



WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA

Katedra Zarządzania Produkcją



INSTRUKCJA DO ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH

Laboratorium z przedmiotu:

Programowanie obrabiarek CNC

Kod przedmiotu:

IMS05878

Temat:

Programowanie zabiegów frezarskich z wykorzystaniem parametrów R

Nr ćwiczenia:

5

Kierunek:

Inżynieria Meblarstwa

Cel ćwiczenia

Zapoznanie studentów z możliwościami programowania parametrycznego w systemie Sinumerik 808D. Zdobywanie umiejętności tworzenia programów obróbkowych z wykorzystaniem R parametrów, pętli i skoków w programie.

Wyposażenie stanowiska

Frezarka numeryczna Skolar X3, komputer stacjonarny lub przenośny, suwmiarka, liniał, mikrometr.

Zakres ćwiczenia

Planowanie obróbki części z wykorzystaniem parametryzacji. Tworzenie programów z obliczaniem wartości parametrów podczas przebiegu i przyporządkowywaniem ich innym adresom NC. Planowanie obróbki z wykorzystaniem skoków w programie.

Zaliczenie ćwiczenia

Zaliczenie ćwiczenia odbywa się na podstawie sprawdzianu wstępnego, obserwacji pracy studenta w czasie zajęć i wykonanego sprawozdania sporządzonego zgodnie z protokołem dołączonym do niniejszej instrukcji.

LITERATURA

1. Podręcznik programowania i obsługi SINUMERIK 808D. Frezowanie, część 2: Programowanie (instrukcje Siemens) 12/2012
2. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, WNT, Warszawa, 2004
3. Przybylski W., Deja M.: Komputerowo wspomagane wytwarzanie maszyn: podstawy i zastosowanie, WNT, Warszawa, 2007.
4. Habrat W.: Obsługa i programowanie obrabiarek CNC: podręcznik operatora, Wyd. "KaBe", Krosno 2015.
5. Pytlak B., Zmienne w układzie sterowania CNC SINUMERIK Operate, Mechanik, Nr 3/2017

Opracował:

dr inż. Krzysztof Łukaszewicz

Politechnika Białostocka 2022

1. Wprowadzenie

W układzie sterowania SINUMERIK programowanie parametryczne opiera się na wykorzystaniu zmiennych, które w połączeniu z funkcjami obliczeniowymi i strukturami kontrolnymi zapewniają wysoką elastyczność tworzonych programów. Zmienne te można podzielić na systemowe i użytkownika. Ze zmiennych systemowych korzysta oprogramowanie systemowe, można je też odczytywać i zapisywać w programach obróbki użytkownika. Producent wstępnie definiuje znaczenie zmiennych systemowych. Istnieje jednak możliwość ich zmiany przez tzw. redefinicję. Zmienne systemowe zapewniają dostęp do aktualnego stanu sterowania, maszyny i procesu obróbki oraz pozwalają parametryzować układ sterowania. Standardowe oznaczenie zmiennych systemowych składa się ze znaku \$ + pierwsza litera (rodzaj danych) + druga litera (obszar obowiązywania) np.: \$M – dane maszynowe, \$S – dane ustawcze, \$T – dane narzędzi, \$P – wartości programowane. Zmienne systemowe przebiegu głównego, np.: \$V – dane Serwo, \$R – parametry obliczeniowe odróżnia dodatkowy znak \$. Jest on zarezerwowany do zmiennych systemowych i nie wolno go używać w zmiennych użytkownika. Szczegółowy wykaz i opis zmiennych systemowych znajduje się w dokumentacji układu sterowania SINUMERIK.

Zmienne użytkownika obejmują zmienne wstępnie zdefiniowane w systemie oraz zmienne definiowane przez samego użytkownika. Typ zmiennych użytkownika wstępnie zdefiniowanych jest z góry określony, natomiast ich liczbę określa się w odpowiednich danych maszynowych. Do zmiennych tych zaliczyć można: R-parametry, globalne R-parametry RG, zmienne typu Link. Zmienne definiowane przez użytkownika są tworzone w systemie na stałe lub tylko na czas wykonywania programu. Zmienne te można podzielić w zależności od zakresu obowiązywania na: globalne GUD (Global User Data), programowe PUD (Program User Data) i lokalne LUD (Local User Data).

Użytkownik może zdefiniować w programie własną zmienną z różnych typów danych (LUD = dane lokalne użytkownika). Zmienne te są dostępne tylko w programie, w którym zostały zdefiniowane. Definiowanie zachodzi natychmiast na początku programu i może zostać również skojarzone z jednoczesnym przydziałem wartości. W innym przypadku wartością początkową jest zero. Nazwa zmiennej może zostać zdefiniowana przez programistę. Nazewnictwo podlega następującym zasadom:

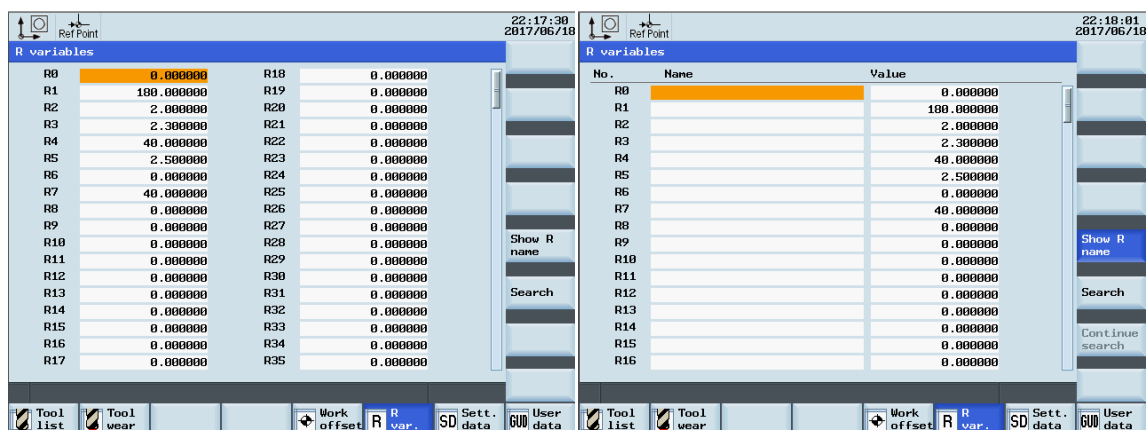
- można zastosować maksymalnie 32 znaki.
- pierwsze dwa znaki muszą być literami. Pozostałymi znakami mogą być litery, podkreślenie lub cyfry.
- nie należy stosować nazw wykorzystywanych już w systemie sterowania (adresy NC, słowa kluczowe, nazwy programów, podprogramów, itp.).

Zmienne pozwalają na przechowywanie liczb rzeczywistych, całkowitych, tablic, napisów tekstowych, itp. Aby wykorzystać zmienną należy ją najpierw zadeklarować, np.:

- DEF BOOL varname1 ; typ Boole'a, wartości: TRUE (=1), FALSE (=0)
- DEF CHAR varname2 ; typ znakowy, 1 znak z kodu ASCII: „a”, „b”, ...;wartość numeryczna kodu: 0 ... 255
- DEF INT varname3 ; typ całkowity, wartości całkowite, 32-bitowy zakres wartości,
- DEF REAL varname4 ;typ rzeczywisty, liczba naturalna, (8 miejsc dziesiętnych, znak arytmetyczny i separator dziesiętny) lub ; zapis wykładniczy: ± (10 do potęgi -300 ... 10 do potęgi +300)
- DEF STRING [string length] varname41; typ STRING, [długość ciągu].

Każdy typ danych wymaga własnego wiersza w programie. Niemniej jednak w jednym wierszu można zdefiniować wiele zmiennych tego samego typu. Cechą charakterystyczną takich zmiennych jest ich lokalność (dostępne tylko w obrębie programu, w którym są zadeklarowane). Ich stosowanie zaleca się jednak doświadczonym programistom. Na poziomie średniozaawansowanym do dyspozycji programisty istnieje również wydajne narzędzie o nazwie parametry R.

R parametry to jednowymiarowa tabela w pamięci układu sterowania, indeksowana adresami R. W tabeli tej przechowywane są liczby rzeczywiste. Liczba komórek tabeli, a więc i zakres R parametrów zależy od konkretnego układu, w Sinumeriku 808D jest to 300 adresów od R0 do R299. Odwołując się do x-tej komórki tabeli przez adres Rx można zarówno pobierać z niej dane, jak i tam je wprowadzać. Zaletą R parametrów jest to, że podgląd ich wartości jest dostępny na pulpicie operatorskim. Możliwe jest zatem śledzenie zmian ich wartości w trakcie wykonywania programów sterujących, co pozwala m.in. na diagnostykę błędów. Dla polepszenia czytelności R parametrów w programie obróbki często umieszcza się dodatkowy opis znaczenia danego R parametru, np. w formie komentarza w programie obróbki: $R10=200$; *współrzędna w osi X*. Obok kolumny R parametrów można wyświetlić dodatkową kolumnę z ich opisem (rys. 1).



Rys. 1. Okna R parametrów z wywołaniem kolumny opisów

Wartości R parametrów mogą być przypisywane do innych adresów. Ich przeznaczeniem może być przechowywanie informacji zbieranych w trakcie wykonywania programów sterujących. Jednak podstawowym celem stosowania R parametrów jest wykonywanie na nich obliczeń. Mogą to być zarówno proste operacje arytmetyczne, jak i skomplikowane funkcje trygonometryczne, logarytmiczne i inne (można na nich operować również wartościami stałymi). Najważniejsze operatory i funkcje dostępne w Sinumeriku 808D:

- + – operator dodawania;
- – operator odejmowania;
- * – operator mnożenia;
- / – operator dzielenia;
- DIV() – dzielenie całkowitoliczbowe;
- MOD – dzielenie modulo;
- SIN() – funkcja sinus (argument w [°]);
- COS() – funkcja cosinus (argument w [°]);
- TAN() – funkcja tangens (argument w [°]);
- ASIN() – odwrotna funkcja sinus (wynik w [°]);
- ACOS(), – odwrotna funkcja cosinus (wynik w [°]);
- SQRT() – pierwiastek kwadratowy;
- ABS() – moduł liczby;
- POT() – kwadrat liczby (potęga o wykładniku 2);
- TRUNC() – część całkowita liczby;
- ROUND() – zaokrąglenie do liczby całkowitej;
- LN() – logarytm naturalny;
- EXP() – funkcja eksponentialna (ex).

Przykłady:

$R10=3$ przypisanie wartości 3 do R parametru R10

$R11=R16$ przepisanie wartości z R16 do R11

$R13=R14+2$ operacja dodawania wartości z R14 i stałej 2

$R8=R7+R2-R3$ obliczenia dodawania i odejmowania

$R1=R2*R9/R7$ obliczenia mnożenia i dzielenia

$R15=R14+R4*R5$ obliczenia mnożenia i dodawania

W ostatnim przykładzie najpierw system wykonuje mnożenie (operatory mnożenia i dzielenia mają wyższy priorytet niż dodawania i odejmowania) a potem dodawania. Jeżeli chcemy jasno sprecyzować kolejność wykonywania obliczeń można wykorzystać nawiasy, np.: $R10=(R14+R12)*R13$.

Programy NC przetwarzają swoje bloki w kolejności, w jakiej zostały ułożone podczas pisania. Kolejność przetwarzania można jednak zmienić, wprowadzając tzw. skoki programu. Punktem docelowym skoku może być blok zawierający etykietę lub numer bloku. Blok ten musi znajdować się w programie. Instrukcja bezwarunkowego skoku wymaga odrębnego bloku. W Sinumerik istnieją dwie funkcje skoków bezwarunkowych:

- **GOTOF LABEL** – skok bezwarunkowy w przód (ang. GOTO Forward) do etykiety **LABEL**.
- **GOTOB LABEL** – skok bezwarunkowy w tył (ang. GOTO Back) do etykiety **LABEL**.

Etykieta (**LABEL**) jest to ciąg znaków alfanumerycznych, zakończonych znakiem „:”. Umieszcza się ją na początku bloku, np.: N50 LABEL1: G0 X50 Y30. Jeśli obecny jest również numer bloku, etykieta jest umieszczana za numerem bloku.

Przy skoku w przód jest poszukiwana etykieta od bieżącego bloku w kierunku końca programu. Przy skoku w tył - w kierunku początku programu. Poszukiwanie kończy się z chwilą znalezienia bloku zawierającego podaną w instrukcji etykietę. Oznacza to, że w programie sterującym może być kilka bloków z tą samą etykietą, a mimo tego adres skoku jest wyznaczony w sposób jednoznaczny. Jeżeli przy przeszukiwaniu programu układ sterowania nie znajdzie podanej etykiety to przerywa wykonanie programu sygnalizując błąd.

W przypadku skoków warunkowych, warunki skoku są formułowane za instrukcją **IF**. Jeśli warunek skoku (wartość niezerowa) jest spełniony, skok zachodzi. Punktem docelowym skoku może być blok zawierający etykietę lub numer bloku. Blok ten musi znajdować się w programie. Instrukcje warunkowego skoku wymagają odrębnego bloku. W tym samym bloku można umieścić wiele instrukcji warunkowego skoku.

- **IF warunek GOTOF LABEL** ;Skok do przodu
- **IF warunek GOTOB LABEL** ;Skok wstecz

Ogólnie „warunek” - parametr arytmetyczny, najczęściej porównanie dwóch wartości liczbowych, np.:

- **=** = równe
- **<** **>** nie równe
- **>** większe niż
- **<** mniejsze niż
- **>=** większe lub równe
- **<=** mniejsze lub równe

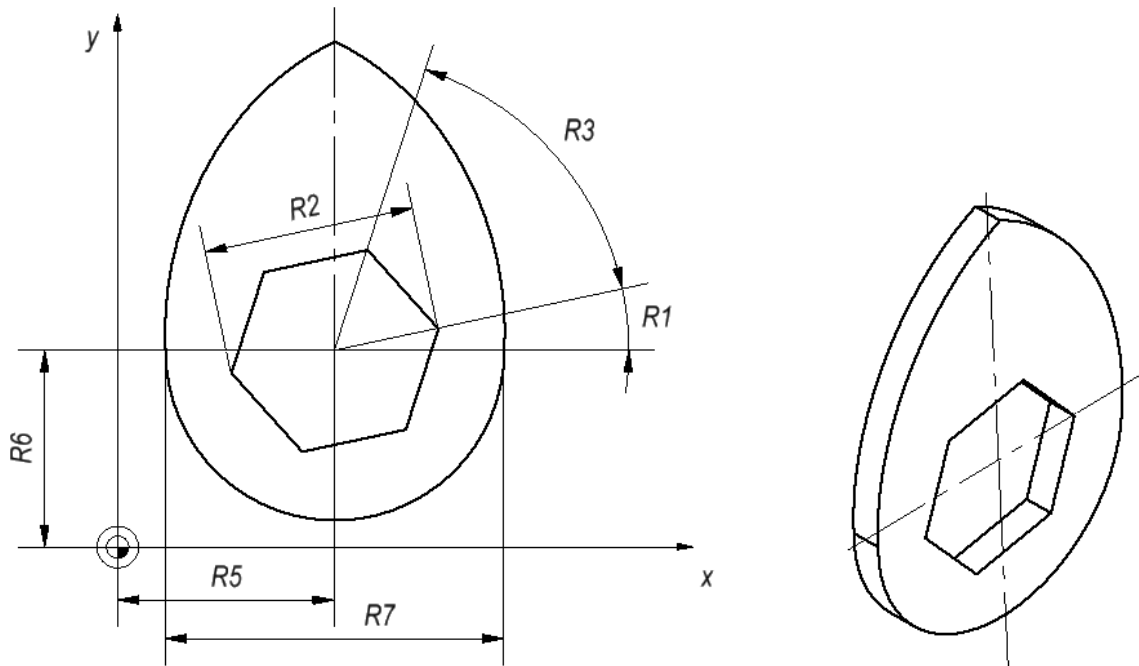
Przykład skoku warunkowego:

N100 IF R45==R7+1 GOTOB ETYKIETA3 - jeśli R45 jest równe R7 plus 1, przejście do bloku z ETYKIETA3

Jeżeli lista instrukcji do wykonania w przypadku pozytywnego lub negatywnego warunku logicznego jest długa, to może zawierać się w kilku blokach, jednak wtedy należy wykorzystać bardziej rozbudowaną postać instrukcji warunkowej: **IF ENDIF**, przy czym adresy **IF** i **ENDIF** muszą być jedynymi adresami w bloku.

2. PRZEBIEG ĆWICZENIA NR 5

Należy zaprogramować obróbkę konturów (rys. 2) krzywki której fragment ma postać spirali logarytmicznej, (obróbka od zewnątrz) oraz gniazda wielokątnego (obróbka od wewnątrz). Oba kontury są opisane wymiarami z użyciem parametrów. Przyjąć wartości wymiarów podane przez prowadzącego, a nieznane wymiary obliczyć korzystając z R parametrów. Przyjąć powierzchnię materiału $Z=0$, głębokość obróbki $Z=-3$. Obróbkę wykonać frezem palcowym o średnicy 6 mm.



Rys. 2. Kontury krzywki i wieloboku z zaznaczonymi nazwami R parametrów

Rozwiązanie:

- Ustalić przebieg obróbki, np.: jakie narzędzia i kiedy będą używane do obróbki którego konturu, w jakiej kolejności będą wykonywane poszczególne elementy obrabianego przedmiotu.
- Sporządzić plan pracy. Ustalić kolejność kroków wszystkich procesów obróbkowych w maszynie, np.: przesuwamy szybko przy pozycjonowaniu, zmiana narzędzia, włączenie/wyłączenie wrzeciona, korekcja toru ruchu, dosunięcie/odsunięcie od konturu.
- Zdefiniować w programie parametry, opatrzyć komentarzami i przypisać im wartości podane przez prowadzącego.
 - R1 - kąt początkowy wieloboku,
 - R2 - przekątna wieloboku,
 - R3 - rozstaw kąta wieloboku (można również obliczyć na podstawie R4),
 - R4 - ilość boków,
 - R5 - położenie środka wieloboku w osi x
 - R6 - położenie środka wieloboku w osi y
 - R7 - średnica części cylindrycznej krzywki,
 - R8 - wykładnik równania spirali logarytmicznej,
 - R9 - przyrost kąta
- Przetłumaczyć kroki robocze na język programowania. Zapisać każdy krok jako blok (wzgl. bloki) NC.
- Zdefiniować w programie i wykorzystać etykiety i skoki warunkowe do stworzenia pętli realizującej zarys wieloboku i krzywki

Wskazówka:

Równanie spirali logarytmicznej we współrzędnych biegunowych ma następującą postać:

$$R(\varphi) = e^{\lambda \cdot \varphi}$$

gdzie: λ – wykładnik spirali;

R , φ [rad] – współrzędne biegunowe (promień i kąt).

W przedstawionej krzywej występują dwa symetryczne odcinki spirali logarytmicznej. Aby wykonać ruch po krzywej danej równaniem (zakładając brak odpowiedniej interpolacji w układzie sterowania) należy interpolować go odcinkami linii prostej o małej długości, co z wystarczającą dokładnością pozwoli odwzorować dowolny kształt. Kąt ten dla pierwszej części odcinka spirali zmienia się od wartości początkowej 0° do 90° . Wartość o jaką zmienia się kąt zależy od dokładności, z jaką potrzebujemy odwzorować kształt spirali – im mniejsza wartość przyrostu kąta tym większa dokładność. Drugą część spirali można uzyskać przy użyciu analogicznego sposobu z tą różnicą, że wartość kąta we wzorze na promień R musi być równa $(180 - \varphi)$.

- W edytorze tekstowym stworzyć pełny program obróbki, zapisać plik (*.mpf)
- Przenieść plik na maszynę CNC, przeprowadzić symulację obróbki i wykonać przedmiot.
- Dokonać pomiarów uzyskanego elementu, notując wymiary i inne spostrzeżenia, np. dotyczące wyglądu obrabianej powierzchni.

Przykładowy program:

<pre>;%_N_KL_MPF N10 G40 G55 G71 G90 G94 G64 N20 T1 D1 S3000 F500 M3 M6 N30 R5=.....;SRODEK X N40 R6=;SRODEK Y N50 G0 X=R5 Y=R6 N60 Z3 N70 G1 Z-4 N80 R2=.....;PRZEKATNA WIELOBOKU N100 R1=0 R2=R2/2 N110 R4=..... R3=360/R4 N120 IMB: G1 X=R2*cos(R1)+R5 Y=R2*sin(R1)+R6 N130 R1=R1+R3 R4=R4-1 N140 IF R4>-1 GOTOB IMB N150 Z5 N160 R7=..... N170 R10=R7/2 ;PROMIEN KRZYWKI N170 G0 G40 X=R5-(R10+10) Y=R6 N180 G1 Z-4 N190 G42 X=R5-R10 Y=R6 N200 G3 X=R5+R10 CR=R10 N210 MSG("RUCH PO SPIRALI") N220 G111 X=R5 Y=R6 ;BIEGUN ; DANE WEJSCIOWE N230 R11=0 ;KAT FI POCZATEK N240 R8=..... ;WYKLADNIK N250 R12=0 ;PROMIEN POCZATEK N260 R9=..... ;PRZYROST KATA FI</pre>	<pre>; POCZATEK LEWEJ SPIRALI N270 SPIR1: N280 R11=R11+R9 ;NOWY KAT N290 R13=R11*3.1415/180 ;RAD N300 R12=R10-1+EXP(R8*R13) ;NOWY PR N310 G1 RP=R12 AP=R11 ;RUCH N320 IF R11<90 GOTOB SPIR1 ; START PRAWYJ SPIRALI N330 R11=90 N340 SPIR2: N350 R11=R11+R9 ;NOWY KAT N360 R13=(180-R11)*3.1415/180 ;RAD N370 R12=(R10+EXP(R8*R13)-1) ;NOWY PR N380 G1 RP=R12 AP=R11 ;RUCH N390 IF R11<180 GOTOB SPIR2 N400 Z5 N410 G40 NORM N420 G0 SUPA Z0 D0 N430 M30</pre>
--	---

- Ogólna dyskusja w grupie nad otrzymanymi wynikami i zapis plików.

3. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie winno zawierać:

- stronę tytułową,
- cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego,
- wypełniony protokół laboratoryjny, kopia pliku programu NC (*.mpf)
- wnioski.

4. BHP

W celu minimalizacji zagrożeń podczas testów pracownicy i studenci zobowiązani są do przestrzegania ogólnych zasad BHP oraz do przestrzegania przepisów porządkowych i organizacyjnych obowiązujących w laboratoriach POCNC. O przepisach tych studenci poinformowani zostali na zajęciach wstępnych.

4. PROTOKÓŁ



PROTOKÓŁ LABORATORYJNY

Programowanie zabiegów frezarskich z wykorzystaniem parametrów R

Szkic konturu z wymiarami

Zadane parametry R	Fotografia wykonanego elementu
<p>R1= - kąt początkowy wieloboku</p> <p>R2= - przekątna wieloboku,</p> <p>R3= - rozstaw kąta wieloboku,</p> <p>R4= - liczba boków,</p> <p>R5=..... - położenie środka wieloboku w osi X</p> <p>R6= - położenie środka wieloboku w osi Y</p> <p>R7=..... - średnica części cylindrycznej krzywki,</p> <p>R8= - wykładnik równania spirali logarytmicznej,</p> <p>R9=..... - przyrost kąta</p>	

Listing programu NC

--	--

.....
data wykonania ćwiczenia

.....
podpis prowadzącego