

## **1. CHARAKTERYSTYKA UKŁADU STEROWANIA CNC SINUMERIK 810T**

Układ sterowania CNC SINUMERIK 810T jest układem sterowania ciągłego w dwóch osiach (2C) z interpolacją liniowo-kołową. Układ ten przeznaczony jest do sterowania tokarek. Układ SINUMERIK-810T posiada możliwość współpracy z urządzeniami nadrzędnymi i wraz z tokarką TUR50SN jest głównym składnikiem zautomatyzowanego gniazda obróbkowego zbudowanego w Hali Technologicznej w ITM. Układ sterowania oraz układ pośredniczący zmontowane są w przedniej części obudowy obrabiarki zapewniając wygodny dostęp pracownika do klawiatury i monitora. Z tyłu wrzeciennika obrabiarki umieszczone są elementy automatyki związane z zasilaniem i sterowaniem odbiorników mocy a także regulatory ruchów posuwowych sterujące silnikami prądu przemiennego za pośrednictwem transformatorów dopasowujących.

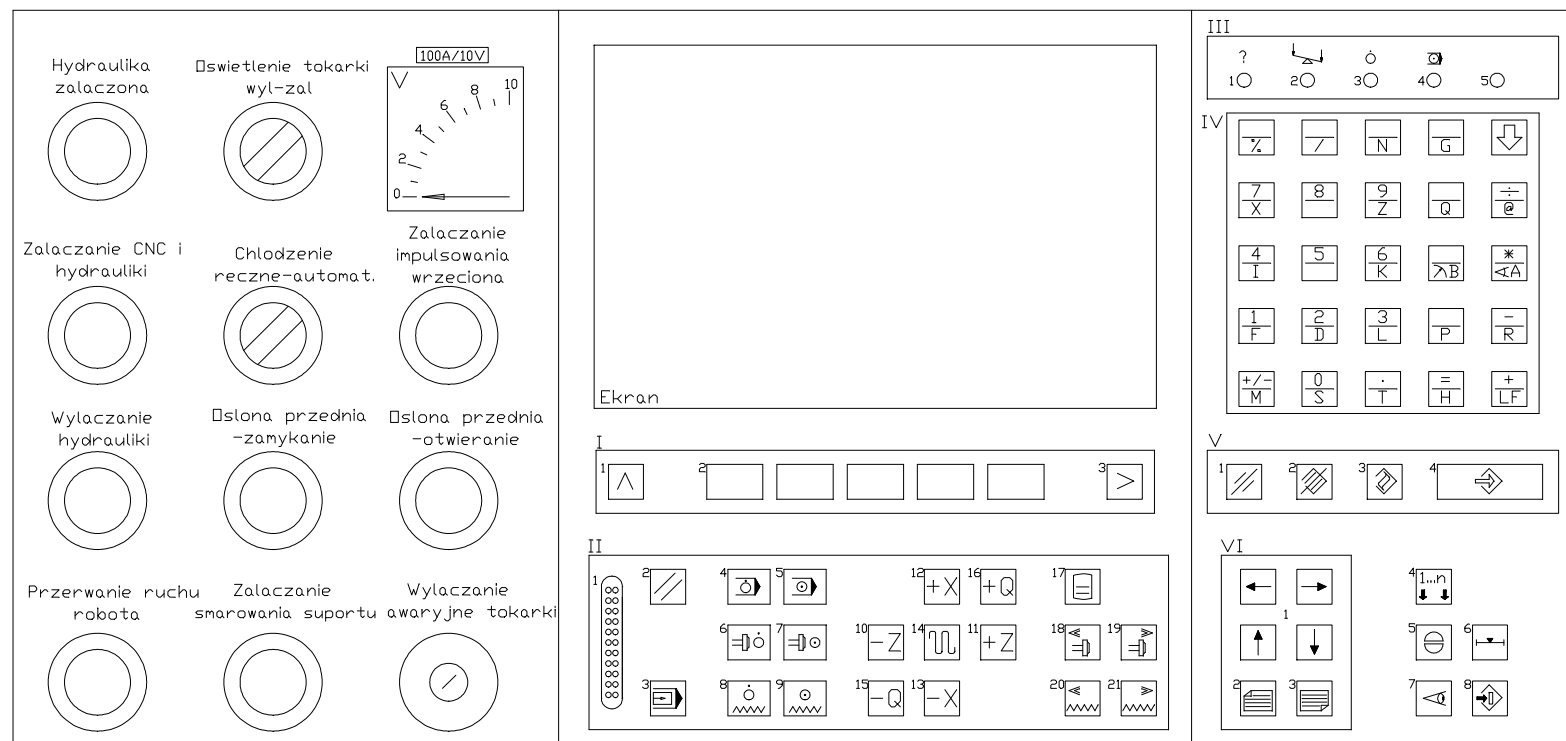
Układ pośredniczący zawiera zaprogramowany przez producenta sterownik PLC, który realizuje dwustanowe funkcje takie jak:

- okresowe załączanie układu smarowania,
- sterowanie obrotami wrzeciona napędzanego silnikiem dwubiegowym,
- sterowanie sprzęgieł do zmiany zakresu obrotów wrzeciona,
- sterowanie napędów osi X i Z,
- obsługę elektropompki chłodziwa,
- obsługę sprzęgieł przeciążeniowych osi X i Z,
- obsługę systemów pomiarowych,
- obsługę blokad zabezpieczających,
- kontrolę zakresu obrotów wrzeciona.

Pulpit układu sterowania (rys. 1) składa się z trzech głównych części:

- monitora z umieszczonymi bezpośrednio pod nim klawiszami programowymi przeznaczonymi do wybierania i nawigacji po MENU układu sterowania,
- zestawu klawiszy do sterowania ręcznego obrabiarką oraz aktywowania czynności związanych z uruchamianiem programów sterujących,
- lampek sygnalizacyjnych, klawiatury alfanumerycznej oraz klawiszy związanych z ręcznym wprowadzaniem i redagowaniem programów sterujących.

Na pulpicie znajduje się złącze DB25 portu do szeregowej transmisji danych pomiędzy komputerem zewnętrznym i układem sterowania.



Rys. 1 Pulpit obrabiarki zintegrowany z pulpitem układu sterowania CNC SINUMERIK 810T

Poniżej zestawiono znaczenia klawiszy układu sterowania CNC SINUMERIK 810T.

I. Klawisze programowe.

1. Powrót do nadrzędnych opcji MENU.
2. Klawisze programowe (SOFT KEYS).
3. Przewinięcie MENU w poziomie.

II. Klawisze i elementy związane ze sterowaniem pracą obrabiarki.

1. Złącze szeregowo.
2. Reset.
3. Praca blok po bloku.
4. Stop programu.
5. Start programu.
6. Wyłączenie obrotów wrzeciona.
7. Włączenie obrotów wrzeciona.
8. Wyłączenie posuwu.
9. Włączenie posuwu.
10. Przemieszczenie suportu w kierunku  $-Z$ .
11. Przemieszczenie suportu w kierunku  $+Z$ .
12. Przemieszczenie suportu w kierunku  $+X$ .
13. Przemieszczenie suportu w kierunku  $-X$ .
14. Klawisz przyspieszonego posuwu.
15. Klawisz nieaktywny.
16. Klawisz nieaktywny.
17. Zmiana rodzaju MENU.
18. Zmniejszenie obrotów wrzeciona.
19. Zwiększenie obrotów wrzeciona.
20. Zmniejszenie posuwu.
21. Zwiększenie posuwu.

III. Sygnalizacja stanu obrabiarki.

1. Sygnalizacja tzw. błędu obrabiarki.
2. Sygnalizacja zakończenia ruchu.
3. Sygnalizacja zatrzymania posuw.
4. Sygnalizacja realizacji programu.
5. Sygnalizacja aktywności górnych lub dolnych znaków na klawiszach (Shift).

IV. Klawiatura alfanumeryczna

Klawisze redakcyjne

1. Kasowanie znaku.
2. Kasowanie słowa.
3. Wymiana słowa pomiędzy wierszem edycyjnym a pamięcią.
4. Wprowadzenie do pamięci (ENTER).

Klawisze edycyjne

1. Kierunki ruchu kursora podczas edycji programu sterującego.
2. Przewinięcie tekstu programu o stronę do przodu.

3. Przewinięcie tekstu programu o stronę do tyłu.
4. Zmiana kanałów.
5. Kasowanie komunikatu o błędach.
6. Przełączanie wyświetlania małych lub dużych znaków na monitorze.
7. Klawisz serwisowy (widzenie obiegu).
8. Klawisz serwisowy (wyszukiwanie informacji).

## 2. STRUKTURA PROGRAMU STERUJĄCEGO

Do układu sterowania można wprowadzać różnego rodzaju informacje (dane). Każdy rodzaj informacji przekazywanych do układu CNC z komputera, z sieci komputerowej, z czytnika taśmy itp. jest rozpoznawany po kodzie umieszczonym w pierwszym wierszu danych. Niżej zestawiono podstawowe rodzaje danych i odpowiadające im kody:

%MPF 1234 - program sterujący nr 1234 (MAIN PROGRAM FILE),  
 %SPF 234 - podprogram nr 234 (SUB PROGRAM FILE),  
 %ZOA - przesunięcie punktu zerowego (ZERO OFFSET AKTIV),  
 %TEA 1 - NC - dane maszynowe (TESTING DATA AKTIV 1),  
 %TEA 2 - PLC - dane maszynowe (TESTING DATA AKTIV 2),  
 %PRA 0 - parametry R (R-PARAMETER AKTIV, 0 – tzw. centralne parametry R),  
 %TOA 1 - korekcje narzędziowe (TOOL OFFSET AKTIV 1 do obszaru pamięci TO)  
 %SEA - ogólne dane ustawcze (SETTING DATA AKTIV),  
 %PCA - teksty alarmowe PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL ALARM)  
 %PCP - program PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL PPRGRAM),  
 %ASM - moduł pamięci użytkownika (ANWENDER SPEICHER MODUL).

Większość wymienionych wyżej rodzajów danych jest wczytywana sporadycznie np. przez producenta lub w przypadku awarii układu sterowania, uzasadnionej zmiany ustawień stałych maszynowych itp.

Początek programu					
Część wstępna	%		MPF(Nr)		L <sub>F</sub>
2-gi blok	W	W	W	L <sub>F</sub>	
3-ci blok	W	W	W	W	L <sub>F</sub>
4-ty blok	W	W	W	L <sub>F</sub>	
ostatni blok	W	W	W	M02/M30	L <sub>F</sub>
			słowo	koniec programu	
w=słowo					
L <sub>F</sub> =koniec bloku					
MPF=nr programu głównego					

Rys. 2 Struktura programu sterującego

Program sterujący, składa się z bloków opisujących ruchy zespołów obrabiarki oraz czynności pomocnicze operacji technologicznej. Struktura programu sterującego (rys. 2) jest zgodna z normą niemiecką DIN 66025. Program składa się z bloków informacji z wyróżnionym blokiem początkowym zawierającym jeden z wymienionych wyżej kodów oraz blokiem końcowym zawierającym jedną z funkcji pomocniczych kończących program. Analogiczną strukturę posiadają również podprogramy i cykle obróbkowe. Różnica dotyczyć będzie jedynie kodów zapisanych w pierwszym i ostatnim bloku podprogramu lub cyklu obróbkowego.

Numery programów sterujących (MPF) powinny zawierać się w zakresie liczbowym od 0 do 9999, natomiast numery podprogramów (SPF) w zakresie od 1 do 999.

Podprogramy opracowane przez użytkownika obrabiarki a także tzw. stałe cykle obróbkowe dostarczane przez producenta, wykorzystuje się do budowy złożonych programów sterujących. Zastosowanie podprogramów i cykli przyspiesza opracowanie operacji technologicznych dla przedmiotów o złożonej geometrii lub przedmiotów z powtarzającymi się elementami geometrii, wymagających wielokrotnego powtórzenia tych samych zabiegów (lub przejść) obróbkowych.

### 3. FORMAT BLOKU DANYCH PROGRAMU STERUJĄCEGO

Podstawowym elementem programu sterującego jest blok danych. Blok zapisywany jest w jednym wierszu arkusza programowania. Liczba znaków w bloku danych nie może przekraczać 120. Ze względu na przejrzystość programu zaleca się pisać bloki o długości nie przekraczającej 40 znaków. Bloki takie są widoczne w jednym wierszu edytora ekranowego układu CNC. Bloki o większej długości są łamane i przenoszone do następnego wiersza. Blok danych składa się z pewnej liczby słów adresowych oraz znaku końca bloku. Schemat bloku przedstawia rys. 3.

NR BLOKU	SŁOWO_1	SŁOWO_2	SŁOWO_...	KONIEC BLOKU L <sub>F</sub>
----------	---------	---------	-----------	-----------------------------

Rys. 3. Schemat bloku danych

Poszczególne słowa w bloku mogą być rozdzielone znakami spacji lub tabulatora. Stosowanie tych separatorów poprawia czytelność programu pisanego za pomocą edytora tekstowego. Słowo składa się z adresu i liczby. Liczba może oznaczać numer bloku, współrzędne punktu (w słowach wymiarowych), parametry skrawania, pozycję głowicy narzędziowej, numer korektora lub kod innej funkcji. Kolejność słów w bloku jest w zasadzie dowolna. Ze względu na czytelność programu zaleca się zachowanie kolejności słów zgodnej z typowym formatem bloku. W bloku można zapisać do trzech słów o tym samym adresie. Powinny to być słowa należące do różnych grup, czyli słowa nie wykluczające się wzajemnie. Zapis kilku słów z tej samej grupy (np. ruchu roboczego G01 i ustawczego G00) nie jest sygnalizowany

błędem, jednakże aktywne pozostaje słowo zapisane jako ostatnie w danym bloku. Każdy blok musi być zakończony znakiem końca bloku LF (line feed). Znak ten jest umieszczony na klawiaturze pulpitu CNC. Znak LF jest widoczny na monitorze układu CNC natomiast nie jest widoczny na wydruku programu. Budowę bloku (syntaktykę) opisuje się symbolicznie za pomocą formatu bloku. Format bloku w sposób symboliczny koduje zestawienie dopuszczalnych funkcji i ich formalną budowę. Dla CNC SINUMERIK-810T format bloku ma następującą postać, którą ze względów dydaktycznych częściowo uproszczono.

```
%04 N04 G02 D02 XL+053 ZL+053 QL+053 AL053 ID+053 KD+053 F05 L03 S05  
T08 R03 RL+053 BD033 M02 H08 P02 LF
```

Symbol %04 oznacza czterocyfrową numerację programu sterującego. Poprawnie zapisane numery programów sterujących mogą mieć postać: %10, %080, %80, %9999. Zwraca się uwagę na możliwość opuszczania zer początkowych, ważne jest jedynie, ażeby liczba cyfr w numerze nie przekraczała 4. Omówiony wcześniej kod oznaczający program sterujący (np. %MPF 1234) dotyczy programów pisanych na nośnikach komputerowych (taśma perforowana, plik z programem wczytywany przez złącze RS232).

Po adresie *N* umieszczany jest numer bloku. Maksymalna liczba cyfr w numerze bloku nie może przekraczać 4 (np.: N1, N10, N20, N020, N9999). System numerowania bloków jest w zasadzie dowolny. Nie ma również obowiązku numerowania wszystkich bloków. Jeżeli jednak numer bloku jest użyty, zaleca się aby numery tworzyły ciąg wzrastający z pewnym odstępem (np. co 10). Umożliwia to późniejsze modyfikowanie i poprawianie programów sterujących bez konieczności ich przenumrowania. Numeracja bloków jest zalecana również z powodu łatwiejszej identyfikacji błędów programu podczas jego sprawdzania bezpośrednio na obrabiarce. Obowiązkowo muszą być numerowane bloki do których programowane są skoki w programach parametrycznych (pętle, rozgałęzienia itp.). Numery bloków nie powinny się w takich przypadkach powtarzać.

Słowa oznaczające różne funkcje oznaczane w formacie bloku literą i liczbą dwucyfrową należy rozumieć następująco: pierwsza cyfra po adresie równa zero, oznacza możliwość pomijania zera początkowego (np. można pisać G1 zamiast G01), druga cyfra wskazuje maksymalną liczbę pozycji do zapisu kodu danej funkcji (np. M02 oznacza możliwość kodowania funkcji pomocniczych M z zakresu M0-M99).

W słowach wymiarowych (X, Z), określających współrzędne punktów, wartość współrzędnej (liczba rzeczywista) może być poprzedzona znakiem plus (+) lub minus (-). Dla skrócenia zapisu dopuszcza się pomijanie znaku plus. Format słów wymiarowych zostanie omówiony na przykładzie słowa określającego przemieszczenie narzędzia w kierunku osi X. Zapis w formacie bloku XL+053 należy rozumieć następująco:

- X - adres osi sterowania,
- L - programowanie bezwzględne lub przyrostowe,  
(litera D – programowanie tylko przyrostowe),
- + - znak liczby (+ lub -),
- 0 - poprzedzające liczbę zera (tzw. zera początkowe lub wiodące) można pominąć,

5 - liczba miejsc przed kropką dziesiętną,

3 - liczba miejsc po kropce dziesiętnej

Zwraca się uwagę, że separatorem rozdzielającym część całkowitą liczby od jej części ułamkowej jest kropka.

Złożone programy sterujące można dzielić na segmenty tworzące pewną logiczną całość. Segment powinien rozpoczynać się tzw. blokiem głównym, zawierającym ustawienia wszystkich funkcji programu, niezbędnych przy programowaniu dalszej obróbki przedmiotu. Adres *N* w blokach głównych jest zastępowany znakiem dwukropka „:”. Przykład bloku głównego:

:15 G1 X20 Y20 F300 S1500 T2 M03

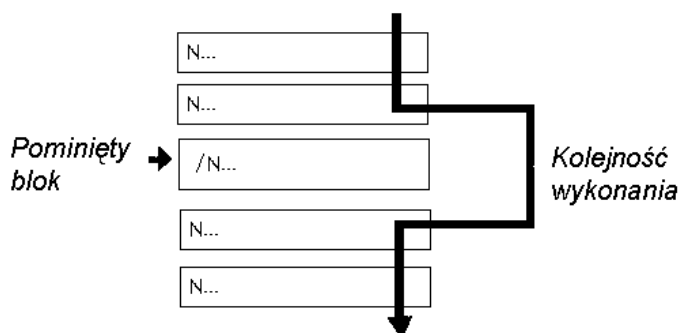
Bloki w programie mogą zawierać dodatkowe objaśnienia tekstowe tzw. komentarze. Tekst komentarza (max 120 znaków) zapisywany jest w nawiasach zwykłych (...). Komentarz powinien być pisany w osobnym bloku lub na końcu bloku.

Przykład:

N20 G00 X20 Z30 (pozycjonowanie)

N30 G01 X50 Z20 F0.3 (toczenie stożka)

Ukośna kreska "/" umieszczona przed adresem "N" oznacza blok warunkowy czyli blok, który może być wykonywany lub pomijany na żądanie operatora (rys.4).



Rys. 4. Kolejność wykonania programu sterującego przy włączonej opcji pomijania bloków warunkowych

Funkcję pomijania bloku można uaktywnić z pulpitu układu sterowania ustawiając odpowiednio opcję "Przesłanianie bloku - TAK NIE".

#### 4. UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH OBRABIARKI

Ruchy zespołów obrabiarki opisuje się w prostokątnym, prawoskrętnym układzie współrzędnych. Dla tokarki są to dwie osie X i Z odpowiadające kierunkom posuwu poprzecznego i wzdłużnego. Oś Z pokrywa się z osią obrotu wrzeciona obrabiarki i jest zwrócona w kierunku od wrzeciona do konika. Oś X jest prostopadła do osi Z i leży w płaszczyźnie ruchów posuwowych. W tokarce TUR-50SN (zainstalowanej w ITM PS) ustalono zwrot osi X w kierunku od osi toczenia do operatora obrabiarki. W praktyce, większość tokarek stero-

wanych numerycznie (w szczególności tokarek w których strefa obróbki znajduje się za osią obrotu wrzeciona, patrząc od strony operatora) ma oś X skierowaną od osi toczenia do tylnej lub górnej części obrabiarki.

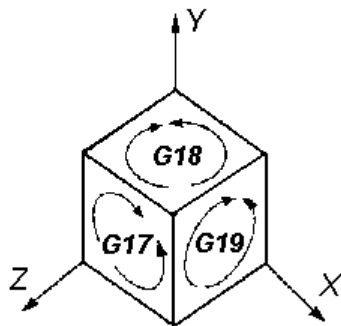
Rys. 5. Położenie osi sterowania w tokarce TUR-50SN

W ogólnym przypadku z układem współrzędnych wiążą się trzy funkcje (G17, G18, G19) deklarujące podstawowe płaszczyzny tego układu. Znaczenie wymienionych funkcji jest następujące:

G17 - deklaracja płaszczyzny X-Y,

G18 - deklaracja płaszczyzny X-Z (właściwa w operacjach tokarskich),

G19- deklaracja płaszczyzny Y-Z.



Rys. 6. Położenie płaszczyzn deklarowanych funkcjami G17, G18, G19

W zadeklarowanej płaszczyźnie programuje się łuki toru narzędzia (interpolacja kołowa) oraz obliczana i wykonywana jest korekcja toru ze względu na promień narzędzia (tu promień wierzchołka noża). W blokach z interpolacją kołową zaprogramowanie adresu osi nie leżącej w zadeklarowanej płaszczyźnie jest sygnalizowane błędem: ALARM 3003 „Nie-dozwolony adres”. Wymienione funkcje są funkcjami modalnymi tzn. działającymi do odwołania. Dla tokarki TUR-50SN domyślnie jest ustawiona funkcja G18, która może ale nie musi być zapisywana w programie.

## 5. SYSTEM PROGRAMOWANIA ABSOLUTNY I PRZYROSTOWY

Przy wymiarowaniu absolutnym (bezwzględnym) przedmiotów, wymiary odnoszą się do początku układu współrzędnych związanego z przedmiotem obrabianym (punkt zerowy przedmiotu *W*). Sposób programowania toru narzędzia odpowiadający wymiarowaniu abso-



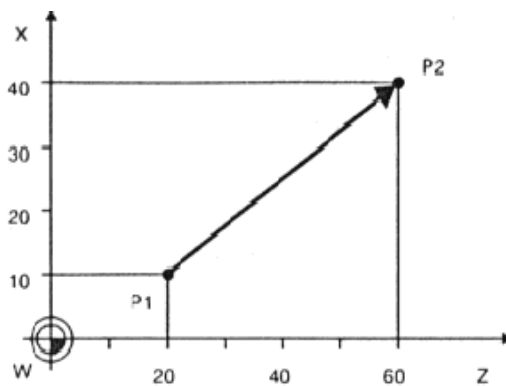
lutnemu nazywa się w skrócie programowaniem absolutnym (lub bezwzględnym). Sposób programowania bezwzględny jest deklarowany funkcją przygotowawczą G90.

Drugi sposób programowania tzw. przyrostowy (lub inkrementalny) odpowiada łańcuchowemu wymiarowaniu przedmiotów. Liczby stojące po adresach osi sterowania oznaczają wówczas zmianę położenia narzędzia odniesioną do pozycji jaką zajmowało narzędzie po zakończeniu ruchu w bloku poprzednim. Liczby stojące po adresach osi oznaczają składowe programowanego ruchu narzędzia - dokładniej składowe wektora łączącego początkowe i końcowe położenie narzędzia. Znak "+" lub "-" poprzedzający liczbę w słowie wymiarowym określa kierunek przemieszczenia zgodny lub przeciwny do zwrotu osi. Programowanie przyrostowe kodowane jest funkcją G91.

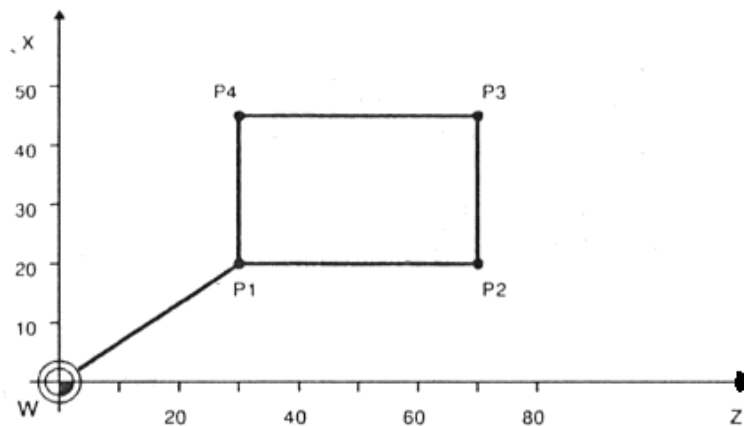
Fragment programu w którym narzędzie przemieszcza się do punktu P1 a następnie do punktu P2 (rys. 7) ma następującą postać.

N20 G90 G00 X10 Z20      *(narzędzie przemieszcza się z dowolnego punktu do punktu P1, programowanie absolutne)*

N25 G01 G91 X30 Z40 F100      *(narzędzie przemieszcza się od punktu P1 do P2, programowanie przyrostowe)*



Rys. 7. Przesunięcie narzędzia od punktu P1 do P2



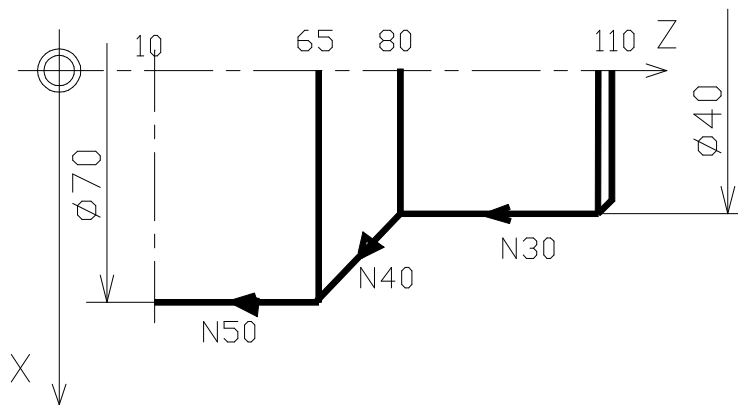
Rys. 8. Tor narzędzia w przykładzie programowania absolutnego i przyrostowego

W jednym programie można dowolną ilość razy zmieniać sposób programowania z absolutnego na przyrostowy i odwrotnie. Poniższy przykład pokazuje sposób wykorzystania funkcji G90 i G91. Celem jest przemieszczenie narzędzia po prostokącie P1,P2,P3,P4 (rys. 8):

%10

N5 G00 G90 G94 X20 Z30	(ruch do punktu P1 - programowanie absolutne)
N10 G01 G91 Z40 F100	(ruch do punktu P2 - programowanie przyrostowe)
N15 X25	(ruch do punktu P3 - programowanie przyrostowe)
N20 Z40	(ruch do punktu P4 - programowanie przyrostowe)
N25 X25	(ruch do punktu P1 - programowanie przyrostowe)
N30 M30	

Poniżej przedstawiono fragment programu operacji tokarskiej zapisany w układzie absolutnym i przyrostowym. Przyjęto położenie osi układu współrzędnych jak w tokarce TUR50SN zainstalowanej w ITM PS.



Rys. 9. Programowanie absolutne i przyrostowe

N...	(programowanie absolutne)
N30 G01 G90 X20 Z80 F0.3	(powierzchnia walcowa $\phi 40$ )
N40 X35 Z65	(powierzchnia stożkowa)
N50 Z10	(powierzchnia walcowa $\phi 70$ )
N...	(programowanie przyrostowe)
N30 G01 G91 X20 Z-30 F0.3	(powierzchnia walcowa $\phi 40$ )
N40 X15 Z-15	(powierzchnia stożkowa)
N50 Z-55	(powierzchnia walcowa $\phi 70$ )

## 6. PUNKTY ODNIESIENIA

W przestrzeni obrabiarki wyróżnia się szereg punktów odniesienia nazywanych też punktami zerowymi lub bazowymi. Punkty te są jednocześnie początkami różnych układów współrzędnych lub związane są z inicjowaniem układu pomiarowego. Najważniejsze z nich zdefiniowano poniżej.

*Punkt zerowy maszyny M* jest ustalonym przez producenta punktem odniesienia związanym z wybranym elementem konstrukcyjnym obrabiarki. Punkt ten jest początkiem tzw. maszynowego układu współrzędnych kodowanego funkcją G53.

*Punkt zerowy przedmiotu W* jest ustalonym punktem odniesienia związanym z przedmiotem obrabianym. Punkt ten jest początkiem tzw. przedmiotowego układu współrzędnych. Układ ten jest wykorzystywany do programowania toru narzędzia. Z przedmiotem obrabianym można łączyć kilka układów współrzędnych (funkcje G54÷G57).

*Punkt referencyjny R* jest wykorzystywany do inicjowania układu pomiarowego obrabiarki. Położenie tego punktu w układzie współrzędnych maszyny ustala producent. Obsługujący obrabiarkę ma obowiązek, bezpośrednio po jej włączeniu, przemieścić suport obrabiarki na ten punkt wykorzystując w sterowaniu półautomatycznym funkcję „*zjazd na punkt referencyjny*”.

*Punkt odniesienia głowicy narzędziowej* - wykorzystywany do określania zasięgów narzędzi. Punkt ten jest początkiem narzędziowego układu współrzędnych.

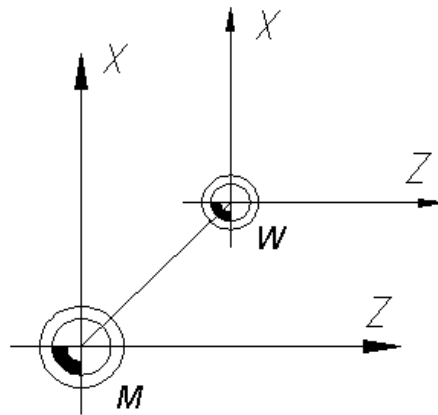
Rys 10. Rozmieszczenie punktów odniesienia obrabiarki

P	punkt charakterystyczny narzędzia (wykorzystywany do określenia zasięgów narzędzia),
M	punkt zerowy obrabiarki,
W	punkt zerowy przedmiotu,
R	punkt referencyjny maszyny,
F	punkt odniesienia suportu narzędziowego,
XMR	współrzędna X punktu referencyjnego,
ZMR	współrzędna Z punktu referencyjnego,
XMW	przesunięcie X początku układu współrzędnych przedmiotu,

ZMW	przesunięcie Z początku układu współrzędnych przedmiotu,
XFP	wysięg narzędzia w osi X,
ZFP	wysięg narzędzia w osi Z.

## 7. PRZESUNIĘCIE PUNKTU ZEROWEGO PRZEDMIOTU

Przesunięcie punktu zerowego przedmiotu, czyli jego położenie w układzie maszynowym, jest określone przez współrzędne wektora łączącego początek układu maszynowego M z początkiem układu przedmiotowego W.



Rys. 11. Przesunięcie punktu zerowego przedmiotu.

W CNC SINUMERIK istnieją następujące sposoby ustawienia przesunięcia punktu zerowego przedmiotu (NV):

- ustawczy (funkcje G54÷G57, wartości przesunięć w poszczególnych osiach wprowadza operator obrabiarki),
- programowy (funkcje G58 i G59, wartości przesunięć zapisuje się w programie sterującym po adresach osi X, Z),
- zewnętrzny (z układu PLC, wartości przesunięć wczytywane są z zewnątrz, jedną z metod transmisji danych).

Najczęściej wykorzystywane są cztery ustawcze przesunięcie punktu zerowego kodowane funkcjami G54, G55, G56, G57. Wartości przesunięć w każdej osi sterowania są wyznaczane bezpośrednio przy obrabiarce i wpisywane przez operatora na pulpicie układu sterowania. Wartości przesunięć NV są dodatkowo podzielone na wartości zgrubne i dokładne, które podczas wykonywania programu są dodawane algebraicznie.

Dwa programowe przesunięcie punktu zerowego koduje się funkcjami G58 i G59. Składowe tego przesunięcia zapisuje się w programie sterującym po adresach osi X, Z. Podczas obliczania drogi narzędzia zaprogramowane wartości są dodawane do wartości ustawczych i zewnętrznych przesunięć punktu zerowego.

Przykład

1. Ustawcze przesunięcie punktu zerowego (zgrubne i dokładne ) XMW1, ZMW1:

$$\text{XMW1}=0, \quad \text{ZMW1}=600$$

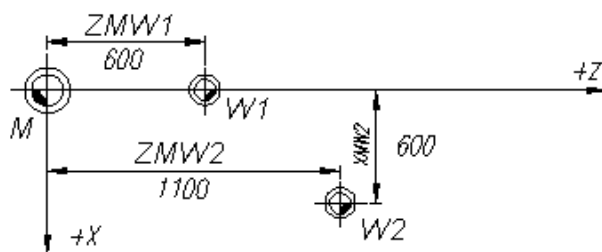
2. Programowalne przesunięcie punktu zerowego XMW2, ZMW2:

$$\text{XMW2}=600, \quad \text{ZMW2}=600$$

3. Wynikowe przesunięcie punktu zerowego XMW, ZMW:

$$\text{XMW}=\text{XMW1}+\text{XMW2} = 0 + 600 = 600$$

$$\text{ZMW}=\text{ZMW1}+\text{ZMW2} = 600 + 600 = 1200$$



Rys. 12. Ustawcze i programowe przesunięcie punktu zerowego

W bloku z funkcjami G58 lub G59 nie należy wpisywać innych funkcji poza N, G58 (lub G59), X, Z. Poniżej przedstawiono fragment programu pokazujący użycie funkcji G59:

N30...

N35 G54

N40 G59 X600 Z600

N45 ...

## 8. DEKLARACJA JEDNOSTEK DROGI NARZĘDZIA

Przy programowaniu przemieszczeń narzędzia można stosować jednostki długości wyrażone w mm (system metryczny) lub calach (system calowy). Jednostki długości deklaruje się następującymi funkcjami przygotowawczymi:

G70 - deklaracja jednostek długości w calach (1" = 25.4 mm),

G71 - deklaracja jednostek długości w mm (ustawienie domyślne).

Rodzaj jednostek długości może być zmieniany kilkakrotnie w tym samym programie sterującym. Należy zwracać szczególną uwagę na zgodność jednostek przy wykorzystywaniu podprogramów i cykli maszynowych.

Przykład:

N05 ...

N10 G91 Z50

N15 G03 G70 X-1 Z1 K1 *(łuk programowany w calach)*

N20 G01 G71 X-30 *(odcinek programowany w mm)*

## **9. DEKLARACJA JEDNOSTEK POSUWU, PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ WRZECIONA I PRĘDKOŚCI SKRAWANIA**

Posuw narzędzia można wyrażać w jednostkach [mm/min] lub [mm/obr] co jest deklarowane następującymi funkcjami:

G94 - posuw w [mm/min],

G95 - posuw w [mm/obr].

W operacjach tokarskich typowo stosuje się funkcję G95, w operacjach frezarskich G94. Przy programowaniu stałej prędkości skrawania (struktura bloku: N... G96 F... S...) należy dla posuwu (F) używać jednostek [mm/obr], natomiast dla prędkości skrawania (S) jednostek [m/min].

Ponieważ funkcja funkcją F jest modalną (obowiązuje do odwołania) należy pamiętać o wpisaniu nowej wartości F przy zmianie funkcji z grupy G94, G95, G96. Prawidłowe użycie funkcji G96 deklarującej stałą prędkość skrawania wymaga jednoczesnego podania wartości funkcji S oraz F.

## **11. RUCHY ROBOCZE, INTERPOLACJA LINIOWA I KOŁOWA**

Układ CNC SINUMERIK 810T wyposażony jest w interpolator liniowo-kołowy. Oznacza to możliwość zaprogramowania w jednym bloku informacji fragmentu toru narzędzia wzdłuż odcinka linii prostej lub wzdłuż łuku. Rodzaj ruchu i tym samym rodzaj interpolacji koduje się następującymi funkcjami przygotowawczymi:

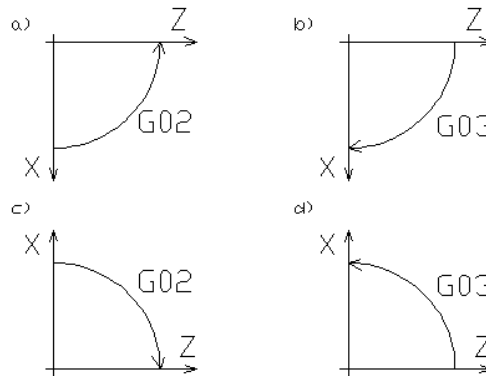
G00 - ruch szybki (ustawczy) z interpolacją liniową,

G01 - ruch roboczy z interpolacją liniową (po liniach prostych),

G02 - ruch roboczy z interpolacją kołową (po łukach) w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara,

G03 - ruch roboczy z interpolacją kołową (po łukach) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

Wymienione funkcje przygotowawcze G00, G01, G02, G03 są funkcjami modalnymi tzn. są pamiętane do czasu ich odwołania.



Rys. 13. Kierunki interpolacji kołowej zależne od położenia osi układu współrzędnych

## 11. PROGRAMOWANIE ŁUKÓW, PARAMETRY INTERPOLACJI I, K

W CNC SINUMERIK istnieje wiele wariantów programowania toru narzędzia wzdłuż łuków i okręgów. Łuki można programować z użyciem parametrów interpolacji I, K, z użyciem promienia (adres B) oraz z wykorzystaniem tzw. ciągów konturowych.

Parametry interpolacji I, K są składowymi wektora łączącego początek łuku ze środkiem łuku (środkiem okręgu z którego wycięty jest ten łuk). Parametr I przyporządkowany jest osi X, parametr K przyporządkowany jest osi Z. Powinna być zachowana kolejność zapisu tych parametrów w bloku danych. Sposób interpretacji i zapisu parametrów I, K jest niezależny od sposobu programowania drogi narzędzia. Przy programowaniu w układzie bezwzględnym i przyrostowym wartości I, K pozostają takie same. Po adresach I, K podaje się znak "-" lub "+" odpowiednio do zwrotu składowych wektora. Znak "-" programuje się gdy składowa ma zwrot przeciwny do zwrotu odpowiadającej jej osi współrzędnej, znak "+" gdy zwroty te są zgodne. Znak "+" może być pomijany. Przy programowaniu okręgu (początek i koniec ruchu pokrywają się), musi być podana przynajmniej jedna z osi (X lub Z). Blok, w którym jest zaprogramowany ruch po okręgu powinien zawierać słowa określające kierunek interpolacji (G2 lub G3) współrzędne końca ruchu (X, Z) oraz parametry interpolacji (I, K). Należy pamiętać również, że jest to ruch roboczy, w związku z czym powinny zostać zaprogramowane wcześniej lub w bloku bieżącym parametry technologiczne; obroty wrzeciona (S) i posuw narzędzia (F).

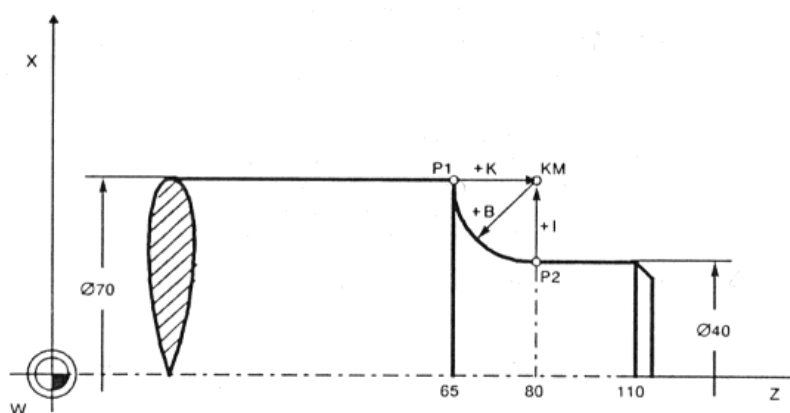
Na rysunkach konstrukcyjnych przy wymiarowaniu łuków najczęściej podawana jest wartość ich promienia. W układzie CNC SINUMERIK istnieje możliwość programowania promienia łuku za pomocą adresu B. Słowo o adresie B zastępuje w tym przypadku słowa z adresami interpolacji kołowej (I, K). W bloku zapisuje się więc kierunek interpolacji kołowej (G2 lub G3), współrzędne końca ruchu (X, Z) oraz promień łuku (B).

Zakres łuku możliwy do zaprogramowania różnymi metodami jest określany poprzez wartość kąta środkowego  $\alpha$ . Przy programowaniu z użyciem parametrów interpolacji I, K

można w jednym bloku informacji zapisać łuki o kątach środkowych  $\alpha$  od  $0^0 < \alpha \leq 360^0$ , czyli dowolnie duże łuki z okręgami włącznie. Przy programowaniu łuków za pomocą promienia B występuje potrzeba wprowadzenia dodatkowej informacji dla rozróżnienia łuków o kątach środkowych  $\alpha \leq 180^0$  i kątach  $\alpha > 180^0$ . Ponadto prosta analiza geometryczna pokazuje, że nie jest możliwe zaprogramowanie tym sposobem pełnych okręgów ( $\alpha = 360^0$ ). Ustalono umownie, że promień B będzie programowany wg poniższych warunków:

B+ gdy  $0^0 < \alpha \leq 180^0$ ,

B- gdy  $180^0 < \alpha < 360^0$ .



Rys 14. Przykład programowania z zastosowaniem promienia

N5 G03 G90 X40 Z80 K15 I0 L<sub>F</sub> (od punktu P1 do P2)

N10 G02 X70 Z65 K0 I15 L<sub>F</sub> (od punktu P2 do P1)

albo

N5 G03 G90 X40 Z80 B+15 L<sub>F</sub> (od punktu P1 do P2)

N10 G02 X70 Z65 B+15 L<sub>F</sub> (od punktu P2 do P1)

## 12. TOCZENIE GWINTÓW, FUNKCJE G33, G34, G35

W zabiegach toczenia gwintów stosuje się następujące funkcje:

- gwintowanie ze stałym skokiem G33,
- gwintowanie ze narastającym liniowo skokiem G34,
- gwintowanie malejącym liniowo skokiem G35.

Składowe skoku gwintu wprowadza się po adresach I i K. Po adresie I wprowadza się składową odpowiadającą osi X, natomiast po adresie K - składową odpowiadającą osi Z. Dla gwintów wzdłużnych występuje tylko składowa K, dla gwintów stożkowych obie składowe I, K, natomiast toczenie rowków spiralnych na czołach wymaga podania tylko składowej I.





- G04 postój czasowy (*funkcja blokowa; czas postoju w [s] pisać po adresie X lub F lub w obrotach wrzeciona po adresie S*)
- G09 redukcja prędkości posuwu na końcu odcinka ruchu noża (B),
- G33 gwintowanie ze stałym skokiem,
- G34 gwintowanie ze wzrastającym skokiem,
- G35 gwintowanie z malejącym skokiem,
- G40 odwołanie korekcji promienia wierzchołka noża,
- G41 korekcja promienia wierzchołka noża - narzędzie z lewej strony konturu,
- G42 korekcja promienia wierzchołka noża - narzędzie z prawej strony konturu,
- G53 deklaracja układu współrzędnych obrabiarki,
- G54 układ współrzędnych przedmiotu nr 1,
- G55 układ współrzędnych przedmiotu nr 2,
- G56 układ współrzędnych przedmiotu nr 3,
- G57 układ współrzędnych przedmiotu nr 4,
- G58 programowe przesunięcie układu współrzędnych nr 1,  
(*postać bloku: N... G58 X... Z... nie należy zapisywać innych funkcji*)
- G59 programowe przesunięcie układu współrzędnych nr 2,  
(*postać bloku: N... G59 X... Z... nie należy zapisywać innych funkcji*),
- G60 redukcja prędkości posuwowej narzędzia na końcu odcinka ruchu,  
(*stosować z G01*)
- G63 gwintowanie z oprawką wyrównawczą (*funkcja wyłącza korektor posuwu*),
- G64 obróbka kształtowa bez redukcji prędkości posuwowej na końcu odcinków ruchu  
(*funkcja G64 odwołuje funkcję G60*),
- G70 deklaracja jednostek programowanie drogi narzędzia - cale,
- G71 deklaracja jednostek programowanie drogi narzędzia - milimetry,
- G90 programowanie w układzie absolutnym,
- G91 programowanie przyrostowe,
- G92 ograniczenie prędkości obrotowej wrzeciona przy programowaniu stałej prędkości skrawania, (*budowa bloku: G92 S... F... - nie zapisywać innych funkcji*),
- G94 deklaracja jednostek posuwu [mm/min],
- G95 deklaracja jednostek posuwu [mm/obr],
- G96 programowanie stałej prędkości skrawania (v[m/min] zapisać pod adresem S),
- G97 odwołanie G96 z zapamiętaniem ostatniej prędkości obrotowej wrzeciona.

#### Funkcje pomocnicze M

- M00 bezwarunkowy STOP programu,
- M01 warunkowy STOP programu,
- M02 koniec programu,
- M03 obroty wrzeciona zgodne z ruchem wskazówek zegara (CW),
- M04 obroty wrzeciona przeciwne do ruchu wskazówek zegara (CCW),
- M05 zatrzymanie obrotów wrzeciona oraz wyłączenie chłodziwa,

M08 włączenie chłodziwa,  
M09 wyłączenie chłodziwa,  
M17 koniec podprogramu,  
M21 wyłączenie hydrauliki,  
M30 koniec programu, powrót na początek programu, wyłączenie obrotów wrzeciona, wyłączenie chłodziwa.  
M40 wybór I zakresu obrotów wrzeciona,  
M41 wybór II zakresu obrotów wrzeciona,  
M42 wybór III zakresu obrotów wrzeciona,  
M46 automatyczny wybór zakresu obrotów wrzeciona wg funkcji S,  
M60 przejęcie przez robot sterowania następującymi czynnościami:  
- otwieranie i zamykanie osłony,  
- otwieranie i zamykanie uchwytu,  
- wysuwanie i cofanie pinoli konika,  
Potwierdzeniem wykonania czynności M60 jest zamknięcie osłony obrabiarki.