

napędy i sterowanie

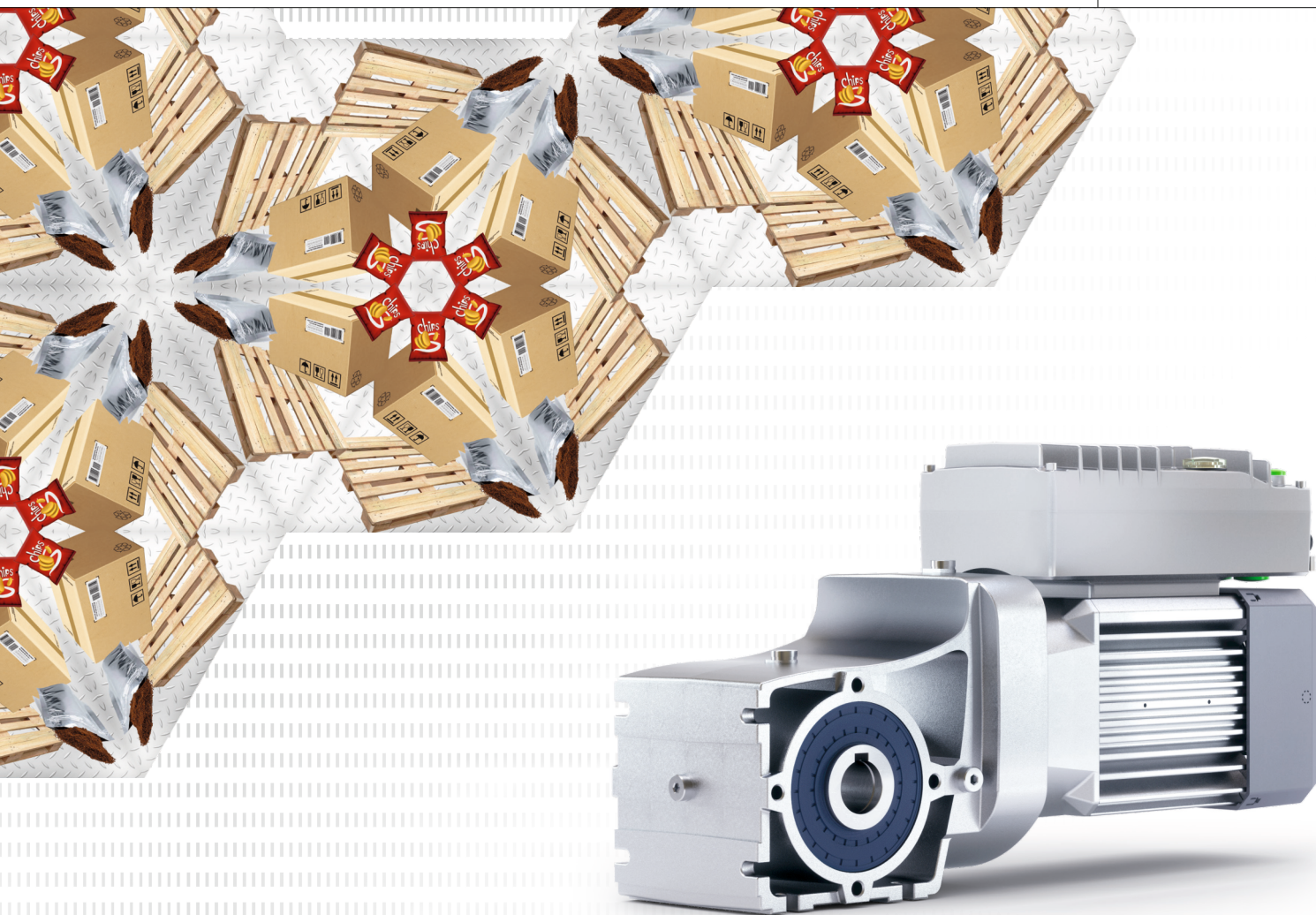
miesięcznik naukowo-techniczny

napędy • automatyka przemysłowa • energoelektronika • aparatura kontrolno-pomiarowa • mechatronika • systemy zasilające • układy zabezpieczeń • hydraulika • pneumatyka • robotyka • systemy transportowe • utrzymanie ruchu

3
2025 (311)
Rok XXVII
marzec 2025

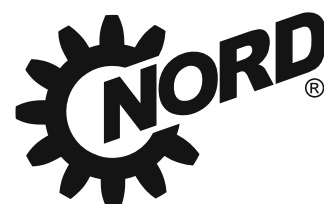
ISSN 1507-7764
Indeks 36018X

Cena: **39,00 zł**
(w tym 8% VAT)



Zdecentralizowane systemy napędowe do maszyn pakujących

- ▶ Niskie koszty zakupu i eksploatacji
- ▶ Kompaktowa konstrukcja wymagająca niewielkiej przestrzeni
- ▶ Łatwa instalacja i obsługa dzięki połączeniom wtykowym



DRIVESYSTEMS

Our Solution. Your Success.

Podziel się wiedzą

Zostań autorem w miesięczniku
„Napędy i Sterowanie”



**Jesteś pasjonatem technologii?
Masz innowacyjne rozwiązania
w dziedzinie napędów i sterowania?**

Otwórz się na nowych odbiorców
i zyskaj uznanie w branży, publikując
w naszym czasopiśmie.

**napędy
i sterowanie**

miesięcznik
naukowo-techniczny

Wyślij propozycję artykułu na:
redakcja.nis@industriypublisher.com

WYDAWCA:

Industry Publisher sp. z o.o.
90-553 Łódź, ul. M. Kopernika 67/69/2
NIP 7272882868
Konto: ING Bank Śląski
46 1050 1461 1000 0091 5151 3471
www.nis.com.pl

REDAKTOR NACZELNA:

Katarzyna Zając
tel. +48 606 689 421
e-mail: redakcja.nis@industriypublisher.com

REDAGUJE ZESPÓŁ:

Katarzyna Zając
Ryszard Klencz

REDAKCJA TECHNICZNA:

Grzegorz Drobny

DZIAŁ PRENUMERAT:

e-mail: prenumerata@industriypublisher.com

PODSTAWOWA KOREKTA TEKSTU:

Ewa Halewska-Karaśkiewicz

RADA PROGRAMOWA:

- prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek – przewodniczący
- prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender
- prof. Marek Bergander
- prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski
- dr hab. inż. Stefan Gierlotka
- dr inż. Rafał Hein
- prof. inż. Jaroslav Homišin
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- dr hab. inż. Grzegorz Karoń
- prof. Mykola Karpenko
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- dr hab. inż. Roman Krok
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- dr inż. Jacek Paraszczyk
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski
- dr hab. inż. Krzysztof Pietruszewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog
- prof. Jacek S. Stecki
- dr hab. inż. Michał Stosiak
- dr inż. Zbigniew Szulc
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak
- dr inż. Grzegorz Wiciak
- dr hab. inż. Waldemar Woźniak, prof. UZ
- dr inż. Paweł Zając

REDAKTOR TEMATYCZNY:

prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek

WYDAWCA: Industry Publisher sp. z o.o.

PATRONAT HONOROWY:

Instytut Konstrukcji
i Eksploatacji Maszyn
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki
i Inżynierii Biomedycznej
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów,
Konstrukcji i Eksploatacji
Maszyn Politechniki Łódzkiej

Punktacja MNiSW za publikacje naukowe wynosi 5 pkt (poz. 1652). Przyłączając się do realizacji idei Otwartej Nauki, udostępniamy bezpłatnie powierzchnię na artykuły naukowe publikowane w miesięczniku naukowo-technicznym „Napędy i Sterowanie”.

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i nie zwraca materiałów niezamówionych. Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiustacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji. Redakcja deklaruje, że pierwotną wersją wydawanego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” jest wersja drukowana (papierowa). „Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

Szanowni Państwo!

Jesteśmy uczestnikami nowej ery w historii przemysłu – Przemysł 4.0, który często nazywany jest czwartą rewolucją przemysłową, to nie tylko hasło, lecz rzeczywistość, która zmienia sposób, w jaki wytwarzamy, zarządzamy i myślimy o fabrykach przyszłości. Przemysł 4.0 to pojęcie, które od kilku lat dominuje w dyskusjach na temat przyszłej produkcji i usług, dlatego czytając trzeci tegoroczny numer pisma z pewnością zauważą Państwo dużą liczbę artykułów związanych z automatyką przemysłową, a także czwartą rewolucją przemysłową, która jest wykorzystywana w cyfryzacji, automatyzacji oraz inteligentnym zarządzaniu danymi.

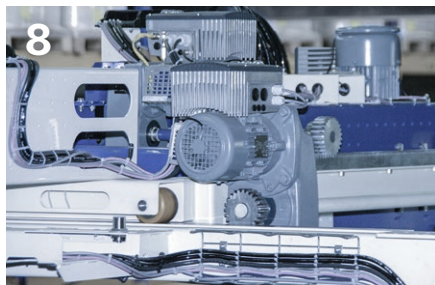
Intensywny rozwój tej dziedziny naszego życia sprawia, że pojawia się wiele nowości, które trafiają na podatny polski grunt. Nikogo nie trzeba bowiem przekonywać, że polska gospodarka ciągle wymaga innowacyjnych rozwiązań przyspieszających postęp technologiczny.

Czy jesteśmy na to gotowi? W dużym stopniu tak, ale pełna transformacja potrzebuje zastosowania rozwoju i inwestycji. Każda rewolucja niesie ze sobą wyzwania. Wdrażanie nowych technologii wymaga dużych inwestycji, zmian kultury organizacyjnej oraz nowych rozwiązań technicznych. Kluczową kwestią pozostaje dostępność firmy i pracowników do adaptacji, Ci, którzy już teraz są uczestnikami Przemysłu 4.0, zyskują przewagę konkurencyjną i będą kształtować ją w przyszłości.

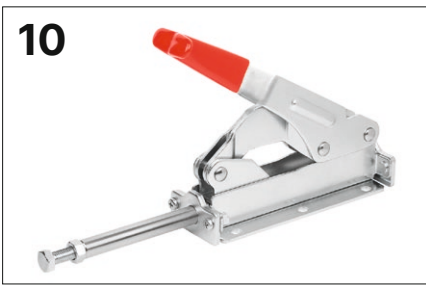
Dzięki tym innowacyjnym rozwiązaniom technologicznym polskie przedsiębiorstwa liczą przede wszystkim na obniżenie kosztów produkcji i uzyskanie przewagi konkurencyjnej. Wśród technologii o największym wpływie na wzrost zysków firmy są: automatyzacja linii produkcyjnych, analityka danych oraz oprogramowanie obniżające koszty prototypowania i wprowadzania nowych produktów. W tym temacie jest jeszcze mnóstwo pracy edukacyjnej do wykonania. Dotyczy to zwłaszcza uświadamiania przedstawicielom firm korzyści wynikających z wdrożenia rozwiązań zaliczanych do Przemysłu 4.0. Czwarta rewolucja przemysłowa wymusza bowiem modyfikację tradycyjnego postrzegania produkcji. Kluczowe jest znalezienie nowych źródeł przewagi, opartych na tworzeniu wysokiej wartości dla klienta. I tu właśnie jest miejsce na innowacyjne rozwiązania, technologie i produkty, które z jednej strony przyczynią się do zmiany struktury polskiego przemysłu i zwiększenia jego konkurencyjności, a z drugiej zapewnią osiągnięcie większej wartości dodanej dla całej gospodarki. Polska gospodarka potrzebuje zatem dodatkowych wydatków na badania i rozwój.

Przedsiębiorcy coraz częściej dostrzegają potrzebę i korzyści inwestowania w tę dziedzinę. Aktualne wydanie z pewnością zwróci jeszcze większą Państwa uwagę na ten temat.

Życzę miłej lektury
Katarzyna Zając
Redaktor naczelna



8



10



12



22



24



30

Co w numerze

6 | Nowości techniczne

78 | Zestawienie firm

81 | Biblioteka

TECHNOLOGIE I PRODUKTY

8 | Efektywność i niezawodność – zdecentralizowane napędy
NORD w pakowaniu końcowym – NORD Napędy Sp. z o.o.

10 | Nowe warianty napinaczy suwakowych norem.
Innowacyjna technologia zaciskania spełniająca
najwyższe wymagania – norem Sp. z o.o.

12 | Studium przypadku: zabezpieczenie zasilania
maszyn produkcyjnych w firmie UTAL – EVER Sp. z o.o.

14 | MOSCA na targach Warsaw Pack 8–10.04.2025.
Kompleksowe podejście do wiązania, owijania
i consultingu – MOSCA DIRECT POLAND Sp. z o.o.

16 | Energetyka odnawialna w przemyśle – potencjał,
wyzwania i realizacje – Przemysław Kurylas – DB Energy

INFORMACJE BRANŻOWE

20 | Premiera raportu „Zielona transformacja a MŚP”

22 | DREMA 2025 receptą na kryzys

24 | Zielona Przyszłość Budownictwa BUDMA 2025

28 | Szkoła Eksploatacji Podziemnej – Transformacja
Energetyki i Górnictwa – polska prezydencja
w Radzie Unii Europejskiej – Ryszard Klencz

NAUKA

30 | Buddyjska architektura w Birmie – Stefan Gierlotka

34 | Transformatory prostownikowe
– Marcin Barański, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka

44 | Przyszłość pracy – Jerry Kaplan

53 | Przepływ produktów na linii produkcyjnej w
procesach zrobotyzowanego sortowania, pakowania
i paletyzacji w dobie Przemysłu 4.0. Część 1 –
Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

INDEKS REKLAM

ABUS Crane Systems	21, 82
BEFARED	6, 31
Cantoni GROUP	25
CBF hydraulic	35
DB Energy	16
EVER	6, 13
HYDAC	6, 43
Linak	7, 45
MOSCA	15
MOTORMONITOR	83
NORD	1
norem	7, 84
NOWIMEX	33
STAUFF	23
STEINLEN	47
TESEO	37



**Wspieraj i promuj
wydarzenia z nami!**

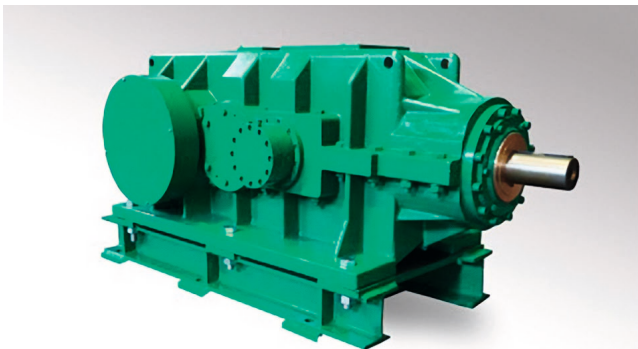
Organizujesz konferencję, webinar lub targi branżowe?

Skorzystaj z patronatu medialnego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” i dotrzyj do szerokiego grona inżynierów i menedżerów. Wyróżnij się z naszą pomocą i zwiększ zasięg swojego wydarzenia!

**napędy
i sterowanie**

**miesięcznik
naukowo-techniczny**

Napisz do nas:
redakcja.nis@industriypublisher.com



Reduktor stożkowo-walcowy SBH-355

Reduktor stożkowo-walcowy SBH-355 zastosowany w przenośnikach taśmowych transportujących spiek. Zaprojektowany przez Spółkę BEFARED w oparciu o istniejące urządzenie.

Przekładnia przyłączeniowo i parametrowo jest pełnym zamiennikiem za napęd KG-500. Przekładnia o mocy 240 kW i przełożeniu $i = 20$. Wykonana dla polskiej huty na specjalne zamówienie.

Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

BEFARED Spółka Akcyjna

www.befared.com.pl



Autoryzacja EVER – jak poznański producent UPS wspiera resellerów

Sprzedż zaawansowanych systemów zasilania awaryjnego może stanowić duże wyzwanie dla resellerów, szczególnie tych, którzy nie specjalizują się w tej niszy. Praca z urządzeniami UPS (Uninterruptible Power Supply) wymaga nie tylko odpowiedniej wiedzy technicznej, ale i zdolności do precyzyjnego dostosowania rozwiązania do specyficznych potrzeb klienta. Z tego względu autoryzacja EVER stanowi świetną okazję dla firm chcących poszerzyć swoją ofertę o wysokomarżowe produkty bez konieczności posiadania rozbudowanego zaplecza technicznego.

EVER to producent systemów zasilania, który wspiera swoich autoryzowanych partnerów na każdym etapie współpracy, zapewniając im narzędzia i zasoby, które umożliwiają skuteczną sprzedaż urządzeń UPS. Dzięki kompleksowemu wsparciu resellerzy mogą zaoferować klientom produkty najwyższej jakości, nawet jeśli nie posiadają zaawansowanej wiedzy na temat technicznych aspektów tych urządzeń. Kluczowym elementem takiej współpracy jest program wsparcia, który obejmuje szeroką gamę działań, od pomocy w doborze rozwiązania po pełne wsparcie posprzedażowe.

Współpraca z EVER daje resellerom szereg korzyści, które ułatwiają rozwój biznesu i zwiększają przychody. Kluczowe z nich to dedykowany opiekun handlowy, gwarantowane ceny dystrybucyjne, możliwość rezerwacji projektów oraz wsparcie przy realizacji przetargów. W ramach Programu Partnerskiego autoryzowani partnerzy EVER (APE) mogą dokonywać zakupu wybranych produktów z oferty EVER w cenach specjalnych – DEMO. Produkty zakupione w ramach tego programu mogą zostać wykorzystane jako ekspozycja w punkcie sprzedaży partnera, na jego potrzeby własne lub mogą być odsprzedane do klienta końcowego, przy zachowaniu cen rynkowych. Wszystkie produkty zakupione w ramach programu są nowe, pełnowartościowe i podlegają identycznemu warunkom gwarancyjnym oraz serwisowym, jak inne produkty EVER dostępne na rynku.

EVER

www.ever.eu



Bezpieczny montaż zbiorników na wodór za pomocą pierwszych na świecie inteligentnych opasek zaciskowych

Aby osiągnąć cele redukcji emisji ustanowione w Europejskim Zielonym Ładzie, firmy i przemysł jako całość muszą w coraz większym stopniu wykorzystywać wodór będący neutralnym pod względem ekologicznym źródłem energii. Jednak podczas transportu tego lotnego paliwa, na przykład w autobusach, samochodach ciężarowych lub maszynach, należy spełnić szczególne wymagania dotyczące bezpieczeństwa i niezawodności. Firma HYDAC uwzględniła te wyjątkowe wymogi, opracowując innowacyjne rozwiązanie „HY-ROS H2 Mount Smart” — pierwszą na świecie opaskę zaciskową do zbiorników na wodór wyposażoną w czujnik.

Wprowadzając produkt HY-ROS H2 Mount Smart, HYDAC przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa pojazdów z napędem wodorowym. Nasza opaska zaciskowa z czujnikiem umożliwia niezawodne monitorowanie mocowania zbiornika w czasie rzeczywistym. Podobnie jak w systemach monitorowania ciśnienia opon, rozwiązanie to, bazujące na podejściu prewencyjnym, nieustannie dostarcza dane na temat stanu i integralności systemu mocowania. Pozwala to wykrywać wszelkie nieprawidłowości na wczesnym etapie i podejmować odpowiednie działania.

HYDAC sp. z o.o.

www.hydac.com.pl



Panele biurkowe serii DPF: ponadczasowy klasyk, który cały czas ewoluuje

Od 2009 roku do użytkowników na całym świecie trafiły miliony paneli serii DPF, zyskując szerokie grono zwolenników za sprawą swojego klasycznego wzornictwa i niezawodnego działania. Od teraz panele tej serii są dostępne również z wbudowanym czujnikiem antykolizyjnym.

Oferta paneli biurkowych DPF trafia w potrzeby każdego zastosowania

Od regulowanych wózków transportowych przez stojaki na wyświetlacze i monitory po wytrzymałe stanowiska robocze i wysokiej klasy stanowiska maklerskie – szeroki wybór paneli biurkowych pozwala znaleźć idealne rozwiązanie do sterowania każdą aplikacją.

Klasyczne i ponadczasowe, panele DPF są ulubionym wyborem projektantów na całym świecie ze względu na dowolność miejsca ich montażu i niezawodną funkcjonalność.

Różne aplikacje wyposażone w napęd LINAK z regulacją wysokości za pomocą panelu biurkowego DPF

Standardowe panele serii DPF, wyposażone w profilowane przyciski, są dostępne w dwóch standardowych kolorach, pasujących do większości przestrzeni.

Opcje personalizacji folii pokrywającej przód panelu i sposobu montażu sprawiają, że możliwości projektowe są praktycznie nieograniczone, zapewniając konstruktorom wysoki stopień elastyczności na etapie projektowania.

Nowy wariant z czujnikiem antykolizyjnym

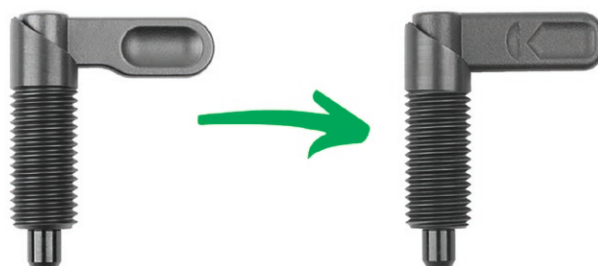
W ofercie paneli biurkowych są teraz dostępne wersje z wbudowanym czujnikiem antykolizyjnym – znanym z panelu biurkowego

DPI wyróżnionego nagrodą Red Dot Award. Zabezpieczenie antykolizyjne pomaga zapobiegać uszkodzeniom biurka i innych przedmiotów znajdujących się nad lub pod blatem podczas regulacji wysokości.

Seria paneli DPF zdobyła wielu zwolenników, ale żadnych nagród. Niemniej każdy – od projektantów po użytkowników – zdaje się na ich dyskretne i jednocześnie niezawodne działanie. To dla nas równie cenne wyróżnienie, jak nagroda.

LINAK Danmark A/S (Spółka Akcyjna)

www.linak.pl



Aktualizacja naszych trzpieni ustalających z uchwytem jednoskrzydłowym

Opracowaliśmy nowy projekt, idealnie łączący bezpieczeństwo i komfort. Ergonomiczny kształt oferuje nie tylko wygodę obsługi, lecz także umożliwia zakładanie nakładek ochronnych w różnych kolorach w celu zwiększania bezpieczeństwa. Sprawdzona metoda obsługi trzpieni ustalających noremem pozostaje przy tym niezmieniona.

Jakich trzpieni ustalających z uchwytem jednoskrzydłowym dotyczą zmiany?

Zmiany dotyczą łącznie sześciu naszych rodzin produktów, w tym trzpieni ustalających z uchwytem jednoskrzydłowym: 03099, 03099-20, 03099-21.

norelem Sp. z o.o.

www.norelem.pl

Reklama

**napędy
i sterowanie**
miesięcznik
naukowo-techniczny

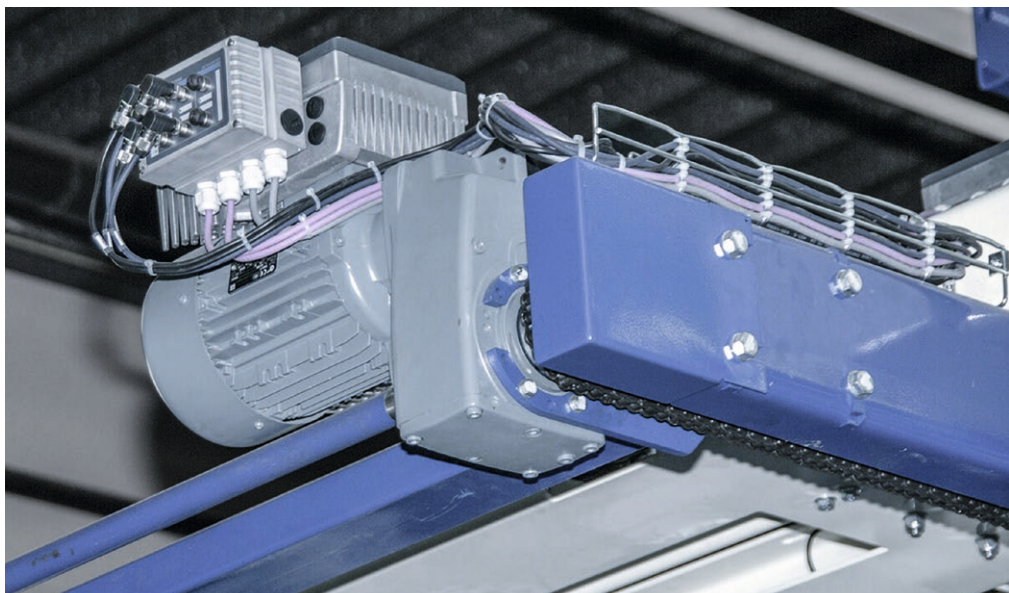
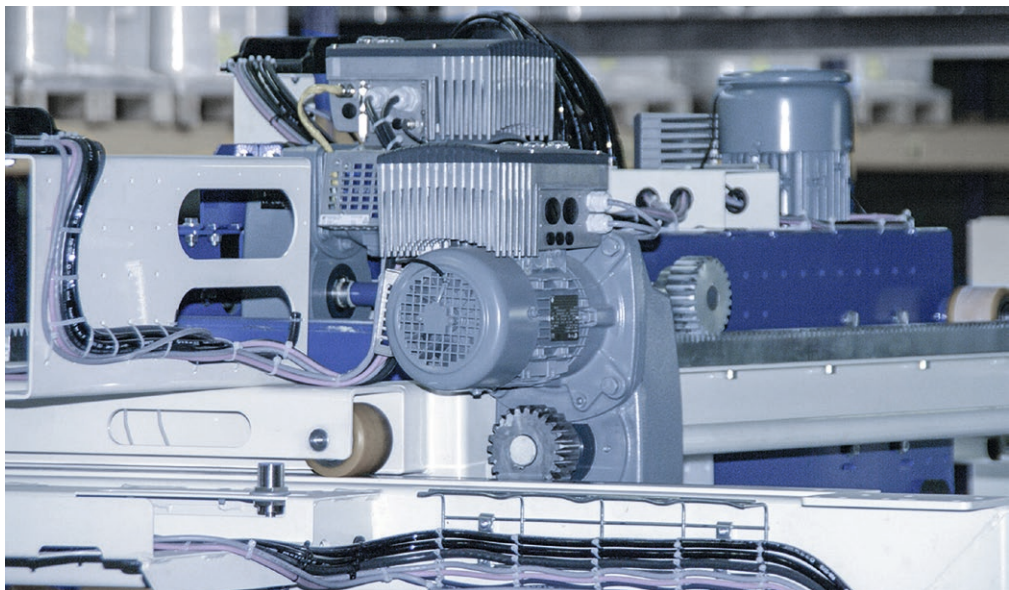
Wybierz swoją prenumeratę

Napisz na adres: prenumerata@industrypublisher.com

Efektywność i niezawodność – zdecentralizowane napędy NORD w pakowaniu końcowym

Pakowanie końcowe to jeden z kluczowych etapów w procesie produkcyjnym, który wpływa zarówno na bezpieczeństwo produktów, jak i efektywność logistyczną. Wymaga ono precyzyjnych, wydajnych i energooszczędnych systemów napędowych, które będą w stanie sprostać wymaganiom współczesnych linii pakujących. Napędy muszą być absolutnie niezawodne i gwarantować płynną pracę, a głównym celem jest unikanie przestołów. Jeśli konieczna jest wymiana, np. w celu przeglądu i konserwacji, powinno być możliwe jej przeprowadzenie tak łatwo, a przede wszystkim tak szybko, jak to możliwe. NORD DRIVESYSTEMS oferuje rozwiązania pozwalające na optymalizację tych procesów, redukcję kosztów oraz zwiększenie niezawodności urządzeń.

Systemy pakowania na końcu linii (tzw. END OF LINE) obejmują szereg operacji, takich jak grupowanie produktów, paletyzacja czy formowanie opakowań transportowych. Każdy z tych procesów wymaga innego podejścia do sterowania ruchem i zastosowania odpowiednich napędów. W tradycyjnych systemach centralnych wyzwaniem są długie przewody sterujące, skomplikowana infrastruktura oraz wysokie koszty instalacji i eksploatacji. Napędy z centralnie sterowanymi serwomotorami są tu powszechnie stosowane. Jednak w zastosowaniach o dużej bezwładności lub długich drogach przesuwu – na przykład paletyzacji – nie są niezbędne. Zdecentralizowane rozwiązania napędowe, takie jak te ze sterowanymi silnikami asynchronicznymi, są w tym kontekście wydajną i ekonomiczną alternatywą. Osiągają podobne właściwości kinematyczne, a dzięki większej bezwładności wewnętrznej zapewniają lepszą regulację i kontrolę ruchu przy dużych obciążeniach. Zastosowanie zdecentralizowanych przemienników częstotliwości ze sterowaniem w pętli zamkniętej skutkuje również ogromnymi oszczędnościami kosztów.





Zastosowanie zdecentralizowanych napędów NORD pozwala na znaczną redukcję kosztów i zwiększenie efektywności systemów pakowania. Dzięki zintegrowanym przetwornicom częstotliwości montowanym bezpośrednio na silnikach, minimalizowane są straty energii, a układ sterowania staje się bardziej kompaktowy i efektywny.

Zastosowanie zdecentralizowanych napędów NORD pozwala na znaczną redukcję kosztów i zwiększenie efektywności systemów pakowania. Dzięki zintegrowanym przetwornicom częstotliwości montowanym bezpośrednio na silnikach, minimalizowane są straty energii, a układ sterowania staje się bardziej kompaktowy i efektywny. Nowoczesne silniki synchroniczne i asynchroniczne, zoptymalizowane pod kątem dynamicznych aplikacji pakujących, w połączeniu z przekładniami walcowymi, stożkowymi i ślimakowymi, zapewniają precyzyjne sterowanie ruchem oraz wysoką sprawność energetyczną. Dodatkowo, zastosowanie przetwornic częstotliwości z funkcjonalnością PLC umożliwia integrację napędów z systemami nadrzędnymi i pełną automatyzację procesów. Jednym z przykładów wdrożenia tej technologii jest zastosowanie napędów NORD w paletyzatorach, które pozwalają na precyzyjne układanie towarów oraz szybkie przebrojenie linii do różnych formatów opakowań. Dzięki zdecentralizowanej koncepcji

sterowania znacząco zmniejszono przestrzeń potrzebną na instalację szaf sterowniczych, a także zredukowano koszty związane z eksploatacją i konserwacją systemu. Zmniejszenie liczby przewodów oraz uproszczona architektura sterowania przekładają się na krótszy czas instalacji i większą elastyczność w modernizacji linii pakujących.

Kompletne rozwiązania napędowe NORD pozwalają na ograniczenie zużycia energii dzięki nowoczesnym silnikom o wysokiej sprawności. Umożliwiają również redukcję kosztów instalacji poprzez eliminację skomplikowanej infrastruktury przewodowej oraz zwiększają niezawodność systemu poprzez dynamiczną kompensację obciążeń. Dodatkowo, kompaktowa konstrukcja ułatwia konserwację i serwisowanie, a modułowa budowa pozwala na szybką wymianę komponentów bez konieczności długotrwałych przestoju produkcyjnych. Optymalizacja przestrzeni poprzez eliminację dużych szaf sterowniczych sprawia, że systemy napędowe NORD są idealnym wyborem dla zakładów

dążących do maksymalnej efektywności produkcji.

Podsumowując, zastosowanie napędów NORD w pakowaniu końcowym pozwala na zwiększenie wydajności, redukcję kosztów i poprawę elastyczności procesów produkcyjnych. To rozwiązanie, które odpowiada na rosnące wymagania branży opakowaniowej i zapewnia przewagę konkurencyjną dla przedsiębiorstw inwestujących w nowoczesne technologie napędowe. □



NORD Napędy Sp. z o.o.

Zakrzów 414, 32-003 Podłęże

tel. 12 288 99 00

fax 12 288 99 11

biuro@nord.com

www.nord.com

Nowe warianty napinaczy suwakowych norelem

Innowacyjna technologia zaciskania spełniająca najwyższe wymagania

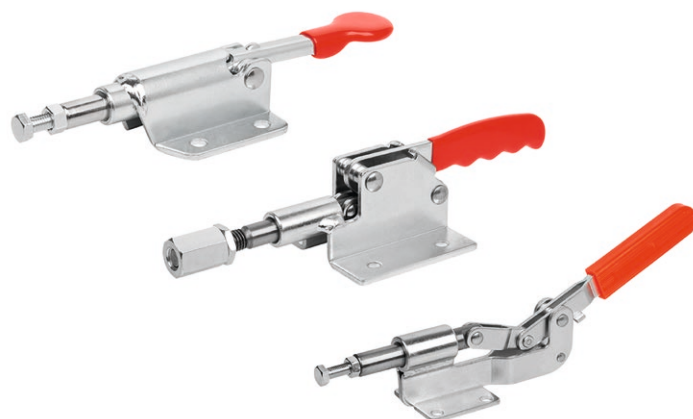
Firma norelem rozszerza asortyment napinaczy suwakowych, wprowadzając rozwiązania do wymagających procesów obróbki metali i drewna, a także do budowy maszyn. Nowe elementy zaciskające wyróżniają się solidną konstrukcją, elastycznością i wysokimi siłami zacisku do 33 350 N.

Napinacze suwakowe norelem idealnie nadają się do precyzyjnych i niezawodnych procesów zaciskania i utrzymywania pozycji w operacjach produkcyjnych. Są stosowane na przykład do mocowania elementów podczas procesów obróbki metali, takich jak szlifowanie, frezowanie lub spawanie. W produkcji mebli służą do mocowania elementów drewnianych wymagających piłowania i heblowania. Produkty te znajdują zastosowanie również w przemyśle elektronicznym do montażu i mocowania płytek drukowanych, podzespołów elektronicznych i urządzeń.

Wytrzymałe, wszechstronne i elastyczne

Dzięki swojej wysokiej wytrzymałości i stabilności napinacze suwakowe norelem sprawdzają się niezależnie od tego, czy chodzi o operacje spawania, frezowania bądź heblowania. Działają one na zasadzie dźwigni kolanowej, która przesuwa suwak w postaci stabilnego pręta. Ruch ten generuje siłę zacisku wymaganą do bezpiecznego utrzymania na miejscu przedmiotu obrabianego. Większość napinaczy suwakowych blokuje się w pozycji zamkniętej, jak i otwartej, dlatego nadają się zarówno do naciągania, jak i wywierania nacisku. Ta elastyczność umożliwia dostosowanie tych komponentów do różnych operacji mocowania

Dziesięć nowych rodzin produktów (od numeru artykułu 05837-10 do 05837-28) rozszerza obecny asortyment napinaczy o warianty z zakresu siły mocowania od 500 N do 33 350 N, oferując w ten sposób technologię zaciskania odpowiednią do każdego zastosowania i optymalnie uzupełniając istniejące wersje. Napinacze są wykonane ze stali ocynkowanej lub stali nierdzewnej typu A2; w tym drugim przypadku zapewniając odporność na korozję. Oferowane komponenty są trwałe i posiadają olejoodporne uchwyty plastikowe.



Napinacze suwakowe norelem idealnie nadają się do precyzyjnych i niezawodnych procesów zaciskania i utrzymywania pozycji w operacjach produkcyjnych. Są stosowane na przykład do mocowania elementów podczas procesów obróbki metali, takich jak szlifowanie, frezowanie lub spawanie.

Duża różnorodność zastosowań i łatwa integracja

Nowe warianty napinaczy suwakowych stanowią idealne rozwiązanie do szybkiego i bezpiecznego mocowania i zwalniania przedmiotów obrabianych. Firma norelem oferuje wiele napinaczy obejmujących wersje mini i standardowe ze stali lub stali nierdzewnej o sile zacisku do 3,150 N oraz warianty stalowe o sile zacisku do 6,675 N. Dostępna jest

również wersja obrotowa o sile zacisku do 2,000 N. Ponadto oferowane są wersje poziome, z możliwością montażu poprzez spawanie i ciężkie. Wszystkie modele można montować za pomocą śrub lub spawania, co zapewnia elastyczną integrację z istniejącymi systemami.

Krótki profil firmy norelem Normelemente GmbH & Co. KG

Każdy sukces zaczyna się od pomysłu. Właśnie dlatego norelem wspiera projektantów i techników zajmujących się inżynierią mechaniczną i instalacyjną w osiąganiu założonych celów przy wykorzystaniu komponentów standardowych. Przyjazny dla użytkownika sklep internetowy zapewnia wybór ponad 100 000 standardowych części i elementów sterujących, które oferują liczne korzyści dla projektów inżynierskich realizowanych przez klientów. Portal pozwala szybko i wydajnie znaleźć więcej informacji dla jak najlepszych rezultatów.

Komponenty norelem, w tym bezpłatne dane CAD umożliwiające szybsze projektowanie bez konieczności wykonywania rysunków lub konfiguracji, są dostępne natychmiastowo, co oszczędza czas, zwiększa wydajność pracy i optymalizuje koszty procesów. Zaletą części standardowych jest zapewnianie doskonałych rezultatów przy niewielkim nakładzie czasu i pieniędzy.

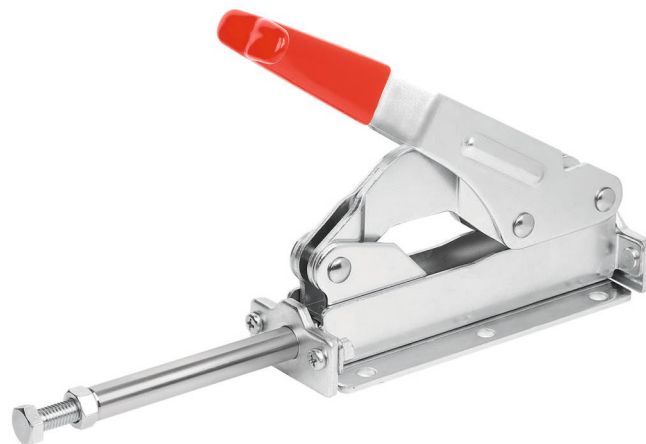
Jako uznany ekspert branżowy promujemy nowe talenty inżynierskie w AKADEMII norelem, tak aby projektanci jutro mieli zapewniony dobry start.

AKADEMIA norelem oferuje ponadto szkolenia techniczne, produktowe i seminaria.

O firmie norelem

Firma norelem produkuje i dostarcza części oraz komponenty dla branży budowy maszyn od ponad 65 lat. Stale rozszerzając portfolio swoich produktów, norelem dostarcza obecnie ponad 100 000 wysokiej jakości standardowych komponentów do budowy maszyn i automatyzacji. Wprowadzając co miesiąc nowe produkty na rynek oraz gwarantując szybkie i niezawodne terminy dostaw, firma norelem rozumie dynamiczny charakter branży inżynierskiej. Ponadto norelem posiada 12 stacjonarnych lokalizacji na całym świecie, dzięki czemu klienci na miejscu mogą zawsze liczyć na wsparcie techniczne ze strony wykwalifikowanego personelu.

Korzystając ze sklepu internetowego norelem, klienci mogą w każdej chwili wygodnie zamówić części standardowe. Za pomocą portalu użytkownicy mogą również uzyskać dostęp do obszernych danych CAD firmy norelem, co zapewnia sprawne projektowanie i znaczną oszczędność czasu przy określaniu specyfikacji produktów. Dane te ułatwiają integrację produktu z procesem projektowania przy zachowaniu dokładności, dzięki czemu klienci nie muszą już od zera wykonywać ręcznie rysunków technicznych komponentów.



Nowe warianty napinaczy suwakowych stanowią idealne rozwiązanie do szybkiego i bezpiecznego mocowania i zwalniania przedmiotów obrabianych. Firma norelem oferuje wiele napinaczy obejmujących wersje mini i standardowe ze stali lub stali nierdzewnej o sile zacisku do 3,150 N oraz warianty stalowe o sile zacisku do 6,675 N.

Inicjatywa AKADEMIA norelem, która wykracza poza rolę tylko producenta i dostawcy, stanowi zobowiązanie firmy do kształtowania przyszłości inżynierii. Studenci i profesjonalści, mając zapewniony dostęp do wiedzy eksperckiej z zakresu inżynierii, projektowania i produkcji, mogą znaleźć szereg zasobów online, artykułów technicznych i seminariów internetowych, a także zarezerwować ShowTruck'a AKADEMII, który podróżyując po Europie, zapewnia więcej nauki praktycznej. □



norelem Sp. z o.o.
ul. Myśliborska 22
66-400 Gorzów Wielkopolski
Siedziba główna
tel. +48 572 895 704
e-mail: info@norelem.pl
www.norelem.pl

Studium przypadku: zabezpieczenie zasilania maszyn produkcyjnych w firmie UTAL

Firma UTAL od lat specjalizuje się w projektowaniu i produkcji tablic rejestracyjnych oraz maszyn do ich wytwarzania. Jako przedsiębiorstwo działające na globalnym rynku, UTAL musi zapewnić niezawodność swoich systemów, a kluczowym elementem tego procesu jest stabilne i bezpieczne zasilanie. W tym celu firma postawiła na rozwiązania UPS EVER, które gwarantują ciągłość pracy oraz ochronę przed przepięciami i innymi zakłóceniami sieci energetycznej.



w rozwiązania, które nie tylko zapewniają nieprzerwaną pracę, ale także chronią przed skokami napięcia i innymi zagrożeniami wywołanymi przez złą jakość napięcia sieciowe.

UTAL od kilku lat współpracuje ze spółką EVER, która dała się poznać jako solidny i godny zaufania polski dostawca systemów zasilania UPS. Profesjonalizm producenta i niezawodność dostarczanych rozwiązań to dla UTAL kluczowe aspekty współpracy, gdyż są jednym z czynników dostarczenia klientom najwyższej jakości produktu finalnego. UPS-y firmy EVER doskonale wpisują się w wymagania, zapewniając bezpieczeństwo i stabilność pracy zakładu.

Przedsiębiorstwo UTAL mocno stawia na rozwiązania ekologiczne. W ramach swoich działań wdrożyło instalacje fotowoltaiczne, które zasilają część infrastruktury zakładu. Dzięki zastosowaniu systemów UPS EVER możliwe jest nie tylko skuteczne zarządzanie energią, ale również spełnienie restrykcyjnych wymagań operatora systemu energetycznego w zakresie sterowania łącznikami oraz odwzorowania ich w systemie SCADA. To kolejny krok w stronę efektywnego zarządzania energią i minimalizacji ryzyka awarii.

Istotnym elementem współpracy między UTAL a EVER jest wsparcie posprzedażowe oraz serwis. W razie

Stabilność zasilania jest kluczowa dla całego procesu projektowania i produkcji w UTAL. Obejmuje etap projektowania, prototypowania, uruchomienia seryjnego oraz wdrożenia u końcowego odbiorcy. Dzięki zastosowaniu systemów UPS EVER, procesy te mogą przebiegać bez zakłóceń, co bezpośrednio wpływa na komfort pracy projektantów i inżynierów. Dodatkowo, niezawodne źródło zasilania zabezpiecza serwery, na których

przechowywane są kluczowe dane projektowe i produkcyjne.

Zaawansowane technologicznie maszyny produkcyjne UTAL są wyjątkowo wrażliwe na wszelkie zakłócenia w dostawie energii. Każda nieprzewidziana przerwa może skutkować poważnymi problemami, w tym uszkodzeniem urządzeń, narzędzi, a nawet całkowitym zatrzymaniem produkcji, co generuje wysokie koszty. Dlatego przedsiębiorstwo od lat inwestuje



potrzeby, UTAL może liczyć na szybką reakcję i pomoc, co pozwala minimalizować ryzyko przestoju. Dla przedsiębiorstwa o globalnym zasięgu to kluczowa zaleta, gwarantująca nieprzerwaną pracę i najwyższą jakość oferowanych produktów.

Podsumowując, wdrożenie rozwiązań UPS EVER w zakładzie UTAL pozwoliło na skuteczne zabezpieczenie zasilania maszyn produkcyjnych, eliminację ryzyka awarii oraz poprawę efektywności energetycznej. UTAL i EVER to dwie polskie firmy, które stawiają na innowacyjność i niezawodność, dostarczając rozwiązania spełniające najwyższe standardy jakości.

Więcej o tym, jak UPS EVER wspiera stabilność produkcji w firmie UTAL, dowiesz się z naszego artykułu i filmu: <https://ever.eu/utal> □



EVER Sp. z o.o.

ul. Wołczyńska 19

60-003 Poznań

fax +48 61 6510 927

www.ever.eu

Reklama

EVER
POWER SYSTEMS

Bądź pewny zasilania awaryjnego UPS

Jak zasilacze UPS EVER zabezpieczają produkcję tablic rejestracyjnych w firmie UTAL

- Zabezpiecz infrastrukturę obiektu
- Ogranicz zaburzenia w sieci
- Zredukuj koszty zasilania

Kompleksowo na każdym etapie



Identyfikacja potrzeb



Doradztwo



Dobór rozwiązań UPS



Opieka przed/posprzedażowa



Transport, instalacja, serwis UPS



Przeglądy serwisowe



61 6500 425 | zapytanie@ever.eu
660 431 991 | www.ever.eu

MOSCA na targach Warsaw Pack 8–10.04.2025

Kompleksowe podejście do wiązania, owijania i consultingu

Inteligentne, szybkie i bezpieczne – właśnie takie rozwiązania MOSCA przedstawi odwiedzającym Warsaw Pack w Nadarzynie. Dzięki holistycznemu podejściu do tworzenia swojej oferty, ten niemiecki producent maszyn oferuje wydajne systemy wiązania i owijania, które redukują zużycie materiałów. Na stoisku F3.06 w hali F odwiedzający będą mogli zobaczyć nowoczesne wiązarki i owijarki, a także innowacyjne narzędzia cyfrowe oferowane z pakietem usług serwisowych i fachowym doradztwem.

Po raz pierwszy w Polsce będzie prezentowana owijarka Saturn S8, należącej do Grupy MOSCA firmy MOVITEC, wyposażona w automatyczne podajniki narożników pionowych. MOSCA zaprezentuje także automatyczną wiązarkę SoniXs TR-Connect wyposażoną w pakiet funkcji cyfrowych, umożliwiającą zdalne nadzorowanie pracy maszyny w dowolnym miejscu i czasie. Nie zabraknie również najpopularniejszej wiązarki RO-M Fusion, oraz najnowszego urządzenia w ofercie MOSCA, ręcznej wiązarki akumulatorowej HUG.

Projektowanie nowoczesnych rozwiązań pakujących to znacznie więcej niż samo dobieranie odpowiednich materiałów i sprzętu. MOSCA kieruje się zintegrowanym podejściem, a jej celem jest dostarczanie kompleksowych systemów, które obejmują rozwiązania cyfrowe, specjalistyczne doradztwo i inne usługi uzupełniające portfolio maszyn i materiałów do pakowania.

Wiązanie i owijanie folią stretch – wiedza i doświadczenie

Wydajne technologie wiązania taśmami PP i PET oraz owijania folią stretch to kluczowe kompetencje MOSCA, co potwierdzą prezentowane w Nadarzynie modele SoniXs TR-Connect oraz Saturn S8. Wydajność automatycznej owijarki pierścieniowej Saturn S8 to 160 palet na godzinę z w pełni regulowaną prędkością i naprężeniem folii. Podczas procesu owijania produkty pozostają nieruchome, a rolka folii krąży poziomo wokół palety. Wydajny system cięcia i zgrzewania łączy materiał owijający na całej powierzchni i eliminuje końcówki folii na końcu cyklu owijania. Folia chroni towary przed zanieczyszczeniami czy wilgocią nie tylko po bokach, ale i od góry. Szeroki wybór programów owijania pozwala dopasować parametry do specyfiki produktów i wymagań związanych z ich zabezpieczeniem, co przekłada się na minimalizowanie uszkodzeń i eliminowanie ewentualnych zwrotów. Programy do konkretnych towarów mogą dostosowywać operatorzy lub można używać do tego dedykowanych interfejsów.

Głównym celem zastosowania owijarki jest ochrona produktów przed czynnikami zewnętrznymi. Wstępny



↑ Prasa do wiązania palet KCK-131 i owijarka Saturn S6 są dostosowane do potrzeb pakowania na końcu linii produkcyjnej i zaprojektowane tak, aby zapewnić bezpieczny i stabilny transport

rozciąg folii do 300% (opcjonalnie nawet do 400%) zapewnia oszczędniejsze zużycie folii. Dzięki elastyczności materiału owijającego oraz podajnikowi górnej folii, ładunek pozostaje stabilny podczas transportu i jest chroniony przed wilgocią oraz kurzem. Dostępne programy to także opcja rozpoczęcia owijania od dowolnego miejsca ładunku lub owijanie podwójne – możliwości tej maszyny sprawiają, że owijanie staje się jeszcze łatwiejszym procesem, odpowiadającym na różnorodne potrzeby zabezpieczenia danego produktu.



← HUG, ręczna wiązarka zasilana akumulatorowo



← Wiązarka RO-M Fusion, która precyzyjnie zwiąże i zabezpieczy produkty z różnych branż przemysłowych. W kompaktowej konstrukcji maszyny zastosowano fotokomórkę, która wykrywa wysokość stosu produktów i reguluje napięcie taśm

Reklama

Skomunikowana produkcja dzięki nowoczesnym interfejsom

Wydajność wiązarek i owijarek w dużym stopniu zależy od tego, czy są dobrze skomunikowane z pozostałymi maszynami pracującymi w linii.

Wiązarka TR-Connect jest dowodem zaangażowania MOSCA w tworzenie optymalnie skomunikowanych procesów. Dzięki standardowemu zintegrowanemu interfejsowi WebHMI operatorzy mają dostęp do danych o maszynach i w czasie rzeczywistym mogą sprawdzać informacje dotyczące dyspozycyjności, wydajności i jakości, a w razie potrzeby są w stanie elastycznie korygować parametry.

Skuteczne i proste pakowanie delikatnych produktów

W Nadarzynie nie zabraknie również najbardziej popularnego modelu w ofercie MOSCA – wiązarki RO-M Fusion. Maszyna automatycznie i precyzyjnie zwiąże, a następnie zabezpieczy produkty z różnych branż przemysłowych. W kompaktowej konstrukcji maszyny zastosowano fotokomórkę, która wykrywa wysokość stosu produktów i reguluje napięcie taśm. RO-M Fusion w standardzie jest wyposażona w obrotowy panel operatora i dodatkowy włącznik nożny, umożliwiającą wygodną obsługę z obu stron.

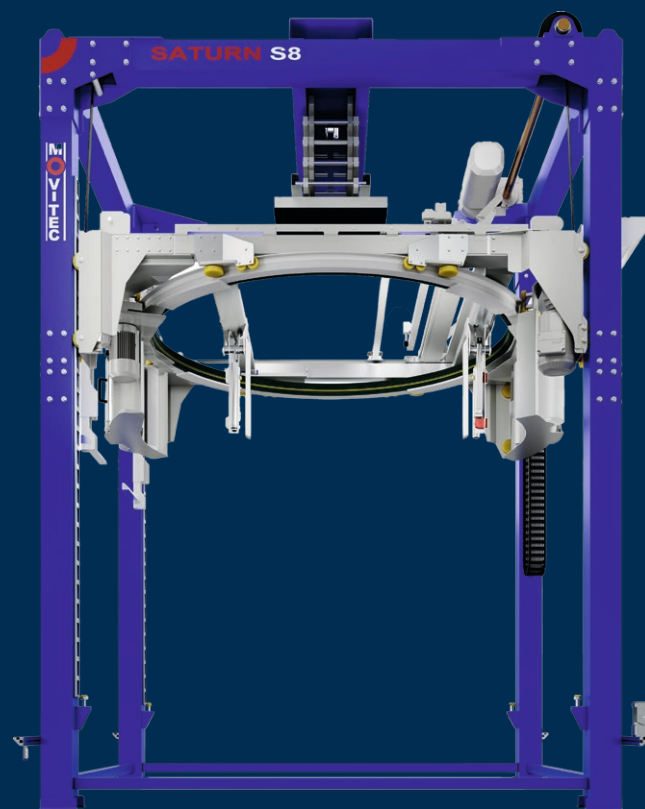
MOSCA zaprezentuje również na targach nowo wprowadzony do oferty, prosty w obsłudze model ręcznej wiązarki zasilanej akumulatorowo – HUG. Urządzenie jest przeznaczone dla klientów, których specyfika pakowania nie wymaga dużych wydajności i szczególnie cenią sobie optymalizację kosztową. Dzięki HUG nawet przy mniejszej liczbie wiązanych opakowań proces pozostaje wydajny i niezawodny.

Na targach Warsaw Pack MOSCA zademonstruje nie tylko wiązanie samymi taśmami polipropenowymi (PP), ale także innowacyjną alternatywę – spinanie ładunków przy użyciu kombinacji taśm PP i papierowych. Pozwala to zabezpieczać lekkie ładunki, rezygnując z rozwiązań opierających się wyłącznie na tradycyjnych taśmach z tworzyw sztucznych. □

MOSCA®

W pełni automatyczna owijarka pierścieniowa Saturn S8

- wydajność: 160 palet na godzinę
- oszczędność folii dzięki wstępnemu rozciąganiu do 400%
- brak luźnych końcówek folii dzięki wydajnemu systemowi cięcia i zgrzewania
- możliwość rozpoczęcia owijania od dowolnego miejsca ładunku



SPOTKAJMY SIĘ NA TARGACH!
8-10.04.2025 | **WARSAW PACK**
Stoisko F3.06 w hali F

NONSTOP PERFORMANCE

MOSCA DIRECT POLAND Sp. z o.o.

+48 22 870 00 33

mdpinfo@mosca.com

www.mosca.com

Energetyka odnawialna w przemyśle – potencjał, wyzwania i realizacje

mgr inż. Przemysław Kurylas

W erze transformacji energetycznej przemysł stoi przed wyzwaniem dekarbonizacji i poprawy efektywności energetycznej. Energetyka odnawialna (OZE) staje się kluczowym elementem strategii energetycznych w sektorze przemysłowym.

Zanim zainwestujesz w OZE

Rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) to proces, który trwa od dekad, a jego początki sięgają znacznie wcześniej, niż mogłoby się wydawać. Już w XIX wieku zaczęły powstawać pierwsze elektrownie wodne, a na początku XX wieku zaczęto eksperymentować z energią słoneczną i wiatrową. Mimo że przez większość XX wieku świat opierał się głównie na paliwach kopalnych, kryzysy energetyczne lat 70. skłoniły wiele krajów do poszukiwania alternatywnych źródeł energii.

W latach 90. i 2000. postęp technologiczny oraz rosnąca świadomość ekologiczna przyczyniły się do dynamicznego wzrostu rynku OZE. Powstały pierwsze duże farmy wiatrowe, a technologia fotowoltaiczna zaczęła osiągać poziom opłacalności ekonomicznej. Współcześnie rozwój OZE jest napędzany nie tylko kwestiami ekologicznymi, ale również ekonomicznymi i regulacyjnymi. W wielu krajach odnawialne źródła energii stały się integralną częścią mixu energetycznego, a postęp technologiczny pozwala na ich coraz szersze zastosowanie także w przemyśle.

Wielu właścicieli zakładów przemysłowych rozważa inwestycję w odnawialne źródła energii (OZE), kierując się chęcią obniżenia kosztów energii, poprawy wizerunku firmy czy dostosowania do regulacji środowiskowych. Często jednak decyzja ta zapada pod wpływem impulsu, bez odpowiedniej analizy technicznej i finansowej. Tymczasem niewłaściwie dobrane rozwiązanie może nie tylko nie przynieść oczekiwanych korzyści, ale wręcz generować straty. Przed podjęciem decyzji warto przeprowadzić szczegółową ocenę oraz przejść przez poszczególne etapy analizy, aby inwestycja w OZE była opłacalna i skuteczna.

1. Analiza bilansu energetycznego zakładu

Pierwszym krokiem powinno być dokładne określenie aktualnego zużycia energii w zakładzie. Jak wygląda profil zapotrzebowania na energię? Czy zakład zużywa więcej energii w ciągu dnia, czy w nocy? Jakie są szczyty zużycia i czy można je zoptymalizować? Przykładowo, instalacja fotowoltaiczna może wydawać się atrakcyjna, ale jeśli większość zużycia energii przypada na nocne zmiany, korzyści będą ograniczone bez systemu magazynowania energii. W przypadku energii wiatrowej kluczowe jest sprawdzenie lokalnych

warunków pogodowych – bez tego nawet największa turbina nie przyniesie oczekiwanych rezultatów.

2. Weryfikacja dostępnych technologii

OZE to szerokie spektrum technologii – od fotowoltaiki, przez turbiny wiatrowe, aż po systemy kogeneracyjne na biomasę czy biogaz. Nie każde rozwiązanie sprawdzi się w danym zakładzie. Decyzję o wyborze technologii powinny poprzedzać analizy wykonalności, obejmujące nie tylko aspekt techniczny, ale również ekonomiczny i eksploatacyjny. Przykładowo, przemysł spożywczy może efektywnie wykorzystać biogaz produkowany z odpadów organicznych, podczas gdy zakład metalurgiczny skorzysta raczej na hybrydowym połączeniu OZE z wysokosprawną kogeneracją.

3. Aspekty prawne i regulacyjne

Nie każda inwestycja w OZE jest możliwa do realizacji bez przeszkód formalnych. Wymogi środowiskowe, pozwolenia budowlane, warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej – to tylko niektóre z kwestii, które należy zweryfikować przed podjęciem decyzji. Wiele firm dowiaduje się zbyt późno, że ich inwestycja wymaga długotrwałego postępowania administracyjnego lub że lokalne przepisy ograniczają możliwości budowy farmy wiatrowej.

4. Koszty i finansowanie

Koszt instalacji OZE to nie tylko wydatki na zakup i montaż urządzeń, ale również koszty eksploatacyjne, konserwacyjne oraz potencjalne straty wynikające z niedoszacowania wydajności systemu. Konieczne jest również uwzględnienie dostępnych form finansowania – dotacji, kredytu, leasingu, umów PPA (*Power Purchase Agreement*) czy też całkiem nowego modelu biznesowego jakim jest EaaS (*Energy as a Service*). Wiele zakładów popełnia błąd, zakładając, że inwestycja zwróci się w krótkim czasie, nie uwzględniając w analizach wszystkich kosztów operacyjnych.

5. Integracja z istniejącą infrastrukturą

Zakład przemysłowy to złożony organizm, w którym wszystkie elementy systemu energetycznego muszą ze sobą

współpracować. OZE powinno być w pełni zintegrowane z obecną infrastrukturą – zarówno pod względem technicznym, jak i zarządzania energią. Częstym błędem jest inwestowanie w źródło OZE bez zapewnienia odpowiedniego systemu magazynowania energii lub strategii bilansowania zużycia.

Decyzja o inwestycji w odnawialne źródła energii powinna być poprzedzona dogłębną analizą techniczną i finansową. Kluczowe kroki, które należy podjąć, to:

- **Audyt energetyczny źródeł energii** – określenie profilu zużycia energii w zakładzie.
- **Analiza dostępnych technologii** – wybór optymalnego rozwiązania.
- **Ocena zgodności z przepisami** – sprawdzenie wymogów prawnych.
- **Kalkulacja kosztów i zwrotu z inwestycji** – uwzględnienie całkowitych kosztów i potencjalnych źródeł finansowania.
- **Integracja z istniejącą infrastrukturą** – zapewnienie sprawnego wdrożenia.

Pominięcie któregoś z tych etapów może prowadzić do nietrafionych inwestycji, które w najlepszym przypadku będą miały wydłużony okres zwrotu, a w najgorszym zamiast oszczędności przyniosą dodatkowe koszty. Wybór OZE to decyzja długoterminowa – warto podejść do niej strategicznie i skonsultować się z ekspertami, aby uniknąć kosztownych błędów.

Główne źródła OZE w przemyśle

1. Fotowoltaika (PV)

Fotowoltaika jest jedną z najczęściej wybieranych technologii OZE w przemyśle, głównie ze względu na łatwość instalacji oraz rosnącą opłacalność inwestycji. Panele słoneczne mogą być montowane na dachach hal produkcyjnych, parkingach oraz terenach niewykorzystanych, co pozwala na lepsze zagospodarowanie przestrzeni.

Fotowoltaika polega na przekształcaniu energii słonecznej w energię elektryczną za pomocą paneli fotowoltaicznych. Każdy panel składa się z ogniw półprzewodnikowych, które generują prąd stały pod wpływem promieniowania słonecznego. Następnie falownik zamienia ten prąd na prąd przemienny, który dystrybuowany jest do odbiorników.

Przykład zastosowania:

- Zakłady Volkswagen w Poznaniu – firma uruchomiła instalację fotowoltaiczną on-site o mocy 13,2 MW, która zasilana energią elektryczną zakład we Wrześni.
- Centrum logistyczne BMW w Lipsku – wykorzystuje panele słoneczne na dachach zakładu, co pozwala na znaczną redukcję zużycia energii z sieci.

Zalety:

- Stosunkowo niskie koszty inwestycyjne i operacyjne.
- Skalowalność instalacji.
- Coraz większa wydajność technologii dzięki postępowi w produkcji paneli.

- Możliwość magazynowania nadwyżek energii lub ich sprzedaży do sieci.

Wady:

- Uzależnienie od warunków pogodowych – zmienna produkcja w ciągu dnia i roku.
- Konieczność zagospodarowania nadwyżki energii (np. magazyny energii, systemy zarządzania zużyciem).
- Konieczność okresowej konserwacji i czyszczenia paneli dla utrzymania wysokiej sprawności.
- Z uwagi na ciężar, nie każda powierzchnia dachowa nadaje się do wykorzystania bez konieczności wzmocnienia jej.

Na co zwrócić uwagę przy wyborze technologii?

- Powierzchnia dachu lub gruntu pod instalację.
- Nośność konstrukcji, na której ma być zainstalowana.
- Nasłonecznienie w danym regionie.
- Możliwość magazynowania energii lub sprzedaży nadwyżek.

Ograniczenia:

- Zmienność produkcji energii w zależności od pory dnia i roku.
- Konieczność odpowiedniego zaprojektowania systemu zarządzania energią.

2. Energia wiatrowa

Turbiny wiatrowe mogą być skutecznym rozwiązaniem dla przemysłu, szczególnie w rejonach o korzystnych warunkach wietrznych. Wysokie zapotrzebowanie na energię w przemyśle, nie tylko w dni słoneczne, sprawia, że farmy wiatrowe mogą znacząco obniżyć koszty eksploatacyjne.

Turbiny wiatrowe przekształcają energię kinetyczną wiatru w energię mechaniczną, napędzającą generator, który produkuje elektryczność. Typowe moce pojedynczych urządzeń w przemysłowych farmach wiatrowych wynoszą od 1 MW do 5 MW, w zależności od skali projektu.

Przykład zastosowania:

- Zakłady PKN Orlen – firma zainwestowała w farmy wiatrowe, które dostarczają energię do jej zakładów przemysłowych.

Zalety:

- Wysoka wydajność w odpowiednich warunkach wiatrowych.
- Możliwość generowania energii przez całą dobę.
- Długa żywotność turbin (ponad 20 lat).
- Możliwość uzyskania dodatkowych przychodów ze sprzedaży nadwyżek energii.

Wady:

- Wysokie koszty początkowe i długi okres zwrotu inwestycji.
- Wymagana analiza lokalnych warunków wietrznych oraz spełnienie regulacji dotyczących hałasu i wpływu na środowisko.

- Możliwe ograniczenia przestrzenne i środowiskowe, szczególnie w pobliżu terenów zamieszkałych.

Na co zwrócić uwagę?

- Warunki wietrzne w danym regionie.
- Ograniczenia przestrzenne i regulacje środowiskowe.

Ograniczenia:

- Wysokie koszty początkowe.
- Hałas i wpływ na krajobraz.

3. Energia geotermalna

Energia geotermalna jest stabilnym i niezależnym od warunków pogodowych źródłem energii, które może znaleźć zastosowanie w przemyśle wymagającym dużej ilości ciepła procesowego, ale nie tylko.

Energia geotermalna wykorzystuje ciepło zgromadzone w głębi ziemi do produkcji przede wszystkim ciepła, ale możliwe jest również przekształcenie jej w prąd. Może zasilac zarówno turbiny parowe, jak i systemy grzewcze w zakładach przemysłowych.

Przykład zastosowania:

- Geotermia Podhalańska – dostarcza ciepło do zakładów przemysłowych w Małopolsce.
- Islandzka huta aluminium Norðurál – wykorzystuje energię geotermalną do zasilania procesów produkcyjnych.

Zalety:

- Stabilne źródło energii niezależne od warunków atmosferycznych.
- Możliwość wykorzystania zarówno do produkcji energii elektrycznej, jak i ogrzewania procesowego.
- Długa żywotność instalacji i stosunkowo niskie koszty eksploatacyjne.

Wady:

- Wysokie koszty początkowe związane z wykonaniem odwiertów.
- Konieczność lokalnych badań geologicznych, które mogą wykazać brak odpowiednich zasobów geotermalnych.
- Ograniczona dostępność technologii w niektórych regionach.

Ograniczenia:

- Wysokie koszty odwiertów.
- Konieczność badań geologicznych przed inwestycją.

4. Biomasa i biogaz

Wykorzystanie biomasy i biogazu w przemyśle pozwala na zagospodarowanie odpadów organicznych i jednoczesną produkcję energii.

Biomasa i biogaz to paliwa odnawialne powstałe z odpadów organicznych. Spalanie biomasy pozwala na produkcję ciepła i energii elektrycznej, a biogaz może zasilac generatory prądotwórcze.

Przykład zastosowania:

- Cukrownia Südzucker w Niemczech – wykorzystuje biogaz pozyskiwany z odpadów buraczanych.
- Elektrociepłownia Siechnice – jedna z największych w Polsce instalacji wykorzystujących biomase do produkcji energii.

Zalety:

- Możliwość wykorzystania odpadów produkcyjnych jako paliwa.
- Ciągłość dostaw energii niezależna od warunków atmosferycznych.
- Redukcja emisji CO₂ w porównaniu do paliw kopalnych, Możliwość uzyskania dotacji na rozwój biogazowni.

Wady:

- Konieczność zapewnienia stabilnych dostaw biomasy (dostępność).
- Emisje cząstek stałych i kwestie logistyczne związane z transportem paliwa.
- Koszty utrzymania i monitorowania instalacji.

Ograniczenia:

- Konieczność zagospodarowania surowców (np. odpadów organicznych).
- Emisja zanieczyszczeń w procesie spalania biomasy.

5. Energia wodna

Energetyka wodna jest jednym z najbardziej efektywnych źródeł OZE, jednak jej zastosowanie w przemyśle jest ograniczone do lokalizacji posiadających odpowiednie zasoby wodne.

Energetyka wodna wykorzystuje energię płynącej wody do produkcji energii elektrycznej. Elektrownie wodne mogą działać w trybie przepływowym lub akumulacyjnym. Typowe małe elektrownie wodne to moce rzędu 100 kW – 10 MW.

Przykład zastosowania:

- Tauron Ekoenergia – operator elektrowni wodnych w Polsce, które dostarczają energię m.in. do przemysłu.

Zalety:

- Wysoka wydajność w odpowiednich warunkach hydrologicznych.
- Stabilność dostaw energii dzięki przewidywalnemu przepływowi wody.
- Długi okres eksploatacji elektrowni (ponad 50 lat).

Wady:

- Ograniczone możliwości lokalizacyjne.
- Wpływ na ekosystemy rzeczne i wymogi środowiskowe.
- Wysokie koszty inwestycyjne związane z budową elektrowni wodnej.

Ograniczenia:

- Wymagana obecność rzek lub zbiorników wodnych.
- Wysokie koszty budowy.

Przyszłe trendy i technologie wspierające efektywność OZE

Postęp technologiczny sprawia, że OZE stają się coraz bardziej wydajne i opłacalne. Firmy, które chcą utrzymać konkurencyjność, powinny monitorować rozwój innowacyjnych rozwiązań umożliwiających lepsze zarządzanie energią i zwiększenie stabilności dostaw. Wśród kluczowych trendów wyróżniają się technologie magazynowania energii, inteligentne systemy zarządzania energią, a także rozwiązania oparte na wodorze i mikrosieciach przemysłowych. Poniżej przedstawiamy kilka z najważniejszych technologii, które mogą odegrać istotną rolę w transformacji energetycznej przemysłu.

Magazyny energii

Rozwój technologii magazynowania energii jest jednym z kluczowych elementów umożliwiających stabilność systemów OZE. Baterie litowe stają się coraz bardziej wydajne i przystępne cenowo, ale na znaczeniu zyskują również baterie przepływowe, które oferują dłuższą żywotność i lepszą stabilność w zastosowaniach przemysłowych. Nowe rozwiązania, takie jak magazyny ciepła i chłodu, mogą także poprawić efektywność wykorzystania energii w zakładach przemysłowych.

Systemy zarządzania energią (EMS)

Inteligentne systemy EMS pozwalają na optymalizację zużycia energii w czasie rzeczywistym, uwzględniając ceny rynkowe, warunki atmosferyczne i profil produkcyjny zakładu. Coraz częściej stosuje się również sztuczną inteligencję i algorytmy predykcyjne, które pomagają w zarządzaniu produkcją i magazynowaniu energii, redukując koszty operacyjne.

Technologie wodorowe

Wodór jako nośnik energii odgrywa coraz większą rolę w przemyśle, zwłaszcza w sektorach trudnych do elektryfikacji, takich jak hutnictwo czy transport ciężki. Inwestycje w elektrolizery oraz magazynowanie wodoru mogą stanowić przyszłościowe rozwiązanie dla firm poszukujących stabilnych i niskoemisyjnych źródeł energii.

Mikrosieci przemysłowe

Zakłady przemysłowe coraz częściej budują własne mikrosieci, które integrują różne źródła OZE, systemy magazynowania energii i inteligentne zarządzanie popytem. Dzięki temu zwiększają swoją niezależność energetyczną, redukując ryzyko związane z wahaniami cen energii i przerwami w dostawach.

W Polsce rozwój OZE w przemyśle będzie napędzany przez:

- **Regulacje UE**, np. Fit for 55 i Zielony Ład, wymuszające redukcję emisji i większy udział OZE.
- **Dotacje i fundusze**, wspierające inwestycje w zieloną energię.
- **Rozwój technologii magazynowania energii**, które pozwolą na bardziej stabilne korzystanie z niestabilnych źródeł OZE.

Podsumowanie

Wdrożenie energetyki odnawialnej w przemyśle przynosi wymierne korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Każde przedsiębiorstwo powinno jednak dokonać indywidualnej analizy opłacalności, uwzględniając lokalne warunki i specyfikę swojej działalności. Efektywne połączenie różnych technologii może być kluczem do optymalizacji kosztów i zapewnienia stabilności energetycznej w przyszłości.

Wdrożenie energetyki odnawialnej w przemyśle przynosi korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Każde przedsiębiorstwo powinno dokonać indywidualnej analizy opłacalności, uwzględniając lokalne warunki i specyfikę działalności. Efektywne połączenie różnych technologii OZE oraz dostępnych mechanizmów wsparcia może znacząco poprawić stabilność energetyczną i rentowność firm w Polsce.

Zakłady przemysłowe rozważające inwestycję w OZE powinny rozpocząć proces decyzyjny od dokładnej analizy profilu energetycznego, dostępnych zasobów naturalnych oraz infrastruktury. Kluczowe aspekty do rozważenia to:

- **Bilans energetyczny** – określenie zapotrzebowania na energię i jej źródła.
- **Dostępność technologii** – analiza potencjalnych rozwiązań dostosowanych do specyfiki działalności.
- **Regulacje prawne** – sprawdzenie zgodności inwestycji z krajowymi i unijnymi regulacjami.
- **Koszty i finansowanie** – uwzględnienie kosztów inwestycyjnych, dotacji i opcji leasingu OZE lub ESCO (EaaS).
- **Integracja z istniejącymi systemami** – możliwość współpracy nowej technologii z dotychczasową infrastrukturą.

Dobrze zaplanowana strategia wdrożenia OZE może przynieść przedsiębiorstwom nie tylko oszczędności energetyczne, ale także poprawę ich pozycji konkurencyjnej oraz spełnienie wymagań środowiskowych.

Decyzja o inwestycji powinna być poprzedzona przygotowaniem studium wykonalności, analizą zwrotu z inwestycji oraz konsultacją z ekspertami branżowymi. Pominięcie tych kroków może skutkować nietrafionymi inwestycjami i nieefektywnym wykorzystaniem zasobów. □



mgr inż. Przemysław Kurylas
COO DB Energy

Premiera raportu „Zielona transformacja a MŚP”

11 marca 2025 roku na 46. piętrze Varso Tower w Warszawie odbyło się zamknięte spotkanie z okazji premiery raportu „Zielona transformacja a MŚP – jak uzyskać przewagę konkurencyjną?”, przygotowanego przez Santander Bank Polska oraz KPMG. W wydarzeniu wzięli udział kluczowi przedstawiciele sektora małych i średnich przedsiębiorstw, eksperci w dziedzinie zrównoważonego rozwoju oraz liderzy branży opakowaniowej.

Nowe wyzwania i szanse dla MŚP

W trakcie spotkania podkreślono, że zarówno polska, jak i europejska gospodarka znajduje się w istotnym momencie transformacji ekologicznej. Dynamiczne zmiany regulacyjne oraz rosnące oczekiwania rynkowe dotyczące zrównoważonej produkcji stają się zarówno wyzwaniem, jak i ogromną szansą dla tych firm, które potrafią dostosować się do nowej rzeczywistości. Ekspert zwrócił uwagę, że właściwie skonstruowana strategia może przyczynić się do wzrostu efektywności operacyjnej, otwierania nowych rynków oraz budowania solidnej reputacji.

Kluczowe pytania i odpowiedzi

W trakcie dyskusji eksperci poruszyli istotne kwestie związane z dekarbonizacją i implementacją zasad zrównoważonego rozwoju w sektorze MŚP. Oto kilka kluczowych poruszonych tematów:

- Jak strategicznie zarządzać transformacją ekologiczną? Omówiono najlepsze praktyki oraz modele biznesowe sprzyjające optymalizacji procesów produkcyjnych i redukcji śladu węglowego.

W trakcie spotkania podkreślono, że zarówno polska, jak i europejska gospodarka znajduje się w istotnym momencie transformacji ekologicznej. Dynamiczne zmiany regulacyjne oraz rosnące oczekiwania rynkowe dotyczące zrównoważonej produkcji stają się zarówno wyzwaniem, jak i ogromną szansą dla tych firm, które potrafią dostosować się do nowej rzeczywistości.



- Jakie są kluczowe dźwignie dekarbonizacji wykorzystywane przez MŚP? Wskazano na znaczenie efektywności energetycznej, gospodarki obiegu zamkniętego oraz inwestycji w odnawialne źródła energii.
- Jak skutecznie wprowadzić zasady zrównoważonego rozwoju w codziennej działalności? Zaprezentowano praktyczne narzędzia i wskaźniki umożliwiające monitorowanie postępów oraz skuteczności wdrażanych inicjatyw.

Spotkanie stanowiło cenną okazję do wymiany wiedzy i doświadczeń między ekspertami a przedstawicielami sektora MŚP. Uczestnicy podkreślili, że zielona transformacja może przyczynić się do uzyskania przewagi konkurencyjnej przez firmy, które już dziś podejmą odpowiednie kroki w kierunku bardziej zrównoważonej działalności.

Premiera raportu „Zielona transformacja a MŚP” dostarczyła konkretnych rekomendacji i inspiracji do podejmowania działań, które pozwolą firmom nie tylko sprostać nowym wymaganiom, ale także skutecznie budować swoją przyszłość opartą na zrównoważonym rozwoju. □



Reklama



ABUS

CRANE SYSTEMS POLSKA

DŹWIGNICE, KTÓRE WYZNACZAJĄ STANDARDY

www.abuscranes.pl



ZESKANUJ I SPRAWDŹ

DREMA 2025 receptą na kryzys

Ostatni okres nie był korzystny dla przemysłu drzewnego i meblarskiego. Firmom z branży doskwierają wysokie ceny surowca drzewnego, kosztów pracy i energii elektrycznej, spadek zamówień i eksportu mebli oraz wyrobów z drewna, a także przerwy w łańcuchach dostaw. Jak radzić sobie z niestabilnością rynku i przetrwać w trudnych czasach? O tym już we wrześniu w Poznaniu rozmawiać będą profesjonalści podczas najważniejszego spotkania branży drzewnej i meblarskiej w Europie Środkowo-Wschodniej – targów DREMA 2025.

Polska jest wciąż wiodącym na świecie eksporterem mebli. Konkurencja na rynku meblarskim jest jednak duża, zarówno ze strony producentów azjatyckich, jak i państw Europy Środkowo-Wschodniej. Przy rosnących kosztach produkcji utrzymanie silnej pozycji międzynarodowej polskiej branży meblarskiej wymaga od firm podjęcia wielu działań, w tym inwestycji w rozwiązania, które pomogą zoptymalizować produkcję i zminimalizują jej negatywny wpływ na środowisko naturalne.

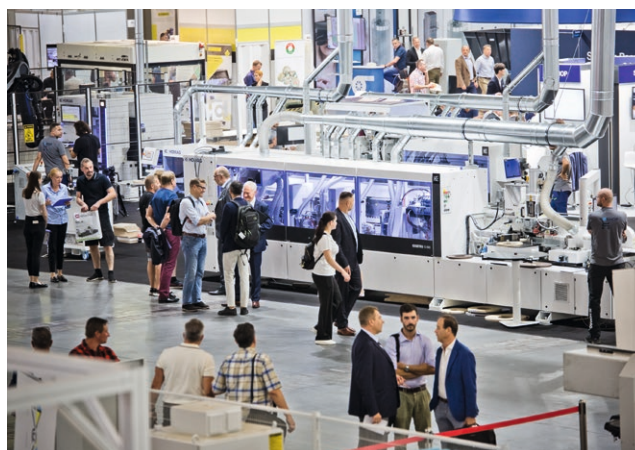
Robotyzacja i automatyzacja w centrum uwagi

Odpowiedzią na te wyzwania będą prezentowane podczas Targów Drema 2025 najnowsze rozwiązania z zakresu robotyzacji i automatyzacji procesów technologicznych, które mogą znacząco obniżyć koszty produkcji, a co za tym idzie – usprawnić wydajność, jakość i zrównoważony rozwój obróbki drewna i produkcji mebli. Ekspozycja obejmować będzie zarówno automatyzację i cyfryzację procesów, robotyzację miejsc pracy, jak i zastosowanie nowych materiałów i technologii – wszystko po to, aby docelowo zwiększyć rentowność firm branży drzewnej i meblarskiej.

41. DREMA rekomendowana przez EUMABOIS

Targi DREMA 2025 ponownie znalazły się jako jedyne wydarzenie organizowane w Polsce na liście 7 światowych wystaw rekomendowanych przez EUMABOIS – Europejską Federację Producentów Maszyn do Obróbki Drewna. W tym roku Targi Drema odbędą się już po raz 41. Ubiegłoroczna, jubileuszowa edycja potwierdziła wyjątkową pozycję i rolę tego wydarzenia w wyznaczaniu kierunków rozwoju branży. Swoją ofertę przedstawiło w Poznaniu około 400 firm i marek z 17 krajów. Na stoiskach zaprezentowano mnóstwo zaawansowanych nowości technologicznych i rynkowych premier, których wdrożenie poprawi wydajność i jakość produkcji. Ekspozycja o powierzchni 20 500 m² (wzrost o 23 proc.) przyciągnęła szerokie grono ponad 11 000 profesjonalistów z sektora obróbki drewna i produkcji mebli. Wśród zwiedzających znaleźli się przedstawiciele 32 krajów, w tym liczna reprezentacja specjalistów z państw Europy Środkowo-Wschodniej.

Równie dobrze zapowiada się edycja 2025. Najnowsze technologie dla przemysłu drzewnego i meblarskiego od



9 do 12 września 2025 r. ponownie wypełnią hale Międzynarodowych Targów Poznańskich. Choć do rozpoczęcia targów DREMA zostało jeszcze ponad pół roku, lista firm zainteresowanych uczestnictwem jest już bardzo długa. Na targach obecna będzie liczna reprezentacja kluczowych firm sektora innowacji, szeroka prezentacja maszyn w ruchu i urządzeń do obróbki drewna, kompleksowa oferta zaopatrzenia dla producentów mebli (surowce, materiały, komponenty, technologie, maszyny i narzędzia).

Dobry program na trudny czas

Premiery rynkowe i nowości branżowe to tylko jeden z czynników decydujących o udziale w targach DREMA. Coraz częściej magnesem przyciągającym do Poznania wszystkich entuzjastów nowoczesnych technologii jest program wydarzeń towarzyszących, będący uzupełnieniem innowacyjnej ekspozycji. W tym roku znajdzie się w nim wiele praktycznej wiedzy dotyczącej automatyzacji i robotyzacji procesów, transformacji cyfrowej oraz sposobów na ciągłość produkcji w nieprzewidywalnych czasach. Eksperti wskażą nie tylko trendy i optymalne kierunki zmian, ale doradzą także jak je skutecznie wdrożyć.

Przedstawiciele sektora drzewnego z pewnością zainteresuje Kongres Przemysłu Drzewnego KOOPDREW – międzynarodowa konferencja Polskiej Izby Gospodarczej Przemysłu Drzewnego, podejmująca tematy związane z zagrożeniami i wyzwaniem dla przemysłu drzewnego w Polsce i na świecie. Z kolei o tym, dokąd zmierza sektor meblarski i jak się przygotować na nowe zjawiska gospodarcze, opowiedzą specjaliści z Ogólnopolskiej Izby Gospodarczej Producentów Mebli podczas Ogólnopolskiego Kongresu Meblarskiego. OIGPM przygotowuje również kolejne już Spotkanie Kobiet związanych z branżą meblarską.

Kontynuowany będzie także cykl wykładów Forum Technologów, którego pierwsza edycja odbyła się w 2024 roku i spotkała się ze sporym zainteresowaniem uczestników. Wydarzenie to przeznaczone jest dla technologów

przemysłu drzewnego i meblarskiego. Tematyka prelekcji związana będzie głównie z robotyzacją i automatyzacją procesów produkcyjnych. Udział w forum będzie nie tylko okazją do zdobycia najnowszej, specjalistycznej wiedzy, ale także do wymiany doświadczeń w zakresie wdrażania nowoczesnych technologii.

Nowinki, które będą tematem Forum Technologów, będzie można od razu na miejscu zobaczyć w działaniu w ramach Fabryki Mebli na Żywo – Drema Dzieciom – czyli pokazów live najnowszych technologii produkcji mebli/wyrobów z drewna z zastosowaniem polskich maszyn. Fabryka przy okazji wyprodukuje meble dziecięce na cele charytatywne.

Nie zabraknie stałych punktów programu: Strefy Trendów dla Meblarstwa – miejsca prezentacji najnowszego wzornictwa dotyczącego projektowania mebli (płyty, tkaniny, okucia), Strefy Parkietu wraz z pokazami i warsztatami parkieciarskimi – zarządzanej przez Stowarzyszenie Parkieciarze Polscy, Polygonu Umiejętności i demonstracji lakierniczych przygotowanych przez czasopismo „Lakiernictwo Przemysłowe”, przestrzeni DREMA Tools organizowanej we współpracy z firmą ITA Tools, w ramach której zaprezentowane zostaną na żywo innowacyjne technologie ostrzenia i regeneracji narzędzi, Strefy Czystego Powietrza z ekspozycją nowoczesnych i ekologicznych rozwiązań oraz systemów dla ogrzewania przygotowanej przez Magazyn Biomasa, wystawy eksponatów konkursowych Wyczarowane z Drewna oraz Mistrzostw Polski we Wbijaniu Gwoździ zorganizowanych przez Wydawnictwo Inwestor.

Międzynarodowe Targi Maszyn, Narzędzi i Komponentów dla Przemysłu Drzewnego i Meblarskiego DREMA odbędą się w dniach 9–12 września 2025 roku, na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich – zapraszamy serdecznie! □

Więcej na: drema.pl/pl

Reklama



Oto STAUFF Polska

Działając pod marką STAUFF zdobyliśmy pozycję międzynarodowego lidera w pracach rozwojowych, produkcji i dostawach części do systemów rur i układów hydraulicznych.

Systemy Mocowania	
Systemy Pomiarowe	
Technika Filtracji	
Diagtronics	
Akcesoria Hydrauliczne	
Zawory Kulowe	
Złącza Hydrauliczne	



NOWOŚĆ!
STAUFF
Connect

Technologia Złączy Rurowych
od STAUFF



STAUFF Polska Sp. z o.o.
Miszewko 43 A • 80-297 Banio
Tel.: 058 660 11 60 • Fax: 058 629 79 52
sales@stauff.pl

www.stauff.pl

Zielona Przyszłość Budownictwa

BUDMA 2025

14 lutego tego roku zakończyła się 33. edycja Targów Budownictwa i Architektury BUDMA, jednego z najważniejszych wydarzeń sektora budowlanego w Europie Środkowo-Wschodniej oraz towarzyszących im Targów Maszyn i Komponentów do Produkcji Okien, Drzwi, Bram i Fasad WINDOOR-TECH, pozostawiając po sobie mnóstwo inspiracji, wiedzy i cennych kontaktów biznesowych.

Hasło tegorocznej edycji targów „Zielona przyszłość budownictwa” nawiązywało do transformacji technologicznej budownictwa w kierunku bardziej zrównoważonego rozwoju, prowadzącej do znacznego skrócenia czasu budowy, redukcji odpadów oraz optymalizacji zużycia materiałów.

Patronat honorowy nad tegoroczną edycją targów objęły najbardziej opiniotwórcze instytucje: Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Marszałek Woj. Wielkopolskiego, Prezydent Miasta Poznania, Polska Agencja Inwestycji i Handlu, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, Izba Architektów RP, Stowarzyszenie Architektów Polskich, Polska Izba Budownictwa, Polski Klaster

Budowlany, Polski Związek Pracodawców Budownictwa, Państwowa Inspekcja Pracy oraz Związek Polskie Okna i Drzwi.

Podczas tegorocznych targów budowlanych, swoją ofertę zaprezentowało blisko 600 wystawców z 27 krajów. Na ekspozycjach targowych nie brakowało innowacji technologicznych i premierowych rozwiązań. Przykładem produktów kreujących trendy w branży budowlanej są zdobywcy Złotego Medalu Grupy MTP, których uhonorowano podczas ceremonii otwarcia targów. Łącznie nagrodzono 28 produktów. 10 ekspozycji targowych zostało wyróżnionych w konkursie Acanthus Aureus za przyjazny design, technologię wykonania oraz stworzenie wyjątkowej przestrzeni sprzyjającej rozmowom o biznesie.

Biznesowe spotkania z profesjonalistami

Oferta i program Międzynarodowych Targów Budownictwa i Architektury BUDMA kierowane są do przedstawicieli szeroko rozumianej branży budowlanej, w tym głównie do czterech grup klientów: dystrybutorów, inwestorów, wykonawców oraz architektów. Podczas czterech intensywnych dni targi odwiedziło niemal 26 000 profesjonalistów z 41 krajów. Najliczniejszą grupą wśród gości targowych byli dystrybutorzy, którzy stanowili 34% ogólnej liczby zwiedzających. 30% profesjonalistów odwiedzających targi reprezentowali fachowcy i wykonawcy, 16% to grupa inwestorów i generalnych wykonawców. Architekci stanowili 12% ogółu zwiedzających targi Budma 2025, a 7% to producenci.

Profesjonalni zwiedzający z Polski

Targi BUDMA, jak co roku, były miejscem biznesowych spotkań dla przedstawicieli wszystkich województw Polski. Najliczniej reprezentowane były w tym roku województwa: wielkopolskie – 23%, mazowieckie – 17%, dolnośląskie – 11%, śląskie – 9%, pomorskie – 7% oraz kujawsko-pomorskie – 6%.

Międzynarodowy wymiar biznesu

O międzynarodowym charakterze Targów BUDMA świadczy zarówno znacząca liczba wystawców z zagranicy, którzy w tym roku reprezentowali 27 krajów z całego świata, jak i goście odwiedzający targi, reprezentujący 41 krajów.



Najliczniejszą grupę stanowili goście z Niemiec – 14%. Na drugim miejscu znalazły się kraje nadbałtyckie – 12%, a podium zamyka Skandynawia – 11% oraz Czechi, których przedstawiciele stanowili 10% wszystkich odwiedzających targi.

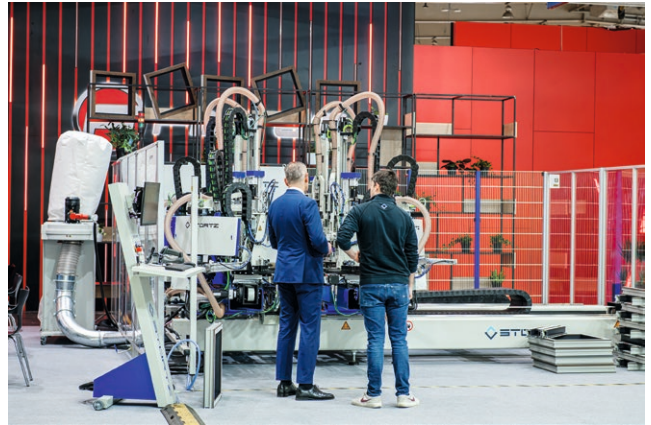
Polska Agencja Inwestycji i Handlu przy współpracy z Polskim Klastrem Budowlanym zorganizowała podczas targów specjalną strefę biznesową pod nazwą „Poland. Business Forward Construction Sector”, w której polscy przedsiębiorcy branży budowlanej mogli zapoznać się z potencjałem eksportowym wybranych rynków oraz odbyć rozmowy biznesowe z przedsiębiorcami zagranicznymi i ekspertami na temat możliwości wspierania polskich przedsiębiorców w realizacji ich strategii eksportowych. Na stoisku PAIH obecni byli przedstawiciele Zagranicznych Biur Handlowych z Bułgarii, Gruzji, Szwecji, Litwy, Łotwy, Estonii i Serbii.

Budownictwo pod lupą ekspertów

Targom BUDMA 2025 towarzyszyło szereg merytorycznych spotkań z autorytetami branży budowlanej i architektonicznej, jak również konferencji dotyczących aktualnych trendów i wyzwań stojących przed tym sektorem gospodarki.

Podczas Forum Gospodarczego Budownictwa BUILD-4FUTURE znamienici branżowi eksperci, ekonomiści, analitycy finansowi, inwestorzy oraz wykonawcy podsumowali ostatnie miesiące w budownictwie i wyznaczyli kierunki koniecznych zmian. Sporo uwagi poświęcono także wpływowi wojny w Ukrainie na budownictwo w Polsce, a także technologicznym, ekonomicznym i prawnym zagadnieniom termomodernizacji budownictwa jedno- i wielorodzinnego w Polsce. Forum zorganizowane zostało przy współpracy z Polskim Związkiem Pracodawców Budownictwa i Polską Izbą Budownictwa.

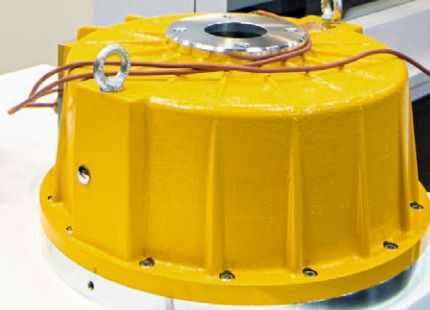
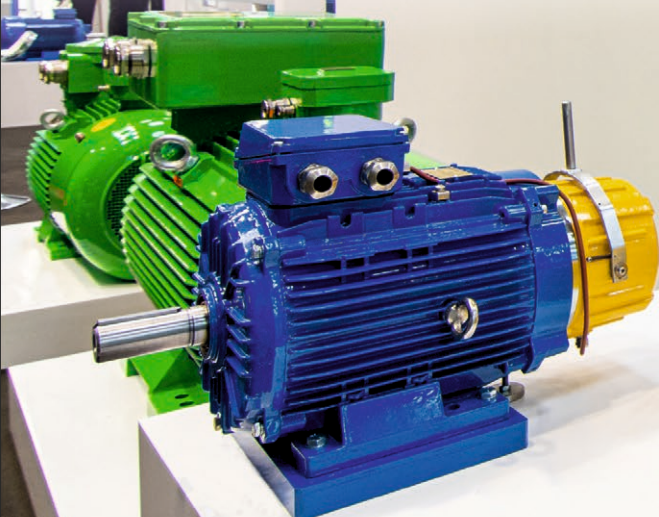
Po raz pierwszy na targach Budma zostało zorganizowane Forum Zielonego Budownictwa pod hasłem: „Cele klimatyczne w budownictwie. Prawo a strategia”. Praktycy: architekci, inwestorzy, przedstawiciele firm budowlanych,



generalnych wykonawców oraz producentów wyrobów budowlanych przedstawiali już istniejące wymagania środowiskowe z jakimi się stykają na dużych inwestycjach. W trakcie prelekcji oraz dyskusji panelowych zgodnie stwierdzono, że istnieje potrzeba edukacji w tematyce wymagań środowiskowych wszystkich uczestników rynku budowlanego. Ekspertcy byli zgodni, że należy wykorzystać klimatyczne wymagania jako przewagę konkurencyjną, budować strategię, która nie tylko spełni wymogi, ale otworzy nowe możliwości rynkowe i stawi czoła wymaganiom banków oraz funduszy inwestycyjnych.

Reklama

SILNIKI ELEKTRYCZNE od 0,04 kW do 7000 kW oraz hamulce elektromagnetyczne



Cantoni[®]
GROUP
WWW.CANTONIGROUP.COM



Jak co roku, bardzo dużym zainteresowaniem cieszyły się Dni Inżynierskie organizowane przez Wielkopolską Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa, podczas których poruszano tematykę zagrożeń powodzią, a także budownictwa hydrotechnicznego, błękitno-zielonej infrastruktury oraz geotermii.

Ważnym forum wymiany doświadczeń dla architektów, projektantów, konstruktorów i wykonawców, a także firm związanych z bezpieczeństwem pożarowym, rzeczoznawców budowlanych czy inspektorów ochrony przeciwpożarowej była IV Konferencja naukowo-techniczna „Bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych”, podczas której uczestnicy mieli okazję zapoznać się ze zmianami w przepisach i normach dotyczących ochrony przeciwpożarowej. Wydarzenie przyciągnęło ok. 400 uczestników.

Problematyka planowania przestrzennego jest wciąż aktualna i budzi wiele dylematów prawnych. Podczas BUDMY mieliśmy okazję zapoznać się z interesującymi wystąpieniami dotyczącymi zawiłości reformy systemu planowania przestrzennego w ramach XVII edycji ogólnopolskiej konferencji „Dnia Urbanisty”, tym razem pod hasłem „Jak uratować reformę”, której organizatorem było Towarzystwo Urbanistów Polskich (oddział w Poznaniu).

Państwowa Inspekcja Pracy zorganizowała w drugim dniu targów konferencję „Bezpieczna budowa – czy to możliwe?“, która zgromadziła wielu ekspertów, przedstawicieli branży budowlanej oraz inspektorów pracy. Podczas konferencji zostały omówione podstawowe problemy związane z zapewnieniem bezpieczeństwa na polskich budowach. Sporo uwagi poświęcono przedstawieniu dobrych praktyk stosowanych w codziennej pracy, a także nowoczesnym rozwiązaniom technicznym w indywidualnym sprzęcie chroniącym przed upadkiem z wysokości. Na koniec podsumowano także trzyletnią kampanię Państwowej Inspekcji Pracy „Budowa. STOP wypadkom!”.

Prefabrykacja w centrum uwagi

Okazją do zrozumienia rosnącej roli prefabrykacji w nowoczesnym budownictwie jutra była prezentacja najnowszej oferty materiałów, maszyn, technologii, jak również gotowych produktów i usług dla budownictwa prefabrykowanego i modułowego w ramach PREFTEC – Centrum Nowoczesnej Prefabrykacji, projektu organizowanego przy współpracy



ze Stowarzyszeniem Energooszczędne Domy Gotowe. Na powierzchni ca 2000 m² swoje innowacje produktowe i technologiczne zaprezentowało kilkadziesiąt firm z Polski i zagranicy. Prefabrykacja drewniana, betonowa i stalowa to idealne rozwiązanie dla współczesnych wyzwań branży budowlanej, takich jak deficyt wykwalifikowanej kadry czy rosnące koszty surowców. Dzięki prefabrykacji budynki mogą być efektywne energetycznie, estetyczne oraz trwałe, spełniając wymagania współczesnych standardów ekologicznych. Eksperti podkreślają, że prefabrykacja zmniejsza ślad węglowy, co czyni ją doskonałym wyborem dla nowoczesnych inwestycji.

Architektura w zielonym kolorze

W lutym Poznań stał się stolicą branży architektonicznej, do której przybyli przedstawiciele kluczowych biur i pracowni z całego kraju. Wydarzenie odbyło się wokół idei zrównoważonego budownictwa przyszłości i zastosowania drewna w architekturze. Nie zabrakło interesujących debat, prelekcji i spotkań z udziałem cenionych ekspertów.

Na targach Budma 2025 po raz pierwszy powstała unikatowa przestrzeń ARCHI-STRADA, miejsce przyjazne architektom, projektantom, designerom, studentom i pasjonatom architektury na miarę przyszłości.

W ramach ARCHI-STRADY odbyła się 6. edycja Forum Designu & Architektury D&A, organizowanego we współpracy z Izbą Architektów Rzeczypospolitej Polskiej oraz Stowarzyszeniem Architektów Polskich, a także renomowanymi pracowniami i autorytetami w dziedzinie architektury i designu. Wzorem poprzednich lat nie zabrakło przykładów dobrej architektury, wybitnych gości, dyskusji o transformacji przestrzeni i odpowiedzialności w projektowaniu, interesujących wystaw i konkursów. Wspólnym mianownikiem wszystkich wystąpień była próba odnalezienia efektywnych sposobów zastosowania drewna w architekturze, łącząc tradycję z nowoczesnością.

Wśród prelegentów i gości Forum pojawili się znamienici goście: Asko Takala, partner w helsińskim biurze architektonicznym Sivén & Takala i prezes Fińskiego Stowarzyszenia Architektów, Mateusz Mastalski, pełniący rolę design directora w pracowni Henning Larsen Architects, odpowiedzialnej za projekt pierwszego kopenhaskiego osiedla opartego w całości na konstrukcjach drewnianych, Krzysztof Mycielski (Grupa

5 Architekci), Piotr Grabowski (Studio GAB), Mirosław Wojcieszak (GWPA), Agnieszka Kalinowska-Sołtys i Szymona Wojciechowski (APA Wojciechowski Architekci), czy Piotr Brodniewicz (Andrewex) i Anna Zawadzka-Sobieraj. Podczas Forum omawiano temat powrotu drewna do współczesnej architektury, z uwzględnieniem innowacyjnych technologii i adaptacji drewnianych obiektów do nowych funkcji.

W trzecim dniu wydarzenia na scenie odbyła się dyskusja na temat najważniejszych wyzwań współczesnej architektury, czyli mieszkalnictwa. W debacie udział wzięli: Robert Konieczny (KWK PROMES), Mateusz Mastalski (Henning Larsen), Marcin Kościuch (Ultra Architects) i Magdalena Buczyńska-Zapała (SARP Oddział Kraków). Wydarzenie zorganizowane przez wydawnictwo A&B poprzedziło rozstrzygnięcie redakcyjnego konkursu studenckiego „Zamieszkanie”.

W ramach współpracy z księgarnią Bookarest odbyły się dwa wystąpienia specjalne: Roberta Koniecznego wokół książki „Budynki + idee”, a także prelekcja Jakuba Głaza o wybitnych architektkach, których dorobek, pomimo pozostawania w cieniu męskiej historii, do dzisiaj stanowi jeden z fundamentów branży architektonicznej.

Interaktywne strefy dla profesjonalistów i pasjonatów

Zwiedzający targi Budma mieli okazję zobaczyć m.in. profesjonalne pokazy prac budowlanych i wykończeniowych przeprowadzone przez fachowców i praktyków DIY oraz skorzystać z porad i szkoleń organizowanych przez współpracujące z targami organizacje.

Stowarzyszenie Parkieciarze Polscy zorganizowało warsztaty i pokazy parkieciarskie dla specjalistów z branży podłogowej – Budma Parkiet Show. W trakcie pokazów specjaliści zademonstrowali, jak układać, pielęgnować i zabezpieczać parkiety, a także podzielili się wiedzą na temat najnowszych trendów i technologii.

W ramach strefy testów Grupy Prace Wykończeniowe wykonawcy, handlowcy i praktycy mieli okazję przetestowania produktów i narzędzi światowych marek pod okiem specjalistów udzielających cennych porad i wskazówek. Zaprezentowano masy szpachlowe wraz z instruktażem natrysku agregatem, odbyły się testy innowacyjnych płyt gipsowo – kartonowych w technologii IMG TECH czy pokazy nakładania tynku dekoracyjnego na elewację.

Interaktywne prezentacje połączone z możliwością przetestowania sprzętu i materiałów budowlanych odbywały się również na przestrzeni szkoleniowo – praktycznej Stowarzyszenia Branży Wykończeniowej – specjalizującej się w szkoleniach i pokazach obróbki i montażu okładzin ceramicznych, megaformatowych, wykorzystując przy tym profesjonalne narzędzia budowlane.

Podobnie jak przed rokiem, tak i podczas tegorocznych targów Budma można było zobaczyć na żywo pokazy oraz zawody dedykowane operatorom mini żurawi w ramach wydarzenia Mini Crane Operator Challenge, zorganizowanego pod patronatem portalu Liga Mistrzów Operatorów oraz kwartalnika THE TOOLS.



Strefa Ognia na targach Budma

Po raz kolejny podczas BUDMY mogliśmy podziwiać najnowsze trendy w kominkowym wzornictwie, m.in. w ramach specjalnej strefy – STREFY OGNI, zorganizowanej we współpracy z magazynem Świat Kominków oraz Partnerami. Przez cztery dni mogliśmy zobaczyć wiele ognistych propozycji i inspiracji kominkowych do wnętrza i do ogrodu oraz systemy łączące urządzenia kominkowe z innymi systemami grzewczymi: pompą ciepła, fotowoltaiką.

Edukacja na targach Budma

Podczas targów Budma odbył się 53. finał centralny Turnieju Budowlanego „Złota Kielnia” organizowany przez Ogólnopolskie Stowarzyszenie Edukacji Budowlanej. Jest to jeden z nielicznych konkursów przeznaczonych dla uczniów szkół zawodowych o profilu budowlanym, który daje możliwość zaprezentowania swoich umiejętności w takich kategoriach jak m.in. murarz, malarz, posadźkarz, dekarz, monter suchej zabudowy czy instalacji sanitarnych.

Turniej Budowlany „Złota Kielnia” jest jedynym konkursem, który daje uczniom szkół branżowych możliwość sprawdzenia wiedzy i umiejętności praktycznych. Jego formuła zbliżona jest do zewnętrznych egzaminów zawodowych, co pozwala uczniom sprawdzić swoje przygotowanie do podjęcia pracy w zawodzie. Finałisti turnieju otrzymują cenne nagrody oraz prawo do zwolnienia z pisemnego egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie.

BUDMA i WINDOOR-TECH dla stolarki

Targom BUDMA towarzyszyła ekspozycja Targów Maszyn, Narzędzi i Komponentów do Produkcji Okien, Drzwi, Bram, Fasad WINDOOR-TECH, tworząc świetne uzupełnienie oferty dla branży stolarki budowlanej. Odpowiedzią na poszukiwania na rynku innowacyjnych rozwiązań w wymagających czasach były liczne nowości, światowe premiery i rozwiązania z zakresu automatyzacji oraz robotyzacji. Wystawcy prezentowali maszyny, sprzęt, oprogramowanie usprawniające i optymalizujące procesy produkcji w stolarce otworowej.

Już dzisiaj serdecznie zapraszamy do uczestnictwa w 34. edycji Międzynarodowych Targów Budownictwa i Architektury BUDMA w roku 2026. □

Szkoła Eksploatacji Podziemnej – Transformacja Energetyki i Górnictwa – polska prezydencja w Radzie Unii Europejskiej

 Ryszard Klencz

W Krakowie przedstawiciele górniczego przemysłu dyskutowali w ramach XXXIV edycji Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Transformacja energetyki i górnictwa to temat przewodni sesji plenarnej. Wykłady i prezentacje dotyczyły bieżącej sytuacji i perspektyw dla przemysłu wydobywczego i energetycznego. Priorytetem są zagadnienia bezpieczeństwa pracy i w cyberprzestrzeni.



Szkoła promuje aktualne wyniki i trendy oraz kierunki rozwoju w poszczególnych obszarach wiedzy górniczej. Coroczne spotkania stwarzają okazję do nawiązania kontaktów i szerokiej wymiany poglądów. Duże znaczenie ma wymiana doświadczeń i praktyczne wsparcie, oparte na współpracy.

Wiodący temat XXXIV edycji SEP to „Transformacja energetyczna i jej skutki dla górnictwa”, w sesji plenarnej. Problemem, jaki rodzi transformacja w działalności spółek jest jej przebieg ze skutkami dla ich działalności. Sztandarowy projekt UE, Zielony Ład został na razie odsunięty z głównego planu. Nie ulega jednak wątpliwości, że korekty są niezbędne, coraz więcej osób zwraca na to uwagę. Unia używa do walki ze zmianą klimatu ETS, czyli systemu handlu uprawnieniami do emisji CO₂. W poprzednim roku, podczas Europejskiego Kongresu Gospodarczego, prof. Jerzy Buzek powiedział, że UE nie wycofuje się z Zielonego Ładu, chociaż będą korekty. W kwietniu niewątpliwie usłyszymy w jakim kierunku pójdą te zmiany.

Rola górnictwa węgla kamiennego w produkcji energii będzie malała. W 2024 r. udział odnawialnych źródeł energii wyniósł 29 proc., udział węgla spadł przy tym do najniższego poziomu i wyniósł 57 proc. W ciągu ostatnich 10 lat górnictwo odnotowało spadek sprzedaży węgla kamiennego o prawie 50 proc. przy spadku zatrudnienia o ponad 20 proc. Mamy do czynienia z ewidentnym spadkiem wydajności. Aktualny projekt Krajowego Planu Energii i Klimatu przewiduje, że zużycie węgla kamiennego energetycznego w 2030 r., a więc w perspektywie kilku lat, nie przekroczy 22 mln t.



Rola górnictwa węgla kamiennego w produkcji energii będzie malała.

W 2024 r. udział odnawialnych źródeł energii wyniósł 29 proc., udział węgla spadł przy tym do najniższego poziomu i wyniósł 57 proc.



Podczas sesji plenarnej XXXIV Szkoły Eksploatacji Podziemnej, poświęconej strategicznej transformacji energetyki i górnictwa w Polsce, przedstawiono inicjatywę powołania Centrum Geoinformacji i Cyberbezpieczeństwa PIG-PIB.

Koncepcję Centrum zaprezentował Artur Dyczko, dyrektor oddziału Górnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Ma się on wpisywać w nowoczesną strategię cyfryzacji PIG. Jego celem jest stworzenie narzędzia analitycznego i infrastruktury IT wspierających bezpieczeństwo i zarządzanie surowcami naturalnymi

Platforma Surowcowa Polski musi stać się centralnym systemem zarządzania działaniami w obszarze surowcowym, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa energetycznego państwa. Współczesna gospodarka surowcowa wymaga nowych narzędzi analitycznych, które pozwolą na dynamiczne zarządzanie procesami związanymi z zapotrzebowaniem, produkcją oraz logistyką dystrybucji surowców.

Odbyło się również kilkanaście sesji i debat o tematyce górniczej. Tematem wiodącym była transformacja energetyki i jej skutki dla górnictwa, ogłoszono referaty na temat surowców krytycznych oraz cyberbezpieczeństwa. Szkoła Eksploatacji Podziemnej niezmiennie od lat cieszy się uznaniem i wysoką frekwencją uczestników. Do tegorocznej edycji zgłosiło się około 500 uczestników. Prezentowano ponad 250 referatów, związanych z transformacją w energetyce i górnictwie, przy uwzględnieniu bezpieczeństwa pracy i cyberbezpieczeństwa, podczas 19 sesji tematycznych.

Obrady Szkoły odbyły się pod patronatem polskiej prezydencji w Radzie Unii Europejskiej. To ważne wyróżnienie. Polska prezydencja w Radzie UE stoi przed wyzwaniem konkurencyjności europejskiej gospodarki. Wspólne działania UE mogą poprawić naszą pozycję w gospodarce światowej oraz w relacjach z USA. □

 Ryszard Klencz



Buddyjska architektura w Birmie

 Stefan Gierlotka

Birma, zwana też Myanmar, leży w Azji Południowo-Wschodniej nad Zatoką Bengalską i Morzem Andamańskim. Jest to kraj górzysty, gdzie obszary górskie zajmują północną, wschodnią i zachodnią część. W północnej części, przy granicy z Chinami, góry osiągają wysokość 5881 m. Główną rzeką kraju jest Irawadi o długości 2150 km. Wypływa z Wyżyny Tybetańskiej w Chinach, a przy ujściu do Morza Andamańskiego tworzy ogromną deltę. Połowę powierzchni kraju zajmują lasy monsunowe, w których dominuje charakterystyczne dla Birmy drzewo tekowe. Birma należy od obszarów sejsmicznych, nawiedzanych przez trzęsienia ziemi.

Nazwa Birma była używana oficjalnie w czasach kolonialnych, jako nazwa angielskiej kolonii, natomiast naród birmański zawsze używał nazwy „Myanmar”. Junta wojskowa w 1989 roku przyjęła nazwę kraju Myanmar. Największym miastem jest Rangun, drugie miejsce zajmuje Mandalaj. Dominującą religią jest buddyzm.

Birma jest jednym z trzech krajów, które nie przyjęły systemu metrycznego. W codziennym użyciu nadal stosuje się tradycyjne birmańskie jednostki miar i wag. Powszechnie stosowaną jednostką masy jest 1 viss, w przeliczeniu to około 1,633 kg. W użyciu są też jednostki angielskie, będące pozostałością z czasów kolonialnych.

Gospodarka Birmy jest oparta na uprawie ryżu oraz przemyśle drzewnym. Powszechnie w Birmie **drewno tekowe** posiada dużą zawartość substancji oleistych, co powoduje, że nie nasiąka wodą i jest odporne na działanie czynników

zewnętrznych. Znaczne zasoby surowców mineralnych, rudy antymonu, wolframu, cyny, miedzi, cynku, niklu, są wykorzystywane w niewielkim stopniu. Wydobycie ropy naftowej i gazu ziemnego nie zaspokaja zapotrzebowania kraju. Głównym bogactwem Birmy jest jadeit oraz kamienie szlachetne, głównie rubiny i szafiry.

Eksploatacja jadeitu jest dla Birmy bardziej dochodowa od wydobycia ropy naftowej, metali szlachetnych oraz drewna tekowego. Z Birmy pochodzi 90% światowego jadeitu. Najpiękniejsze okazy, zwane jadeitem cesarskim, wydobywa się w górach pod Himalajami. Głównym odbiorcą tego minerału są Chiny, a właściwie chińscy przemysłowcy. Wydobycie znacznie wzrosło, gdyż Chińczycy dostarczyli ciężki sprzęt do urabiania i transportu. Kopalnictwo jadeitu powiązane jest z birmańskimi politykami oraz generałami z byłej junty wojskowej.

Birma jest jednym z trzech krajów, które nie przyjęły systemu metrycznego. W codziennym użyciu nadal stosuje się tradycyjne birmańskie jednostki miar i wag. Powszechnie stosowaną jednostką masy jest 1 viss, w przeliczeniu to około 1,633 kg. W użyciu są też jednostki angielskie, będące pozostałością z czasów kolonialnych.

Drugą najbardziej dochodową kopaliną są rubiny i szafiry. Rubin jest czerwoną, a szafir niebieską odmianą korundu. Rubiny występują we wszelkich odcieniach barwy czerwonej, jednak najcenniejsze i najbardziej poszukiwane, tzw. „odcień gołębiej krwi”, są o barwie czerwonej z odcieniem niebieskim. Szafir bardzo rzadko występuje w przyrodzie, a pod względem twardości jest na drugim miejscu po diamencie.

Architektura birmańska jest związana z powstaniem w XI wieku na tym terenie buddyjskiego królestwa Pagan. Kraj ten, będący w przeszłości nękany przez mongolskie najazdy i brytyjską kolonizację, przekształcił animistyczne ryty i hinduskie obyczaje tworząc nową, własną kulturę.

Najstarszym typem budowli buddyjskiej jest **stupa**. Pierwsze stupy powstały po śmierci Buddy, kiedy podzielono jego

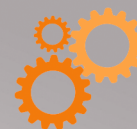
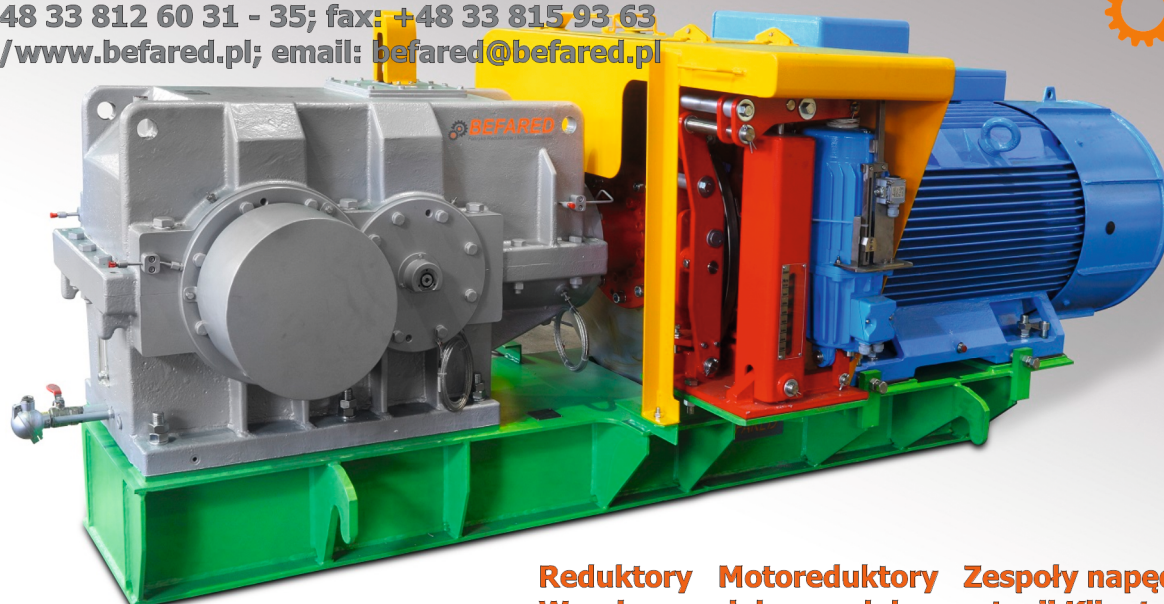


szczątki na osiem części i nad każdą z nich usypano ziemny kopiec. Około III wieku p.n.e. rozgrzebano kilka z nich, a znalezione prochy porozdzielano dla budowanych nowych stup. Spełniały one rolę relikwiarza i symbolizowały samego Buddę oraz jego naukę.

W Birmie stupa nazwana jest **pagoda** (birm. *paya*). Stupy nie zawierają wewnętrznej przestrzeni dostępnej dla

Reklama

Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów BEFARED S.A.
ul. Grażyńskiego 71; 43-300 Bielsko-Biała
tel.: +48 33 812 60 31 - 35; fax: +48 33 815 93 63
<http://www.befared.pl>; email: befared@befared.pl



 **BEFARED**
Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

Reduktory Motoreduktory Zespoły napędowe
Wyroby specjalne na dokumentacji Klienta
Elementy zębate
Usługi technologiczne
Serwis



wiernych, gdyż są to relikwiarze, w których spoczywają autentyczne lub domniemane relikwie Buddy. Stupy mogą posiadać różne kształty, ale w architekturze birmańskiej wyróżniają się pagody mające kształt dzwonu. Powierzchnia pagód w ważnych ośrodkach kultury pokryta jest warstwą złota, nakładanego w warstwach jako cienka blacha.

Pagodę otacza kamienne ogrodzenie zwane wediką, z czterema ozdobnymi bramami, zwanymi toranami, które są skierowane w cztery strony świata. Wzdłuż wediki, zgodnie z kierunkiem wędrówki Słońca, odbywał się rytualny obchód wiernych. Charakterystycznym elementem pagody jest dzwonowata kopuła spoczywająca na sześciennym podstawie. Kopułę wieńczy iglica z parasolem. W Azji południowo-wschodniej oprócz pagód, będących grobowcem – relikwiarzem, są jeszcze świątynie modlitewne poświęcone Buddzie.

Największym dziedzictwem birmańskiej architektury są świątynie w Pagan, położonym nad brzegiem rzeki Irawadi. To zabytkowy kompleks z ponad dwoma tysiącami świątyń i pagód budowanych między IX a XIII wiekiem. Wszystkie wybudowane są z cegły. Tradycje murowanych budowli zapoczątkowane w III wieku pochodzą z kultury Pyu.

Strukturę pionową architektury Paganu stanowi piramida z kilkoma tarasami oraz ze stupą umieszczoną na szczycie. Spotyka się dwie odmiany tego układu: stupa może spoczywać bezpośrednio na najwyższym z tarasów lub też na najwyższym tarasie może stać wieża o wypukłych ścianach, a dopiero na niej stupa.

Bezpośrednio ze sztuką pagan wiąże się sztuka dekorowania budowli sakralnych. Najpopularniejsze motywy płaskorzeźb to kwiaty i zwierzęta. Wśród zwierząt dominują lwy, słonie oraz smoki. Często spotyka się rzeźby postaci Buddy oraz postaci mitologiczne.

Ze względu na stosowane typowe rozwiązania konstrukcyjne, architekturę Paganu dzieli się na okres wczesny oraz architekturę okresu późnego. W okresie wczesnym (850–1120 roku) dominują budynki jednokondygnacyjne. Wnętrza są słabo oświetlone, a okna z przesłonami. Przeważają łuki półkoliste. Przykładem tej architektury są pagoda Shwezigon i świątynia Ananda. W okresie późnym (1120–1300 roku) pojawiają się świątynie o kilku kondygnacjach, przy czym główny relikwiarz znajduje się na piętrze górnym. Kształt stup przypomina piramidę. Wnętrza są lepiej oświetlone, okna bez przesłon. Dominują sklepienia kolebkowe.

Największa świątynia Paganu – **Świątynia Dhammayangyi** – została wybudowana w 1165 roku. Charakterystyczną jej cechą jest wiązanie cegieł. Mur wykonany z cegieł nie jest spajany zaprawą murarską, ale są tak doszlifowane i dopasowane, aby w złączeniu nie mieściło się ostrze szpilki.

W **Mingwan** położonym na zachodnim brzegu Irawadi, 11 km na północ od Mandalaj, w latach 1791–1812 podjęto się budowy Wielkiej Królewskiej Pagody. Miała być najwyższą pagodą na świecie mierząc 170 metrów wysokości. Do czasu przerwania budowy osiągnięto wysokość 53 m. Trzęsienie ziemi w XIX w. uszkodziło pagodę i budowy nie kontynuowano.



Relikwiarz najslawniejszej birmańskiej złotej pagody **Szwedagon** w **Rangun** zawiera 8 włosów Buddy. Została wybudowana w IX wieku. Całkowita waga złota pokrywająca powierzchnię zewnętrzne pagody szacowana jest na 9 ton. Pagoda wysoka na 99 metrów jest stożkową, ceglana budowla pokryta wieloma warstwami złotych blach. Obwód okrągłej podstawy pagody wynosi 433 m. Podstawę otaczają 64 mniejsze kapliczki oraz cztery większe z posągami Buddy. Iglica kopuły dekorowana jest 4350 diamentami o wadze 2000 karatów.

Pagoda Szwedagon posiadała w XV wieku wielki dzwon z brązu, który ważył 276 ton i był największym dzwonem na świecie. Został w 1608 roku zrabowany przez portugalskiego pirata i awanturnika Phillippe de Brito, w celu przetopienia na armaty. Transportowany rzeką do Syriam, gdzie Portugalczyk

miał siedzibę, utonął wraz z wiozącym go statkiem. Z uwagi na grząskie dno rzeki, mimo wielu prób, dzwonu do dzisiaj nie wyciągnięto.

Zaprawa murarska stosowana w birmańskim budownictwie zawierała nie tylko składniki wapienne, ale też komponenty substancji klejących pochodzenia roślinnego. Takim składnikiem był olej z drzewa smokrzyń łożodajny (*Triadica sebifera*) zwany także drzewem łożowym. Z tłustej otoczki nasion tego drzewa produkowano tzw. „chiński łoż”, z którego w dawnych czasach wytwarzano klej służący buddystom do naklejania cienkich złotych blaszek na posągi i ściany. □

Stefan Gierlotka – Polski Komitet
Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

Reklama

NOWIMEX®

NOWIMEX doradza w doborze i dostarcza produkty renomowanych firm z branży automatyki i elektromechaniki przemysłowej:

- VAHLE** – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.
- SCHLEGEL** – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.
- TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.
- HUGRO** – Dławice do kabli.
- LEAB** – Systemy zasilania pojazdów specjalnych w prąd i sprężone powietrze.
- BREVETTI** – Tworzywowe i stalowe przewodniki kabli.
- CATTRON** – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania i zatrzymania (E-Stop).
- MARECHAL** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

www.nowimex.com.pl
info@nowimex.com.pl



Transformatory prostownikowe

✎ Marcin Barański, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka

1. Wstęp

Transformator prostownikowy ma jedno z uzwojeń połączone z układem energoelektronicznym, a drugie uzwojenie połączone z siecią elektroenergetyczną. Transformatory prostownikowe są zainstalowane na podstacjach trakcyjnych PKP i miejskich, na farmach fotowoltaicznych i w elektrowniach wiatrowych pracujących ze zmienną prędkością obrotową oraz zasilających wszelkiego rodzaju urządzenia technologiczne o podwyższonej częstotliwości (piece indukcyjne) i układy napędowe dużej mocy o regulowanej częstotliwości. Każdy transformator może pracować jako transformator prostownikowy.

Transformator 3-fazowy połączony z prostownikiem 2-połówkowym przetwarza napięcie zmienne na napięcie stałe 6-pulsowe. W stanie jałowym, przy pełnymysterowaniu zaworów, różnica procentowa napięcia wyprostowanego między wartością maksymalną U_{DCmax} i minimalną U_{DCmin} , tzw. pulsacja, wynosi:

$$u_{DC\%} = \frac{U_{DCmax} - U_{DCmin}}{U_0} 100 \quad (1)$$

$$U_0 = \frac{3}{\pi} U_m \int_{\frac{2}{3}\pi}^{\frac{2}{3}\pi} \sin \alpha d\alpha = \frac{3}{\pi} U_m \quad (2)$$

$$u_{DC\%} = \frac{U_m \left(1 - \sin \frac{\pi}{3}\right)}{\frac{3}{\pi} U_m} 100 = \frac{\pi}{3} \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) 100 = 14\% \quad (3)$$

a częstotliwości 300 Hz. Dla wielu odbiorników energii elektrycznej, np. silników prądu stałego, z uwagi na komutację prądu, nie jest to korzystne. W celu obniżenia pulsacji napięcia $u_{DC\%}$ budowane są układy prostownikowe o mniejszej pulsacji napięcia i większej częstotliwości. Układy te bazują na transformatorach 3-fazowych powielających liczbę faz $m_2 = 6, 9, 12$. Dobierając transformator do układu prostownikowego należy ocenić, które z rozwiązań transformatora jest korzystne w danej aplikacji.

Kryterium oceny i wyboru rozwiązania transformatora powinno uwzględniać: masę i cenę, sprawność, pulsacje napięcia oraz kompatybilność elektromagnetyczną sieci elektroenergetycznej THD_{IAC} prądu i THD_{UAC} napięcia. Przy obliczaniu wskaźników THD_U i THD_I należy mieć na uwadze Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska [3], w którym podano dla grup przyłączeniowych III–V tolerancje parametrów napięcia sieci, które wynoszą:

- wartość skuteczna napięcia $(1 \pm 0,1) U_N$,

Streszczenie: W artykule przedstawiono układy uzwojeń transformatora prostownikowego o liczbie faz $m_1 = 3$ i $m_2 = 3, 6, 9, 12$. Obliczono moc znamionową transformatora S_N przy założonej mocy P_{ON} prądu stałego. Transformatory o liczbie faz $m_2 = 3$ i 6 są standardowe. Transformatory o liczbie faz $m_2 = 9$ i 12 mają kilka wariantowych rozwiązań. W artykule przedstawiono tylko układy oszczędne, o najmniejszej mocy S_N . Napięcie wyprostowane U_{DC} jest pulsujące. Pulsacje napięcia $u_{DC\%}$ zależą od liczby faz m_2 oraz od jakości napięcia zasilania: składowej przeciwnej kolejności faz $u_{2\%}$ i współczynnika THD_U .

Słowa kluczowe: transformatory, prostowniki, moc znamionowa, pulsacje napięcia.

Rectifier transformers

Summary: The article presents the winding systems of a rectifier transformer with the number of phases $m_1 = 3$ and $m_2 = 3, 6, 9, 12$. The rated power of the S_N transformer was calculated at the assumed direct current power P_{ON} . Transformers with the number of phases $m_2 = 3$ and 6 are standard. Transformers with the number of phases $m_2 = 9$ and 12 have several variant solutions. The article presents only economical systems with the lowest power S_N . The rectified voltage U_{DC} is pulsating. The voltage pulsations $u_{DC\%}$ depend on the number of phases m_2 and the quality of the supply voltage: the negative component of the phase sequence $u_{2\%}$ and the coefficient THD_U .

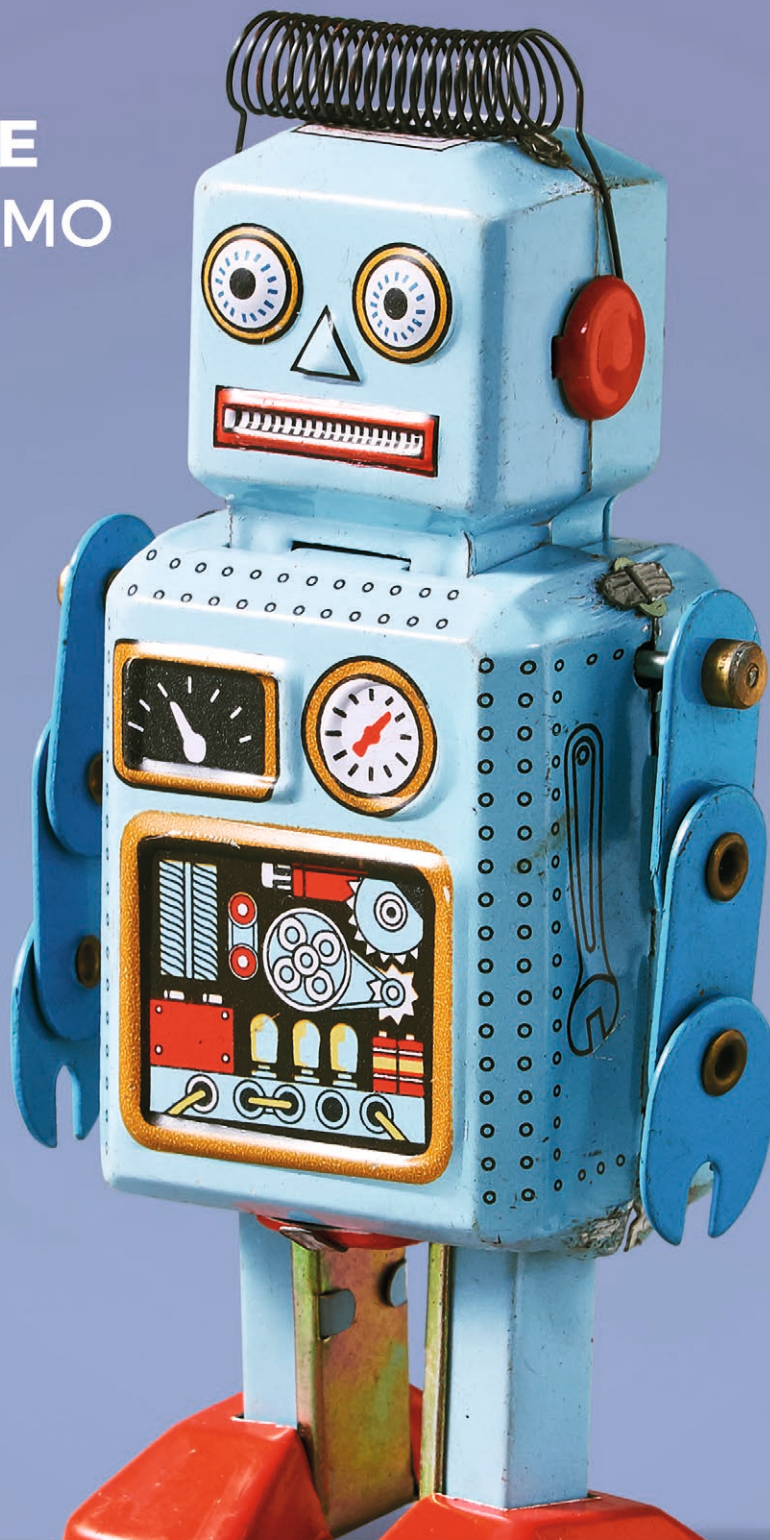
Keywords: transformers, rectifiers, rated power, voltage pulsations.

- w 3-fazowym napięciu zasilania składowa symetryczna kolejności przeciwnej $u_{2\%}$ zawiera się w przedziale od 0% do 2% wartości składowej kolejności zgodnej U_1 ,
- współczynnik odkształcenia napięcia zasilającego (THD_U), uwzględniający wyższe harmoniczne ($v = 2 \div 50$), jest mniejszy lub równy 8%, w tym 5. harmoniczna 6%, a 7. harmoniczna 5%.

We współczynniku $THD_U = 8\%$ udział ($v = 5$ i 7) harmonicznych jest dominujący, wynosić może 7,81%.

W warunkach eksploatacyjnych transformator może być zasilany napięciem 3-fazowym o parametrach zmieniających się w zakresach podanych w Rozporządzeniu. Zasilanie

DOVE C'È
AUTOMAZIONE
NOI CI METTIAMO
IL CUORE



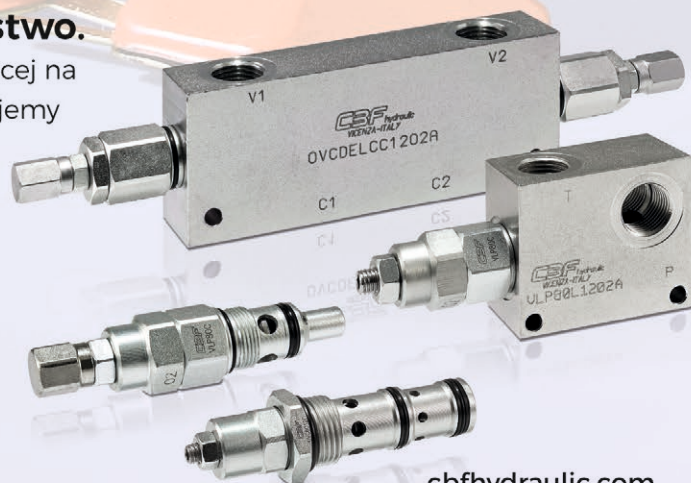
www.phoeniximage.it

Nie tylko serce, ale także bezpieczeństwo.

Dzięki niezawodnej i rozległej sieci sprzedaży, działającej na wszystkich najważniejszych rynkach świata, gwarantujemy szybką i terminową dostawę oraz serwis.

CBF hydraulic®
HYDRAULIC VALVES AND COMPONENTS

W samym sercu pracy



cbfhydraulic.com

napięciem znamionowym U_N , symetrycznym ($u_{2\%} = 0$) i sinusoidalnym ($THD_{U_{AC}} = 0\%$) jest przypadkiem szczególnym, których nie mieliśmy nawet w laboratorium na Politechnice Śląskiej, badając układ prostownika 24-pulsowego. Aby stworzyć idealne warunki zasilania transformatora zmuszeni byliśmy uruchomić generator synchroniczny i dopiero z niego zasilany był badany układ.

Transformatory prostownikowe różnią się od transformatorów energetycznych:

- liczbą faz po stronie wtórnej $m_2 \geq 3$, przy liczbie faz po stronie pierwotnej $m_1 = 3$ i
- przy mocy znamionowej po stronie prądu stałego:

$$P_{0N} = U_{0n} I_{0N} \quad (4)$$

moc znamionowa uzwojeń po stronie pierwotnej i wtórnej wynosi:

$$S_{1N} = \sqrt{3} U_{1N} I_{1N} \quad (5)$$

$$S_{2N} = m_2 U_{20} I_{2N} \quad (6)$$

a moc obliczeniowa transformatora determinująca wymiary okna rdzenia magnetycznego:

$$S_N = \frac{S_{1N} + S_{2N}}{2} \quad (7)$$

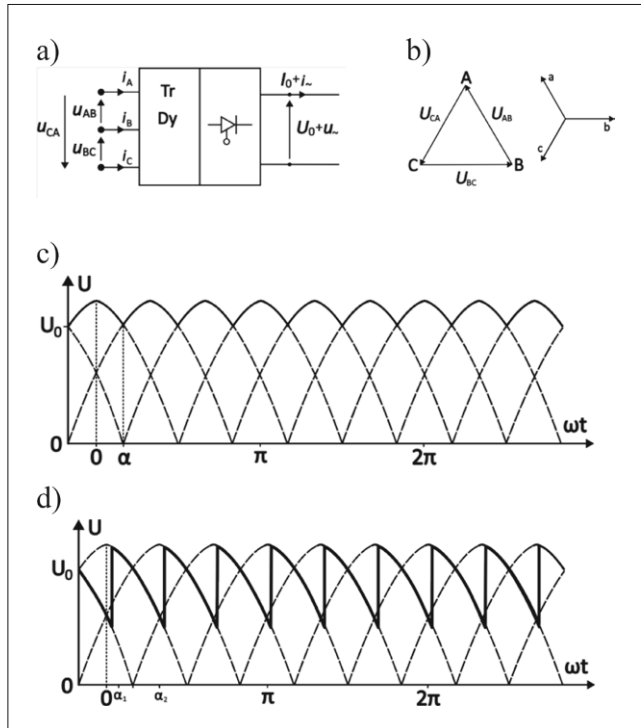
2. Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 = 3$

Transformatory prostownikowe 3-fazowe są identyczne jak transformatory energetyczne o układzie połączenia uzwojenia Dy lub rzadziej Yd. Przyłączenie do transformatora prostownika 3-fazowego 2-połówkowego daje napięcie wyprostowane 6-pulsowe. Jest to najprostszy układ prostownikowy, o częstotliwość pulsacji napięcia wyprostowanego 300 Hz (rys. 1).

Sieć trakcyjna w Polsce ma napięcie wyprostowane U_0 o wartościach: $U_{0 \text{ PKP}} = 3 \text{ kV}$, $U_{0 \text{ metro}} = 750 \text{ V}$, $U_{0 \text{ tramwaj}} = 600 \text{ V}$, $U_{0 \text{ trolejbus}} = 600 \text{ V}$. Sieć trakcyjna jest zasilana z sieci elektroenergetycznej standardowo poprzez układ: transformator 3/3-fazowy lub 3/6-fazowy plus prostownik 2-połówkowy niesterowany, jest to układ prostownikowy 6-pulsowy (rys. 1) lub 12-pulsowy. W układach napędowych dużej mocy stosowane są układy 12-pulsowe (np. maszyny wyciągowe w kopalniach), a niekiedy 18-pulsowe i 24-pulsowe, w trakcji bardzo rzadko. W układzie $2m_2$ -pulsowym kąt przewodzenia prostownika w jednym półokresie wynosi (π/m_2) , gdzie m_2 jest liczbą faz uzwojenia wtórnego transformatora. Przy zasilaniu transformatora napięciem znamionowym U_N sinusoidalnym (czystym, $U_{2\%} = 0$, $T_{HDU} = 0\%$), bez filtrów, bez obciążenia $I_0 = 0$ i prostownikach niesterowanych, wartość średnia napięcia wyprostowanego:

$$U_0 = \frac{1}{\alpha} U_{2m} \int_0^\alpha \cos \alpha d\alpha \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2m_2} \quad (9)$$



↑ Rys. 1 Układ prostownikowy 3-fazowy 2-połówkowy: a) schemat blokowy, b) wskazy napięć transformatora, c) przebieg napięcia wyprostowanego przy pełnym wysterowaniu zaworów i d) przy regulacji napięcia

Granice całkowania są tak wybrane (rys. 1c), aby otrzymać możliwie prosty wzór końcowy obejmujący rozpatrywane warianty rozwiązania transformatorów: 3/3, 3/6, 3/9, 3/12 fazowe:

$$U_0 = \frac{1}{\alpha} U_{2m} \sin \alpha \Big|_0^{\frac{\pi}{2m_2}} = \frac{2m_2}{\pi} U_{2m} \sin \frac{\pi}{2m_2} \quad (10)$$

Przy zadanym napięciu wyprostowanym U_0 , wartość skuteczna napięcia wtórnego międzyfazowego transformatora:

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}m_2 \sin \frac{\pi}{2m_2}} U_0 \quad (11)$$

Dla $m_2 = 3$, $U_0 = 0,955 U_{2m}$, $U_2 = 0,740 U_0$

Napięcia U_0 i U_2 dla rozpatrywanych układów prostownikowych zestawiono w tabeli 1.

Przebiegi prądu w uzwojeniach transformatora rozpatrujemy przy założeniu, że prąd wyprostowany ma wartość stałą $I_0 = \text{constans}$. Przy tym założeniu przebiegi prądów w układzie 3/3-fazowym na wejściu I'_1 i wyjściu I_2 transformatora mają przebieg jak na rys. 2. Prąd uzwojenia pierwotnego I'_1 jest sprowadzony na stronę napięcia U_2 w układzie Y.

Wartość skuteczna prądu przed I'_1 i za I_2 transformatorem sprowadzona na napięcie U_2 .

$$I_2 = I'_1 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{5\pi}{6}} i^2 d\alpha} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_0 \quad (12)$$



TESEO®

www.teseoair.com



SYSTEMY MODUŁOWE



ENERGY SAVING



ZOPTYMALIZOWANE KOSZTY



PRODUKT EKOLOGICZNY



ZERO STRAT



NISKIE KOSZTY ROBOCIZNY



UNI EN ISO 9001



EN 13501-1:2007



ASME B31.1-B31.3



2014/68/UE

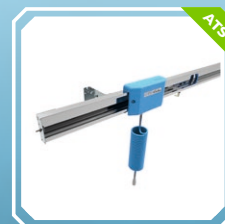


HBS – HOLLOW BAR SYSTEM

Jest to pierwszy na świecie, niezawodny i przyjazny dla środowiska, system modułowy z wytłaczanych aluminiowych drążonych prętów. Dzięki płytom i bloczkom wyjściowym z systemem szybkiego mocowania system może być w każdej chwili zmodyfikowany lub sprawnie i bezpiecznie rozbudowany.



HBS



ATS

ATS – Zasilanie z wykorzystaniem przesuwnego wózka



WBA

WBA – Stoły robocze pod ciśnieniem

APS – MODULAR PIPING SYSTEM



APS

Innowacyjny system do łatwego, intuicyjnego i wytrzymałego montażu inspirowanego zamykaniem na jaskółczy ogon.



DCS

Nowe wielozadaniowe terminale dla rur schodzących



SAB

SAB – Wsporniki z ramieniem obrotowym



AMS

AMS – Kolektory aluminiowe

MODUŁOWE SYSTEMY ALUMINIOWE DO DYSTRYBUCJI ENERGII PŁYNÓW
SYSTEMY SPRĘŻONEGO POWIETRZA, PODCIŚNIENIA, AZOTU I PŁYNÓW TECHNICZNYCH



NIESTANDARDOWE ROZWIĄZANIA ERGONOMICZNE

W 1988 r. Teseo Srl zapoczątkowała nowy rynek, projektując i wprowadzając do światowego przemysłu **innowacyjne aluminiowe systemy modułowe** do rozprowadzania sprężonego powietrza i nie tylko. Rewolucyjne systemy, **starannie zaprojektowane i wyprodukowane we Włoszech**, stworzono tak, aby były **szybkie** w instalacji, **trwałe** i **wydajne** w czasie: wszystko to z myślą o **rentowności**, zrównoważonym wykorzystaniu energii i ochronie środowiska.

Od tego czasu Teseo nie zaprzestała prac nad **tworzeniem i projektowaniem rozwiązań dostosowanych do potrzeb** każdego klienta, ale też nieustannie **odnawiała** swoją ofertę rozwiązań do rozprowadzania sprężonego powietrza i cieczy technologicznych pod ciśnieniem, dążąc do zyskania miana solidnego i niezawodnego **partnera** na odcinku od punktu wytwarzania do maszyny. Wszystko to z wykorzystaniem **doświadczenia i umiejętności**, którymi poszczycić mogą się **tylko ci, którzy** wymyślili produkt.

TESEO SRL

Via degli Oleandri, 1
25015 - Desenzano del Garda
BRESCIA - ITALY
T. +39 030 9150411

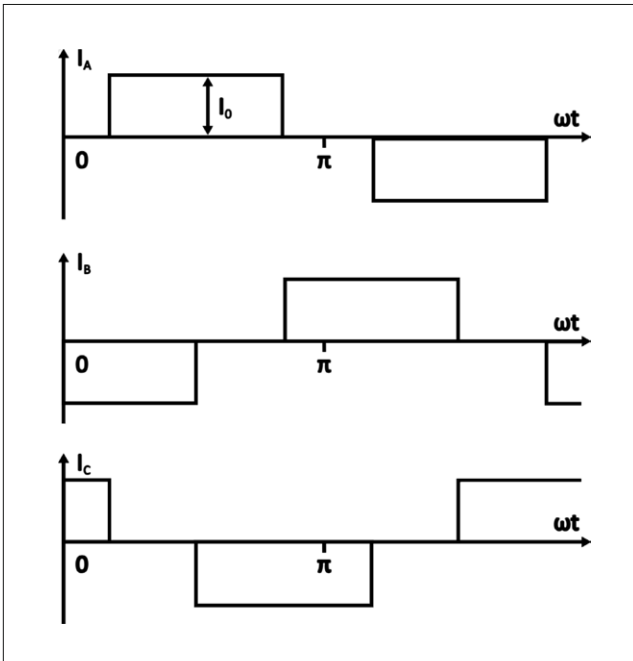
www.teseoair.com
teseo@teseair.com



MADE IN ITALY



31 MARCA - 4 KWIECIEŃ
**HALA 5
STOISKO B44**



↑ Rys. 2. Przebiegi prądu transformatora $I_2 = I'_1$ o liczbie faz $m_1 = m_2 = 3$

W obliczeniach mocy znamionowej transformatora zakładamy, że prostownik jest obciążony prądem stałym znamionowym I_{0N} , a jego napięcie $U_{0N} = \text{constans}$. Moc znamionowa prostownika wynosi:

$$P_{0N} = U_{0N} I_{0N} \quad (13)$$

Moc znamionowa uzwojenia wtórnego transformatora:

$$S_{2N} = \sqrt{3} U_{2N} I_{2N} = \sqrt{3} \cdot \frac{\pi}{3\sqrt{2}} U_{0N} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{0N} = 1,01 P_{0N} \quad (14)$$

Moc znamionowa uzwojenia pierwotnego jest identyczna jak moc znamionowa uzwojenia wtórnego:

$$S_{1N} = \sqrt{3} U_{1N} I_{1N} = \sqrt{3} \vartheta U_N \frac{1}{\vartheta} I_{2N} = S_{2N} = 1,01 P_{0N} \quad (15)$$

Rozpatrywane transformatory 3/3, 3/6, 3/9 i 3/12-fazowe mają uzwojenie pierwotne $m_1 = 3$ -fazowe. We wszystkich wymienionych transformatorach prąd znamionowy I_{1N} i moc znamionowa uzwojenia pierwotnego S_{1N} jest taka sama jak transformatora 3/3-fazowego.

Moc znamionowa transformatora S_N jest mocą średnią uzwojeń pierwotnego S_{1N} i wtórnego S_{2N} . Uzwojenia są umieszczone w oknie, zatem moc S_N determinuje wymiary rdzenia transformatora oraz gabaryty i masę, a także straty mocy w transformatorze.

3. Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 = 6$

Transformator prostownikowy 3/6-fazowy ma przesunięcie fazy między trójkątami napięć wtórnych o kąt ($\pi/6$). Naturalne

przesunięcie fazy o kąt ($\pi/6$) mają układy yd w transformatorach Ydy i Dyd – rys. 3a. Transformator Ydy zasilany napięciem 3-fazowym, (czystym: $U_2 = 0$, $THD_u = 0$), plus prostownik 6-fazowy 2-pulsowy, ma napięcie wyprostowane 12-pulsowe. Transformatory 3/6-fazowe stosowane są także w energetyce do łączenia dwóch sieci o różnych napięciach. Transformator prostownikowy różni się od transformatora 3/6-fazowego energetycznego mocą znamionową uzwojeń wtórnych i rozmieszczeniem uzwojeń w oknie. W transformatorze energetycznym trójuzwojeniowym suma mocy uzwojeń wtórnych jest równa mocy uzwojenia pierwotnego i wszystkie uzwojenia w oknie transformatora mają jednakową wysokość, to powoduje, że napięcia zwarcia między uzwojeniami Yy i Yd są różne. W transformatorach prostownikowych wymagane jest takie samo napięcie zwarcia uzwojeń Yy i Yd. Wymóg ten determinuje takie ułożenie uzwojeń w oknie rdzenia magnetycznego, aby strumienie magnetyczne rozproszenia były identyczne – rys. 3b.

Amplitudy napięć międzyfazowych na uzwojeniach „y” i „d” transformatora prostownikowego powinny być identyczne, aby prostowniki można było łączyć równolegle bądź szeregowo. Otóż uzwojeń „y” i „d”, umieszczonych na tym samym rdzeniu transformatora, o identycznym napięciu wykonać się nie da, gdyż stosunek liczby zwojów N -tych uzwojeń jest liczbą niewymierną:

$$\frac{N_d}{N_y} = \sqrt{3} \quad (16)$$

Dla transformatora Yyd liczby zwojów uzwojeń wtórnych:

$$N_y = \frac{N_1}{\vartheta} = \text{l. c.} \quad (17)$$

$$N_d = \sqrt{3} \frac{N_1}{\vartheta} = \text{l. c.} \quad (18)$$

Przekładnia napięciowa:

$$\vartheta = \frac{U_1}{U_2} \quad (19)$$

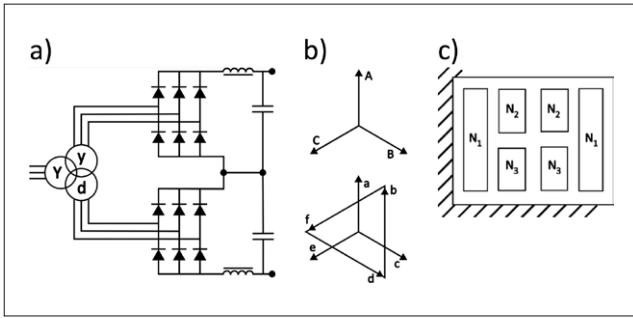
Liczbę zwojów N_1 uzwojenia pierwotnego Y lub D obliczamy projektując transformator na napięcie sieci U_1 . Napięcie U_2 uzwojenia $m_2 = 6$ fazowego:

$$U_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}m_2 \sin \frac{\pi}{2m_2}} U_0 = \frac{\pi}{2\sqrt{2} \cdot 6 \sin \frac{\pi}{2 \cdot 6}} U_0 = 0,715 U_0 \quad (20)$$

Uzwojenia wtórne „y” i „d” są wykonane z liczbą zwojów całkowitą (l. c.). Ma to swoje konsekwencje, napięcia z prostowników U_{0y} i U_{0d} nie mają tej samej wartości. Wyjścia z prostowników korzystnie jest łączyć szeregowo – rys. 3a. Połączenie równoległe prostowników powoduje przepływ prądu wyrównawczego i w celu ograniczenia prądu wyrównawczego należy dodatkowo stosować dławiki. Dotyczy to wszystkich prostowników bazujących na transformatorze o liczbie faz $m_2 > 3$.

Rozpatrujemy jeden prostownik.

Wartość skuteczna prądu w przewodach między transformatorem a prostownikiem:



↑ Rys. 3. Transformator Yyd z prostownikiem i filtrem: a) szeregowo połączenie prostownika, b) wskaźy napięć na uzwojeniu transformatora, c) rozmieszczenie uzwojeń transformatora w oknie

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} I_0^2 d\alpha} = \frac{I_0}{\sqrt{3}} \quad (21)$$

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}m_2 \sin \frac{\pi}{2m_2}} U_0 = 0,715U_0 \quad (22)$$

$$S_{2N} = 2\sqrt{3} \cdot \frac{I_0 N}{\sqrt{3}} 0,715U_{2N} = 1,43P_{0N} \quad (23)$$

Moc średnia:

$$S_N = \frac{1}{2}(S_{1N} + S_{2N}) = \frac{1}{2}(1,01 + 1,43)P_{0N} = 1,22P_{0N} \quad (24)$$

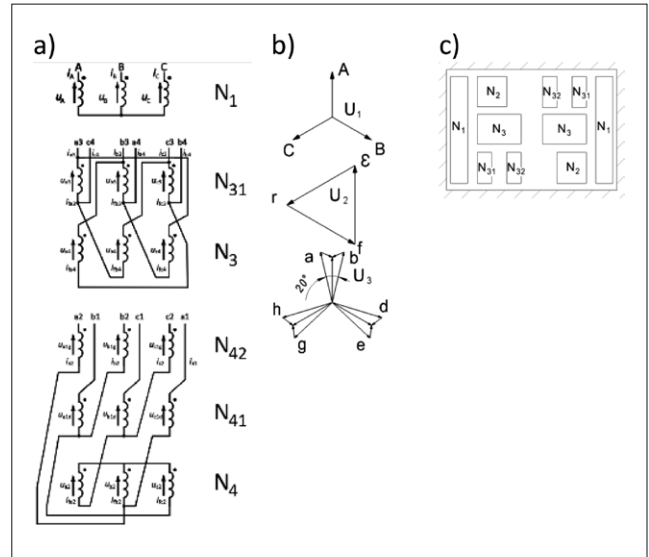
Transformatory prostownikowe Yyd lub Dyd są stosowane na podstacjach trakcyjnych, w grzejnictwie indukcyjnym w odlewniach i kuźniach oraz w układach napędowych pędu stałego dużej mocy, np. maszyn wyciągowych w kopalniach i maszyn walcowniczych w hutach. Transformator prostownikowy Yyd lub Dyd ma gabaryty i masę uzwojeń i rdzenia o 22% większą od transformatora energetycznego Yd lub Dy. Koszty wytworzenia transformatora prostownikowego Yyd są odpowiednio wyższe, a sprawność energetyczna niższa.

4. Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 = 9$

Wariantów rozwiązania transformatora powiększającego liczbę faz z 3 na 9 jest kilka. Na rys. 4 przedstawiono układ Ydy_{z,z}. Jest to układ jednordzeniowy oszczędny pod względem zużycia miedzi. Kąty między trójkątami wskazań napięć na uzwojeniach (N_3+N_{31}) i N_3+N_{32} wynoszą 20°, a wskaźy napięć na uzwojeniu N_2 są skrócone o dalsze 20°. Jeśli transformator 3/9-fazowy jest zasilany napięciem 3-fazowym, (czystym – $U_2 = 0$, $THD_u = 0$) i jest połączony z prostownikiem 9-fazowym 2-pulsowym, to za prostownikiem jest napięcie stałe U_{DC} 18-pulsowe.

Napięcie przed prostownikiem U_2 , przy liczbie faz $m_2 = 9$:

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}m_2 \sin \frac{\pi}{2m_2}} U_0 = 0,711U_0 \quad (25)$$



↑ Rys. 4. Transformator 9-fazowy: a) układ połączenia uzwojeń, b) wskaźy napięć w uzwojeniach, c) rozmieszczenie uzwojeń w oknie

Równania napięć uzwojeń:

$$U_2 = U_3 \cos 10^\circ + U_{31} \cos 50^\circ \quad (26)$$

$$U_3 \sin 10^\circ = N_{31} \sin 50^\circ \quad (27)$$

$$U_2 = U_3 \left(\cos 10^\circ + \frac{\sin 10^\circ}{\sin 50^\circ} \cos 50^\circ \right) = 1,138U_3 \quad (28)$$

$$U_3 = 0,906U_2 \quad (29)$$

$$U_{31} = 0,906U_2 \frac{0,1736}{7660} = 0,2053U_2 \quad (30)$$

$$U_{31} = U_{32} = 0,2053U_2 \quad (31)$$

Prądy w uzwojeniu N_2 przeliczonym na gwiazdę i w uzwojeniach: N_3, N_{31}, N_{32} :

$$I_2 = I_{31} = I_{32} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\frac{7}{18}\pi}^{\frac{11}{18}\pi} I_0^2 d\alpha} = \frac{\sqrt{2}}{3} I_0 \quad (32)$$

$$I_3 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\frac{5}{18}\pi}^{\frac{13}{18}\pi} I_0^2 d\alpha} = \frac{2}{3} I_0 \quad (33)$$

Moc uzwojeń wtórnych:

$$S_2 = \sqrt{3}U_2(I_2 + \frac{U_3}{U_2}I_3 + 2\frac{U_{31}}{U_2}I_2) \quad (34)$$

$$S_2 = \sqrt{3} \cdot 0,711U_0 \left(\frac{\sqrt{2}}{3} + 0,906 \cdot \frac{2}{3} + 2 \cdot 0,2053 \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} \right) I_0 \approx 1,56P_0 \quad (35)$$

Moc znamionowa uzwojenia pierwotnego:

$$S_{1N} = \sqrt{3}U_1I_1 = 1,01P_0 \quad (36)$$

Moc znamionowa (obliczeniowa):

$$S_N = 1,28P_0 \quad (37)$$

5. Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 = 12$

Wariantów rozwiązania transformatora powiększającego liczbę faz z 3 na 12 jest kilka. Na rys. 5 przedstawiono układ jednordzeniowy oszczędny Yd_6Y_{zz} , to znaczy, że w tym rozwiązaniu stosunek mocy S_N/P_0 transformatora jest najmniejszy. Układ uzwojenia transformatora 12-fazowego bazuje na trójkącie N_3 i gwiazdzie N_4 . W uzwojeniu trójkąta N_3 między punkty wspólne a_1b_1 jest włączona faza c uzwojenia N_{31} itd. Wskazy napięć na uzwojeniu N_3 są większe, a na uzwojeniu N_{31} są mniejsze, wspólnie tworzą zamknięty sześciobok, jak na rys. 5b. Uzwojenie N_4 jest połączone w gwiazdę, do fazy a uzwojenia N_4 jest dołączona faza b uzwojenia N_{41} i faza c uzwojenia N_{42} itd. Połączone uzwojenia tworzą układy: (N_4+N_{41}) i (N_4+N_{42}) , a wskazy ich napięć dwa zygzaki y_{zz} . Kąty między sąsiednimi wskazami napięć międzyfazowych wynoszą 15° . Cztery trójkąty napięć międzyprzewodowych są względem siebie skręcone o kąty 15° . Jeśli transformator 3/12-fazowy jest zasilany napięciem 3-fazowym, (czystym – $U_2 = 0, THD_u = 0$) i jest połączony z prostownikiem 12-fazowym 2-pulsowym, to na wyjściu prostownika jest napięcie stałe $U_{DC} = U_0$ 24-pulsowe.

Napięcie U_2 przy liczbie faz $m_2 = 12$:

$$U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}m_2 \sin\frac{\pi}{2m_2}} U_0 = 0,709U_0 \quad (38)$$

Równania napięć:

$$U_2 = U_4 \cos 7,5^\circ + U_{41} \cos 52,5^\circ \quad (39)$$

$$U_4 \sin 7,5^\circ = N_{41} \sin 52,5^\circ \quad (40)$$

$$U_2 = U_4 \left(\cos 7,5^\circ + \frac{\sin 7,5^\circ}{\sin 52,5^\circ} \cos 52,5^\circ \right) = 1,092U_4 \quad (41)$$

$$U_4 = U_3 = 0,9161U_2 \quad (42)$$

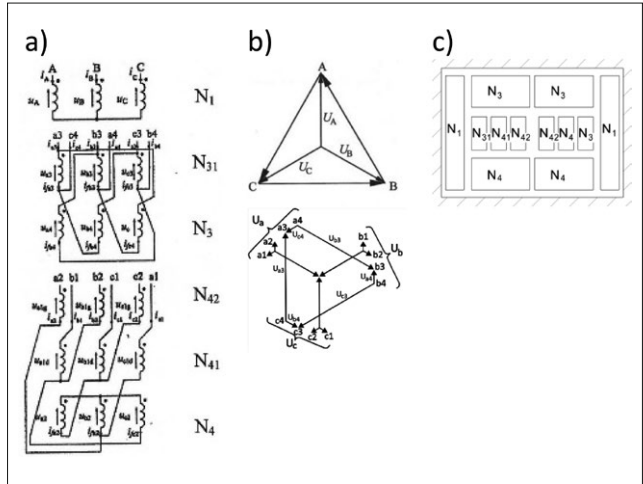
$$U_{41} = U_4 \frac{\sin 7,5^\circ}{\sin 52,5^\circ} = 0,1507U_2 \quad (43)$$

$$U_{41} = U_{42} = U_{31} = 0,1507U_2 \quad (44)$$

Prąd w uzwojeniach N_{41}, N_{42} i N_3, N_{31} i N_4 i przeliczonym na gwiazdę;

$$I_{41} = I_{42} = \sqrt{\frac{7}{\pi} \int_{\frac{5}{12}\pi}^{\frac{11}{12}\pi} I_0^2 d\alpha} = \frac{1}{\sqrt{6}} I_0 \quad (45)$$

$$I_3 = I_{31} = I_4 = \sqrt{\frac{11}{\pi} \int_{\frac{7}{12}\pi}^{\frac{11}{12}\pi} I_0^2 d\alpha} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_0 \quad (46)$$



↑ Rys. 5. Transformator 12-fazowy: a) układ połączenia uzwojeń, b) wskazy napięć w uzwojeniach c) rozmieszczenie uzwojeń w oknie

Moc uzwojeń wtórnych:

$$S_2 = \sqrt{3}U_2 \left(I_3 \frac{U_3+U_4+U_{31}}{U_2} + I_{41} \frac{2U_{41}}{U_2} I_3 \right) \quad (47)$$

$$S_2 = \sqrt{3} \cdot 0,709U_0 \left(\frac{1}{\sqrt{3}} (2 \cdot 0,91601 + 0,1507) + \frac{2}{\sqrt{6}} 0,1507 \right) I_0 = 1,56P_0 \quad (48)$$

$$S_{1N} = \sqrt{3}U_1I_1 = 1,01P_0 \quad (49)$$

Moc znamionowa:

$$S_N = 1,28P_0 \quad (50)$$

6. Wpływ układu prostownika na kompatybilność elektromagnetyczną sieci elektroenergetycznej

W warunkach eksploatacyjnych napięcie 3-fazowe czyste ($U_2 = 0, THD_u = 0$) w sieci elektroenergetycznej jest przypadkiem szczególnym. Zgodnie z Rozporządzeniem [3] symetria napięcia 3-fazowego mieści się w tolerancji 2%, a odkształcenie przebiegu sinusoidalnego w tolerancji 8%. Wymienione tolerancje wpływają na pulsacje napięcia wyprostowanego, i współczynnik odkształcenia prądu THD_I pobieranego z sieci. Przy prądzie obciążenia prostownika ($I_0 = 0$) oddziaływanie transformatora prostownikowego na sieć elektroenergetyczną nie występuje.

Wpływ transformatora prostownikowego na THD_U sieci elektroenergetycznej zależy od: napięcia zwarcia sieci w miejscu przyłączenia transformatora $u_{z\%}$ sieci, i współczynnika odkształcenia prądu transformatora THD_I .

Przy obliczaniu wyższych harmonicznych prądu pobieranego z sieci I_v zakładamy:

- napięcie sieci elektroenergetycznej jest czyste,
- prąd prostownika ma wartość stałą ($I_{DC} = I_0$),

- pomijamy prąd stanu jałowego transformatora, tzn. że: ($\theta_\mu = 0, \Delta P_{Fe} = 0$),
- przebiegi prądu w fazach A, B, C są symetryczne.

W układzie $m_1 = 3$ -fazowym i jego wielokrotności mogą płynąć wyłącznie harmoniczne: $v = 1$ i $v = (6n \mp 1)$, gdyż dla harmonicznych parzystych ($v = 2n$) i dla harmonicznych ($v = 3n$) obwód elektryczny transformatora i sieci jest otwarty i te harmoniczne prądu płynąć nie mogą, $n > 0$ jest liczbą naturalną.

Na kolumnie transformatora, przy ($\theta_\mu = 0$) siła magnetyczna (smm) uzwojenia pierwotnego θ_{1v} jest równa smm uzwojeń wtórnych θ_{2vk} .

$$\theta_{1v} = \sum_k \widehat{\theta}_{kv} \quad (51)$$

Jest to **suma geometryczna** k uzwojeń wtórnych na kolumnie rdzenia magnetycznego. Powyższa równość dotyczy każdej z harmonicznych $v = 1$ i $v = (6n \mp 1)$,

Dla transformatora D_y i Y_d , $k = 1$, harmoniczne smm w uzwojeniach:

$$\theta_{1v} = N_1 I_{1v} = N_2 I'_{1v} = \theta_{2v} = N_2 I_{2v} \quad (52)$$

N_1 i N_2 liczby zwojów uzwojeń przeliczone na układ Y_y .

Harmoniczne smm uzwojenia pierwotnego θ_{1v} i uzwojenia wtórnego θ_{2v} są równe, zatem harmoniczne prądu:

$$I_{1v} = \frac{1}{g} I_{2v} \quad (53)$$

Dla transformatora o liczbie faz $m_2 = 6$, o układzie połączenia uzwojeń Y_d lub D_y , $k = 2$, harmoniczna $v = 1$ smm:

$$\theta_1 = \theta_{2y} \mp \theta_{2d} = \theta_{2y} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 1,866\theta_{2y} \quad (54)$$

natomiast harmoniczne $v > 1$ wynoszą:

$$\theta_{2v} = \theta_{yv} + \theta_{dv} e^{jv\pi/m_2} = \theta_{1v} \quad (55)$$

Harmoniczna $v = 5$

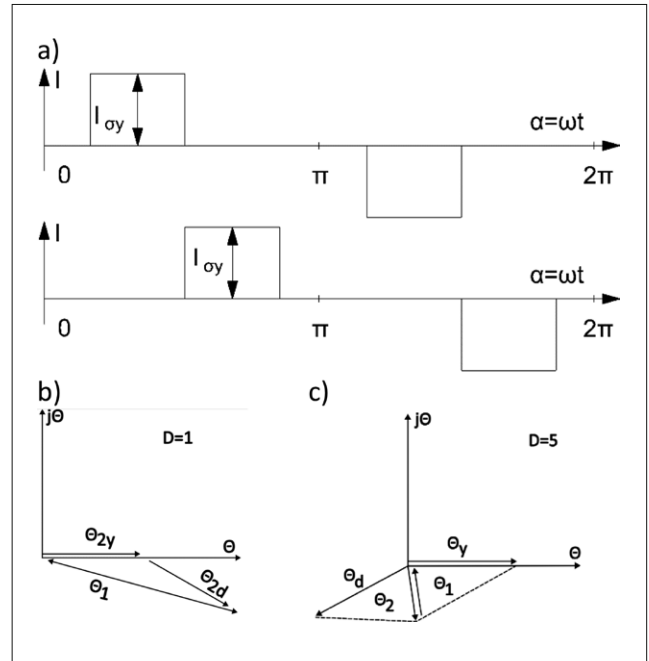
$$\begin{aligned} \theta_{1(v=5)} &= \theta_{2(v=5)} = \\ &= \theta_{2y(v=5)} (1 + \cos 150^\circ + j \sin 150^\circ) = \\ &= 0,5176\theta_{y(v=5)} \end{aligned} \quad (56)$$

Smm układu $m_2 = 6$ -fazowego w stosunku do układu $m_2 = 3$ -fazowego:

$$\frac{\theta_{1(v=5)}}{\theta_{2(v=5)}} = 0,5 \cdot 0,5176 = 0,2588 \quad (57)$$

Harmoniczne prądu w uzwojeniu pierwotnym są mniejsze niż w uzwojeniu wtórnym:

$$I_{1(v=5)} = 0,2588 \frac{1}{g} I_{2(y+d)(v=5)} \quad (58)$$



↑ Rys. 6. a) - przebiegi prądu w uzwojeniach wtórnych y_d oraz b) i c) - wektory smm, na płaszczyźnie liczb zespolonych, harmonicznej $v=1$ i harmonicznej $v=5$

Harmoniczna $v = 7$

$$\begin{aligned} \theta_{1(v=7)} &= \theta_{2(v=7)} = \\ &= \theta_{2y(v=7)} (1 + \cos 210^\circ + j \sin 210^\circ) = \\ &= 0,5176\theta_{2y(v=7)} \end{aligned} \quad (59)$$

$$I_{1(v=5)} = 0,2588 \frac{1}{g} I_{2(y+d)(v=7)} \quad (60)$$

Na rysunku 6a przedstawiono przebiegi czasowe prądu w uzwojeniach wtórnych transformatora, a na rys. 6b i 6c przedstawiono, w układzie współrzędnych zespolonych, wektory smm harmonicznych $v = 1$ i $v = 5$.

Przeprowadzone przeliczenia wykazały, że transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 = 6$, zmniejsza największe harmoniczne $v = 5$ i 7 prądu blisko czterokrotnie. Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 > 3$ działa jak filtr wyższych harmonicznych prądu generowanych przez prostownik.

Podobne obliczenia przeprowadza się dla transformatorów prostownikowych o licznie faz $m_2 = 9$ i 12 .

Współczynnik odkształcenia prądu pobieranego z sieci spowodowany przez układ transformator-prostownik:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{(v=5)}^{50} I_v^2}}{I_1} \quad (61)$$

Współczynnik odkształcenia napięcia sieci wprowadzanego przez układ transformator-prostownik zależy od napięcia zwarcia sieci $u_{z\%seci}$ w punkcie przyłączenia transformatora:

$$u_{z\%seci} = \frac{S_{Ns}}{S_{zs}} 100 \quad (62)$$

S_{Ns} i S_{zs} – moc znamionowa i moc zwarcia sieci w punkcie przyłączenia transformatora.

Reaktancja zwarcia sieci:

$$X_{zs} \approx Z_{zs} = \frac{u_{zs\%} U_{Ns}}{100 \sqrt{3} I_{Ns}} \quad (63)$$

Wartość skuteczna napięcia harmonicznej U_v wynosi:

$$U_v = v X_{zs\%} \frac{U_{1N}}{3} I_v \quad (64)$$

i współczynnik odkształcenia napięcia:

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{(v=5)}^{50} U_v^2}}{U_{1N}} \quad (65)$$

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono układy uzwojeń transformatora prostownikowego o liczbie faz $m_1 = 3$ i $m_2 = 3, 6, 9, 12$. Obliczano moc znamionową transformatora S_N przy założonej mocy P_{0N} prądu stałego. W transformatorze o liczbie faz $m_2 = 3$ uzwojenia są identyczne jak w transformatorach energetycznych, a moc znamionowa transformatora jest tylko o 1% większa od mocy znamionowej prądu stałego P_{0N} . Powielenie liczby faz uzwojenia wtórnego transformatora $m_2 > 3$, zwiększa moc znamionową S_N transformatora. Transformator ma większy gabaryt, jest droższy i ma większe straty mocy, zwiększa to koszt eksploatacyjny. W transformatorze o liczbie faz $m_2 = 6$ uzwojenie wtórne jest standardowe yd i nie ma układów alternatywnych. Uzwojenia y i d mają taką samą moc znamionową i w oknach transformatora są tak rozłożone, aby ich reaktancje były identyczne. Transformatory o liczbie faz $m_2 = 9$ i 12 mają kilka alternatywnych rozwiązań. W artykule przedstawiono tylko układy oszczędne, o najmniejszej mocy S_N . Wyniki obliczeń, wartości względnych, napięcia i mocy transformatorów zestawiono w tabeli 1.

Transformator prostownikowy jest dedykowany do zasilania prostowników AC/DC.

Napięcie wyprostowane U_{DC} powinno mieć wartość stałą U_0 . Składowe zmienne w napięciu wyprostowanym stanowią zakłócenia. Jakość napięcia wyprostowanego U_{DC} (pulsacje napięcia) zależą od liczby faz m_2 oraz od jakości napięcia zasilania: składowej przeciwnej kolejności faz $u_{2\%}$ i wyższych harmonicznych napięcia reprezentowanych przez współczynnik THD_U . W sieci elektroenergetycznej zarówno $u_{2\%}$ jak i THD_U występują w tolerancji zapisanej w Rozporządzeniu [3]. W każdym prostowniku składowa napięcia $u_{2\%}$ powoduje pulsacje o częstotliwościach mniejszych od częstotliwości $2m_2f$, gdzie $f = 50$ Hz, a harmoniczne napięcia THD_U przenoszą się na napięcie U_{DC} . Stosowanie liczby faz $m_2 > 3$ może być uzasadnione wymaganiami prostownika, np. dużym napięciem U_0 lub dużym prądem I_0 , przekraczającymi możliwości pojedynczych zaworów. Składowe zmienne w napięciu $u_{DC\%}$ w małym stopniu zależą od liczby faz $m_2 > 6$, wykazuje to wskaźnik pulsacji $u_{DC\%}$ przy $I_0 = 0$ – tabela 2. Przy $I_0 > 0$ pulsacja napięcia $u_{DC\%}$ jest mniejsza, gdyż indukcyjność uzwojenia transformatora ogranicza harmoniczne napięcia zasilania prostownika u_v :

$$u_{DC\%} = \frac{U_{DC\ max} - U_{DC\ min}}{U_0} 100 \quad (66)$$

Podana w tabeli 2 wartość $THD_U = 7,81\%$ napięcia sieci jest obliczona dla dwóch harmonicznych $u_{5\%} = 6\%$ i $u_{7\%} = 5\%$ o największych wartościach podanych w Rozporządzeniu [3], przy pozostałych harmonicznych $u_{(v=11+50)\%} = 0$. W układach z falownikami AC/DC/AC napięcie prostownika U_{DC} jest regulowane ($U_{DC\ min} \leq U_{DC} \leq U_{DC\ max}$) kątem załączenia ($\alpha > 60^\circ$) zaworów, – rys. 1d, pulsacje napięcia $u_{DC\%}$ są większe od wartości podanych w tabeli 2.

Decydując się na wybór transformatora prostownikowego m_1/m_2 -fazowego należy wziąć pod uwagę koszt zakupu

↓ Tabela 1. Parametry transformatora

Układ	m_2	U_0/U_{2m}	U_2/U_0	S_{1N}/P_{0N}	S_{2N}/P_{0N}	S_N/P_{0N}
Dy i Yd	3	0,955	0,740	1,01	1,01	1,01
Ydy lub Dyd	6	0,989	0,715	1,01	1,43	1,22
Ydy _{z,z}	9	0,995	0,711	1,01	1,56	1,28
Yd ₆ y ₆	12	0,997	0,709	1,01	1,56	1,28

↓ Tabela 2. Współczynnik pulsacji napięcia $u_{DC\%}$ przy $I_0 = 1$ i pełnymysterowaniu zaworów

Napięcie zasilania	Liczba pulsów (2m2) napięcia U_{DC}			
	6	12	18	24
	$u_{DC\%}$ przy $I_0 = 0$			
$u_{2\%}=0, THD_u = 0$	4,93	1,12	0,50	0,3
$u_{2\%}=2\%, THD_u = 0$	6,93	3,12	2,50	2,30
$u_{2\%}=0, THD_u = 7,81\%$	10,93	7,12	6,50	6,30
$u_{2\%}=2\%, THD_u = 7,81\%$	12,93	9,12	8,50	8,30

i sprawność eksploatacyjną oraz wpływ na odkształcenie napięcia sieci, a dopiero w drugiej kolejności czystość napięcia stałego U_{DC} . Transformator prostownikowy o liczbie faz $m_2 > 3$ działa jak filtr wyższych harmonicznych prądu pobieranego z sieci, lecz ma większą moc znamionową, czyli większy gabaryt, większe straty mocy, jest droższy, a korzystną właściwością są mniejsze pulsacje napięcia U_{DC} i mniejszy współczynnik odkształcenia prądu pobieranego z sieci:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{(v=5)}^{50} I_v^2}}{I_1} \quad (67)$$

Dobierając transformator do stacji prostownikowej należy uwzględnić wszystkie wymienione wskaźniki, w tym także dla transformatorów o liczbie faz $m_2 = 9$ i 12 o innej konfiguracji uzwojeń od przedstawionych na rysunkach 4a i 5a.

Literatura

- [1] SZYMAŃSKI J.R.: *Harmoniczne prądów w sieci zasilania z 12-pulsowymi prostownikami diodowymi*. „Elektro.info” 7-8/2016.
- [2] KULESZ B.: *Transformatory prostownikowe podstacji trakcyjnych*. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2009.
- [3] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego z dnia 22 marca 2023 r., (Dz.U.2023.0.819, rozdział 10, paragraf 45, punkt 5)

- [4] TUNIA H.: *Układy elektromagnetyczne prostowników wielopul-sowych*. „Przegląd Elektrotechniczny” 9/2005.
- [5] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne i transformatory*. Wydawnictwo WNT 2018.
- [6] *Ramowa instrukcja eksploatacji transformatorów*. Wydawnictwo: ZPBE Energopomiar-Elektryka. Gliwice 2022.

✉ **Marcin Barański**, marcin.baranski@git.lukasiewicz.gov.pl

✉ **Stanisław Gawron**, stanislaw.gawron@git.lukasiewicz.gov.pl

✉ **Tadeusz Glinka**, tadeusz.glinka@git.lukasiewicz.gov.pl

Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny

Reklama

ROZWIĄZANIA DLA TECHNIKI MOBILNEJ

HYDAC

NOWOCZESNE NAPĘDY ELEKTRYCZNE ENGIRO DO MASZYN MOBILNYCH

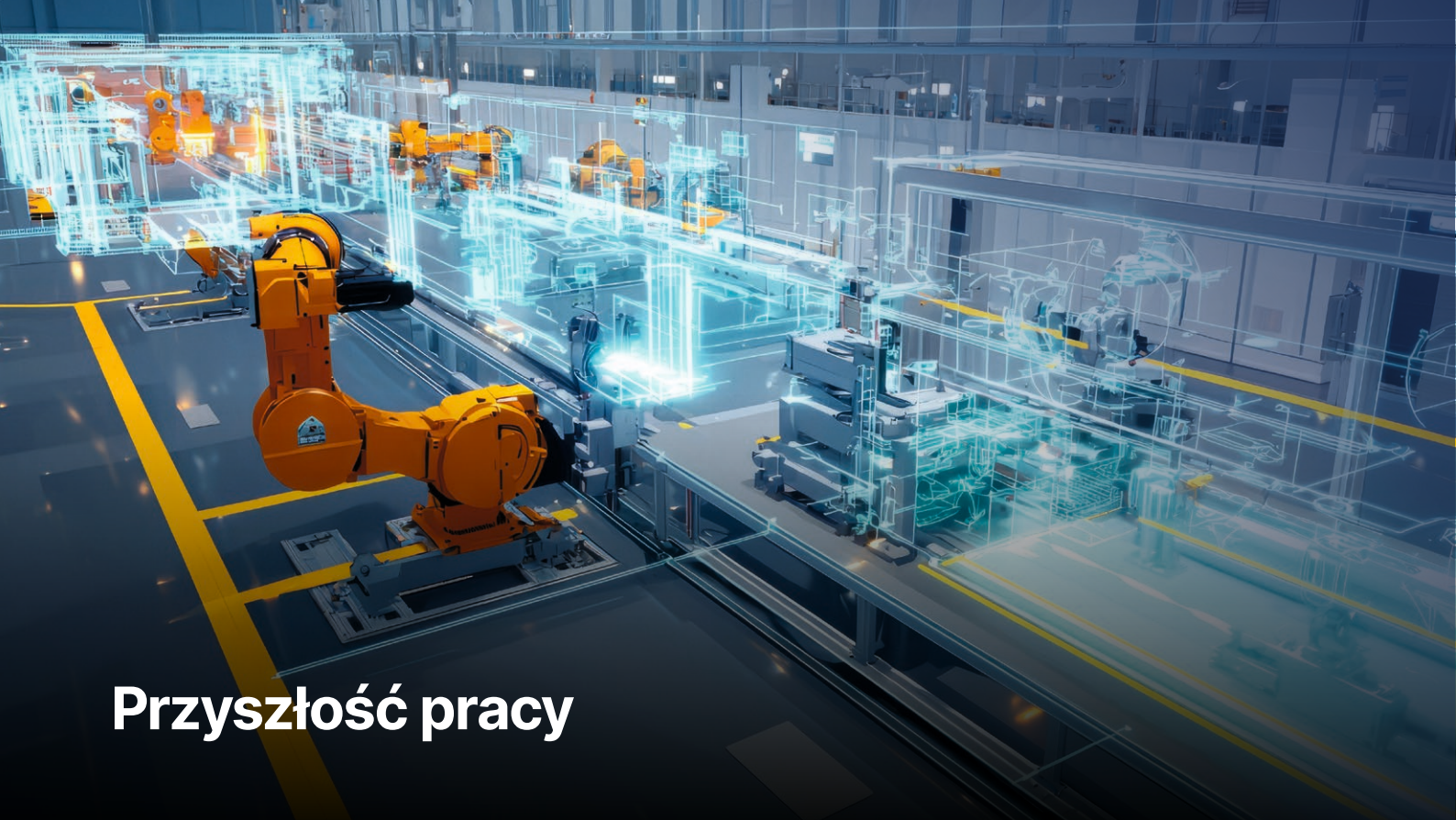
- Silniki z magnesami trwałymi **PMSM**
- Zakres mocy od **5 – 540kW**
- Zakres napięcia **48 – 850V**
- Obroty od **0 do 8000 obr/min**
- Chłodzone powietrzem lub cieczą
- Wiele wariantów przeniesienia napędu i mocowania
- Inwertery plug and play, jako opcja, wstępnie skonfigurowane z silnikiem i dopasowane do wymagań aplikacji klienta

ENGIRO
HYDAC INTERNATIONAL



hydac.com.pl





Przyszłość pracy

 Jerry Kaplan

Obawa, że GAI doprowadzi do powszechnego bezrobocia, nie jest nowym problemem w przypadku technologii transformacyjnych. Jednak dowody historyczne sugerują, że chociaż GAI może powodować zakłócenia, mało prawdopodobne, iż spowoduje długotrwałe problemy z bezrobociem. Wpływ GAI na rynki pracy można zrozumieć dzięki badaniu historycznych skutków automatyzacji, która ostatecznie doprowadziła do wzrostu produktywności, skrócenia czasu pracy i znacznego wzrostu bogactwa w ciągu ostatnich dwóch stuleci. Stymuluje to popyt i stwarza nowe możliwości zatrudnienia. Wzorce historyczne i trendy demograficzne wskazują, że obawy o powszechne bezrobocie z powodu GAI są bezpodstawne.

W tym rozdziale zbadano, które miejsca pracy prawdopodobnie znikną z powodu automatyzacji, które prawdopodobnie pozostaną nienaruszone, a które przypuszczalnie będą się rozwijać. Omówiono również nowe zawody i branże, które się pojawią, gdy dochody zaczną wzrastać, a konsumenci będą mieli więcej wolnych pieniędzy. Rozdział kończy się rozważaniem na temat „bezrobocia technologicznego”, niedopasowania między umiejętnościami potrzebnymi pracodawcom a umiejętnościami posiadanymi przez pracowników, a także na temat potrzeby szkolenia zawodowego w celu dostosowania się do zmieniających się wymagań rynku pracy.

Czy GAI zwiększy bezrobocie?

Za każdym razem, gdy technologia transformacyjna przebija się do świadomości publicznej, nadchodzi fala załamania rąk nad losem nieszczęsnych robotników, którzy zostaną zwolnieni¹. Wydaje się, że powszechnie przekonanie jest takie, iż po prostu wypadną z grupy zadowolonych, dobrze zarabiających zatrudnionych i zasilą przygnębione, zdezorientowane

masy bezrobotnych, tak jakby zysk jednego kapitalisty był stratą dla jakiegoś robotnika. Podliczmy to wszystko, a okaże się, że na Boga, teraz, gdy mamy GAI, już wkrótce nikt nie będzie miał przyzwoitej pracy!

Wydaje się, że prawie wszyscy, w tym wielu ekonomistów i czołowych myślicieli, którzy powinni wiedzieć lepiej, dołączają do tego chóru za każdym razem, gdy tylko zaczyna śpiewać². GAI nie jest wyjątkiem. W momencie, gdy to piszę, waszyngtońscy biurokraci zwołują narady na temat tego, co zrobić ze zbliżającym się kataklizmem pracowniczym. Wydaje się, że wierzą, iż tym razem będzie zupełnie inaczej – zupełnie jak ostatnim razem.

Ponieważ będziecie żyć w mojej przyszłości, może się okazać, że całkowicie się mylę, ale historia zdecydowanie jest po mojej stronie, gdy twierzę, że nie będzie to długofalowy problem. GAI z pewnością spowoduje wiele zakłóceń, jak wyszczególniono w poprzednich sekcjach, ale dowód numer jeden na moją argumentację jest prosty: pomimo wszystkich technologii ułatwiających pracę i likwidujących miejsca

zatrudnienia w przeszłości mamy (przynajmniej w 2023 roku w Stanach Zjednoczonych) to, co ekonomiści nazywają pełnym zatrudnieniem (obecnie 3,4% bezrobocia). To okropne, jeśli nie macie pracy i jej szukacie, ale istnieje pewna naturalna fluktuacja, gdy ludzie się przemieszczają, zmieniają pracę, firmy wypadają z rynku i tak dalej. Ekonomiści szacują, że „naturalna” stopa bezrobocia z powodu tych czynników wynosi około 5%, a w tym momencie jesteśmy znacznie poniżej tego poziomu. Co więc wydarzyło się w przeszłości, dla czego i co może to oznaczać dla przyszłości?

Zacznę od powracającego mitu, który regularnie promują ludzie zarówno z branży sztucznej inteligencji, jak i spoza niej: że istnieje „zła” sztuczna inteligencja, która zastępuje pracowników, oraz „dobra” sztuczna inteligencja, która pomaga pracownikom zwiększać produktywność.

Problem z mitem to prosta sprawa. Oczywiście, gdy zastępujemy pracowników komputerami lub robotami, pozbawiamy ludzi pracy. Niestety, gdy poprawiamy produktywność pracowników, jednocześnie potrzebujemy ich mniej, więc nadal pozbawiamy ludzi pracy. Wyobraźcie sobie, że prowadzicie firmę cateringową z dwoma segmentami klientów: sprzedażą dla konsumentów, którzy składają zamówienia indywidualne, oraz sprzedażą dla korporacji, które składają zamówienia zbiorcze. Waszym największym wydatkiem, po kosztach jedzenia, jest stu sprzedawców, których zatrudnacie do przyjmowania zamówień telefonicznych i z których

połowa pracuje z konsumentami, a połowa z klientami korporacyjnymi. Jeśli wprowadzicie nowy sposób składania zamówień online, co wyeliminuje potrzebę obsługi sprzedaży konsumenckiej, nie będziecie potrzebować już pięćdziesięciu pracowników, którzy wcześniej przyjmowali te zamówienia: zatem pięćdziesiąt osób straci pracę. Jeśli zamiast tego wprowadzicie wewnętrzny system zarządzania zamówieniami, który sprawi, że zarówno pracownicy zajmujący się konsumentami, jak i korporacjami będą dwa razy bardziej produktywni, nie będziecie już potrzebować dwudziestu pięciu pracowników sprzedaży konsumenckiej i dwudziestu pięciu pracowników sprzedaży korporacyjnej: tak więc pięćdziesiąt osób i tak straci pracę. Niezależnie od tego, czy całkowicie likwidujecie połowę zadań swoich pracowników, czy podwajacie produktywność wszystkich pracowników, ta sama liczba osób zostaje bez pracy. Zatem właściwie nie ma różnicy.

Istnieje drugi mit, który często krąży wokół sztucznej inteligencji – chociaż ten sam argument dotyczy oczywiście każdej formy automatyzacji. Jeśli sztuczna inteligencja (lub jakakolwiek technologia, która zwiększa produktywność) automatyzuje szeroki zakres zadań, nic nie zostaje do roboty dla ludzi. Obalenie go wymaga trochę więcej wyjaśnień.

Aby pokazać wam dla czego, zamierzam zbadać wpływ sztucznej inteligencji na rynki pracy najpierw z poziomu troposfery, a następnie z bliska. Jaki jest ogólny obraz sytuacji?

Reklama

Zyskaj elastyczność z rozwiązaniem All-in-one.
Testuj i wprowadzaj zmiany bez ograniczeń.

LINAK® 
WE IMPROVE YOUR LIFE



LINAK.PL/I/O

Interfejs I/O™ teraz dostępny w całej ofercie siłowników przemysłowych LINAK® – Idealny dla dużych i małych projektów!

Jak ewoluują rynki pracy i jak zmieniają się w odpowiedzi na nowe technologie? Mam nadzieję, że to oczywiste, iż sztuczna inteligencja w ogóle, a w szczególności GAI, to nowa fala automatyzacji. Aby zrozumieć jej prawdopodobny wpływ, warto przyjrzeć się poprzednim falom automatyzacji.

Jak automatyzacja wpływa na rynki pracy?

Zacznijmy od tego, co jest prawdopodobnie największym obszarem oddziaływania automatyzacji w najnowszej historii ludzkości, choć tak naprawdę zaczęło się dopiero około dwustu lat temu: uprzemysłowienia rolnictwa. Zasadniczo opracowaliśmy technologię, która zastąpiła prawie całą ludzką siłę roboczą niezbędną do pracy na roli, przynajmniej w krajach rozwiniętych. Możemy uprawiać pola, siać, pielęgnować i zbierać plony, wykonując niewielki ułamek pracy koniecznej dawniej.

Rezultaty tej automatyzacji nie są niczym zaskakującym – spowodowały wręcz apokaliptyczną zmianę charakteru pracy. W okolicach 1800 roku około 90% ludności USA pracowało w rolnictwie. W zasadzie byliśmy narodem rolników. Prawie wszyscy uprawiali i przygotowywali jedzenie. Dziś robi to mniej niż 2% populacji – i nadal panuje przekonanie, że tę branżę można automatyzować jeszcze bardziej. I jak to mówią w tych reklamach telewizyjnych: „ale to nie wszystko!”. Dramatycznie spadły także koszty żywienia. Jeszcze w 1900 roku przeciętna amerykańska rodzina wydawała na żywność 43% swoich dochodów. Rozważmy to dokładnie: prawie połowa wynagrodzenia szła na wyżywienie rodziny. Obecnie jest to 6%, z czego jedna trzecia idzie na jedzenie w restauracjach, co chyba należy uznać za rozrywkę.

Rolnictwo nie jest jedyną branżą przekształconą na skutek automatyzacji w ciągu ostatnich dwóch stuleci. Wiele innych rzeczy zostało również zautomatyzowanych: w produkcji, transporcie, komunikacji i prawie we wszystkim innym. Całkowity wpływ na gospodarkę jest niezwykły. Co ogólnie stało się z pracą, a co z bogactwem?

Jeśli chodzi o pracę, szczegóły komplikują sezonowość pracy w gospodarstwach, wprowadzenie standardowych godzin pracy w biurach i zakładach produkcyjnych oraz wykorzystanie sztucznego światła. Mimo to przybliżony średni czas pracy w XIX wieku wahał się od około sześćdziesięciu do osiemdziesięciu godzin tygodniowo. Porównajmy to z dniem dzisiejszym. Według szacunków amerykańskiego Biura Statystyk Pracy (ang. *US Bureau of Labor Statistics*) w 2023 roku przeciętny pracownik zatrudniony w pełnym wymiarze godzin poświęcał na pracę 34,4 godziny tygodniowo³. Innymi słowy, ludzie dziś pracują około połowę czasu, jaki ich przodkowie przepracowali sto czy dwieście lat temu.

A teraz przyjrzyjmy się zamożności. Czy naprawdę mamy więcej niż nasi przodkowie? No pewnie. I to nie w niewielkim stopniu, ale w dużym. W rzeczywistości średni dochód gospodarstw domowych w USA podwajał się mniej więcej co czterdzieści lat w ciągu ostatnich dwóch stuleci. Oznacza to, że ludzie mają o wiele więcej pieniędzy do wydania i je wydają. Produkt krajowy brutto w Stanach Zjednoczonych

Zasadniczo opracowaliśmy technologię, która zastąpiła prawie całą ludzką siłę roboczą niezbędną do pracy na roli, przynajmniej w krajach rozwiniętych. Możemy uprawiać pola, siać, pielęgnować i zbierać plony, wykonując niewielki ułamek pracy koniecznej dawniej.

w 1800 roku, skorygowany o inflację, wynosił około tysiąca dzisiejszych (w 2023 roku) dolarów na gospodarstwo domowe rocznie. Obecnie ta kwota wynosi około sześćdziesięciu tysięcy dolarów. Spójrzmy na to z perspektywy: średni dochód w USA w 1800 roku był w przybliżeniu równoważny obecnym średnim dochodom w Malawi, Mozambiku, Madagaskarze i Togo. I nie jest to zaskakujące, ponieważ gospodarka USA wyglądała wówczas bardzo podobnie do obecnej gospodarki wymienionych państw – jest to przede wszystkim ręczna praca na roli.

Dziś jest nam o wiele lepiej niż wtedy, ale same liczby nie opowiadają całej historii. Cieszymy się teraz korzyściami płynącymi z posiadania hydrauliki, klimatyzacji, antybiotyków, czystej wody pitnej, podróży lotniczych, Instagrama i tak dalej. Wszystko dzięki innowacjom technologicznym i automatyzacji. Więc pozwólcie, że odpowiem na pytanie, które postawiłem kilka minut wcześniej: co się stało z pracą, a co z bogactwem? Mówiąc najprościej, pracujemy o połowę mniej niż kiedyś i jesteśmy o wiele, wiele bogatsi.

A jednak z pewnością tak się tego nie odczuwa. Nie słyszałem, żeby wiele osób narzekało, że ich praca jest łatwa lub że mają za dużo pieniędzy. (Z pewnością jesteśmy niewdzięczną bandą!) Ale jeśli mamy dużo więcej czasu i pieniędzy, dlaczego nie czujemy, że wszyscy jesteśmy leniwi i bogaci? A przy całej tej automatyzacji dlaczego jest jeszcze tak wiele miejsc pracy? Zautomatyzowaliśmy prawie 98% wszystkich prac wykonywanych w 1800 roku, a jednak mamy pełne zatrudnienie, a wielu pracodawców nie jest w stanie znaleźć wystarczającej liczby pracowników. Oczywiście jest, że automatyzacja pozbawia ludzi pracy. O to właśnie chodzi – zastępuje pracę kapitałem. A jednak po każdej poprzedniej fali automatyzacji liczba miejsc pracy rosła. Co się zatem dzieje? Odpowiedź jest taka, że w jakiś sposób nasze rosnące oczekiwania i standard życia wydają się magicznie dotrzymać kroku naszemu wolnemu czasowi i bogactwu, co generuje nowe miejsca pracy.

Wyobraźcie sobie, co pomyślałby przeciętny człowiek z 1800 roku, gdyby mógł nas dziś zobaczyć. Pomyślałby, że wszyscy oszaleliśmy. Czemu nie popracować kilka godzin w tygodniu, kupić worek ziemniaków i dzban wina, zbudować szopę w lesie, wykopać dół pod wychodek i cieszyć się wolnością? Spodziewam się, że gdybyśmy mogli ich zapytać, powiedzieliby, że my nie pracujemy, tylko robimy coś, żeby zabić czas, ponieważ wtedy ludzie pracowali przede wszystkim po to, żeby się żywić. I uwierzcie mi, nie była to łatwa praca. W 1800 roku trzydziestolatkowie byli naprawdę starzy.

Większość ludzi umierała od chorób i z braku środków do życia jakoś po trzydziestce, przy założeniu, że najpierw miała tyle szczęścia, że przeżyła dzieciństwo. Czy więc wszyscy jesteśmy szaleni, że pracujemy i żyjemy tak jak teraz? Może i tak.

Ale nasze podstawowe ludzkie pragnienie lepszego życia jest motorem napędzającym gospodarkę, nawet gdy automatyzacja eliminuje miejsca pracy. Pozwólcie, że pokrótce wyjaśnię, jak to działa.

Po pierwsze, automatyzacja pozbawia ludzi pracy. Ale również sprawia, że pozostali pracownicy stają się znacznie bardziej produktywni, a firmy bardziej dochodowe. Zyski te trafiają do kieszeni coraz bardziej produktywnych pracowników, akcjonariuszy ich firmy, a także konsumentów, w postaci niższych cen. A ponieważ konsumenci płacą mniej za towary i usługi, mają więcej pieniędzy do wydatka, więc kupują więcej towarów i usług. Kiedy rachunki za jedzenie spadły z 43% dochodu sto lat temu do 6% dzisiaj, nagle zostało dużo dodatkowej gotówki wypalającej dziurę w kieszeni. A dodatkowe wydatki tworzą nowe miejsca pracy, co zwiększa zatrudnienie.

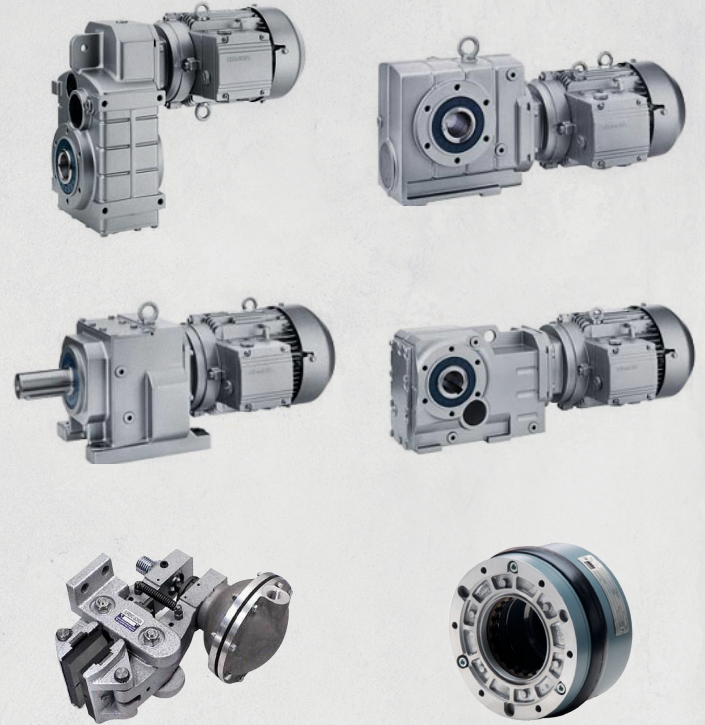
Nie brakuje wiarygodnych raportów wskazujących, że GAI rozkręci rynki pracy. Raport banku inwestycyjnego Goldman Sachs z 2023 roku⁴ przewidywał, że „około dwóch trzecich obecnych miejsc pracy jest narażonych na pewien stopień automatyzacji spowodowanej sztuczną inteligencją i że generatywna sztuczna inteligencja może zastąpić do jednej czwartej obecnej pracy. Ekstrapolacja naszych szacunków na całym świecie sugeruje, że Generative AI może stanowić równowartość 300 milionów pełnoetatowych miejsc zatrudnienia”. Uważam te kalkulacje za bardzo wiarygodne. Ale to nie oznacza, że mamy do czynienia z bezprecedensowym niedoborem miejsc pracy. Myślę, że jest to bardzo mało prawdopodobne i już mówię dlaczego.

Co ciekawe, dzisiejsze najbardziej dramatyczne prognozy dotyczące miejsc pracy utraconych przez automatyzację w rzeczywistości nie przystają do norm historycznych. W analizie przeprowadzonej przez Information Technology & Innovation Foundation* wykorzystano dane ze spisu powszechnego w celu ilościowego określenia tempa likwidacji i tworzenia miejsc pracy w każdej dekadzie od 1850 roku⁵. Stwierdzono, że niewiarygodne 57% zawodów, które pracownicy wykonywali w 1960 roku, już nie istnieje.

Nie wierzycie? Jeśli jesteście tak starzy jak ja – choć mam nadzieję, że tak nie jest – pewnie pamiętacie biura pełne legionów maszynistek, sekretarek i urzędników. Gdzie są ci wszyscy operatorzy wind, pompiarze i ustawiacze kręgli? Zniknęli. No dobra, to już przeszłość, ale co możemy powiedzieć o przyszłości?

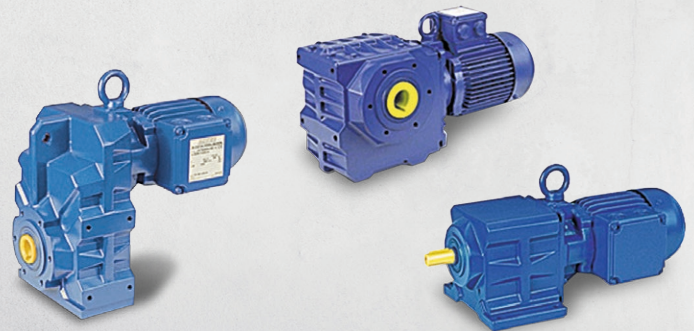
* The Information Technology and Innovation Foundation (ITIF) – amerykański *think-tank* typu non profit zajmujący się polityką społeczną w przemyśle i technologiach. W 2019 roku University of Pennsylvania uznała go za najbardziej miarodajny *think-tank* z zakresu nauki i technologii na świecie (przyp. tłum.).

Steinlen Elektromaschinenbau GmbH z licencją na produkcję motoreduktorów SIEMENS MOTOX / MOTOX®-N



Oferujemy sprzedaż oraz serwis dla:

- Motoreduktorów
- Elektrobębnow
- Silników elektrycznych i przekładni
- Sprzęgiet i hamulców



STEINLEN Polska Sp. z o.o.
ul. W. Grabskiego 4/8, 63-500 Ostrzeszów
tel. 62 732 23 50 lub 52, fax 62 732 23 51
www.steinlenpolska.pl

Jeśli chodzi o wzrost gospodarczy, liczy się demografia. Aby gospodarka się rozwijała, musi się wydarzyć jedna lub obie z dwóch rzeczy. Albo potrzebujemy więcej pracowników, albo każdy pracownik musi produkować więcej towarów i usług. A jak zachęcamy pracowników do zwiększania produkcji towarów i usług? Przypuszczam, że moglibyśmy ich chłostać, żeby szybciej pracowali. Ale praktyczniejszym sposobem jest automatyzacja części lub całości pracy, którą wykonują.

Przyjrzyjmy się, jak te czynniki rosły przez ostatnie kilkadziesiąt lat.

W ciągu ostatnich siedemdziesięciu lat gospodarka USA odnotowywała średni roczny wzrost na poziomie około 3,2%, z dużą zmiennością w zależności od tego, co nazywa się cyklem koniunkturalnym. W tym samym okresie liczba dostępnych pracowników rosła średnio tylko o 1,6% rocznie. Tak więc 3,2% minus 1,6% równa się 1,6%, co musi być średnią roczną stopą wzrostu produktywności pracowników. Jak w takim razie kształtuje się przyszłość? Trudno jest przewidzieć wzrost gospodarczy, ale dość łatwo jest przewidzieć wielkość siły roboczej. Załóżmy więc – a raczej miejmy nadzieję – że PKB będzie nadal rosło w historycznym tempie 3,2%. Na podstawie prognoz demograficznych Biuro Statystyki Pracy (ang. *Bureau of Labor Statistics*) przewiduje, że siła robocza będzie wzrastać o około 0,5% rocznie przez następną dekadę, w porównaniu do 1% w latach 2011–2021⁶.

Teraz, o ile nie dostaliście mroczków przed oczami od tych wszystkich statystyk, być może zauważyliście, że wzrost siły roboczej gwałtownie spada. Wynika to z danych demograficznych. Tak zwane pokolenie wyżu demograficznego urodzone w latach po II wojnie światowej (należą do tej grupy) przechodzi na emeryturę, a ze względu na relatywnie niższe wskaźniki urodzeń dla późniejszych pokoleń nie są one zastępowane młodszymi pracownikami tak szybko jak w przeszłości. Jedną z konsekwencji tego jest to, że aby utrzymać nasze stopy wzrostu gospodarczego na poziomie zbliżonym do średnich historycznych, musimy importować pracowników. Niestety, znaczna część amerykańskiej populacji uprawnionej do głosowania albo tego nie rozumie, albo jest tak przeciwna imigrantom przybywającym do USA, aby pracować i mieszkać, że jej to nie obchodzi.

Wracając do matematyki: jeśli chcemy, aby PKB USA rosło w historycznym tempie 3,2%, a liczba dostępnych pracowników rośnie tylko o 0,5%, mamy przed sobą prawdziwe wyzwanie. Aby utrzymać tę samą stopę wzrostu gospodarczego, firmy będą musiały wymyślić, jak zwiększyć produktywność pracowników z historycznego poziomu 1,6% do 2,7%. A to będzie wymagało niezłych akrobacji.

Jedynym wyjściem z tej sytuacji jest radykalne zwiększenie inwestycji w automatyzację. I chociaż GAI prawdopodobnie wygeneruje realny wzrost produktywności w ciągu najbliższych kilku dziesięcioleci, 1,1% rocznie jest bardzo znaczący (2,7%: konieczny wzrost produktywności, minus 1,6%: wzrost produktywności w przeszłości bez GAI, co wynosi 1,1%). Z dobrych wiadomości: ten sam raport banku Goldman Sachs, o którym była mowa wcześniej, szacuje, że

Jeśli wasza praca obejmuje dobrze zdefiniowany zestaw obowiązków z jasnymi i obiektywnymi celami, to wasze zatrudnienie może być zagrożone. Dzieje się tak, ponieważ są to rodzaje zadań, w których sztuczna inteligencja jest dobra.

potencjalny wzrost wydajności pracy po pełnym wdrożeniu GAI może wynieść nawet 1,5%. Istnieje zatem nadzieja. Moja analiza opiera się na statystykach amerykańskich, jednak podobnych efektów można się oczywiście spodziewać na całym świecie.

No cóż, może tak się stanie, a może nie. Ale bardziej prawdopodobne, że w ciągu najbliższych kilku dekad będziemy mieli do czynienia z niedoborem pracowników w Stanach Zjednoczonych niż z nadwyżką. Aby utrzymać rozwój naszej gospodarki, będziemy potrzebować wszelkiej możliwej pomocy. Wbrew temu, co można usłyszeć w niektórych doniesieniach prasowych, GAI może nas uratować, a nie zniszczyć – przynajmniej ekonomicznie. I jest mała szansa, że hordy ludzi będą odwiedzać urzędy pracy inaczej niż tymczasowo, gdy będą zmieniać pracę jednego rodzaju na inną.

Podsumowując widok z pułapu troposfery: Automatyzacja zwiększa produktywność i eliminuje miejsca pracy. Ale zwiększona produktywność sprawia, że jesteśmy bogatsi, więc ludzie wydają więcej pieniędzy, co zwiększa popyt na towary i usługi. A to generuje więcej miejsc pracy. Wzorec historyczny wyraźnie pokazuje tę zasadę. W połączeniu z trendami demograficznymi nie ma powodów do obaw, że ludzie, którzy chcą pracować, nie będą mogli znaleźć zatrudnienia.

OK, więc to dużo prostych statystyk, ale ludzie to nie statystyka. Co tak naprawdę wydarzy się „na Ziemi”?

Które zawody prawdopodobnie znikną?

Cała ta różowa gadka o gospodarce ogólnokrajowej niekoniecznie jest dobrą wiadomością dla dzisiejszych pracowników, ponieważ ich konkretne umiejętności mogą nie być cenione przez przyszłych pracodawców. Przyjrzyjmy się, które miejsca pracy zostaną zautomatyzowane przez sztuczną inteligencję w ogóle, a GAI w szczególności, a jakie nowe zajmą ich miejsce.

Jeszcze przed GAI sztuczna inteligencja automatyzowała wiele rzeczy. Różnica polega oczywiście na tym, że do tej pory każdy system AI był ukierunkowany na konkretne zadanie, zaś GAI jest ogólniejsza. Zacznijmy od prostych rzeczy – w jakich zadaniach sztuczna inteligencja jest najlepsza?

Jeśli wasza praca obejmuje dobrze zdefiniowany zestaw obowiązków z jasnymi i obiektywnymi celami, to wasze zatrudnienie może być zagrożone. Dzieje się tak, ponieważ są to rodzaje zadań, w których sztuczna inteligencja jest dobra. Ogólnie rzecz biorąc, takie prace, w przeciwieństwie do prac socjalnych i usług publicznych, mają zwykle charakter funkcjonalny, na przykład malowanie ścian, interpretacja



wyników tomografii komputerowej, uzupełnianie zaopatrzenia, koszenie trawnika, kontrola części w fabryce lub sprawdzanie paszportów podróży z zagranicy. Nie wszystkie z nich są aktywnościami fizycznymi, ale wiele z nich jest.

Te prace opierają się dziś automatyzacji, ponieważ wymagają percepcji sensorycznej lub koordynacji ręka–oko. Są to dokładnie te rodzaje zadań, w których uczenie maszynowe jest dobre: percepcja i rzeczywiste zaangażowanie, takie jak identyfikacja interesujących obiektów w otoczeniu lub przenoszenie pudeł do ciężarówki. Zasadniczo uczenie maszynowe może zapewnić oczy i uszy komputerom i robotom. Jednym z oczywistych zastosowań są samochody autonomiczne. Jeśli się nad tym zastanowić, podczas jazdy jesteśmy w zasadzie czujnikami maszyny. Rozglądasz się, a następnie sterujesz.

Ale jeśli sztuczna inteligencja jest w tym tak dobra, dlaczego wszyscy nadal prowadzimy? Być może zauważyliście, że pomimo wszystkich różowych projekcji prawdopodobnie samochód, którym jeździcie, nie jeździ jeszcze sam, a przynajmniej niezbyt dobrze, chociaż ostrzega o tym, czy można bezpiecznie zmienić pas ruchu i czy przypadkiem nie cofacie na ścianę. Aby rozwiązać problem samochodów autonomicznych, brakuje dwóch rzeczy.

Pierwszym wyzwaniem jest to, że prowadzenie samochodu jest aktywnością znacznie bardziej społeczną, niż zdajemy sobie z tego sprawę. Piesi lubią mieć kontakt wzrokowy z kierowcami, gdy czekają na przejście przez ulicę, a kierowcy często machają do siebie na znakach stopu. A obecne systemy sztucznej inteligencji z pewnością nie są dobre w interakcjach

społecznych. Nie jest zbyt zabawnie zostać skrzykanym (lub coś gorszego) przez pieszych i innych kierowców, gdy nasz samochód potyka się niezgrabnie podczas normalnego tańca ulicznego. (Moje osobiste doświadczenia z demonstracji samochodów „w pełni autonomicznych” w podmiejskim Mountain View w Kalifornii oraz w San Francisco są takie, że samochody te powodują zamieszanie i zamęt ze względu na ich niezdolność do reagowania na sygnały społeczne, które większość kierowców uznaje za oczywiste). To sprawia, że samochody autonomiczne są trudnymi partnerami na drodze, ale to niekoniecznie będzie zawadą dla ich rozwoju.

Większym problemem jest to, że samochody poruszają się w chaotycznym i zmieniającym się otoczeniu, gdzie często natykają się na wszelkiego rodzaju nieoczekiwane i nieprzewidywalne sytuacje, które wymagają zdrowego rozsądku i ludzkiego osądu. Jedną z wiodących firm pracujących nad pojazdami autonomicznymi zaprezentowała przykład, w którym jeden z ich samochodów znalazł się naprzeciw kobiecie na elektrycznym wózku inwalidzkim, machającej miotłą i goniącej kaczkę po ulicy⁷. Nie trzeba dodawać, że tego przypadku testowego nie było w bazie danych treningowych.

Teraz nieco sypnę optymizmem: GAI może pomóc rozwiązać te problemy. Obecne systemy wykazują znaczny zdrowy rozsądek i umiejętność radzenia sobie z subtelnościami ludzkich zachowań (przynajmniej wyrażonymi w języku naturalnym). Odpowiednio przeszkolone na rzeczywistych przykładach, prawdopodobnie będą mogły zastosować te umiejętności do pro wadzenia pojazdów. Jeśli zostaną

zintegrowane z obecnymi programami samodzielnej jazdy, mogłyby kierować działaniami samochodu w sposób, który możemy uznać za akceptowalny. Do niedawna odrzucałem możliwość, że kiedykolwiek będę mieć całkowicie autonomiczny samochód, który zabierze mnie z mojego podmiejskiego domu do San Francisco na kolację z kumplami, ale teraz myślę, że dzięki GAI przynajmniej pojawia się taka możliwość.

Jak to może wpłynąć na zatrudnienie? Jeśli będziemy mieli pojazdy naprawdę autonomiczne, miejsca pracy dla ponad 3,5 miliona amerykańskich kierowców ciężarówek mogą być zagrożone. Jeśli wziąć pod uwagę czas potrzebny na przekazanie floty pojazdów, którymi obecnie jeżdżą, nie stanie się to nagle. Nastąpi zapewne dekadę lub więcej po tym, jak taka technologia stanie się powszechnie dostępna. Będzie to jednak poważne zakłócenie na rynku pracy, gdy już się zacznie.

Podobna historia dotyczy wielu innych etatów fizycznych. Jeśli wziąć pod uwagę ogromną skalę automatyzacji rolnictwa, może was zaskoczyć informacja, że pozostałe 2% populacji, nadal pracujące w gospodarstwach i wykonujące prace, jak zbieranie owoców i warzyw, jest również narażone na utratę posad. Te 2% to około 2,6 miliona pracowników w Stanach Zjednoczonych⁸.

Kolejna dziedzina to pielęgnacja krajobrazu: przycinanie krzewów, kultywacja roślin i tak dalej. Blisko milion osób w Stanach Zjednoczonych jest zatrudnionych w tej branży⁹.

Wiele innych osób należy do kategorii pracowników, którzy wykonują proste zadania fizyczne wymagające koordynacji ręka–oko, na przykład niewykwalifikowani robotnicy budowlani (1 milion), pracownicy magazynów (1 milion), górnicy (pół miliona), malarze pokojowi (200 tysięcy) i murarze (50 tysięcy).

Ogólnie do tej pory większość stanowisk, które były podatne na automatyzację – ze sztuczną inteligencją lub bez niej – to stanowiska fizyczne, w których ludzie wykonują pracę rękoma, z kilkoma godnymi uwagi wyjątkami. (Na przykład radiolog i patolog. Istnieją już systemy sztucznej inteligencji, które mogą wykonywać te zawody z dokładnością porównywalną do ludzkiej lub wyższą niż ona).

Ale dzięki GAI to się wkrótce zmieni. Jak widzieliście, ta nowa technologia prawdopodobnie zastąpi wiele prac umysłowych, takich jak te wykonywane przez pracowników biurowych, programistów, nauczycieli, copywriterów, prawników, lekarzy i tak dalej, które większość ludzi uważała za odporne na automatyzację. (Goldman Sachs szacuje, że może to mieć wpływ na nawet jedną czwartą wszystkich zawodów „umysłowych”. Nie oznacza to oczywiście, że jedna czwarta wszystkich pracowników zostanie zastąpiona, ale raczej, że część ich pracy może być wykonywana przez komputery).

Nadchodząca fala GAI wpłynie również na osoby zatrudnione w dziedzinach kreatywnych, ale być może nie aż tak, jak byśmy się tego spodziewali. Podobnie jak w większości historycznych przykładów automatyzacji, bardziej prawdopodobne jest, że nowa technologia przyniesie dwa efekty.

Po pierwsze, sprawi, że ludzie pracujący w terenie będą bardziej produktywni. Na przykład grafik może uzyskać

przewagę przy ubieganiu się o projekt lub wpaść na jakieś nowatorskie koncepcje dzięki wykorzystaniu narzędzi GAI do prezentacji wybranych próbek obrazów. Ale od tego momentu artysta-człowiek przejmie pałeczkę. Drugim efektem jest zwiększenie rynku obrazów artystycznych dzięki zmniejszeniu cen w przypadkach, gdy koszt był wcześniej wygórowany.

Wkrótce każde dziecko w szkole będzie ilustrować swoje prace domowe na temat lektury grafikami, których jakość będzie dorównywała profesjonalnym dziełom, więc korporacje i inne organizacje będą musiały zintensyfikować starania i jakość, aby ich materiały nie wyglądały tak, jakby zostały zaprojektowane przez uczniów szkół średnich. Na tym rynku prawdo podobnie będzie mnóstwo pracy i raczej nie będzie to wymagało talentu profesjonalnie wykształconego artysty. Przymuszczać będzie dużo pracy „na zlecenie”. Wasz leniwy siostrzeniec myślący, że jest artystą, może wkrótce zarabiać na życie, sprzedając wygenerowane komputerowo obrazy na specjalne okazje, na przykład wesela i urodziny.

Na wspomnienie zasługuje jeszcze jedna rzecz: nieoczekiwanym efektem ubocznym stosowania GAI jest zmniejszenie różnicy między amatorami a ekspertami. Szkolenie neofitów odbywa się dziś głównie przez przyuczenie ich do zawodu u kogoś z większym doświadczeniem, ale dzięki wsparciu i wskazówkom GAI mogą teraz robić postępy znacznie szybciej i łatwiej niż w przeszłości. Jedno z interesujących badań przeprowadzonych przez Stanford Digital Economy Lab i Massachusetts Institute of Technology (MIT) wykazało, że dostęp do GAI dla przedstawicieli działu obsługi klienta zwiększył ogólną wydajność o 14%, choć znaczna część tych lepszych wyników obejmowała mniej doświadczonych pracowników, ponieważ starsi pracownicy byli już dość dobrzy w tym, co robią¹⁰. Ostatecznie może to trochę wpłynąć na obniżenie płac, ponieważ pracodawcy znajdą nowych pracowników, którzy będą wydajniejsi niż ci z dłuższym stażem pracy.

Które miejsca pracy zostaną nienaruszone?

Czymś, co zwykle umyka w bardziej apokaliptycznych przewidywaniach zakłóceń na rynku pracy, jest to, że istnieje wiele rodzajów zawodów, których nigdy nie będziemy chcieli zautomatyzować – na przykład profesje wymagające umiejętności komunikacji międzyludzkiej, zdolności rozumienia lub współodczuwania z inną osobą, czy autentycznego wyrażania emocji. Należą do nich sprzedawcy, konsultanci i doradcy każdej możliwej odmiany. Organizatorzy ślubów. Osobiści stylisty. Dekoratorzy. Menedżerowie społeczności online. I tak dalej.

Trzymajcie się, jeszcze nie skończyłem. Nie zapominajmy o ludziach, którzy wykazują pewne indywidualne umiejętności, takich jak muzycy, artyści estradowi i sportowcy. Kto dwadzieścia lat temu przewidywałby, że granie w gry wideo stanie się wysoko płatnym zawodem? Do tej kategorii należą gwiazdki z YouTube'a.

Teraz możecie myśleć, że prawie skończyły mi się zawody, które nie będą zautomatyzowane... ale zapnijcie pasy. Wiele,

Wkrótce każde dziecko w szkole będzie ilustrować swoje prace domowe na temat lektury grafikami, których jakość będzie dorównywała profesjonalnym dziełom, więc korporacje i inne organizacje będą musiały zintensyfikować starania i jakość, aby ich materiały nie wyglądały tak, jakby zostały zaprojektowane przez uczniów szkół średnich.

a być może większość miejsc pracy przyszłości ukrywa się na widoku. Aby zrozumieć dlaczego, zastanówcie się, co może się wydarzyć, gdy dochody wzrosną, a konsumenci zaczną wydawać te dodatkowe pieniądze na wakacje, ubrania, kolacje w restauracjach, koncerty, pobyty w spa i nie tylko. Te tak zwane luksusy są właśnie segmentami gospodarki, w których personalny stosunek i interakcja twarzą w twarz mają zasadnicze znaczenie dla dostarczanej wartości. A co więcej, takich miejsc pracy jest mnóstwo. Wszystkie te zwiększone wydatki oznaczają większe zapotrzebowanie na stewardessy, pracowników hotelowych, przewodników wycieczek, barmanów, wyprowadzaczy psów, krawców, kucharzy, instruktorów jogi i masażystów. W wielu branżach klienci przedkładają osobisty stosunek usługodawcy nad efektywność. Automatyzacja nie zwiększa poczucia „specjalnego traktowania” u klienta. W przyszłości troska człowieka będzie bardziej ceniona niż obecnie, a nie mniej.

Weźmy pod uwagę, że w niektórych sieciach hotelowych o umiarkowanych cenach już teraz możecie zameldować się elektronicznie i odblokować swój pokój za pomocą telefonu. Ale nie w Ritz Carlton czy Four Seasons. W tych miejscach roi się od ludzi gotowych zapewnić gościom spersonalizowaną obsługę. Nie dlatego, że to staromodne. To dlatego, że tak wolą ich klienci¹¹.

Roboty nie są mechanicznymi ludźmi i nie będą nimi w najbliższym czasie. Tak więc dzisiejsze zawody, w których ważny jest bezpośredni kontakt, nie są zagrożone, nawet jeśli będzie je można zautomatyzować. Nasze wnuki nie będą chciały opowiadać o swoich kłopotach robotycznemu barmanowi ani słuchać robota grającego Chopina. Ironią nadchodzącej fali automatyzacji jest to, że może ona zwiastować złoty wiek usług spersonalizowanych.

Do tej pory mówiłem tylko o tym, co się stanie z zawodami istniejącymi obecnie. Ale powstanie też wiele nowych, niektóre stworzone bezpośrednio przez GAI, a inne nie.

Jakie zawody będą się rozwijać?

Jak już wyjaśniłem wcześniej, w przyszłości ludzie prawdopodobnie będą mieli o wiele więcej pieniędzy do wydania niż obecnie. Dzięki temu będzie można wykorzystać wiele możliwości, które teraz nie są opłacalne ekonomicznie.

Wiele osób ma hobby i umiejętności, które pielęgnują w wolnym czasie. Być może uprawiacie orchidee, robicie ozdoby choinkowe lub ręcznie szyjecie sukienki. Gdy ludzie

będą mieli więcej pieniędzy do zagospodarowania, wiele z dzisiejszych hobby stanie się jutrzejszymi możliwościami zawodowymi.

Aby zrozumieć tę możliwość, popatrzmy ponownie na stronę internetową Etsy. Rzemieślnicy i rękodzielnicy wszelkiego rodzaju sprzedają swoje wyroby za pośrednictwem tego portalu. Może nie zdajecie sobie sprawy, jaki jest duży. W 2023 roku na Etsy było zarejestrowanych prawie sześć milionów sprzedawców i dziewięćdziesiąt milionów kupujących. Tylko w 2021 roku sprzedano tam towary o wartości około trzynastu miliardów dolarów. Moja żona uwielbia robić zakupy na Etsy, ponieważ, jak to ujęła, lubi otaczać się rzeczami, które mają dużo „ludzkiej treści”. Mam nadzieję, że włączy i mnie do tej kategorii.

Czy możemy być narodem konsultantów, artystów, wykonawców i rzemieślników? Oczywiście. W minionych epokach trudno było sobie wyobrazić, jak wyglądałby świat bez podstawowych profesjonalistów, takich jak kowale, tkacze, masztalcerze, szwaczki, kowboje i mleczarze. A jednak...

Jakie nowe branże i zawody mogą się pojawić?

Każdy znaczący postęp technologiczny tworzył nowe branże i zawody, a GAI nie będzie wyjątkiem. Oto próbka potencjalnych przyszłych zawodów, które mogą się pojawić.

Przede wszystkim umiejętność uzyskiwania przydatnych wyników od GAI. Wydaje się, że pojawia się konsensus, który nazywa to „inżynierią promptów (ang. *prompt engineering*)”. Wywołanie odpowiedniego wyniku z GAI czasami nie jest tak łatwe, jak można by się spodziewać. Systemy te mogą wydawać się magiczne, ale często wykazują pewne niedociągnięcia, których raczej można się spodziewać po mało doświadczonym praktykancie. Jeśli nie jesteście wystarczająco konkretni, możecie nie uzyskać oczekiwanego wyniku, o czym boleśnie przekonała się Myszka Miki w Disneyowskiej interpretacji francuskiego poematu symfonicznego Paula Dukasa pod tytułem *Uczeń czarnoksiężnika*¹². W wypadku przyziemnych pytań jest to oczywiście trywialne. „Jak ugotować indyka?” – wystarczy, aby GAI „wypłuła” przepis na tradycyjne danie na Święto Dziękczynienia. Ale jeśli szukacie czegoś mniej prozaicznego – być może skomplikowanej infografiki lub rysunku krajobrazu w określonym stylu – może to wymagać wielu rund informacji zwrotnych obejmujących coraz bardziej szczegółowe instrukcje.

Czasami możecie próbować rozwiązać złożony problem, który wymaga wielu kroków. To trochę zaskakujące, że GAI mogą być zdezorientowane i skonfundowane do tego stopnia, że mają problemy z opracowaniem wykonalnego planu, ale jeszcze bardziej zaskakujące jest to, że odpowiedni trening i zachęta często mogą sprawić, iż pokonają tę przeszkodę. Prosta sugestia, taka jak „spróbuj to zrobić krok po kroku” lub „zaczynaj od prostej sprawy i przejdź do lewej”, jest wszystkim, czego potrzeba, aby ruszyć z kopyta. Prezentowanie odpowiednich przykładów, dzielenie problemu na podproblemy, wprowadzanie odręcznego szkicu jako punktu wyjścia lub po prostu sugerowanie innego podejścia jest często superpotężne, co wie każdy dobry nauczyciel szkoły podstawowej.

Nawet na tym wczesnym etapie dostępne są przewodniki i kursy online, które pomogą wam zapoznać się z tą nową sztuką. Internet jest już pełen zbiorów narzędzi, wskazówek i sztuczek. Przyszli inżynierowie promptów, niczym treserzy lwów z biczymi, będą skłaniać niesfornego GAI do działania zgodnie z waszymi wytycznymi.

Inną pilną potrzebą jest gromadzenie i nadzorowanie danych treningowych GAI, szczególnie w przypadku wyspecjalizowanych domen i aplikacji. Chociaż nie ma jeszcze ustalonej nazwy dla tego zawodu, „kowboj danych” (ang. *data wrangler*) brzmi dla mnie całkiem niezłe. Obecnie większość GAI dostępnych na rynku jest trenowana na podstawie przykładów zebranych ze źródeł publicznych. Dane te mogą być oczywiście nieprecyzyjne, nieodpowiednie lub po prostu błędne, ponieważ prawdopodobnie zostały zebrane do innych celów. Zamiast grzebać w licznych stosach śmieci gromadzących się w zakamarkach Internetu i wielu branżach intensywnie wykorzystujących dane, celowe gromadzenie aktualnych, dokładnych danych specyficznych dla danej domeny (takich jak orzeczenia sądowe, akta korporacyjne, zdjęcia góralek siwogłowych*, przykłady czaszek neandertalczyków lub wiersze o tęsknocie za domem) jest najlepszym sposobem na poprawę wydajności GAI przeznaczonej do określonego celu.

Następnie pojawia się problem testowania i monitorowania zachowań GAI. Z oczywistych powodów, jeśli zamierzamy wprowadzić system do produkcji, chcemy mieć pewność, że będzie bezpieczny w użyciu i będzie służył swojemu przeznaczeniu, tak jak każdy inny element oprogramowania. Ale w przeciwieństwie do innych programów komputerowych „terenowa” wydajność GAI może nie być tak łatwa do zmierzenia lub przewidzenia. Istnieje już kilka organizacji, które poświęcają się tej wschodzącej sztuce¹³, a z pewnością będzie ich o wiele więcej. Standardy certyfikacji z pewnością będą przestrzegane, zarówno z oczywistych powodów praktycznych, jak i w celu ograniczenia odpowiedzialności w przypadku awarii. Ponadto często ważne będzie dokumentowanie, co system ma robić, jak najlepiej z niego korzystać oraz jakie powinny być granice lub ograniczenia jego zamierzonego zastosowania, ponieważ to nie tylko będzie pomocne dla potencjalnych klientów i użytkowników, lecz także ograniczy odpowiedzialność.

Opracowano już wiele technicznych punktów odniesienia do porównywania i testowania GAI¹⁴, ale stworzenie standaryzowanego testu prawdopodobnie stanie się jej własną profesjonalną specjalizacją.

Potrzebne będą również centra oceny i monitorowania zagrożeń w czasie rzeczywistym, jak obecnie w przypadku wirusów komputerowych i innych cyberzagrożeń. Co ciekawe, zostałem już „zaatakowany” na WhatsAppie przez LLM udającego „Annie” z „Vancouver”, który przeprowadził ze mną kilka rozmów najwyraźniej zaprojektowanych, aby zyskać moje zaufanie. Kiedy „ona” powiedziała mi, w odpowiedzi na moje

* Chodzi tu, rzecz jasna, o gatunek zięby, a nie o starsze Podhalanki (przyp. tłum.).

pytanie, że kolor włosów Brada Pitta był „biały” i że ostatnie święto zostało nazwane „Dniem Pamięci o Żołnierzach” (oraz odpowiedziała na kilka innych pytań testowych, które zadałem), przedstawienie się skończyło. (Nigdy nie dowiedziałem się, czego chciała „Annie”). Interakcja była zaskakująco naturalna i przypuszczam, że mniej przygotowana ofiara byłaby łatwym celem. Być może takie ośrodki badawcze mogą być wkomponowane w istniejące obiekty, lecz mogą również ewoluować jako oddzielna specjalizacja.

Powstaną też doradcy do spraw treningu RLHF, czyli czegoś w rodzaju „szkoły wyższej” dla GAI, którzy będą ustalać wytyczne dla zachowania systemów. Podobnie jak współczesna Mary Poppins, będą uczyć elektronicznych uczniów o największych niuansach etykiety interakcji z ludźmi. Okazuje się to już dużą szansą w krajach rozwijających się, gdzie możliwe jest zatrudnienie anglojęzycznych pracowników za ułamek tego, co musiano by zapłacić gdzie indziej¹⁵.

I na koniec inżynierowie oprogramowania, którzy będą specjalizowali się w opracowywaniu GAI do dowolnej liczby zastosowań i celów.

Czym jest „bezrobocie technologiczne”?

No cóż, cała ta słodka gadka zamiata pod dywan coś ważnego. Może być wiele zawodów, ale nowe miejsca pracy prawdopodobnie będą wymagały umiejętności, których brakuje wielu dzisiejszym pracownikom. Ten problem – brak dopasowania między potrzebami pracodawców a umiejętnościami siły roboczej – nazywa się bezrobociem „strukturalnym” lub „technologicznym”. Jego powaga będzie zależeć od tempa ewolucji gospodarki. Dopóki efekty te będą pojawiać się stopniowo, rynki pracy łagodnie się dostosują, ale jeśli zmiany okażą się nagłe, mogą wystąpić poważne trudności.

A sztuczna inteligencja nie pomoże w rozwiązaniu tej komplikacji; w rzeczywistości prawdopodobnie ją spotęguje.

Na szczęście nie jest tajemnicą, jak rozwiązać ten problem. Musimy zmienić sposób myślenia o szkoleniu zawodowym dla pozbawionych pracy pracowników, a w szczególności sposób, w jaki finansujemy zdobywanie przez nich nowych umiejętności i przechodzenie do nowych zawodów.

Dzisiaj, jeśli chodzi o finansowanie szkoleń zawodowych, w pierwszej kolejności pożyczkodawcą jest rząd i nie istnieje żadna odpowiedzialność za wyniki. Powinniśmy stworzyć nowe prywatne instrumenty finansowania. Prywatne pieniądze świetnie wymuszają dyscyplinę ekonomiczną w biznesie. Tylko programy i instytucje, które dają uczniom szanse rynkowe, będą się rozwijać. To zmusi szkoły „dla zysku” do nauczania rzeczy, które pracodawcy naprawdę cenią. Musimy przestać myśleć o szkoleniu zawodowym jako o kwestii rządowej sieci bezpieczeństwa społecznego i zacząć postrzegać je jako prawdziwą szansę inwestycyjną, która posłuży słusznemu celowi gospodarczemu. □

Fragment pochodzi z książki: *Generatywna AI*.
Jerry Kaplan, Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Przepływ produktów na linii produkcyjnej w procesach zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji w dobie Przemysłu 4.0. Część 1

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

Przepływ produktu podczas całego cyklu jego życia można definiować jako:

„Systematyczne wykonywanie działań wzdłuż strumienia wartości w taki sposób, że produkt przemieszcza się od projektu do wypuszczenia na rynek, od zamówienia do dostawy i od surowców do rąk klienta bez żadnych przestojów, braków lub nawrotów” [51].

Ciągły i równomierny przepływ produktów na liniach produkcyjnych jest podstawą prawidłowego funkcjonowania produkcji wielkoseryjnej. Wynika z tego, że przy projektowaniu zrobotyzowanych linii produkcyjnych konieczne jest podzielenie całego procesu przepływu na operacje wykonywane przez poszczególne maszyny i urządzenia. Innymi słowy, należy zdefiniować czynności, które mają być wykonywane na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych, oraz określić, w jakiej kolejności muszą być wykonywane operacje, aby na końcu linii uzyskać produkt końcowy. Operacje te powinny być odpowiednio zrównoważone (określenie pracochłonności), tak aby przepływ odbywał się płynnie, przy optymalnym obciążeniu poszczególnych maszyn i urządzeń biorących udział w produkcji (brak tzw. czasów martwych – czasów, w którym maszyny nie pracują, np. czekają na dostarczenie kolejnego produktu). W szczególności przepływ powinien uwzględniać „wąskie gardła”; tzw. „slow chart” musi być tak opracowany, aby nie następowało wsteczne oddziaływanie na produkcję już wykonaną, np. nie należy przetrzymywać produktów na polach odkładczych czy w magazynach pośrednich.

Ciągły przepływ (ang. *continuous flow*), który jest najbardziej efektywną formą organizacji produkcji, występuje w przypadku, gdy w danej chwili operacji podlega tylko jeden element komponentu, a po wykonaniu zaplanowanej operacji jest on przemieszczany do kolejnej operacji w procesie produkcyjnym [52]. Wynika to przede wszystkim z faktu, że poziom zapasu produkcji jest stały i związany z liczbą jednostek produktu podlegających jednocześnie operacjom na liniach produkcyjnych. Przekłada się to na możliwie najkrótszy czas przejścia L/T (*lead time*) materiału przez proces produkcyjny, co skutkuje mniejszym zapotrzebowaniem na powierzchnię produkcyjną, łatwiejszym monitorowaniem

procesu, poprawą wydajności i jakości oraz niższymi kosztami produkcji [53, 54].

Zważywszy na krótki cykl życia produktów oraz na konstrukcje linii produkcyjnych, wydajność końcówki linii produkcyjnej decyduje o możliwościach produkcyjnych całego zakładu. Tak więc stanowisko do paletyzacji powinno być tak skonfigurowane, aby umożliwiała ciągły przepływ produktów przy jednoczesnej minimalizacji „martwego czasu”. Przekłada się to na weryfikację możliwości firmy w zakresie dostosowania do potrzeb kontrahentów (towar poprawnie ułożony nie ulega uszkodzeniu w transporcie i jest łatwiejszy do dalszej obróbki – depaletyzacji) oraz zachowania bezpieczeństwa pracowników, gdyż źle ułożony towar może stanowić dla nich zagrożenie [55, 56].

Projektowanie ciągłego przepływu jest szczególnie widoczne w aplikacjach przenoszenia, którymi są procesy sortowania, pakowania i paletyzacji (depaletyzacji). Są to procesy, w których często wykorzystywane są mechanizmy śledzenia linii produkcyjnej (zwłaszcza sortowanie i pakowanie) oraz które mocno obciążają pracowników, zwłaszcza że wszystkie operacje muszą być wykonywane cyklicznie z dużą prędkością. W procesach niezrobotyzowanych prace są wykonywane:

- ręcznie, co generuje wysokie koszty, powoduje duże obciążenie pracowników, zmienną wydajność oraz duże straty przy pakowaniu wynikające m.in. z braku skupienia ludzi podczas wielogodzinnej pracy;
- z wykorzystaniem specjalistycznych paletyzerów/depaletyzerów, które w znacznej mierze ograniczają elastyczność produkcji.

Po robotyzacji aplikacji przenoszenia niedoskonałości wynikające z ręcznej obsługi lub obsługi z wykorzystaniem urządzeń specjalistycznych zostają wyeliminowane. Wśród zalet dobrej robotyzacji procesów sortowania, pakowania i paletyzacji należy wymienić:

- większą wydajność linii produkcyjnej przy zachowaniu dużej powtarzalności procesu (możliwość pracy trzymianowej);
- zmniejszenie kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa;
- zapewnienie ciągłości procesu;
- wzrost bezpieczeństwa pracowników;
- eliminację błędów wywoływanych czynnikiem ludzkim;

- możliwość szybkiego dostosowania do zmiany produkowanego asortymentu;
- zapewnienie terminowości oraz wysokiej jakości dostarczanych produktów;
- relatywnie małą przestrzeń zajmowaną przez stanowisko produkcyjne;
- możliwość pracy w trudnych warunkach (np. w niskiej temperaturze);
- dobry wizerunek firmy [57, 58].

W związku z różnorodnością produktów, szybkością wytwarzania produktów, ich liczbą i gabarytami konieczny jest wybór robotów przemysłowych do konkretnego zastosowania. Wśród podstawowych czynników, które należy wziąć pod uwagę podczas projektowania zrobotyzowanego stanowiska do sortowania, pakowania i paletyzacji, są:

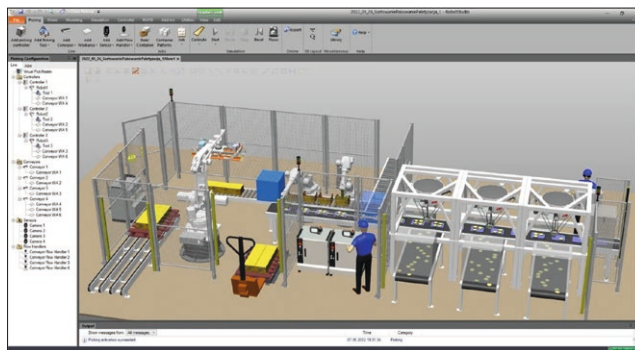
- udźwigi robotów,
- zasięgi robotów,
- liczba cykli produkcyjnych,
- powtarzalność robotów,
- środowisko pracy maszyn,
- stopień ochrony urządzeń.

Dwa pierwsze czynniki są bezpośrednio związane z przenoszonymi produktami. Ich masa jednostkowa i masa chwytaka łącznie wskazuje na wymagany udźwig robota (często stosuje się 20-procentowy zapas masy), natomiast ich gabaryty, wymagania związane z umieszczeniem produktów na transporterach oraz odpowiednia liczba produktów na palecie decydują o wysokości stosu, a tym samym o wymaganych zasięgach robotów. Z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją jest związana również powtarzalność robota, np. duża powtarzalność robota paletyzującego zapewnia równiejsze ułożenie produktów, a tym samym większą stabilność stosu. Duża liczba cykli pracy zapewnia płynny przepływ produktów i wysoką wydajność. Ciągłe rosnące wymagania zwiększenia produkcji są dla inżynierów dużym wyzwaniem. Analizując rzeczywiste czasy cykli pracy dla danego stanowiska, należy wziąć pod uwagę momenty bezwładności (obciążenia dynamiczne) występujące podczas transportu danego produktu. Jest to niezbędne ze względu na zapewnienie bezpiecznego i pewnego chwytu zwłaszcza podczas przyspieszania (po uchwyceniu) i zwalniania (przed upuszczeniem) transportowanych dóbr. Zwykle powoduje to konieczność rozbudowy chwytaka o dodatkowe mechanizmy (zabezpieczające chwyt), zwiększające jego masę oraz utrudniające podejście do chwytanego produktu.

1. Projektowanie zrobotyzowanych stanowisk do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów w aspekcie Przemysłu 4.0

1.1. Wprowadzenie

Użycie wirtualnych środowisk do projektowania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych i programowania robotów w trybie off-line (rys. 1) otworzyło nowe możliwości przed inżynierami.



↑ **Rys. 1.** Stanowisko do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów w środowisku RobotStudio firmy ABB [59]

↓ **Tabela 1.** Wybrani producenci robotów przemysłowych oraz środowiska do programowania ich robotów w trybie off-line [49]

Producent robotów	Środowisko
ABB	RobotStudio
FANUC Robotics	RoboGuide
Kawasaki Robotics	K-Roset
Kuka Roboter	Kuka Sim
Mitsubishi Robotics	RT ToolBox
Epson	Epson RC + 7.0
Comau	RoboSim PRO
Denso Robotics	WINCAPS III
Staubli Robotics	Staubli Robotics Suite
Motoman Robotics-Yaskawa	MotoSim EG-VRC
Reis Robotics	ProSim
Panasonic-Matsushita Welding Systems	DTPS 3D, G2 PC Tools 3D

Obecnie niemal wszyscy producenci robotów (m.in. ABB, FANUC, KUKA, Mitsubishi, Kawasaki – tab. 1) oferują wirtualne środowiska, w których istnieje możliwość nie tylko programowania robotów, ale również przeprowadzania pełnych symulacji 3D z uwzględnieniem cykli pracy rzeczywistych kontrolerów [49].

Wirtualne środowiska do programowania robotów przemysłowych są systemami umożliwiającymi modelowanie zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych, programowanie robotów oraz przeprowadzanie symulacji ich pracy w trybie off-line (bez użycia robota) z wykorzystaniem standardowego komputera PC.

Często pozwalają one również na współpracę komputera z rzeczywistym robotem (w pełnym lub częściowym zakresie) w trybie on-line. Środowiska tego typu mogą być również wyposażone w narzędzia umożliwiające przeniesienie sceny do wirtualnej (np. z wykorzystaniem gogli HTC – RobotStudio) i rozszerzonej rzeczywistości (np. z wykorzystaniem gogli Hololens – RobotStudio, lub wykorzystaniem dodatkowych aplikacji instalowanych na smartfonie lub Tablecie – RobotStudio AR). Wśród możliwości środowisk z całą pewnością można wyróżnić:

- projektowanie zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych;
- prowadzenie analiz przestrzennych komponentów robotów;

- optymalizację rozmieszczenia urządzeń i maszyn w gniazdach roboczych oraz gniazd na liniach przemysłowych fabryk;
- definiowanie kontroli przemieszczeń i orientacji chwytaków;
- tworzenie systemów (wirtualnych kontrolerów) robotów;
- planowanie trajektorii ruchu robotów;
- tworzenie programów sterujących robotami;
- prowadzenie symulacji i monitorowania wejść/wyjść;
- prowadzenie analiz związanych z bezpieczeństwem i wydajnością zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych;
- programowanie i prowadzenie analiz w zakresie współpracy robotów.

Zaplanowane procesy produkcyjne mogą być symulowane z uwzględnieniem detekcji kolizji oraz pomiarów cykli pracy. Ponadto środowiska umożliwiają wgranie do rzeczywistych urządzeń oprogramowania utworzonego z wykorzystaniem wirtualnych kontrolerów. Dzięki rozbudowanym bibliotekom, zawierającym m.in. wybrane typy robotów, pozycjonery, tory jezdne, mechanizmy, przenośniki i czujniki, istnieje możliwość łatwego tworzenia rozbudowanych aplikacji. Środowiska pozwalają również na import modeli z systemów komputerowego wspomaganie projektowania CAD w wybranych formatach, a w niektórych przypadkach są z nimi w dużym stopniu zintegrowane.

Wykorzystanie środowisk do programowania robotów oraz symulacji ich pracy pozwala m.in. na:

- szybkie przygotowanie oferty dla odbiorcy końcowego, włączając w to m.in. organizację stanowiska produkcyjnego, wizualizację 3D, dobór robotów oraz przedstawienie ich zasięgów pracy, utworzenie filmów symulacji pracy stanowisk oraz zapisanie widoków stacji;
- opracowanie aplikacji sterujących robotami i określenie cykli pracy;
- import komponentów z bibliotek lub systemów CAD w wybranych formatach w celu wizualizacji i weryfikacji zajętości przestrzeni roboczej;
- szybkie dostosowanie zaproponowanego rozwiązania do potrzeb odbiorcy na etapie projektowania;
- redukcję ryzyka dzięki wizualizacji i potwierdzeniu zastosowanych rozwiązań;
- konfigurację zintegrowanych systemów bezpieczeństwa (np. SafeMove firmy ABB, DCS firmy FANUC);
- wprowadzanie do systemu zrobotyzowanego nowych komponentów bez przerywania produkcji i zweryfikowanie poprawności przyjętych koncepcji;
- optymalizację programów robotów w celu zwiększenia produktywności bez konieczności zatrzymywania rzeczywistych stanowisk produkcyjnych;
- prowadzenie szkoleń dotyczących m.in. obsługi i programowania robotów, poznawania funkcjonalności programatorów i kontrolerów, zasad tworzenia zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych, wykonywania testów uruchomieniowych oraz pomiarów kluczowych parametrów procesów produkcyjnych [49].

Wraz z wprowadzaniem kolejnych, bardziej rozbudowanych wersji środowisk rosną również wymagania systemowe. Każdy z producentów podaje minimalne wymagania, jednak stabilną i elastyczną pracę można uzyskać na sprzęcie o parametrach:

- system Windows 7/10/11 64-bitowy;
- Procesor Intel Core i7;
- min. 16 GB RAM;
- karta graficzna min. 2–4 GB RAM;
- wymagane ok. 50 GB pamięci na dysku (najlepiej typu SSD).

W związku z dużym zapotrzebowaniem na robotyzację procesów sortowania, pakowania i paletyzacji producenci robotów oferują specjalistyczne pakiety, które wspierają tworzenie z tym zakresie stanowisk produkcyjnych w trybie off-line. Są to:

- Picking PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji sortowania i pakowania w trybie off-line w środowisku RobotStudio firmy ABB [60, 61];
- Palletizing PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji paletyzacji w trybie off-line w środowisku RobotStudio firmy ABB [61, 62].

Sama metodyka projektowania stanowisk do sortowania, pakowania i paletyzacji nie odbiega zbyt od ogólnych zasad projektowania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych, w których występuje problem manipulowania obiektami.

W pierwszym etapie projektowania należy zidentyfikować problemy i przeanalizować wymagania odbiorcy stanowiska. Sprowadzają się one najczęściej do:

- zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom;
- zapewnienia odpowiedniej wydajności całego systemu;
- obsługi wybranych asortymentów produktów;
- określenia sposobu dosyłania produktów i odbioru gotowych palet;
- określenia sposobu sortowania, pakowania i paletyzacji;
- zapewnienia realizacji wymaganych wzorów sortowania, pakowania i paletyzacji,
- określenia stopnia automatyzacji całego procesu.

Następnie należy opracować plan zawierający szczegółowe zadania związane z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją produktów oraz określić pożądane rezultaty całego procesu.

1.2. Budowa stanowiska sortowania, pakowania i paletyzacji

Linie produkcyjne do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów mogą być wzorcem funkcjonowania nowoczesnego przedsiębiorstwa produkcji wielkoseryjnej, zarówno w branży spożywczej, jak i w innych gałęziach przemysłu. Ma to swoje uzasadnienie, biorąc pod uwagę konieczność konfiguracji całej linii produkcyjnej (od dużej liczby drobnych produktów – o prostej budowie, poprzez produkty średniej wielkości – budowa bardziej złożona, po produkty końcowe – skompletowane, charakteryzujące się największymi gabarytami). Analizując przepływ produktów na tego typu liniach, łatwo można zauważyć, że stanowisko przedstawione

na rys. 2 można podzielić na trzy stacje. Z uwagi na charakter procesu konfiguracja poszczególnych stacji jest związana w szczególności z liczbą i typem robotów:

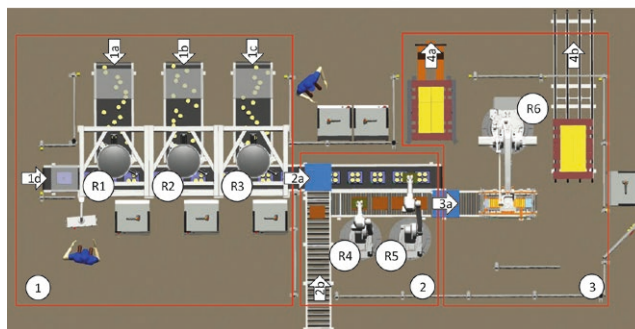
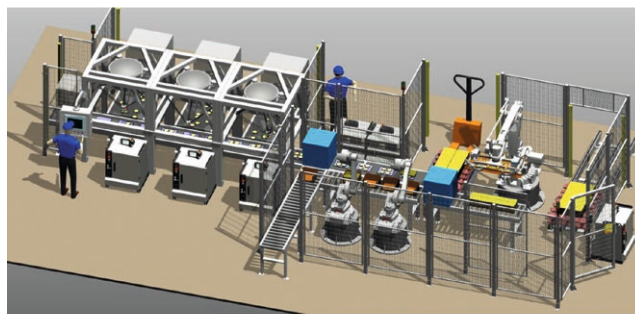
- stacja sortowania (rys. 2) – ze względu na konieczność obsłużenia dużej liczby pojedynczych produktów w ograniczonym czasie w stacji tej wykorzystuje się kilka, kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt robotów (często czteroosiowych, np. typu SCARA lub delta – realizację tego etapu produkcji zapewniają roboty R1, R2, R3) o małym udźwigu i małej przestrzeni roboczej; roboty na tym etapie realizują zadania z wykorzystaniem systemów wizyjnych i śledzeniem transporterów, ponieważ produkty są dostarczane często w sposób nieuporządkowany;
- stacja pakowania (rys. 2) – na tym etapie produkcji występuje mniej obiektów do obsłużenia, stąd też liczba robotów jest z reguły mniejsza (symbolicznie zobrazowano to robotami R4, R5), a przepływ produktów, zarówno komponentów wejściowych (produkty i opakowania), jak i wyjściowych, jest zwykle realizowany w sposób uporządkowany; roboty stosowane w tej stacji, w porównaniu z robotami w stacji sortowania, mają większy udźwig i większą przestrzeń roboczą; najczęściej stosowane są uniwersalne roboty sześciooosiowe;
- stacja paletyzacji (rys. 2) – z uwagi na mniejszą w porównaniu do poprzednich etapów produkcji liczbę produktów liczba robotów jest mniejsza, często jest to jeden robot (R6 na rys. 2); w tym przypadku roboty często są jednostkami czteroosiowymi o dużym zasięgu oraz udźwigu; w wielu rozwiązaniach obsługują one więcej niż jedną linię dosyłającą i odbierającą produkty.

1.2.1. Zrobotyzowane sortowanie produktów

Sortowanie produktów – dobór robota i jego wyposażenia

Firmy produkujące roboty przemysłowe mają w swojej ofercie dedykowane procesowi sortowania roboty cztero- i sześciooosiowe. W większości przypadków roboty czteroosiowe są wystarczające. Trzy główne osie robota umożliwiają dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni kartezjańskiej – wzdłuż osi x , y , z , czwarta oś pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół osi pionowej z – jest to uzasadnione, gdy produkty nie są uporządkowane na transporterze i konieczna jest ich orientacja. Konstrukcyjnie są to z reguły roboty o strukturze równoległej (np. czteroosiowe tripody) lub roboty o strukturze szeregowej (np. typu SCARA – *Selective Compliance Assembly Robot Arm*). W aplikacjach do sortowania produktów można znaleźć również roboty sześciooosiowe o strukturze szeregowej. W większości przypadków użycie tego typu robotów może być podyktowane relatywnie dużą masą produktów, dużą głębokością kontenerów, potrzebą zastosowania robota o większej liczbie stopni swobody z uwagi na kształt trajektorii ruchu oraz miejsce i orientację punktu odkładania. Analizując proces, łatwo można zauważyć, że roboty przeznaczone do sortowania charakteryzują w szczególności:

- mały zakres udźwigu, ok. 0,5–8 kg;



↑ Rys. 2. Stanowisko w środowisku RobotStudio firmy ABB;

1 – stacja sortowania produktów i umieszczania ich na tackach, 2 – stacja pakowania tack z produktami do kartonów, 3 – stacja paletyzacji, 1a, 1b, 1c – źródło produktów w stacji sortowania, 1d – źródło tack w stacji sortowania, 2a – wyjście stacji sortowania będące źródłem stacji pakowania, 2b – źródło kartonów stacji pakowania, 3a – wyjście stacji pakowania będące źródłem stacji paletyzowania, 4a, 4b – wyjście stacji paletyzacji

- mała przestrzeń robocza, najczęściej dostosowana do szerokości transportera;
- duże prędkości liniowe TCP (ang. *Tool Center Point*), do 10 m/s;
- duża powtarzalność, ok. 0,03–0,2 mm;
- stopień ochrony IP67 (standardowo).

Roboty w procesie sortowania wykonują operacje typu pick and place, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach sortowania do zadań robota należą:

- przenoszenie nieuporządkowanych produktów z jednego transportera na inny zgodnie z algorytmem sortowania:
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach (np. na tackach, blistrach, w kartonach),
 - odpowiednie zorientowanie produktów (jeśli wymagane);
- wykrywanie i śledzenie położenia produktów, czasami również kontenerów, na przenośnikach [59];
- praca „w locie”, bez zatrzymywania przenośników podczas wykonywania operacji pobierania, przenoszenia i odkładania produktów;
- chwytanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.

Roboty pracujące na liniach sortujących są zwykle wyposażone w proste chwytaki pneumatyczne (jeśli to możliwe – przyssawkowe), a głównym wymogiem jest maksymalnie krótki czas pobrania i odłożenia produktu.

Roboty o strukturze równoległej w procesach sortowania

W procesach sortowania najczęściej spotykanymi robotami są urządzenia o strukturze równoległej, które literatura definiuje jako mechanizmy o zamkniętej pętli kinematycznej, składające się z platformy ruchomej (efektora) połączonej z platformą bazową przez minimum dwa niezależne łańcuchy kinematyczne zwane kończynami, ramionami lub nogami [63, 64]. Cechą charakterystyczną konstrukcji tego typu manipulatorów jest stosowanie przegubów Cardana lub przegubów kulowych łączących ramiona z platformą ruchomą, co rozszerza zakres ruchu dzięki wielokierunkowemu wychyleniu (rys. 3).

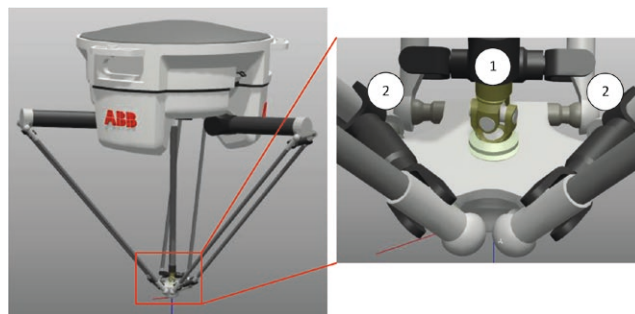
Równie charakterystycznym elementem konstrukcyjnym tego typu robotów są połączenia podwójnych przedramion pomiędzy efektorom a ramionami przenoszącymi napęd z urządzeń wykonawczych. Szczególne znaczenie ma tutaj konstrukcja tripoda (delty), czyli robota wyposażonego w trzy równoległe łańcuchy kinematyczne [65].

Roboty typu tripod występują w kilku odmianach (rys. 4 i 5):

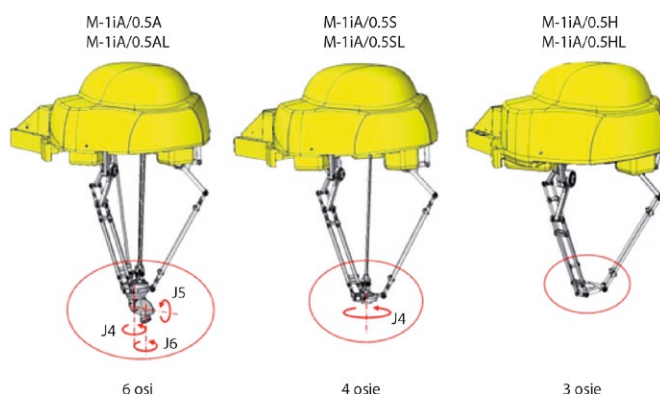
- roboty trzyosiowe (o trzech stopniach swobody) – stosowane bardzo rzadko; można je znaleźć w aplikacjach, gdzie nie ma konieczności zmiany orientacji przenoszonych produktów; zastosowanie w prostych aplikacjach typu *pick and place*;
- roboty czteroosiowe (o czterech stopniach swobody) – stosowane przede wszystkim do sortowania i pakowania z dużą prędkością z zachowaniem dużej sztywności konstrukcji; roboty tego typu wykonują sortowanie i pakowanie produktów ze zmianą ich orientacji, co jest szczególnie przydatne podczas dostarczania do stanowiska sortującego/pakującego nieuporządkowanych produktów za pomocą transportera;
- roboty pięcioosiowe (o pięciu stopniach swobody) – dodatkowa (piąta) oś robota pozwala na odchylenie TCP robota; może być to wykorzystane podczas pobierania i odkładania do kontenerów produktów o nieregularnych kształtach (np. w opakowaniach workowych);
- roboty sześćoosiowe (o sześciu stopniach swobody) – bardzo rzadko używane do sortowania i pakowania; roboty tego typu znalazły zastosowanie w aplikacjach montażu oraz inspekcji, gdzie konieczne jest manipulowanie obiektami w przestrzeni sześciostopniowej i cztery stopnie swobody robota nie są niewystarczające.

Manipulator o budowie równoległej ma relatywnie dużą sztywność, co przy małej masie ramion pozwala na uzyskiwanie przez robota dużych przyspieszeń i prędkości na krótkich odcinkach ruchu. Przykładem robota typu tripod (delta) jest czteroosiowy (może występować również w wersji trzyosiowej) IRB360 firmy ABB (rys. 6 i 7). Firma ABB oferuje kilka wersji tego urządzenia, a do jego najważniejszych cech zaliczamy:

- 3 lub 4 osie typu obrotowego;
- udźwig 1–8 kg;
- zasięg 800–1600 mm (średnica przestrzeni roboczej);

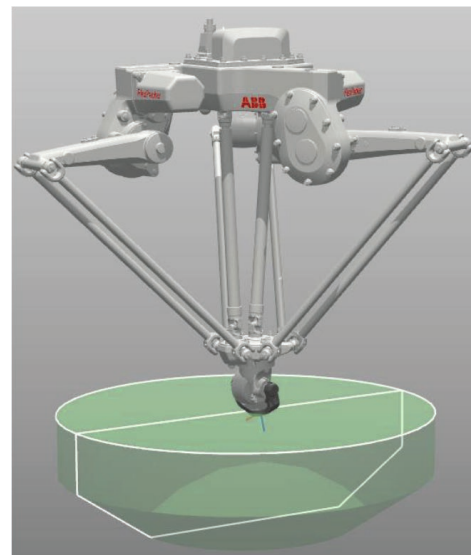


↑ Rys. 3. Czteroosiowy tripod IRB 360 firmy ABB (źródło: własne na podstawie RobotStudio firmy ABB): 1 – przegub Cardana, 2 – przegub kulowy



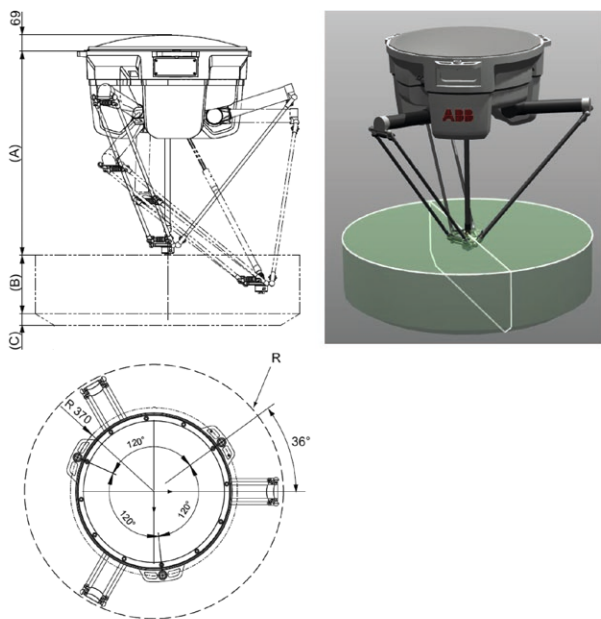
↑ Rys. 4. Roboty M-1iA firmy FANUC w konfiguracji sześćo-, cztero- i trzyosiowej

→ Rys. 5. IRB 390 FlexPacker w konfiguracji pięcioosiowej oraz widok jego przestrzeni roboczej



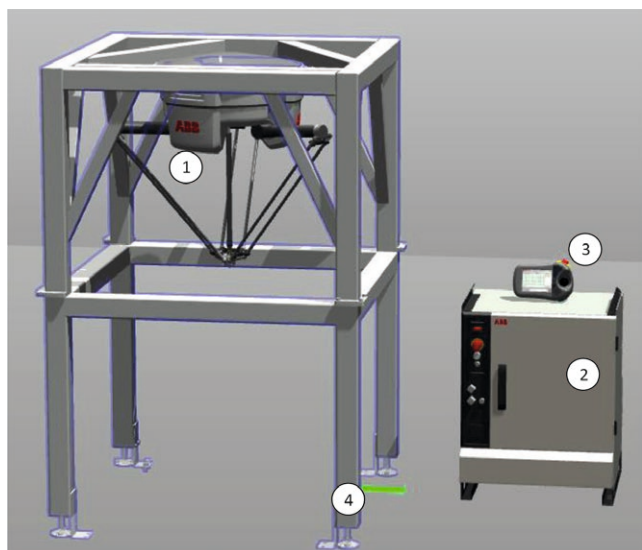
- powtarzalność $\pm 0,1$ mm;
- masa 120–145 kg;
- temperatura pracy 5–45°C.

Jak widać na rysunku 2.5, przestrzeń robocza robotów typu delta nie jest duża, co ogranicza ich uniwersalność. Roboty tego typu najczęściej montowane są na ramach nośnych (rys. 7 i 8), a obszar pracy robota znajdujący się pod nim



Model robota	A	B	C	D
IRB 360-1/800	960	200	-	400
IRB 360-1/1130	865	250	50	565
IRB 360-3/1130	865	250	50	565
IRB 360-8/1130	892	250	100	565
IRB 360-1/1600	1112	300	50	800
IRB 360-6/1600	1107.5	305	155	800

↑ Rys. 6. Przestrzeń robocza robota IRB 360 firmy ABB [66]; wymiary A, B, C i R w mm



↑ Rys. 7. Czteroosiowy tripod IRB 360 firmy ABB: 1 – robot IRB360, 2 – kontroler IRC5, 3 – panel nauczania (Flex Pendant), 4 – rama

zawiera się w obrębie ramy. Takie rozwiązanie z jednej strony umożliwia łatwe zabezpieczenie przestrzeni roboczej (np. poprzez zabudowę ścian ramy), a z drugiej operowanie detalami znajdującymi się w przestrzeni znajdującej pod robotem jest wystarczające w aplikacjach typu *pick and place*.



↑ Rys. 8. Stanowisko do sortowania detali z robotem IRB 360 firmy ABB



← Rys. 9. Adept Quattro s650H firmy Omron [67]

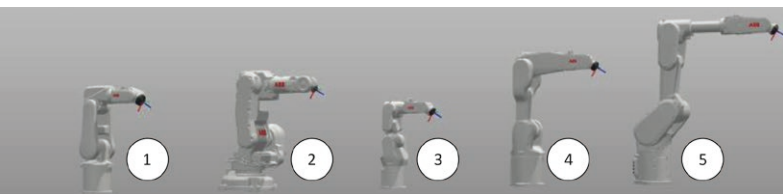
Do sortowania stosowane są również roboty o strukturze równoległej wyposażone w cztery ramiona. Przykładem jest robot Adept Quattro s650H firmy Omron, który ma 4 stopnie swobody i udźwieg 15 kg (rys. 2.9).

Wśród zalet robota Adept Quattro s650H producent wyróżnia:

- współpracę z siecią Ethernet pozwalającą sterować robotem z wykorzystaniem języka programowania (IEC 61131-3) sterownika maszyn serii NX/NJ;
- czteroosiowe ramie równomiernie rozkładające obciążenie robota;
- szybkie i precyzyjne ruchy robota;
- możliwość obsługi funkcji programowych (np. *multi-picking*);
- zakres obszaru roboczego 1300 mm i 1600 mm;
- udźwieg do 15 kg;
- stopień ochrony IP65 (model HS – IP66).

Roboty o strukturze szeregowej w procesach sortowania

Choć maszynami najczęściej stosowanymi do sortowania są roboty typu delta, jednak w niektórych przypadkach można spotkać cztero-, pięcio- i sześćoosiowe roboty o strukturze szeregowej (rys. 2.10). Tradycyjne roboty czteroosiowe



↑ **Rys. 10.** Małe roboty sześcioośiowe znajdujące zastosowanie w sortowaniu na przykładzie robotów firmy ABB: 1 – IRB120 o udźwigu 3 kg i zasięgu 58 cm, 2 – IRB140 o udźwigu 6 kg i zasięgu 81 cm, 3 – IRB1100 o udźwigu 4 kg i zasięgu 47–58 cm, 4 – IRB1200 o udźwigu 5 kg i zasięgu 70–90 cm, 5 – IRB1300 o udźwigu 7 kg i zasięgu 90–115–140 cm

są zazwyczaj wykorzystywane do pakowania i paletyzacji. Przy czym należy zauważyć, że z uwagi na dużą gamę robotów o strukturze równoległej małe tradycyjne roboty czteroosiowe o strukturze szerekowej znikają z rynku (np. IRB 260 firmy ABB). Wykorzystywane są natomiast roboty (o strukturze szerekowej lub równoległej) typu SCARA (ang. *Selective Compliance Assembly Robot Arm*), które w powołaniu konkurują z robotami typu delta. Z uwagi na specyficzną konstrukcję zostaną one przedstawione w dalszej części opracowania.

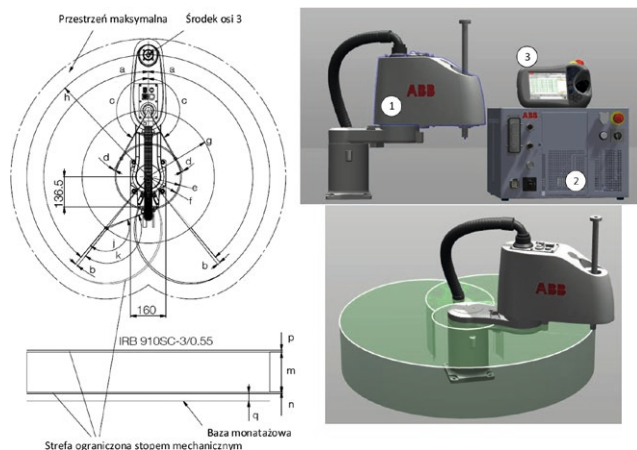
Zastosowanie robotów pięcio- lub sześcioośiowych może być podyktowane koniecznością manipulowania obiektami w pięciu lub sześciu stopniach swobody. W aplikacjach sortowania będą to raczej roboty sześcioośiowe, w których istnieje możliwość blokowania osi, co pozwala na zwiększenie ich możliwości kinematycznych. Roboty sześcioośiowe są zaliczane do robotów monolitycznych i mają wiele zalet, m.in.:

- dużą przestrzeń roboczą – zwłaszcza w robotach, w których zastosowano rozwiązanie z przesuniętym barkiem i łokciem;
- szybkie ruchy;
- możliwość instalacji na podłodze, ścianie, suficie i pod kątem;
- możliwość uzyskania dowolnej orientacji efektora (zwłaszcza że zakresy czwartej i szóstej osi często znacznie przekraczają $\pm 360^\circ$).

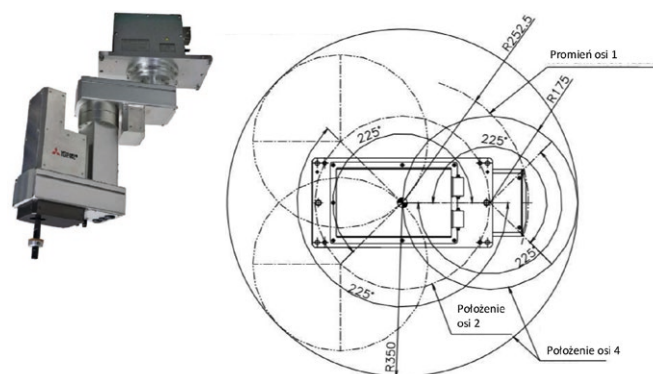
Roboty typu SCARA w procesach sortowania

Alternatywą dla robotów o strukturze równoległej (zwłaszcza tripodów) są roboty z poziomym ramieniem typu SCARA. Urządzenia tego typu mają w swojej ofercie takie firmy, jak Mitsubishi, Epson, FANUC, ABB. Roboty typu SCARA należą do rodziny robotów cylindrycznych i po raz pierwszy użyte zostały w 1979 r. w Japonii. Ze względu na specyficzne cechy znalazły one zastosowanie szczególnie w zadaniach *pick and place* oraz zadaniach montażowych (zwłaszcza montażu elektroniki), gdzie wymagane są duże prędkości i duża dokładność pozycjonowania. Do ich zalet należy zaliczyć:

- bardzo szybkie ruchy poziome;
- dużą sztywność w osiach pionowych;
- dużą powtarzalność ruchów.



↑ **Rys. 11.** Czteroosiowy robot IRB 910SC firmy ABB typu SCARA oraz jego przestrzeń roboczą: 1 – robot IRB 910SC, 2 – kontroler IRC5 Compact, 3 – panel nauczania (Flex Pendant)



↑ **Rys. 12.** Czteroosiowy robot RH-3FHR typu SCARA odwrócony (po lewej) oraz zakres maksymalnej przestrzeni roboczej stosowanej w tego typu urządzeniach (po prawej) [68]



↑ **Rys. 13.** Robot SCARA RH-3FHR firmy Mitsubishi na stanowisku roboczym

Roboty tego typu są oferowane w dwóch wersjach: SCARA (rys. 11) z otwartym łańcuchem kinematycznym (w tym SCARA odwrócony – rys. 12 i 13) oraz z zamkniętym łańcuchem kinematycznym (rys. 14).



↑ Rys. 14. Robot SCARA RP-firmy Mitsubishi Electric

Podstawowe cechy czteroosiowego robota IRB 910SC firmy ABB:

- 4 osie typu obrotowego;
- udźwig do 6 kg;
- zasięg 450–650 mm;
- powtarzalność $\pm 0,01$ mm;
- masa 24,5–25,5 kg,
- temperatura pracy 5–45°C.

Podstawowe cechy czteroosiowych robotów serii RH-3FHR firmy Mitsubishi Electric:

- 3 osie typu obrotowego i 1 oś typu przesuwne;
- prędkość 6800–8300 mm/s;
- udźwig do 3 kg;
- zasięg 350 mm;
- powtarzalność $\pm 0,010$ – $0,012$ mm;
- masa 29–32 kg;
- temperatura pracy 0–40°C.

O ile roboty o strukturze szeregowej (w tym SCARA odwrócona) znalazły szerokie zastosowanie w sortowaniu niemal we wszystkich branżach przemysłu, o tyle roboty o strukturze równoległej są zwykle wykorzystywane tam, gdzie wymagane są bardzo duże dokładności pozycjonowania (patrz tab. 2). Przykładem mogą być kompaktowe roboty o strukturze równoległej serii RP firmy Mitsubishi Electric (rys. 14) o 4 stopniach swobody, które z uwagi na dużą powtarzalność ruchów nawet na poziomie ($\pm 0,005$ mm) oraz osiągnięte duże prędkości i przyspieszenia znalazły zastosowanie w mikromontażu (np. zegarków, telefonów komórkowych czy aparatów słuchowych). Seria robotów RP obejmuje trzy modele o udźwigu 1–5 kg. Konstrukcja robotów w postaci zamkniętego łańcucha kinematycznego (konstrukcja dwuramienna) znacznie wpływa na dokładność wykonywania operacji przy zachowaniu krótkich cykli pracy. Podobnie jak wszystkie roboty MELFA także roboty serii RP są fabrycznie wyposażone we wszystkie niezbędne funkcje, m.in. śledzenie transporterów czy sterowanie dodatkowymi osiami. Mogą też być podłączone do sieci Ethernet i mają gniazdo USB.

Podstawowe cechy czteroosiowych robotów RP firmy Mitsubishi Electric:

↓ Tabela 2. Porównanie cech robotów o strukturze równoległej i szeregowej

Typ struktury kinematycznej	Struktura równoległa	Struktura szeregową
Mechanizm		
Konstrukcja	prosta kombinacja łączy	większe osie wymagają większych silników i reduktorów. kompleksowe prowadzenie kabli do kierowców osi nadgarstków
Dokładność	błędy ramion są uśredniane	błędy poszczególnych członów ramion się kumulują
Przestrzeń robocza	mała	duża, umożliwiającą różnorodne operacje
Przyspieszenia	lekkie ramiona pozwalają na uzyskiwanie dużych przyspieszeń	ciężkie ramiona zawierające zabudowane napędy i reduktory stanowią ograniczenie dla uzyskiwania dużych przyspieszeń
Częstotliwość	możliwość uzyskania wysokich częstotliwości	ograniczony zakres nadążania za dużymi przyspieszeniami
Zalety	prosta konstrukcja, możliwość pracy z dużymi przyspieszeniami predysponują tego typu konstrukcje do procesów sortowania i szybkiego montażu	duża przestrzeń robocza i możliwy duży udźwig predysponują tego typu konstrukcje do procesów wymagających dużych przemieszczeń narzędzi oraz przeorientowywania narzędzia w szerokim zakresie

- 4 osie,
- udźwig 1–5 kg,
- zasięg 150–297 mm,
- powtarzalność $\pm 0,005$ – $0,010$ mm;
- masa 12–25 kg;
- temperatura pracy 0–40°C.

Sortowanie produktów – konfiguracja stacji

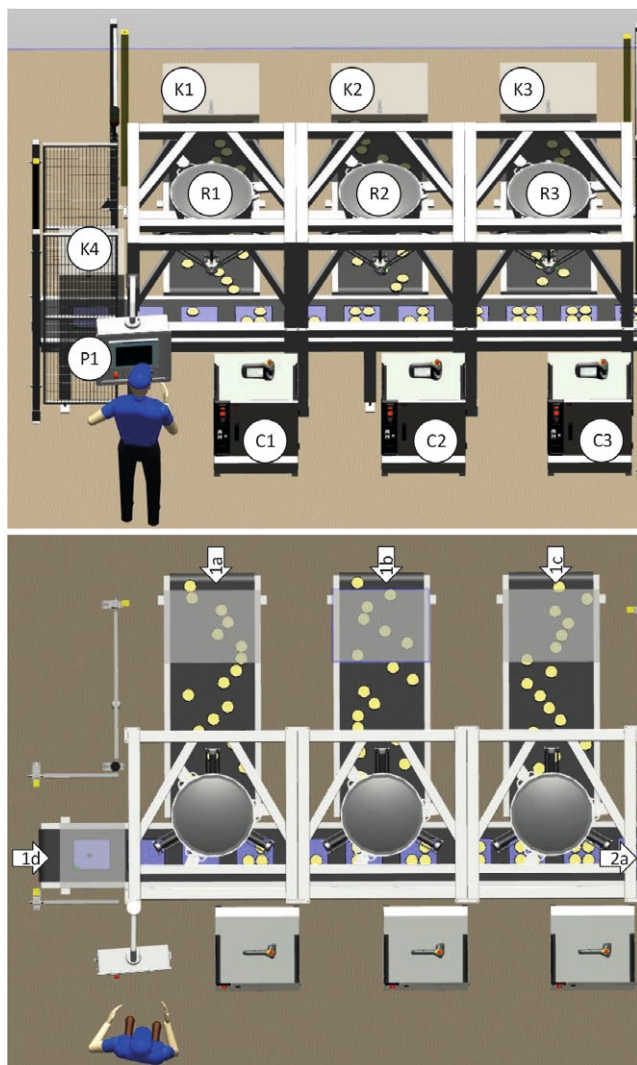
Stanowisko zrobotyzowanego sortowania produktów może realizować wiele operacji, m.in. pobieranie, kontrola jakości, przenoszenie, sortowanie i układanie. Z uwagi na charakter procesu stacja sortowania ma następujące cechy (rys. 15):

- duża wydajność dostosowana do potrzeb odbiorcy;
- bardzo szybkie roboty, często pracujące kaskadowo;
- kilka linii dosyłających produkty oraz co najmniej jedna linia dosyłająca kontenery (tacki, blistry, kartony);
- śledzenie taśmy produkcyjnej, gdzie zadania robotów są wykonywane „w locie” (bez zatrzymywania przenośników);
- nieuporządkowane produkty na liniach wejściowych;
- na wyjściu stacji otrzymuje się z produkt gotowy do pakowania lub paletyzacji.

1.2.2. Zrobotyzowane pakowanie produktów

Pakowanie produktów – dobór robota i jego wyposażenia

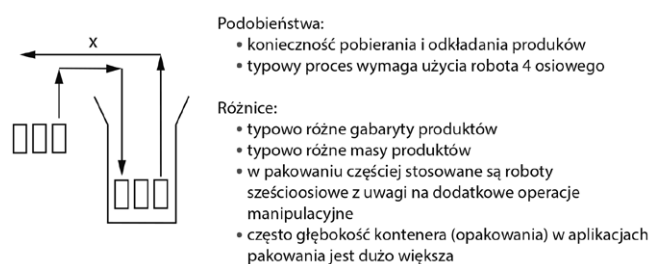
Pakowanie produktów (rys. 16) jest często połączone z ich sortowaniem (zwłaszcza jeśli produkty mają duże gabaryty lub masę), dlatego etap sortowania może nie być wyodrębniony z procesu (rys. 17). W przykładzie przedstawionym na rysunku 2 założono (tak jest zazwyczaj), że zarówno



↑ Rys. 15. Stacja sortowania w środowisku RobotStudio firmy ABB; R1, R2, R3 – roboty IRB360; C1, C2, C3 – kontrolery IRC5 z panelami nauczania (Flex Pendantami); K1, K2, K3, K4 – tunele świetlne z kamerami; P1 – pulpit operatora; 1a, 1b, 1c – linie dosyłające produkty; 1d – transportery dosyłające tacki; 2a – transporter wyjściowy



↑ Rys. 16. Robot IRB360 układający czekoladki w kartonie



↑ Rys. 17. Podobieństwa i różnice procesów sortowania i pakowania

transportery wejściowe, jak i wyjściowy przemieszczają detale w sposób uporządkowany, a sam proces może być realizowany bez lub z zatrzymaniem taśmy produkcyjnej.

Na etapie pakowania (ponieważ w większości przypadków celem jest przeniesienie produktu z jednego miejsca do drugiego) wykorzystuje się uniwersalne roboty sześci- i czteroosiowe. Roboty sześcioksiowe są stosowane ze względu na ich większą elastyczność i większą przestrzeń roboczą (podczas realizacji procesu pakowania czasami konieczne jest wykonywanie dodatkowych operacji manipulacyjnych). Dodanie odrębnej stacji pakowania do stanowiska zwiększa wydajność i płynność realizacji procesu. Roboty przeznaczone do pakowania charakteryzują się m.in.:

- małym zakresem udźwigu, ok. 1–30 kg;
- przestrzenią roboczą zwykle odpowiadającą przestrzeni roboczej człowieka;
- dużą prędkością – do 10 m/s;
- wysoką powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

Roboty w procesie pakowania wykonują operacje typu *pick and place*, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach pakowania do zadań robota należy zaliczyć:

- przenoszenie uporządkowanych produktów z jednego transportera na inny, zgodnie z algorytmem pracy;
- układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach,
- odpowiednie zorientowanie produktów;
- chwywanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.

W porównaniu z robotami sortującymi roboty pakujące są zwykle wyposażone w bardziej złożone chwytaki.

Roboty o strukturze równoległej w procesach pakowania

W procesach pakowania, podobnie jak sortowania, mogą być stosowane przedstawione w poprzednim rozdziale roboty o strukturze równoległej. Ich zastosowanie jest uwarunkowane m.in.:

- właściwościami pakowanych produktów (np. masą, gabarytami) – roboty o strukturze równoległej do procesów sortowania mają z reguły mały udźwig i małą przestrzeń roboczą;

- własnościami opakowań (np. gabarytami):
 - w przypadku dużych opakowań mała przestrzeń robocza może uniemożliwić zastosowanie tego typu robotów,
 - w przypadku opakowań głębokich może być konieczne użycie chwytaków o dużej długości (rozchodzące się ramiona mogą wchodzić w kolizję z opakowaniem);
- sposobem pakowania (np. konieczność układania produktów pod kątem, czy układania warstw) – problematyczne zwłaszcza w przypadku głębokich opakowań;
- konfiguracją stanowiska pakującego – z uwagi na małą przestrzeń roboczą roboty o strukturze równoległej nie znajdują zastosowania na stanowiskach, gdzie konieczne jest przenoszenie produktów na znaczną odległość w pionie lub poziomie.

Roboty o strukturze szeregowej w procesach pakowania

W procesach pakowania, podobnie jak sortowania, mogą być stosowane przedstawione w poprzednim rozdziale (dotyczącym sortowania produktów) roboty o strukturze szeregowej. Użycie konkretnego typu robota będzie wynikało z wymagań samego procesu pakowania. Jednak z uwagi na fakt, że pakowane produkty często znajdują się w opakowaniach gama robotów (oprócz jednostek najmniejszych) będzie obejmowała również roboty średniej wielkości (rys. 18).

Roboty sześciooosiowe są zaliczane do robotów monolitycznych. Do ich zalet należą m.in.:

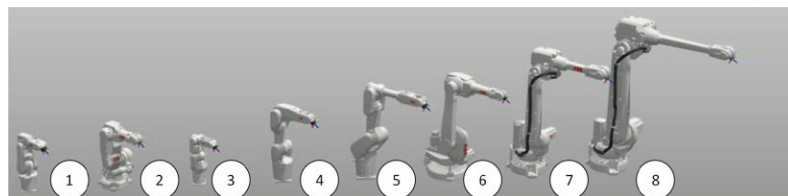
- duża przestrzeń robocza – zwłaszcza w robotach, w których zastosowano rozwiązanie z przesuniętym barkiem i łokciem;
- szybkie i zwinne ruchy;
- możliwość instalacji na podłodze, ścianie, suficie i pod kątem;
- możliwość uzyskania dowolnej orientacji efektora w przestrzeni (zakresy czwartej i szóstej osi często znacznie przekraczają $\pm 360^\circ$).

Przykładem sześciooosiowego robota może być urządzenie IRB 2600 firmy ABB przedstawione na rysunku 19.

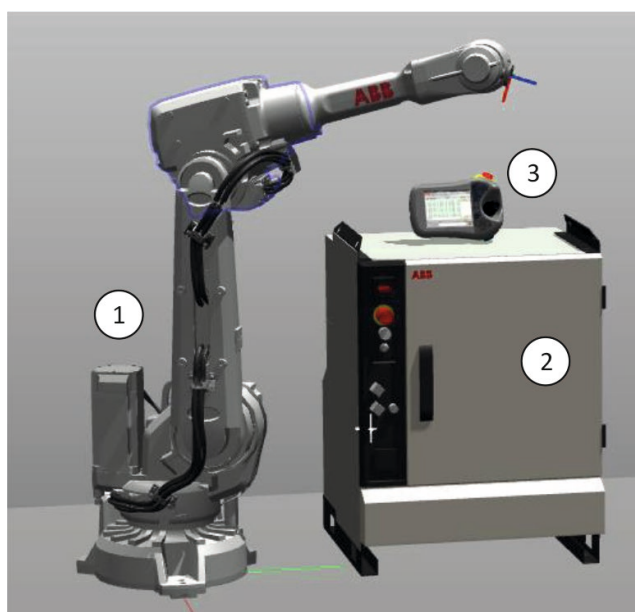
Podstawowe cechy sześciooosiowego robota IRB 2600 firmy ABB (rys. 19 i 20):

- 6 osi typu obrotowego;
- udźwig 12–20 kg;
- zasięg 1650–1850 mm;
- powtarzalność $\pm 0,04$ mm;
- masa 272–284 kg;
- temperatura pracy 5–45°C.

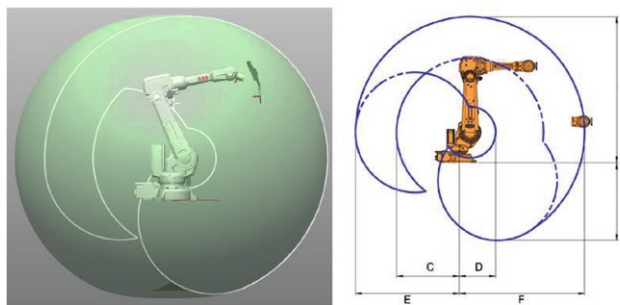
Do pakowania z powodzeniem stosowane są również roboty czteroosiowe. Podobnie jak w przypadku 4-osiowych robotów typu delta w robotach o strukturze szeregowej trzy główne osie robota umożliwiają dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni kartezjańskiej (wzdłuż osi x, y, z), czwarta oś pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół pionowej osi z. Z reguły tego typu roboty charakteryzują się dużym udźwigniem oraz zasięgiem, dlatego oprócz zastosowań w pakowaniu są często wykorzystywane do paletyzacji. Przykładem takiego robota jest IRB 460 (rys. 21), który



↑ Rys. 18. Średnie roboty sześciooosiowe znajdujące zastosowanie w aplikacjach sortowania na przykładzie robotów firmy ABB: 1 – IRB 120 o udźwigu 3 kg i zasięgu 58 cm, 2 – IRB 140 o udźwigu 6 kg i zasięgu 81 cm, 3 – IRB 1100 o udźwigu 4 kg i zasięgu 47–58 cm, 4 – IRB 1200 o udźwigu 5 kg i zasięgu 70–90 cm, 5 – IRB 1300 o udźwigu 7 kg i zasięgu 90–115–140 cm, 6 – IRB 1600 o udźwigu 6–8–10 kg i zasięgu 1,2–1,45 m, 7 – IRB 2600 o udźwigu 12–20 kg i zasięgu 1,65–1,85 m, 8 – IRB 4600 o udźwigu 20–40–45–60 kg i zasięgu 2,05–2,55 m

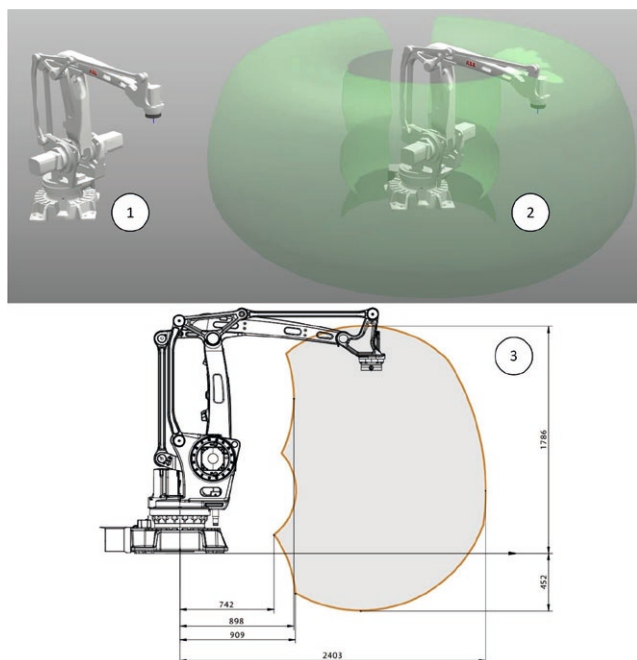


↑ Rys. 19. Sześciooosiowy robot IRB 2600 firmy ABB: 1 – robot IRB 2600, 2 – kontroler IRC5, 3 – panel nauczania (FlexPendant)



Model	Poz. A	Poz. B	Poz. C	Poz. D	Poz. E	Poz. F
IRB 2600-20/1.65	1948 mm	993 mm	837 mm	469 mm	1353 mm	1653 mm
IRB 2600-12/1.65	1948 mm	993 mm	837 mm	469 mm	1353 mm	1653 mm
IRB 2600-12/1.85	2148 mm	1174 mm	967 mm	506 mm	1553 mm	1853 mm

↑ Rys. 20. Robot IRB 2600 firmy ABB – przestrzeń robocza [69], gdzie Poz. oznacza pozycję robota w określonym punkcie na granicy przestrzeni roboczej



↑ Rys. 21. Czteroosiowy robot IRB 460 firmy ABB: 1 – robot IRB 460, 2, 3 – przestrzeń robocza robota IRB 460

może wykonać do 2190 cykli na godzinę, przy udźwigu 60 kg (rampa cyklu 400 mm, 2000 mm, 400 mm). Jest o 15% szybszy niż najbliższy rywal w jego klasie.

Podstawowe cechy sześćoosiowego robota IRB 460 firmy ABB (rys. 21):

- 4 osie typu obrotowego;
- udźwig do 110 kg;
- zasięg do 2400 mm,
- powtarzalność $\pm 0,20$ mm;
- masa 925 kg;
- temperatura pracy 0–45°C.

Pakowanie produktów – konfiguracja stacji

Na stanowisku zrobotyzowanego pakowania można realizować kilka operacji, m.in. pobieranie, kontrolowanie, przenoszenie, sortowanie i układanie. Stacja pakowania (rys. 22) obejmuje:

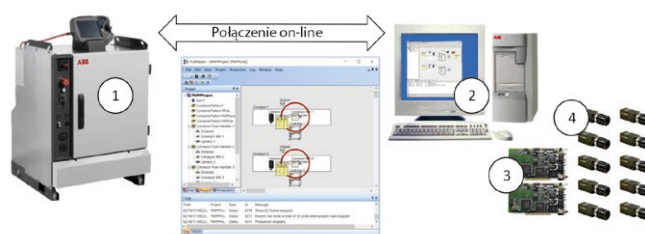
- szybkie roboty, często pracujące kaskadowo;
- jedną linię dosyłającą produkty i jedną linię dosyłającą opakowania (kartony).

Wymaga się, by stacja pakowania miała dużą wydajność, dostosowaną do potrzeb odbiorcy, aby produkty na linii wejściowej były uporządkowane, a na wyjściu stacji produkt powinien być gotowy do paletyzacji.

W większości przypadków produkty na transporterze wejściowym są uporządkowane, przez co nie ma konieczności używania systemów wizyjnych do określania pozycji i orientacji produktów (obecność uporządkowanych produktów w punkcie poboru jest wykrywana za pomocą czujnika). Sam proces pobierania produktów może być realizowany ze śledzeniem transportera („w locie”) lub po jego zatrzymaniu.



↑ Rys. 22. Stacja pakowania w środowisku RobotStudio firmy ABB: R4, R5 – roboty IRB1600; C4, C5 – kontrolery IRC5 z panelami nauczania (Flex Pendantami); 2a, 2b – transporterzy dosyłające produkty; 3a – transporter wyjściowy



↑ Rys. 23. Elementy systemu PickMaster 3 firmy ABB: 1 – kontroler IRC5, 2 – komputer z programem PickMaster 3, 3 – karty do obsługi kamer, 4 – kamery

Kontenery na transporterze wyjściowym z reguły również są uporządkowane, a proces odkładania produktów do kontenerów częściej odbywa się po zatrzymaniu kontenera niż w locie. Wynika to głównie z faktu, że standardowo do kontenerów pakowanych jest wiele produktów, w wielu warstwach.

Należy zauważyć, że proces pakowania może zawierać w sobie proces sortowania (jeżeli konieczne jest pakowanie różnych produktów do jednego opakowania). Przy doborze robotów do stacji sortujących/pakujących należy zwrócić uwagę na cechy produktów oraz kontenerów, do których te produkty są pakowane.

Zainteresowanie procesami sortowania/pakowania jest na tyle duże, że producenci robotów proponują moduły wspierające tworzenie takich stacji w trybie off-line (np. firma ABB oferuje pakiet Picking PowerPac dla środowiska RobotStudio) oraz moduły wspierające szybką konfigurację procesu sortowania/ pakowania (np. PickMaster 3 firmy ABB – rys. 23).

1.3. Przykład zrobotyzowanego stanowiska do sortowania i pakowania produktów

Do najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu należy przemysł spożywczy. Ze względu na często nieregularne kształty wyrobów oraz konieczność częstych modyfikacji linii produkcyjnej ta gałąź przemysłu stawia w procesie robotyzacji szczególne wymagania [70, 71].

Ze względu na dużą konkurencyjność rynku i potrzebę, aby sprostać rygorystycznym normom jakości produktów, strategię fabryk muszą podlegać ciągłym zmianom, dlatego konieczne jest prowadzenie analiz dotyczących bieżącej produkcji [72]. Lecz ze względu na dużą liczbę parametrów technologicznych i sprzętowych oraz jednocześnie wymagania osiągnięcia wysokiej produktywności dużym wyzwaniem jest zapewnienie jakości [73, 74]. Uwzględniając wysokie koszty zrobotyzowanych linii produkcyjnych, konieczne jest opracowanie elastycznych systemów produkcyjnych, które pozwolą na szybkie dostosowanie się do wymagań klientów. Takie rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu technik i narzędzi do analizy przebiegu procesu technologicznego z możliwością przewidywania przyszłych jego funkcjonalności [75–81]. Należy jednocześnie szacować wymagania procesu i tworzyć modele behawioralne zarówno samego procesu, jak i poszczególnych maszyn, tak aby rozważyć wszystkie możliwe problemy i uwzględnić je w tworzonym modelu.

Biorąc pod uwagę wysokie koszty prowadzenia takich eksperymentów na hali produkcyjnej, warto przeprowadzić symulacje komputerowe już na etapie projektowania produkcyjnego – pozwala to na wyeliminowanie wielu problemów. Szczególnie ważne jest prowadzenie analiz, które umożliwią ocenę numeryczną przebiegu procesu oraz ocenę zakresu wprowadzonych zmian [82]. Pełne analizy powinny uwzględniać konserwację, planowanie i sekwencjonowanie zadań, uwzględniając jednocześnie stochastyczność procesów i związaną z tym niepewność popytu, podaży i wydajności maszyn [83]. Inne podejście polega na analizie procesu produkcyjnego, skupiającej się na czasie potrzebnym do wykonania każdego zadania (operacji) oraz w powiązaniu z nim, na czasie potrzebnym na realizację całego zamówienia [84]. Pomimo istnienia możliwości technicznych wykonania symulacji komputerowych przed uruchomieniem produkcji lub podczas jej realizacji trudnym zadaniem pozostaje przygotowanie dokładnego modelu na podstawie rzeczywistego procesu [85].

Nowe wyzwania stawiane przez Przemysł 4.0 zaowocowały dynamicznym rozwojem środowisk symulacyjnych (np. RobotStudio, Robo Guide, KUKA SimPro, Delmia, Simulate Process), które umożliwiają dokładne odwzorowanie warunków istniejących na rzeczywistych liniach produkcyjnych dzięki mechanizmowi wirtualnego kontrolera [49, 86, 87].

1.3.1. Wirtualny bliźniak – badanie algorytmów zrobotyzowanego pakowania produktów

Do tworzenia cyfrowych bliźniaków stanowisk produkcyjnych (ang. *Digital Twin Manufacturing Cells – DTMC*) są wykorzystywane techniki programowania robotów w trybie off-line [40, 88–92]. Umożliwiają one prowadzenie analiz funkcjonowania stacji produkcyjnych przed ich uruchomieniem oraz (szybko i bez zatrzymywania rzeczywistych maszyn) na wprowadzanie modyfikacji na stanowiskach podczas produkcji. Jest to szczególnie ważne w obecnym trendzie personalizacji produkcji [93]. Cyfrowe bliźniaki komórek produkcyjnych można wykorzystać do badania strategii współpracy między robotami przemysłowymi a ludźmi [94].



↑ Rys. 24. Ogólny widok stanowiska zrobotyzowanego przygotowanego z wykorzystaniem rozszerzonej rzeczywistości

Takie podejście zwiększa bezpieczeństwo operatora związane z zagrożeniami dotyczącymi ruchów manipulatorów z dużymi prędkościami, ogromnymi siłami generowanymi przez roboty oraz potrzebą współdzielenia wspólnego miejsca pracy przez ludzi i roboty przemysłowe. Cyfrowe bliźniaki mają jeszcze jedną ważną cechę (rys. 24) – pozwalają na tworzenie zaawansowanych aplikacji sterujących z wykorzystaniem większości nowoczesnych narzędzi, tj. sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence – AI*), rzeczywistości wirtualnej (ang. *Virtual Reality – VR*) oraz rzeczywistości rozszerzonej (ang. *Augmented Reality – AR*) [88, 95].

Aby móc dokładnie odwzorować rzeczywistość, wymagane jest, aby modele maszyn (m.in. roboty) były kompletne. Oznacza to, że w przypadku robotów przemysłowych konieczne jest opracowanie dokładnej kinematyki modeli oraz ich układów sterowania [96].

W związku z dynamicznym rozwojem robotyzacji przemysłu elektronicznego i spożywczego rozwijane są zaawansowane aplikacje typu *pick and place*, które pozwalają rozwiązywać problemy napotymane w robotyzacji tych przemysłów (złożoność procesu, współpraca ludzi i maszyn, nieregularne kształty produktów) [70, 97]. Jednym z ważnych aspektów aplikacji typu *pick and place* jest planowanie trajektorii ruchu manipulatora, zwłaszcza w przypadku robotów dwuramiennych [98–101]. Podział zadań pomiędzy wiele współpracujących robotów jest również dużym wyzwaniem z uwagi na konieczność zapewnienia właściwej koordynacji maszyn oraz kolejkowania i rozdzielania produktów [102]. Obecnie integralnymi elementami stanowisk typu *pick and place* są systemy wizyjne. Zapewniają one dużą elastyczność procesu i szybką reakcję robotów na pojawiające się zmiany produkcyjne.

Jednym z najważniejszych problemów dotyczących współpracy robotów z systemami wizyjnymi jest dokładność przekazywanych współrzędnych oraz orientacji wykrywanych obiektów [103–105]. W aplikacjach typu *pick and place*, w których od robotów oczekuje się wykonywania krótkich cykli pracy, ważne jest ustawienie minimalnego czasu i wydajnej metody chwytania [106]. Większość chwytaków

stosowanych w tych aplikacjach to chwytaki przyssawkowe, które wymagają, aby czas chwytania był krótszy niż 1 s. Również ważnym parametrem jest niezawodność chwytu, która jest kluczowa przy szybkich i dynamicznych ruchach manipulatora [107, 108].

Efektywność zrobotyzowanego miejsca pracy wpływa nie tylko na aspekty ekonomiczne, ale jest również ważnym jakościowym wskaźnikiem rentowności firmy. Największa możliwa liczba produkowanych wyrobów, w jak najkrótszym czasie, przy możliwie najwyższej jakości to główne cele stawiane przez firmy produkcyjne. Proces ten mierzony jest cyklami pracy wykonywanymi przez poszczególne roboty. Na podstawie tych cykli można stwierdzić, czy maszyny pracują poprawnie z wymaganą powtarzalnością. W przypadku aplikacji pakujących należy również rozważyć możliwość kontynuowania produkcji w sytuacjach awaryjnych [109]. Może się zdarzyć, że z powodu awarii jednej maszyny (np. robota przemysłowego) konieczne będzie zatrzymanie całej linii produkcyjnej. Taka sytuacja generuje ogromne straty, dlatego poszukuje się rozwiązań, które zapewnią ciągłość produkcji nawet poniżej 100% wydajności.

Na zrobotyzowanych liniach produkcyjnych często konieczne jest równoważenie i sekwencjonowanie zadań wykonywanych przez maszyny. Podział zadań między maszyny związany jest z operacjami technologicznymi, które są niezbędne do realizacji danego procesu produkcyjnego. Ze względu na złożoność procesów montażowych jest to szczególnie widoczne na liniach montażowych (np. w motoryzacji). Łatwo jednak zauważyć, że robotyzacja innych procesów produkcyjnych (np. pakowania, sortowania, spawania łukowego, zgrzewania punktowego, cięcia) kieruje się tymi samymi zasadami. Jest to oczywiste, jeśli na stanowisku produkcyjnym pracuje wiele robotów. Dlatego projektowanie linii produkcyjnych nie jest łatwym zadaniem. Projektanci muszą wziąć pod uwagę wiele czynników (np. układ fabryki, koszt i niezawodność systemu, złożoność zadań, dobór sprzętu, kryteria operacyjne linii, ograniczenia), które mają wpływ na wynik końcowy. Można skorzystać z istniejących procedur, które zawierają różnego typu metody m.in.:

- metody heurystyczne obejmujące procedurę konstruktywną, algorytmy genetyczne, optymalizację kolonii [110–113];
- poszukiwanie optymalnych modeli (wyszukiwanie rozgałęzione i powiązane, programowanie dynamiczne, liniowe i całkowite) [114, 115];
- inne podejścia (teoria ograniczeń, podejście oparte na wiedzy, systemy ekspertowe) [116–118];
- metody symulacyjne [119, 120].

Celem projektanta powinno być opracowanie linii uwzględniającej:

- wysoką produktywność,
- zoptymalizowany czas przetwarzania,
- opłacalność,
- dobór maszyn oraz zoptymalizowanie ich obciążenia,
- elastyczną produkcję,
- produkcję „dokładnie na czas”.

Ważne jest, aby proponować linie przy użyciu nowoczesnych metod projektowania, które umożliwiają prowadzenie symulacji gwarantujących uzyskanie wiarygodnych wyników badań. Dostępne na rynku zaawansowane środowiska do programowania robotów i symulacji pracy stanowisk zrobotyzowanych (np. RobotStudio) pozwalają na dokładne odwzorowanie rzeczywistych warunków (zdaniem producentów nowoczesne technologie zapewniają 99% odwzorowania pracy rzeczywistego stanowiska). Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu wirtualnych kontrolerów utworzonych na podstawie rzeczywistych systemów robotów. Technologia ta umożliwia rozwój cyfrowych bliźniaków, które są odpowiednikiem prawdziwych maszyn.

W przytoczonym poniżej przykładzie zaproponowano i przeanalizowano wydajność produkcyjną zrobotyzowanego pakowania. Spełnienie postawionych wymagań zostało zrealizowane przy użyciu dwóch algorytmów sortowania. W pierwszym algorytmie – zrównoważone obciążenie (ang. *Load Balancing* – LB) – produkty wykryte przez system wizyjny są przydzielane do obszarów roboczych poszczególnych robotów (każdy robot ma przydzieloną taką samą liczbę produktów do obsłużenia).

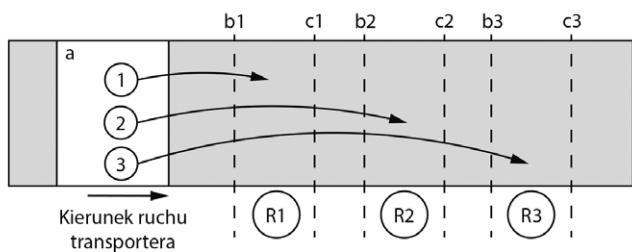
Na rysunku 25 jest pokazany przykład dystrybucji produktów dla trzech robotów. obiekt, po wykryciu przez system wizyjny, jest przypisywany do wybranego obszaru roboczego (ang. *Work Area* – WA) obsługiwanego przez określonego robota. Zakres pracy jest ograniczony dwoma parametrami: wejściem (WA) i wyjściem (WA). Wejście WA to granica, z której robot zaczyna realizację zadań (pobieranie produktów) w obszarze roboczym. Wyjście WA to granica, po której przekroczeniu produkt przestaje być śledzony i jest usuwany z systemu sterowania (rys. 25). W algorytmie LB pozycje produktów zostają rozdzielone między obszary robocze w taki sposób, aby uniknąć wysyłania do tego samego obszaru roboczego dwóch sąsiadujących produktów.

Drugi algorytm – adaptacyjne wykonywanie zadań (ang. *Adaptive Task Completion* – AT) – jest oparty na zasadzie dystrybucji wszystkich obiektów wykrytych przez system wizyjny do wszystkich obszarów roboczych jednocześnie (rys. 26). Oznacza to, że roboty zawsze mają więcej dostępnych produktów do obsługi w porównaniu z algorytmem równomiernego obciążenia. Innymi słowy, można powiedzieć, że wszystkie obiekty przypisane do grupy ATC są wysyłane do każdego obszaru roboczego w grupie, a produkty, których nie obsłuży pierwszy robot, będą dostępne dla pozostałych robotów (rys. 26). obiekt, po wykryciu przez system wizyjny, jest przypisywany do każdego obszaru roboczego grupy. Podobnie jak w poprzednim przypadku obszary pracy są ograniczone dwoma parametrami: wejście WA i wyjście WA.

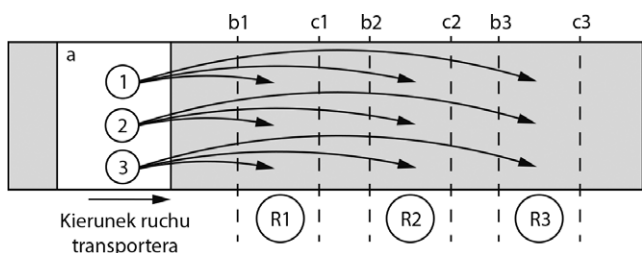
Rysunek 27 przedstawia dystrybucję produktów dla algorytmów LB i ATC, gdzie:

- i – indeks produktu,
- k – indeks strefy roboczej,
- n – numer strefy roboczej w stacji.

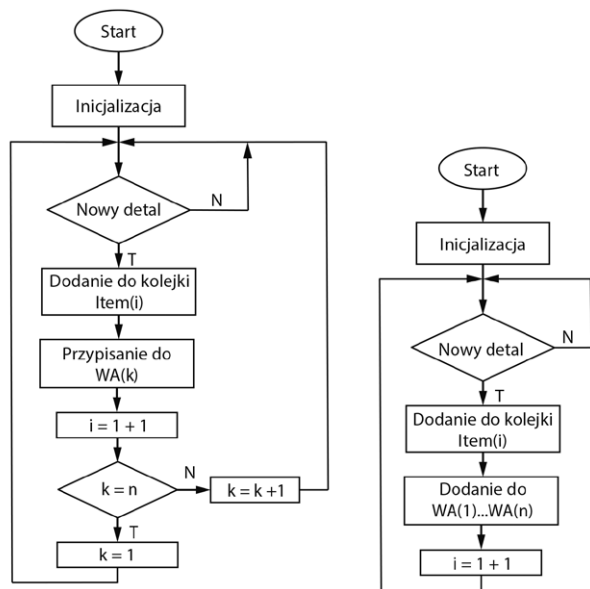
Na podstawie przedstawionych algorytmów przeprowadzono testy wydajnościowe stacji z uwzględnieniem



↑ Rys. 25. Ogólny widok dystrybucji produktów do poszczególnych obszarów roboczych – algorytm LB; a – obszar wykonania zdjęcia; 1, 2, 3 – produkty; R1, R2, R3 – roboty; b1, b2, b3 – wejścia WA; c1, c2, c3 – wyjścia WA



↑ Rys. 26. Ogólny widok dystrybucji produktów do poszczególnych obszarów roboczych - algorytm ATC; a – obszar wykonania zdjęcia; 1, 2, 3 – produkty; R1, R2, R3 – roboty; b1, b2, b3 – wejścia WA; c1, c2, c3 – wyjścia WA



↑ Rys. 27. Schemat algorytmów dystrybucji LB (po lewej) i ATC (po prawej)

ewentualnych sytuacji awaryjnych. Wybrano dwa możliwe typy sytuacji awaryjnych:

- zatrzymanie robota z powodu błędu sprzętu lub oprogramowania, bez awaryjnego zatrzymania robota i stacji; jeżeli pozycja robota nie koliduje z innymi pracującymi

urządzeniami, to istnieje możliwość zakończenia cyklu produkcyjnego bez interwencji operatora;

- po wystąpieniu zatrzymania serwisowego lub awaryjnego, jeśli robot nie zderzy się z innym sprzętem, operator może wznowić produkcję z pominięciem uszkodzonej maszyny, aby zakończyć cykl produkcyjny.

Utrzymanie produkcji w takich stanach awaryjnych może mieć kluczowe znaczenie, zwłaszcza gdy wznowienie produkcji po dłuższym przestoju wymaga dużego nakładu pracy, w tym zachodzi konieczność np.:

- wykonania prac konserwacyjnych;
- usunięcia pozostałego materiału;
- oczyszczenia maszyny;
- wykonanie kompleksowej procedury rozruchowej (pieców i myjek przemysłowych).

Prowadzenie takich rozważań jest wskazane zwłaszcza w dobie Przemysłu 4.0, gdzie przewiduje się krótkie serie produkcyjne produktów wysoce spersonalizowanych, co może prowadzić do sytuacji, w której ukończenie produkcji, nawet przy ograniczonej wydajności, będzie najbardziej opłacalnym rozwiązaniem.

1.3.2. Zrobotyzowane stanowisko do pakowania produktów w RobotStudio

Przy projektowaniu zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego w RobotStudio można wygenerować nowe wirtualne kontrolery robotów (ang. *Virtual Controllers*) lub utworzyć je, korzystając z plików konfiguracyjnych robotów rzeczywistych produkcyjnej w procesach zrobotyzowanego sortowania... (wygenerować z kopii zapasowej systemu operacyjnego robota). W przedstawianym przypadku wykorzystano elementy rzeczywistego stanowiska (rys. 28), w skład którego wchodzi:

- robot IRB 360 typu delta z kontrolerem IRC5 (rys. 28 i 30);
- rama nośna robota IRB 360 (rys. 28);
- kamera sCA1300-32gc (rys. 29) o rozdzielczości 1294 × 964 pikseli;
- dwa transportery.

IRC5 (rys. 30) jest kontrolerem robotów ABB piątej generacji. Zastosowane w nim techniki sterowania ruchem, TruMove & QuickMove, mają decydujące znaczenie dla pracy robota, a zwłaszcza dla dokładności jego działania (przemieszczania się), osiąganych prędkości, czasów cyklu oraz przy programowaniu i synchronizacji z urządzeniami zewnętrznymi.

Główne sekcje kontrolera IRC5 to:

- Sekcja zasilania kontrolera – w sekcji zasilania kontrolera znajduje się transformator zapewniający odpowiedni poziom napięcia dla zasilania wszystkich urządzeń systemu robota. Z reguły bezpośrednio z transformatora, poprzez styczniki (załączenie jest uzależnione od stanu obwodów bezpieczeństwa), jest zasilana sekcja falowników (serwo-wzmacniaczy silników robota). Ponadto z transformatora zasilane są zasilacze innych jednostek (np. komputer główny, jednostki we/wy).
- Sekcja komputera głównego – rolę komputera głównego jest kontrola pracy robota przemysłowego oraz urządzeń,



↑ Rys. 28. Ogólny widok rzeczywistego stanowiska



← Rys. 29. Widok ogólny kamery Scout scaA1300-32gc z obiektywem Tamron



← Rys. 30. Kontroler IRC5 z panelem nauczania (Flex Pendantem)

z którymi bezpośrednio współpracuje. System operacyjny komputera jest dopasowany do konfiguracji sprzętowo-programowej. Tu jest też wykonywany program sterujący pracą robota. Komputer odpowiada za realizację programów sterujących zgodnie z przyjętym algorytmem pracy oraz za komunikację z urządzeniami zewnętrznymi przy wykorzystaniu dodatkowych modułów standardowych sieci przemysłowych (np. DeviceNet, PROFIBUS).

- Sekcja sterowania osiami robota – współczesne roboty do napędu osi wykorzystują tzw. serwonapędy. Dla zachowania prawidłowych parametrów ruchu (m.in.: prędkości i momentu obrotowego) oraz pozycji osi niezbędne jest

właściwe zasilanie silnika. Do tego zadania wykorzystywane są tzw. serwo-wzmacniacze. Wymagane do prawidłowego sterowania silnikami informacje są przekazywane do komputera głównego lub tzw. komputera osi, gdzie realizowane są wszystkie obliczenia związane z prawidłowym ruchem robota. Ta sekcja sterowania osiami robota jest również odpowiedzialna za przetwarzanie i przechowywanie informacji o aktualnym położeniu wszystkich osi robota.

- Sekcja obwodów bezpieczeństwa – podczas pracy robota muszą być zachowane szczególne środki bezpieczeństwa. Odpowiada za to dwukanałowy, monitorowany w sposób ciągły układ bezpieczeństwa robota. Jeśli którykolwiek z podzespołów kontrolowanych przez robota nie działa poprawnie, robot jest automatycznie zatrzymywany. W zależności od trybu pracy robota oraz zaistniałej sytuacji robot jest zatrzymany jednym z obwodów (m.in. Emergency Stop, General Stop, Auto Stop) w jednej z kategorii zatrzymania. Zatrzymanie robota wiąże się z wyłączeniem silników i włączeniem układu hamulcowego.

- Sekcja urządzeń we/wy – urządzenia we/wy robota są wykorzystywane do zbierania informacji z czujników podłączonych do wejść robota lub przekazywania informacji do innych urządzeń podłączonych do wyjść robota. Stosowane są zarówno sygnały cyfrowe, jak i analogowe. Karty we/wy występują w postaci modułów o różnej konfiguracji (liczba i rodzaj wejść i wyjść). Szczególnym typem modułów są karty enkoderowe do obsługi enkoderów, które są wykorzystywane przy „śledzeniu” detali na poruszających się mechanizmach (np. transporterach stołach obrotowych).

W skład przedstawionego stanowiska wchodzi również dwa transportery taśmowe (Cnv1) i (Cnv2) o parametrach:

- transporter Cnv1 – długość 10 m, wysokość 1 m, szerokość 0,8 m;
- transporter Cnv2 – długość 10 m, wysokość 1 m, szerokość 0,8 m.

W przedstawionym przykładzie wykorzystano robota typu delta o czterech stopniach swobody (IRB360 firmy ABB), udźwigu 1 kg i zasięgu roboczym 1130 mm. Do sterowania manipulatorem wymagana jest znajomość kinematyki prostej i kinematyki odwrotnej [71]. W większości przypadków przy tworzeniu modeli matematycznych odspiera się pozycjonowanie (osie główne robota) od orientowania (osie dodatkowa robota). Poniżej przedstawiono zależności kinematyczne umożliwiające wyznaczenie pozycji robota w przestrzeni kartezyjskiej (x, y, z). Długość boku platformy bazowej (B) wynosi s_B , długość boku platformy ruchomej (P) wynosi s_P (rys. 2.31). Zmienne osiowe to:

$$\Theta = \{\theta_1 \theta_2 \theta_3\}^T, \quad (1)$$

gdzie $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ to regulowane kąty osi obrotowych. Zmienne kartezyjskie to:

$${}^B P_P = \{x \ y \ z\}^T, \quad (2)$$

gdzie x, y, z – współrzędne kartezyjskie.

Schemat robota przedstawiono na rysunku 31.

Kinematykę prostą opisują następujące równania:

- trzy bezwzględne wektorowe punkty węzłowe są określone wzorem:

$${}^B A_i = {}^B B_i + {}^B L_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (3)$$

gdzie:

$${}^B B_1 = \begin{Bmatrix} 0 \\ -w_B \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad {}^B B_2 = \begin{Bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} w_B \\ \frac{1}{2} w_B \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad {}^B B_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} w_B \\ \frac{1}{2} w_B \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

$${}^B L_1 = \begin{Bmatrix} 0 \\ -L \cos \theta_1 \\ -L \sin \theta_1 \end{Bmatrix}, \quad {}^B L_2 = \begin{Bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} L \cos \theta_2 \\ \frac{1}{2} L \cos \theta_2 \\ -L \sin \theta_2 \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

$${}^B L_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} L \cos \theta_3 \\ \frac{1}{2} L \cos \theta_3 \\ -L \sin \theta_3 \end{Bmatrix},$$

- trzy centra wirtualnych sfer są następujące:

$${}^B A_{iv} = {}^B A_i - {}^P P_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (6)$$

gdzie:

$${}^B A_{1v} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -w_B - L \cos \theta_1 + u_p \\ -L \sin \theta_1 \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

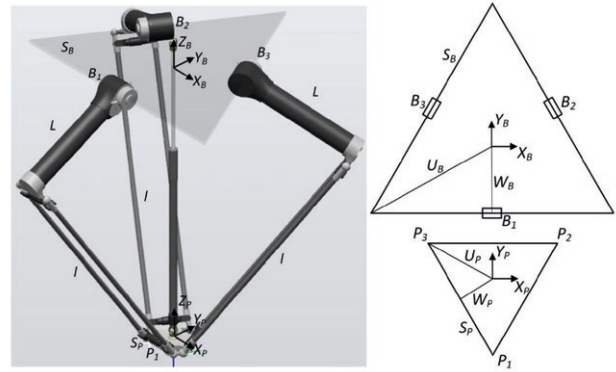
$${}^B A_{2v} = \begin{Bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} (w_B + L \cos \theta_2) - \frac{s_p}{2} \\ \frac{1}{2} (w_B + L \cos \theta_2) - w_p \\ -L \sin \theta_2 \end{Bmatrix},$$

$${}^B A_{3v} = \begin{Bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} (w_B + L \cos \theta_3) - \frac{s_p}{2} \\ \frac{1}{2} (w_B + L \cos \theta_3) - w_p \\ -L \sin \theta_3 \end{Bmatrix}, \quad (8)$$

$${}^P P_1 = \begin{Bmatrix} 0 \\ -u_p \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad {}^P P_2 = \begin{Bmatrix} \frac{s_p}{2} \\ w_B \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad {}^P P_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{s_p}{2} \\ w_B \\ 0 \end{Bmatrix},$$

oraz: w_B – odległość w poziomie od $\{0\}$ do strony bliższej podstawy, L – długość górnych ramion, u_p – odległość pozioma od $\{P\}$ do wierzchołka platformy, s_p – bok trójkąta równobocznego platformy, w_p – odległość pozioma od $\{P\}$ do najbliższego boku platformy.

Nieznany punkt kinematyki prostej (${}^B P_p$) to punkt przecięcia trzech znanych sfer:



↑ Rys. 31. Schemat manipulatora typu Delta

$$({}^B A_{1v}, l) ({}^B A_{2v}, l) ({}^B A_{3v}, l), \quad (9)$$

gdzie l jest długością równoległoboku kończyn dolnych.

Kinematyka odwrotna jest opisana następującymi równaniami:

$$E_i \cos \theta_i + F_i \sin \theta_i + G_i = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (10)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} E_1 &= 2L(y + a); \\ E_2 &= -L(\sqrt{3}(x + b) + y + c); \\ E_3 &= L(\sqrt{3}(x - b) - y - c), \end{aligned} \quad (11)$$

$$F_1 = 2zL; F_2 = 2zL; F_3 = 2zL, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} G_1 &= x^2 + y^2 + z^2 + a^2 + L^2 + 2ya - l^2, \\ G_2 &= x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(xb + yc) - l^2, \\ G_3 &= x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2(-xb + yc) - l^2, \end{aligned} \quad (13)$$

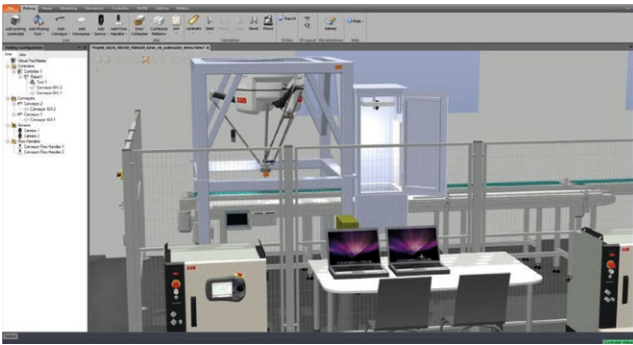
$$\begin{aligned} a &= w_B - u_p; \\ b &= \frac{s_p}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}; \\ c &= w_B - \frac{w_B}{2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Wymagane napędzane kąty osi obrotowych można obliczyć z wzoru:

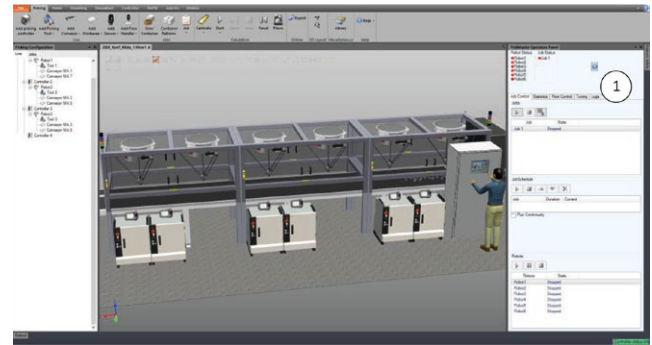
$$\theta_i = 2 \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{-F_i \pm \sqrt{E_i^2 + F_i^2 - G_i^2}}{G_i - E_i} \right). \quad (15)$$

Korzystając z RobotStudio, można utworzyć cyfrowego bliźniaka rzeczywistego stanowiska i rozbudować go o dodatkowe komponenty, np. o kolejne roboty (rys. 32 i 33). Podejście takie daje możliwość skalowania stanowisk produkcyjnych i testowania poprawności ich pracy oraz wydajności [49].

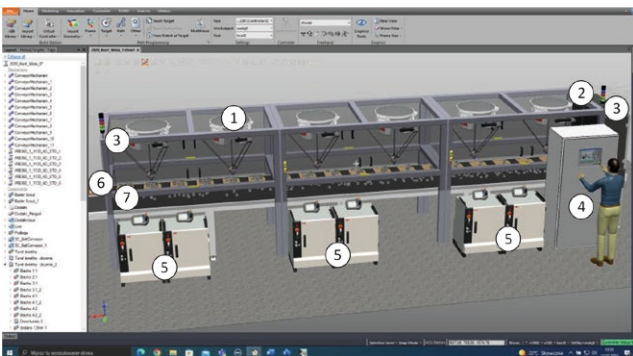
Programy sterujące robotami zostały opracowane w języku programowania RAPID, a pakietu PickingPower Pac użyto



↑ Rys. 32. Cyfrowy bliźniak rzeczywistego stanowiska przed modyfikacją



↑ Rys. 34. PickingPower Pac – widok ogólny; 1 – panel operatora



↑ Rys. 33. Cyfrowy bliźniak rzeczywistego stanowiska po modyfikacji; 1 – robot IRB360, 2 – kamera, 3 – kolumna świetlna, 4 – szafa sterująca z panelem HMI, 5 – IRC5 kontroler, 6, 7 – transportery



↑ Rys. 35. PickingPower Pac – belka narzędziowa: 1 – dodawanie do stanowiska wirtualnych kontrolerów robotów (ang. *picking controllers*), 2 – dodawanie i definiowanie narzędzi oraz układów współrzędnych (ang. *picking tools*), 3 – dodawanie i konfigurowanie transporterów (ang. *conveyors*), 4 – dodawanie stref pobierania i odkładania detali (ang. *workareas*), przy czym Conveyor Work Area służy do pobierania/odkładania produktów ze śledzeniem linii produkcyjnej, a Index Work Area – do pobierania/odkładania produktów z/do zdefiniowanych pozycji, 5 – dodawanie i konfigurowanie czujników (ang. *sensors*) odpowiedzialnych za wykrywanie produktów i kontenerów (kamer i czujników cyfrowych), 6 – dodawanie i konfigurowanie zarządców przepływu (ang. *Flow Handlers*) odpowiedzialnych za logikę funkcjonowania algorytmów przepływu, 7 – dodawanie i definiowanie produktów oraz kontenerów (ang. *Items/Containers*), 8 – dodawanie i definiowanie wzorców odkładania produktów do kontenerów (ang. *Container Patterns*), 9 – tworzenie reguł działania programu sterującego robotami (ang. *Jobs*), 10 – kalibracja (ang. *Calibrate*) układów współrzędnych w przypadku modyfikacji rozstawienia komponentów w stacji, 11-14 – przyciski sterowania symulacją (ang. *Start, Pause, Stop, Reset*), 15 – definiowanie przepływu produktów i kontenerów (ang. *Flows*), 16 – eksportowanie (ang. *Export*) reguł, linii i projektu do plików, które mogą być wykorzystane w programie PickMaster 3, 17 – przesuwanie/obracanie widoku stanowiska w pionie (ang. *3D Layout*), 18 – definiowanie bibliotek produktów, kontenerów i konfiguracji stacji, które mogą być użyte w przyszłości (ang. *Library*), 19 – pomoc (ang. *Help*)

do przeprowadzenia symulacji pracy stanowiska (rys. 34). Do konfiguracji i przygotowania sposobu funkcjonowania stanowiska służy belka narzędziowa pakietu PickingPower Pac (rys. 35).

Pakiet PickingPower Pac współpracuje z programem PickMaster 3, który odpowiada za sterowanie robotami. Przygotowanie sterowania procesem sortowania/ pakowania w środowisku RobotStudio za pomocą pakietu PickingPower Pac polega na zdefiniowaniu konfiguracji linii (rys. 36) i projektu (rys. 37) w programie PickMaster 3.

Zastosowanie przedstawionego zestawienia (RobotStudio, PickingPower Pac, PickMaster 3) umożliwia prowadzenie symulacji pracy stanowiska, analogicznie jak robi się to w rzeczywistych warunkach, gdzie program PickMaster 3 jest odpowiedzialny za kontrolę aplikacji przez dostarczanie kontrolerom robotów informacji o produktach i kontenerach zlokalizowanych na transporterach.

1.3.3. Parametry zrobotyzowanej stacji produkcyjnej

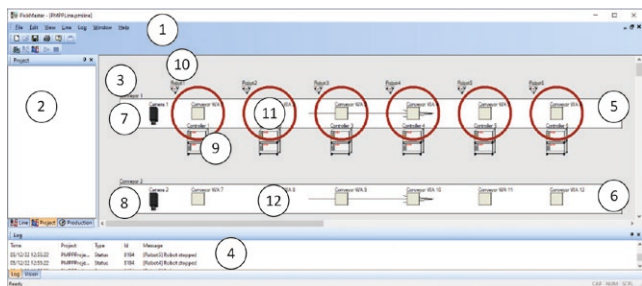
Do spełnienia wymagań procesowych niezbędna jest konfiguracja parametrów procesowych, które można podzielić na następujące grupy:

- parametry robotów przemysłowych;
- parametry dystrybucji i przepływu produktów oraz kontenerów;

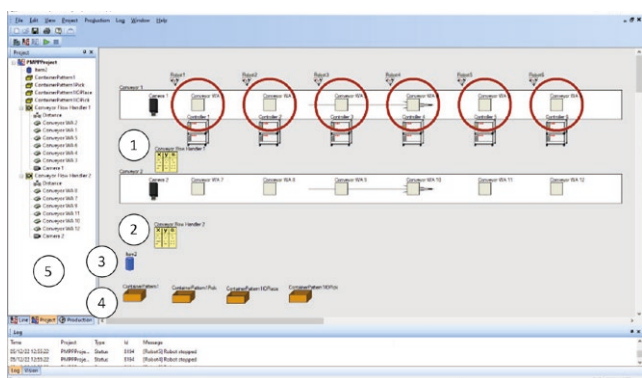
- parametry transporterów;
- własności stref pracy na transporterach (WA);
- własności zarządców przepływu.

Parametry i opcje robotów przemysłowych

Parametry (ustawienia sprzętowe) i opcje (ustawienia programowe i programowo- sprzętowe) robotów przemysłowych można pozyskać z kopii systemu rzeczywistego robota. Parametry zależą od typu wybranego manipulatora. Jeżeli zachodzi



↑ **Rys. 36.** PickMaster 3 – konfiguracja linii: 1 – belka narzędziowa, 2 – okno drzewa projektu, 3 – okno programu, 4 – okno wiadomości, 5 – transporter wejściowy, 6 – transporter wyjściowy, 7, 8 – kamery, 9 – kontroler robota, 10 – ikona robota, 11 – strefa pobierania produktów (Conveyor Work Area), 12 – strefa odkładania produktów (Conveyor Work Area)



↑ **Rys. 37.** PickMaster 3 – konfiguracja projektu: 1, 2 – moduł definiowania zarządcy przepływu produktów, 3 – moduł definiowania parametrów produktu, 4 – moduł definiowania wzorców pakowania kontenera, 5 – okno drzewa projektu

konieczność doposażenia robota w dodatkowe opcje, najczęściej należy je zakupić u producenta robotów. W większości rozwiązań można wyróżnić dwa typy opcji:

- programowe – wymagają dodatkowego modułu oprogramowania;
- sprzętowo-programowe – wymagają zarówno dodatkowego modułu oprogramowania, jak i dodatkowego osprzętu (np. karty sieciowej).

W przypadku robotów firmy ABB opcje zostały podzielone na kategorie z uwagi na ich funkcjonalność. Najważniejsze z nich są następujące:

- język – kategoria umożliwia wybór domyślnego języka obsługi;
- sieci przemysłowe (ang. *Industrial Networks*) – dotyczy mechanizmów obsługi protokołów komunikacyjnych (np. DeviceNet, PROFINET, PROFIBUS);
- parametry ruchu (ang. *Motion Performance*) – obejmuje opcje związane z wykonywaniem ruchu (np. Absolut Accuracy zapewnia w całym zakresie pracy bezwzględną dokładność TCP robota lepszą niż ± 1 mm);

- koordynacja ruchowa (ang. *Motion Coordination*) – dotyczy opcji związanych ze sposobem wykonywania ruchów przez robota w stosunku do innych urządzeń, z którymi on współpracuje (np. opcja MultiMove pozwala na poruszanie się sterowanych z jednego kontrolera robotów w sposób skoordynowany);
- zdarzenia ruchowe (ang. *Motion Events*) – do tej kategorii zaliczane są opcje dotyczące definiowanych stref pracy robota (ang. *World Zones*);
- funkcje ruchu (ang. *Motion Function*) – obejmuje opcje związane z niezależnym ruchem osi zewnętrznych, odyskiwaniem trajektorii ruchu, korekcją ruchu, zmniejszeniem sztywności robota oraz sprawdzaniem narzędzi;
- nadzór nad ruchem (ang. *Motion Supervision*) – dotyczy funkcjonalności związanej z detekcją kolizji, która zmniejsza wpływ siły zderzenia na robota, aby zarówno robot, jak i urządzenia zewnętrzne mogły być chronione przed poważnymi uszkodzeniami;
- komunikacja (ang. *Communication*) – należące do tej kategorii funkcje są związane z odczytywaniem informacji z urządzeń zewnętrznych (np. komputera) bezpośrednio z kontrolera (ang. *FTP Client* i ang. *NFS Client*), komunikacją pomiędzy kontrolerem robota i podłączonymi do sieci komputerami (ang. *PC Interface*);
- narzędzia inżynierskie (ang. *Engineering Tools*) – obejmuje funkcjonalność związaną z tworzeniem zadań (programów) działających równolegle (ang. *Multitasking*) i aplikacji krytycznych czasowo (ang. *Continuous Application Platform*), integrowaniem czujników z kontrolerem robota do sterowania adaptacyjnego (*Sensor Interface*), obsługą zmienianych automatycznie narzędzi (ang. *Servo Tool Change*);
- pakowanie (ang. *Packing*) – dotyczy funkcji związanych z procesami zrobotyzowanego pakowania produktów (np. obsługi wielu transporterów, pobierania produktów w locie, konfiguracji systemów wizyjnych) oraz z obsługą programu PickMaster oraz pakietu PickingPower Pac;
- bezpieczeństwo funkcjonalne (ang. *Functional Safety*) – zalicza się tu opcje związane z elementami bezpieczeństwa obsługiwanymi przez kontroler robota;
- wizja (ang. *Vision*) – obejmuje funkcje umożliwiające obsługę zintegrowanych systemów wizyjnych;
- sterowanie serwowotorem (ang. *Servo Motor Control*) – dotyczy funkcjonalności związanej ze sterowaniem zintegrowanych z kontrolerem serwonapędów;
- procesy typu Multimove (ang. *MutiMove process*) – obejmuje opcje związane z tworzeniem aplikacji wieloprocesorowych;
- aplikacje Arc (ang. *Arc Application*) – dotyczy funkcji wspierających procesy spawania ciągłego;
- aplikacja zgrzewania punktowego (ang. *Application Spot Welding*) – opcje procesów zgrzewania punktowego;
- aplikacja dozowania (ang. *Application Dispense*) – zalicza się tu opcje dotyczące procesów dozowania;
- aplikacja Force Control (ang. *Application Force Control*) – obejmuje funkcje procesów z kontrolą sił wywieranych na manipulator lub narzędzie;

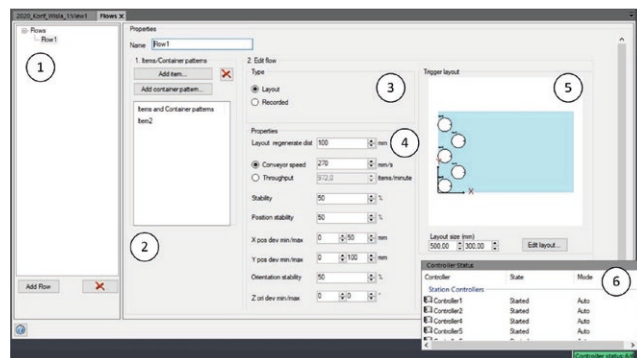
- menadżer produkcji (ang. *Application Production Manager*) – dotyczy opcji wspierających operatora (zwłaszcza w przypadku wykorzystania robota na stanowisku półautomatycznym);
- okno produkcji (ang. *Application Production Screen*) – funkcjonalność umożliwiająca wsparcie operatora w obsłudze okien produkcji.

W przypadku korzystania z kopii bezpieczeństwa rzeczywistego robota przygotowana stacja będzie wyposażona w wirtualne kontrolery i będzie cyfrowym bliźniakiem rzeczywistego stanowiska zrobotyzowanego. Według producentów robotów zastosowanie tej technologii pozwala na odwzorowanie w 99% rzeczywistych czasów cykli pracy uzyskanych na rzeczywistym urządzeniu. Dzięki temu możliwe jest testowanie, analizowanie i optymalizowanie wydajności zaproponowanej stacji w trybie off-line, bez użycia rzeczywistego stanowiska. Utworzenie wirtualnej stacji pozwala zarówno na obniżenie kosztów tworzenia oprogramowania i czasu wdrożenia zaproponowanego rozwiązania, jak i zmniejszenie kosztów całego przedsięwzięcia z uwagi na możliwość podejmowania szczegółowych decyzji o inwestycji jeszcze przed rozpoczęciem prac wdrożeniowych. W omawianym przykładzie osiągnięcie założonej wydajności procesu wymagało ustawienia prędkości robota na 10 m/s i jego przyspieszeń na 150 m/s².

Parametry dystrybucji i przepływu produktów i kontenerów

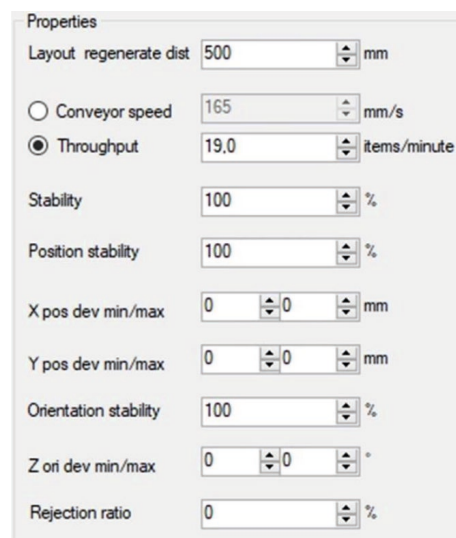
Na podstawie rzeczywistych warunków przepływu produktów i kontenerów (np. na transporterach) określane są parametry symulacji komputerowych. Niestety nie jest możliwe odzwierciedlenie rzeczywistości w 100%, choć środowiska programistyczne udostępniają narzędzia, które potrafią w sposób pseudolosowy symulować warunki rzeczywiste. W pakiecie PickingPower Pac środowiska RobotStudio służy do tego funkcja Flow (rys. 38). Umożliwia ona określenie sposobu generowania produktów i kontenerów w określonych na transporterach punktach [121, 122]. Przy czym istnieje możliwość skorzystania z jednego z dwóch trybów przepływu.

- Układ – w przepływie w trybie układu użytkownik definiuje układ rozłożenia produktów/kontenerów. Układ ten jest okresowo generowany w zdefiniowanym punkcie i może mieć pewną losową zmienność związaną z położeniem produktów i transporterów oraz ich dostępnością. Definiowany układ może obejmować różnego typu produkty i/lub wzory kontenerów.
- Zarejestrowany – w tym trybie wykorzystuje się zarejestrowany zapis z czujnika uzyskany podczas pracy systemu PickMaster na rzeczywistym stanowisku produkcyjnym. Po zapisaniu przepływu produktów i kontenerów na rzeczywistym stanowisku można go wyeksportować z systemu w postaci pliku XML. Taki zapis zawiera informacje o wszystkich wykrytych produktach i kontenerach w określonym przedziale czasu. Po zaimportowaniu pliku do PickingPower Pac wykryte elementy są mapowane do skonfigurowanych wzorców produktów i kontenerów.



↑ Rys. 38. Okno przepływu produktów i kontenerów w RobotStudio: 1 – okno drzewa zdefiniowanych przepływów, 2 – okno produktów i kontenerów wybranych do definiowania przepływu, 3 – okno wyboru typu przepływu (układ/zarejestrowany), 4 – okno definiowania własności przepływu, 5 – widok zdefiniowanego układu przepływu, 6 – okno statusu kontrolerów

→ Rys. 39. Okno własności przepływu produktów lub kontenerów



Na rysunku 39 przedstawiono okno własności przepływu produktów lub kontenerów, a w tabeli 3 – opis poszczególnych ustawianych parametrów.

Parametry transporterów

W przedstawionym w książce przykładzie przyjęto następujące parametry transporterów:

- przyspieszenie – 0,5 m/s².
- hamowanie – 1 m/s².
- prędkość – zmieniana podczas realizacji poszczególnych testów.

Własności stref pracy na transporterach (WA)

Strefy robocze, do których produkt powinien być dystrybuowany w procesie pick and place, definiuje się, ustawiając jeden z algorytmów dystrybucji: Work Area, Bypass, Load Balance (LB) lub Adaptive Task Control (ATC). W kolejnych punktach przedstawiono wyniki uzyskane podczas pracy obu algorytmów dystrybucji.

↓ **Tabela 3.** Opis parametrów w oknie własności przepływu produktów lub kontenerów

Parametr	Opis
Layout regeneration dist	odległość pomiędzy generowanymi produktami lub grupami produktów
Conveyor speed	prędkość transportera [mm/s]
Throughput	wymagana liczba produktów na minutę
Stability	prawdopodobieństwo generowania produktów
Position stability	prawdopodobieństwo generowania produktów w zdefiniowanej pozycji
X pos dev min/max Y pos dev min/max	definicje minimum i maksimum odchylenia od zdefiniowanej pozycji
Orientation stability	prawdopodobieństwo generowania produktów w zdefiniowanej orientacji
Z on dev min/max	definicja minimum i maksimum odchylenia od zdefiniowanej orientacji
Reflection ratio	definicja prawdopodobieństwa, że generowany produkt został odrzucony przez kamerę

Własności zarządców przepływu

Aby prawidłowo ustawić zarządcę przepływu, należy określić odległość wyzwalania czujnika i odległość filtra pozycji [121–123]. Pierwszy parametr odpowiada za odległość pomiędzy kolejnymi wyzwoleniami kamery. Jeśli wartość parametru jest za duża, to niektóre elementy mogą nie zostać wykryte. Filtr pozycji opisuje odległość między dwoma wykrytymi obiektami. Jeśli odległość ta jest za mała, niektóre obiekty mogą być traktowane jako jeden. W zaprezentowanych symulacjach odległość wyzwalania czujnika została ustawiona na 150 mm, a filtr pozycji czujnika na 0 mm (rys. 40 i 41). Te wartości pozwoliły na osiągnięcie wymaganej (założonej) wydajności.

Obszary pracy przenośników podzielono na dwie grupy (rys. 37): grupa WA 1–6 odpowiada za pobieranie produktów z przenośnika Cnv1, a grupa WA 7–12 – za umieszczanie produktów w kontenerach na przenośniku Cnv2.

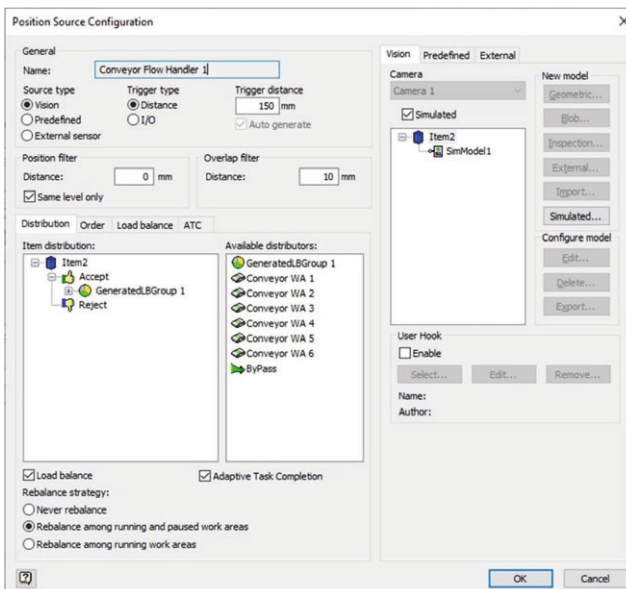
Parametry ustawione dla grupy WA 1–6 (rys. 42) przedstawiono w tabeli 4, a parametry dla grupy WA 7–12 – w tabeli 5.

↓ **Tabela 4.** Parametry dla grupy WA 1–6

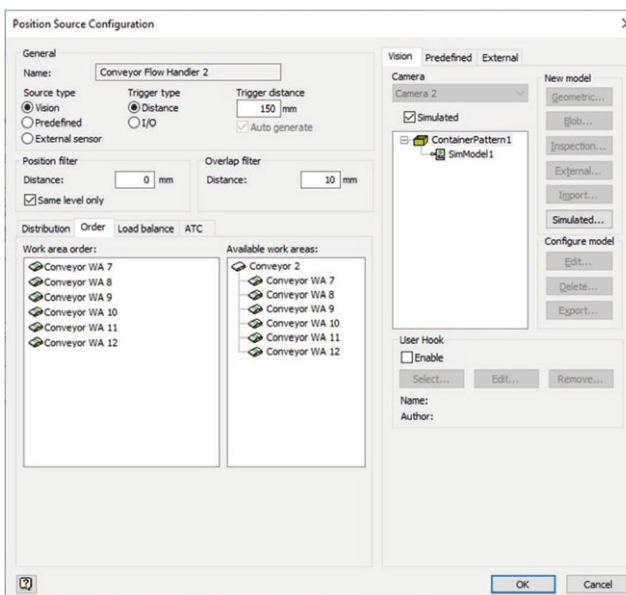
Parametr	Objaśnienie	Wartość
Pick elevation	pionowa odległość, z której robot rozpoczyna proces zbliżania do punktu uchwycenia	30 mm
Pick time	czas synchronizacji ruchu robota z ruchem transportera wyjściowego	0,035 s
Vacuum activation	czas uruchomienia ssania przed osiągnięciem punktu chwytania	-0,025 s
Enter	granica, od której robot rozpoczyna pobierania produktów	-250 mm
Exit	granica, od której robot przestaje śledzić produkty	100 mm

↓ **Tabela 5.** Parametry dla grupy WA 7–12

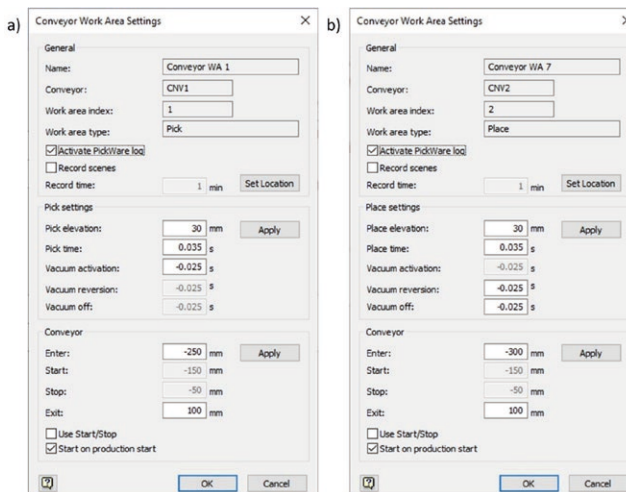
Parametr	Objaśnienie	Wartość
Place elevation	pionowa odległość, z której robot rozpoczyna proces zbliżania do punktu odłożenia	30 mm
Place time	czas synchronizacji ruchu robota z ruchem transportera wyjściowego	0,035 s
Vacuum reversion	czas uruchomienia przedmuchu przed osiągnięciem punktu odkładania	-0,025 s
Vacuum off	czas wyłączenia ssania przed osiągnięciem punktu odkładania	-0,025 s
Enter	granica, od której robot rozpoczyna pobierania produktów	-300 mm
Exit	granica, od której robot przestaje śledzić produkty	100 mm



↑ **Rys. 40.** Okno konfiguracji produktów – program PickMaster



↑ **Rys. 41.** Okno konfiguracji kontenerów – program PickMaster



↑ **Rys. 42.** Parametry obszarów pracy: a) dla grupy WA 1–6 (na rysunku WA1), a) dla grupy WA 7–12 (na rysunku WA7) – PickMaster

Programy sterujące robotów zostały przygotowane w języku RAPID. Mają one budowę modułową i zostały podzielone na rutyny (np. sekwencja pobierania, odkładania, serwisowa). Programy są elastyczne i mogą być łatwo dostosowane do nowych warunków procesowych. Opracowana aplikacja *pick and place* składa się z dwóch części:

- Line (rys. 36) – linia zawiera fizyczne obiekty – dwie kamery, dwa transportery oraz sześć robotów z kontrolerami IRC5;
- Project (rys. 37) – projekt zawiera definicję produktów, kontenerów, strefy pobierania i odkładania produktów, zarządców przepływów (produktów i kontenerów) oraz wzorce odkładania produktów w kontenerach.

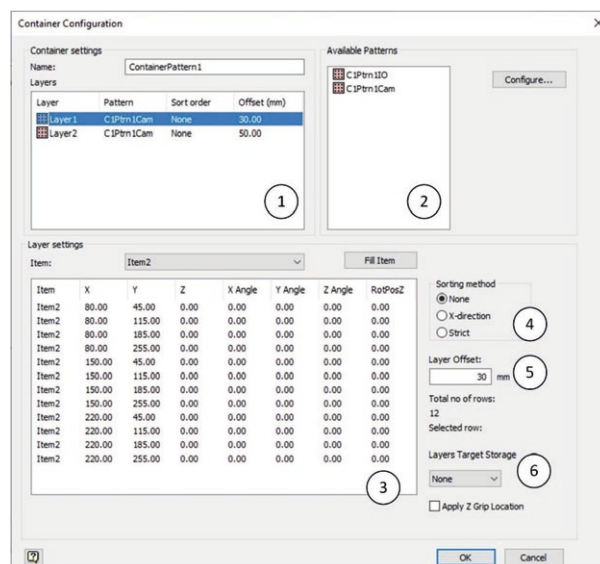
Przyjęto, że każdy kontener (rys. 43) jest wypełniany dwoma warstwami produktów, przy czym na każdej warstwie jest układanych 12 produktów zgodnie z przyjętym algorytmem pracy.

1.3.4. Badania algorytmów zrobotyzowanego pakowania produktów i interpretacja uzyskanych wyników

Bardzo ważnym elementem projektowania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych jest poddanie ich testom funkcjonalnym i sprawdzenie parametrów stanowisk ważnych z punktu widzenia produkcji. W zależności od typu stanowiska (do spawania, zgrzewania, pakowania czy paletyzacji) wyselekcjonowane, kluczowe parametry mogą się nieco różnić. Jednak patrząc z punktu widzenia odbiorcy stacji, należy zawsze wziąć pod uwagę:

- wydajność stanowiska (najczęściej jako liczba wykonanych produktów na godzinę, zmianę, dobę);
- poziom automatyzacji (jak często konieczna jest ingerencja personelu, czy stanowisko jest w pełni zautomatyzowane);
- liczba ewentualnych odrzutów lub nieobsłużonych elementów oraz sposób ich odbioru ze stanowiska;
- możliwość pracy stanowiska w przypadku awarii lub wyłączenia z eksploatacji wybranych maszyn/maszyny.

Dla stacji pakujących przyjmuje się za podstawę wymaganą wydajność zrobotyzowanej linii produkcyjnej, ponieważ to ten parametr wpływa najbardziej na konfigurację stanowiska. Potwierdzenie uzyskanych w symulacjach złożonych wyników jest możliwe po opracowaniu metodyk walidacji przyjętych założeń na podstawie obszernych danych wejściowych i po dokładnym odzwierciedleniu obowiązujących uwarunkowań w procesie pakowania. Metodyki powinny obejmować scenariusze testowe powtórzone wielokrotnie w celu uzyskania danych wynikowych o pożądanej wiarygodności i powtarzalności. W przedstawionym przykładzie przyjęto, iż produkty na linii są generowane pseudolosowo, odwzorowując tym samym rzeczywiste warunki pracy. Efektem przeprowadzonych badań powinien być zrównoważony dobór prędkości pracy robotów przemysłowych i transporterów (należy obsłużyć maksymalną liczbę produktów przy minimalnej liczbie produktów nieobsłużonych – niezapakowanych do kontenerów). W przedstawionym przykładzie (z uwagi na elastyczność rozwiązania) istnieje możliwość



↑ Rys. 43. Widok okna konfiguracji kontenera; 1 – okno warstw, 2 – okno dostępnych wzorców, 3 – okno szczegółów warstwy, 4 – okno metody sortowania, 5 – pole ustawiania wysokości warstwy, 6 – pole wyboru warstwy w magazynie

.....
 prowadzenia wieloaspektowych analiz kluczowych parametrów procesu przemysłowego. Przedstawione w książce stanowisko pozwala również na pojawienie się „anomalii”, tj. sytuacji awaryjnych w postaci „wstrzymania” pracy jednego z robotów, oraz ich wpływu na uzyskaną jakość procesu przemysłowego. Prowadzenie symulacji pozwala na uzyskanie liczbowych wartości informujących m.in. o liczbie obsłużonych i odrzuconych produktów i zapełnionych kontenerów, czasach cykli produkcyjnych robotów przemysłowych oraz całej stacji oraz jej wydajności.

Poniżej przedstawiono kilka wybranych badań. Symulacje dotyczą pracy linii do sortowania i pakowania produktów wyposażonej w sześć robotów przemysłowych typu delta i dwa transportery (wejściowy – Cnv1 i wyjściowy – Cnv2).

Badanie 1 – wpływ prędkości transporterów na liczbę skompletowanych kontenerów

W badaniu 1 sprawdzono wpływ prędkości transporterów Cnv1 i Cnv2 na liczbę skompletowanych kontenerów. Za cel przyjęto minimalizację liczby nieobsłużonych produktów, uruchamiając proces przy wykorzystaniu algorytmów LB i ATC. Zweryfikowano również liczbę cykli pracy poszczególnych robotów w czasie dla obu testowanych algorytmów. Wykonano 12 badań trwających po 400 s, w tym 100 s przyjęto jako czas rozruchu transportera (po rozruchu wszystkie roboty pracowały z pełnym obciążeniem). Badanie zostało przeprowadzone dla parametrów przedstawionych na rysunkach 42 i 43.

Dla zakładanej wydajności stacji prędkość transportera wyniosła $Cnv2 = 130$ mm/s. Algorytmy LB i ATC zostały przetestowane przy różnej prędkości transportera Cnv1. Wyniki uzyskane w czasie rozruchu (0–100 s) zostały odrzucone.

↓ **Tabela 6.** Pick Rate dla algorytmów LB i ATC – Cnv2 = 130 mm/s

Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	Conveyor WA 1		Conveyor WA 2		Conveyor WA 3		Conveyor WA 4		Conveyor WA 5		Conveyor WA 6	
		LB	ATC	LB	ATC	LB	ATC	LB	ATC	LB	ATC	LB	ATC
210	130	62,4	78	62,4	78	62,4	108,8	62,4	92,2	62,4	16,8	62,4	0,2
215	130	62,4	78	62,4	78	61,6	108,4	62,4	93,2	62,4	16,4	62,4	0
220	130	62,4	78,6	62,4	78,8	62,4	109,2	62,4	94,2	62,4	17,2	62,4	0
225	130	62,4	78	62,4	78	62,4	106,6	62,4	89,4	62,4	22,4	62,4	0
230	130	61,8	78,8	61,8	78,8	61,8	107,8	61,8	86,6	61,6	26	62	0
240	130	62,8	78	62,8	78	63	106,8	63	89,6	63,2	22,2	63	0
250	130	63	78	63	78	63	106,6	63,2	86	63,2	26	62,8	0
260	130	63	78	63	78	63	107,2	63	88,2	63,2	22,6	62,8	0
270	130	62,8	78,8	63	78,8	63	107,6	62,4	88,6	63,2	24	62,8	0
280	130	62,4	78,6	62,4	78,6	62,4	107,6	62,4	83,4	62,4	29,4	62,4	0
290	130	63	78,8	62,8	78,8	63	106,4	63,6	83,4	62,8	30,8	63	0
300	130	62,4	78,8	62,4	79	62,4	106,6	62,4	81,8	62,4	32	62,4	0

↓ **Tabela 7.** Procent skompletowania kontenerów

Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	LB [% skompletowania]	ATC [% skompletowania]
210	131	100,00	100,00
210	132	94,94	88,46
210	133	71,25	70,89
210	134	66,25	55,00
210	135	41,46	40,24
210	140	26,19	8,33

W przypadku algorytmu LB średnie tempo pobierania (ang. *pick rate*) dla 12 prób wyniosło $375,48 \text{ min}^{-1}$. Dla poszczególnych robotów odnotowano: $R1 = 62,57 \text{ min}^{-1}$, $R2 = 62,57 \text{ min}^{-1}$, $R3 = 62,53 \text{ min}^{-1}$, $R4 = 62,61 \text{ min}^{-1}$, $R5 = 62,63 \text{ min}^{-1}$, $R6 = 62,57 \text{ min}^{-1}$ (tab. 2.6).

Prędkość robotów w badaniu ustawiono na 10 000 mm/s. Przedstawione w tabeli 2.6 wyniki wskazują, że roboty nie pracowały z pełnym obciążeniem. Jest to szczególnie widoczne w badaniu algorytmu ATC (jednoczesna dystrybucja produktów do wszystkich robotów). Roboty R5 i R6 wykonują mniej cykli produkcyjnych. Jest to związane z faktem, że roboty R1–R4 miały czas na obsłużenie większości produktów (mała liczba nieobsłużonych produktów pozostała do obsłużenia przez roboty R5 i R6). W algorytmie LB produkty są dzielone między wszystkie roboty w takim samym stopniu (do każdego trafia taka sama liczba produktów), stąd roboty są obciążone w podobny sposób. Dla przedstawionej konfiguracji należałoby dobrać optymalną prędkość robotów, tak aby zrealizować zadanie z optymalnie obciążonymi robotami. Testy wykazały, że dla założonej wydajności stacji roboty pracowały z podobnym obciążeniem przy prędkości 3000 mm/s. Dla takiej prędkości proces pakowania przebiegał prawidłowo, tzn. wszystkie kontenery zostały wypełnione zgodnie z założonym algorytmem pracy i przyjętą wydajnością stacji. Z badania wynika, że algorytm ATC jest bardziej elastyczny, tzn. że podczas realizacji procesu operator może zmieniać prędkość poszczególnych robotów, obciążając lub odciążając wybrane jednostki mechaniczne (zachowując przy tym realizację produkcji zgodnie z przyjętymi założeniami).

Z drugiej strony równomierne obciążenie gwarantuje równomierne wykorzystanie jednostek mechanicznych, a tym samym równomiernie ich użycie.

Przy założonej konfiguracji sprzętowej cyfrowy bliźniak pozwala również na dobór prędkości transportera wyjściowego Cnv2, wychodząc od wydajności maszyny dostarczającej produkty na transporter Cnv1. Badanie przeprowadzono dla założonej prędkości transportera Cnv1 = 210 mm/s (dostarczającego wszystkie wyprodukowane produkty do stref pakowania). Zmiana prędkości transportera Cnv2 umożliwiła wyznaczenie maksymalnej wydajności stanowiska dla badanych algorytmów LB oraz ATC.

Uzyskane wyniki wskazują, że dla prędkości Cnv1 = 210 mm/s maksymalna prędkość, dla której wszystkie kontenery zostają wypełnione, wynosi 131 mm/s. Zgodnie z tabelą 7 nawet nieznaczny wzrost prędkości transportera Cnv2 sprawia, że duża liczba kontenerów nie jest w pełni załadowana zarówno w przypadku zastosowania algorytmu LB, jak i algorytmu ATC. Zmiana prędkości o 1 mm/s zmniejsza liczbę w pełni i ukompletowanych kontenerów o kilka procent, co może generować duże straty dla producenta.

Wyznaczenie maksymalnej wydajności stacji dla algorytmów LB i ATC przy założeniu maksymalnej liczby wypełnionych kontenerów i zminimalizowaniu liczby nieobsłużonych produktów było możliwe po przeprowadzeniu badania, gdzie obie prędkości transporterów Cnv1 i Cnv2 będą stosownie dobrane. W tabelach 8 i 9 przedstawiono statystyki związane z pobieraniem i odkładaniem produktów (przy zmianie prędkości Cnv1 i Cnv2).

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w tabelach 8 i 9 można stwierdzić (dla stacji w założonej konfiguracji), że:

- w przypadku algorytmu LB (tab. 10) stacja osiągnęła maksimum wydajności na poziomie 1188 skompletowanych kontenerów na godzinę (brak nieskompletowanych kontenerów). Taka wartość została osiągnięta dla prędkości Cnv1 = 270 mm/s, Cnv2 = 165 mm/s. Ponadto wynik uzyskano dla założonej, wymaganej liczby nieobsłużonych produktów mniejszej niż 5% (procent nieobsłużonych produktów wyniósł 2,22%).
- w przypadku algorytmu ATC (tab. 2.11) stacja uzyskała maksymalną wydajność 1380 skompletowanych kontenerów na godzinę (brak kontenerów nieskompletowanych). Wartość tę osiągnięto dla prędkości Cnv1 = 330 mm/s, Cnv2 = 195 mm/s. Jednakże wynik uzyskano przy przekroczeniu wymaganej liczby nieobsłużonych produktów mniejszej niż 5% (procent nieobsłużonych produktów wyniósł 5,43%).
- po zmniejszeniu prędkości transporterów (Cnv1 = 310 mm/s, Cnv2 = 185 mm/s) uzyskano wydajność stacji na poziomie 1332 skompletowanych kontenerów na godzinę (brak kontenerów nieskompletowanych). W tym przypadku osiągnięto liczbę nieobsłużonych produktów równą 4,55%.

Dla algorytmu LB (rys. 44) maksymalne prędkości poszczególnych robotów wynosiły: $R1 = 6450 \text{ mm/s}$, $R2 = 7500 \text{ mm/s}$, $R3 = 6500 \text{ mm/s}$, $R4 = 6375 \text{ mm/s}$, $R5 = 5500 \text{ mm/s}$,

↓ **Tabela 8.** Statyki obsługi produktów – algorytm LB

Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	Pick rate						% skompletowania
		Conveyor WA 1	Conveyor WA 2	Conveyor WA 3	Conveyor WA 4	Conveyor WA 5	Conveyor WA 6	
220	135	64,8	64,8	64,6	65,4	64,8	64,8	98,13
230	140	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	93,33
240	145	69,6	69,6	69,6	69,6	69,6	69,6	96,67
250	150	72,0	71,8	72,0	72,0	72,0	72,0	96,00
260	155	74,4	74,4	74,6	74,4	74,4	74,4	95,39
270	160	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	79,2	97,78
280	165	80,8	80,8	79,2	80,6	80,8	80,8	96,95
290	170	84,8	84,8	82,6	85,0	84,8	84,8	96,09
300	175	86,4	86,4	70,2	86,4	86,4	86,4	93,00

↓ **Tabela 9.** Statyki obsługi produktów – algorytm ATC

Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	Pick rate						% skompletowania
		Conveyor WA 1	Conveyor WA 2	Conveyor WA 3	Conveyor WA 4	Conveyor WA 5	Conveyor WA 6	
220	135	80,2	80,2	107	87,2	30	0,2	98,16
230	140	84,8	85,0	111,2	85,8	42,6	0	97,43
240	145	87,8	87,8	109,0	88,0	48,0	0	96,69
270	165	79,2	79,2	105,0	96,8	95,6	19,2	97,74
280	170	81,6	81,6	102,2	93,4	89,4	41,0	97,10
290	175	84,8	84,8	106,2	91,2	87,6	54,8	96,55
300	180	86,4	86,4	108,0	87,2	86,4	64,0	96,00
310	185	88,8	88,8	102,8	97,0	88,8	66,6	95,45
320	190	91,2	91,2	102,2	102,0	91,2	68,8	94,93
330	195	92,8	92,6	103,4	104,6	92,6	71,4	94,57
340	200	96,0	96,0	102,2	105,2	96,0	79,8	93,96
350	205	97,4	97,4	102,8	104,0	97,4	83,2	93,30
360	210	100,8	100,8	102,6	103,4	96,4	92,6	92,10
370	215	97,8	97,8	101,0	103,8	94,0	102,2	89,42

R6 = 7200 mm/s. Zgodnie ze zrównoważonym algorytmem dystrybucji produktów do poszczególnych stref roboczych każdy robot wykonywał taką samą liczbę operacji.

Dla algorytmu ATC (rys. 44) maksymalne prędkości poszczególnych robotów wynosiły: R1 = 7500 mm/s, R2 = 7500 mm/s, R3 = 7200 mm/s, R4 = 7000 mm/s, R5 = 6450 mm/s i R6 = 6300 mm/s. Zgodnie z dystrybucją produktów do wszystkich stref roboczych jednocześnie roboty wykonywały różną liczbę operacji. Każdy robot miał obsłużyć jak największą liczbę produktów.

Badanie 2 – wpływ losowych pozycji i orientacji produktów na wydajność algorytmów LB i ATC

W badaniu 2 sprawdzono wpływ losowego ułożeniu produktów oraz losowej orientacji produktów (rys. 45) na wydajność algorytmów LB i ATC. Badanie przeprowadzona dla prędkości transporterów równych: Cnv1 = 270 mm/s i Cnv2 = 165 mm/s. Dla tych prędkości osiągnięto 100% skompletowania kontenerów dla obu algorytmów (LB i ATC).

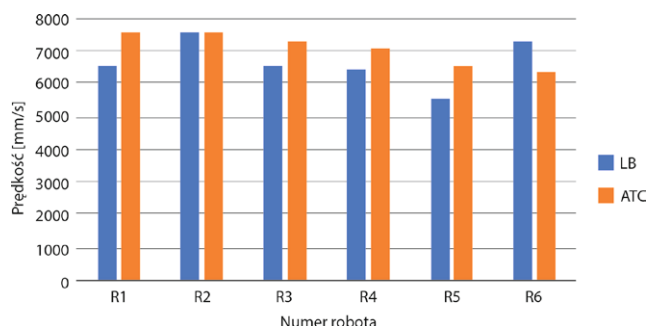
Badanie wpływu losowej pozycji produktów dla algorytmów LB i ATC zostało przeprowadzone dla wybranych

↓ **Tabela 10.** Statystyki zapelnienia kontenerów – algorytm LB

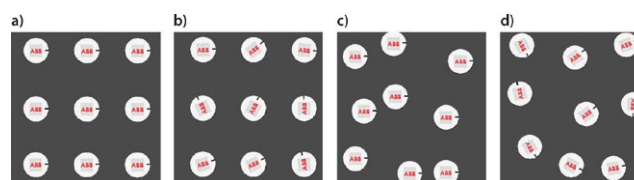
Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	% skompletowania	Wydajność [h ⁻¹]
220	135	100	972
230	140	100	1008
240	145	100	1044
250	150	100	1080
260	155	100	1116
270	160	100	1188
280	165	96	1152
290	170	89	1128
300	175	23	300

↓ **Tabela 11.** Statystyki zapelnienia kontenerów – algorytm ATC

Cnv1 [mm/s]	Cnv2 [mm/s]	% skompletowania	Wydajność [h ⁻¹]
220	135	100	960
230	140	100	1020
240	145	100	1056
270	165	99	1176
280	170	100	1224
290	175	100	1260
300	180	100	1296
310	185	100	1332
320	190	98	1344
330	195	100	1380
340	200	96	1380
350	205	89	1308
360	210	71	1068
370	215	49	756



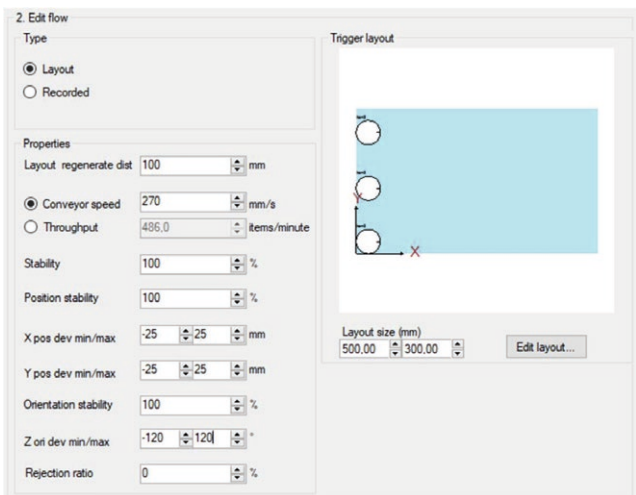
↑ **Rys. 44.** Zestawienie prędkości robotów dla algorytmów sortowania LB i ATC



↑ **Rys. 45.** Wzorce produktów poddane badaniom: a) stabilne pozycja i orientacja, b) stabilna pozycja i losowa orientacja, c) losowa pozycja i stabilna orientacja, d) losowe orientacja i pozycja

wartości parametru stabilizacji pozycji: 0%, 25%, 50%, 75% i 100% (rys. 46).

Badania wykazały, że algorytm ATC, dla którego osiągnięto wyższą wydajność w porównaniu do algorytmu LB



↑ Rys. 46. Okno własności przepływu produktów w RobotStudio

dla przypadku uporządkowanego generowania produktów, jest bardziej czuły/podatny na pracę w przypadku ingerencji w stabilność pozycji (tab. 12). Algorytm LB jest stabilniejszy.

Badanie wpływu losowej orientacji produktów dla algorytmów LB i ATC przeprowadzono dla wybranych wartości parametru stabilizacji orientacji (0%, 25%, 50%, 75%, 100%). Wykazano, że zmiana orientacji produktów nie wpływa znacząco na wydajność stacji dla obu algorytmów sortujących (tab. 13 i 14).

Badanie wpływu losowej pozycji i orientacji produktów dla algorytmów LB i ATC wykonano dla wybranych wartości parametrów stabilizacji pozycji (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) i stabilizacji orientacji (0%, 25%, 50%, 75%, 100%). Stwierdzono, że jednoczesna zmiana pozycji i orientacji produktów ma taki sam wpływ na ukończenie i wydajność jak w badaniu, w którym testowano wpływ losowej zmiany pozycji. Potwierdza to, że wpływ orientacji jest znikomy.

Badanie 3 – wpływ wyłączenia robotów na wydajność algorytmów LB i ATC

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że optymalna prędkość dla rozważanego procesu wynosi $Cnv1 = 270$ mm/s, $Cnv2 = 165$ mm/s. W ramach badania 3 sprawdzono zachowanie linii do sortowania i pakowania w sytuacji wyjątkowej (awaryjnej) dla przypadku losowego (losowa zmiana pozycji i orientacji) generowania produktów.

Sytuacje awaryjne (wyłączenie co najmniej jednego robota) dla stacji działającej z wykorzystaniem algorytmu LB wykazały, że żaden z kontenerów nie został zapełniony całkowicie. Można powiedzieć, że algorytm LB nie pozwolił na automatyczną kontynuację produkcji bez interwencji w program robota (konieczne było zatrzymanie i przeprogramowanie stanowiska oraz ponowne jego uruchomienie w nowej konfiguracji). Oznacza to, że przy stosowaniu algorytmu LB w sytuacjach awaryjnych zawsze konieczna będzie ingerencja wykwalifikowanej obsługi. W przypadku aplikacji pakujących wykorzystujących program PickMaster konieczne jest

↓ Tabela 12. Wydajność algorytmów LB i ATC dla losowej pozycji produktów

Cnv1	Cnv2	Pos	Orient	LB		ATC	
				% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]	% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]
270	165	0	100	100	1188	92,93	1104
270	165	25	100	100	1200	95,96	1140
270	165	50	100	100	1188	97,98	1164
270	165	75	100	97,98	1164	92,93	1104
270	165	100	100	100	1188	100	1188

↓ Tabela 13. Wydajność algorytmów LB i ATC dla losowej orientacji produktów

Cnv1	Cnv2	Pos	Orient	LB		ATC	
				% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]	% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]
270	165	100	0	100	1188	100	1188
270	165	100	25	100	1200	100	1188
270	165	100	50	100	1188	98,99	1176
270	165	100	75	100	1188	96,97	1152
270	165	100	100	100	1188	100	1188

↓ Tabela 14. Wydajność algorytmów LB i ATC dla losowej pozycji i orientacji produktów

Cnv1	Cnv2	Pos	Orient	LB		ATC	
				% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]	% skompletowania	wydajność [h ⁻¹]
270	165	0	0	100	1188	89,90	1068
270	165	25	25	100	1200	95,96	1140
270	165	50	50	100	1188	95,96	1140
270	165	75	75	98,99	1176	96,97	1152
270	165	100	100	100	1188	100	1188

przeprojektowanie linii (zmiana konfiguracji sprzętowej) oraz zmiana ustawień w projekcie (zmiana logiki działania programów). Konieczne jest więc zatrzymanie produkcji do czasu, kiedy awaria zostanie w pełni usunięta.

Zgodnie z charakterystyką algorytmu ATC, gdzie wszystkie produkty są jednocześnie dystrybuowane do wszystkich stref roboczych, możliwe jest zaadaptowanie się stacji do zmieniających się warunków produkcji, tak aby zapewnić jak największą wydajność (nie zawsze w 100%) w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych (wyłączenie co najmniej jednego robota).

W tabeli 12 przedstawiono wyniki symulacji komputerowych dla następujących założeń:

- stabilność pozycji 0% i stabilność orientacji 0%;
- liczba pracujących robotów od 4 do 6;
- zmiana prędkości transporterów $Cnv1 = 265$ – 260 mm/s i $Cnv2 = 160$ – 155 mm/s.

Jak widać w tabeli 15, uzyskanie założonej wydajności osiągnięto dla algorytmu ATC przy prędkościach $Cnv1 = 270$ mm/s, $Cnv2 = 165$ mm/s. Jednakże w przypadku stanów awaryjnych procent skompletowanych kontenerów (stabilność pozycji 0% i stabilność orientacji 0%) był równy 89,80%.

Oznacza to, że główne założenie skompletowania na poziomie 5% nie zostało spełnione. Stąd konieczne było zmniejszenie prędkości transporterów.

Przy założonej prędkości uzyskano wydajność stacji na poziomie 1140 skompletowanych kontenerów na godzinę, czyli uzyskano 99% kontenerów w pełni skompletowanych. W przypadku sytuacji awaryjnych (zatrzymania jednego robota) wydajność stanowiska spadła do 1068 skompletowanych kontenerów na godzinę, co daje 94% pełnego skompletowania. Uzyskana wydajność w sytuacjach awaryjnych wynosi 93% w stosunku do pracy sześciu robotów. W przypadku zatrzymania kolejnego robota (praca czterech robotów) wydajność spadła do zera (w każdym kontenerze brakowało od 1 do 6 produktów).

Zaprezentowane rozwiązanie pozwala na utrzymanie produkcji na poziomie 93% założonej wydajności stacji w przypadku przerwania pracy przez jeden robot. Ponieważ 94% skompletowania zostało osiągnięte w sytuacjach awaryjnych, przeprowadzono dodatkowe testy w celu określenia optymalnej prędkości transporterów dla przypadku, kiedy wszystkie kontenery zostałyby wypełnione w pełni zgodnie z założeniami. Efekt taki uzyskano dla prędkości transporterów: Cnv1 = 260 mm/s i Cnv2 = 155 mm/s (tab. 2.12). Dla takich prędkości uzyskano 1116 kontenerów na godzinę (dla sześciu i pięciu pracujących robotów). Pomimo zmniejszenia prędkości transporterów uzyskana efektywność dla stanów awaryjnych (jeden robot nie pracuje) zwiększyła się z początkowej wydajności 1068 kontenerów na godzinę do 1116 kontenerów na godzinę. I jest to związane z większym stopniem/procentem wszystkich skompletowanych kontenerów (100 do 94%). Próba zatrzymania dwóch robotów (cztery roboty pracują) dała w rezultacie zero skompletowanych kontenerów.

1.3.5. Wnioski – badanie algorytmów LB i ATC zrobotyzowanego pakowania produktów

Przedstawiony przykład potwierdza, że dzięki technologii wirtualnych bliźniaków możliwe jest opracowanie wirtualnego stanowiska produkcyjnego odzwierciedlającego zasadę pracy stanowiska rzeczywistego. Wirtualny bliźniak odwzorowuje fizyczną konfigurację stanowiska rzeczywistego oraz jego konfigurację programową, udostępniając inżynierowi określony system operacyjny wyposażony w konkretne opcje programowe. Dostępne technologie (w tym wirtualnego kontrolera) pozwalają na prowadzenie badań funkcjonalnych i wydajnościowych, wliczając w to m.in. analizę prędkości robotów, ich przyspieszenia, cykle pracy, prędkości transporterów i ogólnie ujmując, wydajność całej stacji produkcyjnej.

Uzyskane podczas badań wyniki wykazały, że dla przedstawionego przykładu możliwości robotów przemysłowych nie zostały w pełni wykorzystane. Szczególnie jest to widoczne dla algorytmu ATC, kiedy roboty R5 i R6 wykonywały mniej cykli produkcyjnych niż pozostałe. Przygotowana i przebadana stacja umożliwiła określenie maksimum wydajności przy założonych warunkach wejściowych. W omówionym przypadku prędkość transportera wejściowego Cnv1 (korespondująca z liczbą dystrybuowanych produktów) została

↓ **Tabela 15.** Wydajność algorytmu ATC w sytuacjach awaryjnych

Cnv1	Cnv2	Numer robota	Produkty		% skompletowania	Wydajność [h ⁻¹]
			pobrane	pominięte		
265	160	6	2303	83	98,96	1140
265	160	5	2304	85	93,68	1068
265	160	4	1674	737	0	0
260	155	6	2232	107	100	1116
260	155	5	2230	109	100	1116
260	155	4	1625	715	0	0

ustawiona na 210 mm/s. W tabeli 2.3 przedstawiono wyniki testów przy zwiększaniu prędkości Cnv2 (131–140 mm/s). Oba algorytmy zapewniły 100% wypełnienia kontenerów dla Cnv1 = 210 mm/s i Cnv2 = 131 mm/s. Wraz ze wzrostem prędkości Cnv2 znacznie spadł odsetek w pełni wypełnionych kontenerów.

Tabele 2.3–2.6 prezentują wyniki eksperymentu, w którym uzyskano maksymalną wydajność stanowiska. Wynik dla algorytmu LB to 1188 wypełnionych kontenerów na godzinę; osiągnięto to dla Cnv1 = 270 mm/s i Cnv2 = 165 mm/s. Dla tych prędkości odsetek pominiętych produktów wynosił 2,22%, czyli mniej niż 5%, jak założono w wymaganiach projektu.

Wynik dla algorytmu ATC to 1332 wypełnione kontenery na godzinę; osiągnięto to dla Cnv1 = 310 mm/s oraz Cnv2 = 185 mm/s. Dla tych prędkości odsetek pominiętych produktów wynosił 4,55%, czyli mniej niż 5% zgodnie z wymaganiami projektu. To oznacza, że przy zastosowaniu algorytmu ATC można obsłużyć więcej kontenerów (przy większej prędkości przenośników) w tym samym czasie, jednak liczba pominiętych produktów wzrosła.

Badania sytuacji awaryjnych wykazały, że dla algorytmu LB wszystkie przeprowadzone testy, niezależnie od parametrów wejściowych procesu, były nieudane. Żaden kontener nie był całkowicie wypełniony (w każdym pojemniku brakowało od 1 do 6 sztuk), dlatego należy je traktować jako odpady. Zastosowanie algorytmu ATC pozwoliło na kontynuowanie produkcji w sytuacji awaryjnej. W zależności od prędkości podajnika (tab. 12) uzyskano wydajność produkcji od 94% do 98% maksymalnej wydajności stacji. Algorytm ATC umożliwia zatem automatyczne dostosowanie strategii sterowania – przez zmianę zasad dostarczania produktów, tak aby przepływ elementów na stacji pozostawał na tym samym poziomie nawet w sytuacji awaryjnej.


Opracowane stanowisko umożliwia prowadzenie powtarzalnych symulacji oraz daje możliwość wprowadzania zmian w parametrach wejściowych procesu produkcyjnego. Przygotowane programy robotów można łatwo modyfikować i dostosowywać do potrzeb użytkownika. Pozwala to na badanie wpływu poszczególnych parametrów procesu na funkcjonowanie stacji i jej wydajność, czasy cykli robota, liczbę obsługiwanych i odrzucanych produktów. □

Fragment pochodzi z książki: *Robotyzacja i automatyzacja*
dr inż. Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk
Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Zestawienie firm

Aparatura kontrolno-pomiarowa		
AXIS Sp. z o.o. ul. Kartuska 375B 80-125 Gdańsk	tel. 58 320 63 01 e-mail: handel@axis.pl www.axis.pl	Szeroki wybór wag elektronicznych własnej produkcji. Nasze produkty wykorzystywane są tam, gdzie stawiane są najwyższe wymagania co do dokładności, niezawodności i odporności na czynniki środowiskowe. Oferujemy także dynamometry (siłomierze), urządzenia do pomiaru momentu siły i nowoczesne akcesoria do nich.
TRONIA Sp. z o.o. ul. Sycowska 11 02-266 Warszawa	tel. 781 991 168 e-mail: tronia@poczta.onet.pl www.tronia.pl	TRONIA Sp. z o.o. projektuje i produkuje zarówno stacjonarne jak i przenośne rejestratory zakłóceń elektrycznych SRZ-AMP o maksymalnej częstotliwości próbkowania 3200 próbek/s. Dostarczają one wielu informacji o jakości zasilania, odnoszących się między innymi do mocy biernej, zawartości harmonicznych, krótkich jednorazowych zakłóceń itp. Możliwy bieżący podgląd dołączonych sygnałów. Użytkownicy chwalą przede wszystkim łatwą, intuicyjną obsługę rejestratorów.
Automatyka przemysłowa		
BAUMER Sp. z o.o. ul. Wydawnicza 1/3 92-333 Łódź	tel. 42 676 73 30 e-mail: sales.pl@baumer.com www.baumer.com	Nasza oferta to szerokie portfolio aparatury kontrolno-pomiarowej, skierowane do klientów przemysłowych. Tworzymy produkty do trudnych aplikacji higienicznych w przemyśle chemicznym, spożywczym i medycznym. Nasze portfolio produktów w zakresie aparatury kontrolno-pomiarowej to gama przetworników i czujników ciśnienia, temperatury, przepływu, poziomu, siły, naprężenia i drgań. Jedną z naszych sztandarowych marek z Process Instrumentation jest Bourdon, który produkuje wysokiej jakości manometry i termometry bimetaliczne znane na całym świecie. Jesteśmy liderem w projektowaniu i produkcji czujników, enkoderów obrotowych, elementów do automatycznego przetwarzania obrazu oraz profilometrów.
COMPARTA Zajdel Sp. z o.o. ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl	Oferuje: • switchy przemysłowe COMPARTA • IDEC – PLC, HMI, bezpieczeństwo • komputery przemysłowe ASEM • konwertery protokołów HILSCHER • zdalny dostęp SECOMEA – najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych. Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL.
Fatek Polska Sp. z o.o. ul. Siwka 11 31-588 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolska.pl www.fatek.pl	Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn, wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, pomoc w doborze komponentów oraz pełne wsparcie dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek.
JPEMBEDDED Mazan Filipek Spółka Jawna ul. Strumienna 12 30-609 Kraków	tel. 12 266 25 44 e-mail: sales@jpembedded.eu www.jpembedded.eu	Firma dostarcza urządzenia komunikacyjne i moduły konwertujące protokoły dla energetyki, automatyki przemysłowej i IoT, licencjonuje oprogramowanie (biblioteki IEC 61850, DNP3, IEC 60870-5-10x, ICCP/TASE.2), a także świadczy usługi konsultingowe, wdrożeniowe i wsparcie techniczne.
Multiprojekt Automatyka sp. z o.o. ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl	Dystrybuujemy panele operatorskie WEINTEK, serwonapędy i kontrolery ruchu TRIO, technikę liniową HIWIN, siłowniki liniowe LinMot, falowniki MICNO, coboty Neura Robotics, sterowniki PLC FATEK, przekładnie planetarne Sesame, serwowzmacniacze Copley Controls, a także silniki krokowe. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.

Automatyka przemysłowa (cd.)		
N.B.C. Polska Sp. z o.o. ul. Złoty Potok 10/16 02-699 Warszawa	tel. 22 855 18 30 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl	Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwignów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.
SKAMER-ACM Sp. z o.o. ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów	tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl	SKAMER-ACM to sprawdzony partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie systemów automatyki przemysłowej; programowanie przemysłowych systemów sterowniczych; tworzenie systemów monitoringu i wizualizacji mediów energetycznych, procesów przemysłowych i efektywności produkcji; prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni; montaż, rozruch i serwis instalacji AKPiA; sprzedaż urządzeń i systemów branży AKPiA.
SMC Industrial Automation Polska Sp. z o.o. ul. Stefana Batorego 10A 05-870 Błonie	tel. 22 344 40 00 e-mail: sales.pl@smc.com	SMC – WIODĄCY EKSPERT Z PASJĄ do automatyki przemysłowej. Firma SMC dąży do satysfakcji klientów na całym świecie wspierając automatyzację poprzez najbardziej zaawansowane technologie. Pełna gama produktów SMC do pneumatyki i automatyzacji: • Napędy pneumatyczne • Napędy elektryczne • Zawory rozdzielające • Przygotowanie powietrza • Złącza i przewody • Elementy podciśnieniowe • Elementy do procesów technologicznych • Czujniki i przekaźniki • Neutralizacja ładunków elektrostatycznych • Regulacja i kontrola temperatury • Elementy do wysokiego podciśnienia • Rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa • Produkty zgodne z ATEX • Produkty do czystych pomieszczeń • Produkty stosowane przy produkcji baterii.
steute Polska al. Wilanowska 321 02-665 Warszawa	tel. 22 843 08 20 e-mail: info@steute.pl www.steute.pl	Niemiecka firma steute oferuje m.in. wyłączniki linkowe bezpieczeństwa, czujniki zbiegania oraz czujniki do wykrywania uszkodzeń taśmy przenośników, wyłączniki nożne oraz podzespoły systemów bezpieczeństwa maszyn. Dostępne są również wyłączniki, czujniki i kasety sterownicze w wersji przeciwwybuchowej Ex (ATEX), radiowej oraz do pracy w ekstremalnych warunkach.
Hydraulika		
Tech-Pol Sp. z o.o. Strefa Gospodarcza 2 44-280 Rydułtowy	tel: 531 131 003 e-mail: biuro@techpol.org www: www.tech-pol.com.pl	Spółka TECH-POL, działa w branży górniczej i maszynowej od ponad 20 lat. Poprzez jakość i niezawodność proponowanych rozwiązań zdobyliśmy uznanie i zaufanie naszych Odbiorców. Zakład dysponuje nowoczesnym parkiem maszynowym opartym na tokarkach CNC, automatach tokarskich wielowrzecionowych oraz centrach obróbczych. Wieloletnie doświadczenie i zespół technologów pozwala na elastyczne wykorzystywanie możliwości naszych maszyn, co sprawdza się szczególnie przy realizacji mało- i średnioseryjnej produkcji. To wszystko pozwala spełniać oczekiwania Klienta, również w zakresie ceny oferowanych wyrobów. Oferujemy najwyższą jakość usług galwanicznych cynkowania z dodatkową powłoką lakierowo-żywiczną zawierającą Zn. Wszystkie nasze wyroby i usługi posiadają wymagane certyfikaty.
Napędy		
Cantoni Group ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn	tel. 33 813 87 00 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com	Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 7000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.
ELEKTRONAPĘDY ul. Kościelna 5 56-504 Dziadowa Kłoda	tel. 506 750 427 e-mail: info@elektronapedy.pl sprzedaz@kaiser-motoren.pl zajac@maleszka.pl Grzegorz.Zajac@abi-serwis.pl	www.elektronapedy.pl – informacje o dostępnych produktach www.kaiser-motoren.pl – nierdzewne wykonania www.jomo-napedy.pl – prądu stałego ogólnego zastosowania www.ats-napedy.pl – silniki serwo ze sterowaniem www.emod.pl – specjalne wykonania AC-Emod Motoren www.perske.pl – elektrowrzeciona z serwisem www.elektromotive.eu – motoreduktory, silniki uszczelnione www.dyneo.pl – kompleksowe modernizacje na IE4-IE5 białe certyfikaty, dotacje www.dyneo.pl – modernizacje silniki IE5, b. certyfikaty www.rehfuss.pl – przekładnie ze stali nierdzewnej, planetarne www.nidec.pl – produkty marki Leroy Somer – Nidec

Napędy (cd.)		
SMC Industrial Automation Polska Sp. z o.o. ul. Stefana Batorego 10A 05-870 Błonie	tel. 22 344 40 00 e-mail: sales.pl@smc.com	SMC – WIODĄCY EKSPERT Z PASJĄ do automatyki przemysłowej. Firma SMC dąży do satysfakcji klientów na całym świecie wspierając automatyzację poprzez najbardziej zaawansowane technologie. Pełna gama produktów SMC do pneumatyki i automatyzacji: • Napędy pneumatyczne • Napędy elektryczne • Zawory rozdzielające • Przygotowanie powietrza • Złącza i przewody • Elementy podciśnieniowe • Elementy do procesów technologicznych • Czujniki i przekaźniki • Neutralizacja ładunków elektrostatycznych • Regulacja i kontrola temperatury • Elementy do wysokiego podciśnienia • Rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa • Produkty zgodne z ATEX • Produkty do czystych pomieszczeń • Produkty stosowane przy produkcji baterii.
Steinlen Polska Sp. z o.o. ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów	tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl	Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.
Systemy transportowe		
ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice	tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscранes.pl www.abuscранes.pl	ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.
		
steute Polska al. Wilanowska 321 02-665 Warszawa	tel. 22 843 08 20 e-mail: info@steute.pl www.steute.pl	Niemiecka firma steute oferuje m.in. wyłączniki linkowe bezpieczeństwa, czujniki zbiegania oraz czujniki do wykrywania uszkodzeń taśmy przenośników, wyłączniki nożne oraz podzespoły systemów bezpieczeństwa maszyn. Dostępne są również wyłączniki, czujniki i kasety sterownicze w wersji przeciwwybuchowej Ex (ATEX), radiowej oraz do pracy w ekstremalnych warunkach.
Utrzymanie ruchu		
ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice	tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscранes.pl www.abuscранes.pl	ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.
Ad Moto Rafał Zawisz ul. Srokowiecka 5 41-106 Siemianowice Śląskie	tel. 604 580 907 e-mail: biuro@filtracjaoleju.pl www.filtracjaoleju.pl	Jesteśmy grupą profesjonalistów, którzy dzięki zdobytemu doświadczeniu są w stanie rozwiązać większość problemów związanych z gospodarką olejową. Ponad 80% awarii w urządzeniach spowodowanych jest zanieczyszczeniami występującymi w oleju. Służymy pomocą w doborze odpowiedniego sprzętu oraz usprawnieniu gospodarki olejowej u klienta.
DB Energy Aleja Armii Krajowej 45 50-541 Wrocław	tel. +48 71 337 13 25 e-mail: sprzedaz@dbenergy.pl www.dbenergy.pl	Pomagamy firmom przemysłowym stać się częścią zeroemisyjnej przyszłości. Doradzamy, projektujemy, finansujemy i realizujemy inwestycje energooszczędne na całym świecie. Łączymy doświadczenie audytowe z interdyscyplinarną wiedzą i najlepszymi rozwiązaniami technicznymi, zapewniając przedsiębiorstwom opłacalną dekarbonizację.

Utrzymanie ruchu (cd.)

<p>MOTORMONITOR Sp.j. 87-100 Toruń ul. Mazowiecka 39</p>	<p>tel: 600839211 serwis@motormonitor.com.pl www.motormonitor.pl</p>	<p>Pomiary geometrii w trakcie budowy i remontów – konstrukcje, wały, maszyny, łoża tokarek, torowiska suwnicowe itp. Osiowanie napędów metodą laserową. Pomiary współosiowości otworów panewek wałów korbowych i śrubowych. Pomiary i analiza drgań maszyn i urządzeń przy pomocy analizatorów drgań SKF oraz kamery Motion Aplification RDI. Wyważanie wirników w łożyskach własnych (bez demontażu, u klienta). Wzorcowanie czytników laserowych.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • pomiary geometrii 3D • osiowanie maszyn • pomiary i analiza drgań • wyważanie wirników • termowizja www.motormonitor.pl
<p>steute Polska al. Wilanowska 321 02-665 Warszawa</p>	<p>tel. 22 843 08 20 e-mail: info@steute.pl www.steute.pl</p>	<p>Niemiecka firma steute oferuje m.in. wyłączniki linkowe bezpieczeństwa, czujniki zbiegania oraz czujniki do wykrywania uszkodzeń taśmy przenośników, wyłączniki nożne oraz podzespoły systemów bezpieczeństwa maszyn. Dostępne są również wyłączniki, czujniki i kasety sterownicze w wersji przeciwwybuchowej Ex (ATEX), radiowej oraz do pracy w ekstremalnych warunkach.</p>

Biblioteka



Jakub Syta
Zarządzanie cyberbezpieczeństwem.
Pracownicy, Procesy, Technologie
Rok wydania: 2025
Wydawnictwo Naukowe PWN

Od początku XXI wieku obserwujemy dynamiczny rozwój narzędzi teleinformatycznych, które przenikają przez wszystkie obszary działalności państwa, przedsiębiorstw jak i społeczeństwa. Jednak warto zauważyć, że im więcej funkcjonalności oczekujemy od tego typu narzędzi, tym bardziej złożony jest ich kod źródłowy. Im bardziej złożony jest kod źródłowy, tym więcej jest w nim luk bezpieczeństwa. Im więcej jest luk bezpieczeństwa w kodzie źródłowym, tym bardziej jesteśmy podatni na cyberzagrożenia. A im bardziej jesteśmy podatni na cyberzagrożenia, tym łatwiejszy i tym samym bardziej prawdopodobny jest cyberatak.

Jednocześnie im więcej wykorzystujemy funkcjonalności systemów teleinformatycznych, tym bardziej jesteśmy od nich zależni. A im bardziej jesteśmy zależni od systemów teleinformatycznych, tym potężniejsze mogą być skutki udanego cyberataku.

W związku z tym bardzo ważne jest, aby organizacje zaczęły kompleksowo zarządzać cyberbezpieczeństwem. Unikalnymi cechami tego poradnika są m.in.:

- praktyczne podejście do zarządzania cyberbezpieczeństwem;
- aktualność i istotność podejmowanych tematów;
- minimum teorii i koncentracja na konkretach;
- perspektywa biznesowa i zarządcza.

W książce „Zarządzanie cyberbezpieczeństwem” czytelnik będzie mógł znaleźć m.in. następujące obszary tematyczne:

- wskazówki dotyczące procesu zarządzania ryzykiem IT;
- modele ułatwiające identyfikację scenariuszy ryzyka IT;
- opisy procesów z zakresu zarządzania bezpieczeństwem informacji;
- charakterystykę narzędzi prewencyjnych z zakresu cyberbezpieczeństwa;
- zasady skutecznego monitorowania cyberbezpieczeństwa;
- rozważania na temat nowych narzędzi i rodzajów usług cyberbezpieczeństwa.

Publikację „Zarządzanie cyberbezpieczeństwem” polecamy przede wszystkim:

- pracownikom naukowym prowadzącym badania z zakresu nauk o bezpieczeństwie, nauk o zarządzaniu, nauk informatycznych i telekomunikacyjnych, ale również i innych dyscyplin naukowych, w szczególności z dziedziny nauk społecznych;
- przedsiębiorcom, przedstawicielom zarządów i rad nadzorczych organizacji, które z różnych powodów powinny systemowo zarządzać cyberbezpieczeństwem;
- przedstawicielom organów administracji, którzy – ustanawiając prawo – chcą kompleksowo traktować to zagadnienie;
- przedstawicielom przedsiębiorstw świadczących usługi z zakresu ochrony informacji;
- ekspertom z zakresu cyberbezpieczeństwa, którzy chcą zrozumieć szerszy kontekst wykonywanych przez siebie zadań;
- słuchaczom studiów podyplomowych, w tym studiów MBA, którzy chcą tworzyć i rozwijać swoje organizacje z uwzględnieniem ryzyka dla bezpieczeństwa informacji.

Zamów prenumeratę

Prenumeratę miesięcznika „Napędy i Sterowanie” można rozpocząć w dowolnym momencie. Cena prenumeraty pozostaje bez zmian, niezależnie od zmiany stawki VAT na czasopismo. Faktura za prenumeratę zostanie przesłana wraz z pierwszym zamówionym egzemplarzem. Koszty przesyłki pokrywa Wydawnictwo. Studenci oraz uczniowie mogą skorzystać z 30-proc. zniżki, przysyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

Cena prenumeraty rocznej wynosi 429 zł (w tym 8% VAT).

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel. 507 061 574 lub 606 689 421.

Prenumeratę miesięcznika „Napędy i Sterowanie” można zamówić:

- poprzez formularz dostępny na stronie: www.nis.com.pl/prenumerata
- wysyłając wiadomość e-mail na adres: prenumerata@industriypublisher.com

Prenumerata dostępna jest również za pośrednictwem:

- **Garmond Press** – telefon: (12) 422 14 85,
e-mail: prenumerata.krakow@garmondpress.pl
- **Kolporter Sp. z o.o.** – prenumerata instytucjonalna dostępna w oddziałach firmy. Więcej informacji pod numerem infolinii: +48 41 367 88 88 lub na stronie: www.kolporter.com.pl



napędy i sterowanie

miesięcznik naukowo-techniczny

napędy • automatyka przemysłowa • energoelektronika • aparatura kontrolno-pomiarowa • mechatronika • systemy zasilające • safety • silniki • hydraulika • pneumatyka • robotyka • systemy transportowe • obrzynanie noży

2
2025 (310)
Rok XXVII
Luty 2025

ISSN 1507-7764
Indeks 36018X
Cena 39,00 zł
(z tym 8% VAT)



Jeszcze bezpieczniej i wydajniej

Przełączniki modułowe i do obwodów drukowanych z wymuszonym prowadzeniem styków do aplikacji bezpieczeństwa.





FINDER Polska Sp. z o.o.
finder.pl@findernet.com

findernet.com

Poprzedni numer

- Zastosowanie przełączników firmy Finder w energetyce i górnictwie – klucz do efektywności i niezawodności
- Automatyka i robotyka w nowoczesnym podejściu do efektywności energetycznej w przemyśle
- Centralne i rozproszone systemy zasilania awaryjnego UPS – który wybrać?
- Robotyzacja dla każdego: Niskokosztowa automatyzacja od firmy igus
- Lenze Polska: nowy showroom w Katowicach na 30-lecie działalności!
- Nowe rozwiązania napędowe NORD szyte na miarę dla suwnic i dźwigów

Poprzednie wydania dostępne są w wersji elektronicznej na stronie www.nis.com.pl/archiwum



Bądź na bieżąco

z najnowszymi rozwiązaniami
z zakresu napędów i sterowania!

**Sprawdzone artykuły, nowości rynkowe,
recenzje produktów i raporty z targów.**

Otrzymuj co miesiąc najnowsze wydanie
magazynu prosto do swojego biura lub domu.
Zamów prenumeratę i zyskaj nieprzerwany
dostęp do wiedzy!

**napędy
i sterowanie**

**miesięcznik
naukowo-techniczny**

Skontaktuj się z nami:
prenumerata@industrypublisher.com

