

# Zastosowanie nowoczesnych, kinowych technik prezentacji obrazów 3D w procesie nauczania z zakresu budowy i zasady działania napędów robotów przemysłowych

Daniel Reclik, Wacław Banaś, Andrzej Nierychłok

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania,  
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska

**Streszczenie:** W pracy omówiono przygotowane w ramach wprowadzonego na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej projektu INTEREDU [4], innowacyjne materiały edukacyjne wykorzystujące nowoczesne techniki stereoskopii komputerowej [1–3] do prezentacji budowy i zasady działania napędów i przekładni stosowanych w robotach i oprzyrządowaniu towarzyszącym w zrobotyzowanych systemach produkcyjnych. W ramach projektu INTEREDU [4] opracowane zostały dodatkowe treści edukacyjne do przedmiotów wchodzących w skład minimum programowego, w tym także do grupy przedmiotów związanych z robotyką i robotyzacją procesów technologicznych. Niniejszy artykuł prezentuje zakres i możliwości opracowanych interaktywnych treści edukacyjnych, pozwalających na pokazanie sposobu działania i budowy typowych napędów elektrycznych, pneumatycznych i elektrohydraulicznych, wraz z przekładniami stosowanymi w robotach przemysłowych i osprzęcie dodatkowym, jakie można spotkać w zrobotyzowanych gniazdach produkcyjnych. Opracowane treści edukacyjne pozwalają na rozszerzenie oferty dydaktycznej wydziału, przez co powiększony jest zakres wiedzy absolwentów, a to z kolei wpływa na ich późniejsze sukcesy zawodowe i dalszą ścieżkę kariery. Korzystając z możliwości, jakie daje wirtualna rzeczywistość [1–4], opracowano również mechanizmy pozwalające na interaktywne sterowanie podczas wyświetlania prezentacji widokiem kamery, nawigowanie położeniem widoku i samego badanego obiektu (np. przekładni falowej), a także umożliwiające załączanie animacji ruchu, z możliwością pokazania lub wyłączenia widoku korpusów samych napędów, a także współpracujących z nimi przekładni. Nowy, spotykany do tej pory jedynie w kinach, system wyświetlania obrazu pozwala na lepsze przekazanie wiedzy. Ponieważ jest to zupełnie nowa forma kształcenia, dlatego też autorzy postanowili opublikować niniejszy artykuł w nadziei na rozwój tego typu interaktywnych treści edukacyjnych w innych ośrodkach akademickich.

**Słowa kluczowe:** stereoskopia, roboty manipulacyjne, napędy elektryczne, siłowniki, przekładnie, interaktywna edukacja

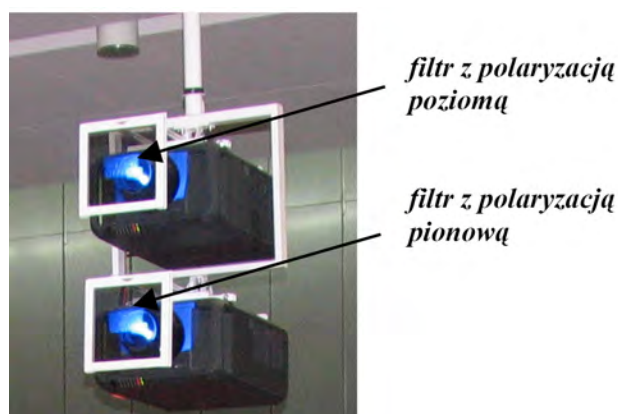
Rozwój robotyki stanowi poważne wyzwanie dla procesu edukacji przyszłych inżynierów, od których wiedzy i umiejętności zależy sprawna integracja i utrzymanie w ruchu systemów zrobotyzowanych. Aby zapewnić odpowiednio wysoki poziom wiedzy z zakresu robotyki prze-

mysłowej konieczne jest, aby proces edukacji prowadzony był z wykorzystaniem najnowszych dostępnych środków przekazu informacji. Chcąc dostosować program nauczania do światowych tendencji zastępowania pracy człowieka na rzecz wprowadzania systemów zrobotyzowanych w większości gałęzi przemysłu, opracowano na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej nowe, interaktywne treści kształcenia, które, w połączeniu z innowacyjnym systemem prezentacji obrazów 3D (dostępnym wcześniej jedynie podczas seansów kinowych), pozwalają na znaczące uatrakcyjnienie procesu dydaktycznego. Projekt „Interaktywne kształcenie inżyniera” (INTEREDU) jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego: Program Operacyjny Kapitał Ludzki 2007–2013, Priorytet IV, Szkolnictwo wyższe i nauka: Poddziałanie 4.1.1: „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego uczelni”. Uzyskane wsparcie pozwoliło na zakup technologii pozwalającej na wyświetlanie obrazów 3D z wykorzystaniem zarówno okularów aktywnych, jak i pasywnych (filtracyjnych). Uzyskana technologia pozwoliła na opracowanie treści edukacyjnych z zakresu większości prowadzonych na Wydziale przedmiotów, w tym także z zakresu budowy robotów, robotyki i robotyzacji procesów technologicznych.

## 1. Wprowadzenie

Jak już wspomniano wcześniej, uzyskane przez Wydział Mechaniczny Technologiczny dofinansowanie pozwoliło na wdrożenie innowacyjnego systemu wyświetlania trójwymiarowych prezentacji w technice kinowej, co w połączeniu z utworzonymi multimedialnymi prezentacjami, tematycznie związanymi z prowadzonymi na wydziale zajęciami, pozwoliło na uzyskanie zupełnie nowej jakości kształcenia. Aby jednak możliwe było zrealizowanie postawionych celów, konieczne było zaadaptowanie odpowiedniej techniki wyświetlania stereoskopowego obrazu 3D za pomocą projektora lub dwóch synchronicznych projektorów w taki sposób, aby możliwe było uzyskanie wrażenia widzenia przestrzennego, tzn. reprezentującego nie tylko kształt i kolor obiektów, ale także ich wzajemne zależności przestrzenne, odległość od obserwatora i głębię sceny [1]. Aby uzyskać złudzenie widzenia przestrzennego, konieczne jest dostarczenie do mózgu dwóch obrazów tego samego obiektu, widzianych z perspektywy lewego i prawego oka. W tym celu wykonuje się parę zwykłych dwuwymiarowych obrazów (stereopary), repre-

zentujących dany obraz widziany z dwóch punktów, oddalonych tak jak oczy obserwatora. Obrazy składowe (stereopary) są bardzo podobne, ale różnią się nieco kątem widzenia obiektów, co pozwala na wyselekcjonowanie trzeciego wymiaru, czyli głębi [2]. Mając wygenerowane obrazy dla lewego i prawego oka, konieczne jest wykonanie ich separacji podczas procesu wyświetlania. Możliwe były do zastosowania trzy różne metody ich separacji. Jako pierwsza analizowana była metoda anaglifowa, w której obrazy nałożone są na siebie i zabarwione na kolory: czerwony i niebieski. Przy oglądaniu przez okulary o tak samo zabarwionych szklach następuje separacja obrazów i pojawia się efekt przestrzenny przy nieco zubożonej kolorystyce. Chcąc zapewnić pełną paletę barw, zrezygnowano z tej techniki na rzecz stosowanej w kinach metody projekcji przez filtry polaryzacyjne na ekran pokryty folią aluminiową. Kierunki polaryzacji obu filtrów są ustawione prostopadłe względem siebie. Widzowie zaopatrzeni w okulary z analogicznie ustawionymi filtrami widzą ruchome obrazy o idealnej jakości. Metoda ta została przyjęta do realizacji na wszystkich stanowiskach stacjonarnych. Do realizacji stanowisk mobilnych nie mogła zostać wykorzystana, gdyż konieczność przepuszczania obrazu przez 2 niezależne filtry (rys. 1) wymaga transportu 2 rzutników, których położenie względem siebie musi być ściśle określone, a co za tym idzie – przy transporcie takiego zestawu, po ustawieniu rzutników, konieczna by była wielogodzinna synchronizacja położenia rzutników z parametrami wyświetlania obrazu.



**Rys. 1.** Filtry polaryzacyjne na rzutnikach systemu kinowego  
**Fig. 1.** The polarizing filter on the projectors of cinema system

Aby umożliwić szybkie rozkładanie przenośnych systemów prezentacji trójwymiarowych materiałów edukacyjnych, konieczne było zastosowanie metody, która nie wymagałaby stosowania 2 niezależnych rzutników (rys. 2). Ogromny postęp w dziedzinie szybkości działania kart graficznych umożliwił zastosowanie do tego celu metody migawkowej [2], w której obrazy dla lewego i prawego oka są wyświetlane przemiennie w bardzo krótkich odstępach czasu, a okulary o szklach ciekłokrystalicznych odsłaniają na przemian synchronicznie lewe i prawe oko. Metoda ta wymaga jednak, aby zakupić okulary aktywne, których koszt to 600–800 zł za jedną parę. Zakładając, że na salach wykładowych mieści się średnio 250 osób, metody aktywne zostały wykorzystane jedynie do prezentacji w małych grupach studentów (np. na zajęciach laboratoryjnych, ćwiczeniowych lub na wykładach specjalnościowych), pro-

wadzonych na Wydziale przedmiotów, w tym także robotyki [1, 2].



**Rys. 2.** Trójwymiarowe wykłady w auli Centrum Edukacyjno-Kongresowego Politechniki Śląskiej

**Fig. 2.** The lectures in 3D leading at the Silesian Technical University – Educational and Conference Center

Zastosowanie okularów aktywnych i ultraszybkich rzutników HD do realizacji zajęć w technice migawkowej pozwoliło na uzyskanie bardzo ostrych obrazów widzianych w 3D przy użyciu pojedynczego rzutnika. Aby dodatkowo zwiększyć możliwości szybkich instalacji zestawów przenośnych, zastosowano rzutnik z obiektywem szerokokątnym, którego ogniskowa pozwala na prezentację obrazu z bardzo małych odległości (rys. 3.)



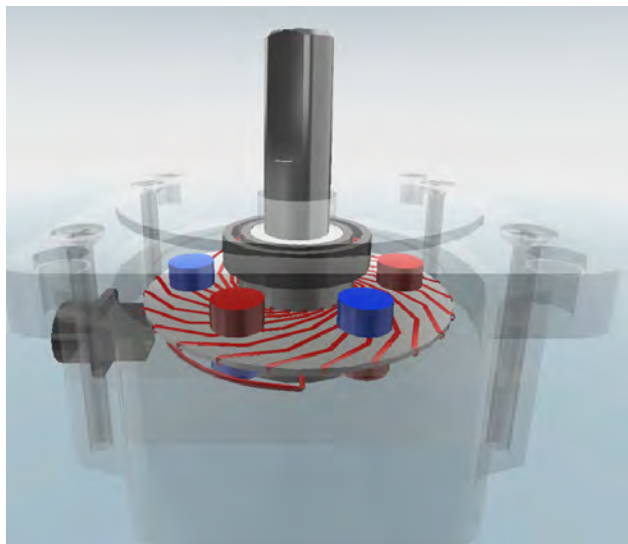
**Rys. 3.** Zajęcia z wykorzystaniem stereoskopii migawkowej – zajęcia specjalności AB3 – sale ćwiczeniowe Wydziału Mechanicznego Technologicznego

**Fig. 3.** The lectures with the usage of shutters stereoscopy – the classes with the AB3 group – the lecture room at the Faculty of Mechanical Engineering

## 2. Interaktywne prezentacje typowych napędów elektrycznych stosowanych w robotach i osprzęcie towarzyszącym

Chcąc umożliwić przekazywanie wiedzy na temat budowy typowych, współczesnych robotów przemysłowych, autorzy przygotowali zestaw prezentacji interaktywnych, które zostały podzielone na 3 główne zakresy tematyczne. Jako pierwsze zamieszczono prezentacje dotyczące napędów elek-

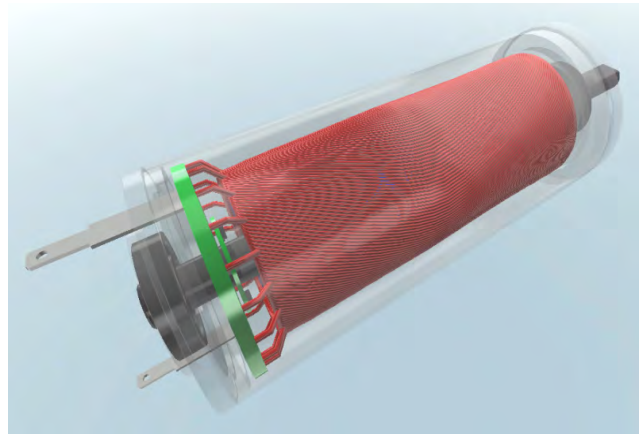
trycznych, stosowanych w robotach manipulacyjnych. Napędy podzielono na trzy grupy związane ze sposobami ich sterowania (zasilania). W pierwszej grupie znalazły się napędy prądu stałego (silniki DC). Aby pokazać typowe cechy napędów elektrycznych, wybrano trzy najbardziej charakterystyczne grupy silników prądu stałego. Jak powszechnie wiadomo, od napędów robotów przemysłowych wymaga się małych bezwładności wirników i dużych prędkości obrotowych. Najlepszym przykładem tego typu silnika prądu stałego jest przygotowany model 3D silnika z wirnikiem tarczowym. Silnik ten (rys. 4) ma wirnik w postaci tarczy wykonanej z laminatu typowego dla obwodów drukowanych. Uzwojenie wykonane jest w postaci ścieżek wykonywanych metodami zbliżonymi do wytwarzania obwodów drukowanych PCB. Tarcza porusza się między parami magnesów o przeciwnych biegunach N i S. Aby zapewnić zmiany kierunku oddziaływań elektromagnetycznych, zastosowano układ elektronicznej komutacji.



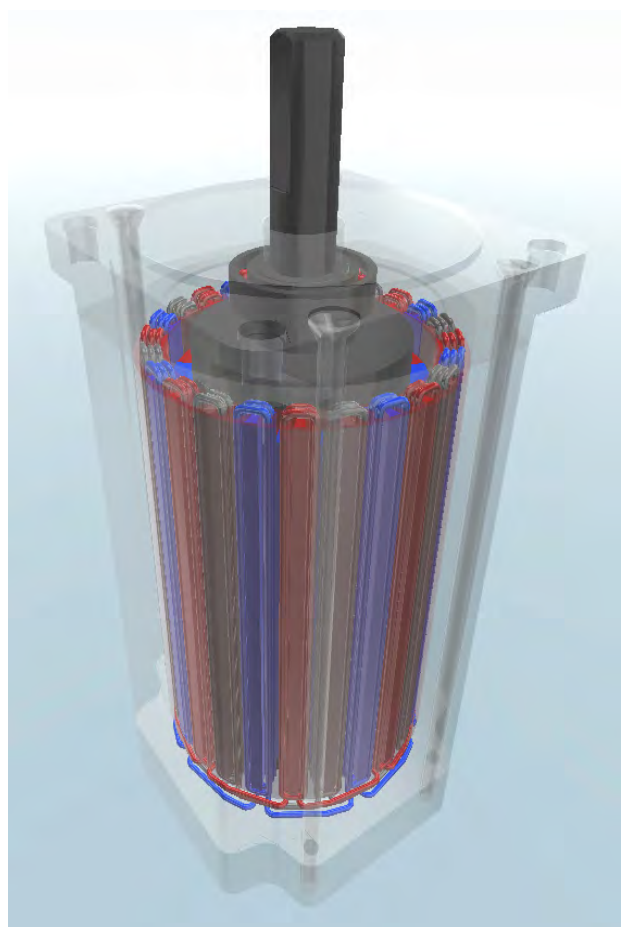
**Rys. 4.** Interaktywny model 3D silnika prądu stałego z wirnikiem tarczowym – slajd z prezentacji 3D

**Fig. 4.** Interactive 3D model of the direct current disc motor – the view taken from the 3D presentation

Chcąc umożliwić dokładne omówienie zasady działania każdego z opracowanych modeli silników, przygotowano zestaw interaktywnych funkcji sterowania zarówno samym widokiem kamery (przybliżanie, oddalanie, obrót pivotu kamery względem obiektu), jak również możliwościami ukrywania bądź ustawiania wysokiego stopnia przezroczystości korpusu silników. Dodatkową funkcją jest możliwość symulacji działania, podczas której studenci mogą zobaczyć zmiany biegunowości uzwojeń, w których zastosowano symboliczne oznaczanie kierunków przepływu prądu. Odpowiednia zmiana kolorystyki uzwojeń pokazuje uzwojenia neutralne, oddziałujące biegunem N lub S. Oczywiście zasada ta nie dotyczy silników z magnesami trwałymi, jednakże, jak pokazały ankiety przeprowadzone wśród uczestników zajęć, pozwala na precyzyjne określenie oddziaływań wewnątrz silnika w przypadku silników z podwójnymi parami uzwojeń wzajemnie się odpychających (np. w przypadku silników asynchronicznych prądu przemiennego lub silników krokowych). Na rys. 5 pokazano widok modelu 3D silnika kubkowego prądu stałego.



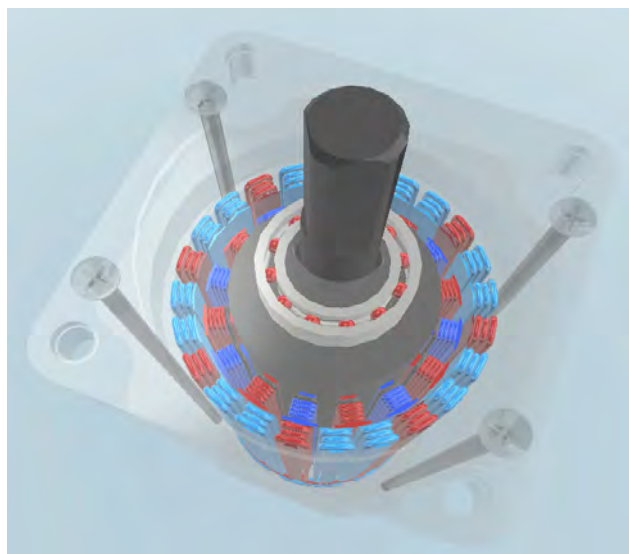
**Rys. 5.** Interaktywny model 3D silnika kubkowego prądu stałego  
**Fig. 5.** Interactive 3D model of the direct current cupped motor



**Rys. 6.** Interaktywny model 3D silnika bezłobkowego  
**Fig. 6.** Interactive 3D model of the slotless drive

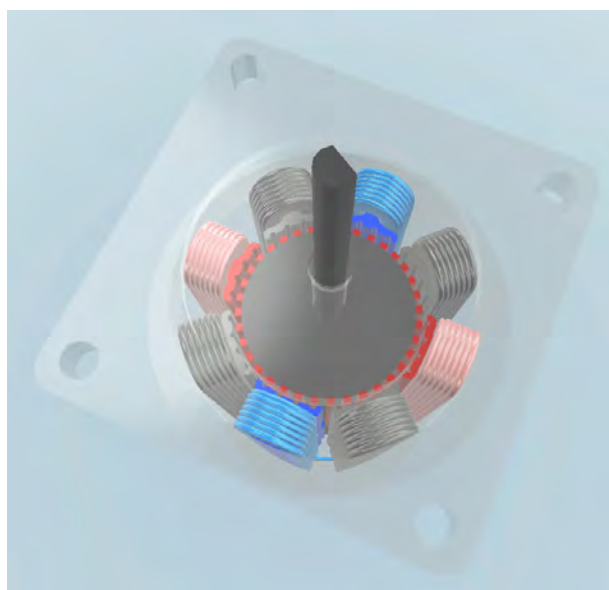
Opracowano również interaktywne prezentacje działania silników bezłobkowych (rys. 6), jakie często są stosowane w robotach przemysłowych, a także różne rozwiązania z zakresu sterowania silników prądu przemiennego (podobnie, jak w przypadku silników prądu stałego). Przygotowane zostały m.in. prezentacje pokazujące zasadę działania silników synchronicznych i asynchronicznych. Przykładowy napęd synchroniczny podczas symulacji działania (prezentującej za pomocą zmiennej kolorystyki zmiany biegunowości oddziaływań uzwojeń) pokazano na rys. 7.





**Rys. 7.** Interaktywny model 3D silnika synchronicznego prądu przemiennego – slajdy z przygotowanych prezentacji

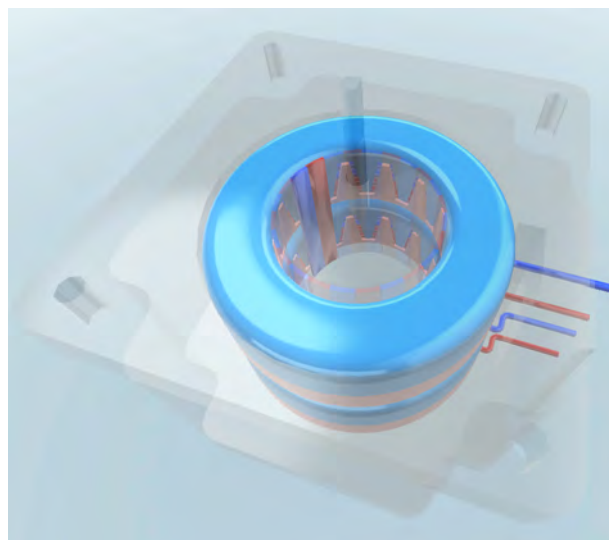
**Fig. 7.** Interactive 3D model of the amplitude current synchronous electric motor – the views taken from the prepared presentations



**Rys. 8.** Interaktywny model 3D silnika krokowego hybrydowego

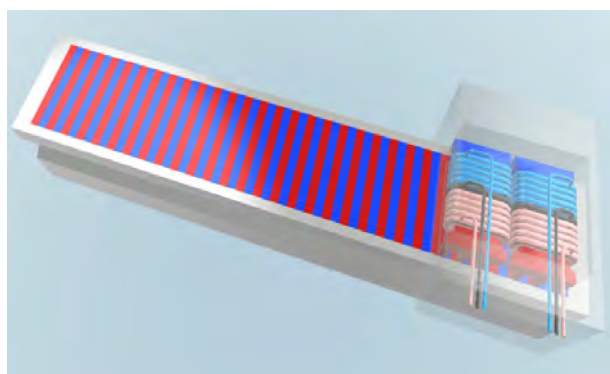
**Fig. 8.** Interactive 3D model of the hybrid stepper motor

Ponieważ we współczesnych robotach wymagane jest, aby napędy elektryczne pozostawały w stanie bez ruchu przez stosunkowo długie czasy, w robotach o małych udźwigach można spotkać napędy serwokrokowe. Są to napędy łączące w sobie cechy klasycznych serwonapędów (pomiar położenia i prędkości przez zewnętrzne enkodery) z cechami typowymi dla silników krokowych (wysoki moment trzymający i możliwość pozostawania w bezruchu bez ryzyka uszkodzenia). Chcąc pokazać ideę działania tego typu napędów, zdecydowano się na przygotowanie obszernego zestawu interaktywnych modeli silników krokowych. Możliwości wirtualnej rzeczywistości pozwoliły na przygotowanie materiału dydaktycznego, który nie tylko pokazuje budowę tego typu silników, ale także pozwala na symulację ich działania. Ponieważ jedną z bardziej interesujących kwestii jest sposób realizacji mikrokroków, przygotowano symulacje, które pozwalają na pokazanie silników w cyklu realizacji pełnych kroków jak i mikrokroków. Przykładowy model hybrydowego napędu krokowego pokazano na rys. 8. Chcąc pokazać różnicę w budowie silników krokowych, przygotowano dla kontrastu model silnika krokowego z magnesami trwałymi (rys. 9), co pozwala na uwypuklenie istotnych różnic w budowie tych napędów. Ponieważ coraz powszechniej stosowane są silniki liniowe, postanowiono również przygotować wirtualny model silnika tego typu, jak to pokazano na rys. 10. Dodatkową zaletą wirtualnej rzeczywistości jest możliwość pokazania działania napędu po zdjęciu osłony wózka jezdnego. Jest to istotne udogodnienie, gdyż umożliwia pokazanie łożyskowania na poduszce pneumatycznej, co w przypadku klasycznych zajęć laboratoryjnych nie byłoby możliwe z powodu rozhermetyzowania korpusu silnika i spowodowanych tym wycieków.



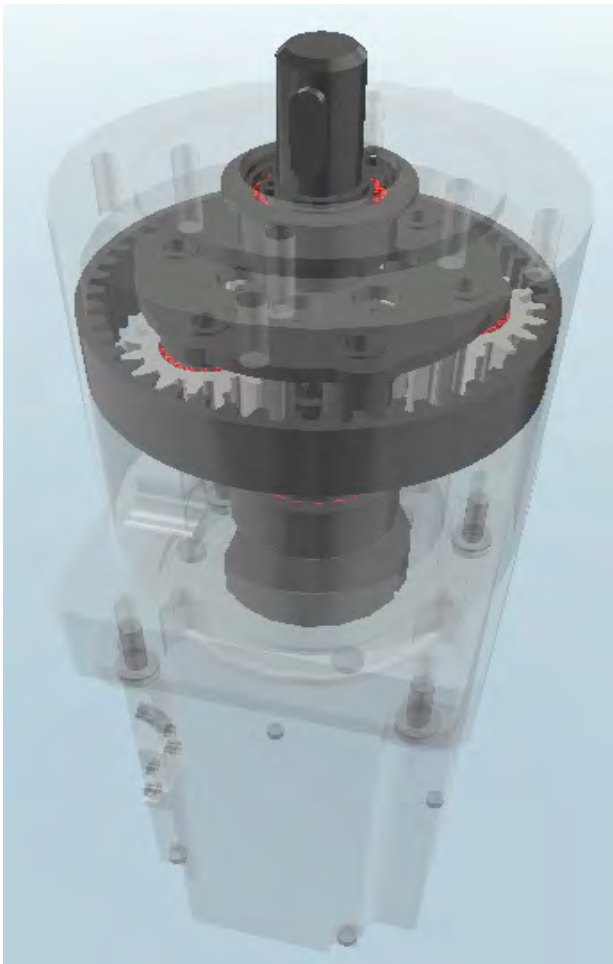
**Rys. 9.** Interaktywny model 3D silnika krokowego z magnesami trwałymi – slajdy z przygotowanych prezentacji

**Fig. 9.** Interactive 3D model of the permanent magnets stepper drive – the views taken from the prepared presentations



**Rys. 10.** Interaktywny model 3D liniowego silnika krokowego

**Fig. 10.** Interactive 3D model of the linear stepper drive



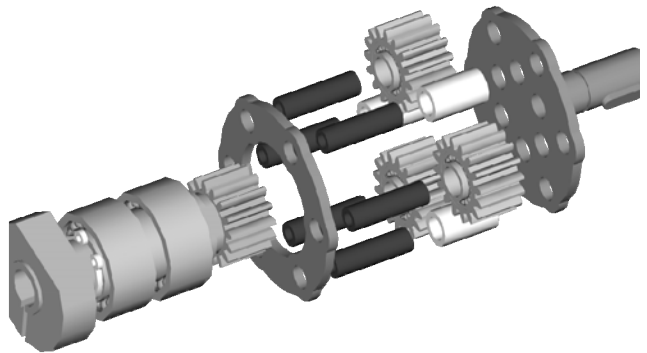
**Rys. 11.** Interaktywna symulacja działania przekładni planetarnej  
**Fig. 11.** Interactive simulation of the planetary gear

### 3. Interaktywne prezentacje przekładni

Mając opracowane interaktywne treści edukacyjne z zakresu rozwiązań napędów elektrycznych postanowiono wykorzystać opisywany system kinowych prezentacji 3D do uzupełnienia wykładów z zakresu budowy i zasady działania typowych przekładni, jakie można spotkać we współczesnych systemach zrobotyzowanych. Jako pierwsze zostały opracowane wirtualne modele przekładni obrotowych, w tym bardzo popularnych przekładni planetarnych (praktycznie wszystkie nowe modele robotów COMAU mają przekładnie planetarne tego typu między 3 i 4 ogniwem łańcucha kinematycznego). Widok przygotowanego modelu przekładni planetarnej pokazano na rys. 11. Ponieważ niektóre elementy takiej przekładni są trudne do pokazania w złożeniu postanowiono, oprócz możliwości ukrycia lub zmiany przezroczystości korpusu, udostępnić funkcję rozłożenia przekładni, która w efekcie pozwala na uzyskanie typowego rysunku wybuchowego, w którym kierunki odsunięcia elementów są zgodne z osiami śrub montażowych (rys. 12).

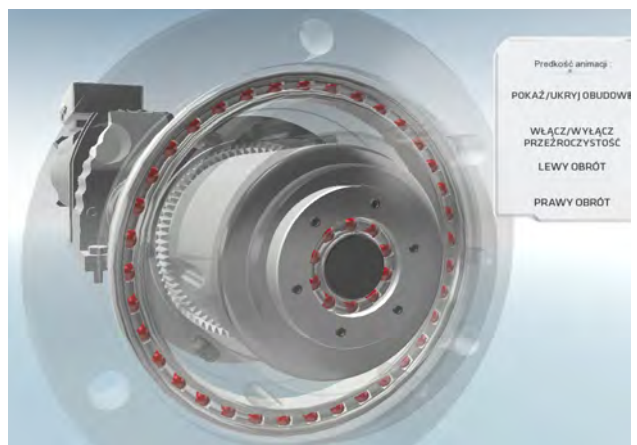
Podobnie, jak to miało miejsce w przypadku symulacji działania napędów elektrycznych, przygotowano możliwość symulacji działania każdej z opracowanych przekładni. Symulacja pozwala na wprawienie w ruch silnika

napędzającego dany ustrój mechaniczny, zmianę szybkości obrotów silnika, a także zmianę samego kierunku obrotów. By zaprezentować inne rozwiązania konstrukcyjne przekładni stosowanych do budowy robotów przygotowano modele przekładni falowych (opatentowanych i stosowanych w robotach FANUC Robotics). Widok przygotowanej przekładni falowej z falownikiem talerzowym podczas symulacji działania pokazano na rys. 13.



**Rys. 12.** Widok rozłożonej przekładni – slajdy z przygotowanych prezentacji interaktywnych  
**Fig. 12.** The view of the gear's separation – the views taken from the prepared interactive presentations

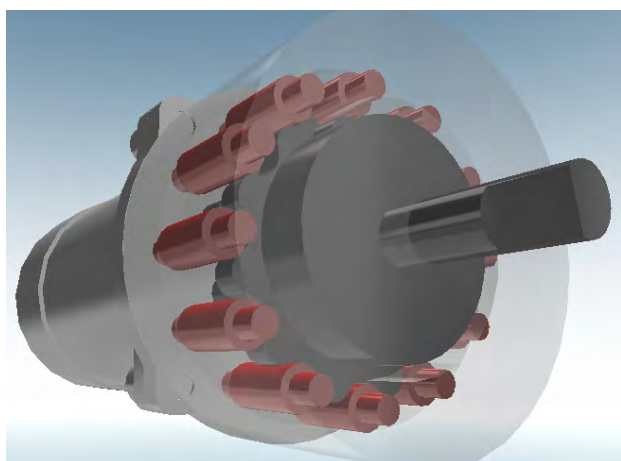
**Fig. 12.** The view of the gear's separation – the views taken from the prepared interactive presentations



**Rys. 13.** Interaktywna symulacja działania przekładni falowej  
**Fig. 13.** Interactive simulation of the harmonic drive

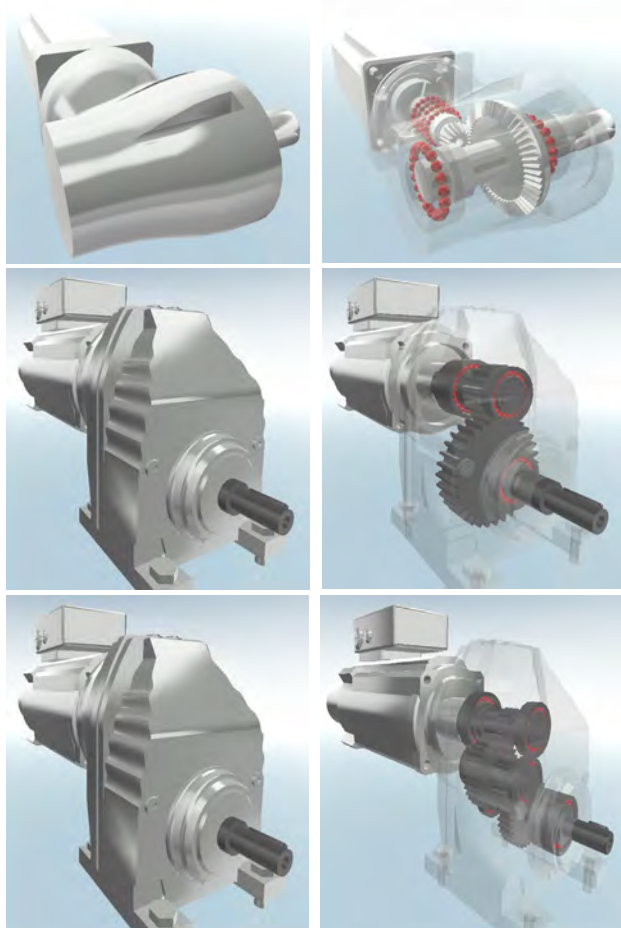
Podobnie zaprezentowano zasadę działania innych przekładni, jakie często można spotkać w konstrukcjach współczesnych manipulatorów, np. przekładni cykloidalnych należących do grupy przekładni kształtowo-toczących. Przekładnie te zwykle są zintegrowane z silnikami, przyjęto więc wariant wykonania przekładni cykloidalnej bezpośrednio na wale silnika. Urządzenia tego typu charakteryzują się większymi luzami od przekładni falowej, jednakże są od niej znacznie tańsze, przez co znalazły zastosowanie w wielu modelach robotów, w których nie są wymagane

bardzo duże dokładności pozycjonowania. Na rys. 14 pokazano opracowany model 3D przekładni cykloidalnej.



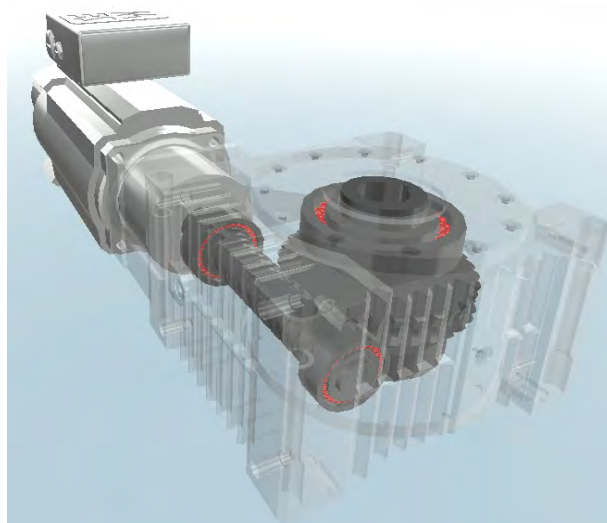
**Rys. 14.** Interaktywny model 3D przekładni cykloidalnej  
**Fig. 14.** Interactive simulation of the cycloid gear

Przygotowując materiały dydaktyczne nie można było pominąć klasycznych motoreduktorów walcowych, kątowych lub też ślimakowych. Na rys. 15 i 16 przedstawiono zestaw prezentacji 3D pokazujących budowę pozostałych przekładni obrotowych.



**Rys. 15.** Interaktywne modele 3D typowych motoreduktorów  
**Fig. 15.** The interactive 3D models of the typical motoreducers

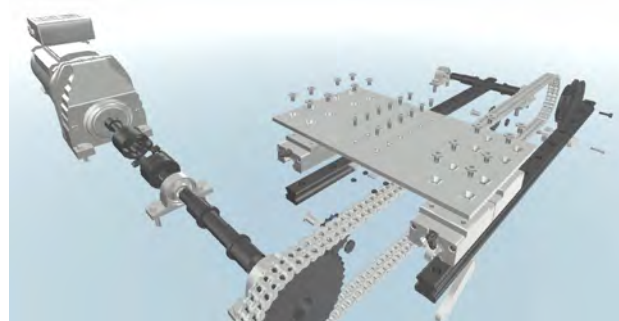
Ze względu na ograniczoną objętość artykułu, okrojono prezentację przygotowanych materiałów edukacyjnych do najbardziej typowych przykładów. Wszystkich zainteresowanych zapraszamy na stronę internetową projektu INTEREDU: [www.interedu3d.pl](http://www.interedu3d.pl).



**Rys. 16.** Interaktywny model 3D motoreduktora SPIROPLAN  
**Fig. 16.** Interactive 3D model of the SPIROPLAN motoreducer

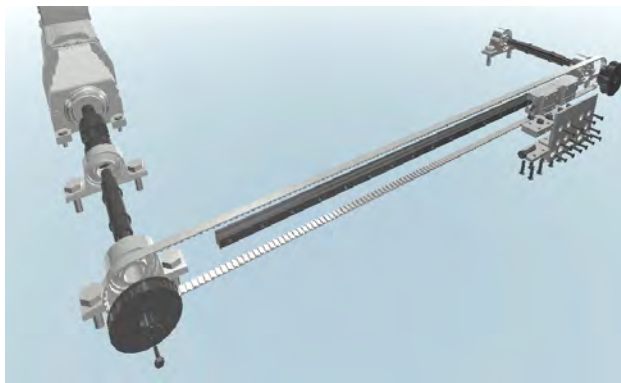
#### 4. Budowa i zasada działania napędów liniowych – prezentacje 3D

Ponieważ w budowie robotów można spotkać, poza napędami wprawiającymi w ruch poszczególne człony łańcucha kinematycznego, inne napędy stosowane m.in. do przemieszczania ostoi robota względem podłoża (dodatkowa manewrowość), autorzy zdecydowali się wykorzystać fakt wdrażania systemu prezentacji 3D i rozbudowali przygotowane materiały edukacyjne, również o tego typu układy. Przygotowano interaktywne prezentacje pokazujące najbardziej typowe rozwiązania pozwalające na przemieszczanie manipulatorów (np. w konfiguracji portalowej). Jako pierwsze opracowane zostały modele łańcuchowych napędów liniowych. Prezentacje budowy i zasady działania tego typu ustrojów napędowych zostały wyposażone w identyczne funkcjonalności jak prezentacje przekładni obrotowych. Przykład rozłożonego napędu łańcuchowego pokazano na rys. 17.



**Rys. 17.** Model 3D rozłożonego napędu łańcuchowego  
**Fig. 17.** The 3D model of the chain drive in separate view





**Rys. 18.** Model 3D rozłożonego napędu pasowego

**Fig. 18.** The 3D model of the belt drive in separate view



**Rys. 19.** Napędy śrubowo-toczne – slajdy z prezentacji 3D

**Fig. 19.** The example helical gears – views taken from 3D presentation



**Rys. 20.** Przykładowy model 3D siłownika obrotowego

**Fig. 20.** 3D example model of the rotary actuator

Innym rozwiązaniem napędu zamieniającego ruch obrotowy na przesunięcie liniowe jest napęd bazujący na pasie zębatym. Napędy tego typu są powszechnie stosowane m.in. przez takich producentów modułów liniowych jak FESTO czy BOSCH-REXROTH. Widok opracowanego rozwiązania napędu pasowego z pasem zębatym pokazano na rys. 18.

Aby uzupełnić opracowane materiały o inne stosowane rozwiązania, zdecydowano się na opracowanie zestawu napędów śrubowo-toczących, zarówno z wewnętrznymi, jak i zewnętrznymi obiegami kulek. Na rys. 19 pokazano przykładowe ujęcia opracowanych modeli 3D.

## 5. Pneumatyczne napędy robotów i osprzętu towarzyszącego

Kompletne materiały edukacyjne z zakresu budowy i zasady działania napędów typowych robotów przemysłowych przygotowano, uzupełniając przedstawione wcześniej treści edukacyjne o prezentacje z zakresu budowy i zasady działania napędów pneumatycznych. Tutaj skupiono się na pokazaniu zasady działania najbardziej typowych rozwiązań, jakie można spotkać we współczesnych urządzeniach automatyki przemysłowej. Przygotowano interaktywne prezentacje ilustrujące budowę wewnętrzną i symulację działania najbardziej typowych siłowników liniowych (tłoczkowych i beztłoczkowych), jak również powszechnie stosowanych, m.in. w systemach napędowych stanowisk reorientacji siłowników obrotowych i wahliwych. Na rys. 20 pokazano przykładową interaktywną prezentację siłownika obrotowego.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Proces przygotowania treści edukacyjnych z zakresu robotyki i robotyzacji procesów technologicznych z wykorzystaniem stereografii komputerowej został zakończony we wrześniu bieżącego roku. Od tego czasu zostały już przeprowadzone zajęcia z wykorzystaniem opracowanych materiałów multimedialnych na kilku kierunkach studiów. Jak pokazały ankiety przeprowadzone w grupach losowo wybranych uczestników zajęć (studentów Wydziału z kierunków Automatyka i Robotyka, a także Mechatronika), zajęcia tego typu pozwalają na lepsze wyniki edukacyjne zarówno z punktu widzenia skupienia uwagi uczestników i tym samym lepszego zapamiętywania prezentowanych treści edukacyjnych [4, 5, 6], jak i z punktu widzenia możliwości pokazania niedostępnych podczas zwykłych laboratoriów czy ćwiczeń obszarów wiedzy w formie wizualnej. Przykładem takiego obszaru może być pokazanie wpływu zainstalowanego oprzyrządowania technologicznego na kształt przestrzeni roboczej manipulatora – przestrzeni, której kształtu w całości podczas zajęć laboratoryjnych z udziałem rzeczywistych robotów nie można pokazać. Dodatkową atrakcją podczas zajęć jest możliwość wykorzystania przewidzianych interakcji widza z systemem multimedialnym. W przypadku przytoczonego badania wpływu oprzyrządowania technologicznego na kształt przestrzeni zadaniowej bardzo dużym udogodnieniem dla prowadzącego zajęcia jest możliwość sterowania wirtualnym manipulatorem z zainstalowanym narzędziem (dowolnym dostępnym w aplikacji) wewnątrz półprzezroczystej przestrzeni zadaniowej. Dzięki temu łatwo można zaprezentować osiągnięcie przez TCP narzędzia skrajnych położeń wewnątrz przestrzeni, a następnie poprzez zmianę konfiguracji oprzyrządowania udowodnić, że przestrzeń w tym samym położeniu manipulatora uległa np. powięk-

szeniu, gdyż nowe narzędzie posiadało większe odsunięcie od kołnierza centrującego lub adaptera.

Dodatkowe korzyści, jakie uzyskano przez wprowadzenie systemu trójwymiarowej prezentacji materiałów edukacyjnych [7, 8] w zakresie osprzętu typowych robotów przemysłowych, są związane z możliwością prezentacji działania systemów automatycznej wymiany chwytaków lub samych chwytaków zarówno w formie pokazu zewnętrznych brył obiektów (identyczne ćwiczenia mogą być prowadzone na rzeczywistych robotach), ale również przy włączeniu przekroju elementów ruchowych, co w warunkach tradycyjnego laboratorium jest niemożliwe do zrealizowania. Możliwość oglądania wnętrza adapterów i chwytaków podczas pracy (widok z przekrojonym korpusem) pozwala na pokazanie istotnych elementów danego osprzętu przy zachowaniu funkcjonalności, co nie jest możliwe w tradycyjnych układach zajęć praktycznych, gdyż po wykonaniu przekroju elementów traci się możliwość wysterowania części mechanicznych ze względu na brak szczelności układu.

Projekt INTEREDU „Interaktywne kształcenie inżyniera” jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego: Program Operacyjny Kapitał Ludzki 2007–2013, Priorytet IV, Szkolnictwo wyższe i nauka: Poddziałanie 4.1.1: „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego uczelni”.

## Bibliografia

1. Maalouf A., Larabi M-C.: *CYCLOP: A stereo color image quality assessment metric*, 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Prague 2011, 1161–1164.
2. Muhlbach L., Bocker M., Prussog A.: *Telepresence in Videocommunications: A Study on Stereoscopia and Individual Eye Contact*, *Human Factors: "The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society"*, September 1, 1998, 354–375.
3. Vos J.J.: *Some New Aspects of Color Stereoscopia*, *J.Opt.Soc.Am.*, 85–790.
4. [www.interedu3d.pl].
5. *Śląskim studentom silnik popracuje w 3D*, „Wprost24”, wydanie 47/2011.
6. *Wykłady w 3D na śląskich uczelniach*, „Dziennik Zachodni”, wydanie 23.03.2011.
7. *Wykłady w trójwymiarze*, „Dziennik Rzeczpospolita”, wydanie 26.05.2011.
8. Różycki S.: *Trójwymiarowe modele miast. Tworzenie i zastosowanie*, Instytut Fotogrametrii i Kartografii, Politechnika Warszawska.
9. Stasiewicz A.: *C++ Builder. Symulacje Komputerowe*, e-book, 2003. ■

### The modern cinema techniques of the 3D pictures displaying in didactic process in the skill of building and way of working of the industrial robots' drives and motors

**Abstract:** In 2009 on Faculty of Mechanical Engineering in Silesian Technical University in Gliwice there has been introduced

the INTEREDU [4] innovative system for presenting the educational contents by the usage of modern techniques of 3D pictures projection [1–3]. In this project there was worked out additional educational contents for basic and major subjects leaded in our university, e.g. robotics, robot's programming, design of tools and tooling, etc. This paper presents the range and opportunities of worked out interactive educational contents, which allow on showing the structure and way of working of typical electrical, pneumatic and electro-hydraulic drives with gears applied in manufacturing robots and additional components, which are commonly used in robot integrated manufacturing systems. The project allows on enlarging the didactic offer of the Faculty of Mechanical Engineering, what has a great influence on enlarging the students knowledge and their future successes at work in the industry. Moreover, taking advantage of virtual reality [1–4], there is also prepared the special mechanism which allows on interactive camera steering, as well as objects steering, e.g. chain gear. Furthermore, it is possible to choose the special mode where the case is invisible just to see how everything is working inside. This brand new system of pictures displaying, which was used so far in cinemas, allows on better relaying the technical and engineering news to students. All above things have a great influence on the higher educational quality. That's the main reason why the authors have decided to prepare this paper. Besides, we believe that the interactive educational contents will be introduced in other research centers in our country someday.

**Keywords:** stereoscopia, industrial robots, electric drives, pneumatic cylinders, gears, interactive education

#### dr inż. Daniel Reclik

Adiunkt w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. W swojej działalności naukowej zajmuje się programowaniem i optymalizacją trajektorii ruchu robotów przemysłowych z wykorzystaniem komputerowych systemów wspomagania prac inżynierskich.

e-mail: [daniel.reclik@polsl.pl](mailto:daniel.reclik@polsl.pl)



#### dr inż. Wacław Banas

Adiunkt w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. W swojej działalności naukowej zajmuje się robotyką i mikroprocesorowymi systemami nadzoru i sterowania, w tym systemami przemysłowych sterowników logicznych PLC.

e-mail: [waclaw.banas@polsl.pl](mailto:waclaw.banas@polsl.pl)



#### mgr inż. Andrzej Nierychlok

Jest doktorantem w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. Swoją działalność naukową koncentruje w zakresie systemów sterowania pojazdów z hybrydowymi układami napędowymi

e-mail: [andrzej.nierychlok@polsl.pl](mailto:andrzej.nierychlok@polsl.pl)

