość posuwu jest funkcją wielu parametrów związanych z rodzajem piły i rodzajem ciętego drewna. W omawianym układzie diagnostyki przyjęto, że prędkość posuwu jest funkcją takich zmiennych jak: rodzaj materiału, wysokość ciętego materiału, liczba pił, rodzaj pił. W miarę zużycia pił pogarszają się jej parametry a zatem moc pobierana podczas cięcia będzie rosła i powyżej zadanego progu powinien pojawić się komunikat o konieczności wymiany pił. Aby system diagnostyki spełnił założone wymagania niezbędna jest pełna identyfikacja procesu cięcia. W tym celu przeprowadzono rejestrację i analizę sygnałów podczas procesu przecinania. Uzyskane wyniki są przechowywane w bazie danych. Opisany powyżej układ diagnostyki w pierwszym etapie modyfikuje tylko jeden sygnał sterujący posuwem. W drugim etapie planowane jest rozszerzenie algorytmu sterowania pozwalające na modyfikację prędkości obrotowej silnika głównego.

## 2. UKŁAD STEROWANIA I DIAGNOSTYKI FREZARKI STEROWANEJ NUMERYCZNIE

Schemat blokowy frezarki sterowanej numerycznie z układem diagnostyki przedstawiony został na rys. 3. Jest on bardziej rozbudowany nie tylko z uwagi na liczbę przetworników, ale również stopień złożoności układu sterowania samej frezarki. Zadaniem układu jest modyfikacja dwóch sygnałów sterujących obrabiarką: prędkością obrotową wrzeciona oraz szybkością posuwów. W pierwszym etapie wdrażania jako zmienne funkcji korekcji posuwu i funkcji korekcji obrotów przewidziane zostały sygnały z przetworników drgań i przemieszczeń zarówno narzędzia jak i przedmiotu obrabianego oraz sygnały z przetworników siły. W drugim etapie wprowadzone zostaną do funkcji korekcji sygnały z przetworników prądowych.



Rys. 3. Schemat blokowy połączeń dla układu diagnostyki frezarki CNC

Zastosowanie czujników indukcyjnych liniowych dla badania przemieszczeń, a ściślej ugięć i drgań zarówno narzędzia Pn jak i przedmiotu Pp wynikało z kształtu przedmiotu obrabianego – płyty śrub okrętowych i płyty śrub dla elektrowni wodnych. W procesie obróbki przyłożenie zbyt dużych sił może powodować ugięcie obrabianego materiału. Drugi efekt, jaki może pojawiać się to drgania wynikające z częstotliwości własnych przedmiotu obrabianego. Efekty te mają wpływ nie tylko na utrzymanie dokładności obróbki, ale również na gładkość powierzchni obrabianej. Przetwornik sił – trójosiowy – zamontowany pomiędzy stołem a uchwytem przedmiotu obrabianego służył jedynie do pomiaru sił statycznych (z uwagi na dużą masę zarówno uchwyty jak i przedmiotu obrabianego). Docelowym zadaniem algorytmów będących podstawą oprogramowania układów diagnostyki powinna być: optymalizacja procesu obróbki, eliminacja (minimalizacja) przypadków awaryjnych.

W pierwszym etapie wdrażania zadaniem algorytmu dla korekcji posuwu było utrzymanie zadanego ugięcia poprzez regulację szybkości posuwu. Korekcja prędkości obrotowej wrzeciona dokonywana była w przypadku przekroczenia zadanej amplitudy drgań.

Algorytm eliminacji przypadków awaryjnych realizowany jest na bazie informacji o wartościach granicznych dla danego zakresu obróbki przedmiotu. Wartości graniczne powinny być ustalone w procesie analizy sygnałów zarejestrowanych podczas obróbki pierwszego przedmiotu.

Przedstawione powyżej rozważania dotyczą jedynie wybranego fragmentu procesu obróbki przedmiotu. Obrabiarki sterowane numerycznie realizują najczęściej wielogodzinny program przy wielokrotnej zmianie narzędzi i parametrów obróbki. Nie jest możliwe opracowanie uniwersalnego algorytmu i oprogramowania dla układu diagnostyki.

Algorytmy te powinny być ściśle powiązane a nawet zsynchronizowane z programem realizowanym przez układ sterowania obrabiarki. Dotyczy to szczególnie zadania optymalizacji obróbki, ale również eliminacji przypadków awaryjnych. Na przykład – stosunkowo proste zadanie jak kontrola zużycia narzędzia, poprzez kontrolę mocy pobieranej przez silnik wymaga podania na wejście układu diagnostycznego wielu parametrów dotyczących narzędzia i przedmiotu obrabianego.

## **WNIOSKI**

W referacie przedstawiono próby wprowadzenia do układów sterowania maszyn dodatkowych pętli sprzężenia w celu optymalizacji procesu obróbki oraz minimalizacji sytuacji awaryjnych. Wprowadzony w pętli sprzężenia układ diagnostyki realizujący te zadania to komputer PC – rejestrujący i przetwarzający sygnały z dodatkowych przetworników zamontowanych na maszynie. Opracowanie i oprogramowanie algorytmów realizujących te zadania wymaga analizy sygnałów wejściowych w odniesieniu do parametrów przedmiotu obrabianego oraz parametrów narzędzi. W przypadku obrabiarki sterowanej numerycznie program dla układu diagnostyki powinien być ściśle powiązany z programem obróbki przedmiotu.

## **LITERATURA**

1. Praca zbiorowa, Diagnostyka procesów. WNT 2002.
2. Piotr Tatjewski , Sterowanie zaawansowane obiektów przemysłowych, Exit 2002.
3. Tomasz P. Zieliński, Cyfrowe przetwarzanie sygnałów, WKŁ 2005.
4. Piotr Metzger, Anatomia PC, Helion 2001.