



JAK WPROWADZIĆ NOWOCZESNE SYSTEMY AUTOMATYCZNE?

// Wizytując targi logistyczne, odwiedzając obiekty referencyjne dostawców, ulegamy fascynacji tym, co zobaczyliśmy. Niemniej musimy pamiętać, że każdy projekt jest inny i system, który działa w jednym magazynie, niekoniecznie musi działać w drugim. Dlaczego tak jest, spróbujemy wyjaśnić w tym tekście.

Autor // ROBERT LUBANDY



Absolwent Politechniki Śląskiej i Akademii Leona Koźmińskiego. Od prawie 25 lat związany zawodowo z logistyką. Jako dyrektor logistyki w zakładzie produkcyjnym branży metalowej odpowiedzialny za logistykę magazynową i nadzór nad produkcją. Dyrektor ds. sprzedaży rozwiązań automatyzacji magazynowej w Europie Wschodniej. Zaprojektował ponad 200 magazynów i rozwiązań automatyzacji magazynowej w branżach FMCG, części zapasowych, lekarstw i produkcyjnej. Od 2008 r. samodzielnie z własną firmą na rynku usług konsultingowych w krajach Europy Wschodniej. W 2012 i w 2021 r. laureat nagrody CONSTANTINUS AWARD przyznawanej przez Austriacką Izbę Gospodarczą. Firma Lubandy.Logistic.Services prowadzi projekty doradcze w Europie Wschodniej i posiada biura konsultantów w Austrii, Ukrainie, Kazachstanie i Turcji.

WZAJEMNA ZALEŻNOŚĆ STRUMIENIA TOWAROWEGO OD WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH SYSTEMU

Jedną z pierwszych analiz, jakie prowadzimy podczas planowania nowego systemu automatyzacji magazynowej

jest analiza natężenia i struktury strumienia towarowego. I tutaj pierwsza uwaga: natężenie strumienia jest najczęściej wartością zmienną i kierowanie się w dalszej pracy wartością średnią stanowi najczęściej popełniany błąd projektowy.

Przy zmienności natężenia strumienia w konsekwencji będziemy mieli w układach automatyzacji magazynowej do czynienia z tzw. zjawiskiem pulsacji strumienia¹. Powoduje to, że musimy nasz nowo planowany system wyposażyc w szereg by-passów, buforów i zapewnić w nim odpowiednie rezerwy wydajnościowe.

Powracam więc w tym tekście do zagadnienia wielokrotnie już opisywanego, wprowadzającego wielokrotnie wiele nieporozumienia pomiędzy dostawcami a odbiorcami. Chodzi o tzw. przepustowość systemu lub elementu aktywnego w systemie. Rozróżniamy w praktyce projektowej następujące rozumienia terminu przepustowości:

- **Przepustowość mechaniczna**, tj. wartość mechaniczna podawana przez dostawcę najczęściej w jednostkach transportowych na jednostkę czasu – jest to wartość maksymalna dla danego elementu.
- **Przepustowość logistyczna** (systemowa), to wartość, którą będzie można osiągnąć maksymalnie podczas eksploatacji systemu przy uwzględnieniu wszystkich zjawisk technologicznych i operacyjnych, takich jak np. zatory, pulsacja, dostępność jednostek transportowych, synchronizacja z innymi systemami, czasy reakcji systemu na sygnały sterowania itd.

Mając zatem określony w wyniku analizy danych strumień towarowy wraz z jego zmiennym natężeniem, powinniśmy we właściwy sposób rozpocząć konfigurację systemu automatyzacji magazynowej. I to właśnie podczas tego etapu następują kolejne błędy, gdy kryterium wyboru opiera się jedynie na analizie ceny elementów dostawy.

W dobrej praktyce projektowej mieści się proces ocena dostawcy poprzez wskaźniki efektywności technicznej w stosunku do ceny. Dopiero wówczas można próbować dokonać właściwej analizy i wybrać prawidłowy system. Innymi słowy, warto czasami zaangażować wyższy CAPEX², aby otrzymać w rezultacie niższy OPEX³ i wyższą sprawność systemu (wyższą przepustowość logistyczną).

ANALIZA STRUMIENIOWA

Przez analizę strumieniową rozumiemy określenie natężenia strumienia towarowego pomiędzy kolejnymi etapami procesu logistycznego.

I tutaj pozwolę sobie na kolejną uwagę: nie należy strumienia analizować jedynie pomiędzy punktami mechanicznymi danego systemu, ale także trzeba uwzględnić procesy ręczne występujące na danym odcinku, procesy związane z przesłaniem danych np. do drukarki, czasy reakcji na odpowiedź systemu, np. po odczycie kodu lub na skrzyżowaniu dwóch systemów, gdy algorytm ma zapewnić określony priorytet.

W naszej praktyce projektowej sprawdziło się narzędzie adaptowane z przemysłu petrochemicznego i spożywczego do analizy strumienia i potrzebnej energii w procesie przetwórczym. Ponieważ logistyka magazynowa (strumienie towarowe) w praktyce także może być wyrażona w jednostkach strumieniowych i przepływać pomiędzy węzłami o określonej przepustowości, to tego typu analiza sprawdza się w podczas prac projektowych. Najbardziej znanym sposobem wyrażania rezultatów tej analizy są tzw. wykresy Sankeya⁴.

Olbrzymią zaletą takich narzędzi jest także możliwość analizowania zmiennych natężeń strumienia towarowych i w ten sposób detekcja miejsc (procesów), dla których dany strumień wyczerpuje ich przepustowość logistyczną. W takich przypadkach konieczne jest powtórne przeprojektowanie systemu lub też tylko jednej jego części.

Ten przykład wskazuje na kolejną cechę charakterystyczną typową dla procesów projektowania systemów automatyzacji magazynowej: jest to proces przebiegający iteracyjnie.

Można stwierdzić, że aby stworzyć poprawny projekt magazynu z udziałem układów mechanizacji przepływu i automatyzacji procesów⁵, należy wykonać kilka wynikających z kolejnych analiz stadium, zbliżając się do zaplanowanego optimum.

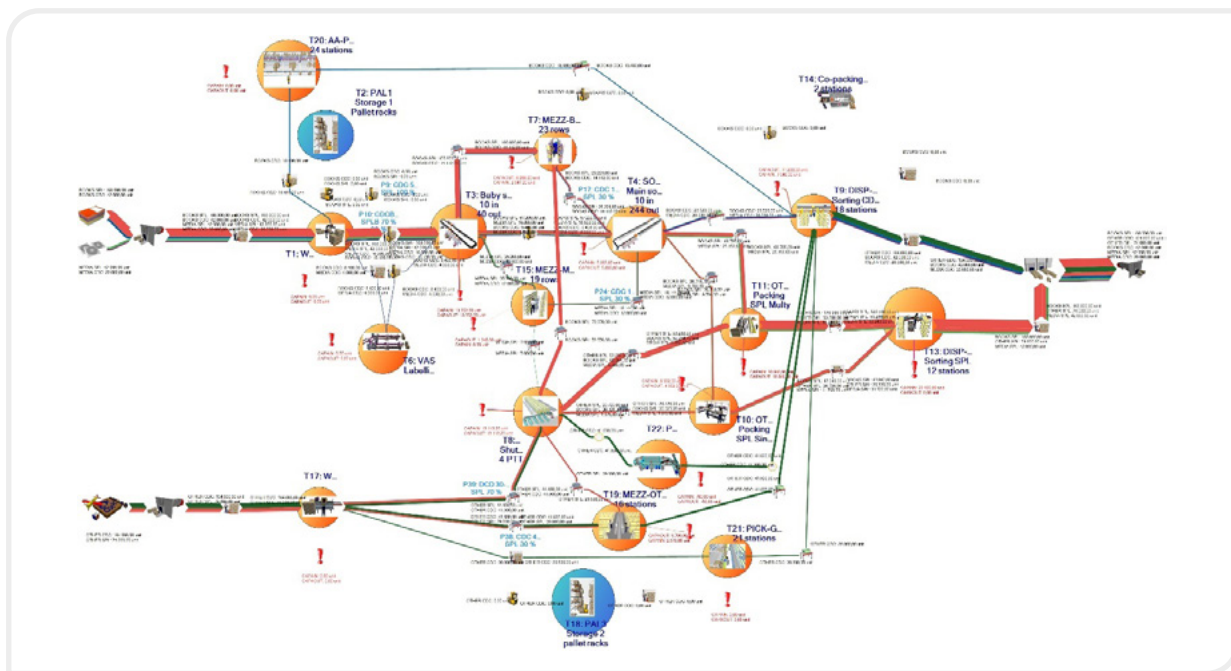
¹ Podobnie jak w przypadku cieczy lub gazu w przewodzie rurowym konieczne jest zaprojektowanie kompensatorów ciśnienia dla utrzymania ciągłości konstrukcji podczas eksploatacji przy zmiennych warunkach ciśnienia.

² Wartość środków inwestycyjnych z uwzględnieniem dyskontowania wartości i uwzględnienia przyszłych wartości związanych z odtworzeniem inwestycji.

³ Wartość środków poświęconych na utrzymanie zdolności operacyjnych w postaci personelu, zużycia energii czy też części zamiennych przy uwzględnieniu zmiennej wartości w czasie.

⁴ Wykres strumieniowy dla wyrażenia bilansu masy lub energii w procesie.

⁵ *Mechanizacja*: w praktyce przemysłowej przejawia się wykorzystaniem mechanizmów i urządzeń do wykonania przez nie określonego przemieszczenia lub zbioru przemieszczeń w celu transportu, obróbki lub montażu. Zakres przemieszczenia nie podlega algorytmom i jest ograniczony jedynie barierami mechanicznymi takimi jak długość ośrodka transportu, oś obrotu, zakres działania napędu lub wysokość podnoszenia. *Automatyzacja*: w rozumieniu podstawowym to szereg działań polegających na zastąpieniu pracy ludzkiej w całości lub częściowo poprzez działania maszyn i urządzeń. W sensie procesowym mówimy jednak o automatyzacji także wówczas, gdy procesy przebiegające dotychczas przy współudziale człowieka, takie jak planowanie i przewidywanie, zostały zastąpione algorytmem wykonującym szereg działań matematycznych, których wyniki przedstawiono w formie graficznej lub liczbowej.



Rys. 1. // Przykładowy wykres Sankeya (materiały własne LLS)

A i tak podczas spotkań z dostawcami i już podczas realizacji mogą pojawić się pomysły doskonalące nasze rozwiązania. Nie oznacza to oczywiście, że po uruchomieniu wszystko będzie odbywało się zgodnie z planem, ale to już temat na oddzielne opracowanie.

JAK WYBRAĆ WŁAŚCIWY SYSTEM MAGAZYNOWY?

Po przeprowadzonej analizie przyszłych strumieni towarowych w magazynie stajemy przed zadaniem wyboru właściwego systemu składowania. Jakie kryteria powinny nami kierować i co oznaczają w szczególności parametry podawane przez dostawców?

Przy wyborze systemu powinniśmy np., korzystając z listy kontrolnej, dokonać wstępnego wyboru, aby w dalszej kolejności sporządzić tzw. krótką listę dostawców.

W liście kontrolnej możemy zawrzeć następujące pytania wspomagające dokonanie wyboru:

- Czy system ma mieć charakter urządzenia służącego do składowania i buforowania zapasu, czy też ma służyć do obsługi bieżących zleceń także z uwzględnieniem chwilowych spiętrzeń?
- Jak duża musi być pojemność naszego systemu? Co chcemy za jego pomocą osiągnąć: zagęścić magazyn

czy wprowadzić jego zapas do krótkotrwałych strumieni spiętrzeń?

- Jaki proces poprzedza i jaki proces następuje po wyprowadzeniu jednostki transportowej do i z systemu?
- Czy chcemy dokonać kompletacji całej jednostki, czy też tylko jej części i pozostałość towaru wprowadzić ponownie do systemu składowania?
- Jaki jest udział danych grup rotacji towarowej przeznaczonej do składowania (analizy ABBC/XYZ)?
- Czy system nadaje się do kompletacji wszystkich grup rotacji towarowej z wystarczającą wydajnością?
- Jaki jest standard wydań i zgodność z zasadami logistyki magazynowej (FIFO/FEFO/FILO) możliwy do realizacji w danym systemie?
- Jak prowadzone są i w jakiej kolejności następuje wydanie z systemu (praca algorytmów zarządzających układem np. przy zachowaniu zasad określonych w WMS czy też według priorytetów wyjazdu lub najkrótszej drogi w magazynie)?
- Jaka jest dostępność⁶ systemu określona przez dostawcę?
- Na jakim poziomie jest zużycie energii przy pełnym cyklu (wejście/wyjście) w przeliczeniu na jedną jednostkę transportową?
- Jakie możliwości rozbudowy ma system w przyszłości (skalowalność)?
- Jaka jest dostępność części zamiennych spoza pakietu elementów specyficznych dla danej technologii (np. przełączniki, bezpieczniki, napędy, falowniki itd.)?

⁶ Dostępność systemowa określona normami określa poziom dostępności operacyjnej układu w czasie trwania operacji wyrażaną procentowym udziałem czasu niezawodnej pracy do całkowitego czasu pracy.



Fot. 1. // Przykład złożonego systemu mechanizacji magazynowej (materiały własne LLS)

Te i inne pytania powinny znaleźć się w naszej liście kontrolnej. Ale nawet i one nie wyczerpują zakresu specyficznych parametrów mogących odpowiedzieć na pytanie, czy dany system jest właściwy dla naszego magazynu.

W naszej praktyce projektowej podejmujemy podobne wyzwania i oprócz doświadczeń wielu naszych inżynierów są projekty, w których ostateczne odpowiedzi dajemy po wykonaniu np. emulacji ruchu⁷ lub symulacji procesowej⁸.

PRZYGOTOWANIE DO REALIZACJI I WDROŻENIA

W każdym przypadku projektu automatyzacji procesu magazynowego emocje związane z wyborem dostawcy to zaledwie początek złożonej drogi do sukcesu takiego wdrożenia.

I tutaj proszę pozwolić mi na dygresję wynikającą z faktu ponad 25-letniego doświadczenia w branży: każdy projekt obarczony jest ryzykiem i w trakcie jego trwania napotkamy na szereg wyzwań, które spowodują napięcia i troski podczas jego trwania. Przyczyna takiego stanu rzeczy leży w tym, że mimo zastosowania wielu standardowych elementów w systemie to każdy z nich jest indywidualnie dopasowywany do potrzeb klienta i jego magazynu. A to już jest zagadnienie z zakresu wdrożenia prototypu w procesie automatyzacji magazynowej.

Możemy (powinniśmy) do takiego projektu właściwie się przygotować i poniżej spróbujemy określić zasady, których wdrożenie po stronie inwestora i jego zespołu przyczyni się wydatnie do zmniejszenia poziomu ryzyka.

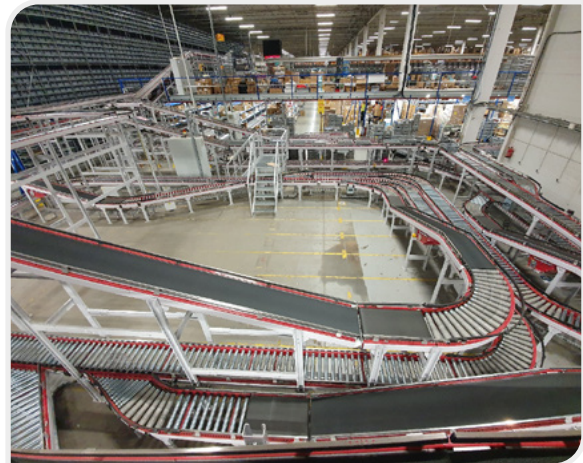
ZASADA 1.: Przygotuj się do inwestycji

Poprzez dobre przygotowanie inwestycji, a co za tym idzie – zbudowanie dobrych relacji z dostawcą/-ami w przyszłości

⁷ Odzwierciedlenie ruchu nośników transportowych w środowisku komputerowym przy zachowaniu parametrów elementów aktywnych systemu podobnym do rzeczywistych.

⁸ Bazując na określonym porządku i kolejności ruchu w procesie i na bazie parametrów logistycznych odzwierciedlamy przebiegu procesu lub grupy procesów w środowisku komputerowej rzeczywistości.

rozumiemy przygotowanie koncepcji automatyzacji, poparte analizami przepływów i przygotowaniem ścisłej i właściwie opracowanej dokumentacji przetargowej. Taka dokumentacja jest podstawą do rozmów na początku projektu z wieloma potencjalnymi dostawcami i pomaga dokonywać rzeczowych porównań pomiędzy czasami bardzo różniącymi się technologiami. Dokumentacja przetargowa powinna ujmować wszystkie najważniejsze założenia dotyczące przepustowości i dostępności systemu oraz założenia dotyczące uwarunkowań infrastrukturalnych, takich jak naciski powierzchniowe na posadzkę czy ograniczenia w dostępności energii elektrycznej.



Fot. 2. // Po montażu i przed uruchomieniem systemu przenośników (zasoby własne LLS)

ZASADA 2.: Dokonaj wstępnego wyboru dostawców

Bardzo wielu dostawców bardzo wielu technologii dostępnych na rynku spowoduje, że w trakcie spotkań możemy zatracić właściwy cel spotkania, jeżeli ulegniemy np. pokusie sięgnięcia po najnowszą technologię (czasami jeszcze niesprawdzoną).

Przestrzegam przed podejmowaniem decyzji o wyborze technologii, jeżeli nie przekonamy się o jej walorach użytkowych i nie zasięgnemy opinii o niej u już istniejących użytkowników. Przygotujmy się do wielu wizyt referencyjnych.

Nie jestem zasadniczo przeciwny innowacjom i nowinkom, niemniej należy pamiętać, że nasze zdolności do adaptacji nowej technologii będą w dużej mierze zależały od naszych dotychczasowych doświadczeń w tej dziedzinie. Innymi słowy: im więcej mamy własnych doświadczeń praktycznych z automatyzacją, tym odważniej możemy sięgnąć po nowinki. W przypadku braku doświadczenia sięgajmy po sprawdzone technologie.

ZASADA 3.: Negocjuj, ale rozsądnie!

Już w trakcie negocjacji można spróbować przekonać się o kompetencjach dostawcy, obserwując osoby zachwalające swoje produkty. Sprzedawcy nastawieni na szybką sprzedaż będą przejawiać tendencję do prezentacji produktów w aspekcie ceny lub jej porównywania z konkurencją.

Towarzystwo techników (z obu stron) na spotkaniach będzie z kolei sprzyjało wymianie myśli i dogłębniejszej analizie produktowej, jak i aspektom procesowym, gdyż musimy cały czas pamiętać, że chcemy kupić kompleksową instalację, często współpracującą z innymi elementami, co ma stworzyć całość procesową. I najważniejsze – nie dokonuj wyboru jedynie na podstawie kryterium ceny zakupu! Należy uwzględnić koszty obsługi i serwisowania, ale również spróbować określić tzw. wartość porównawczą, czyli ile kosztuje jednostka wydajnościowa zakupionej technologii.

ZASADA 4.: Komunikacja w trakcie montażu i uruchomienia

Każdy projekt automatyzacji dzieli się na bardzo wiele faz. Jedną z najważniejszych jest ta związana z montażem i uruchomieniem. Podczas tej fazy kluczowa jest otwarta komunikacja z dostawcą w trakcie regularnych spotkań oraz wymiana opinii, które pozwalają z góry zrozumieć (czasami ukryte) niuanse urządzeń, aby w przyszłości lepiej zarządzać technologią. Rozsądny dostawca na pewno zezwoli na uczestnictwo własnych techników klienta w uruchomieniu. To buduje przyszłe relacje – Wasza współpraca nie kończy się na momencie przekazania i na pewno przyjdzie moment, gdy będziecie ponownie potrzebowali pomocy dostawcy. Dobre relacje tutaj bardzo pomogą!



Jedną z pierwszych analiz, jakie prowadzimy podczas planowania nowego systemu automatyzacji magazynowej jest analiza natężenia i struktury strumienia towarowego.

JAK PRZYGOTOWAĆ ZESPÓŁ MAGAZYNOWY DO NOWYCH WYZWAŃ I ZADAŃ?

Aczkolwiek mogłoby się nam wydawać, że zakończone negocjacje i podpisane umowy kończą nasze wysiłki, to jest to bardzo mylne wrażenie. Z naszych wieloletnich obserwacji wynika, że im lepiej zespoły przygotowywały się do realizacji, tym mniejsze było ryzyko negatywnego wpływu inwestycji na rezultat operacyjny.

Naszemu klientom zalecamy zatem szereg kroków w drodze do realizacji i wdrożenia projektu.

- **Ocena ryzyka i przygotowanie zmian procesowych w trakcie i po wdrożeniu:** przejście od procesów ręcznych do automatycznych wymagać będzie zarówno przygotowania nowych kart procesowych, jak i szkolenia liderów danego odcinka.
- **Przygotowanie procedur awaryjnych na wypadek przerw w dostępności do towaru lub innych zasobów magazynu:** w trakcie realizacji projektu w istniejącym magazynie należy przygotować się na utrudnienia związane z brakiem dostępności do danego zasobu – konieczne jest przygotowanie odpowiednich scenariuszy awaryjnych.
- **Proces przejścia ze starego do nowego magazynu:** w przypadku projektów typu „green field” konieczne staje się fazowanie procesu przełączenia z istniejącego do nowego magazynu – tutaj zarówno dostępność zasobów, jak i trudności w przygotowaniu nowych procesów powinny zostać odpowiednio zmapowane.
- **Systemy IT:** zarówno zagadnienia integracji z systemami sterowania nowym systemem automatyzacji, jak i nowe procesy składowania i kompletacji wymagają odpowiednich przygotowań i szkoleń załogi zwłaszcza w kontekście nowej funkcjonalności WMS.
- **Przygotowanie zespołu DUR:** tutaj nie tylko kompetencje zawodowe „twarde”, ale także te związane ze zdolnością do współpracy w innym środowisku i kulturze (języki!) może okazać się kluczowe w przypadku asysty przy montażu nowego systemu. //