

Aldona KUŚMIŃSKA-FIJAŁKOWSKA¹
Zbigniew ŁUKASIK²

ZROBOTYZOWANY LABORATORYJNY SYSTEM W OPARCIU O ROBOTA FANUC S- 420F

W artykule przedstawiono zrobotyzowany laboratoryjny system w oparciu o robota S-420F stworzony dla celów dydaktycznych. Studenci mają możliwość przećwiczenia w laboratorium Politechniki Radomskiej praktyczne aspekty programowania ruchów robota przemysłowego.

ROBOTISED LABORATORY SYSTEM IN THE SUPPORT ABOUT THE WORK FANUC S- 420F

Robotised laboratory system was introduced in the article in the support about the work S-420F created for didactic aims. The students have the possibility practice in the laboratory Technical University of Radom the practical aspects of programming of the movements of the industrial robot.

1. WSTĘP

Główny cele stworzenia zrobotyzowanego stanowiska laboratoryjnego w oparciu o robota przemysłowego to zapoznanie studentów ze specyfiką zrobotyzowanych systemów przemysłowych oraz przedstawienia robota przemysłowego jako maszyny, której konstrukcja jest wynikiem sumy wiedzy z wykładanych na uczelni przedmiotów: matematyki, automatyki, elektrotechniki, informatyki, wizualizacji procesów oraz wielu innych przedmiotów z dziedziny wiedzy specjalistycznej i ogólnej wykładanych na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Politechniki Radomskiej. Zrobotyzowane stanowisko laboratoryjne w oparciu o robota przemysłowego stwarza studentom możliwość przećwiczenia w laboratorium praktycznych aspektów programowania ruchów robota.

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-52, Fax: + 48 48 361-77-42, e-mail: a.kusminska@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-70-30, Fax: + 48 48 361-77-42, e-mail: z.lukasik@pr.radom.pl

2. ROBOT FANUC S- 420F

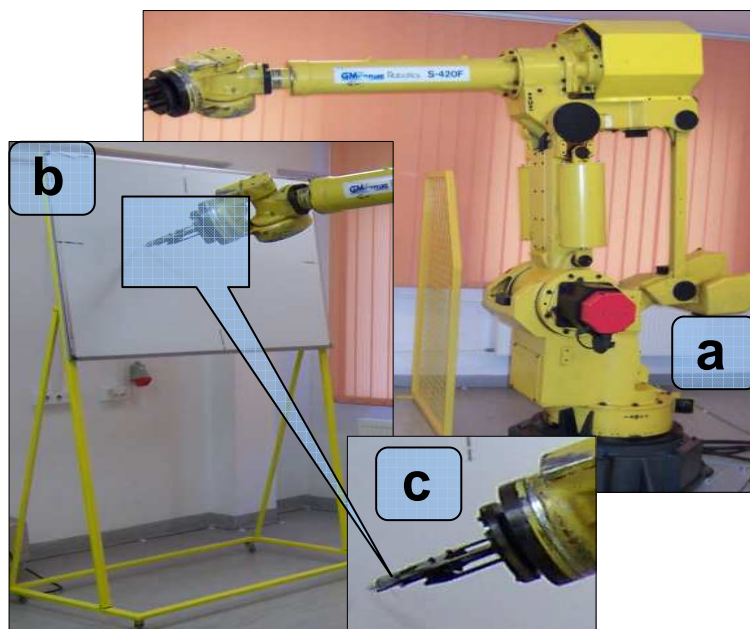
Dla celów dydaktycznych został stworzony laboratoryjny Zintegrowany System Przemysłowy w oparciu o robota S-420F firmy FANUC Robotics (Factory Automation NUMerucal Control) Rys. 1.



Rys. 1. Zrobotyzowane stanowisko laboratoryjne a) Stanowisko robocze; b) Kontroler R-H; c) Skaner SICK S3000

W skład systemu wchodzi:

1. Podsystem sterowania
 - kontroler typu R-H robota FANUC S-420F
2. Podsystem bezpieczeństwa
 - skaner Sick S3000,
 - bariery uniemożliwiające dostęp w obszar roboczy ramienia,
 - drzwi wejściowe zabezpieczone krańcówką mechaniczną,
 - system przycisków zatrzymania awaryjnego.
3. Podsystem oprzyrządowania złożony z:
 - ramienia roboczego robota FANUC S-420F (Rys. 2a),
 - mobilnej tablicy o regulowanym kącie pochylenia (Rys. 2b),
 - narzędzia roboczego, którym jest pisak umieszczony w uchwycie przymocowanym do czoła montażowego robota (Rys. 2c).

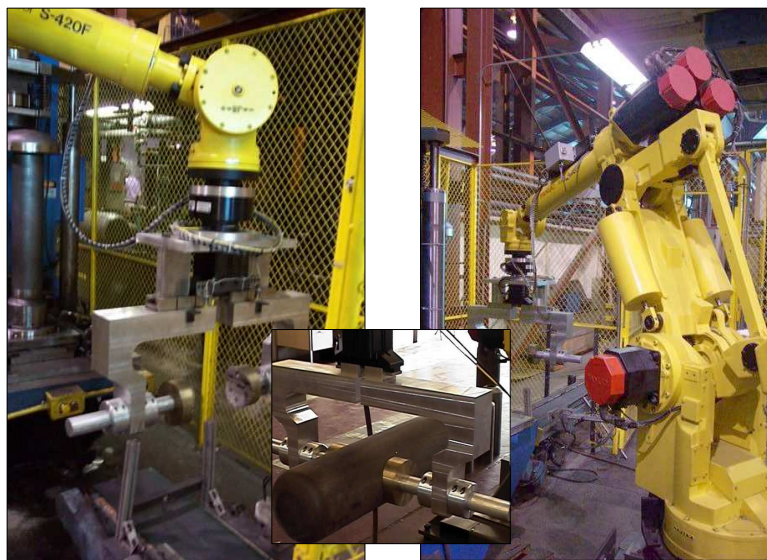


Rys. 2. Oprzyrządowanie a) Ramię robota, b) Mobilna tablica, c) Pisak

3. WYKORZYSTANIE W PRZEMYSŁE FANUC S-420F

Robot FANUC S-420F (Rys. 3.) jest przeznaczony do przenoszenia ładunków o ciężarze nawet do 120 kg i więcej[6]. Wersja F jest modelem o zwiększonej odporności na warunki środowiskowe ze szczególnym uwzględnieniem zapylenia i wysokich temperatur tak, jak np. w przypadku aplikacji odlewniczych. Robot ten najczęściej wyposażony jest w szczęki zgrzewalnicze i używany do automatycznego zgrzewania elementów karoserii. Często używanymi aplikacjami są też stanowiska do współpracy z prasami i wtryskarkami przy ich załadunku lub rozładunku albo przenoszenia elementów (Rys. 3.).

W skład systemu KAREL firmy GMF wchodzi robot, kontroler i oprogramowanie systemowe[2]. System ten pozwala spełniać zadania przemysłowe z użyciem programów napisanych w języku programowania KAREL. KAREL może sterować ruchami robota, komunikować się, sterować odpowiednim wyposażeniem i współdziałać z operatorem. Kontrolery KAREL i ich oprogramowanie systemowe wspierają szeroką gamę modeli robotów oraz aplikacji takich jak zgrzewanie, malowanie, przenoszenie, składanie, spawanie łukowe i laserowe[1]. System KAREL oparty jest na wielopoziomowym menu. Menu wyświetlane są na ekranie kontrolera i na ekranie Teach Pendant'a. Dostęp do poszczególnych pozycji menu oraz odpowiedź na komunikaty systemowe możliwa jest za pomocą klawiatury kontrolera i Teach Pendant'a[2].



Rys. 3. Robot FANUC S-420F przenoszący obrabiane elementy[5]

4. KOMPONENTY ROBOTA PRZEMYSŁOWEGO S-420F

W aplikacji laboratoryjnej (Rys. 2.) robot Fanuc S-420F wyposażony jest w pisak, którego używa jako narzędzia roboczego do kreślenia zaprogramowanych kształtów na mobilnej tablicy.

Oprogramowanie systemowe KAREL pozwala zarządzać całym systemem. Składa się ono z następujących elementów[5]:

1. Motion Control – sterowanie systemem napędów – steruje i nadzoruje ruch TCP z bieżącej pozycji do pozycji docelowej.
2. File System – system plików – zarządzanie pamięcią kontrolera i zewnętrznymi nośnikami danych.
3. Syntax Editor – edytor plików – tworzenie i edycja plików KAREL.
4. System Variables – Zmienne systemowe – zmienne systemowe decydujące o parametrach ruchu, układów współrzędnych, sygnałów wejściowych i wyjściowych itp.
5. Ekrany CRT/KB i TP wyświetlające informacje o stanie systemu KAREL.
6. KCL – KAREL Command Language – język komend.

4.1 Kontroler R-H

Kontroler R-H (Rys. 4.) jest przystosowany do sterowania robotami serii S-420F. W szafę kontrolera wbudowany jest na stałe terminal CRT/KB służący do programowania, serwisu i automatycznego wykonywania założonych zadań[3].

W skład kontrolera KAREL wchodzi różne elektroniczne komponenty zarządzane przez oprogramowanie systemowe Rys. 4. Sterują one ruchem ramienia roboczego, komunikują

się z operatorem oraz wszelkimi urządzeniami zewnętrznymi podłączonymi do systemu. W skład elektroniki kontrolera wchodzi:

- Komputer, który steruje wszystkimi podzespołami za pomocą oprogramowania systemowego, które zainstalowane jest w jego pamięci i wykonuje programy napisane przez użytkowników systemu. W skład komputera wchodzi:
 - Płyta bazowa będąca magistralą sygnałową i podstawą do instalacji wszelkich podstawowych i rozszerzających kart.
 - Karta z centralnym CPU, wykonującym zadania systemu operacyjnego i oprogramowania systemowego zainstalowanego na komputerze. Karta ta wykonuje wszelkie niezbędne obliczenia trajektorii ruchu TCP, interpretuje p-code programów użytkownika.
 - Karta różnego typu pamięci i o różnym przeznaczeniu:
 - EPROM – obszar pamięci nieulotnej zawierający całe oprogramowanie systemowe KAREL.
 - RAM – obszar pamięć ulotnej o dostępie swobodnym.
 - CMOS RAM – obszar pamięci nieulotnej o dostępie swobodnym.
 - Karta komunikacyjna, która steruje wszelkimi modułami wejściowymi i wyjściowymi, cyfrowymi i analogowymi przetwarzając sygnały karty procesora skierowane do modułów i odwrotnie.
 - Karty sterowania osiami, które przetwarzają rozkazy ruchu pochodzące od karty procesora na sygnały dla systemu serwomechanizmów oraz przetwarzają sygnały z enkoderów dostarczając ich wartości do karty procesora i podejmują odpowiednie działania korekcji parametrów sterujących serwomechanizmami w pętli sprzężenia zwrotnego, by utrzymać zakładaną ścieżkę i położenie TCP.
- System wejść/wyjść cyfrowych i analogowych. Wspiera on szeroką gamę modułów wejściowych i wyjściowych przetwarzających zarówno sygnały cyfrowe jak i analogowe. Jest on swobodnie konfigurowalny i w zależności od potrzeb może być wyposażony w odpowiednią ilość modułów. Stan wejść i wyjść poszczególnych sygnałów oraz ich grup jest kontrolowany przez komputer z pomocą karty komunikacyjnej. Stany sygnałów mogą być kontrolowane przez program użytkownika w trybie pracy automatycznej. W każdej chwili ich stan może być sprawdzony przy użyciu Teach Pendant'a i CRT/KB, a dla różnych celów sygnały te w prosty sposób mogą być symulowane[3].
- Urządzenia komunikacji z użytkownikiem. Pozwalają one na programowanie i obsługę systemu KAREL i są to między innymi:
 - Teach Pendant - przenośne urządzenie służące do sterowania ruchami robota, testowania i tworzenia siatki punktów, konfiguracji zmiennych systemowych, komunikowania błędów itp.
 - CRT/KB, który jest terminalem komputerowym wbudowanym w szafę kontrolera służącym do tworzenia programów, konfiguracji zmiennych systemowych, zarządzania plikami i pamięcią kontrolera, diagnostyki i usuwania błędów oraz awarii.



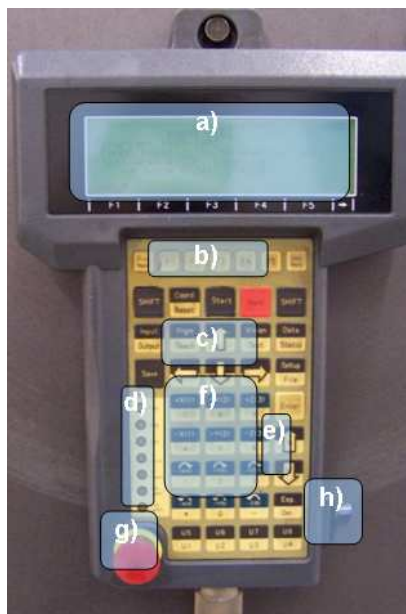
Rys. 4. Kontrolera typu R-H robotów Fanuc a) CRT/KB; b) Panel operatora; c) Serwomechanizmy; d) Chłodzenie e) System wejść i wyjść; f) Układy bezpieczeństwa; g) Komputer; h) Zasilanie

4.2 TEACH PENDANT

Teach Pendant (Rys. 5.) jest rodzajem przenośnego pulpitu operatorskiego połączonego z kontrolerem za pomocą długiego przewodu. Jest on wyposażony w klawiaturę, ekran, wskaźniki trybu pracy przełączniki oraz przyciski, które są elementami niezbędnymi do sprawnego i prawidłowego sterowania systemem.

Teach Pendant jest urządzeniem służącym do realizacji wielu zadań związanych z programowaniem, obsługą i serwisem robota. W systemie z kontrolerem typu R-H służy on do[5]:

- poruszania ramieniem robota,
- uczenia oraz wprowadzania składowych punktów i ścieżek punktów,
- testowania programów,
- detekcji i usuwanie błędów i awarii,
- wyświetlania komunikatów użytkownika, komunikatów o błędach, pytań i menu,
- wyświetlania bieżącej pozycji ramienia w różnych układach współrzędnych,
- wyświetlania i modyfikacji składowych punktów, zmiennych systemowych M i programowych oraz realizacji wielu innych funkcji.



Rys. 5. Teach Pendant kontrolera R-H robota FANUC a) Ekran; b) Klawisze funkcyjne; c) Kursory; d) Wskaźniki stanu; e) Regulacja prędkości f) Klawisze sterowania ruchem ramienia;

5. LABORATORYJNY SYSTEM FANUC S-420F

W laboratorium realizowane są ćwiczenia :

1. Elementy Zrobotyzowanego Systemu Przemysłowego Robot, jego komponenty i obsługa

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z robotem przemysłowym, przeznaczeniem komponentów wchodzących w jego skład oraz z codzienną obsługą czyli: włączaniem, wyłączaniem robota i przemieszczaniem ramienia roboczego z wykorzystaniem ruchów w różnych układach współrzędnych.

W trakcie tego ćwiczenia studenci uczyć się posługiwać Panelem Teach Pendant, by przemieszczać ramię robocze do wybranych punktów. Studenci zdobywają też wiedzę praktyczną pozwalającą im zrozumieć i wykorzystać elementarne pojęcia specyficzne dla robota przemysłowego, którymi są:

- Układy współrzędnych JOINT, WORLDFRAME (BASE), TOOLFRAME, USER / JOGFRAME.
- TCP – punkt centralny narzędzia.
- HOME position – pozycja wyjściowa robota.

2. Podstawy programowania w języku KAREL. Struktura, tworzenie i testowanie programów

Celem ćwiczenia jest ugruntowanie wiedzy z ćwiczenia 1. Zapoznanie studentów z budową przykładowego programu, sposobami jego testowania oraz metodami wprowadzania zmian w położenia punktów programu. W trakcie wykonywania ćwiczenia studenci:

- Powtarzają materiał z ćwiczenia 1.
- Poznają metody testowania programu w trybie krokowym, ciągłym i pracy automatycznej.
- Poznają metody wprowadzania zmian punktów programu przez uczenie i wpisywanie ich składowych.

3. Podstawy programowania w języku KAREL Strukturyzacja programów – Procedury

Celem ćwiczenia jest ugruntowanie wiedzy z ćwiczenia 1 i 2. Zapoznanie studentów z metodami optymalizacji i zwiększenia czytelności kodu programu przy użyciu procedur. W trakcie wykonywania ćwiczenia studenci:

- Powtarzają materiał z ćwiczeń 1 i 2,
- Uczą się praktycznej obsługi edytora wierszowego.
- Uczą się obsługi translatora.
- Poznają zastosowania procedur bezparametrowych i parametryzowanych.
- Poznają metody obliczania wartości punktów docelowych w trakcie wykonywania programu.
- Uczą się dobierać parametry instrukcji ruchu do wykonywanego zadania.

6. WNIOSKI

Rozwój robotów przemysłowych, ich popularność oraz zwiększające się możliwości, elastyczność, różnorodność i szeroka gama możliwych zastosowań sprawiły, że roboty są coraz częściej wybierane jako podstawowe urządzenia systemów przemysłowych[4]. Coraz bogatsza ich gama wymaga odpowiedniego ich doboru do wykonywanego przez nie zadania. Zadania te spoczywają na Integratorach. Są nimi ludzie, którzy posiadają wiedzę dotyczącą zagadnień automatyki przemysłowej i wszelkich jej urządzeń, poszerzoną o dogłębną znajomość możliwości robotów przemysłowych, umiejętności ich doboru do danej aplikacji pod względem konstrukcji, zasięgu i przenoszonego ciężaru. Integrator powinien znać specyfikę budowy robota przemysłowego, przeznaczenie jego podzespołów oraz język programowania wraz z wbudowanymi procedurami i oferowanymi opcjami charakterystycznymi dla danego robota, by móc stworzyć efektywne i bezpieczne oprogramowanie robocze. Właśnie w tym celu na Politechnice Radomskiej na Wydziale Transportu i Elektrotechniki został stworzony zrobotyzowany laboratoryjny system w oparciu o robota Fanuc S-420.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Enhanced KAREL Operations Manual; ©GMFanuc Robotics Corporation, 1991
- [2] KAREL Reference Manual ©GMFanuc Robotics Corporation, 1991
- [3] FANUC Robot series R-J3iB Controller Line Tracking Operator's Manual ©FANUC, 2002

-
- [4] Honczarenko J. : „Roboty przemysłowe” Wydawnictwo Naukowo Techniczne,
Warszawa 2004
- [5] Królikowski Jarosław „Praca inżynierska” promotor Zbigniew Łukasik Politechnika
Radomska, 2008
- [6] <http://www.fanucrobotics.com>