

Pod pojęciem maszyny rozumiany jest na ogół mechanizm wykonujący pożyteczną dla człowieka pracę. Wykorzystywane we współczesnym przemyśle i nauce maszyny to złożone obiekty mechaniczne. Składają się z wielu połączonych ze sobą mniejszych mechanizmów, elementów i podsystemów. Znakomitym przykładem są tutaj manipulatory (roboty) przemysłowe i obrabiarki. Dzięki zastosowaniu wielu jednostek napędowych i odpowiednim połączeniom mechanicznym, posiadają dużą swobodę ruchu, mają możliwość dotarcia do dowolnego miejsca w swoim obszarze pracy, tzw. przestrzeni roboczej. Tego typu urządzenia muszą cechować się nie tylko odpowiednią mocą, wystarczającą do wykonania powierzonych im zadań (np. przenoszenie elementów karoserii w procesie produkcji samochodów), ale także bardzo wysoką precyzją wykonywanych ruchów i ich powtarzalnością. Tylko wtedy wykonywane produkty, niezależnie od tego, czy bieżąca jazda, czy też element niewielkiego urządzenia AGD, będą cechowały się akceptowalną jakością wykonania, na którą składa się nie tylko estetyczny wygląd, ale także precyzja wykonanych elementów, dokładność ich spasowania, które w dłuższej perspektywie przekładają się na niezawodność pracy i dłuższą żywotność produktów. Bardzo duże znaczenie ma także szybkość przemieszczania elementów mechanizmu; im jest większa, tym więcej sztuk może zostać wyprodukowanych w jednostce czasu. Na obecnym poziomie rozwoju technologii, największą elastycznością pod względem sterowania cechują się silniki elektryczne. Napęd elektryczny pozwala na stosunkowo proste sterowanie ruchem elementów maszyny, przy spełnieniu wymienionych wymagań co do mocy, dynamiki i precyzji. Podany w poprzednim akapicie przykład przemysłowego zastosowania napędu elektrycznego jest tylko jednym z wielu. Zastosowanie sterowanych układów napędowych pozwala na dokładne śledzenie obiektów astronomicznych za pomocą teleskopów. Obserwacje astronomiczne stanowią bardzo specyficzne wyzwanie dla systemów napędowych: wymagana jest uzyskiwanie bardzo powolnego, ale stabilnego ruchu lufy teleskopu. W obecnej dobie coraz powszechniejsze staje się wykorzystanie robotów medycznych, wykorzystywanych przy operacjach chirurgicznych. Znany powszechnie jest robot Da Vinci, wykorzystywany zarówno do operacji przewodu pokarmowego, jak i zabiegów kardiochirurgicznych. Podstawową zaletą zabiegów prowadzonych z wykorzystaniem robota jest ich mniejsza inwazyjność (szersze zastosowanie laparoskopii) przy zachowaniu bardzo dużej dokładności. Dla prawidłowego wykonywania precyzyjnych ruchów przez roboty chirurgiczne konieczne jest zastosowanie nie tylko zaawansowanych osiągnięć mechaniki, ale także złożonych metod sterowania. Aby spełnić restrykcyjne wymagania dotyczące precyzji, nowoczesne systemy napędowe są wyposażone w rozbudowane, elektroniczne układy sterujące, obecnie opierające się na zastosowaniu mikroprocesorów. Sygnały wyjściowe mikroprocesora są doprowadzane do przetwornika energoelektronicznego, tj. urządzenia zawierającego elementy elektroniczne pozwalające na przetwarzanie dużych mocy (w przemyśle: od pojedynczych kilowatów do setek kilowatów), które z kolei zasila silnik elektryczny napędzający mechanizm. Zastosowanie przetworników energoelektronicznych pozwala na płynne sterowanie prędkością napędu elektrycznego, a także jego mocą i wytwarzanym momentem. Kluczem do precyzyjnej pracy napędu, tak ważnej w produkcji przemysłowej, a także w zastosowaniu precyzyjnych systemów badawczych, jest wykorzystanie precyzyjnych czujników prędkości i położenia, przymocowanych do obracającego się wału silnika. W ten sposób system mikroprocesorowy może ocenić, na ile obecna pozycja mechanizmu, którym może być ramię robota będącego narzędziem obrabiarki, odbiega od zadanego położenia i w jaki sposób należy sterować silnikiem elektrycznym, aby zminimalizować różnicę, określając w automatyce jako uchyb sterowania.

Nieodżownymi elementami współczesnych maszyn są także cioprednice w przekazywaniu napędu od silnika do czynnika wykonującego pracę (efektora). Zaliczyć tutaj można na przykładnie zębatego, pasowego, łańcuchowego, limakowego, elementy sprężyste, mechanizmy działające na zasadzie dźwigni i korbowodów. Każde z tych elementów wprowadza nie tylko dodatkowe straty energii, przede wszystkim w postaci tarcia, ale także pewien stopień elastyczności. Występowanie elastyczności w układach napędowych wiąże się nieodżownie z obecnością rezonansów mechanicznych. Dla tego rodzaju połączeń występują określone czynniki, przy których wywoływane są rezonansowe oscylacje prędkości. Są one na ogół zjawiskiem niepożądanym i wymagana jest ich eliminacja. Pojawienie się takich oscylacji w trakcie pracy maszyny wiąże się z występowaniem wzmożonych wibracji i hałasu. Co więcej, powoduje one bardzo znaczące obniżenie jakości pracy urządzenia, np. poprzez obniżenie precyzji ruchów wykonywanych przez manipulator. Konieczne jest zastosowanie środków zaradczych, które pozwalają na eliminację skutków tych niekorzystnych właściwości.

Najprostszym, choć niekoniecznie najtańszym, rozwiązaniem jest wyposażenie maszyny w dodatkowe, mechaniczne elementy tłumiące. Powoduje to, niestety, podniesienie kosztów. Nie jest to jednak jedyny dostępny obecnie sposób. Takie odpowiednie sterowanie elementem napędowym może zapobiegać powstawaniu niepożądanych oscylacji. Takie podejście nie powoduje na ogół powstania dodatkowych kosztów, ponieważ systemy napędowe i tak są sterowane przez zaawansowane mikroprocesory, o czym wspomniano już powyżej. Konieczna jest modyfikacja algorytmu sterującego, czyli opracowanie innego programu dla mikroprocesora. Podstawową metodą używaną w dziedzinie sterowania napędem, w którym istnieje możliwość powstawania rezonansów, jest filtracja sygnałów, czyli także ich przetwarzanie, które pozwala usunąć z nich niepożądane czynniki. Skoro bowiem układ jest szczególnie wrażliwy na pewnych czynnikach, które powodują wzbudzenie się nadmiernych wibracji, należy tak nim sterować, aby je możliwie eliminować przede wszystkim na etapie sterowania. Innymi słowami, filtracja sygnałów polega na nie pobudzaniu układu takimi sygnałami, które mogłyby wywołać w nim niekontrolowane oscylacje. Sygnały o czynniki innych niż rezonansowe nie są eliminowane i, jako nieszkodliwe dla układu napędowego, są na niego przekazywane w sposób bezpośredni. Sam proces filtracji odbywa się wewnątrz systemu mikroprocesorowego i polega na wykonywaniu odpowiednich operacji matematycznych na sygnałach przetwarzanych w programie sterującym.

Chociaż zagadnienie samej filtracji sygnałów jest dość dobrze zbadane i opracowane, nadal wyzwaniem pozostaje odpowiednie dostrójenie filtra. Podobnie jak sygnał radiowy jest dobrze odbierany tylko wtedy, gdy odbiornik radiowy jest odpowiednio dostrójony do czynnika stacji nadawczej, tak też filtr działający w układzie mikroprocesorowym musi być dostrójony zgodnie z czynnikiem rezonansowym sterowanego układu mechanicznego. Innymi słowami, zanim przystąpimy do procesu filtracji, musimy posiadać uprzednią wiedzę o tym, jakie czynniki sygnałów filtr ma eliminować. Niestety, nie do końca, a w złożonym urządzeniu występuje wiele czynników rezonansowych do wy tłumienia, to na dodatek, w wielu przypadkach ich położenie zmienia się w czasie pracy układu. W takich okolicznościach konieczne jest zastosowanie automatycznego strojenia nie tylko filtra, ale i całego układu sterowania. Mówi się wówczas o adaptacyjności układu sterowania, czyli jego dostosowywaniu do zmian w sterowanym systemie. Program, jaki jest wykonywany przez mikroprocesor układu sterującego urządzeniem pozostaje niezmienny, ale jego parametry (nastawy regulatora i filtra) ulegają zmianom,

postępującym razem ze zmianami w systemie mechanicznym. To właśnie ten obszar stanowi pole badawcze dla niniejszego grantu badawczego finansowanego ze środków NCN.

Oprócz wielu innych zaawansowanych metod sterowania, w ramach badań naukowych grantu wykorzystywane będą m. in. sztuczne sieci neuronowe. Stanowią one bardzo specyficzną grupę obiektów matematycznych, które swoimi właściwościami wzorowane są na działaniu biologicznych komórek nerwowych. Podobnie jak neuron biologiczny, posiadają pojedyncze wyjście, przez które wyprowadzany jest sygnał, zależny stanu na wielu wejściach sztucznego neuronu. Połączone nawet w prostą sieć, składającą się z kilku „komórek”, wykazują zdolność analogiczną do uczenia. Proces ten nie jest oczywiście zjawiskiem samorzutnym. Konieczna jest odpowiednia kontrola procesu uczenia, sprawdzanie, na ile stany wyjściowe sieci odpowiadają oczekiwaniom, określenie, czy sieć reaguje na określone sytuacje w sposób oczekiwany. Proces uczenia (trenowania) sieci odbywa się zawsze pod kontrolą odpowiedniego algorytmu. Odpowiednio spreparowana sztuczna sieć neuronowa może stać się algorytmem sterowania napędu (regulatorem neuronowym), który, dzięki wspomnianemu mechanizmowi uczenia, będzie wykazywał cechy adaptacji, czyli dostosowywania się do zmiennych stanów różnorodnie rozumianej maszyny.

W badaniach nad zagadnieniem tłumienia oscylacji w układach mechanicznych będzie wykorzystywane innowacyjne podejście, polegające na użyciu dwustronnego napędu osi. W dotychczasowych zastosowaniach, na ogół każda z osi jest napędzana przez pojedynczy silnik. Można zastąpić je dwoma jednostkami napędowymi, których wymagana moc byłaby odpowiednio mniejsza i rozmieszczone w znacznej odległości od siebie, np. na przeciwnych końcach mechanizmu. Taka modyfikacja budowy wykazuje zdecydowanie odmienne właściwości mechaniczne i regulacyjne. Przewiduje się, że testy wykonane w ramach realizacji niniejszego grantu potwierdzą, że przedstawiony pokrótce sposób napędzania, choć prosty w swojej idei, w połączeniu z zaawansowanymi metodami regulacji, jak np. wspomniane regulatory neuronowe, pozwoli na uzyskanie lepszych rezultatów, przede wszystkim większej dynamiki (w tym przypadku rozumianych jako szybsze procesy rozprężania i zatrzymywania), a więc jeszcze lepszej precyzji pracy, tak bardzo potrzebnej w zastosowaniach wymienionych już poprzednio, począwszy od napędu teleskopów, poprzez układy mechaniczne obecne w przemyśle wytwórczym, a kończąc na sterowaniu napędem specjalistycznych robotów.