|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Automatyzacja linii Okna Drewniane - Opracowanie i wdrożenie technicznego rozwiązania umożliwiającego automatyczną obsługę procesu wydawania szyb do szklenia drewnianych ram okiennych – Bufor Szkła** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR – Bufor szkła** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie i wdrożenie zmechanizowanego / zautomatyzowanego rozwiązania technicznego pozwalającego na rozwiązanie problemów logistycznych związanych z wydawaniem odpowiednich szyb zespolonych na linię montażu drewnianych okien w kolejności ich montażu. Opracowano system oznaczeń i bufor mechaniczny który pozwalał na sortowanie okien w kolejności ich montażu ma linii.  Dotychczasowy proces na linii produkcyjnej opierał się na dostawach pakietów po kilkanaście szyb, umieszczonych na stojakach w przypadkowej kolejności względem kolejności produkcji. Skutkiem były: czasochłonne przeszukiwanie stojaków, wielokrotna manipulacja ciężkimi taflami (ryzyko BHP i uszkodzeń), konieczność „przewracania” stosów w celu wydobycia szyby ze środka wiązki oraz niestabilny takt szklenia.  Postanowiono dokonać ujednolicenia identyfikacji pojedynczych szyb na etapie dostawy oraz wprowadzenia stanowiska automatycznego buforowania pozwalającego na mechaniczne sortowanie. Powyższe umożliwiło zsynchronizowanie dopływ szyb do gniazda szklenia i kolejności zleceń produkcyjnych na linii.  Zdefiniowano warunki konieczne dla rozwiązania:   1. standard etykietowania po stronie dostawcy (ID zamówienia i ID szyby w kodzie kreskowym, dublowany na czole i boku pakietu), 2. warstwa sterowania sortownikiem z regułami doboru slotu i orientacji tafli (stojąca/leżąca) zależnie od gabarytu i progów stateczności transportowej.   Projekt zakładał pełną automatyzację tego procesu, tak aby szyby były automatycznie identyfikowane, sortowane i dostarczane do linii w sekwencji zgodnej z harmonogramem montażu.  Kluczową częścią rozwiązania było opracowanie dedykowanego oprogramowania do zarządzania magazynem (sortownikiem) szyb, zintegrowanego z: infrastrukturą sterowania linii produkcyjnej (oprogramowanie sterowników PLC maszyn) oraz integracja bufora z informacjami z systemu ERP.  Opracowane algorytmy umożliwiły przypisywanie szyb do slotów buforu, ustalanie kolejności ich wydawania, bieżący podgląd stanu, generowanie raportów oraz automatyczną synchronizację stanu bufora z harmonogramem produkcji. Dodatkowo system pozwolił na kontrolę historię operacji dla każdej tafli szkła – od momentu dostarczenia przez dostawcę, przez wydanie do bufora i dalszą ekspedycję na linię montażową.  Integralnym elementem wdrożenia były testy modułu identyfikacji szyb. We współpracy z dostawcami szkła, przygotowano serię próbnych etykiet w różnych wariantach. Różniły się one m.in. rozmieszczeniem kodów kreskowych, rozmiarem etykiety, kontrastem wydruku oraz miejscem umieszczenia na tafli. Etykiety zawierały numery zamówień i indywidualne identyfikatory szyb w dwóch lokalizacjach – na czole i boku – co miało zapewnić poprawny odczyt niezależnie od orientacji tafli w transporcie.  Wykonano testy obejmujące:   * próby odczytu kodów kreskowych przy różnych kątach i odległościach, * weryfikację działania skanera w warunkach zmiennego oświetlenia hali, * sprawdzenie poprawności importu danych z etykiety do systemu ERP, * testy przypisania tafli do właściwego slotu w buforze zgodnie z algorytmem, * symulacje sytuacji błędnych (brak kodu, kod uszkodzony, kod niezgodny z zamówieniem).   W trakcie testów identyfikowano i eliminowano błędy (trudności z odczytem przy zbyt małym kontraście lub niewłaściwym położeniu kodu względem ramienia skanującego). M.in. wypracowano standard etykietowania, który został zaimplementowany u kontrahentów jako wymóg dostawy.  Oprogramowanie przeszło testy integracyjne z systemami: zarządzania linią produkcyjną PLC oraz zarządzania obiegiem dokumentacji produkcyjnej ERP. Sprawdzano następujące zdarzenia m.in.:   * czy zmiana kolejności montażu w harmonogramie jest automatycznie odzwierciedlana w planie wydawania szyb z buforu, * czy stan magazynowy jest aktualizowany w czasie rzeczywistym.   Testy pozwoliły zoptymalizować algorytm przypisujący szyby do slotów, minimalizując liczbę ruchów i zapewniając, że kolejne tafle będą dostarczane dokładnie w momencie ich zapotrzebowania na linii montażowej.  Projekt zrealizowano w pięciu uporządkowanych etapach, z określonymi kryteriami przejścia (gate) i wskaźnikami KPI (FPY, czas cyklu, odsetek poprawek, zgodność).   1. Przygotowanie Zdefiniowano cel, zakres, harmonogram i budżet; ustalono KPI; opracowano matrycę odpowiedzialności (RACI) oraz plan jakości i BHP. 2. Prototypowanie i walidacja rozwiązania Wykonano rozwiązanie od strony technicznej i informatycznej na poziomie prototypu: konfiguracja stanowiska i programów PLC, przegląd wyników, korekty mechanizmów, walidacja funkcjonalna. 3. Dostosowanie i organizacja linii Ustalono docelowy przepływ: załadunek → optymalny bufor -> sortowanie → wydanie → montaż wg. kolejności przepływu na linii montażowej. 4. Standaryzacja procesu Opracowano i zatwierdzono SOP/IO, plan kontroli (punkty QC przy ładowaniu do bufora i wydawaniu na linię montażu), karty narzędzi i przeszkolono operatorów. 5. Wdrożenie seryjne i stabilizacja Przeprowadzono serię 0, monitoring KPI w czasie rzeczywistym, przegląd powdrożeniowy i zamrożenie konfiguracji po osiągnięciu celów jakościowych i wydajnościowych.   Dzięki wdrożeniu systemu i pomyślnym testom etykietowania, nowy bufor szkła będzie działał w pełni automatycznie, eliminując konieczność ręcznego przeszukiwania pakietów i manipulowania ciężkimi taflami. Poprawi to bezpieczeństwo pracy, skróci czas realizacji zamówień i zwiększy efektywność całej linii montażowej. | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Przygotowanie | | | 05.2024 |
| 2. | Prototypowanie i walidacja rozwiązania | | | 05.2024 |
| 3. | Dostosowanie bufora i organizacja linii montażowej | | | 06.2024 |
| 4. | Standaryzacja procesu | | | 06.2024 |
| 5. | Wdrożenie seryjne i stabilizacja | | | 06.2024 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | * Brak identyfikacji szyb dostarczanych w pakietach   Rozwiązanie: uzgodniono z dostawcą standard etykietowania 1D/2D z numerem zamówienia i unikatowym ID szyby, nadruk w dwóch miejscach (czoło/bok pakietu), materiał etykiety odporny na wilgoć/ścieranie. Wprowadzono skan "scan-in" na przyjęciu oraz śledzenie partii (traceability).   * Losowa kolejność dostaw vs sekwencja montażu na linii   Rozwiązanie: sortownik zasilany danymi z planu produkcyjnego (plik sterujący z ERP/Cantor: okno-ID szyby-gabaryt-orientacja). PLC bufora realizuje podanie JIT w kolejności rzeczywistego szklenia, likwidując ręczne "polowanie" po stojakach.   * Różne gabaryty szyb i bezpieczna orientacja w slotach   Rozwiązanie: reguły odkładcze w PLC ("2× wąska" lub "1× szeroka"), wyznaczanie orientacji pion/poziom wg progów proporcji H/W i stateczności transportowej. Zastosowano ograniczniki, listwy oporowe i czujniki przechyłu, blokujące niebezpieczne konfiguracje.   * Spadek czytelności etykiet po lakierowaniu (stolarka drewniana)   Rozwiązanie: etykiety z warstwą ochronną do zerwania po lakierni + redundantne umiejscowienie (front/bok). Procedura awaryjna: alternatywny odczyt ID (lista przyjęcia/HMI) i re-etykietowanie na stanowisku rozładunku.   * Integracja z istniejącą infrastrukturą automatyki   Rozwiązanie: wykorzystano sterownik PLC linii PFC i HMI; dopisano sekwencje SFC/FBD bez ingerencji w nadrzędne systemy IT. Po stronie ERP jedynie generacja pliku sterującego; komunikacja z czujnikami/napędami po sieci przemysłowej. Rozruch przy minimalizacji przestojów (FAT/SAT).   * Nadmierna manipulacja taflami (ergonomia/BHP, uszkodzenia)   Rozwiązanie: stałe punkty poboru, automatyczny rozdział na sloty, transport rolkowy/podciśnieniowy; ograniczenie przewracania wiązek. SOP manipulacji i szkolenia operatorów.   * Stabilność taktu szklenia i eliminacja wąskich gardeł   Rozwiązanie: sygnał wezwania (call) z gniazda szklenia, limity bufora min/max, priorytetyzacja slotów; wizualizacja stanu (Andon) dla logistyki wewnętrznej.   * Jakość procesu i prewencja pomyłek   Rozwiązanie: Poka-Yoke - skan szyby + skan zlecenia ? dopasowanie ID; blokada podania niezgodnego komponentu; alarmy HMI przy kolizji gabarytów lub braku zgodności danych.   * Przyjęcie materiału z wiązek 10-15 szt. bez "przewracania" stojaków   Rozwiązanie: stanowisko rozplotu z bramką skanującą i stołem odkładczym; zadania odkładcze per sztuka kierowane do PLC; buforowanie przed sortownikiem.   * Utrzymanie ruchu i dostępność urządzeń   Rozwiązanie: diagnostyka on-line PLC (status slotów, liczniki cykli, bufor błędów), receptury gabarytów (SMED), harmonogram przeglądów mechaniki i układu transportowego; magazyn części eksploatacyjnych.   * Standaryzacja pracy i 5S w strefie bufora   Rozwiązanie: SOP dla rozładunku, skanowania, odkładania i poboru; oznaczenia wizualne miejsc odkładczych; szkolenia brygadzistów/operatorów i ścieżka eskalacji odchyleń.   * Walidacja w produkcji seryjnej   Rozwiązanie: testy cyklu podania, wskaźnik kompletacji bezbłędnej, redukcja manipulacji ręcznych, brak uszkodzeń szyb, stabilność taktu. Odbiór funkcjonalny i monitoring KPI w okresie stabilizacji. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | * Opracowanie algorytmu kolejkowania i odkładania szyb   – Zaprojektowano deterministyczny algorytm przypisywania szyb do slotów bufora z priorytetyzacją wg sekwencji montażu (JIT), mapowaniem okno→ID szyby oraz regułami gabarytowymi („2×wąska” / „1×szeroka”) i decyzją orientacji (pion/poziom) na podstawie progów H/W oraz kryteriów stateczności transportowej.  – Zaimplementowano generator plików sterujących w ERP (ETL: walidacja pól, normalizacja jednostek, kontrola zgodności zamówienie–ID szyby–gabaryt).   * Standaryzacja identyfikacji w łańcuchu dostaw   – Opracowano specyfikację etykiety dostawczej (kod 1D/2D z numerem zamówienia i unikatowym ID tafli, redundancja nadruku: czoło/bok, warstwa ochronna).  – Zdefiniowano scenariusze odczytu (scan-in/scan-out) i minimalne parametry jakości wydruku (kontrast, rozdzielczość, strefy ciszy) wraz z wymaganiami środowiskowymi (lakiernia).   * Adaptacja oprogramowania PLC oraz integracja peryferiów   – Rozbudowano program sterownika PLC (PFC) o sekwencje SFC i bloki FBD/ST realizujące logikę: przyjęcie → weryfikacja danych → przydział slotu → podanie do szklenia; dodano Poka-Yoke (wzajemna weryfikacja „okno–szyba”).  – Zaimplementowano komunikację z czytnikami kodów, czujnikami przechyłu, napędami/siłownikami oraz HMI; przygotowano receptury gabarytowe (SMED) i bufor diagnostyczny (log błędów).   * Interfejs operatora i obsługa wyjątków   – Zaprojektowano ekrany HMI (status slotów, kolejka zleceń, alarmy, Andon), szybkie ścieżki przezbrojenia i formularze re-etykietowania/awaryjnego wprowadzenia ID.  – Dodano mechanizmy blokad bezpieczeństwa (kolizja gabarytów, nieczytelny kod, brak zgodności z plikiem sterującym) oraz procedury „quarantine” dla rekordów niekompletnych.   * Walidacja algorytmu i optymalizacja parametrów   – Przeprowadzono symulacje przepływu (scenariusze dostaw losowych, gabaryty graniczne, degradacja etykiety), testy FAT/SAT oraz próby taktu z linią szklenia.  – Na podstawie wyników skorygowano progi H/W, czasy zwłok, reguły priorytetyzacji i parametry transportu (prędkości/ramy przyspieszeń), osiągając stabilny takt podawania.   * Integracja z ERP i warstwą danych produkcyjnych   – Opracowano moduł eksportu w ERP/Cantor (plik sterujący: okno, ID szyby, gabaryt, orientacja), kontrolę spójności z BOM/technologią oraz ślad audytowy (traceability: przyjęcie→slot→podanie).  – Zaimplementowano nadzór wersji plików oraz mechanizm odwołania/aktualizacji zlecenia bez zatrzymania bufora.   * Dokumentacja wykonawcza i standaryzacja operacyjna   – Przygotowano pełny pakiet SOP: przyjęcie i skanowanie szyb, odkładanie/pobór, postępowanie z etykietą po lakierni, re-etykietowanie, tryby serwisowe i restart sekwencji.  – Zdefiniowano plan UR (przeglądy mechaniki i torów transportowych, testy czujników, kopie programu PLC/HMI) oraz KPI wdrożenia (czas cyklu podania, odsetek niezgodności, uszkodzenia, OEE gniazda). | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja w skali kraju** | |
| Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Projekt miał charakter badawczo-rozwojowy i dotyczył zaprojektowania oraz wdrożenia zintegrowanego systemu intralogistycznego do podawania szyb „just-in-time” pod szklenie, eliminującego rozbieżności między losową kolejnością dostaw a sekwencją montażu na linii. Przeprowadzono pełny cykl B+R: diagnozę zjawiska (mapowanie strumienia wartości i taktu szklenia), sformułowanie hipotezy rozwiązania (bufor-sortownik sterowany danymi), prototypowanie algorytmu kolejkowania i odkładania (reguły gabarytowe i orientacja tafli), integrację sterowania (PLC/HMI) oraz walidację w warunkach produkcji seryjnej (FAT/SAT).  Kluczowymi rezultatami technicznymi były: standard etykietowania w łańcuchu dostaw (unikalne ID szyby, podwójny kod 1D/2D), generator plików sterujących w ERP (mapowanie okno↔szyba↔gabaryt↔orientacja), rozszerzony program PLC z mechanizmami Poka-Yoke i recepturami SMED, interfejs HMI z wizualizacją bufora oraz komplet procedur operacyjnych i UR (SOP, plan przeglądów, traceability). Opracowano też tryby awaryjne dla stolarki drewnianej (degradacja etykiet po lakierni) oraz politykę blokad bezpieczeństwa przy kolizji gabarytów.  Walidacja wykazała stabilizację taktu szklenia, eliminację ręcznego „polowania” na szyby, ograniczenie manipulacji ciężkimi taflami (poprawa ergonomii i BHP) oraz spójność podania komponentu z realną kolejką zleceń. Zidentyfikowane na etapie testów ryzyka (czytelność etykiet, stateczność w slocie, spójność danych) zredukowano przez doprecyzowanie progów H/W, wprowadzenie redundantnego znakowania i kontrolę jakości danych wejściowych. Projekt zakończył się transferem wiedzy do produkcji (szkolenia operatorów i brygadzistów), ustandaryzowaniem procesu i przygotowaniem dokumentacji eksploatacyjnej.  W ujęciu B+R powstało rozwiązanie o wysokiej replikowalności (możliwe przeniesienie na inne gniazda i linie), z potencjałem dalszej rozbudowy (np. integracja z systemem jakości, analityka KPI, adaptacja do formatów nietypowych). Rezultat stanowi trwałą zmianę technologii przepływu materiału – od zasilania danymi po deterministyczne sterowanie – i buduje bazę do kolejnych wdrożeń innowacji procesowych w organizacji. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Stanowisko bufora – koncepcja, projekt techniczny, dokumentacja zdjęciowa | | | |
| 2. | Kody sterowników | | | |
| 3. | Procedury operacyjne i systemu kodów | | | |