

Andrzej Kucharczyk¹
Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie

Specyfika logistycznego sterowania produkcją w wielofazowych procesach aparaturowych

Procesy aparaturowe wydają się być równie podatne na logistyczną optymalizację, jak inne. Są jednak mniej elastyczne we współdziałaniu, a więc mniej podatne na bieżącą regulację. Jednocześnie realizują zwykle odpowiednio większą produkcję, a więc angażują stosunkowo znaczne wartości kapitałowe w przerobie. Wymagają zatem odpowiednio starannego sterowania i precyzyjnej kontroli ich przebiegu, co w układach różnicujących o rozbudowanej kooperacji powinno być realizowane głównie z poziomu zarządzania domeną produkcyjną. Podstawą do tego powinna być odpowiednio starannie skonstruowana, dostatecznie wiarygodna baza normatywna w zakresie zużycia materiałów oraz czasów obróbki i transferu. Trzeba też zwrócić uwagę na precyzję i szybkość kontroli procesowej, jako istotny warunek odpowiednio ukierunkowanej i skutecznej regulacji działań w skali całego układu produkcyjnego i jego poszczególnych części.

Właściwe powiązanie dwóch zadań: sprawnego przemieszczania materiałów w procesach obróbki i efektywnego przekształcania ich w gotowe produkty wymaga odpowiednio starannego sterowania działalnością układu produkcyjnego, szczególnie gdy przejawia on znaczną złożoność i występują w nim liczne sprzężenia kooperacyjne. Bywa tak w procesach aparaturowych o wyodrębnionych fazach lokowanych w poszczególnych jednostkach operacyjnych (wydziałach), tworzących określony układ kooperacji wewnętrznej. Niezbędne jest wtedy odpowiednio sprawne rozwiązywanie problemów współdziałania takich jednostek

w procesach gromadzenia materiałów, ich przekształcania w produkty oraz ich transferu w łańcuchach powiązań kooperacyjnych.

Przyjmując, że jest to problem istotny, poniżej zaprezentuję pewne znaczące kwestie kształtujące specyfikę logistycznego sterowania produkcją w układzie powiązanych ze sobą, a tym samym od siebie uzależnionych jednostek (wydziałów) produkcyjnych - poszczególnych faz różnicującego przetwarzania materiałów wejściowych w wyjściowe produkty². W układzie takim, z uwagi na znaczenie istniejących sprzężeń, swoboda działań lokalnych musi być znacznie ograniczona. Dlatego też wydaje się zasadne przyjęcie koncepcji sterowania dwupoziomowego – w pierw całym układem, z poziomu zarządzania domeną produkcyjną³, a następnie w ramach poszczególnych jednostek tworzących dany układ. Przy jej prezentacji nie sposób wnikać w szczegóły, gdyż jest to problematyka na ogół zróżnicowana, głównie z racji odmienności specyfiki działania poszczególnych takich układów⁴. Skupiono się więc raczej na pewnych zasadniczych kwestiach takiego sterowania oraz istotnych warunkach, które powinny być spełniane, aby mogło ono być odpowiednio sprawne i efektywne.

Sterowanie na poziomie domeny produkcyjnej. Znaczenie normowania

Wstępnym warunkiem skutecznego sterowania produkcją, a tym samym spełnienia warunku pełnej przewidywalności realizacji zadań produkcyj-

nych w ilości, asortymencie i terminach wykonania, jest posiadanie systemu właściwych norm realizacyjnych. Taka baza normatywna sterowania i kontroli powinna obejmować wszelkie istotne normy – zużycia materiałów produkcyjnych (podstawowych i pomocniczych), paliw, energii i innych mediów, następnie czasu trwania poszczególnych operacji przerobu i transferu technologicznego materiałów, wreszcie wszelkiego rodzaju zapasów występujących w tym obszarze. Wydaje się to oczywiste, jednak doświadczenie wskazuje, że zapewnienie takiej bazy na odpowiednio wysokim poziomie jakości nie jest łatwe. W zakresie normowania zużycia sprawiać to może kłopoty zwłaszcza, gdy zużywanych materiałów jest dużo i pozostają one ze sobą w relacjach technologicznych, a także wtedy, gdy układ kolejnych operacji obróbczych jest mocno skomplikowany. W istocie można zauważyć, że w procesach aparaturowych trudności te są tym większe, im bardziej złożony jest wsad do danego procesu i im bardziej skomplikowane są operacje technologiczne, w których wyniku otrzymuje się poszczególne produkty. Trzeba jednak przyjąć, że niezależnie od owych trudności normy takie powinny być zawsze możliwie selektywne (dla każdego wyróżnionego rodzaju produktu danej fazy) i stanowione na poziomie w pełni wiarygodnym. Nie powinno się zatem dopuszczać do użycia tzw. norm grupowych w sytuacjach, gdy nie ma do tego racjonalnego uzasadnienia. Złe normy są bowiem źródłem błędów w sterowaniu, i to o charakterze systematycznym, a generowana przez nie lokalna nieefektywność w układach operacji

¹ Dr inż. Andrzej Kucharczyk jest adiunktem na Wydziale Zarządzania AGH w Krakowie. Kontakt: akucharc@zarz.agh.edu.pl..

² Bliższa charakterystyka tego typu układów produkcyjnych i problemów ich działania – zob.: Cz. Skowronek, Z. Saryusz-Wolski: *Logistyka w przedsiębiorstwie*. PWE, Warszawa 2003, s. 117 i dal.

³ Domena = dziedzina, zakres, obszar działania. Tu – grupa jednostek operacyjnych (wydziałów) realizujących działalność produkcyjną.

⁴ Występuje jako istotna, np. w przemyśle chemicznym i hutniczym.

sprzężonych szeregowo przenosi się strumieniami sprzężeń na każdą z operacji następných. Jeśli występuje w wielu z nich, to kumulując się iloczynowo⁵, wzrasta do niejednokrotnie znacznych rozmiarów.

Równą staranność należy przejawiać w normowaniu czasów trwania poszczególnych operacji. Dla operacji sprzężonych jest to przy tym trudniejsze niż dla jednostkowych. Wtedy bowiem normowanie takie dotyczy całego ich układu (np. linii obróbczej), w której czasy te mogą się zmieniać w zależności od struktury asortymentowej produkcji, kolejności zapuszczeń poszczególnych partii itp. Trzeba jednak podkreślić, iż poziom jakości tych norm stanowi w istocie o wiarygodności projekcji czasowych momentów ukończenia poszczególnych zadań, co z kolei jest istotnym warunkiem możliwości skutecznego działania w systemie Just-in-Time. Tym samym umożliwiają one na poziomie zarządzania całym układem produkcyjnym racjonalne planowanie poszczególnych zadań, określaných zleceniami wewnętrznymi, emitowanymi przez jednostkę operacyjną sprzedaży. Umożliwiają także wykrywanie w toku kontroli procesowej wszelkich nieprawidłowości realizacyjnych w sposób jednoznacznie powiązany z miejscem ich powstania, co umożliwia wyciągnięcie w stosunku do winnych stosownych konsekwencji motywacyjnych.

Planowanie realizacji poszczególnych zadań z poziomu zarządzania domeną produkcyjną tworzy określone wyznaczenia celów i działań pożądaných, o mocy norm sterujących działalnością całego układu. W tym zakresie komórka sterująca tego poziomu powinna planować obciążenia oraz ważniejsze terminy realizacyjne dla poszczególných kooperujących jednostek, a następnie przekazywać im ustalone zadania planowe w sposób odpowiednio skoordynowany, wspomagający logistyczną sprawność ich realizacji. Może to następować w różnych interwałach czasowych – dobowych, tygodniowych lub dekadowych, zależnie zarówno od stopnia komplikacji poszczególných zadań, jak i od oczekiwanej jakości współdziałania tych jednostek w łańcuchach koopera-

cji. Wraz z tym, niejako analogicznym trybem, powinno przebiegać sterowanie ich zasilaniem w media energetyczne, w usługi wewnętrzne i zewnętrzne itp., gdyż jest to istotne w skali całego układu, warunkujące jego sprawne i efektywne funkcjonowanie.

Druga, obok planowania, składowa sterowania – kontrola – powinna być zorganizowana i sprawowana w sposób umożliwiający bieżące śledzenie realizacji wyznaczeń planu oraz, w razie potrzeby, skuteczne reagowanie na pojawiające się nieprawidłowości działania w skali układu. Na tym poziomie jest ona zasadniczo wtórna w stosunku do kontroli procesowej, sprawowanej w obszarze każdej z jednostek, a więc musi korzystać z generowaných przez nią informacji. Należy zatem zadbać, aby ujmowały one wszystkie niezbędne aspekty nadzorowaných w ten sposób działań i aby docierały na poziom zarządzania domeną produkcyjną odpowiednio szybko – tak aby możliwe było skuteczne rozpoznawanie stanów kontrolowaných i ewentualnych zagrożeń, a następnie podejmowanie niezbędnych działań regulacyjnych w skali układu. Stąd też wynika, że strumienie informacyjne sterowania i regulacji w takim układzie przebiegają w głównej mierze wertykalnie, a tylko w stosunkowo niewielkim stopniu horyzontalnie, pomiędzy poszczególnymi jednostkami. Informacje przesyłane między nimi dotyczą wtedy bowiem raczej uzgodnień (ilości, terminów itp.), a więc ich znaczenie jest w istocie koordynacyjne i korekcyjne.

Sterowanie na poziomie jednostki produkcyjnej

Sterowanie strumieniami materiałowymi produkcji w ramach poszczególných jednostek (wydziałów) powinno możliwie sprawnie rozwiązywać problem logistyczny stawiania odbiorcom do dyspozycji produkcji dobrej w ilości i terminach ustalonych otrzymanymi zleceniami. Podstawą do tego jest odpowiednio precyzyjne harmonogramowanie toku realizacji poszczególných zadań w ramach planowania dobowo - zmianowego, na bazie ustalonych za-

dań planowých w skali całego układu. Ważne jest zatem, aby tworzone harmonogramy były możliwie ściśle związane z harmonogramami pracy jednostek zasilających, gdyż sprzyja to jakości ich współpracy, a tym samym umożliwia minimalizację czy nawet likwidację międzyfazowých zapasów półfabrykatów wsadowých bądź strat czasu w oczekiwaniu na ich dostawy. Wprawdzie utrzymywanie tych zapasów zwiększa komfort zasilania materiałowego procesów, ale też zwiększa stan zamrożenia środków finansowých w produkcji niezakończonych. Harmonogramy te powinny, z tego samego względu, być znane każdej z jednostek odbierających produkcję, a nawet (w niezbędnym zakresie) uzgadniane z nimi, oczywiście w ramach ustaleń zasadniczych – ilości i terminów realizacji – tworzoných na poziomie domeny. Może to znacząco wspomagać dotrzymywanie tych ustaleń, a więc kształtować pożądaną poziom sprawności działania całego układu. W ten sposób, poprzez niejako dwustronne sprzężenie lokalnych harmonogramów operatywnego planowania produkcji, można utrzymywać pożądaną płynność przepływu strumieni materiałowých w całym, niekiedy wysoce złożonym, ich układzie. Taka swoista optymalizacja współdziałania jest jednak stosunkowo trudna w procesach aparaturowých o dużej skali przerobu i charakterze różnicującym. Trudne jest bowiem odpowiednio precyzyjne zestrojenie harmonogramów pracy kooperujących w ten sposób jednostek. Trudno również dotrzymywać realizacji ustalonych harmonogramów, zwłaszcza w liniach produkcyjnych złożonych z kilkunastu czy nawet więcej stanowisk obróbczych, z dokładnością realnie eliminującą powstawanie zapasów buforowých (lub strat czasu oczekiwania) na ich styku z kolejną fazą przerobu. Bywa również, że na takim styku kooperacyjnym zmienia się wielkość partii produkcyjnych – z większych na mniejsze lub odwrotnie – co z przyczyn uzasadnionych wymusza istnienie określonego wolumenu zapasów międzyfazowých, który trzeba wtedy odpowiednio minimalizować, co stanowi dodatkową trudność.

⁵ Taki sposób kumulacji jest charakterystyczny dla sprzężeń szeregowých; powoduje również, że sprawność łączna w takim układzie zależy odwrotnie proporcjonalnie od liczby jego elementów (zob.: O. Lange: *Wstęp do cybernetyki ekonomicznej*. PWN, Warszawa 1965, s. 144).

Z kolei w realizacji planu ilości produkcji może występować inne niekorzystne zjawisko – kumulacja (także iloczynowa) lokalnie niższych niż normatywne uzysków obróbki materiału, powodująca niedobór produkcji dobrej w stosunku do planu. Dla uchronienia się od tego planuje się niekiedy ilość produkcji nie według uzysków normatywnych, lecz normalnych, czyli statystycznie najbardziej prawdopodobnych. Jest to jednak odstępstwo wyraźnie niekorzystne, gdyż niejako legalizuje błędy w pracy i może także stwarzać (gdy uzyski rzeczywiste będą lepsze od tak zaplanowanych) swoiste „kłopoty z nadmiarem” – dodatkowe zapasy itp.

Ukazane wyżej problemy w znacznej mierze powinna eliminować właściwie zorganizowana i sprawowana bieżąca kontrola procesowa. W jej organizacji kwestią zasadniczą jest właściwe dla danego procesu ustalenie punktów kontrolnych, czyli miejsc, w których kontrolowany jest zarówno moment realizacji na zgodność z ustaleniami harmonogramu, jak i ilość wykonana na zgodność z zaplanowaną dla danego zadania. Powinny się one znajdować zawsze w węzłach strumieni materiałowych (punktach rozdziału) oraz tam, gdzie kończy się obróbka wykazująca

znaczącą możliwość występowania takich odchyień. W jej sprawowaniu niezbędną jest natomiast odpowiednia do potrzeb precyzja i szybkość umożliwiająca skuteczne wprowadzanie korekt realizacyjnych, gdy jest to niezbędne. Korekty te, zarówno czasowe jak i ilościowe, jakkolwiek z zasady dotyczące określonego odcinka procesu w ramach danej fazy produkcyjnej, mogą też sięgać dalej – do fazy następnej; wtedy jednak niezbędne jest ich uzgadnianie z ośrodkiem kontrolno-sterującym na poziomie domeny. Z tym powinna być powiązana bieżąca kontrola wszystkich elementów zapasów produkcji niezakończonych, prowadzona zasadniczo na poziomie każdej z jednostek, ale nadzorowana również z poziomu wyższego. Trzeba tu jednak zauważyć, że tak wysokie wymagania stawiane tej kontroli we wszystkich jej odniesieniach przedmiotowych są możliwe do osiągnięcia w zasadzie wyłącznie wtedy, gdy transfer i przetwarzanie danych w takim układzie są realizowane przez komputerowy system sterowania produkcją, oparty na szybkim pozyskiwaniu niezbędnych danych źródłowych. W przeciwnym razie wymagania te, szczególnie w dużych i złożonych układach wielofazowych, są praktycznie nieosiągalne.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na fakt, że kierownictwo każdej z współpracujących jednostek operacyjnych ma, prócz logistycznego zadania realizacji planu produkcji w wyznaczonym asortymencie, ilości i czasie, także zadanie możliwie optymalnego gospodarowania dysponowanym majątkiem, wyznaczane parametrycznie z poziomu zarządu w postaci budżetów kosztów, wskaźników wykorzystania majątku, wydajności itp. W zasadzie dążenie do sprawności działań jest zbieżne z dążeniem do osiągania pożądanego poziomu owych wyznaczeń; może się jednak zdarzać, że są one w pewnej mierze rozbieżne (np. w zakresie utrzymywania pewnych zapasów bezpieczeństwa czy pracy w godzinach nadliczbowych, jeśli jest ona niezbędna dla terminowej realizacji zadań). Można sądzić, że w każdym takim przypadku będzie raczej przedkładany interes własny danej jednostki nad interes wspólny całego układu produkcyjnego. Wzmacnia to dodatkowo znaczenie nie tylko sterowania, ale również kontroli i regulacji z poziomu zarządzania tą domeną, co z kolei wymaga, aby ośrodek sterujący tego poziomu miał zapewniony na czas dopływ wszystkich niezbędnych dla tych potrzeb informacji z poszczególnych tworzących ją jednostek operacyjnych.