

Stanisław Piasecki
Instytut Badań Systemowych

Polska Akademia Nauk

AUTOMATYZACJA STEROWANIA CENTRUM OBRÓBCZYM /KOMUNIKAT/

Streszczenie. W pracy przedstawiono opis struktury systemu sterowania oraz pracy grupy obrabiarek automatycznych ze sterowaniem numerycznym. Zasygnalizowano niektóre problemy związane z zagadnieniem operatywnego planowania pracy centrum obróbczego.

Przez nazwę "centrum obróbcze" będziemy rozumieli grupę obrabiarek automatycznych ze sterowaniem numerycznym, powiązanych w jeden zespół techniczny /zwany "centrum"/ systemem automatycznego transportu obrabianych detali.

Każda obrabiarka automatyczna wyposażona jest w określony zestaw narzędzi umieszczonych zwykle w specjalnej głowicy, które mogą być wymieniane automatycznie.

Reżim i profil skrawania jest sterowany odpowiednio oprogramowanym miniprocesem cyfrowym.

Z punktu widzenia kierowania pracą centrum obróbczego system sterujący składa się z trzech hierarchicznie powiązanych poziomów sterowania.

Poziom pierwszy, najniższy, stanowią procesory systemów cyfrowych poszczególnych obrabiarek sterujących doбором narzędzi, ruchem narzędzi skrawających i pracą elementów mocujących.

Poziom drugi, pośredni, stanowi system komputerowego sterowania operatywnego transportem obrabianych detali między obrabiarkami. Kieruje on ruchem wózka transportowego /zwykle poruszającego się po szynach/ podajników i obrotem obrabianych detali na wózku.

Poziom trzeci, najwyższy, stanowi komputerowy system kroczącego planowania operatywnego wykonawstwa poszczególnych operacji, jakie mają być wykonane na poszczególnych detalach. Przygotowuje on odpowiedni harmonogram realizacji prac uaktualniając go w miarę napływu nowych zadań - załadowania na wózek nowych detali oraz w przypadkach niespodziewanych awarii, np. złamania się któregoś z narzędzi na obrabiarce.

Poziom trzeci współpracuje z operatorem, który sygnalizuje jaki rodzaj detalu został załadowany i dopilnowuje "ręcznego" załadowania i wyładowania wózka. Prace trzeciego poziomu może wykonywać bezpośrednio operator ustalając pożądane sekwencje operacji. Wtedy systemem sterowania

komputerowego objęte są tylko dwa pierwsze poziomy.

Dla wyjaśnienia należy podać, że typowymi "detalami" podlegającymi obróbce w centrum obróbczym są zwykle bloki lub głowice silnika i inne ciężkie elementy. Należy także mieć na uwadze, że centrum składa się nieraz z kilkunastu ciężkich obrabiarek. Jednocześnie obrabianych jest do kilkunastu detali. Znajduje się ono na przestrzeni niedużej hali fabrycznej.

Fizycznie system sterowania składa się z procesorów cyfrowych w obrabiarkach wraz z oprzyrządowaniem czujnikowym i z komputera średniej wielkości wraz z oprzyrządowaniem czujnikowym układu transportowego. Tak więc system sterowania transportem oraz system planowania operatywnego są zaprogramowane wspólnie na jednym komputerze, przy czym system planowania operatywnego działa w przerwach pracy systemu sterowania transportem. Jeżeli przerwy w pracy systemu sterowania transportem są zbyt małe - operacje skrawania trwają bardzo krótko - to oczywiście niezbędnym jest oddzielny komputer przygotowujący harmonogram.

Po tym krótkim opisie struktury systemu sterowania oraz pracy centrum obróbczego przejdźmy do meritum problemu sterowania. Uwagę naszą skupimy głównie na zagadnieniu planowania operatywnego operacji skrawania dla ustalonego zbioru obrabianych detali w jakiejś ustalonej chwili. Zagadnieniem sterowania numerycznego obrabiarek nie będziemy się zajmowali - jest w tej dziedzinie obszerna literatura a ponadto obrabiarki tego typu są dostatecznie znane. Problemem sterowania transportem nie będziemy się zajmowali, gdyż jest to zagadnienie typowe dla automatyki, gdzie zasadniczą rolę odgrywają napędy elektryczne i hydrauliczne oraz konstrukcyjne rozwiązania uchwytów, czujników, mierników, sposoby hamowania itp. Rozwiązania szczegółowe są często w tym zakresie objęte tajemnicą firmową i ochroną patentową, szczególnie w zakresie przetworników cyfrowo-analogowych i odwrotnie. W stosunku do "klasycznej" automatyki system ten różni się tym, że układem sterującym jest system cyfrowy.

Zagadnieniem planowania operatywnego pracy centrum obróbczego zajmujemy się także z tego powodu, że jest to zagadnienie niekonwencjonalne, nieco inne aniżeli te, które spotykamy w planowaniu operatywnym na wydziałach obróbczych podczas produkcji seryjnej lub masowej.

Problem zostanie przedstawiony na pewnym uproszczonym przykładzie.

Założmy, że w danej chwili t mamy zaplanować obróbkę dwóch detali o numerach $n=2$ oraz $n=4$. Zbiór numerów obrabianych detali oznaczmy symbolem $N(t)$ tak, że $N(t) = \{2, 4\}$. Każdy z detali winien być poddany określonym operacjom. Operacje, którym winien podlegać detal $n=2$, oznaczmy symbolami C, D i E. Jeżeli więc symbolem $K_2(t)$ oznaczmy zbiór operacji, którym podlega detal $n=2$ to $K_2(t) = \{C, D, E\}$. Podobnie oznaczmy symbolem $K_4(t)$ zbiór operacji, które winny być wykonane na detalu $n=4$, przy tym niech

$K_4(t) = \{A, B\}$, a więc detal $n=4$ podlega dwóm operacjom A oraz B. Zbiór wszystkich operacji, które mamy do wykonania w chwili t oznaczmy symbolem $K(t)$ tak że $K(t) = \{A, B, C, D, E\} = K_1(t) \cup K_2(t)$.

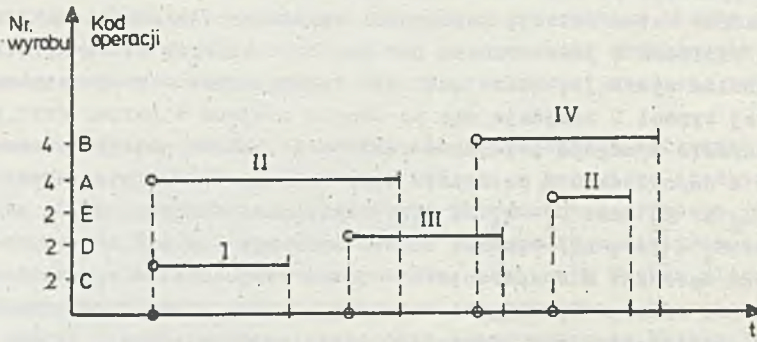
Zwykle operacje powyższe nie mogą być wykonywane w dowolnej kolejności. Wprowadźmy zatem relację kolejności oznaczając ją symbolem U rozumiejąc, że wielkość U jest zbiorem par $\{X, Y\}$, w których pierwszy element X jest symbolem operacji, która musi być wykonana przed rozpoczęciem operacji, której symbol Y znajduje się na drugim miejscu w parze. Przy tym niech U_2 określa wymaganą kolejność realizacji, które należy wykonać na detalu $n=2$ a odpowiednio U_4 na detalu $n=4$. Tak więc formalnie możemy zapisać $U_2 \subset K_2 \times K_2$ oraz $U_4 \subset K_4 \times K_4$. Przykładowo założmy, że $U_2 = \{(C, D), (D, E)\}$ oraz $U_4 = \{(A, B)\}$. Oznacza to, że operacje C winniśmy wykonać przed rozpoczęciem operacji D a operacje D - przed rozpoczęciem operacji E - dla detalu $n=2$ oraz że operację A winniśmy wykonać przed rozpoczęciem operacji B - dla detalu $n=4$. Zauważmy, że relacja kolejności $U = \{(A, B), (C, D), (D, E)\}$ formalnie o składowych U_1, U_2 niekoniecznie wprowadza nam porządek zupełny, dotyczący kolejności operacji. I tak, w naszym przypadku możemy rozpocząć operację C przed operacją A lub przeciwnie, lub możemy obie te operacje /wykonywane na dwóch różnych detalach/ wykonywać jednocześnie. Relacja U jest zwykle relacją częściowego porządku. Jeżeli użylibyśmy terminologii z dziedziny teorii grafów, to pary (K_2, U_2) oraz (K_4, U_4) definiują graf skierowany bez pętli i cykli (Berge'a).

Oznaczmy następnie symbolem i numer obrabiarki, przy czym $i = I, II, III, IV$ a symbolem J zbiór numerów obrabiarek. Zakładamy więc, że w chwili t mamy zbiór $J(t) = \{I, II, III, IV\}$ czterech sprawnych obrabiarek. Oznaczmy następnie symbolem $[\tau_{ki}]$, zgodnie z dokumentacją technologiczną, tabelę norm czasowych wykonania poszczególnych operacji $k \in K$ na obrabiarce $i \in J$.

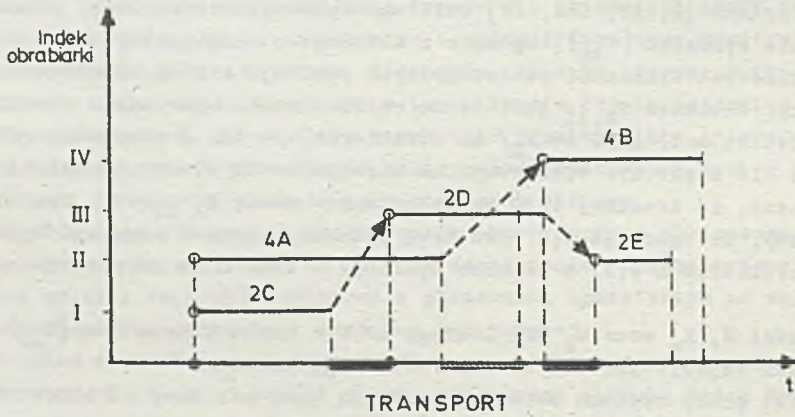
Tak np. wielkość $\tau_{A, II}$ jest normą czasu trwania operacji A /wykonywanej na detalu $n=2$, gdyż $A \in K_2$ / na obrabiarce $i = II$. W przypadku gdyby operacja A nie mogła być wykonywana na obrabiarce II, wtedy formalnie można zapisać, że trwałaby czas nieskończony - wtedy $\tau_{A, II} = \infty$. Przykładowo założmy, że operacje A, C oraz E są podobnego typu i mogą być wykonywane na obrabiarkach I, II a podobne operacje B oraz D na obrabiarkach III i IV.

Wielkości N, K_n oraz U_n dla każdego $n \in \mathbb{N}$ a także tabele norm $[\tau_{ki}]$ są wielkościami wejściowymi dla systemu harmonogramowania.

Rezultat pracy systemu harmonogramowania jest pokazany w formie rysunkowej na rysunkach 1 oraz 2. Na rysunku 1 pokazany jest harmonogram /tabela nie optymalny/ w postaci zwykłej - do jakiej jesteśmy przyzwyczajeni - przy czym przerwy między operacjami są niezbędne na zmianę detali na obrabiarkach, co jest widoczne na rysunku 2. Pokazuje on przebiegi transportowe.



Rys. 1.



Rys. 2.

Zagadnienie polega na tym, aby tak ułożyć harmonogram, by przestoje obrabiarek były jak najkrótsze - by całość zadania wykonać w jak najkrótszym czasie.

LITERATURA

- [1] Ткаченко Л.С., Сос А.В., Яковичкиј З.Ф.:
Основы автоматизации проектирования технологических
процесов обработки резанием, Наука и Техника, Минск, 1978.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАБОТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

Резюме

В работе представлено описание структуры системы управления а также работы группы автоматических токарных станков с цифровым управлением. Намечено некоторые вопросы связанные с оперативным планированием работой обрабатывающего центра.

AUTOMATION OF THE CONTROL OF THE PROCESSING CENTRE

Summary

In the paper a description of the structure of the control system and the work of the numerically controlled automatic tools set are being presented. Some problems connected with the operative planning of the work of the processing centre are being outlined.