

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

2
2025 (310)
Rok XXVII
luty 2025

ISSN 1507-7764
Indeks 36018X

Cena: **39,00 zł**
(w tym 8% VAT)



Jeszcze bezpieczniej i wydajniej

Przełączniki modułowe i do obwodów drukowanych z wymuszonym prowadzeniem styków do aplikacji bezpieczeństwa.



SIL2 SIL3

FINDER Polska Sp. z o.o.

finder.pl@findernet.com

 **finder**[®]
RELAYING INNOVATION

findernet.com

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



Stawiasz na rozwój?

Zapraszamy do współpracy

Pomożemy Ci:

- promować Twoją firmę
- informować o produktach i nowościach w Twojej ofercie
- dotrzeć do potencjalnych klientów

www.nis.com.pl

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
e-mail: grzegorz.drobny@industriypublisher.com

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 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.

Drodzy Czytelnicy!

Przedstawiamy najnowsze, lutowe wydanie naszego miesięcznika, w którym tematem przewodnim są dwie dziedziny przemysłu – automatyka i robotyka.

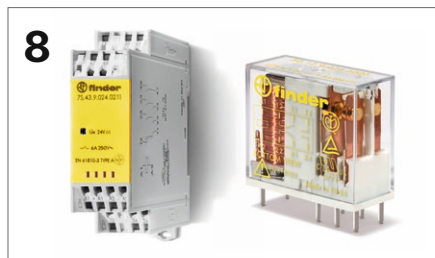
Są to obszary, które tworzą nasz świat w inteligentny sposób. Dzięki nim możliwe staje się wprowadzenie innowacji, które zapewniają większą wydajność, bezpieczeństwo i precyzję w wielu branżach. Nowe rozwiązania technologiczne, które wprowadzają liderzy rynku, mają potencjał, zmieniając nasze codzienne życie w sposób, na który jeszcze do niedawna nie mogliśmy sobie pozwolić.

W tym numerze publikujemy informacje o tym, jak technologia te mają coraz większe znaczenie w różnych branżach przemysłu, po medycynę, logistykę, usługi a także w naszym codziennym życiu.

Należy zwrócić uwagę na to, że automatyka i robotyka nie są już tylko domeną wielkich korporacji czy przemysłu przemysłowego. Coraz częściej te technologie wkraczają do naszego codziennego życia, a skuteczne rozwiązania w zakresie inteligentnych domów, transportu, a także edukacji i pracy zdalnej stają się już oczywistością.

W tym numerze zachęcam szczególnie do lektury artykułu autorstwa Magdaleny Naumowicz, Waldemara Woźniaka, Michała Sąsiadka, Pawła Zająca, Piotra Mamczura pt. „Roboty AGV – nowa era transportu wewnętrznego”. W publikacji przybliżone jest zagadnienie praktycznego zastosowania urządzeń w transporcie wewnętrznym. Autorzy w artykule omówili koncepcję wdrażania automatyzacji w procesie przepływu materiałów z wykorzystaniem robotów AGV w przedsiębiorstwie produkcyjnym wyrobów z folii polietylenowej. Robotyczne platformy z ramieniami mechatronicznymi (AGV), będące intralogistycznymi pojazdami zabezpieczającymi częściowo lub całkowicie transport wewnętrzny przedsiębiorstwa produkcyjnego, stały się wyzwaniem poprawy jego wydajności, redukcji czasów przestoju wybranych podprocesów oraz załączkiem automatyzacji i robotyzacji pozostałych procesów. Zaprojektowane i wdrożone rozwiązanie wpisuje się w bazowe filary koncepcji Przemysłu 5.0, skupiając się równolegle na niskiej emisji i efektywności energetycznej oraz zrównoważeniu wewnętrznego łańcucha dostaw w cyklu zamkniętym.

Życzę przyjemnej lektury
Katarzyna Zając
Redaktor naczelna



Co w numerze

STAŁE POZYCJE

- 6** | Nowości techniczne
- 90** | Zestawienie firm
- 93** | Biblioteka

TECHNOLOGIE I PRODUKTY

- 8** | Zastosowanie przekaźników firmy Finder w energetyce i górnictwie – klucz do efektywności i niezawodności
– Piotr Kubaszewski, FINDER Polska Sp. z o.o.
- 12** | Automatyka i robotyka w nowoczesnym podejściu do efektywności energetycznej w przemyśle
– Przemysław Kurylas, DB Energy
- 14** | Centralne i rozproszone systemy zasilania awaryjnego UPS – który wybrać? – Ever Sp. z o.o.
- 18** | Robotyzacja dla każdego: Niskokosztowa automatyzacja od firmy igus – igus Sp. z o.o.
- 20** | Lenze Polska: nowy showroom w Katowicach na 30-lecie działalności! – Lenze Polska Sp. z o.o.
- 22** | Nowe rozwiązania napędowe NORD szyte na miarę dla suwnic i dźwigów – NORD Napędy sp. z o.o.

NAUKA

- 24** | Górnictwo i energetyka w Arabii Saudyjskiej
– Stefan Gierlotka
- 28** | Analiza efektywności energetycznej stanowiska elektrohydraulicznego – Łukasz Zawarczyński, Adam Dmochowski, Wiesław Fiebig
- 34** | Czy roboty AGV zdominują transport wewnątrzzakładowy w przedsiębiorstwach produkcyjnych? Roboty AGV – nowa era transportu wewnętrznego – Magdalena Naumowicz, Waldemar Woźniak, Michał Sąsiadek, Paweł Zajac, Piotr Mamczur
- 42** | Automatyzacja procesów przemysłowych – przyszłość efektywnej produkcji
- 46** | Systemy wizyjne w Przemysle 4.0 – Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk
- 55** | Przykładowe przedsięwzięcia modernizacyjne i ocena ich opłacalności ekonomicznej – Jan Górzyński
- 64** | Analiza cyklu życia – Ewa Klugmann-Radziemska
- 76** | Eksploatacja maszyn i transformatorów – Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec

INDEKS REKLAM

| | | | | | |
|---------------------------------|--------|---------------------|-------|-----------------------|-------|
| ABUS Crane Systems Polska | 33, 92 | Ever | 17 | Malowanie Linii | 39 |
| Automatica | 25 | FINDER Polska | 96 | NORD Napędy | 5, 23 |
| DB Energy | 12 | Grupa Cantoni | 45 | NOWIMEX | 37 |
| | | igus | 6, 19 | STAUFF | 41 |
| | | Lenze Polska | 6, 21 | | |

NORD wprawia w ruch wszystkie dźwignice

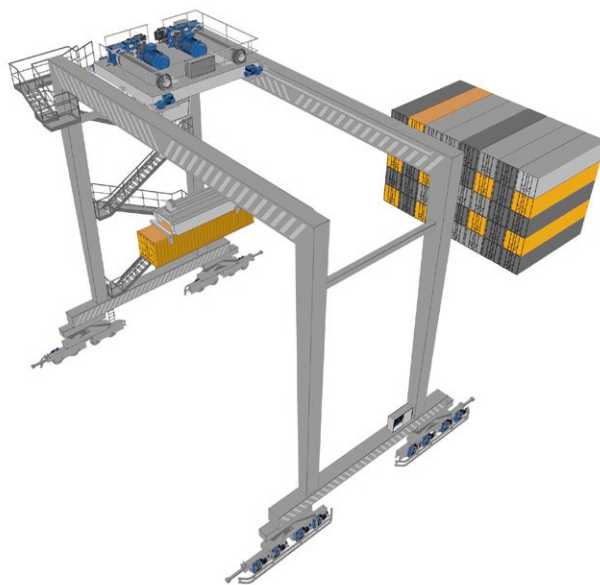
NORD DRIVESYSTEMS oferuje kompletne systemy napędowe do zastosowań dźwigniowych z jednego źródła. Oprócz silników i elektroniki napędowej, przekładnie przemysłowe MAXXDRIVE® stanowią centralny element oferty dla dźwignic i ładunków. Dzięki MAXXDRIVE® XD i MAXXDRIVE® XJ, dostawca rozwiązań ma dwie przekładnie przemysłowe zoptymalizowane do stosowania w dźwignicach.

Dźwignice to bardzo złożone systemy transportowe, w których sekwencje ruchów podnoszących, jezdnych i poprzecznych często następują równocześnie. Modułowe produkty NORD umożliwiają tworzenie odpowiednio wymiarowanych rozwiązań napędowych składających się z wydajnych silników, skalowalnej elektroniki napędowej i wydajnych przekładni przemysłowych MAXXDRIVE®.

NORD specjalnie opracował MAXXDRIVE® XD do podwozi jezdnych. Konstrukcja obudowy z wydłużonym układem stopni przekładni umożliwia konstrukcję napędu w kształcie litery U z bębniem linowym i silnikiem po stronie przekładni.

MAXXDRIVE® XJ idealnie nadaje się do stosowania w podwoziach jezdnych, w tym poprzecznych. Jego szczególną cechą jest układ wału w kształcie litery J. Łączy on wydłużony układ stopni przekładni z pionowym wałem napędowym. Zapewnia to zwartą konstrukcję przekładni dla ograniczonych przestrzeni montażowych.

Konstrukcja przekładni może być dostosowana do konkretnych wymagań aplikacji za pomocą opcjonalnych akcesoriów, takich jak sprzęgła bębnowe do napędów bębnowych linowych lub konsole hamulcowe.



Z jednej strony energooszczędne silniki i optymalne sterowanie za pomocą elektroniki napędowej firmy NORD zapewniają działanie z obniżoną emisją CO₂e. Z drugiej strony maksymalne odległości między środkami napędów MAXXDRIVE® XD i MAXXDRIVE® XJ umożliwiają optymalne wykorzystanie masy i rozmiaru. Wreszcie, dostosowane rozwiązania napędowe firmy NORD realizują zoptymalizowaną pod względem kosztów konstrukcję dźwignicy.

NORD Napędy sp. z o.o.
biuro@nord.com

Reklama

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.

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

napędy i sterowanie miesięcznik naukowo-techniczny





Innowacyjna automatyzacja w showroom Lenze w Katowicach

Showroom Lenze w Katowicach to nowo otwarta przestrzeń umożliwiająca zobaczenie rozwiązań w praktyce.

14 stycznia 2025 roku miało miejsce uroczyste otwarcie showroomu Lenze w Katowicach. Z tej okazji firma miała zaszczyt powitać swoich klientów w nowo otwartej przestrzeni, która nie tylko obfituje w eksponaty z produktami Lenze, ale także umożliwia zobaczenie rozwiązań Lenze w praktycznym działaniu.

W showroomie firma Lenze prezentuje maszyny pokazowe firm współpracujących. Są to:

- Kartoniarka od Teccon Sp. z o.o. Sp. k.
- Przenośnik MONAWI z robotem FANUC
- Maszyna do kształtek wentylacyjnych firmy TTMSys
- Centralka wentylacyjna firmy Frapol

Z rozwiązań Lenze można zobaczyć:

- Działanie przemienników serii i550 w wersji szafowej i zdecentralizowanej
- Pakiety napędowe Lenze w postaci motoreduktorów i przemiennika
- Precyzyjne działanie serwo przemienników Lenze
- Wydajne sterowanie z pomocą sterowników Lenze
- Elektrorolkę Lenze – nowe rozwiązanie dla intralogistyki

Dzień otwarcia był nie tylko okazją do zaprezentowania innowacyjnych produktów, ale także do nawiązania cennych kontaktów i wymiany doświadczeń.

Jedną z innowacji była sterowana analogowo elektrorolka o450 MDR z wbudowanym silnikiem Lenze, ma wejść na rynek w tym roku. Jest to innowacyjne rozwiązanie, zaprojektowane przez inżynierów Lenze, które może zrewolucjonizować systemy przenośnikowe, poprawiając wydajność i oszczędność energii.

Jest napędzana bezpośrednio przez silnik bezszczotkowy z magnesami trwałymi. To rozwiązanie pozwala na uzyskanie wysokiego momentu obrotowego przy niskich prędkościach, podobnie jak w przypadku konwencjonalnego motoreduktora. Jednocześnie zachowana jest wysoka dynamika i wydajność, dzięki precyzyjnemu sterowaniu prędkością.

Lenze Polska Sp. z o.o.
www.lenze.com



Łożyska igus® zapewniają bezobsługowy system butelkowania

Bezsmarowe łożyska polimerowe firmy igus® zwiększają wydajność w browarze wytwarzającym piwo trapistów Chimay w Belgii.

Słynny belgijski browar Chimay, znany z tradycyjnego piwa trapistów, używa w swojej rozlewni bezobsługowych łożysk sferycznych firmy igus. Dzięki zastąpieniu zardzewiałych, wytartych łożysk kulkowych bezsmarowymi wkładkami łożyskowymi igubal H3, browar był w stanie zwiększyć wydajność i ograniczyć czas konserwacji.

Browar Chimay to jeden z dwunastu browarów na świecie, który produkuje wytwarzane przez mnichów piwo trapistów. Co ciekawe, większość zysków przeznaczana jest na projekty społeczne. Warzone w opactwie Notre-Dame de Scourmont w belgijskiej prowincji Hainaut, Chimay wyprodukowało około 18,5 megalitrów piwa w 2018 r. Wysokie wymagania produkcyjne stanowiły szczególne wyzwanie dla rozlewni, zwłaszcza ze względu na częste awarie i ścieranie się konwencjonalnych metalowych łożysk kulkowych na wałach. Wymiana uszkodzonego łożyska kulkowego mogła trwać nawet półtora dnia, co niestety prowadziło do strat produkcyjnych. W ramach projektu optymalizacji linii wypełniania, firma Chimay zwróciła się do igus® w celu znalezienia trwałego rozwiązania tego problemu. Po szeroko zakrojonej serii testów i optymalizacji, łożysko igubal H3 okazało się optymalnym wyborem i, od czasu wymiany we wrześniu 2022, łożyska te wykazują bardzo niewielkie zużycie.

– Dzięki łożyskom igubal H3 udało nam się rozwiązać najważniejszy problem w naszych systemach przenośników i znacznie wydłużyć żywotność naszych systemów – mówi Vivien De Schryver, serwisant w Chimay.

igus Sp. z o.o.
www.igus.pl

Presja prawna jako motor napędowy wdrażania inicjatyw ESG

Obecne regulacje dotyczące zrównoważonego rozwoju i ich potencjalne zaostrezenie jest zdaniem 69% badanych osób na stanowisku kierowniczym kluczowym czynnikiem napędzającym inicjatywy ESG – głosi najnowsza, już trzecia edycja raportu Capgemini „A world in balance 2024: Accelerating sustainability amidst geopolitical challenges”. Rok wcześniej twierdziło tak 57% badanych. Ten zauważalny wzrost pokazuje, że presja prawodawców ma znaczenie i przynosi efekty. Konsumenci pozostają jednak sceptyczni.

Emisja CO₂, recykling i zużycie zasobów

Od 2022 roku firmy konsekwentnie wdrażają kolejne inicjatywy, które pozwolą im na spełnienie norm dotyczących ESG, a postępy widoczne są w szczególności w obszarze środowiska („environment”). Aż 84% badanych twierdzi, że ich organizacja jest na dobrej drodze do osiągnięcia celów redukcji emisji dwutlenku węgla. Prawie trzech na czterech (72%) respondentów deklaruje, że recykling jest kluczową kwestią w obszarze produkcyjnym, podczas gdy w 2022 roku uważało tak zaledwie 53% badanych. Duże wysiłki poczynione zostały także w obszarze projektowania produktów – 69% deklaruje, że ich organizacja przeprojektowuje produkty pod kątem mniejszego wykorzystania paliw kopalnych. Dwa lata wcześniej była to mniej niż połowa (47%).

Regulacje wymusiły na firmach przede wszystkim monitorowanie procesów pod kątem zużycia zasobów. W 2022 roku zaledwie 43% kadry kierowniczej odpowiedziało, że ich organizacja mierzy zużycie energii w obszarze produkcyjnym. Według danych z tego roku, obecnie twierdzi tak już 71%. 75% badanych zadeklarowało, że

ich organizacja wdrożyła inicjatywy mające na celu redukcję zużycia wody. To wzrost o 20% w porównaniu z 2022 rokiem.

Przeszkody na drodze do zrównoważonego rozwoju

Trzy czwarte kadry kierowniczej twierdzi, że odpowiednie regulacje są kluczowe do osiągnięcia globalnych celów klimatycznych. Z kolei 2 na 3 osoby przyznaje, że bez presji prawnej, ich organizacja nie wdrożyłaby tylu inicjatyw ESG, ile obecnie.

Tempo postępów zależy jednak od szeregu czynników, takich jak np. dostęp do technologii – aż 67% badanych uważa, że bez odpowiedniej technologii nie będzie możliwe osiągnięcie wyznaczonych celów zrównoważonego rozwoju. Inną przeszkodą jest sytuacja geopolityczna. Prawie dwie na trzy osoby na kierowniczych stanowiskach wskazały, że ma ona coraz większy wpływ na postępy w inwestycjach w zrównoważony rozwój. Wśród głównych czynników wymieniane są napięcia w relacjach na linii USA-Chiny, wojna w Ukrainie, konflikt na Bliskim Wschodzie czy kryzys energetyczny w Europie. Prowadzą one do zakłóceń w łańcuchach dostaw i operacjach biznesowych oraz potencjalnie mogą mieć wpływ na skalę rządowego wsparcia.

Ocena konsumentów

Mimo ogłaszanych, korzystnych zmian, konsumenci mają coraz więcej wątpliwości w kwestii inicjatyw podejmowanych przez firmy. Oczekują oni jeszcze bardziej zdecydowanych kroków w kierunku zrównoważonego rozwoju oraz większej przejrzystości. Raport Capgemini wskazuje, że trzy czwarte konsumentów liczy, że korporacje odegrają większą rolę w redukcji emisji gazów cieplarnianych w 2024 roku. Co więcej, są bardziej sceptyczni niż

kiedykolwiek wobec korporacyjnych deklaracji. Ponad połowa (52%) uważa, że organizacje stosują greenwashing, w porównaniu z 33% w 2023 roku.

Deklaracje a fakty

Zarówno presja ze strony prawodawców, jak i wygórowane oczekiwania konsumentów w kwestiach ESG sprawiają, że firmy coraz głośniej mówią o swoich postępach i deklarują wzrosty w kluczowych obszarach. Jednak nie zawsze znajdują one odzwierciedlenie w rzeczywistości. Pod koniec 2023 r. badani zadeklarowali, że ich organizacje zwiększą inwestycje w zrównoważony rozwój. Tych planów nie udało się jednak zrealizować – średnie roczne inwestycje w inicjatywy i praktyki ESG stanowiły w 2023 roku 0,92% przychodów. W tym roku jest to tylko 0,82%.

Link do pełnego raportu:
<https://www.capgemini.com/insights/research-library/sustainability-trends-2024/>

Metodologia badania

Capgemini Research Institute przeprowadził ankietę wśród 2152 członków kadry kierowniczej zatrudnionych w 727 organizacjach, z których każda osiąga roczne przychody przekraczające 1 miliard dolarów, w 13 krajach Ameryki Północnej, Europy i regionu Azji i Pacyfiku oraz w 12 branżach i sektorach, w czerwcu i lipcu 2024 roku. Ankietowani menedżerowie zajmowali stanowiska na poziomie dyrektora i wyżej, a 50% pochodziło z działów korporacyjnych, takich jak strategia, zrównoważony rozwój, sprzedaż i marketing; 50% pochodziło z działów związanych z łańcuchem wartości, takich jak projektowanie produktów, badania i rozwój, zaopatrzenie i logistyka. Instytut przeprowadził również ankietę wśród 6500 konsumentów powyżej 18 roku życia w 13 krajach oraz wywiady z 12 starszymi menedżerami ds. zrównoważonego rozwoju w wiodących organizacjach na całym świecie. □

Źródło: Capgemini Polska

Zastosowanie przekaźników firmy Finder w energetyce i górnictwie – klucz do efektywności i niezawodności

Piotr Kubaszewski

Współczesna energetyka i górnictwo to sektory, które wymagają nie tylko wysokiej efektywności, ale także niezawodności i bezpieczeństwa systemów. Kluczową rolę w tym zakresie odgrywają przekaźniki elektromagnetyczne, które zapewniają kontrolę nad procesami technologicznymi, sterowanie urządzeniami oraz monitorowanie ich pracy. Firma Finder, jako jeden z wiodących producentów przekaźników, dostarcza rozwiązania spełniające rygorystyczne wymagania dla tych sektorów, gwarantując niezawodność nawet w ekstremalnych warunkach pracy.

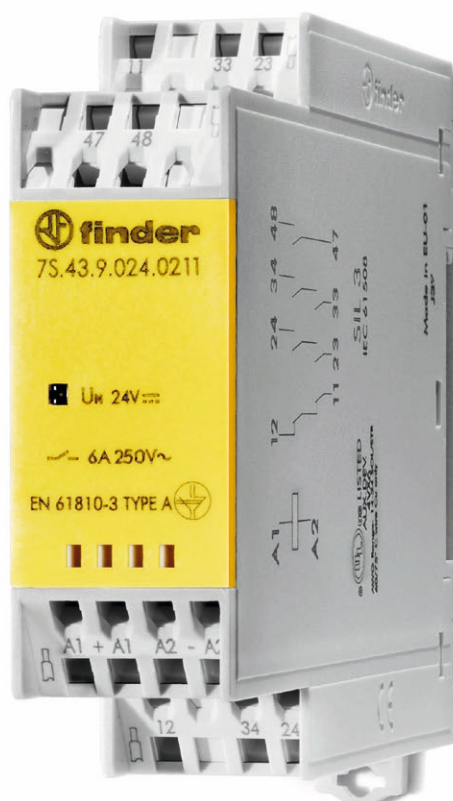
Rola przekaźników elektromagnetycznych w energetyce i górnictwie

Przekaźniki elektromagnetyczne są szeroko stosowane w systemach energetycznych i górniczych, gdzie kluczowe znaczenie mają ich funkcje:

- Sterowanie i automatyzacja – przekaźniki pozwalają na kontrolowanie procesów technologicznych oraz automatyzację pracy maszyn i urządzeń.
- Ochrona instalacji – stosowane w systemach zabezpieczeń elektrycznych, chronią przed przeciążeniami, zwarciami oraz innymi zagrożeniami.
- Monitorowanie parametrów pracy – umożliwiają bieżące sprawdzanie stanu urządzeń i reagowanie na wszelkie nieprawidłowości.

W szczególności w górnictwie przekaźniki elektromagnetyczne są niezbędne do kontroli systemów wentylacyjnych, monitorowania stanu urządzeń wyciągowych oraz sterowania obwodami bezpieczeństwa w kopalniach. Z kolei w energetyce służą do sterowania rozdzielniami, systemami przesyłu energii i automatyką elektrowni.

Przekaźniki elektromagnetyczne są szeroko stosowane w systemach energetycznych i górniczych



Finder oferuje przekaźniki **serii 7S**, które są przeznaczone do aplikacji wymagających najwyższego poziomu bezpieczeństwa i spełniają normy EN 61810-3.

Przełączniki Finder do aplikacji bezpieczeństwa – seria 7S

Bezpieczeństwo w sektorze energetycznym i górniczym ma fundamentalne znaczenie. Finder oferuje przełączniki serii 7S, które są przeznaczone do aplikacji wymagających najwyższego poziomu bezpieczeństwa i spełniają normy EN 61810-3. Ich zastosowanie obejmuje:

- Aplikacje bezpieczeństwa poziomu SIL 2 i SIL 3, gdzie zapewniają niezawodną separację obwodów i ochronę instalacji.
- Sterowniki i systemy automatyki – jako uzupełnienie programowalnych sterowników bezpieczeństwa oraz przełączników bezpieczeństwa.
- Systemy ochrony w górnictwie – do zabezpieczania krytycznych obwodów w kopalniach.

Dzięki swojej niezawodności i wysokim parametrom technicznym przełączniki **7S** są kluczowym elementem systemów ochronnych w energetyce i górnictwie.



Seria 50 to kolejna grupa przełączników Finder, które doskonale sprawdzają się w aplikacjach bezpieczeństwa. Mogą być stosowane jako uzupełnienie systemów ochronnych, umożliwiając potwierdzenie załączenia danego układu.

Przełączniki serii 50 do obwodów bezpieczeństwa

Seria 50 to kolejna grupa przełączników Finder, które doskonale sprawdzają się w aplikacjach bezpieczeństwa. Mogą być stosowane jako uzupełnienie systemów ochronnych, umożliwiając potwierdzenie załączenia danego układu. Znajdują zastosowanie m.in. w:

- Obwodach bezpieczeństwa w kopalniach – do potwierdzenia stanów pracy systemów wyciągowych i wentylacyjnych.
- Układach zabezpieczających w elektrowniach – do kontroli systemów rozdzielczych.
- Automatyce przemysłowej – do zarządzania krytycznymi procesami technologicznymi.

Przełączniki **serii 50** zapewniają wysoką niezawodność oraz długą żywotność, co czyni je idealnym rozwiązaniem w wymagających środowiskach pracy.



Przełączniki szybkie Finder – seria RR

W dynamicznych systemach, gdzie kluczowe znaczenie ma szybka reakcja na zmiany, przełączniki szybkie serii RR są niezastąpionym rozwiązaniem. Charakteryzują się:

- Bardzo krótkim czasem przełączania, co jest kluczowe w systemach sterowania i ochrony.
- Odpornością na intensywną eksploatację, co przekłada się na ich długowieczność.

W dynamicznych systemach, gdzie kluczowe znaczenie ma szybka reakcja na zmiany, przełączniki szybkie **serii RR** są niezastąpionym rozwiązaniem.

Jednym z najważniejszych atutów przekaźników Finder jest ich zdolność do pracy w ekstremalnych warunkach.

Komponenty firmy Finder są już na etapie produkcji testowane w maksymalnych dopuszczalnych temperaturach, co powoduje, że mogą pracować w bardzo ciężkich warunkach.

- Zakresem pracy w ekstremalnych temperaturach, co sprawia, że mogą być stosowane w trudnych warunkach górniczych i energetycznych.

Dzięki tym właściwościom znajdują zastosowanie w systemach automatyki elektrowni oraz w systemach bezpieczeństwa kopalni.

Wysokie parametry pracy przekaźników Finder

Jednym z najważniejszych atutów przekaźników Finder jest ich zdolność do pracy w ekstremalnych warunkach. Komponenty firmy Finder są już na etapie produkcji testowane w maksymalnych dopuszczalnych temperaturach, co powoduje, że mogą pracować w bardzo ciężkich warunkach, takich jak:

- Wysoka temperatura – modele przekaźników Finder są w stanie pracować w temperaturach do 85°C, co jest niezwykle istotne w przypadku instalacji energetycznych i górniczych.
- Intensywne drgania i wstrząsy – co jest szczególnie ważne w kopalniach oraz w elektrowniach wodnych i wiatrowych.
- Wilgotne i zapyłone środowisko – co sprawia, że są idealne do stosowania w kopalniach oraz na terenach przemysłowych.

Dzięki tym cechom przekaźniki Finder są niezastąpione w kluczowych aplikacjach przemysłowych.

Materiały styków w przekaźnikach Finder

Materiały, z jakich wykonane są styki w przekaźnikach, mają kluczowe znaczenie dla ich trwałości i niezawodności. W trudnych warunkach pracy szczególnie istotne jest stosowanie styków wzmacnianych i złożonych, które:

- Zapewniają dłuższą żywotność przekaźnika.
- Zmniejszają ryzyko wypalania styków.
- Zwiększają odporność na korozję i utlenianie.

W przekaźnikach Finder stosowane są różne materiały styków, w tym:

- Styki AgNi (srebro-nikiel) – wykazujące odporność do obciążeń o niewielkiej indukcyjności oraz pojemności.
- Styki AgSnO₂ (srebro-cyna) – stosowane w aplikacjach wymagających wysokiej trwałości, gdzie występują prądy udarowe lub impulsowe w momencie rozłączenia lub załączenia przekaźnika.
- Styki złożone AgNi + Au – przeznaczone do niskoprądowych aplikacji, gdzie konieczna jest niezawodność działania przez długi czas.

Dzięki wykorzystaniu odpowiednich materiałów przekaźniki Finder gwarantują długą żywotność nawet w najtrudniejszych warunkach eksploatacyjnych.

Podsumowanie

Wykorzystanie przekaźników firmy Finder w energetyce i górnictwie to kluczowy element zwiększania efektywności i niezawodności systemów. Dzięki zaawansowanej technologii, wysokim parametrom pracy oraz odporności na trudne warunki środowiskowe, przekaźniki Finder znajdują szerokie zastosowanie w systemach automatyki, bezpieczeństwa i sterowania. Przekazniki bezpieczeństwa serii 7S, przekaźniki szybkie serii RR, a także przekaźniki serii 50 do obwodów bezpieczeństwa zapewniają najwyższy poziom ochrony i efektywności. Dodatkowo zastosowanie wysokiej jakości materiałów styków pozwala na długą i niezawodną pracę nawet w ekstremalnych warunkach.

Dzięki tym cechom przekaźniki Finder są fundamentem nowoczesnej automatyki przemysłowej, spełniając najwyższe wymagania energetyki i górnictwa.

 Piotr Kubaszewski



FINDER Polska Sp. z o.o.

ul. Logistyczna 27

62-080 Sady

finder.pl@findernet.com

Gen AI zmieni oblicze cyberbezpieczeństwa

Najnowszy raport Capgemini „Nowe systemy zabezpieczeń, nowe zagrożenia: co AI i Gen AI wnoszą do cyberbezpieczeństwa”, pokazuje, że aż 92% organizacji doświadczyło naruszeń bezpieczeństwa w minionym roku, co stanowi drastyczny wzrost w porównaniu do 51% w 2021 roku. Co więcej, 43% ankietowanych firm poniosło straty finansowe na skutek ataków z użyciem deepfake'ów. Mimo rosnących zagrożeń, firmy upatrują szansy na zwiększenie bezpieczeństwa właśnie w narzędziach Gen AI – ponad połowa organizacji, które wzięły udział w badaniu, oczekuje, że dzięki nim będą w stanie szybciej i dokładniej wykrywać zagrożenia w sieci.

Liczba cyberataków nieustannie rośnie, co szczególnie dotyka kluczowe sektory gospodarki. Przeciętna organizacja mierzy się z około 30 incydentami bezpieczeństwa dziennie, a najwyższy poziom zagrożeń notuje sektor bankowy – aż 61% firm z tej branży zgłasza od 10 do 50 ataków dziennie. Niewiele lepiej sytuacja wygląda w branży obronnej (60%), ubezpieczeniowej (58%) oraz telekomunikacyjnej (58%).

– Coraz więcej firm mierzy się z rosnącymi zagrożeniami związanymi z wykorzystaniem GenAI. Chociaż niektóre problemy, jak kradzież danych, są już od dawna znane, technologia ta kreuje nowe ryzyka, takie jak przejście algorytmów czy zmiany w ich działaniu. Generatywna AI może tworzyć nieodpowiednie treści lub być podatna na manipulacje. W odpowiedzi firmy modyfikują wewnętrzne regulacje i wzmacniają ochronę systemów, aby lepiej chronić się przed nowymi zagrożeniami. Jednocześnie Gen AI jest szansą. Dostosowane wewnętrzne regulacje w połączeniu z adaptacją odpowiednich narzędzi cyberbezpieczeństwa mogą przyczynić się do zwiększenia poziomu odporności na różnego rodzaju ataki – mówi Edward Gołda, Data Protection Officer w Capgemini Polska.

Nowe narzędzia, większe zagrożenia

Sztuczna inteligencja, w tym GenAI, staje się popularnym narzędziem w rękach cyberprzestępców. Dzięki niej mogą tworzyć zaawansowane złośliwe oprogramowanie, generować przekonujące wiadomości phishingowe czy manipulować plikami w sposób trudny do wykrycia. Przykładem jest wzrost liczby złożonych ataków phishingowych, w których AI pozwala na tworzenie niezwykle realistycznych e-maili. Według oceny brytyjskiego Narodowego Centrum Cyberbezpieczeństwa (NCSC), sztuczna inteligencja prawie na pewno zwiększy liczbę i skalę cyberataków w ciągu najbliższych dwóch lat¹.

Generatywna AI, której popularność gwałtownie wzrosła po debiucie ChatGPT w 2022 roku, znacząco obniża próg wejścia dla cyberprzestępców, umożliwiając im przeprowadzanie bardziej zaawansowanych i wyrafinowanych ataków.

Przykładem są ataki typu prompt injection, w których złośliwe dane wprowadzane do modeli AI mogą prowadzić do błędnych wyników, kradzieży danych czy sabotażu operacyjnego. Z kolei technologia deepfake umożliwia oszustwa oparte na fałszywych wizerunkach i nagraniach audio, co zagraża zarówno reputacji firm, jak i bezpieczeństwu finansowemu. Według Capgemini aż 43% organizacji, które wzięły udział w najnowszym badaniu, przyznało, że doświadczyło strat finansowych w wyniku deepfake'ów. 6 na 10 firm uważa, że musi zwiększyć swój budżet na cyberbezpieczeństwo, aby konsekwentnie wzmacniać swoją obronę.

AI jako klucz do szybszej cyberobrony

Jak wspomina ekspert Capgemini, sztuczna inteligencja, choć generująca większe zagrożenie, może być jednocześnie swojego rodzaju „zbawieniem”. Mimo, że zależność firm od AI wciąż rośnie, jej rola w umacnianiu infrastruktury bezpieczeństwa staje się coraz bardziej kluczowa. Większość dostępnych na rynku rozwiązań z zakresu cyberbezpieczeństwa opiera się na tradycyjnych technologiach sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego.

– AI przyspiesza wykrywanie zagrożeń i reakcję na nie, analizując ogromne ilości danych, identyfikując wzorce i przewidując potencjalne naruszenia bezpieczeństwa. Takie proaktywne podejście znacząco skraca czas reakcji i minimalizuje szkody. Co więcej, automatyzacja oparta na AI pozwala uprościć rutynowe zadania, dając ekspertom i ekspertkom ds. bezpieczeństwa możliwość skupienia się na bardziej złożonych wyzwaniach – tłumaczy Edward Gołda.

W dłuższej perspektywie, samouczące się systemy AI będą mogły lepiej dostosowywać się do zmieniających się zagrożeń. Nie bez powodu 66% organizacji traktuje AI jako priorytet w obszarze bezpieczeństwa, a 60% uznaje ją za niezbędną w skutecznym reagowaniu na zagrożenia.

Dzięki automatyzacji wykrywania zagrożeń i reakcji na nie, AI minimalizuje potrzebę ręcznej interwencji, zwiększając wydajność oraz zapewniając szybką, skuteczną i ekonomiczną obronę przed dynamicznie ewoluującymi cyberatakami. Ponad 60% ze wspomnianych organizacji zgłosiło, że wdrożenie AI w ich Centrach Operacji Bezpieczeństwa (SOC) skróciło czas wykrywania zagrożeń o co najmniej 5%, a prawie 40% zauważyło, że czas na usunięcie incydentów również zmniejszył się o 5% lub więcej.

Generatywna AI otwiera nowe możliwości w zakresie zaawansowanej symulacji zagrożeń i proaktywnych strategii obronnych. Aż 61% firm ankietowanych w badaniu Capgemini przewiduje, że Gen AI odegra kluczową rolę w przyszłości cyberbezpieczeństwa, a 62% oczekuje, że technologia ta będzie aktywnie wspierać wykrywanie podatności. Te wyniki pokazują rosnące zaufanie do zdolności Gen AI do wprowadzenia bardziej prewencyjnych działań w obszarze ochrony danych i systemów, co może znacząco zmienić krajobraz cyberobrony w najbliższych latach. □

1. National Cyber Security Centre, „The near-term impact of AI on the cyber threat,” January 24, 2024.

Automatyka i robotyka w nowoczesnym podejściu do efektywności energetycznej w przemyśle

mgr inż. Przemysław Kurylas

Automatyka i robotyka to jedne z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin technologicznych, które wpływają na poprawę efektywności energetycznej w przemyśle. Dzięki zaawansowanym systemom sterowania, automatyzacji procesów i inteligentnym algorytmom, przedsiębiorstwa z różnych sektorów przemysłu mogą nie tylko zwiększać produktywność, ale także znacząco redukować zużycie energii.

Obszary zastosowań automatyki i robotyki w przemyśle

Automatyka i robotyka przenikają coraz więcej sektorów przemysłu, oferując rozwiązania, które wpływają na ciągłość pracy, jej optymalizację oraz efektywność energetyczną. Od produkcji po logistykę i zarządzanie energią – te zaawansowane technologie umożliwiają doskonalenie procesów na niespotykaną wcześniej skalę. Przyjrzyjmy się kluczowym obszarom, w których automatyzacja i robotyzacja odgrywają główną rolę, ilustrując je konkretnymi przykładami zastosowań i wynikających z nich korzyści.

1. Procesy produkcyjne

Optymalizacja procesów produkcyjnych od dziesięcioleci jest wyzwaniem dla osób zarządzających przedsiębiorstwem. Roboty przemysłowe, takie jak te wykorzystywane na liniach montażowych czy w spawaniu, umożliwiają precyzyjne i powtarzalne działania, co minimalizuje straty energii. Na przykład, roboty spawalnicze zoptymalizowane pod kątem minimalizacji strat mogą zmniejszyć zużycie energii o 15%

w porównaniu z tradycyjnymi metodami spawania.

2. Logistyka wewnętrzna

W magazynach i centrach logistycznych automatyczne systemy magazynowe (AS/RS) i autonomiczne roboty mobilne (AMR) usprawniają transport materiałów. Dzięki optymalizacji tras oraz efektywnemu zarządzaniu przestrzenią możliwa jest redukcja zużycia energii nawet o 20% w porównaniu z tradycyjnymi metodami transportu i przechowywania materiałów.

3. Zarządzanie energią

Zintegrowane systemy zarządzania budynkami (BEMS) i systemy SCADA monitorują i optymalizują zużycie energii w czasie rzeczywistym. Automatyczne wyłączenie nieużywanych urządzeń oraz dostosowanie parametrów pracy maszyn do aktualnych potrzeb pozwala zaoszczędzić do 12% energii elektrycznej.

4. Kontrola jakości

Zastosowanie systemów wizyjnych do automatycznej kontroli jakości produktów pozwala na ograniczenie

strat energii dzięki redukcji odpadów i minimalizacji strat produkcyjnych. Takie podejście eliminuje konieczność powtarzania procesu produkcyjnego oraz ponownego zużycia energii na wytworzenie produktu od nowa. W jednym z zakładów przemysłowych wdrożenie systemów wizyjnych przyczyniło się do zmniejszenia zużycia energii o 8%.

5. Produkcja produktów chemicznych

Automatyczne systemy dozowania surowców w zakładach chemicznych i przemysłowych pozwalają na precyzyjne odmierzenie materiałów, co znacząco wpływa na efektywność energetyczną. Dzięki ograniczeniu nadmiernego zużycia surowców zmniejsza się ilość odpadów i strat produkcyjnych, co eliminuje konieczność powtarzania procesów.

Precyzyjne dozowanie przyczynia się również do zwiększenia jakości produktów, co minimalizuje odrzuty i dodatkowe zużycie energii na korekty czy ponowną produkcję. W jednym z zakładów chemicznych wdrożenie automatycznych systemów dozowania

pozwoili ograniczy straty surowcowe o 12% i zmniejszyc zuzycie energii o 10%, dziki uproszczeniu procesu i eliminacji nadmiarowych etapow.

Badania i regulacje prawne

Automatyzacja procesow przemyslowych ma kluczowe znaczenie w kontekscie globalnych wysilkow na rzecz poprawy efektywnosci energetycznej. Zgodnie z raportem Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA), automatyzacja moze przyczynic sie do zmniejszenia zuzycia energii w sektorze przemyslowym o 20–30% do 2030 roku. Dzieki nowoczesnym systemom automatycznym mozliwe jest optymalizowanie procesow produkcyjnych, precyzyjne zarzadzanie zuzyciem energii oraz minimalizowanie strat energetycznych. Automatyczne systemy monitorowania i sterowania pozwalaja na biezaco dostosowywac dzialania do rzeczywistych potrzeb, co przeklada sie na wieksza efektywnosc energetyczna i oszczednosc.

W Unii Europejskiej dyrektywa EED (*Energy Efficiency Directive*) naklada na przedsiebiorstwa przemyslowe obowiazek przeprowadzania regularnych audytow energetycznych oraz wdrazania dzialan poprawiajacych efektywnosc energetyczna. Automatyka i robotyka sa w tych regulacjach wskazywane jako kluczowe technologie wspierajace te cele. Technologie te umozliwiają dokladniejsza kontrole procesow, szybsze wykrywanie nieprawidlowosci i awarii, a takze redukcje emisji gazow cieplarnianych, co pomaga firmom nie tylko spelniac regulacje, ale rowniez osiagac realne oszczednosc.

Na poziomie międzynarodowym, przepisy dotyczace efektywnosci energetycznej staja sie coraz bardziej restrykcyjne. Wiele krajow, w tym Stany Zjednoczone i Australia, wprowadza regulacje, ktore nakladaja na przedsiebiorstwa obowiazki zwiazane z audytami energetycznymi, redukcja zuzycia energii oraz emisji gazow cieplarnianych. Globalne inicjatywy, takie jak porozumienie paryskie czy dzialania ONZ i Międzynarodowej Agencji

Energetycznej, maja za zadanie wspierac kraje w realizacji celow klimatycznych.

Międzynarodowe standardy, takie jak ISO 50001 dotyczacy systemow zarzadzania energia oraz certyfikacje srodowiskowe motywuja przedsiebiorstwa do wdrazania nowoczesnych technologii, ktore wspieraja ich dzialania na rzecz zrównowazonego rozwoju. Premiany te wymagaja od firm nie tylko

Automatyka i robotyka przenikaja coraz wiecej sektorow przemyslu, oferujac rozwiazania, ktore wplywaja na ciaglosc pracy, jej optymalizacje oraz efektywnosc energetyczna.

dostosowania sie do regulacji, ale takze proaktywnych dzialan na rzecz optymalizacji procesow, co przyczynia sie do globalnej transformacji energetycznej i zmniejszenia negatywnego wplywu przemyslu na srodowisko.

Korzyści z automatyzacji dla efektywności energetycznej

Zaawansowane technologie umozliwiają przyspieszenie procesow produkcyjnych oraz optymalizacje zuzycia energii. Przeklada sie to na wymierne korzyści w zakresie obnizenia kosztow operacyjnych, jak i osiagania celow zrównowazonego rozwoju. Wykorzystanie robotow przemyslowych, systemow automatycznego sterowania i monitorowania energii pozwala firmom lepiej zarzadzac zasobami oraz ograniczac zuzycie energii i materialow tam, gdzie nie jest to potrzebne. Dzieki temu produkcja staje sie bardziej efektywna i przynosi dlugoterminowe oszczednosc.

Redukcja kosztów operacyjnych

Automatyzacja procesow przemyslowych prowadzi do znacznego zmniejszenia zapotrzebowania na energie, szczegolnie w obszarach produkcji

i logistyki. Dzieki zastosowaniu inteligentnych systemow zarzadzania energia, procesy produkcyjne moga byc precyzyjnie sterowane, co pozwala na minimalizowanie niepotrzebnych strat. Na przyklad, systemy automatyczne moga optymalizowac temperature, predkosc pracy maszyn czy zuzycie energii w zaleznosci od rzeczywistych potrzeb produkcyjnych. Prowadzi to do obnizenia kosztow energii elektrycznej i innych noznikow energii.

Zwiekszenie produktywnosci

Roboty przemyslowe oraz systemy automatyzacji potrafią pracowac szybciej i dokladniej niz ludzie. Przykladowo, roboty wykonujace powtarzalne zadania moga dzialac w trybie 24/7, co znacząco zwieksza liczbe wyprodukowanych jednostek w ciagu dnia roboczego. Co istotne, przyspieszenie produkcji czesto wiaze sie z mniejszym zuzyciem energii na jednostke produktu, poniewaz procesy sa lepiej zoptymalizowane niz tradycyjne metody pracy. Dzieki temu przedsiebiorstwa moga zwiekszyć produkcje nie zwiekszajac przy tym zuzycia energii i poprawiajac swoja rentownosc.

Dążenie do zrównoważonego rozwoju

Automatyzacja jest elementem zrównoważonego rozwoju, poniewaz prowadzi do zwiekszenia produktywnosci i jakosci przy jednoczesnym zmniejszeniu zuzycia energii, co z kolei redukuje emisje gazow cieplarnianych. Systemy zarzadzania energia, ktore wykorzystuja dane w czasie rzeczywistym, pozwalaja na efektywniejsze wykorzystanie zasobow energetycznych, ograniczajac nadmierne zuzycie energii i eliminujac marnotrawstwo. Takie podejscie pomaga firmom spelniac coraz bardziej rygorystyczne normy srodowiskowe oraz wspierac globalne cele zrównoważonego rozwoju, takie jak neutralnosc węglova. Ponadto, automatyzacja procesow zwiazanych z produkcja czy dystrybucja moze pomoc firmom w redukcji ich sladu węglowego, co jest szczegolnie istotne w obliczu rosnacej presji na firmy w zakresie odpowiedzialnosc za srodowisko.

Lepsze zarządzanie zasobami

Systemy automatyczne pozwalają na precyzyjne monitorowanie zużycia energii na każdym etapie produkcji i dystrybucji. Dzięki integracji z systemami monitoringu przedsiębiorstwa mogą uzyskać dokładne dane o zużyciu energii w czasie rzeczywistym, co umożliwia identyfikację obszarów, w których występują największe straty. Działania te pozwalają na podejmowanie szybkich decyzji dotyczących optymalizacji procesów, na przykład poprzez wyłączenie nieużywanych maszyn, dostosowywanie temperatury w halach produkcyjnych lub optymalizowanie pracy urządzeń w zależności od zapotrzebowania.

Optymalizacja procesów produkcyjnych

Automatyczne systemy sterowania i robotyka umożliwiają nie tylko przyspieszenie produkcji, ale także jej optymalizację pod względem zużycia energii. Na przykład, systemy oparte o PLC (*Programmable Logic Controllers*) mogą precyzyjnie zarządzać prędkością maszyn, temperaturami i innymi parametrami procesów technologicznych w czasie rzeczywistym, aby zapewnić najbardziej efektywne zużycie energii w danym momencie. Dzięki takim rozwiązaniom procesy produkcyjne stają się bardziej elastyczne i mniej energochłonne, co pozwala na maksymalne wykorzystanie dostępnych zasobów energetycznych.

Lepsza synchronizacja procesów

Robotyka umożliwia synchronizację różnych etapów produkcji, co sprawia, że cała linia produkcyjna jest bardziej efektywna. Zamiast czekać na ręczne interwencje, maszyny i roboty współpracują w sposób ciągły, co pozwala na minimalizowanie przerw w pracy i zmniejszenie zużycia energii na każdą jednostkę produkcji. Automatyczne systemy mogą również wykorzystywać algorytmy predykcyjne, które przewidują zapotrzebowanie na energię i dostosowują procesy do bieżących warunków, zmniejszając zużycie energii w okresach mniejszego zapotrzebowania.

Precyzyjne monitorowanie i analiza danych

Zaawansowane systemy automatyzacji i robotyki zbierają ogromną liczbę danych dotyczących procesów produkcyjnych, co pozwala na ich dokładną analizę. Analiza tych danych umożliwia identyfikację nieoptymalnych punktów zużycia energii oraz wdrażanie poprawek w celu poprawy efektywności. Dzięki tym danym można wprowadzać proaktywne zmiany w procesach, a także przewidywać awarie lub problemy, które mogłyby prowadzić do niepotrzebnego zużycia energii.

Redukcja odpadów i strat materiałowych

Roboty przemysłowe, które wykonują precyzyjne zadania, mogą zmniejszyć ilość odpadów w procesach produkcyjnych, a tym samym zredukować ilość energii zużywanej na wytworzenie materiałów, które nie spełniają norm jakościowych. Zastosowanie robotów do automatycznego sortowania, cięcia czy montażu pozwala na dokładniejsze operacje, zmniejszając marnotrawstwo materiałów oraz energii związanej z ich obróbką.

Automatyczne dostosowywanie do zmian w zapotrzebowaniu

Dzięki zastosowaniu robotów i systemów automatycznych przedsiębiorstwa mogą szybciej reagować na zmieniające się warunki rynkowe i zapotrzebowanie na produkcję. Automatyczne linie produkcyjne mogą być elastycznie dostosowywane do zmieniającej się skali produkcji, co pozwala na bardziej efektywne zarządzanie zużyciem energii w zależności od rzeczywistych potrzeb. To oznacza, że produkcja nie będzie przebiegała na pełnej wydajności, gdy zapotrzebowanie jest niskie, co pozwala na oszczędności energii.

Długoterminowa oszczędność i trwałość

Automatyka i robotyka, gdy są odpowiednio zaprojektowane i zintegrowane z systemami zarządzania energią, oferują korzyści w długim okresie. Technologie te cechują się wysoką niezawodnością i wydajnością, co oznacza,

że mogą działać dłużej bez potrzeby częstych napraw lub wymiany części. Zmniejsza to nie tylko koszty utrzymania, ale także wpływa na mniejsze zużycie energii związane z konserwacją i wymianą komponentów.

Automatyzacja w praktyce – osiągnięte rezultaty

Wdrażanie automatyzacji procesów przemysłowych wymaga kompleksowego podejścia, które łączy optymalizację technologii z precyzyjną analizą procesów, kosztów i efektywności energetycznej. Tylko takie holistyczne podejście pozwala osiągnąć założone cele biznesowe, poprawiając wydajność operacyjną oraz minimalizując straty związane z nieefektywnym zarządzaniem zasobami.

Na następnej stronie przedstawiamy przykłady realizacji, które dowodzą, że odpowiednio zaplanowane i wdrożone projekty automatyzacyjne mogą przynieść znaczące oszczędności, zarówno pod względem zużycia energii, jak i kosztów operacyjnych. Każdy przypadek obrazuje, jak kluczowe jest szczegółowe planowanie i integracja nowych technologii z istniejącymi systemami, aby maksymalizować korzyści i zapewnić trwałe rezultaty.

Wyzwania i przyszłość

Pomimo licznych korzyści, jakie oferują automatyzacja i robotyka w zakresie poprawy efektywności energetycznej, ich wdrożenie wiąże się z pewnymi wyzwaniami, które mogą stanowić barierę dla wielu przedsiębiorstw. Jednym z głównych problemów są wysokie koszty początkowe związane z zakupem i instalacją zaawansowanych systemów automatycznych oraz robotów. Inwestycje te mogą być szczególnie trudne do podjęcia przez małe i średnie firmy, które nie dysponują odpowiednimi funduszami na modernizację infrastruktury. Dodatkowo, potrzebna jest specjalistyczna wiedza techniczna zarówno przy wdrażaniu, jak i późniejszym utrzymaniu tych systemów. Firmy muszą zainwestować w odpowiednie szkolenia dla pracowników oraz zapewnić dostęp do ekspertów, którzy

Firma z branży spożywczej

- **Zakres:** instalacja systemu automatycznej regulacji prędkości obrotowej wentylatora powietrza świeżego, połączonego z sondą lambda.
- **Cel:** poprawa sprawności procesu spalania poprzez odpowiednią regulację ilości doprowadzanego powietrza.
- **Odzyskana energia:** 7725,182 MWh/rok.
- **Redukcja emisji CO₂:** 2627,551 Mg/rok.
- **Oszczędności:** 413 826,63 zł netto/rok.
- **Koszt modernizacji:** 708 728,00 zł netto.
- **SPBT inwestycji:** 1,71 roku.

Firma z branży automotive

- **Zakres:**
 1. Wymiana oświetlenia na oprawy LED i instalacja inteligentnego systemu sterowania DALI.
 2. Modernizacja układu sterowania instalacji chłodniczej.
- **Cel:** redukcja zapotrzebowania na energię elektryczną niezbędną do oświetlania hal oraz pracy instalacji chłodniczej.
- **Oszczędności energii:** zmniejszenie zużycia energii o ponad 25% rocznie.
- **Oszczędności:** 1,35 mln zł netto/rok.
- **Koszt modernizacji:** 2,7 mln zł.
- **SPBT inwestycji:** 2 lata.

będą w stanie zaprojektować, wdrożyć i zarządzać nowymi technologiami.

Kolejnym wyzwaniem jest integracja nowych rozwiązań z istniejącymi systemami. W wielu przypadkach firmy posiadają już starsze, nie w pełni zautomatyzowane linie produkcyjne, które muszą zostać zaktualizowane i dostosowane do nowoczesnych technologii. Proces ten może być kosztowny i czasochłonny, wymagając dokładnego planowania i minimalizowania przestoju produkcyjnych. Dlatego warto korzystać z usług firm, które patrzą holistycznie na cały proces – integrując optymalizację procesów produkcyjnych, oszczędność energii, aspekty finansowe oraz korzyści ekologiczne. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest nie tylko skuteczne wdrożenie nowoczesnych technologii, ale także uzyskanie długofalowych korzyści, takich jak zmniejszenie kosztów operacyjnych i wpływu na środowisko.

Jednakże, mimo tych trudności, przyszłość automatyki i robotyki w kontekście efektywności energetycznej wygląda obiecująco. Przełomowe technologie, takie jak sztuczna inteligencja (AI), uczenie maszynowe oraz Internet rzeczy (IoT), znacząco przyspieszają adaptację tych rozwiązań w różnych branżach. AI pozwala na bardziej precyzyjne prognozowanie zużycia energii i optymalizowanie procesów produkcyjnych w czasie rzeczywistym,

podczas gdy IoT umożliwia zbieranie danych z różnych urządzeń i maszyn, co pozwala na lepsze monitorowanie i kontrolowanie zużycia energii w całym przedsiębiorstwie. Dzięki tym technologiom przedsiębiorstwa mogą zautomatyzować procesy w sposób bardziej inteligentny i adaptacyjny, co z kolei przekłada się na wyższy poziom efektywności energetycznej.

Przyszłość automatyzacji w przemyśle będzie opierała się na coraz bardziej zaawansowanych systemach, które będą w stanie dostosować się do zmieniających się warunków rynkowych i technologicznych. Również rozwój technologii takich jak roboty współpracujące (cobots), które mogą bezpiecznie pracować obok ludzi, może umożliwić jeszcze bardziej zrównoważoną i elastyczną produkcję. Warto również zauważyć, że z biegiem czasu koszty związane z implementacją automatyki i robotyki będą malały, co pozwoli na ich szersze wdrożenie, nawet w mniejszych firmach.

Podsumowanie

Wyzwania związane z wdrożeniem automatyki i robotyki są poważne, jednak postęp technologiczny, zwłaszcza w obszarze sztucznej inteligencji i Internetu rzeczy (IoT), stanowi kluczowy czynnik umożliwiający ich szybszą i szerszą adaptację. Te technologie

nie tylko zwiększają dostępność rozwiązań automatycznych, ale również poprawiają ich efektywność energetyczną. Implementacja nowoczesnych systemów automatycznych pozwala przedsiębiorstwom na znaczną redukcję zużycia energii, poprawę konkurencyjności i minimalizowanie wpływu na środowisko. Przykłady z różnych sektorów dowodzą, że inwestycje w automatyzację przynoszą wymierne korzyści finansowe i ekologiczne. W obliczu rosnących kosztów energii oraz globalnych wyzwań klimatycznych, automatyka i robotyka stają się fundamentem przyszłościowego przemysłu, gwarantując przewagę konkurencyjną i zrównoważony rozwój. □



mgr inż. Przemysław Kurylas
COO DB Energy

Centralne i rozproszone systemy zasilania awaryjnego UPS – który wybrać?

Wprowadzenie

Zapewnienie nieprzerwanego dostępu do energii elektrycznej jest kluczowe dla sprawnego funkcjonowania wielu sektorów gospodarki – od przemysłu i IT, przez transport, aż po sektor publiczny i finansowy. Nagłe przerwy w dostawie energii mogą prowadzić do poważnych strat finansowych, a nawet zagrożeń dla bezpieczeństwa. Właśnie dlatego coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się na wdrożenie systemów zasilania awaryjnego UPS (*Uninterruptible Power Supply*).

Podczas wyboru systemu UPS organizacje stają przed dylematem: zdecydować się na model scentralizowany czy rozproszony? Każde z tych rozwiązań ma swoje unikalne zalety i ograniczenia, a wybór odpowiedniego podejścia powinien być dostosowany do specyfiki infrastruktury oraz długoterminowych strategii przedsiębiorstwa. W niniejszym artykule omówimy oba modele oraz przedstawimy odpowiednie rozwiązania oferowane przez markę EVER.

Rozproszone systemy zasilania UPS

W przypadku systemów rozproszonych zasilacze UPS są instalowane bezpośrednio przy urządzeniach, które mają chronić. Najczęściej znajdują się one w szafach serwerowych lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Tego rodzaju systemy są złożone z kilku mniejszych UPS-ów, które zabezpieczają poszczególne sekcje infrastruktury.

Jednym z kluczowych atutów systemów rozproszonych jest minimalizacja ryzyka globalnej awarii. Jeśli jedno urządzenie UPS przestanie działać, wpływa to jedynie na pojedynczy serwer lub grupę urządzeń, a nie na całą organizację. Takie rozwiązanie ułatwia również stopniową rozbudowę infrastruktury, ponieważ kolejne UPS-y mogą być dodawane w miarę wzrostu zapotrzebowania. Dla małych i średnich przedsiębiorstw jest to często bardziej ekonomiczne podejście, ponieważ początkowe koszty inwestycji są niższe niż w przypadku dużego, scentralizowanego systemu.

Jednak rozproszone systemy zasilania mają także swoje wady. Przede wszystkim zarządzanie wieloma jednostkami UPS jest bardziej skomplikowane i czasochłonne. Każde urządzenie wymaga osobnej konserwacji, monitorowania i serwisowania, co generuje dodatkowe koszty operacyjne. Ponadto, instalacja wielu mniejszych UPS-ów może powodować problemy związane z ograniczoną przestrzenią w szafach rack. Dodatkowym minusem jest niższa efektywność energetyczna w porównaniu do dużych systemów scentralizowanych – wiele małych jednostek generuje więcej ciepła

Zapewnienie nieprzerwanego dostępu do energii elektrycznej jest kluczowe dla sprawnego funkcjonowania wielu sektorów gospodarki – od przemysłu i IT, przez transport, aż po sektor publiczny i finansowy.

i wymaga większej liczby akumulatorów. Co więcej, większość tego typu urządzeń wykorzystuje topologie off-line (VFD) lub line interactive (VI), które oferują ograniczoną ochronę przed zakłóceniami sieciowymi, co może wpływać na stabilność zasilania.

Scentralizowane systemy zasilania UPS

Alternatywą dla modelu rozproszonego są scentralizowane systemy UPS, które polegają na wykorzystaniu jednego lub kilku dużych urządzeń do zasilania całej infrastruktury IT lub określonych obszarów przedsiębiorstwa. Zasilacze te działają w topologii podwójnej konwersji (online – VFI), co zapewnia lepszą ochronę przed wszelkimi zakłóceniami w sieci elektroenergetycznej. Zazwyczaj są instalowane w osobnych pomieszczeniach serwerowych lub technicznych, gdzie ich działanie nie wpływa na przestrzeń przeznaczoną na inne urządzenia.

Jedną z największych zalet scentralizowanego systemu jest jego niezawodność – duże UPS-y oferują większą moc i możliwość redundancji (N+1), co oznacza, że w przypadku awarii jednej jednostki, druga przejmuje jej funkcje. Dodatkowo, UPS-y tego typu zapewniają lepszą ochronę przed zakłóceniami, ponieważ pracują w trybie online, eliminując wszelkie anomalie napięciowe. System ten jest również bardziej efektywny pod względem zarządzania – administratorzy monitorują jedno urządzenie zamiast wielu rozproszonych jednostek.

Pomimo wielu zalet, scentralizowane systemy UPS mają również swoje ograniczenia. Przede wszystkim wymagają one znacznie większej inwestycji początkowej, zarówno w zakup sprzętu, jak i w infrastrukturę chłodzenia oraz systemy dystrybucji energii. Dodatkowym ryzykiem jest awaria głównego UPS-a – jeśli nie zastosowano redundancji, cała infrastruktura może zostać pozbawiona zasilania. Warto

również zwrócić uwagę na możliwość przewymiarowania systemu – wiele organizacji instaluje większe UPS-y, niż faktycznie potrzebuje, co prowadzi do niepotrzebnych strat energii i wyższych kosztów eksploatacji.

Który system wybrać?

Wybór między scentralizowanym a rozproszonym systemem UPS zależy od specyfiki danej organizacji.

System scentralizowany będzie odpowiednim rozwiązaniem, jeśli przedsiębiorstwo posiada dużą infrastrukturę IT wymagającą wysokiej niezawodności, chce zoptymalizować koszty eksploatacji oraz uprościć zarządzanie systemem zasilania. Sprawdza się także w sytuacji, gdy firma dysponuje dedykowanym pomieszczeniem serwerowym oraz zmagają się z problemami jakości napięcia w sieci.

Z kolei rozproszone systemy UPS lepiej sprawdzają się w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw, które potrzebują elastycznego i skalowalnego rozwiązania. Jest to również korzystna opcja dla organizacji planujących stopniową rozbudowę infrastruktury oraz szukających urządzeń łatwych w montażu i wdrożeniu.

Rozwiązania EVER dla obu typów systemów

Firma EVER oferuje szeroki wybór urządzeń UPS, które sprawdzą się zarówno w scentralizowanych, jak i rozproszonych systemach zasilania awaryjnego.

Dla systemów scentralizowanych rekomendowane są m.in.:

- **POWERLINE GREEN 33 PRO** – trójfazowy UPS o wysokiej sprawności, idealny do dużych centrów danych i systemów przemysłowych,
- **POWERLINE RT PLUS** – kompaktowy i wydajny UPS online, który zapewnia stabilne zasilanie dla całej infrastruktury IT.

Natomiast w przypadku systemów rozproszonych warto rozważyć:

- **SINLINE RT XL** – urządzenie do montażu w szafie rack, idealne dla pojedynczych serwerów i urządzeń sieciowych,
- **SINLINE RT** – kompaktowy UPS dla mniejszych firm, chroniący pojedyncze stanowiska IT.

Podsumowanie

Nie ma jednego uniwersalnego rozwiązania – wybór odpowiedniego systemu UPS zależy od specyfiki działalności i jej potrzeb. Kluczowe jest dostosowanie technologii do wymagań organizacji, aby zapewnić maksymalną niezawodność i efektywność energetyczną. W celu wyboru optymalnego rozwiązania warto skonsultować się z ekspertami i zapoznać się z ofertą firmy EVER. Poznański producent oferuje bezpłatny dobór optymalnego rozwiązania. □

Więcej: <https://ever.eu/doradztwo/>

Reklama



SYSTEM CENTRALNY

**Maksymalna niezawodność,
pełna ochrona, optymalne koszty!**



SYSTEM ROZPROSZONY

**Elastyczność, bezpieczeństwo,
oszczędność**

**Niezawodność czy elastyczność?
Wybierz system UPS
idealny do infrastruktury obiektu!**



Robotyzacja dla każdego: Niskokosztowa automatyzacja od firmy igus

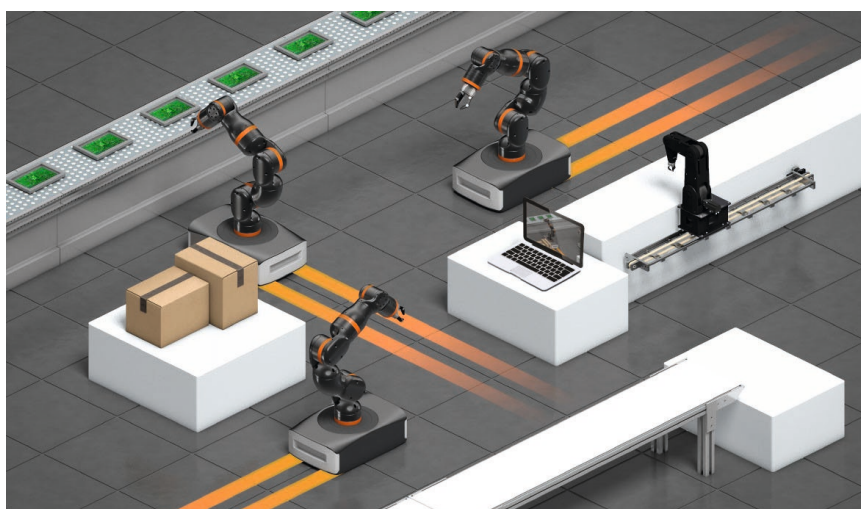
www.igus.pl/LCA

Niskokosztowa automatyzacja (z ang. Low Cost Automation) obniża bariery wejścia na rynek automatyzacji i zapewnia ukierunkowaną pomoc dla małych i średnich przedsiębiorstw w celu zwiększenia ich konkurencyjności.

Robotyzacja i automatyzacja to dwa pojęcia, które od lat dominują w przemysłowej debacie nad przyszłością produkcji i innowacji. Wcześniej zarezerwowane jedynie dla dużych przedsiębiorstw, dziś stają się dostępne również dla mniejszych firm, a nawet startupów. Firma igus, lider w dziedzinie polimerowych rozwiązań dla wielu branż, oferuje produkty, które rewolucjonizują podejście do robotyzacji, czyniąc ją dostępną dla każdego – bez względu na wielkość firmy.

Low Cost Automation od firmy igus, czyli automatyzacja dla każdego!

Jako wynik ciągłego rozwoju i innowacji produktowych, małe i średnie firmy są szczególnie zainteresowane ekonomicznymi robotami. Dodatkowo na rynku dostępnych jest coraz więcej



ofert. Dobrym przykładem jest szerokie portfolio Low Cost Automation od firmy igus, reprezentowane przez ramiona robotyczne, roboty liniowe, delta i SCARA.

Rodzaje robotów igus – elastyczność dla każdego sektora

W ofercie igus znajdziemy różnorodne typy robotów, które sprawdzą się w wielu sektorach przemysłu. Są one zarówno wszechstronne, jak i łatwe w integracji z istniejącymi systemami produkcyjnymi. Oto przegląd najważniejszych produktów firmy igus w zakresie robotyki.

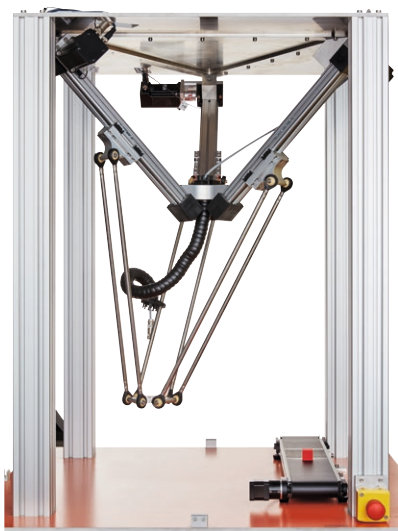
Roboty delta

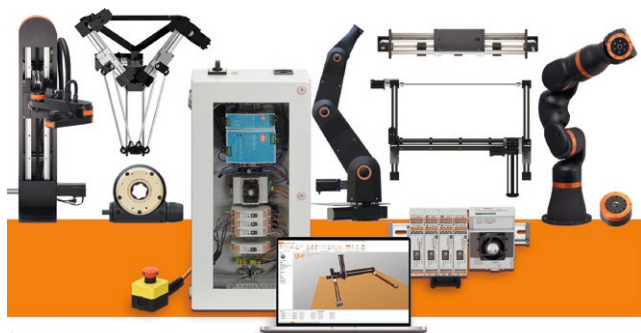
Roboty delta od igus to idealne rozwiązanie dla aplikacji wymagających precyzyjnego, szybkiego ruchu w przestrzeni trójwymiarowej. Są one

często stosowane w zadaniach typu pick-and-place, np. w sektorze opakowań, montażu drobnych elementów, czy w przemyśle spożywczym. Roboty delta od igus wyróżniają się modułową budową, co pozwala na łatwą personalizację i adaptację do specyficznych potrzeb.

Roboty kartezjańskie

igus oferuje roboty kartezjańskie w wersji jedno-, dwu- i trójosiowej do wielu różnych zadań. Roboty kartezjańskie igus zawierają wstępnie skonfigurowane moduły liniowe drylin i osie liniowe z silnikami krokowymi igus, jak również wszystkie niezbędne elementy do samodzielnego montażu. Typowe zastosowania robota kartezjańskiego to zadania typu pick-and-place, podnoszenie na przenośniku taśmowym i sztaplowanie w przestrzeni trójwymiarowej.





↑ Robot od igus

Robot SCARA

Roboty SCARA od igus są dostępne zarówno z kinematyką dwu-, jak i trzyosiową, dzięki czemu oferują możliwość wyboru pomiędzy różnymi rozmiarami obszaru roboczego. Roboty są dostępne z kompatybilnym sterownikiem w wersji do montażu w szafie sterowniczej lub na szynie DIN. Typowym obszarem zastosowań robotów SCARA są zadania pick-and-place.

Coboty typu Rebel – współpracujące roboty od igus

Jednym z najnowszych i najważniejszych rozwiązań, jakie firma igus wprowadziła na rynek, są coboty typu Rebel – lekkie, współpracujące roboty (ang. *collaborative robots*), które można bezpiecznie stosować w bezpośrednim otoczeniu człowieka. Coboty to przyszłość automatyzacji, umożliwiająca

współpracę robotów z ludźmi w jednym środowisku pracy bez konieczności stosowania zaawansowanych barier ochronnych.

Zalety niskokosztowej automatyzacji od igus

Automatyzacja nie musi być droga. Dzięki igus, nawet mniejsze firmy mogą skorzystać z technologii, które wcześniej były dostępne jedynie dla największych graczy na rynku. Oto kilka kluczowych zalet niskokosztowej automatyzacji oferowanej przez igus:

1. Oszczędność kosztów;
2. Elastyczność i modułowość;
3. Niskie koszty utrzymania;
4. Łatwość integracji;
5. Wsparcie techniczne i serwis.

Robotyzacja od igus na wyciągnięcie ręki

Produkty igus są dostępne dla każdej firmy, która pragnie zwiększyć swoją efektywność poprzez automatyzację. Niezależnie od tego, czy jest to wielka korporacja z branży motoryzacyjnej, czy małe przedsiębiorstwo produkcyjne, igus oferuje rozwiązania dostosowane do każdego budżetu. □

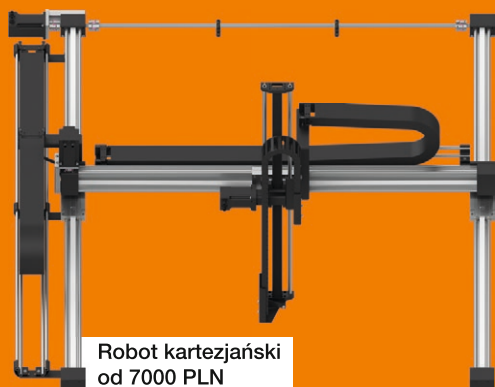
Fot. igus GmbH

igus Sp. z o.o.
www.igus.pl

Reklama

Szybki ROI ...

dzięki niskokosztowej automatyzacji igus®



Robot kartezjański
od 7000 PLN



Scara
od 11600 PLN



Delta
od 17100 PLN



ReBeL®
od 15600 PLN

Robotyzacja dla każdego staje się rzeczywistością dzięki igus®. igus® oferuje innowacyjne i przystępne cenowo rozwiązania, które mogą być stosowane zarówno przez duże zakłady przemysłowe, jak i mniejsze firmy. Umów się na prezentację na żywo! ... tel. 22 863 57 70 ... info-pl@igus.net ...

igus.pl/LCA

Lenze Polska: nowy Showroom w Katowicach na 30-lecie działalności!

W 2025 roku Lenze Polska obchodzi swoje 30-lecie działalności na polskim rynku. Z tej okazji firma otworzyła nowoczesny Showroom w Katowicach, który ma na celu prezentację najnowszych rozwiązań technologicznych oraz nawiązanie bliższych relacji z klientami. To wyjątkowe wydarzenie zgromadziło licznych gości, w tym przedstawicieli firm budujących maszyny, które są kluczowymi klientami Lenze.

Historia i osiągnięcia Lenze Polska

Lenze Polska rozpoczęła swoją działalność w 1995 roku, szybko zdobywając zaufanie polskich producentów maszyn oraz użytkowników końcowych. Firma specjalizuje się w dostarczaniu innowacyjnych rozwiązań z zakresu automatyki przemysłowej i techniki napędowej. Lenze Polska jest częścią grupy Lenze, której firma matka ma siedzibę w Niemczech. Przez trzy dekady działania Lenze Polska grupa Lenze konsekwentnie rozwijała swoją ofertę, wprowadzając na rynek nowoczesne produkty i technologie, które wspierają rozwój przemysłu.

Cele otwarcia Showroomu w Katowicach

Otwarcie Showroomu w Katowicach to ważny krok w strategii rozwoju Lenze Polska. Nowa przestrzeń została zaprojektowana z myślą o prezentacji najnowszych rozwiązań technologicznych firmy oraz umożliwieniu klientom zobaczenia ich w praktyce.

Showroom ma na celu:

- Prezentację innowacyjnych produktów i rozwiązań.** W Showroomie można zobaczyć m.in.:
 - Zastosowanie przemienników serii i550 w wersji szafowej i zdecentralizowanej.
 - Precyzyjne działanie **przemienników serwo**.
 - Wydajne sterowanie z pomocą **sterowników Lenze**.
 - **Zdalny dostęp do maszyn** z bramką Lenze x500.
 - **Drives Data Hub** – oprogramowanie do łączności między przemiennikami Lenze a interfejsem IIoT.
 - **Obliczanie OEE** dzięki funkcjom sterownika Lenze.
 - Rozwiązania Lenze do **monitorowania maszyn, śledzenia przestoju i konserwacji predyktywnej**.
 - **Lenze FAST** – gotowe moduły technologiczne do szybkiego programowania.
- Dostęp do najnowszych technologii:** W nowej przestrzeni zaprezentowane są najnowsze rozwiązania z zakresu automatyki produkcji, techniki napędowej i sterowania. Możliwość rozmowy ze specjalistami pomaga w opracowaniu i dostosowaniu rozwiązań do konkretnych wymagań.



- Praktyczne pokazy:** Działanie automatyzacji Lenze można zobaczyć na maszynach pokazowych firm współpracujących z Lenze, takich jak:
 - **kartoniarka** od Teccon,
 - **przełożnik MONAWI** z robotem FANUC,
 - **maszyna do kształtek wentylacyjnych** firmy TTMSys,
 - **centralka wentylacyjna** firmy Frapol.
- Możliwość współpracy:** Firma Lenze Polska jest otwarta na współpracę z firmami, które chcą zaprezentować swoje rozwiązania maszynowe oparte na automatyzacji Lenze.

Jubileusz 30-lecia działalności Lenze Polska

Rok 2025 jest szczególny dla Lenze Polska, ponieważ firma obchodzi swoje 30-lecie działalności na polskim rynku. Od momentu założenia w 1995 roku, Lenze Polska nieustannie wspiera polskich producentów maszyn oraz użytkowników końcowych, oferując innowacyjne rozwiązania w dziedzinie automatyki przemysłowej i techniki napędowej. Przez trzy dekady firma zdobyła zaufanie klientów dzięki wysokiej jakości produktów oraz profesjonalnemu wsparciu technicznemu.

Oficjalna uroczystość jubileuszowa

Na początku października Lenze Polska planuje oficjalną uroczystość z okazji jubileuszu 30-lecia działalności firmy. Będzie to wyjątkowe wydarzenie, które zgromadzi zarówno pracowników, jak i klientów oraz partnerów biznesowych. Uroczystość będzie doskonałą okazją do refleksji nad

osiągnięciami firmy na przestrzeni trzech dekad oraz do planowania przyszłych działań.

Reklama

Nowe innowacyjne rozwiązania

Rok 2025 to również czas wprowadzania nowych, innowacyjnych rozwiązań przez Lenze. Jedną z innowacji jest sterowana analogowo **elektrorolka o450 MDR** z wbudowanym silnikiem Lenze, która ma wejść na rynek w tym roku. Jest to innowacyjne rozwiązanie, zaprojektowane przez inżynierów Lenze, które może zrewolucjonizować systemy przenośnikowe, poprawiając wydajność i oszczędność energii.

Elektrorolka jest napędzana bezpośrednio przez silnik bezszczotkowy z magnesami trwałymi. To rozwiązanie pozwala na uzyskanie wysokiego momentu obrotowego przy niskich prędkościach, podobnie jak w przypadku konwencjonalnego motoreduktora. Jednocześnie zachowana jest wysoka dynamika i wydajność, dzięki precyzyjnemu sterowaniu prędkością.

Ponadto Lenze wprowadza na rynek nowy **system napędowy IE5/IE7**, który oferuje wysoką efektywność energetyczną dzięki niższym stratom wewnątrz silnika. Jest to pierwszy silnik synchroniczny, który jest tak łatwy w użyciu jak silnik asynchroniczny. Magnes trwały wewnątrz jest inteligentnie zaprojektowany, aby osiągnąć wysoki poziom wydajności i mieści się w najwyższych klasach efektywności energetycznej IE5 i IE7. Układ napędowy składający się z silnika m550, przekładni g500 oraz obecnej generacji napędów częstotliwości i550 i i650 sprawdza się znakomicie również w zastosowaniach dynamicznych.

Kolejną nowością jest kolejna generacja zdecentralizowanego przemiennika i550 motec – **i650 motec**. Oferuje on zintegrowaną funkcję pozycjonowania, która jest idealnym rozwiązaniem dla stołów obrotowych, przenośników narożnych oraz stacji podnoszących. Bezpieczeństwo systemu jest dodatkowo zwiększone dzięki funkcji STO (*Safe Torque Off*) realizowanej za pośrednictwem CIP Safety, co zapewnia jeszcze wyższy poziom ochrony. Dzięki zastosowaniu Logic PLC, zdecentralizowany napęd częstotliwości doskonale sprawdza się w samodzielnych aplikacjach z jednym lub wieloma napędami. Umożliwia to tworzenie rozwiązań niezależnych od nadrzędnego systemu sterowania, co pozwala na znaczne oszczędności w zakresie kosztów sprzętu i integracji.

Wysokie tempo innowacji

Lenze nieustannie się rozwija, a otwarcie Showroomu w Katowicach to kolejny krok w kierunku lepszego zrozumienia potrzeb naszych klientów. Zapraszamy do odwiedzenia naszego Showroomu, gdzie możemy porozmawiać o Państwa aktualnych wymaganiach oraz wyzwaniach i wypracować skuteczne rozwiązania z zakresu automatyzacji. □

Lenze Polska Sp. z o.o.

Elektrorolka Lenze o450

Wszechstronne
rozwiązanie



Moc | Wydajność | Wszechstronność

Nawet **2 x większa moc wyjściowa:**
57W przy 24V lub 115W przy 48V

Efektywność energetyczna IE7-IE9

Cicha praca dzięki **innowacyjnemu projektowi silnika**

Pojedynczy wariant obejmuje wszystkie prędkości i momenty obrotowe

Elastyczne zasilanie: **24V lub 48V**

NOWOŚĆ

www.lenze.com

Nowe rozwiązania napędowe NORD szyte na miarę dla suwnic i dźwigów

NORD Drivesystems dostarcza kompletne, wydajne rozwiązania napędowe dla zastosowań dźwigowych, integrując przemysłowe przekładnie MAXXDRIVE®, wydajne silniki i skalowalną elektronikę napędową. Dzięki serii MAXXDRIVE® XD i MAXXDRIVE® XJ firma NORD zapewnia zoptymalizowane, oszczędzające miejsce i energooszczędne rozwiązania dostosowane do operacji podnoszenia i jazdy dźwigiem.

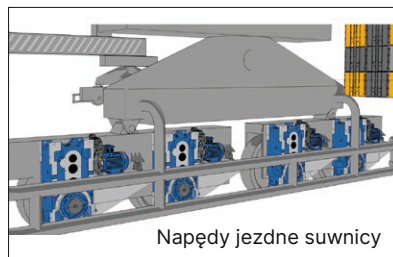
Suwnice to bardzo złożone systemy transportowe, w których sekwencje ruchów podnoszących, jezdnych i poprzecznych często następują równocześnie. Produkty modułowe NORD umożliwiają tworzenie odpowiednio wymiarowanych rozwiązań napędowych składających się z wydajnych silników, skalowalnej elektroniki napędowej i wydajnych przekładni przemysłowych MAXXDRIVE®.

Firma NORD opracowała serię przekładni przemysłowych MAXXDRIVE® XD specjalnie do przekładni podnoszących. Konstrukcja obudowy przekładni walcowej jest precyzyjnie dopasowana do typowej sytuacji montażowej i występujących obciążeń. Wydłużony układ stopni przekładni umożliwia konstrukcję napędu w kształcie litery U z bębniem linowym i silnikiem po stronie przekładni. Ta seria przekładni przemysłowych charakteryzuje się odległością między osiami do 1281 mm.

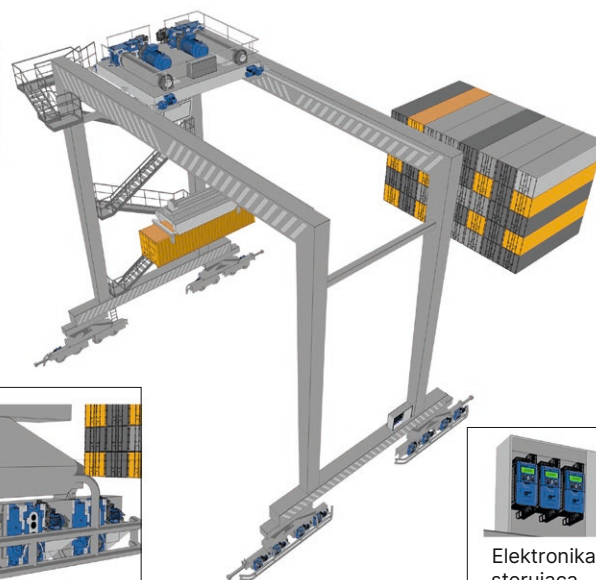
Firma NORD zawsze opracowuje rozwiązania napędowe dostosowane do indywidualnych potrzeb. Najnowszy wariant przekładni przemysłowych NORD o nazwie MAXXDRIVE® XJ idealnie nadaje się do stosowania w podwoziach jezdnych i poprzecznych. Jej szczególną cechą jest układ wału w kształcie litery J. Łączy on wydłużony układ stopni przekładni z pionowym wałem napędowym.



Napędy podnośników i napędy wózków



Napędy jezdne suwnicy



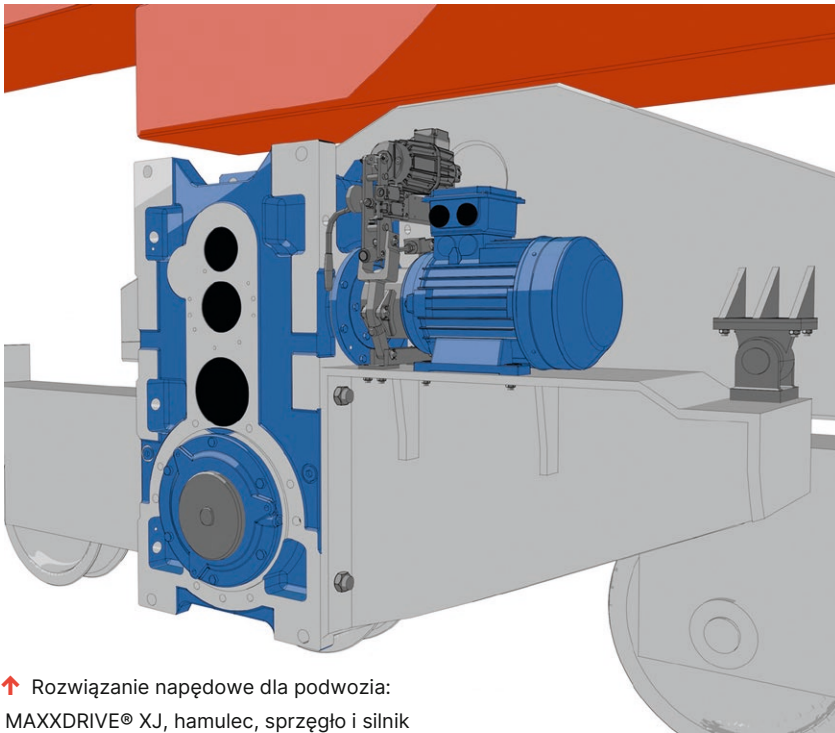
Elektronika sterująca

W rezultacie przekładnia stożkowa rozszerza zakres projektowania systemu i zapewnia oszczędzającą miejsce konstrukcję przekładni dla ograniczonych przestrzeni montażowych.

Wszystkie przekładnie przemysłowe serii MAXXDRIVE® są oparte na sztywnej skrętnie, jednoczęściowej obudowie UNICASE firmy NORD. W przypadku MAXXDRIVE® XD i MAXXDRIVE® XJ solidna konstrukcja została zoptymalizowana pod kątem obciążeń skierowanych w dół

i zewnętrznych. Konstrukcja przekładni może być dostosowana do konkretnych wymagań aplikacji za pomocą opcjonalnych akcesoriów, takich jak sprzęgła bębnowe do napędów bębnowych linowych lub konsole hamulcowe.

Dzięki modułowym produktom i szerokiemu doświadczeniu branżowemu NORD może opracowywać rozwiązania napędowe dostosowane do potrzeb każdego typu systemu dźwigowego. To z kolei pozwala zaoferować użytkownikom trzy decydujące zalety.



↑ Rozwiązanie napędowe dla podwozia:
MAXXDRIVE® XJ, hamulec, sprzęgło i silnik

Z jednej strony energooszczędne silniki i optymalne sterowanie za pomocą elektroniki napędowej firmy NORD zapewniają działanie przy obniżonej

emisji CO₂e. Z drugiej strony maksymalne odległości między osiami MAXXDRIVE® XD i MAXXDRIVE® XJ zapewniają optymalne wykorzystanie

masy i rozmiaru. Wreszcie, dostosowane rozwiązania napędowe firmy NORD realizują zoptymalizowaną pod względem kosztów konstrukcję suwnicy.

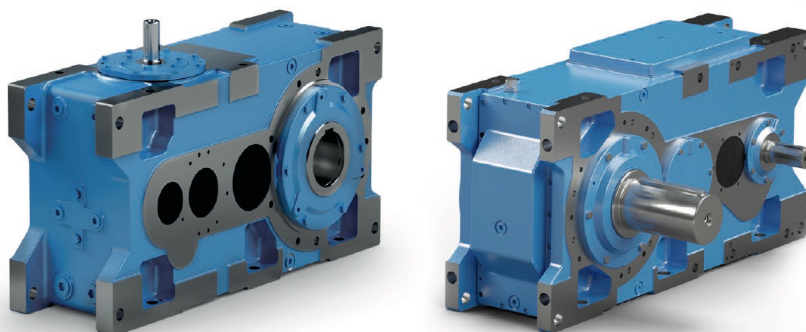
Bezpieczna konstrukcja systemów jest realizowana zgodnie ze światowymi standardami branżowymi od FEM (Europa), przez ASME i CMAA (Ameryka Północna) aż do IS (Indie). Oprócz rozwoju, NORD wspiera również użytkowników w obsłudze rozwiązań napędowych dla dźwigów i ładunków. Dostawca systemu zapewnia ogólnosiwiatową obsługę, na którą może liczyć dzięki globalnej sieci obejmującej ponad 80 krajów. □



NORD Napędy sp. z o.o.
www.nord.com.pl

Reklama

Nasze systemy napędowe do aplikacji dźwigowych



Szerokie kompetencje specjalistyczne na potrzeby każdego zastosowania.

- ▶ Globalna dostępność i usługi serwisowe
- ▶ Wiarygodny partner, szybki kontakt
- ▶ Energooszczędne rozwiązania oparte na modułowej koncepcji produktu



Górnictwo i energetyka w Arabii Saudyjskiej

Stefan Gierlotka



Arabia Saudyjska jest państwem na Półwyspie Arabskim. Stolicą jest Rijad, miasto z nowoczesną wysokościami architekturą. Krajem rządzi król Salman ibn Abd al-Aziz Al Su'ud. Działalność partii politycznych jest zakazana. Mieszkańcami kraju są muzułmanie. Znajdują się tam dwa święte miejsca religii muzułmańskiej: Mekka i Medyna.

Na całym obszarze kraju przeważają pustynie kamieniste i pustynie piaszczyste miejscami pokryte żwirem. Gleby w Arabii Saudyjskiej są nieurodzajne, niecałe 2% powierzchni kraju stanowią obszary uprawne. W Arabii Saudyjskiej nie ma rzek ani jezior. Duży zasób wód podziemnych zalega w warstwach wodonośnych na głębokości około 800 m pod powierzchnią ziemi. Odwierty do złóż wód podziemnych są źródłem wody dla mieszkańców tego kraju. Drugim źródłem wody są odsalarnie wody morskiej, działające nad Morzem Czerwonym i Zatoką Perską. W Al-Dżubajl znajduje się największa na świecie odsalarnia wody morskiej.

Gospodarka kraju opiera się na wydobywaniu i przetworzeniu ropy naftowej. W 1933 roku koncerny amerykańskie uzyskały koncesję na

eksploatację złóż ropy naftowej. Od tego czasu nastąpił wzrost gospodarczy kraju wynikający z dochodów wydobywanej ropy naftowej. Arabia Saudyjska posiada 25–30% światowych

Arabia Saudyjska posiada 25–30% światowych zasobów ropy naftowej. Największe złoża ropy naftowej znajdują się na wybrzeżu i w szelfie Zatoki Perskiej.

zasobów ropy naftowej. Największe jej złoża znajdują się na wybrzeżu i w szelfie Zatoki Perskiej. Oprócz ropy naftowej wydobywa się także gaz ziemny, rudy żelaza, złoto, miedź, boksyty i fosfory. Wydobywanie złota jest trzecim

po ropie naftowej minerałem przynoszącym największe dochody Arabii Saudyjskiej. Współczesna podziemna kopalnia złota Mahd Al-Dhahab, rocznie wydobywa ok. 190 tys. ton rudy o zawartości 12 g złota w tonie urobku. Rozwinęło się hutnictwo żelaza, przemysł maszynowy, materiałów budowlanych, nawozów sztucznych. Górnictwo jest kluczowym elementem gospodarki. Największy koncern górniczy Maaden jest kontrolowany przez fundusz majątkowy królestwa. Duże zakłady przemysłowe należą do państwa.

Energię elektryczną w Arabii Saudyjskiej wytwarza się w elektrowniach ciepłych opalanych ropą naftową i gazem ziemnym. Zwiększa się wydobywanie gazu ziemnego dla wytworzenia energii elektrycznej potrzebnej dla przemysłu oraz instalacji odsalania

wody morskiej. Prowadzone są budowy nowoczesnych elektrowni gazowych. Największa krajowa elektrownia ciepła Shoaiba o mocy 5,6 GW pracuje w okolicy Mekki. W Prowincji Wschodniej Arabii Saudyjskiej pracują elektrownie: Ghazlan o mocy 4,2 GW, Qurayyah o mocy 3,9 GW oraz Qurayyah Combined Cycle Power o mocy 3,2 GW. Arabia Saudyjska będąca największym na świecie producentem ropy naftowej nie jest zainteresowana inwestycjami w wytwarzanie energii odnawialnej. Elektrownie są podłączone do krajowej sieci przesyłowej 380 kV.

Arabia Saudyjska jest zaangażowana w budowę elektrowni jądrowych. Prowadzona jest budowa elektrowni jądrowej o mocy 17 GW z argentyńskim partnerem INVAP. Dotychczas wybudowano reaktor badawczy o mocy 2 GW, aby bliżej poznać technologię i wyszkolić krajowych specjalistów. Inwestycje w energetykę jądrową mają zmniejszyć krajowy popyt na ropę, a zwiększyć jej eksport

będący głównym źródłem dochodów budżetowych.

Energię elektryczną w Arabii Saudyjskiej wytwarza się w elektrowniach ciepłych opalanych ropą naftową i gazem ziemnym. Zwiększa się wydobywanie gazu ziemnego dla wytworzenia energii elektrycznej potrzebnej dla przemysłu oraz instalacji odsalania wody morskiej.

W Dżedda nad Morzem Czerwonym wznoszony jest najwyższy budynek na świecie Jeddah Tower o wysokości 1004 m. Obecnie najwyższym budynkiem jest dubajski Burdż Kalifa (828 m). Budynek stawiany jest na podłożu luźnych skał osadowych. Złoże masywnego piaskowca znajduje się dopiero na głębokości 122 m.

Fundament budowli osadzono na 270 betonowych palach o średnicy 1,5 m, zagłębionych do 100 m. Wieżowiec ma stopniowo zwężać się ku górze, co ma zminimalizować obciążenia strukturalne. Wieżowiec będzie obsługiwać 59 wind. W styczniu 2025 ukończyli 67 piętro.

Centralnym punktem Arabii Saudyjskiej, do którego kierują się muzułmańskie pielgrzymki jest Mekka. Najświętszym obiektem Mekki jest Al-Kaba, znajdująca się na dziedzińcu Świętego Meczetu. Według muzułmańskiej tradycji pierwszą Kabę zbudował biblijny Adam, a uległa ona zniszczeniu w czasie potopu. Odbudować miał ją Abraham (Ibrahim) i jego pierworodny syn Izmael. Po wprowadzeniu islamu Kaba stała się miejscem kultu Allaha i w jej kierunku zwracają się podczas modlitwy muzułmanie na całym świecie.

Al-Kaba jest budowlą bez okien w formie sześciangu o wymiarach 12×11 m. W południowo-wschodnim

Reklama

How to make SME automation a success?

FIND ALL ANSWERS HERE. **AUTOMATICA 2025**



automatica

The Leading Exhibition for
Smart Automation and Robotics

June 24–27, 2025 | Munich

automatica-munich.com

narożniku Al-Kaby wbudowany jest na wysokości 1,5 metra święty czarny kamień oprawiony w srebrną ramę. Pochodzenie kamienia nie jest znane, a z uwagi na jego znaczenie religijne nie przeprowadzono badań. Spekuluje się, że jest to meteoryt. Według tradycji islamskiej podczas budowy Al-Kaby pojawił się archanioł Gabriel, który przyniósł Abrahamowi czarny kamień i umieścił go we wschodnim narożniku. Budowlę Al-Kaba pokrywa czarna tkanina, wykonana z bawełny i jedwabnego brokatu. Muzułmańscy pielgrzymi przybywając do Mekki siedmiokrotnie okrążają Al-Kabę w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

Wjazd do Mekki dla niemuzułmanów jest zabroniony. Około 20 km przed miastem stoją policyjne patrole kontrolujące tożsamość pielgrzymów. Do Medyny można wjechać, ale kobiety obowiązkowo w burkach z odkrytymi tylko oczami. Wejście do środka Meczetu Proroka w Medynie, gdzie jest pochowany Mahomet i jego córka Fatima dla niemuzułmanów jest zabronione.

W Arabii Saudyjskiej obowiązuje wiele zakazów dla turystów wynikających z przesłania Koranu. Zabronione jest wwożenie alkoholu, mięsa wieprzowego, dewocjonaliów związanych z religiami innymi niż islam. W ubikacji dla mężczyzn nie ma pisuarów – czynność taka traktowana jest przez prawo koraniczne jako obnażanie się. Toalety damskie niczym nie różnią się od męskich. W Arabii Saudyjskiej nadal wykonuje się karę śmierci i karę chłosty. W każdym pokoju hotelowym znajduje się Koran i modlitewny dywanik. Opalanie się kobiet w strojach kąpielowych na basenach hotelowych jest karnie zabronione. W 2015 roku dopuszczono kobiety po raz pierwszy do głosowania w wyborach parlamentarnych. □

🔗 **Stefan Gierlotka** – Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP



Szybciej, taniej, precyzyjniej – rola AI w inżynierii

Sztuczna inteligencja (AI) zmienia sposób, w jaki projektowane są nowoczesne urządzenia elektroniczne. Od automatyzacji powtarzalnych zadań po identyfikowanie potencjalnych problemów na wczesnym etapie – AI staje się niezastąpionym narzędziem w rękach inżynierów i inżynierki. Jak dokładnie te rozwiązania wpływają na codzienną pracę i co oznaczają dla przyszłości branży?

Projektowanie sprzętu elektronicznego staje się coraz bardziej wymagające, a presja na szybkie wprowadzanie produktów na rynek nieustannie rośnie. Sztuczna inteligencja oferuje inżynierom i inżynierkom wsparcie, które pozwala skuteczniej zarządzać tą złożonością. Narzędzia AI umożliwiają analizowanie wybranych elementów projektu bez konieczności przeglądania obszernej dokumentacji, co znacząco skraca czas pracy i minimalizuje ryzyko błędów.

– AI dostarcza precyzyjnych informacji o wybranych komponentach projektu, co pozwala na szybkie identyfikowanie potencjalnych problemów jeszcze przed rozpoczęciem testów. Dzięki automatyzacji tego procesu możliwe jest ograniczenie liczby iteracji projektowych, a co za tym idzie, skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek – mówi Yevhen Dyachenko, Team Lead for AI/ML in Silicon EDA w Capgemini Engineering.

AI prototypuje i testuje

Tworzenie prototypów oraz ich testowanie to kluczowe, ale czasochłonne etapy projektowania sprzętu elektronicznego. Dzięki sztucznej inteligencji te procesy stają się bardziej efektywne i mniej kosztowne. AI potrafi analizować specyfikacje techniczne dostawców w zaledwie kilka sekund, sugerować optymalne połączenia komponentów i wskazywać potencjalne ograniczenia, takie jak problemy z przegrzewaniem

czy niewystarczające zasilanie. Co więcej, automatyczna weryfikacja instrukcji sprzętowych pozwala wyeliminować błędy już na wczesnym etapie, zanim zostaną wykonane fizyczne prototypy.

– Zastosowanie AI w fazie prototypowania umożliwia ograniczenie liczby kosztownych iteracji projektowych. Inżynierowie i inżynierki mogą

Projektowanie sprzętu elektronicznego staje się coraz bardziej wymagające, a presja na szybkie wprowadzanie produktów na rynek nieustannie rośnie. Sztuczna inteligencja oferuje inżynierom i inżynierkom wsparcie, które pozwala skuteczniej zarządzać tą złożonością.

wcześniej odrzucić mniej obiecujące projekty, zyskując więcej czasu na optymalizację tych, które mają największy potencjał. Automatyczne generowanie kodu testowego czy analiza specyfikacji technicznych dodatkowo przyspieszają cały proces, znacząco zwiększając efektywność pracy zespołów – wyjaśnia Yevhen Dyachenko.

Wykrywanie słabych punktów

Jednym z kluczowych wyzwań w projektowaniu sprzętu jest identyfikacja problemów, które do tej pory często były wykrywane dopiero na etapie testów lub produkcji. AI potrafi analizować projekty pod kątem potencjalnych słabych punktów, wskazując np. miejsca narażone na przegrzewanie, problemy z integralnością sygnału czy zakłócenia w dystrybucji mocy. Dzięki temu zyskujemy możliwość wczesnego wykrywania krytycznych błędów i eliminowania ich, zanim staną się poważnym problemem.

Automatyczna analiza wspierana przez AI działa w sposób systematyczny i precyzyjny, co pozwala osiągnąć wyższą jakość finalnych projektów. W tym czasie eksperci i ekspertki mogą skoncentrować się na optymalizacji

rozwiązań i wprowadzaniu innowacji, zamiast spędzać czas na poszukiwaniu ukrytych defektów.

Automatyzacja i wsparcie w codziennej pracy

Sztuczna inteligencja w codziennej pracy odciąża, automatyzując rutynowe i czasochłonne zadania. AI potrafi generować kod testowy, analizować połączenia między komponentami czy nawet tłumaczyć specyfikacje zapisane w różnych językach opisu sprzętu (HDL). Takie rozwiązania nie tylko oszczędzają czas, ale także

zwiększają precyzję pracy. Co istotne, rola człowieka pozostaje kluczowa – AI nie podejmuje decyzji, lecz wspiera w codziennych wyzwaniach.

Strategiczne znaczenie AI dla sektora

Wprowadzenie narzędzi AI do procesów projektowych ma znaczenie nie tylko dla codziennej pracy inżynierów i inżynierki, ale także dla całego sektora technologicznego. Automatyzacja i większa elastyczność w projektowaniu otwierają drzwi dla nowych graczy na rynku sprzętu elektronicznego. Łatwiejsza integracja komponentów od różnych dostawców zmniejsza ryzyko uzależnienia od jednego producenta, co sprzyja większej konkurencyjności i obniżeniu kosztów produkcji.

AI może również przyspieszyć rozwój nowych rozwiązań, takich jak zaawansowana robotyka czy technologie blockchain. Niższe koszty prototypowania oraz szybszy czas projektowania sprzętu pobudzają rynek startupów hardware'owych i tworzą warunki do jeszcze szybszego postępu technologicznego. To trend, który może znacząco zmienić krajobraz branży i wzmocnić innowacyjność na globalną skalę. □

Analiza efektywności energetycznej stanowiska elektrohydraulicznego

Łukasz Zawarczyński, Adam Dmochowski, Wiesław Fiebig

1. Wprowadzenie

W konwencjonalnych układach hydrauliki siłowej ze względu na łatwość implementacji i dostępność, jako źródło napędu pompy o stałej objętości komory wyporowej, stosowany jest silnik asynchroniczny klatkowy (IM) zasilany z sieci. Zmianę natężenia przepływu realizuje się zwykle w części hydraulicznej przy pomocy zaworu proporcjonalnego lub poprzez zmianę prędkości obrotowej układu silnik-pompa zębata [1, 2, 3, 4]. Typowo stosowana pompa zębata charakteryzuje się niższą sprawnością od pompy tłoczkowej, a jej sprawność zwykle jest mniejsza o ok. 5–10% [1, 4, 6]. Ekonomicznie pompa zębata ta jest znacznie tańsza w zakupie i późniejszym serwisowaniu. Zmiana prędkości układu napędowego realizowana jest przy pomocy falownika, przy implementacji najprostszej skalarnej metody sterowania $v/f = \text{const}$. W układzie regulacji prędkości na wyjściu regulatora PI lub PID, pojawia się sygnał częstotliwości w zakresie od 0 do f_N oraz zastosowana struktura sterowania wymaga sprzężenia pomiarowego prędkości wirnika, co zwiększa koszt układu [5, 6]. Dostępność falowników wektorowych, w których implementowane są złożone metody sterowania polowo-zorientowanego bezczujnikowego, znacząco upraszcza strukturę zasilania i sterowania silnikiem asynchronicznym. Bezczujnikową dosyć dobrze znaną metodę regulacji prędkości w przemysłowych układach falownikowych, stanowi metoda SVC (ang. *Space Vector Control*), która umożliwia niezależne sterowanie wzbudzeniem i momentem poprzez składowe czynne prądu i_d i i_q . Dodatkowo w metodzie tej na podstawie dostępnych układów pomiarowych wielkości elektrycznych, realizowane są złożone obliczenia strumienia magnetycznego, prędkości i momentu elektrycznego bez konieczności stosowania dodatkowych mechanicznych układów pomiarowych. W strukturze sterowania falownikiem, zaimplementowane są zwykle algorytmy obserwatorów do estymacji wymaganych wielkości na potrzeby sterowania, co umożliwia realizację sterowania bezczujnikowego. Ponadto przy konfiguracji falownika częstym błędem operatora jest nieprawidłowe wprowadzenie danych znamionowych silnika oraz brak wykonania autokalibracji (autotuning) parametrów modelu silnika w falowniku, który wykorzystywany jest w procesie estymacji odpowiednich sygnałów, koniecznych do realizacji funkcji zabezpieczeń i sterowania. Potrzebna jest więc budowa i modernizacja specjalistycznych przemysłowych stanowisk badawczych [5, 6, 7], w których na podstawie dostępności nowych rozwiązań technologicznych

Streszczenie: Przedstawiono wdrożeniowe stanowisko testowe do badania sprawności energetycznej z konwencjonalnym dławieniowym układem napędowym z pompą tłoczkową Parker F11 o objętości komory wyporowej 5 cm^3 i silnikiem asynchronicznym Siemens 7,5 kW, zasilanym z falownika Astraada DRV 28A. Zmiana natężenia przepływu cieczy roboczej może odbywać się poprzez dławienie przepływu przy pomocy zaworu proporcjonalnego Parker seria D1FB lub poprzez zmianę prędkości obrotowej układu silnik-pompa. Stanowisko wyposażono w szereg czujników ciśnienia i temperatury do bilansowania strat energii w poszczególnych sekcjach stanowiska badawczego. Zastosowano również typowe zabezpieczające elementy hydrauliczne tj. zawory przelewowe, zestawy filtracyjne z zaworem zwrotnym, korek oddechowy zbiornika, manometry oraz czujnik poziomu i temperatury cieczy roboczej. Zamieszczono wybrane wyniki badań eksperymentalnych sprawności i przepływu poszczególnych części stanowiska badawczego.

Słowa kluczowe: Silnik IM, napęd hydrauliczny, układ regulacji prędkości obrotowej, dławienie przepływu, sprawność przepływu, straty ciśnienia, straty ciepłne.

Analysis of energy efficiency of an electro-hydraulic station

Abstract: An implementation test stand for energy efficiency testing with a conventional throttled drive system with a Parker F11 piston pump with a displacement chamber volume of 5 cm^3 and a Siemens 7.5 kW asynchronous motor powered by an Astraada DRV 28A inverter was presented. The flow rate of the working fluid can be changed by throttling the flow using a Parker D1FB series proportional valve or by changing the rotational speed of the engine-pump system. The station is equipped with a number of pressure and temperature sensors to balance energy losses in individual sections of the research station. Typical hydraulic safety elements are also used, i.e. overflow valves, filter sets with a non-return valve, a tank breathing plug, manometers and a working fluid level and temperature sensor. Selected results of experimental tests of the efficiency and flow of individual parts of the test stand are included.

Key words: IM motor, hydraulic drive, rotational speed control system, flow throttling, flow efficiency, pressure losses, heat losses.

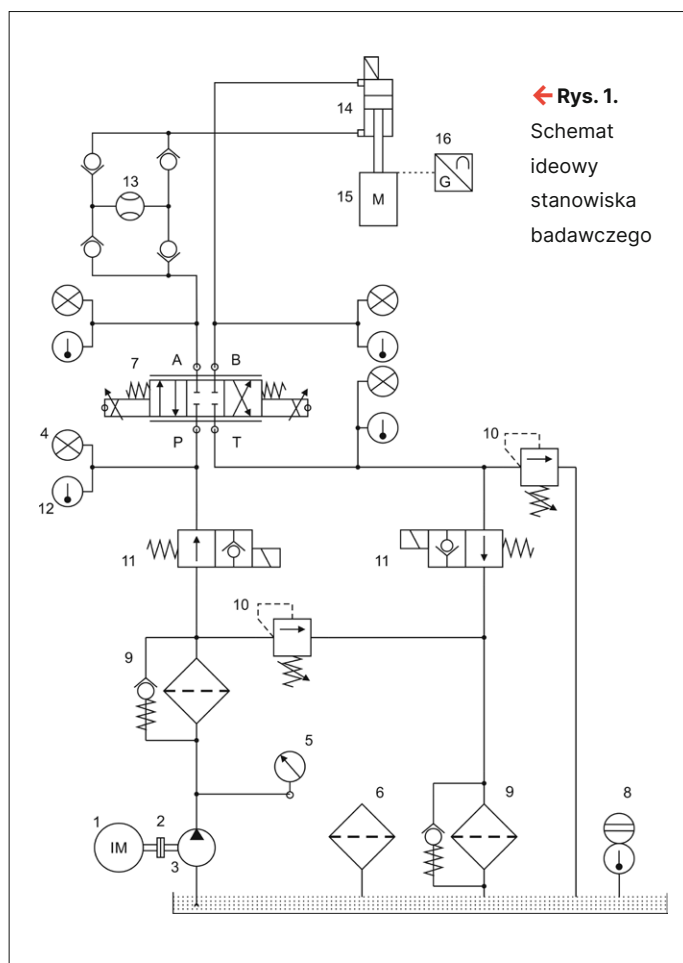
i stosowania nowych wydajnych elementów składowych, doprowadzi się do podwyższenia sprawności układów konwencjonalnych. W artykule przedstawiono opis stanowiska badawczego, zbudowanego w ramach realizacji doktoratu wdrożeniowego z wybranymi wynikami badań eksperymentalnych sprawności i przepływu. Realizacją układu zajmuje się Firma PHS Sylwester Dmochowski, która od 30 lat projektuje, wykonuje i serwisuje przemysłowe układy sterowania i hydrauliki siłowej.

2. Opis stanowiska badawczo-wdrożeniowego

W zbudowanym stanowisku badawczo-wdrożeniowym można wyróżnić następujące sekcje: zasilającą, wykonawczą i pomiarowo-sterującą. Schemat połączeń elementów składowych stanowiska przedstawiono na rys. 1, natomiast widok stanowiska – na rys. 2. Silnik Indukcyjny IM 1 (Siemens, $P_N = 7,5 \text{ kW}$, $I_N = 8,7 \text{ A}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$, $\cos\phi = 0,8$, $p = 1$), połączony zespołem sprzęgła 2 z pompą wielotłoczkową dwustronnego działania 3 o objętości geometrycznej komory 5 cm^3 (Parker, F11-005-IB-CV-K-000-0000-00). Linia tłoczna i zlewnowa zawierają zestawy filtrujące z zabezpieczającym zaworem zwrotnym 9. Na obydwu liniach zastosowano sterowane elektrycznie zawory odcinające 11 oraz mechaniczne zawory przelewowe 10 (wszystkie wymienione – Parker). W zbiorniku znajdują się również cyfrowy

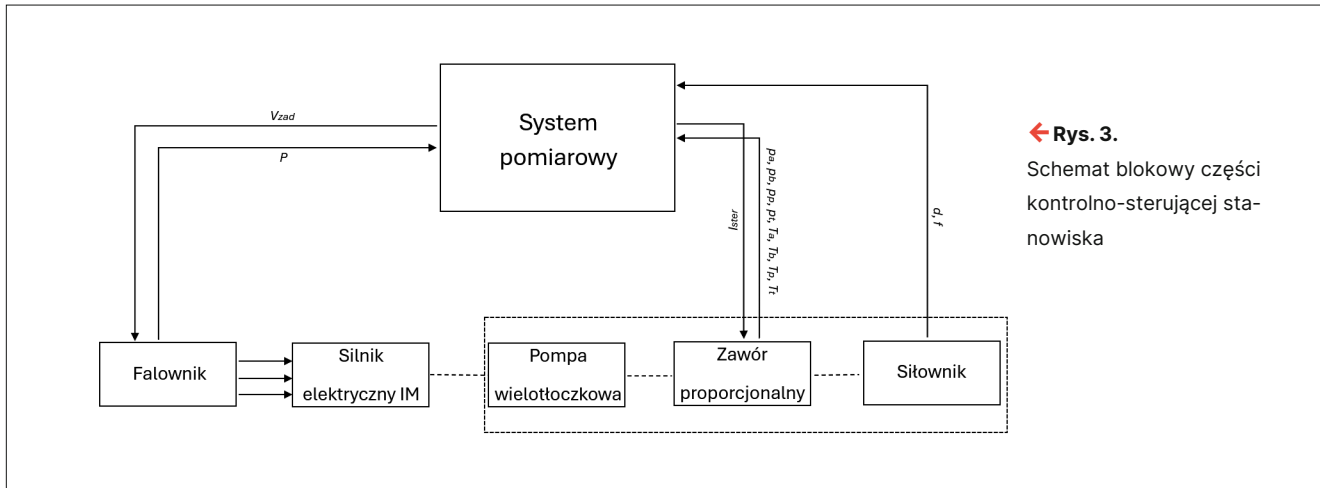


↑ Rys. 2. Widok stanowiska badawczego



czujnik poziomu i temperatury 8 oraz korek oddechowy 6, który zapobiega niekontrolowanemu wzrostowi ciśnienia w zbiorniku. W części wykonawczej stanowiska można wyróżnić zawór rozdzielacza proporcjonalnego 7 (Parker, D1FBE01FC0NJW014), układ przepływomierza 13 (przepływomierz VSE VS 0,2 GPO 12V-32N11/4 wraz z przetwornikiem VSE FU252) oraz siłownika hydraulicznego 14 o średnicach: tłoka 35 mm, tłoczyka 25 mm i długości roboczej 1000 mm. Siłownik obciążono łożyskowanym zespołem mas 15 o łącznym ciężarze 1 tony. Do pomiaru położenia siłownika zastosowano liniał 16 LCF 1250 o skoku 1250 mm z sygnałem prądowym 4–20 mA.

Głównym elementem układu pomiarowo-sterującego jest sterownik PLC CX 2033 firmy Beckhoff, wyposażony w moduły wejść i wyjść cyfrowych oraz wejść i wyjść analogowych. Wejścia cyfrowe wykorzystywane są do podstawowej diagnostyki stanowiska (stan zasilania, stan wkładu filtra, poziom cieczy roboczej). Układ sterowania wyposażony jest również w wejścia cyfrowe bezpieczne realizujące funkcje bezpieczeństwa poprzez kontrolę stanu wyłącznika awaryjnego. Wyjścia cyfrowe używane są do sterowania zaworami zwrotnymi oraz zadawania komend start/stop/reset do falownika. Moduły wejść analogowych są podzielone według obsługiwanych grup sygnałów – moduł wejść napięciowych służy do odczytu mocy pobieranej przez układ falownik-silnik IM, z wyjścia analogowego falownika (Astor, Astraada DRV 28A, 0–10 V), moduły wejść napięciowych 4–20 mA wykorzystywane są do pomiaru ciśnień na poszczególnych



kanałach zaworu proporcjonalnego, odpowiednio P, T, A i B, pomiaru przepływu cieczy w układzie, położenia końcówki tłoczyska siłownika z wykorzystaniem potencjometru liniowego oraz pomiaru temperatury cieczy roboczej w zbiorniku. Wejścia termoparowe mierzą aktualną temperaturę na każdym z kanałów zaworu proporcjonalnego. Napięciowe wyjścia analogowe używane są do zadawania sygnału otwarcia zaworu proporcjonalnego oraz zadawania prędkości obrotowej silnika elektrycznego. Rozdzielnica elektryczna została wykonana z użyciem elementów w standardzie przemysłowym. Poza ww. elementami części zasilającej i pomiarowo-sterującej wyposażona jest w wyłączniki nadprądowe dla obwodów siłowych, wkładki topikowe dla obwodów niskonapięciowych, przyciski systemu bezpieczeństwa oraz wentylację.

Do pomiaru wartości ciśnień w układzie zastosowano czujniki o zakresie 0–250 barów. Czujnik na kanale P rozdzielacza posiada klasę dokładności 0.05 (Wika IPT10), a czujniki na pozostałych kanałach (A, B, T) klasę 0.5 (Wika S20). Odczyt odbywa się z wykorzystaniem sygnału prądowego 4–20 mA (moduł Beckhoff EL3124) o dokładności 0,3% dla pełnego zakresu pomiarowego. Pomiar przepływu cieczy roboczej w układzie odbywa się z wykorzystaniem przepływomierza o zakresie pomiarowym 0–15 l i klasie dokładności 0.2. Wartość zmierzona jest konwertowana na sygnał prądowy, który następnie jest odczytywany w module EL3124. Temperatura cieczy roboczej na każdym z portów rozdzielacza mierzona jest z wykorzystaniem termopar K przy pomocy modułu Beckhoff ELX3314 dokładności 0,3% dla pełnego zakresu pomiarowego.

Stanowisko sterowane jest z poziomu wizualizacji wykonanej w środowisku LabView. Algorytmy sterowania i akwizycja danych odbywa się za pośrednictwem sterownika PLC, a dane do wizualizacji są przekazywane poprzez protokół komunikacyjny ADS (ang. *Automation Device Specification*) wykorzystujący mechanizmy stosu protokołów TCP/IP. Blokową strukturę układu sterowania przedstawiono na rys. 3, przy czym wartości ciśnień i temperatur mierzone są na poszczególnych portach rozdzielacza odpowiednio (P, A, B, T).

3. Wybrane wyniki badań

Zastosowana konstrukcja i oprzyrządowanie pomiarowe stanowiska umożliwia dokładne badanie strat energii oraz bilansowania w poszczególnych częściach stanowiska. W analizowanym stanowisku badawczym regulacja prędkości silnika hydraulicznego może odbywać się poprzez sterowanie prędkością silnika elektrycznego (sterowanie objętościowe) lub poprzez sterowanie zaworem proporcjonalnym (sterowanie dławieniowe). Współczynniki sprawności stanowiska η oraz moc hydrauliczną P_{hyd} pobieraną w układzie obliczano wg zależności (1), natomiast moc elektryczną P_{el} zużywaną przez układ obliczano przy pomocy danych pomiarowych z falownika Astraada DRV 28A i rejestrowano przy pomocy wyjścia prądowego analogicznie jak dla pozostałych sygnałów w nadrzędnej aplikacji kontrolno-sterującej LabView przy pomocy modułu prądowego EL3124.

$$\eta = \frac{P_{hyd}}{P_{el}} \quad P_{hyd} = \frac{Q \cdot p_p}{600} \quad (1)$$

gdzie: Q – mierzony przepływ czynnika [l/min]; p_p – wartość ciśnienia mierzona na porcie P rozdzielacza.

Wyniki pomiarów zostały zaprosymowane funkcją liniową, a ocenę dokładności aproksymacji sprawności zarówno w funkcji przepływu i/lub ciśnienia, wykonano za pomocą współczynnika korelacji R^2 wg zależności:

$$R^2 = \frac{\sum (p_p - \bar{p}_p)(\eta - \bar{\eta})}{\sqrt{\sum (p_p - \bar{p}_p)^2 \sum (\eta - \bar{\eta})^2}} \quad (2)$$

przy czym: η – sprawność obliczana wg zależności (1), symbolem $\bar{\quad}$ oznaczono wartość średnią w zbiorze próbek mierzonej wielkości.

Obliczenia sprawności pompy wykonano na podstawie wartości mierzonej przepływu generowanego przez układ

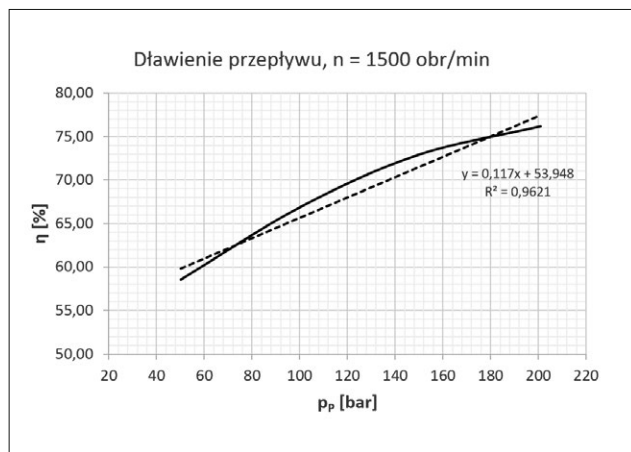
silnik-pompa tłoczkowa Q , względem obliczanej maksymalnej teoretycznej wartości na podstawie objętości geometrycznej pompy tłoczkowej $V = 0,005 \text{ cm}^3$ oraz wyznaczonej prędkości obrotowej n układu wg zależności:

$$\eta = \frac{Q}{Q_T} \quad Q_T = V \cdot n \quad (3)$$

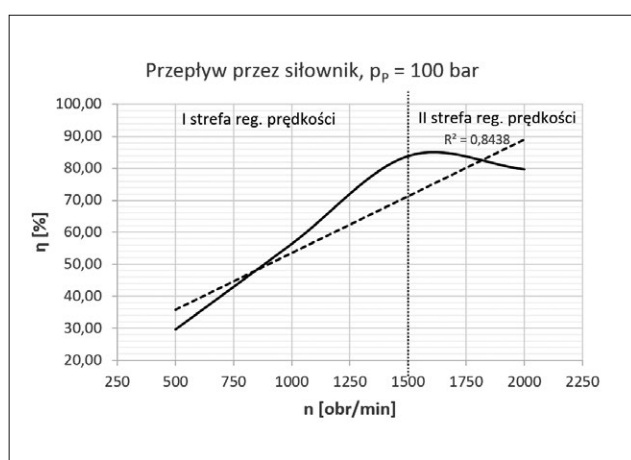
W pierwszej kolejności wyznaczono statyczną charakterystykę sprawności układu wg zależności (1) dla kilkunastu wartości ciśnień, przy stałej, znamionowej prędkości obrotowej silnika n_N oraz dławieniu przepływu przez zawór (sterowanie stratne, dławieniowe). Uzyskaną charakterystykę w zakresie zmian ciśnienia w układzie od wartości 50 do 200 barów prezentuje rys. 4. Otrzymana charakterystyka potwierdza proporcjonalny wzrost sprawności przy zwiększaniu wartości ciśnienia, a aproksymacja wyników pomiaru wg (2), przy uzyskanym współczynniku korelacji na poziomie 0,961 pozwala na stwierdzenie liniowej zależności zmian sprawności przy wzroście ciśnienia w układzie. Również w tym przypadku na sprawność całkowitą istotnie wpływają poszczególne sprawności zastosowanych hydraulicznych elementów składowych w postaci pompy, zaworu i armatury. W przypadku mocy elektrycznej pobieranej przez silnik asynchroniczny, wyznaczana jest ona na podstawie pomiarów wewnętrznych falownika, gdzie z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że część niezbędnych sygnałów prądu i napięcia jest estymowana, nie mierzona. W dalszych badaniach po zastosowaniu dokładnych watomierzy z licznikami energii o dokładności 1% stwierdzono, że obliczana przez falownik wartość mocy jest identyczna z wartością uzyskaną na podstawie watomierzy i można wykorzystać ten sposób pomiaru mocy elektrycznej w dalszych badaniach.

Kolejne eksperymenty wykonano w celu zbadania sprawności układu przy stałym ciśnieniu $p_p = 100$ barów i zmianie prędkości obrotowej układu silnik-pompa. Uzyskaną charakterystykę statyczną sprawności w funkcji zmian prędkości obrotowej zarówno w I i II strefie regulacji prędkości obrotowej silnika IM, prezentuje rys. 5. O ile liniowo rośnie sprawność układu w I strefie regulacji, to w II strefie regulacji (stała, maksymalna moc elektryczna generowana przez silnik, maksymalne napięcie zasilania) zauważalny jest spadek sprawności, który spowodowany jest większymi stratami w uzwojeniu silnika na skutek wzrostu reaktancji uzwojeń i strat w wirniku, przy większej częstotliwości pola wirującego. Jednak spadek sprawności na poziomie 5%, pozwala na eksploatację układu przy chwilowym zwiększonym przepływie dla prędkości powyżej częstotliwości znamionowych silnika asynchronicznego.

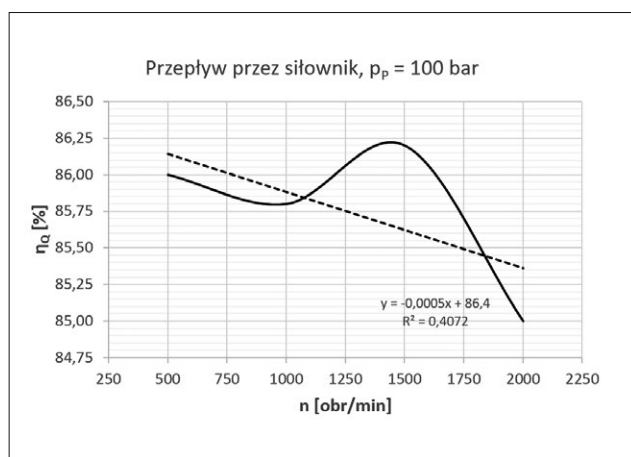
Sprawność zastosowanej pompy tłoczkowej deklarowanej przez producenta na poziomie 95% uzyskiwana jest dla dużych wartości ciśnienia w układzie na poziomie 250 barów. Przeprowadzone eksperymenty przy stałym ciśnieniu $p_p = 100$ barów i zmiennej prędkości obrotowej układu w zakresie od 500 do 2000 obr./min, pozwoliły na wykreślenie



↑ Rys. 4. Sprawność całkowita układu przy dławieniu przepływu zaworem przelewowym 10 przy zmianie wartości ciśnienia



↑ Rys. 5. Sprawność całkowita η przy przepływie przez zawór proporcjonalny 7 (rys. 1), przy zmiennej prędkości obrotowej układu i ciśnieniu zadanym $p_p = 100$ barów



↑ Rys. 6. Sprawność pompy tłoczkowej η_Q przy przepływie przez zawór proporcjonalny 7, przy zmiennej prędkości obrotowej układu i ciśnieniu zadanym $p_p = 100$ barów

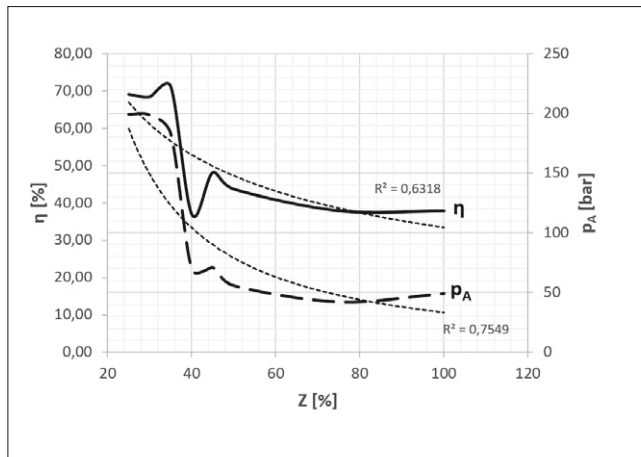
statycznej charakterystyki sprawności dla pompy tłoczkowej η_Q (rys. 6). W zakresie zmian prędkości uzyskano praktycznie stałą wartość sprawności pompy na poziomie 85–86%,

przy niższym od nominalnej wartości ciśnienia roboczego, wynoszącym 100 barów.

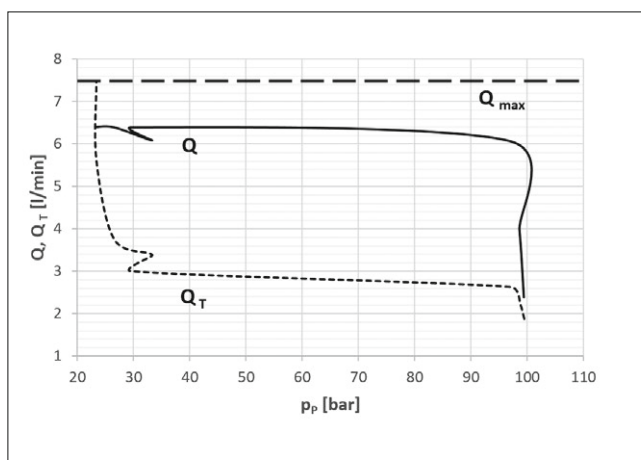
Znajomość charakterystyki przepływu przez zawór rozdzielacza w każdym przypadku sterowania jest istotna, gdyż pozwala na odpowiednie formowanie warunków pracy elementu wykonawczego w postaci silnika lub siłownika. Przy małym otwarciu zaworu, wartość ciśnienia w układzie jest bliska wartości ustawionej na przelewowym zaworze bezpieczeństwa 10. Natomiast dla przypadku względnego otwarcia zaworu powyżej wartości 40% następuje znaczny spadek ciśnienia i spadek sprawności układu. Charakterystyka z rys. 7 pokazuje, że relacja między wartością ciśnienia roboczego i przepływu (dławionego) w celu utrzymania wysokiej sprawności w układzie powinna być zachowana na poziomie wartości znamionowych wymienionych wielkości w poszczególnych sekcjach stanowiska.

Możliwe jest również wyznaczenie teoretycznych (maksymalnych) wartości przepływu dla różnych wartości ciśnień. W przypadku gdy ciśnienie robocze w instalacji zbliża się do wartości progowej zaworu bezpieczeństwa, może wystąpić częściowy upływ czynnika przez zawór. Przepływ teoretyczny Q_T – wyznaczano przy stałej prędkości układu silnik-pompa ($n = 1500$ obr./min) przy względnej zmianie otwarcia zaworu w zakresie 25–100%, rejestrując przy tym wartość przepływu i ciśnienia w układzie, prezentuje rys. 8. Otrzymane wyniki potwierdziły silną zależność uzyskiwanych wartości przepływu rzeczywistego Q w funkcji ciśnienia (uzyskano wartości proporcjonalne do względnego otwarcia zaworu). Również wartości przepływu teoretycznego $Q_T = f(p_p)$ w odniesieniu do ciśnienia roboczego w układzie, nie powinny być wykorzystywane do jakichkolwiek obliczeń mocy czy sprawności, gdyż wyznaczona statyczna charakterystyka przepływu jest przeciwna do pomiarów rzeczywistego przepływu czynnika, mierzonego przy pomocy przepływomierza.

Przepływ czynnika przez instalację hydrauliczną praktycznie zawsze wiąże się ze stratami cieplnymi w poszczególnych częściach układu, których bezpośrednią przyczynę stanowią siły tarcia. Minimalizacja strat stanowi więc złożone zadanie syntezy polegające na odpowiednim zaprojektowaniu, połączeniu i sterowaniu elementów, tak aby straty ciepłe były jak najmniejsze. Zadanie to można zrealizować poprzez odpowiednie sterowanie przepływem i ciśnieniem w układzie, tj.: sterowanie wydajnością przepływu – sterowanie objętościowe [3, 8, 9] (minimalizacja strat liniowych) lub eliminację dławienia poprzez odpowiednie zaprojektowanie bloku zaworowego, kryz i kanałów zaworowych, dobór odpowiednich średnic w celu minimalizacji oporów w instalacji itp. (minimalizacja strat miejscowych). W przypadku opomiarowania stanowiska (jak i bloku rozdzielacza) w czujniki ciśnienia i temperatury, można z dużą dokładnością oszacować spadki ciśnień Δp na poszczególnych kanałach, a na podstawie zależności (1) oszacować straty energii. Przykładowe wyniki pomiarów przy zmianie prędkości obrotowej silnika (wydajności przepływu) w zakresie 500–2000 obr./min, przy stałym ciśnieniu $p_p = 100$ barów, prezentuje tabela 1, gdzie można zaobserwować, że zmiana temperatury jak również straty energii



↑ Rys. 7. Sprawność całkowita η przy przepływie przez siłownik dla różnego otwarcia zaworu proporcjonalnego (Z) i ustawionym ciśnieniu $p_p = 100$ barów



↑ Rys. 8. Charakterystyki eksperymentalne przepływu mierzzonego Q i obliczanego Q_T przy otwarceniu zaworu proporcjonalnego $Z = 25$ – 100% i ciśnieniu zadanim $p_p = 100$ barów

maleją wraz z kierunkiem przepływu czynnika roboczego przez zawór oraz rosną wraz ze zmianą natężenia przepływu.

↓ Tabela 1. Wyniki pomiaru temperatur na poszczególnych portach rozdzielacza 7, przy ustawionym ciśnieniu $p_p = 100$ barów i zmiennej prędkości układu

| n [obr./min] | t_p [°C] | t_T [°C] | t_A [°C] | t_B [°C] |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| 500 | 41,7 | 41,4 | 39,8 | 39,1 |
| 1000 | 42,9 | 40,9 | 40,5 | 40,5 |
| 1500 | 42,6 | 40,3 | 39,4 | 37,7 |
| 2000 | 44,6 | 44,2 | 42,1 | 42,0 |

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań i analiz, zbudowanego w ramach realizacji doktoratu wdrożeniowego stanowiska testowego siłowych napędów elektrohydraulicznych. Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że właściwy dobór elementów wykonawczych istotnie wpływa na

uzyskanie wysokiej sprawności układowej. Zastosowano typowe rozwiązania stosowane w hydraulice siłowej, tj. silnik asynchroniczny IM, zasilany z falownika, napędzający pompę tłoczkową. Połączenie armatury wykonano z jak największą starannością w celu minimalizacji strat cieplnych. Wykonano wstępne badania poznawcze zarówno charakterystyk statycznych jak i dynamicznych przepływu i ciśnienia, które stanowią będą bazę do realizacji dalszych badań optymalizacji sterowania i rekuperacji energii wraz z analizą porównawczą omawianego rozwiązania i bilansem energetycznym. Docelowo źródło napędu w postaci silnika asynchronicznego zostanie zastąpione silnikiem PMSM, a stratna armatura zostanie zminimalizowana, bądź wyeliminowana.

Literatura

- [1] ZAWARCZYŃSKI Ł., WIKAREK J., DMOCHOWSKI A.: *Porównanie falownikowych napędów pompy hydraulicznej w układzie sterowania objętościowego*. „Przegląd Elektrotechniczny” 5/2023.
- [2] KACZMAREK T., ZAWIRSKI K.: *Układy napędowe z silnikiem synchronicznym*. WPP, Poznań 2000.
- [3] STEFAŃSKI T., ZAWARCZYŃSKI Ł.: *Sterowanie natężeniem przepływu w układzie hydraulicznym z falownikowym napędem pompy zębatej*. „Hydraulika i Pneumatyka” 1/2012.
- [4] DEAN PATRICK T., FALES ROGER C.: *Modern Control Design for a Variable Displacement Hydraulic Pump* 1-4244-0989-6/07/\$25.00 ©2007 IEEE. pp. 3535–3540.
- [5] PLUTA J., STOJEK J.: *Stanowisko diagnostyczne pomp tłokowych osiowych*. „Hydraulika i Pneumatyka” 2/2011.
- [6] DYMARSKI CZ., PIĄTEK D.: *Stanowisko dydaktyczne do wyznaczania charakterystyk elementów hydraulicznych*. „Hydraulika i Pneumatyka” 1/2012.
- [7] ZAWARCZYŃSKI Ł., STEFAŃSKI T.: *Problemy pomiarowe w napędach falownikowych*. „Logistyka” 6/2011.
- [8] ZAWARCZYŃSKI Ł., STEFAŃSKI T.: *Analiza sprawności układu elektrohydraulicznego*. „Hydraulika i Pneumatyka” 5/2015.
- [9] Polska Norma, PN-76/M-34034: Zasada obliczeń strat ciśnienia.

Dr inż. Łukasz Zawarczyński – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Informatyki Stosowanej, l.zawarczynski@tu.kielce.pl, <https://orcid.org/0000-0003-1899-2389>

Mgr inż. Adam Dmochowski – Politechnika Wrocławska, Szkoła Doktorska, Wydział Mechaniczny, adam.dmochowski@phs-hydraulika.pl, <https://orcid.org/0000-0002-7171-9448>

Prof. dr hab. inż. Wiesław Fiebig – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Układów Mechatronicznych, wieslaw.fiebig@pwr.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0001-5847-9200>

Reklama



ABUS

CRANE SYSTEMS POLSKA

TRANSPORT WEWNĘTRZNY NA NAJWYŻSZYM POZIOMIE



montaż
serwis
konserwacja



obliczanie resursu
pomiaru elektrycznego



modernizacja



części
komponenty
akcesoria



doradztwo techniczne



abuscranes.pl

Czy roboty AGV zdominują transport wewnętrzzakładowy w przedsiębiorstwach produkcyjnych?

Roboty AGV – nowa era transportu wewnętrznego

Magdalena Naumowicz, Waldemar Woźniak, Michał Sasiadek, Paweł Zając, Piotr Mamczur

Wstęp

Odpowiedź na to pytanie znajdziemy po części w największym zakładzie produkującym worki na śmieci z tworzywa LDPE pod marką m.in. „Jan Niezbędny”, „Grosik” i inne należące do grupy Sarantis. Jest to największy i najnowocześniejszy zakład produkujący tego typu wyroby w obszarze chemii gospodarczej w tej części Europy.

Podnoszenie konkurencyjności z jednoczesnym ukierunkowaniem na cel środowiskowy dla przemysłu przetwarzającego polimery stało się strategicznym wyzwaniem przedsiębiorstwa POLIPAK Sp. z o.o. Wniosek płynący z rynku gospodarczego w zakresie wdrażania filarów koncepcji Przemysłu 4,0 oraz stawianych paradigmatów w poprawionej koncepcji Przemysłu 5.0 umożliwiły opracowanie przemysłanego planu wdrażania automatyzacji i cyfryzacji, skupiając się na początku na niskiej emisji i efektywności energetycznej stosowanych rozwiązań. W związku z tym zidentyfikowano podprocesy, a w szczególności bariery zakłócające swobodny i zrównoważony przepływ materiałów. W następstwie tych działań (wewnętrzne audyty z zastosowaniem metod i technik LEAN) podjęto decyzję automatyzacji transportu wewnętrzzakładowego z wykorzystaniem specjalnie zaprojektowanych i cyfrowo sterowanych robotów AGV.

W pierwszym etapie wprowadzono roboty AGV na automatycznej linii regranulacji zakładając, że cały przepływ materiału (w tym przypadku folia odpadowa, a następnie recykład pochodzący z produkcji w obiegu

zamkniętym) będzie identyfikowany, transportowany i rozliczany robotami AGV. Stąd podproces (jak przekazano w niniejszym artykule), był inicjowany identyfikacją oraz pobraniem surowców (folii odpadowej, będących odpadem w procesie ekstruzji), składowanych przy stanowiskach wytwórczych, następnie transportowanych do linii regranulacji, gdzie po określeniu tzw. masy krytycznej – buforowanych do dalszego przetwarzania lub czasowego magazynowania. W kolejnym kroku odpad był podawany do przetwarzania w celu wytworzenia samego regranulatu i dalej transportowany do magazynu surowcowego, gdzie był rejestrowany jako pełnowartościowy surowiec do produkcji worków foliowych. Praktycznie rzecz biorąc to rozwiązanie spowodowało stopniową rezygnację z tak zwanych manualnych środków transportu, wprowadzając automatyzację, robotyzację i cyfryzację zgodną z trendami nowoczesnych przedsiębiorstw dwudziestego pierwszego wieku.

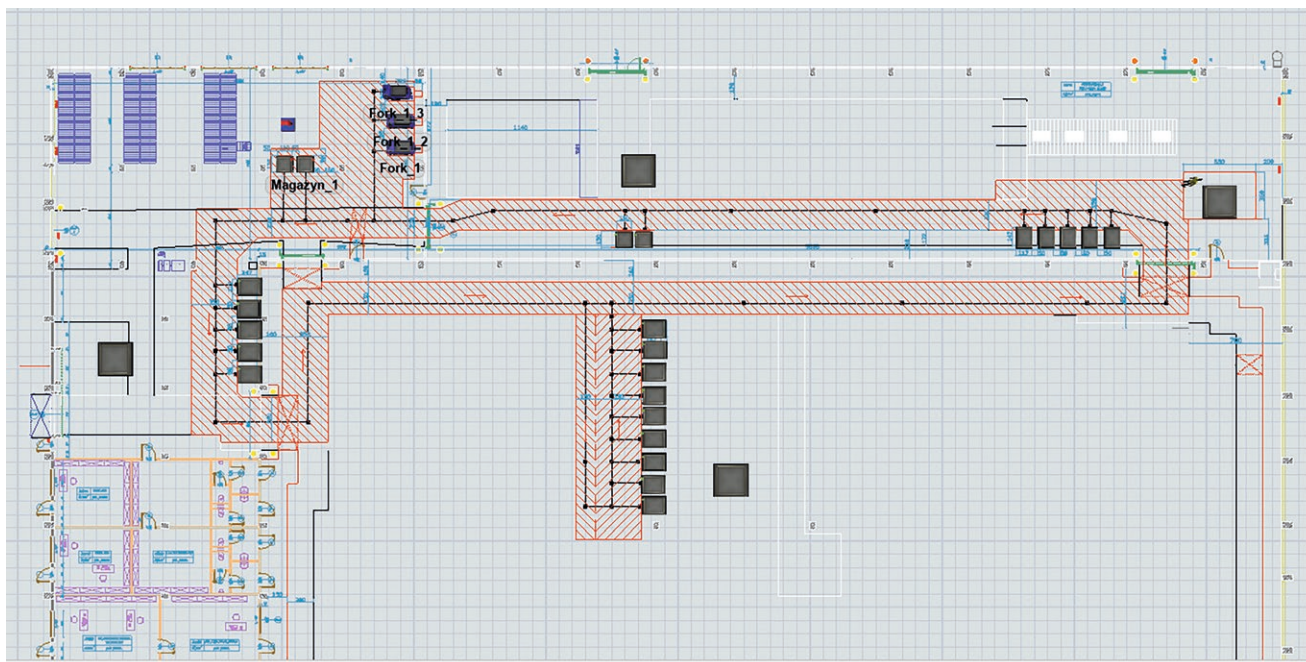
1. Koncepcja automatyzacji procesu transportu wewnętrzzakładowego

Folia do produkcji worków jest wytwarzana w technologii wytłaczania z rozdmuchem, z mieszanki dostarczanej z magazynu surowca, przez centralny system zasypu zgodny z recepturą zlecenia produkcyjnego – pod nadzorem systemu komputerowego ERP. W produkcji folii obecnie nieuniknione jest powstanie odpadu, w trakcie:

Streszczenie: w artykule omówiono koncepcję wdrażania automatyzacji w procesie przepływu materiałów z wykorzystaniem robotów AGV w przedsiębiorstwie produkcyjnym wyrobów z folii polietylenowej. Robotyczne platformy z ramieniami mechatronicznymi (AGV), będące intralogistycznymi pojazdami zabezpieczającymi częściowo lub całkowicie transport wewnętrzny przedsiębiorstwa produkcyjnego, stały się wyzwaniem poprawy jego wydajności, redukcji czasów przestoju wybranych podprocesów oraz załączkiem automatyzacji i robotyzacji pozostałych procesów. Zaprojektowane i wdrożone rozwiązanie wpisuje się w bazowe filary koncepcji Przemysłu 5.0, skupiając się równolegle na niskiej emisji i efektywności energetycznej oraz zrównoważeniu wewnętrznego łańcucha dostaw w cyklu zamkniętym.

Słowa kluczowe: automatyzacja, AGV, worki, polietylen, Przemysł 4.0.

1. inicjacji zlecenia produkcyjnego na ekstruderze;
2. wystąpienia nieakceptowalnych z punktu widzenia jakości wtrąceń w trakcie produkcji folii;
3. przenoszenia, transportowania odpadów folii z ekstruderów do automatycznej linii regranulacji.



↑ Rys. 1. Layout linii produkcyjnej – poziom koncepcji

Odpad przed dostarczeniem do automatycznej linii regranulacji musi być zważony i zaklasyfikowany do jednej z grup odpadu [4]. Następnie musi być poddany efektywnemu oczyszczaniu dzięki wykorzystaniu mechanicznego filtrowania stopionego tworzywa poprzez zastosowanie kaskadowego układu wyłaczarek w linii technologicznej recyklingu według własnego rozwiązania technologicznego. Dzięki wewnętrznej selekcji niepełnowartościowa folia stanowiąca odpad produkcyjny dzieli się na grupy, uwzględniając:

- rodzaj tworzywa (LD-PE, MD-PE, HD-PE);
- jego skład (kolor, zawartość dodatków);
- powierzchnię nadruku naniesioną na folię.

Precyzyjnie realizowana selekcja odpadu wyeliminowała mieszanie się ze sobą różnych rodzajów tworzyw, co jest podstawową przyczyną problemów z przetwórstwem regranulatu pozyskiwanego od producentów zewnętrznych.

Oczywiście nie byłoby to możliwe bez wprowadzenia wielu szkoleń dla pracowników i tu nie tylko chodzi o pracowników zatrudnionych bezpośrednio na produkcji.

Przemysł 4.0/Przemysł 5.0 zmienia całkowicie styl pracy w całym przedsiębiorstwie. Każdy pracownik musi

rozumieć, jak ważna jest jego rola w ocenie jakości regranulatu, co w konsekwencji ma wpływ na jakość wyrobów finalnych.

W obszarze automatycznej linii regranulacji ważną rolę pełni system automatycznej identyfikacji odpadu na każdym etapie jego wytwarzania oraz własna baza pogrupowanych odpadów [4]. Do kodowania grupy odpadu stosowany jest odpowiedni wektor informacji (również badań laboratoryjnych). Wektor informacji jest zapisywany w kodzie kreskowym zgodnym z wymaganiami GS1 – POLSKA – 128, natomiast do kodowania pojemników na odpad wdrożono kod matrycowy 2D: QR.

Czytelnicy z branży czytając mogą zadawać sobie pytanie, czy to jest możliwe i wykonalne praktycznie? Ponieważ nie sposób na dużej liczbie ekstruderów wytwarzać tego samego rodzaju folii. To prawda, odpad folii nim trafi z ekstrudera na linię regranulacji przechodzi przez moduł wstępnej aglomeracji odpadów, którego działanie polega na zmniejszaniu jego objętości poprzez prasowanie przy jednoczesnym formowaniu w kostkę prostopadłościenną, a powstałą kostkę zabezpiecza się przed rozformowaniem, tak by w procesie transportu „do” lub „z” magazynu buforowego odpadu, jak też w procesie składowania nie ulegała rozformowaniu.

Kostki znakuje się kodując informacje o odpadzie sprasowanym oraz masę. To pozwala efektywnie zmniejszyć również przestrzeń niezbędną do składowania odpadu w przestrzeni magazynu buforowego. Przestrzeń magazynu jest podzielona na miejsca odkładcze analogiczne jak w magazynach zintegrowanych jednostek ładunkowych i oznaczone kodem lokalizacyjnym, powiązaniem z konkretną kostką, tak że możliwe jest monitorowanie kostki odpadu w różnych procesach. Dla ilustracji, odpad w kolorze odbiegającym od przetwarzanego na linii jest buforowany – tzn. przechowywany do momentu, gdy jest potrzebny lub gdy zbiera się odpowiednia ilość danego rodzaju odpadu i wtedy kieruje się go na kaskadę linii regranulacji (rys. 1).

Automatyczna linia recyklingu spełnia wyzwania powszechnie rozumiane jako Przemysł 4.0. Oznacza to, że wszystkie operacje technologiczne i produkcyjne są wykonywane automatycznie, a praca operatorów ma charakter operacyjno-kontrolny.

Sprasowany odpad w postaci prostopadłościenną kostki jest dostarczany do tymczasowego miejsca składowania, który nazywamy magazynem buforowym, przez roboty mobilne (wózki automatyczne/AGV) lub jeżeli objętość magazynu na hali zostanie

wypełniona – do dodatkowego magazynu na zewnątrz hali – wózkiem widłowym wyposażonym w łąpy pozwalające sprawnie przemieszczać uformowane kostki folii. Roboty mobilne nie mogą się poruszać poza halą automatycznej linii regranulacji z powodów bezpieczeństwa.

Następnie wybrane kostki sprasowanej folii są wywoływane do młyna linii regranulacji. Roboty mobilne lub wózek widłowy pobiera je z magazynu buforowego i dostarcza do młyna, gdzie dalej zgodnie z technologią regranulacji rozdrobiony odpad dostarczany jest do kaskady wylączarek w celu oczyszczenia z zanieczyszczeń.

Odpad folii dowieziony do prasy (belownicy) może bezpośrednio z wyrotnicy belownicy być skierowany do oczyszczenia na kaskadowej linii wylączarek – czytelnicy zainteresowani szczegółami mogą je znaleźć w „Ważeniu, Dozowaniu, Pakowaniu” [2, 5] – ponadto informacje nt. badań chemicznych/laboratoryjnych próbek regranulatów wspierających proces oczyszczania odpadu na kaskadowej linii wylączarek – pominięto w tym artykule.

Po zakończeniu procesu regranulacji już gotowy regranulat odbiera się w big-bag’u – robot AGV i odwozi do magazynu regranulatu. Tam przecho- wuje się wszystkie surowce w fabryce zasilające przez centralny zasyp produkcję, zgodnie z recepturą wyrobu.

Oczywiście masa, odpowiednio: odpadu lub regranulatu, jest monitorowana stale na całej linii przetwarzania.

2. Bariery do pokonania vs. korzyści

Rozwój technologiczny robotów AGV jest na tak wysokim poziomie technologicznym, że kooperacja pomiędzy człowiekiem i robotem jest nie tylko możliwa, ale zalecana. Produkcja worków wymaga od operatora obsługującego gniazdo produkcyjne, aby w chwili powstawania odpadu (np. z uwagi na jakość niestabilnego surowca) zareagował tj.: zatrzymał proces wytwarzania folii, która klasyfikuje się do odpadu, przygotował odpad do powtórnego przetworzenia

w automatycznej linii regranulacji, tj. opuścił gniazdo produkcyjne wytwarzania folii, uniósł na ile może rękami objąć objętość folii (niosąc i ciągnąc po podłodze hali produkcyjnej), następnie zważył wygenerowany odpad i odłożył w magazynie buforowym automatycznej linii regranulacji.

Realizacja rozszerzenia wdrożenia robotyzacji-automatyzacji o odbiór odpadu folii z ekstrudera przez robot AGV pracujący na automatycznej linii regranulacji wymaga odrobienia „lekcji” w zakresie nauczania robotów AGV nowej misji: „odbioru odpadu produkcyjnego” z konkretnego gniazda ekstrudera, na określony sygnał wywoławczy „operatora”, bądź systemu komputerowego nadzorującego proces produkcji (systemu MES). W zakresie hardware’owym będzie potrzeba wyposażenia gniazd produkcyjnych (ekstruderów) w technologię przywoławczą opartą na terminalu radiowym, bądź napisaniu dedykowanej aplikacji na telefon komórkowy „operatora”.

Przedmiotowa innowacja w zakresie systemu transportu wewnątrzzakładowego może skutkować zupełnie nowymi parametrami w zakresie cyklu i taktu produkcji, a przede wszystkim wyższą wydajnością pracy, ponieważ operator ekstrudera pozostając w miejscu wytwarzania folii – w gnieździe produkcji, przy ekstruderze, może wyłącznie skupić się na wytwarzaniu folii. Przy czym wolumin odpadu powstającego w konkretnym gnieździe

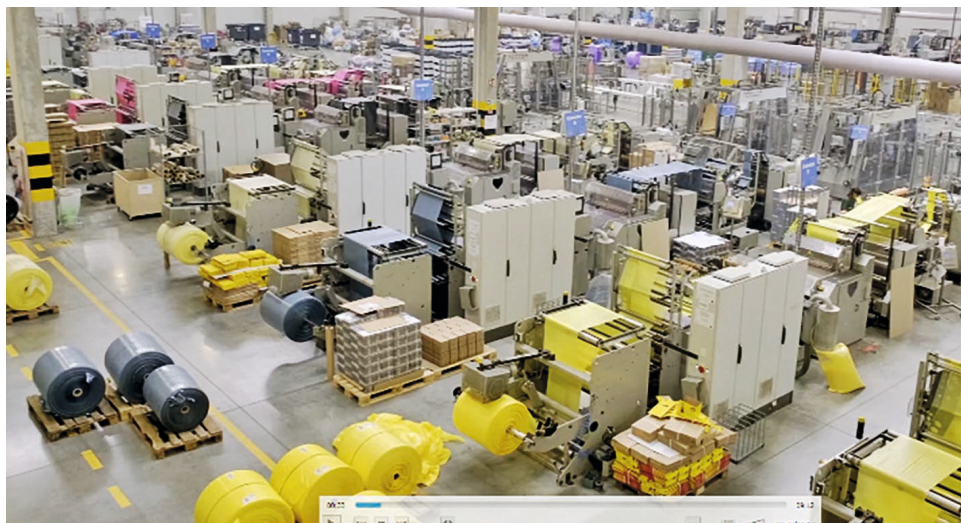
produkcji w sposób istotny zależy od reakcji (zauważania) operatora – im szybciej zatrzyma proces produkcji odpadu (folia nie spełniająca kryteriów jakości jest odpadem) – tym mniejszy wolumin odpadu będzie wygenerowany.

Doświadczenia wdrożeniowe z innowacyjnych projektów UE pokazują, że istnieje duże prawdopodobieństwo, że pracownicy („operatorzy”) mogą sabotować tego typu innowację, gdyż odejście od ekstrudera, pokonywanie odległości rzędu kilkuset metrów każdorazowo daje możliwości prowadzenia rozmów i kontaktów nie związanych bezpośrednio z produkcją folii – a w efekcie istotnego wydłużania czasów inicjacji nowych zleceń produkcyjnych, usuwania braków – etc.

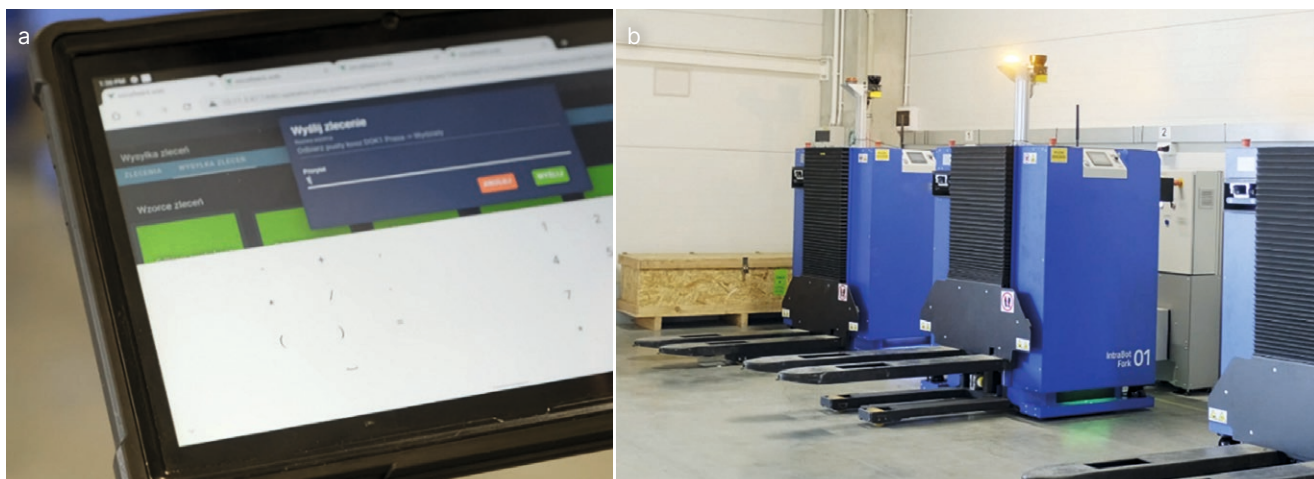
Ponadto wyeliminowanie ręcznego odbierania, a następnie przy pomocy wózka transportowanie przez pracownika odpadu do miejsca zbiórki odpadu produkcyjnego może wiązać się z dodatkowym zabrudzeniem odpadu tym wszystkim, co jest na podłodze hali produkcyjnej (kurz, piasek etc.), a co w procesie regranulacji będzie przedmiotem oczyszczania odpadu.

3. Warunki działania robotów AGV, przykład wdrożenia

Poniżej opisano jak roboty AGV (autonomiczne) obsługują procesy transportu wewnątrzzakładowego, w gęsto zabudowanej hali produkcji (rys. 2).



↑ Rys. 2. Widok na halę produkcyjną, gdzie ekstrudery produkują folię



↑ Rys. 3. a) widok stacji dokującej za robotem „01” oraz roboty „02” i „03” w trakcie ładowania baterii; b) terminal służący do wywoływania misji robotów AGV

Na rys. 3 a przedstawiono serce systemu robotów AGV, to miejsce nazywa się stacją dokującą. Stacja dokująca zapewnia dostarczanie energii potrzebnej do pracy każdego z całej floty robotów AGV. Stacja dokowania to punkt startu, a przez analogię do wyścigów formuły 1, każdy robot AGV rozpoczyna i kończy realizację misji oraz w przypadku ewentualnych błędów/uszkodzeń w stacji dokowania zgłasza do naprawy lub przeglądu.

W dalszej części artykułu przeanalizowano przypadek, gdy robot AGV wypełnia misję, która polega na dostarczeniu na halę produkcyjną pustego pojemnika na odpad oraz dostarczeniu z hali pełnego pojemnika

z posegregowaną folią na linię regranulacji. Roboty AGV do pozycjonowania swojej aktualnej pozycji wykorzystują lidary, czyli czujniki pozycjonowania, które są widoczne w zbliżeniu na rys. 4 b i 4 c, zaś na rys. 4 a na podłodze hali są widoczne odbicia niebieskiego światła lasera (podobnie rys. 5 a).

Wózki AGV „preferują” przestrzeganie zasady 5S, proces omijania niewłaściwie odłożonej palety pokazany na rys. 5 a i 5 b. Lidar wykazał – zidentyfikował przeszkodę i system Machine Learning (ML) rozwiązał problem pokonania przeszkody na drodze. Na rys. 6 a i 6 b robot AGV z dużą precyzją odłożył pusty kosz na folię odpadową na pole odkładcze na hali produkcyjnej.

Następnie system komputerowy rozpoznaje położenie kosza z posegregowanym odpadem, który wózek AGV musi dostarczyć w ramach misji do linii regranulacji. Czynność ta jest powtarzalna i kosz z hali odbierany jest kilkanaście razy na zmianę produkcyjną.

System komputerowy sterujący flotą robotów AGV współpracuje z wieloma czujnikami rozmieszczonymi na linii regranulacji w rozwiązaniu machine to machine, co ilustruje rys. 5 c. Dostarczone na linię regeneracji odpady w koszach są przetwarzane przez innowacyjną linię regranulacji. Linia regranulacji odpadów folii wytwarza regranulat do produkcji nowej folii

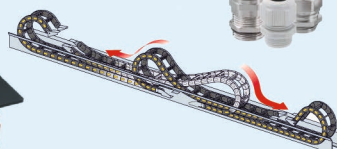
Reklama

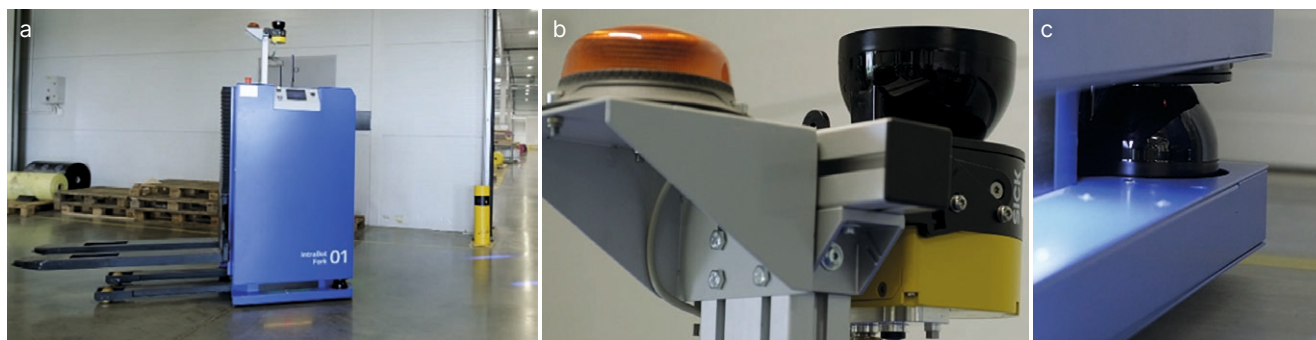
NOWIMEX®

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

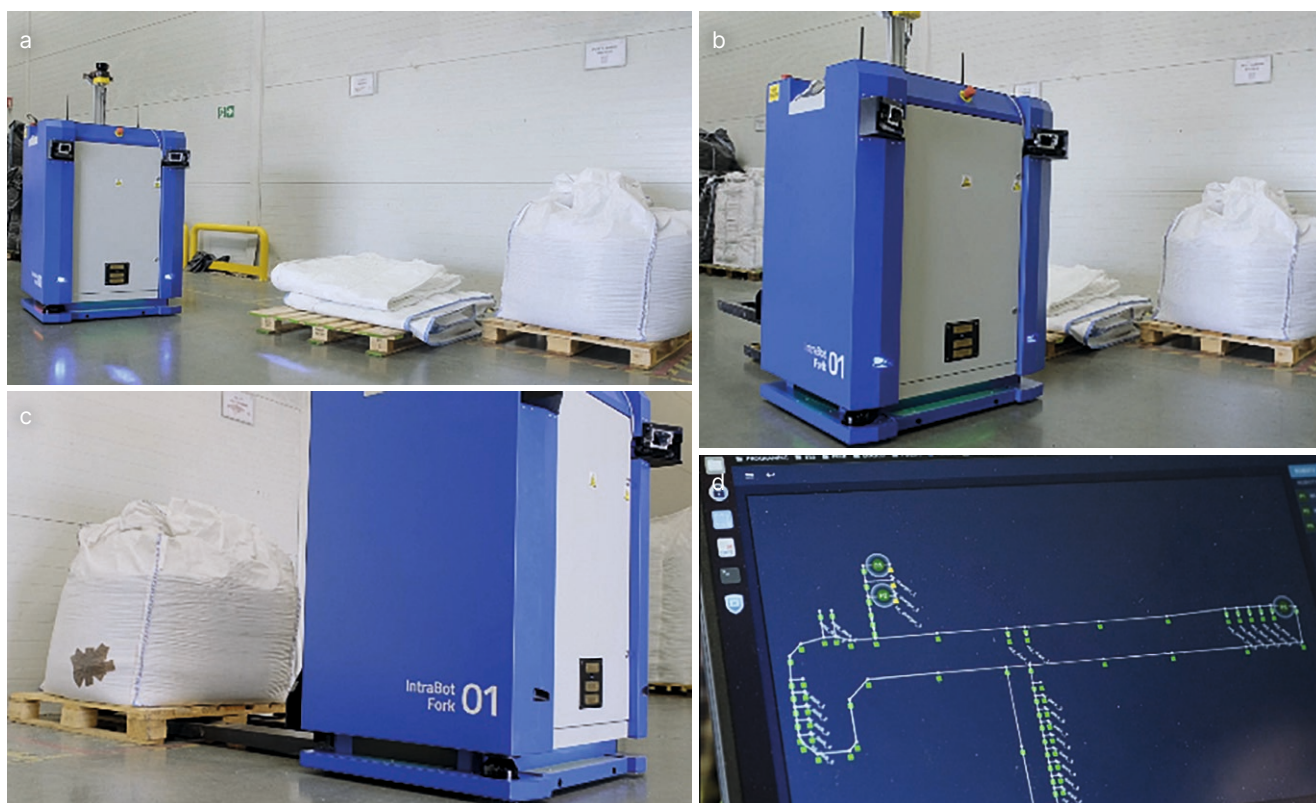
- VAHLE** – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.
- SCHLEGEL** – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.
- TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.
- HUGRO** – Dławice do kabli.
- LEAB** – Systemy zasilania pojazdów specjalnych w prąd i sprężone powietrze.
- BREVETTI** – Tworzywowe 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





↑ Rys. 4. a) robot mobilny w trakcie wykonywania misji, na podłodze jest widoczne odbite światło znacznika laserowego; b) widok lidara górnego; c) widok lidara dolnego



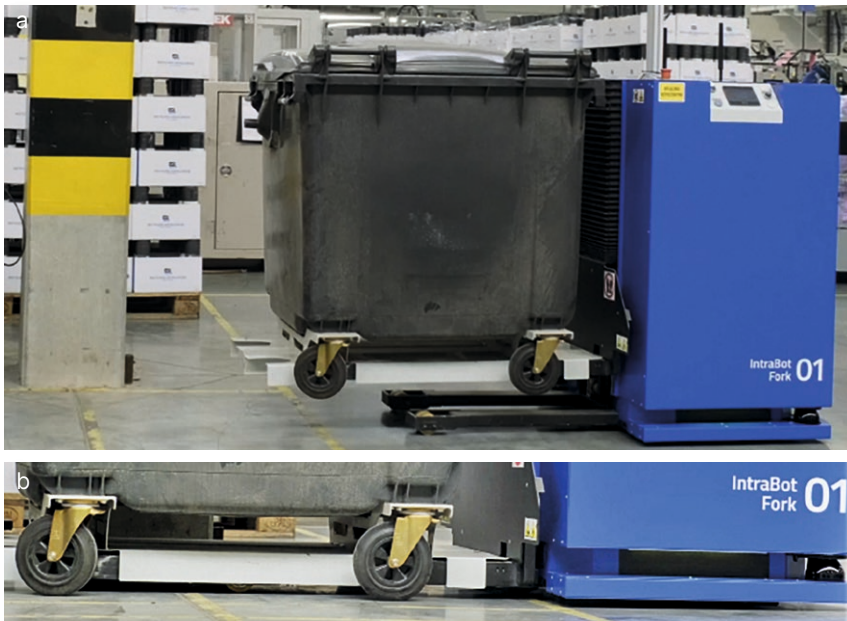
↑ Rys. 5. a) paleta ułożona niewłaściwie; b) proces omijania błędnie odłożonej palety; c) pobranie palety z bigbagem; d) położenie czujników robota AGV

i worków foliowych w reżimie „zero waste” (UE).

Roboty AGV jedynie transportują materiał, co w przypadku braku automatycznej kooperacji z urządzeniami w węzłach przeładunkowych linii transportu wewnętrznego stanowiłoby poważny problem. Dlatego konieczna i niezbędna jest idealna współpraca pomiędzy czujnikami linii regranulacji i robotami AGV, która umożliwia np. automatycznie wysypanie na wywrotnicy odpadów wprost na linię regranulacji.

Robot wraca do początku procesu, a wdrożony system informatyczny przydziela mu kolejne zadanie, pozwalając pakować zidentyfikowany według wcześniej zdefiniowanych kryteriów odpad. Współpraca pomiędzy wózkami AGV a innymi urządzeniami nazywa się integracją techniczną. Często inwestorzy odwołują się do robotów sprzątających w mieszkaniach. Uważają, że zakup robota jest równoznaczny z posprzątanym mieszkaniem. Robot AGV musi mieć czas, aby poznać fabrykę i oczekiwania kadry menadżerskiej.

Jednocześnie warto zwrócić uwagę, że praca robotów AGV gwarantuje 100% bezpieczeństwa operatorom i innym pracownikom mającym bezpośredni kontakt z flotą robotów AGV. Wystąpienie przeszkody na jego trajektorii ruchu automatycznie zatrzymuje proces transportu. Nie ma niebezpieczeństwa dla ludzi, którzy współpracują z wózkami AGV. Warto zwrócić uwagę, że roboty AGV równie bezpiecznie radzą sobie z różnorodną transportowaną jednostką logistyczną tj. wózkiem na odpad, typową paletą



↑ Rys. 6. a) odłożenie kosza na odpad (wstępna identyfikacja miejsca odkładczego);
b) precyzyjne odłożenie wózka na odpad

o wymiarach 1200×1200 [cm] czy też bigbagem.

Folia dostarczona do linii regranulacji zajmuje dużo miejsca w koszach – jednocześnie będąc lekką. W bigbaku znajduje się odzyskany z linii regranulacji regranulat, który ma dużą gęstość usypową i dużą masę w stosunku do folii. Inteligentny system sterowania równie sprawnie musi sterować pracą wózka z masą ładunku transportowego od 350 do 1000 kg. Każda jednostka ładunkowa musi być w systemie logistycznym rozpoznana przez robota AGV. Z robotem AGV można się komunikować np. poprzez znaczniki radiowe RFID lub kody kreskowe typu 2D, jak na przykład szeroko znany kod QR. Identyfikacja kodu QR pozwala robotowi AGV znaleźć i zidentyfikować właściwą jednostkę logistyczną (opisane wyżej), jak również miejsca odkładcze pobrań i odstawy ich – rys. 7c oraz właściwy dok ładowania – rys. 8a.

Ostatni etap misji robota AGV, analizowany w artykule, prowadzi do magazynu surowców, gdzie układnica magazynowa pobiera bigbag od robota AGV i umieszcza bigbag z regranulatem w regale materiałów zdalnych do produkcji, oczekując na pobranie do procesu produkcyjnego przez system

centralnego zasypu ekstruderów, nadzorowany przez system ERP. W tym momencie robot AGV zakończył misję i wraca na punkt dokowania.

4. Charakterystyka techniczna robota AGV

Widły wózka są unoszone przez układ mechatroniczny, sterowany przez system komputerowy robota AGV na wymaganą wysokość. Pracę podnoszenia-opuszczania wykonuje siłownik hydrauliczny, współpracujący z pompą dostarczającą olej pod ciśnieniem, a całością steruje komputer pokładowy robota AGV. W układzie podnoszenia zaszyte są czujniki dbające o bezpieczeństwo osób, w tym w szczególności w sytuacjach, gdy pracownik kooperujący z robotem znajduje się na przykład przy ścianie koło maszyny i nie może ratować się ucieczką. Do ruchu całego robota (układu jazdy) zastosowano silnik elektryczny o mocy 3 KW, za którego ustawienia w zamierzonym kierunku ruchu robota AGV odpowiada również komputer pokładowy – rys. 8d. Zmiany położenia muszą być precyzyjne, aby nie doprowadzić do kolizji z maszynami, ale trzeba się również zdać na zdrowy rozsądek i przestrzeganie przepisów przez operatorów

Reklama



MALOWANIELINII.PL
MAGAZYNY • ZAKŁADY • PARKINGI

Zadbaj z nami
o **profesjonalne
oznakowanie BHP**
hal magazynowych
i zakładów produkcyjnych



T: 601 304 306 lub 795 466 885

E: kontakt@malowanielinii.pl

www.MalowanieLinii.pl

www.Linie.pl



↑ Rys. 7. A – robot manewrujący w zadanych korytarzach roboczych; B – robot AGV pokonujący fragment hali przypominający skrzyżowanie dróg; C – robot AGV z pojemnikiem i w tle widoczny kod QR innego pojemnika transportowego



↑ Rys. 8. a) widok automatycznej stacji dokującej z kodem lokalizacji QR; b) „czerwony wyłącznik” – bezpieczeństwa oraz widok na ekran komputera pokładowego robota AGV; c) widok szczegółowy na ekran „Menu ładowania akumulatora”; d) widok na szafę sterowania; e) widok na pojemnik z akumulatorem pokładowym robota AGV

innych maszyn i urządzeń. Ładowanie akumulatorów jest kontrolowane przez system BMS (Battery Management System, rys. 8c) zainstalowany w stacji ładowania oraz pod kontrolą systemu komputerowego robota AGV. Stosowane akumulatory (rys. 8e) nie wymagają szczególnych warunków eksploatacyjnych na przykład bardziej zaawansowanych niż baterii w smartfonie. Robot AGV komunikuje się z otoczeniem poprzez ekran. W przypadku błędów może sygnalizować je kontrolkami lub też wielokolorową kontrolką trybu pracy oraz wyświetlaniem powierzchni roboczej sygnałami dźwiękowymi, które słyszymy.

Wózki AGV mogą pracować i podejmować misje w trybie technologii

4.0, przez całą dobę. Są zintegrowane w punktach referencyjnych z innymi maszynami, współpracując z nimi idealnie, rozpoznają przeszkody i potrafią znaleźć scenariusz ich ominięcia, są przyjazne i wyrozumiałe oraz bezpieczne dla człowieka, współpracują z człowiekiem.

Nie męczą się, dlatego mogą pracować przez 7 dni w tygodniu 365 dni w roku.

Zanim robot zostanie dopuszczony do pracy na hali, musi zdać swego rodzaju egzamin ze znajomości topografii terenu oraz poznać wszystkie obiekty logistyczne, w tym np. oznaczenie i położenie miejsc odkładczych, typy i rodzaje jednostek logistycznych, np. koszy na odpad, palet, bigbagów etc.

Roboty AGV są wyposażone w system bezpieczeństwa pozwalający definiować software'owo położenie i wielkość dynamicznych bezpiecznych stref dla ludzi, ale też dopuszczalnych prędkości w poszczególnych strefach.

Warto zdać sobie sprawę, że wirtualne systemy programowania testowania robotów są bardzo istotne w rozwoju robotów AGV.

5. Podsumowanie

Z sukcesem zostało przeprowadzone wdrożenie przedmiotowego rozwiązania w największym zakładzie produkującym worki z PE w tej części Europy. Realizacja innowacyjnych wdrożeń zawsze jest szansą na uzyskanie przewagi konkurencyjnej oraz pozwala

zdobyć nową wiedzę, która może być przedmiotem dalszego rozwoju w zakresie:

- automatyzacji procesu odbioru odpadu folii w miejscu jego powstania przez robota AGV, którą można zaliczyć do osiągnięć technologii Przemysłu 4.0. Na podkreślenie zasługuje fakt, że działalność ta wpisuje się w działania UE, a zwłaszcza ustawy „zero odpadów” (UE).
- wstępnej analizy i oceny kolejnych węzłów instalacji wytwarzania folii, co daje spore nadzieje na ograniczenie generowania odpadu podczas produkcji poprzez zastosowanie automatyzacji odbioru wytoczonych bel folii dla całej organizacji POLIPAK sp. z o.o. Jednocześnie potencjalne uruchomienie automatycznego odbioru odpadu z miejsca powstania i odbioru bel folii może podnieść bezpieczeństwo (ergonomię), jakość i komfort pracy.

Implementacja rozwiązań automatyzacji procesu transportu wewnątrzzakładowego może być ciekawym doświadczeniem i pierwszym znaczącym krokiem do wdrażania koncepcji Przemysłu 5.0, z uwagi na małe zagrożenie w zakłóceniu aktualnie ustalonych procesów. Cechą takiego podejścia jest niewątpliwie mały koszt inicjacji wdrażania automatyzacji w przedsiębiorstwie z jednoczesnym budowaniem doświadczenia i zwiększaniem kontroli przepływu materiałów oraz wzrostem wydajności pozostałych procesów.

Literatura

- [1] WOŹNIAK W., NIEDZIELA M., SĄSIADK M., ZAJĄC P.: *Badania regranulatów tworzyw sztucznych w produkcji opakowań zorientowanej na zero waste*. „Ważenie, Dozowanie, Pakowanie”. 4/2021.
- [2] WOŹNIAK W., SĄSIADK M., ZAJĄC P.: *Innowacyjny recykling tworzyw sztucznych*. „Ważenie, Dozowanie, Pakowanie”. 1/2021.
- [3] KWAŚNIEWSKI S., ZAJĄC P.: *Podstawy automatycznej identyfikacji dla logistyków*, Oficyna Wydawnicza

Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2020.

- [4] ZAJĄC P., EJDYS S., DZIK R.: *Recycling of polyethylene terephthalate (PET) bottles in the logistics supply chain – overview*. Rocznik Ochrona Środowiska. 2022, vol. 24.
- [5] TRAMŠ T, WOŹNIAK W., SĄSIADK M., ZAJĄC P.: *A study on plastic regranulates in the production of „Zero Waste” packing [w:] Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2022 (Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch 2022)*, TIABP: proceedings of the XXV International Scientific Conference, Herlany, October 24th–26th, 2022 / eds. Marek Klimont [i in.]. Košice : Technická univerzita v Košiciach.
- [6] ZAJĄC P., POZNAŃSKI J.: *Management model improving environmental protection*. Rocznik Ochrona Środowiska. 2021, vol. 23.

Artykuł powstał w ramach realizacji przez POLIPAK Sp. z o.o. projektu NCBR nr: POIR.01.01.01-00-0783/19.

mgr inż. Magdalena Naumowicz

Polipak sp. z o.o.

dr hab. inż. Waldemar Woźniak

prof. uczelni, Uniwersytet Zielonogórski

dr hab. inż. Michał Sasiadek

prof. uczelni, Uniwersytet Zielonogórski

dr inż. Paweł Zajac

Politechnika Wroclawska

mgr inż. Piotr Mamczur

dyrektor produkcji Polipak sp. z o.o.

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 Złącz Rurowych
od STAUFF



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

www.stauff.pl



Automatyzacja procesów przemysłowych – przyszłość efektywnej produkcji

W miarę jak przemysł staje się coraz bardziej zintegrowany i zależny od precyzyjnych danych, automatyzacja procesów nabiera kluczowego znaczenia dla efektywnego zarządzania produkcją. Inwestycje w nowoczesne systemy automatyzacyjne umożliwiają nie tylko poprawę jakości produktów, ale również optymalizację procesów logistycznych i zarządzania zasobami ludzkimi. Czy nie warto zaufać rozwiązaniom, które pozwalają na znaczne usprawnienie procesów produkcyjnych i redukcję kosztów operacyjnych? Dzięki innowacyjnym technologiom przedsiębiorstwa mogą osiągać nowe poziomy wydajności, jednocześnie podnosząc standardy bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

Automatyzacja procesów przemysłowych to wdrażanie zaawansowanych technologii umożliwiających automatyczne sterowanie i monitorowanie operacji produkcyjnych przy minimalnym udziale człowieka. Czy możliwe byłoby osiągnięcie obecnego poziomu naszej cywilizacji bez wdrożenia rozwiązań automatyzacyjnych? Transformacja ta nie tylko zrewolucjonizowała metody produkcji, ale również stworzyła solidne podstawy dla rozwoju nowych gałęzi przemysłu oraz innowacji technologicznych. W tym artykule omówimy najskuteczniejsze metody optymalizacji procesów.

Automatyzacja procesów przemysłowych dzięki robotyzacji

Robotyzacja linii produkcyjnych stanowi fundament współczesnych rozwiązań automatyzacyjnych, które radykalnie zmieniły sposób funkcjonowania zakładów produkcyjnych poprzez wprowadzenie zaawansowanych systemów mechanicznych zdolnych do realizacji powtarzalnych i wymagających najwyższej precyzji operacji. Wdrożenie robotów przemysłowych, wyposażonych w nowoczesne systemy sterowania, czujniki oraz technologie wizyjne, umożliwiło

przejęcie przez maszyny zadań dotychczas wykonywanych przez operatorów, co w rezultacie przyczyniło się do znacznej redukcji błędów wynikających z ludzkiego czynnika oraz podniosło jakość realizowanych operacji na niespotykany wcześniej poziom.

Systemy SCADA i MES – niezbędne w automatyzacji procesów przemysłowych

Systemy SCADA i MES stanowią kluczowy element współczesnych rozwiązań automatyzacyjnych, umożliwiając przedsiębiorstwom pełną kontrolę nad procesami produkcyjnymi oraz ich optymalizację w czasie rzeczywistym. Wdrożenie systemu SCADA, czyli Supervisory Control And Data Acquisition, pozwala na ciągłe zbieranie i analizę danych pochodzących z różnych punktów produkcji, co umożliwia bieżący nadzór oraz szybkie reagowanie na wszelkie nieprawidłowości w działaniu maszyn i urządzeń. Dzięki zaawansowanym interfejsom wizualizacyjnym oraz możliwościom raportowania, operatorzy mogą monitorować krytyczne parametry procesów technologicznych, co pozwala na precyzyjne sterowanie produkcją oraz natychmiastową

identyfikację potencjalnych zagrożeń, które mogłyby wpłynąć na ciągłość produkcji.

Z kolei system MES, czyli Manufacturing Execution System, pełni rolę kompleksowego narzędzia zarządzania operacyjnego, które integruje dane z systemu SCADA z wyższymi poziomami systemów ERP oraz systemami planowania produkcji. Dzięki temu możliwe jest śledzenie poszczególnych etapów produkcji, planowanie zadań, harmonogramowanie pracy maszyn oraz optymalizacja wykorzystania zasobów. MES umożliwia nie tylko monitorowanie, ale również analizę efektywności procesów, co przekłada się na ciągłe doskonalenie operacji produkcyjnych, redukcję kosztów oraz zwiększenie elastyczności przedsiębiorstwa w odpowiedzi na zmieniające się wymagania rynkowe. Integracja obu systemów pozwala na synchronizację danych i procesów na poziomie operacyjnym i strategicznym, umożliwiając podejmowanie decyzji opartych na aktualnych informacjach oraz prognozach, co jest nieodzowne w dzisiejszych warunkach intensywnej konkurencji.

Implementacja systemów SCADA i MES wymaga kompleksowego podejścia, obejmującego zarówno inwestycje w nowoczesne technologie, jak i przeszkolenie kadry technicznej, która jest w stanie efektywnie interpretować i wykorzystywać zgromadzone dane. Takie rozwiązania umożliwiają nie tylko poprawę jakości produkcji poprzez minimalizację błędów oraz szybką identyfikację awarii, ale również tworzą solidne podstawy dla rozwoju inteligentnych fabryk, gdzie procesy produkcyjne są stale monitorowane, analizowane i optymalizowane. W rezultacie, integracja systemów SCADA i MES stanowi fundament nowoczesnych strategii zarządzania produkcją, przyczyniając się do zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstw oraz ich zdolności adaptacyjnych w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu rynkowym.

Integracja systemów IT, OT oraz IoT

Integracja systemów IT (ang. *Information Technology*) oraz OT (ang. *Operational Technology*) umożliwia pełną cyfryzację procesów produkcyjnych poprzez połączenie systemów zarządzania danymi, takich jak ERP, SCADA czy MES, z urządzeniami przemysłowymi i czujnikami. Dzięki temu

Automatyzacja procesów przemysłowych to wdrażanie zaawansowanych technologii umożliwiających automatyczne sterowanie i monitorowanie operacji produkcyjnych przy minimalnym udziale człowieka. Czy możliwe byłoby osiągnięcie obecnego poziomu naszej cywilizacji bez wdrożenia rozwiązań automatyzacyjnych?

możliwe jest monitorowanie, analiza i optymalizacja procesów w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybkie reagowanie na zmiany w środowisku produkcyjnym. Kluczowym elementem tej integracji jest modernizacja infrastruktury sieciowej oraz wdrożenie jednolitych standardów komunikacyjnych, takich jak OPC UA czy MQTT. Takie podejście umożliwia precyzyjne sterowanie poszczególnymi etapami produkcji, wdrożenie analityki big data i sztucznej inteligencji, a także predykcyjną konserwację maszyn, co skutkuje minimalizacją przestoju i obniżeniem kosztów operacyjnych. Integracja IT i OT stanowi fundament strategii Przemysłu 4.0, umożliwiając tworzenie elastycznych modeli produkcji i wzmacniając konkurencyjność przedsiębiorstw. Oczywiście w automatyzacji procesów przemysłowych na miarę XXI wieku niezbędny jest IoT (ang. *Internet of Things*).

Internet rzeczy (IoT) stanowi kluczowy element transformacji cyfrowej współczesnych zakładów przemysłowych, umożliwiając pełną cyfryzację procesów produkcyjnych poprzez integrację inteligentnych urządzeń, sensorów oraz systemów komunikacyjnych. Wdrożenie technologii IoT pozwala na ciągłe zbieranie danych z maszyn i urządzeń, co umożliwia monitorowanie parametrów takich jak temperatura, wilgotność, ciśnienie, drgania czy zużycie energii w czasie rzeczywistym. Przesyłane informacje są analizowane przez centralne systemy, co umożliwia identyfikację anomalii, wykrywanie wczesnych symptomów awarii oraz realizację predykcyjnej konserwacji, dzięki czemu możliwe jest optymalizowanie całego cyklu produkcyjnego.

↓ Przykłady zastosowania robotyzacji w optymalizacji produkcji przemysłowej

| Sektor | Przykłady zastosowania | Korzyści |
|---------------|---|---|
| Motoryzacyjny | Spawanie, malowanie, montaż elementów karoserii | Zwiększona precyzja, redukcja defektów, poprawa bezpieczeństwa |
| Elektroniczny | Montaż i lutowanie układów scalonych, składanie komponentów | Ekstremalna precyzja, skrócenie czasu produkcji, minimalizacja błędów |
| Spożywczy | Linie pakowania, sortowania, kontrola higieny | Utrzymanie norm higienicznych, przyspieszenie procesów logistycznych |
| Logistyczny | Autonomiczne systemy transportowe, przenoszenie surowców | Optymalizacja przepływu materiałów, redukcja przestoju |

↓ Przykładowe systemy SCADA oraz MES

| Typ systemu | Nazwa | Opis |
|-------------|---|---|
| SCADA | Siemens SIMATIC WinCC | Integracja danych z rozmaitych czujników i urządzeń, elastyczne interfejsy operatora oraz możliwość konfiguracji systemu zgodnie z potrzebami zakładu produkcyjnego. |
| SCADA | GE Digital iFIX | Ceniony za szybkość przetwarzania informacji, niezawodność oraz łatwość skalowania, idealny dla dynamicznych środowisk przemysłowych. |
| SCADA | Schneider Electric AVEVA InTouch | Intuicyjne rozwiązania graficzne i efektywna integracja z innymi systemami automatyki, umożliwiające precyzyjne monitorowanie krytycznych parametrów procesu. |
| SCADA | Rockwell Automation FactoryTalk View | Łączy funkcjonalność nadzoru i sterowania, umożliwiając jednocześnie monitorowanie wielu zmiennych produkcyjnych oraz szybką reakcję na ewentualne nieprawidłowości. |
| MES | Siemens SIMATIC IT | Integruje się z systemami SCADA i ERP, umożliwiając śledzenie produkcji, optymalizację harmonogramów oraz bieżącą analizę wydajności. |
| MES | Rockwell FactoryTalk ProductionCentre MES | Oferuje precyzyjne zarządzanie zasobami i monitorowanie produkcji w czasie rzeczywistym, pozwalając na szybką adaptację do zmieniających się warunków rynkowych. |
| MES | SAP Manufacturing Execution | Kompleksowe narzędzie wspierające planowanie i kontrolę operacyjną, integrujące się z globalnymi systemami ERP i oferujące zaawansowane funkcje analityczne oraz predykcyjne. |
| MES | GE Digital Proficy MES | Umożliwia synchronizację operacji produkcyjnych z systemami korporacyjnymi, zapewniając pełną kontrolę nad procesami i ich optymalizację. |
| MES | Oracle MES | Innowacyjne rozwiązania i integracja z nowoczesnymi technologiami IT, stają się coraz bardziej popularnym wyborem dla maksymalizacji efektywności produkcji. |

Symulacja procesów przemysłowych kluczem do skutecznej optymalizacji

Technologia digital twin umożliwia tworzenie wirtualnych replik rzeczywistych procesów produkcyjnych, urządzeń oraz całych systemów operacyjnych, co pozwala na symulację i optymalizację operacji przed wprowadzeniem zmian w środowisku przemysłowym. Dzięki integracji danych zbieranych przez czujniki oraz systemy monitorujące z zaawansowanymi narzędziami analitycznymi, cyfrowe bliźniaki odzwierciedlają stan rzeczywisty w postaci modeli cyfrowych, umożliwiając dokładną analizę wydajności i identyfikację potencjalnych problemów. Przeprowadzanie symulacji na podstawie wirtualnych replik pozwala na przewidywanie skutków modyfikacji, testowanie różnych scenariuszy operacyjnych oraz wdrażanie optymalizacji, co znacząco wpływa na redukcję kosztów eksploatacji i minimalizację ryzyka awarii. Wdrożenie technologii digital twin, wspieranego przez algorytmy sztucznej inteligencji i systemy big data, umożliwia również predykcyjną konserwację maszyn, a co za tym idzie – poprawę efektywności operacyjnej i jakości produkcji.

Sztuczna inteligencja – nowa era automatyzacji procesów przemysłowych

Uczenie maszynowe umożliwia podejmowanie trafnych decyzji na podstawie analizy ogromnych zbiorów danych zbieranych z różnych źródeł, takich jak systemy SCADA, MES czy urządzenia IoT. Algorytmy AI, poprzez analizę wzorców i korelacji, potrafią wykrywać anomalie oraz przewidywać potencjalne awarie w maszynach, co pozwala na wdrożenie konserwacji predykcyjnej, minimalizując ryzyko kosztownych przestoju i nieplanowanych awarii. Integracja technik uczenia maszynowego z tradycyjnymi systemami zarządzania produkcją umożliwia ciągłe doskonalenie procesów, gdzie systemy uczą się na podstawie historycznych danych oraz bieżących obserwacji, dostosowując strategie operacyjne do dynamicznie zmieniających się warunków rynkowych i produkcyjnych. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych algorytmów, przedsiębiorstwa mogą automatycznie optymalizować harmonogramy produkcji, lepiej zarządzać zasobami oraz wdrażać elastyczne modele decyzyjne, które na bieżąco reagują na nieoczekiwane zdarzenia.



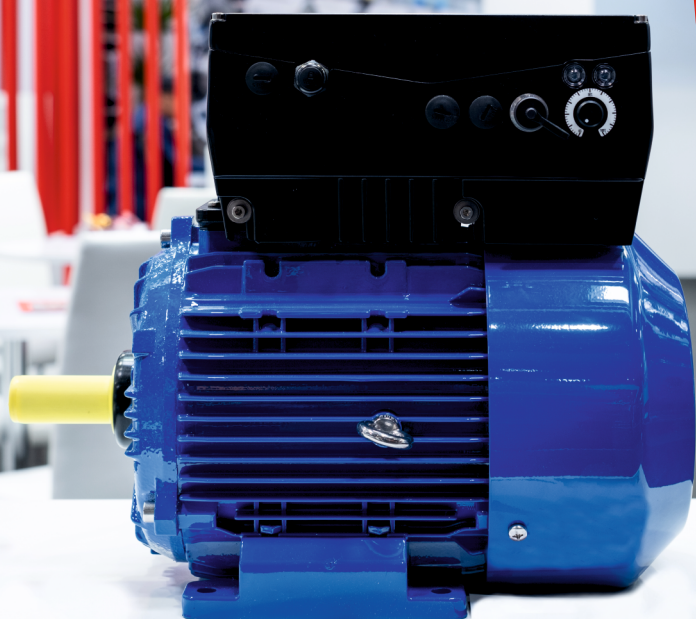
Automatyzacja procesów przemysłowych – ciekawostki

- W **1805** roku światło ujrzało tzw. Krosno Jacquarda, które pozwoliło skrócić proces produkcji tkanin oraz obniżyć jego koszt. Co ciekawe, sposób sterowania nitkami osnowy za pomocą kart perforowanych stanowi pierwowzór pamięci komputera.
- Wynaleziona przez Ottmara Mergenthalera w **1884** roku maszyna Linotype zrewolucjonizowała przemysł drukarski, automatyzując proces składu tekstu. Dzięki niej czas przygotowania materiałów drukowanych skrócił się drastycznie, co przyczyniło się do szybszej produkcji gazet i książek.
- W **1913** roku Ford wprowadził ruchomą taśmę, skracając czas produkcji Modelu T z ponad 12 godzin do zaledwie 93 minut, co zapoczątkowało erę masowej automatyzacji w przemyśle motoryzacyjnym.
- W **latach 90.** Coca-Cola zastosowała systemy SCADA do nadzoru linii pakowania, co przyczyniło się do zwiększenia wydajności produkcji i redukcji strat o 15%.
- Według International Federation of Robotics (IFR), na koniec **2023** roku na świecie działało ponad 4,2 miliona robotów przemysłowych, co stanowiło wzrost o 10% w porównaniu do roku poprzedniego.

Historyczny kontekst oraz ewolucja technologiczna, która umożliwiła przejście od tradycyjnych metod produkcji do nowoczesnych systemów automatyzacji, to opowieść o nieustannym dążeniu ludzkości do zwiększenia wydajności, precyzji, a także bezpieczeństwa operacji przemysłowych. Całość tego procesu transformacji, od prostych mechanizmów

napędzanych parą do zaawansowanych systemów cyfrowych, ukazuje, jak rozwój technologiczny nie tylko zwiększył efektywność produkcji, ale także stworzył fundamenty dla dalszych innowacji, umożliwiając przedsiębiorstwom utrzymanie konkurencyjności oraz adaptację do dynamicznych zmian w gospodarce światowej. □

Reklama



Silnik w klasie sprawności IE3 z nabudowanym falownikiem

Cantoni[®]

GROUP

Silniki elektryczne
od **0,04 kW** do **7000 kW**

WYKONANIA SPECJALNE
TO NASZ STANDARD

WWW.CANTONIGROUP.COM

Systemy wizyjne w Przemysle 4.0

👤 Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

1. Wprowadzenie

Systemy wizyjne stają się coraz popularniejszym elementem stanowisk zarówno tych zautomatyzowanych, jak i zrobotyzowanych, pozwalającym z jednej strony podnieść elastyczność rozwiązania, a z drugiej wpłynąć na jego efektywność. Wiąże się to nierozdzielnie ze znacznym uproszczeniem konstrukcji samego stanowiska oraz z uzyskiwaniem dodatkowych informacji wykorzystywanych w procesie produkcyjnym. Systemy wizyjne, a szczególnie najnowsze rozwiązania oparte na elementach uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji, stały się wizytówką i nieodłącznym elementem rozwiązań Przemysłu 4.0. Początki rozwiązań z zakresu wizji maszynowej opracowano na przełomie lat 40. i 50. XX w. wraz ze wstępnymi badaniami nad sztuczną inteligencją. Zagadnienie to było szczególnie atrakcyjne z punktu widzenia rozwiązań militarnych, gdzie zamierzano wykorzystać systemy wizyjne i analizę obrazu zarówno w zakresie odnajdywania istotnych informacji na obrazie (znajdowanie zamaskowanych wyrzutni pocisków międzykontynentalnych na bezkresnych obszarach ZSRR), jak i naprowadzania pocisków na cele. Koncepcja systemów wizyjnych została uprzemysłowiona dopiero w latach 60. i 70. XX w., kiedy naukowcy z Massachusetts Institute of Technology opracowali pierwsze wystarczająco wydajne algorytmy analizy obrazu zawierające matematyczny opis tego, co rejestruje oko kamery, a co miało być wykorzystane do sterowania ramieniem robota w zastosowaniach przemysłowych.

W latach 80. XX w. poświęcono wiele wysiłku na sformułowanie skutecznych metod matematycznych do analizy i przetwarzania cyfrowego obrazu w celu zapewnienia możliwości efektywnego wykorzystania informacji z kamery. Dzięki rosnącym możliwościom jednostek obliczeniowych i coraz wydajniejszym algorytmom skracającym czas analizy obrazu możliwe było w końcu zastosowanie widzenia maszynowego na skalę przemysłową. Konieczność uzyskania powtarzalnych wyników pomiarów oraz rosnące wymagania co do jakości produktów sprawiły, że wizja maszynowa stała się nieodzownym elementem wielu linii produkcyjnych.

Lata 90. XX w. przyniosły dalszy szybki rozwój branży wizji maszynowej, czego motorem był szybki postęp technologiczny w dziedzinie komputerów i jednostek obliczeniowych. Pojawiły się pierwsze zintegrowane rozwiązania w postaci czujników wizyjnych oraz inteligentnych kamer, w których zaimplementowano algorytmy umożliwiające lokalizację obiektów w przestrzeni obrazu, pomiar podstawowych cech tych obiektów oraz porównywanie ich z wcześniej zapisanymi wzorcami. Pojawiły się również pierwsze

zrobotyzowane aplikacje wykorzystujące systemy wizyjne. Okazało się, że połączenie to znacznie zwiększa możliwości stosowania robotów przemysłowych, które dotychczas nie były brane pod uwagę przy realizacji niektórych zadań z racji sztywnych algorytmów ich działania. Implementacja standardowego sterowania pozycyjnego zazwyczaj okazywała się niewystarczająca, szczególnie gdy zmiany otoczenia musiały wpływać na pracę robota. Do rozpowszechnienia systemów wizyjnych w robotyce przyczynił się także rozwój przemysłowych standardów komunikacji oraz metod kalibracji systemów wizyjnych, co pozwoliło w prosty sposób łączyć dane pochodzące z układu współrzędnych systemu wizyjnego z układami współrzędnych, w jakich porusza się robot.

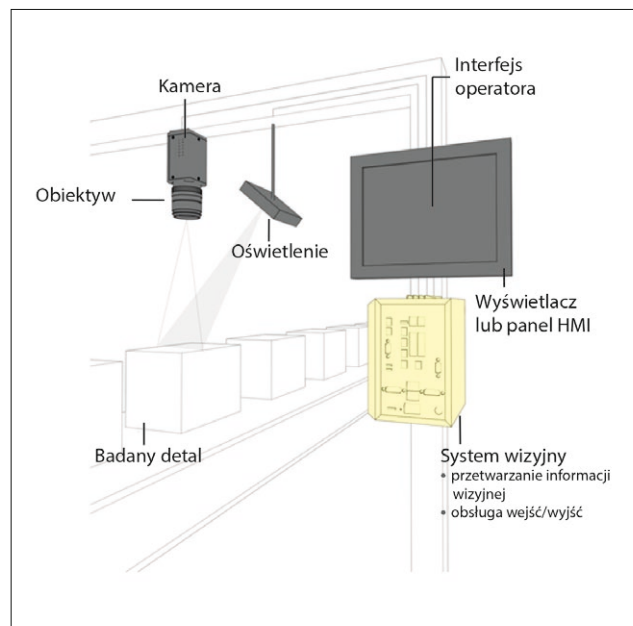
Obecnie główne wysiłki w zakresie rozwoju systemów wizyjnych nakierowane są na wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego oraz widzenie przestrzenne. Tak jak zastosowanie systemów wizyjnych na stanowiskach zrobotyzowanych pozwoliło na dodanie robotom dodatkowych źródeł informacji, tak zastosowanie algorytmów sztucznej inteligencji stanowi kolejny poziom nadania jeszcze większej elastyczności, a przede wszystkim prostoty w przygotowaniu aplikacji wizyjnej. Coraz krótsze serie produkcyjne, częste zmiany profilu działalności firm czy też różnorodność wytwarzanych produktów powodują, że dąży się do tego, aby robot przemysłowy, który zastąpił człowieka na linii produkcyjnej, stał się nie tylko szybki i precyzyjny, ale również choć trochę inteligentny. Inteligencja w tym przypadku wiąże się nierozdzielnie z koniecznością odbierania informacji z otoczenia, a w przypadku stanowiska zrobotyzowanego – informacji istotnych z punktu widzenia realizowanego procesu technologicznego. Jednym z najbardziej istotnych źródeł informacji są w tym przypadku właśnie systemy wizyjne dostarczające informacji o otoczeniu robota w dwóch lub trzech wymiarach.

Mówiąc o systemach wizyjnych, warto zdać sobie sprawę, że w literaturze często można spotkać się z terminami: wizja maszynowa oraz wizja komputerowa. Koncepcja maszyn, które mogą zbierać informację z otoczenia i działać na ich podstawie, nie jest nowa. Na początku automatyzacji przemysłu maszyny wyposażano w pojedyncze czujniki wykrywające określone oddziaływanie fizyczne – nacisk, ciśnienie, temperaturę (czujniki zamieniające wielkość fizyczną na analogowy sygnał elektryczny, a obecnie coraz częściej na cyfrową postać sygnału, co znacząco ułatwia jej dalsze wykorzystanie w cyfrowych systemach sterowania). Od początku jednak właśnie nauczanie maszyn widzenia stanowiło swojego

rodzaju Świętego Grała, którego zdobycie stanowiłoby radykalną zmianę zasad działania tych maszyn. Wynikało to z faktu, że korzystając z jednego zarejestrowanego obrazu, można bezkontaktowo pozyskać tę samą ilość informacji co przy użyciu kilku klasycznych czujników rejestrujących np. położenie czy inne cechy badanego obiektu. Wizja maszynowa (ang. *machine vision* – MV) to termin, którym określa się rozwiązania polegające na wykorzystaniu istniejących technologii i narzędzi, umożliwiające przekazywanie określonych danych lub informacji pochodzących z kamer w taki sposób, aby mogły być użyte do rozwiązywania problemów związanych z postrzeganiem cech obiektów znajdujących się w ich polu widzenia. Jednym z najczęstszych, praktycznych zastosowań systemów wizyjnych maszyn jest kontrola produktu w procesie produkcji oraz pozycjonowanie obiektów w przestrzeni roboczej. Istotą widzenia maszynowego jest przetwarzanie obrazów dostarczonych do komputera z kamer i ich interpretacja na potrzeby sterowania kinematyką robota. Tu pojawia się pojęcie widzenia komputerowego (ang. *computer vision* – CV), czyli rozpoznawania obrazu. Techniki widzenia komputerowego polegają na naśladowaniu ludzkiego systemu widzenia w celu wyodrębnienia przydatnych informacji z cyfrowych obrazów statycznych lub ruchomych, w tym filmów. CV to dziedzina elektroniki i informatyki obejmująca technologie i narzędzia, dzięki którym komputery widzą i interpretują otaczający je świat.

Wizja maszynowa jest wykorzystywana do czterech zasadniczych zadań. Są to:

- **Pozycjonowanie** – zadanie polegające na wykrywaniu i lokalizowaniu obiektów, a następnie zgłaszaniu liczby wykrytych obiektów oraz ich współrzędnych i orientacji każdego z nich. Zadanie to jest szczególnie popularne w przypadku zastosowań zrobotyzowanych podczas operacji pobierz i odłóż (ang. *pick and place*), kiedy robot dzięki zintegrowanemu systemowi wizyjnemu może odnaleźć detal w polu widzenia systemu wizyjnego, a następnie udostępnić te dane, aby robot, z którym zintegrowany jest system wizyjny, mógł pobrać element i odłożyć w miejsce zgodnie z zaprogramowanym algorytmem. Pozycjonowanie może być też wykorzystywane w operacjach depaletyzacji – wówczas stanowisko wykorzystujące taki system jest w stanie w sposób w pełni automatyczny przeprowadzić depaletyzację towaru.
- **Inspekcja** – zadanie polegające na sprawdzeniu jakości produktu, m.in. sprawdzeniu obecności wszystkich części zespołu lub znalezieniu wady bądź odchylenia parametrów od zadanych wartości. Zadanie to może być realizowane zarówno na stanowiskach zrobotyzowanych, jak i niezrobotyzowanych. W przypadku stanowisk zrobotyzowanych najczęściej procesy inspekcyjne wykorzystuje się na stanowiskach montażowych oraz obsługi maszyn. Przykładem stanowisk niezrobotyzowanych są wszelkiego rodzaju zastosowania związane z szybkim przepływem towarów jak przy produkcji żywności o długim okresie przydatności czy też napojów (sprawdzenie poprawności nadruków, stanu opakowania, poprawności zamknięcia opakowania itp.).



↑ Rys. 1. Podstawowe komponenty przemysłowego systemu wizyjnego [164]

- **Pomiar** – zadanie polegające na określeniu wymiarów geometrycznych obiektu, takich jak długość, szerokość, wysokość, powierzchnia i objętość. Zadanie to jest często elementem zadań wchodzących w skład inspekcji wizyjnej. Pomiarów są realizowane zarówno przez najprostsze czujniki wizyjne, jak i przez kamery inteligentne czy bardziej zaawansowane systemy wizyjne. W tym przypadku istotny jest zakres dokładności i jednostki, w jakich określane są wyniki pomiarów. W przypadku większości czujników wyniki pomiarów są podawane w pikselach, a w bardziej zaawansowanych systemach istnieje możliwość wybrania jednostek.
- **Odczyt** – zadanie dające możliwość dekodowania i rozpoznawania obrazów oraz tekstów, takich jak kod 1D, kod 2D i OCV/OCR. Zadania te często mogą stanowić wstęp do innych zadań procesów wizyjnych – na podstawie odczytanego kodu system wizyjny jest w stanie np. przestroić się na inspekcję obiektu opisanego określonym kodem. Zadanie czytania jest jednak najbardziej rozpowszechnione w zastosowaniach związanych z logistyką, gdzie kodom są przyporządkowane całe zbiory informacji mówiące o życiu produktu. O istotności tego zadania może świadczyć również fakt, że główni producenci rozwiązań z zakresu systemów wizyjnych mają dedykowane linie produktów do zadań związanych z odczytem kodów 1D i 2D.

W wielu przypadkach system wizyjny dla określonej aplikacji przemysłowej składa się z kombinacji kilku takich zadań, gdzie często w zależności od rozpoznanego detalu, realizowane mogą być różne zestawy zadań.

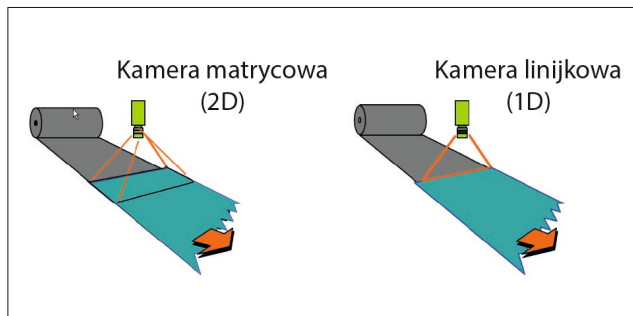
W skład praktycznie każdego systemu wizyjnego (rys. 1) wchodzi urządzenie (kamera lub zestaw kamer w przypadku systemów stereowizyjnych lub systemów realizujących operacje będące złożeniem kilku obrazów z kamer) służące do

rejestracji obrazu (natężenia oświetlenia pochodzącego ze sceny wizyjnej) oraz jego przetworzenia na sygnał cyfrowy, jak również urządzenia przeznaczone do dalszego przetwarzania i analizy informacji cyfrowej, zgodnie z opracowanym i uruchomionym algorytmem.

Aby system wizyjny mógł pracować wydajnie, konieczne jest zapewnienie odpowiednich warunków oświetlenia. Zmiana parametrów oświetlenia może bowiem prowadzić do sytuacji, kiedy system wizyjny po prostu nie będzie w stanie rozpoznać elementów na scenie wizyjnej: kiedy jest za jasno, system jest niejako oślepiony, a gdy jest za ciemno, nie może niczego dostrzec w mroku. Człowiekowi rozszerzająca się lub zwężająca źrenica umożliwia dostosowanie ilości światła padającego na siatkówkę oka, czyli dostosowanie do zmiennych warunków ekspozycji w otaczającym świecie. W przypadku systemów wizyjnych elementem odpowiadającym źrenicy jest przesłona obiektywu. W wielu systemach stopień otwarcia przesłony jest regulowany automatycznie. W innych zmienne warunki oświetlenia są kompensowane zmianą czasu ekspozycji. Niestety każda zmiana tych parametrów zajmuje pewien czas (czas trwania procesu regulacji), a zakres zmiany tych parametrów jest ograniczony.

2. Systemy wizyjne 1D, 2D, 2,5D i 3D

Najczęściej spotykane są systemy wizyjne 2D i 3D (obrazowanie w dwóch wymiarach lub trzech wymiarach – przestrzenne). W ostatnich latach szczególnie systemy 3D stały się bardzo popularne ze względu na pojawienie się wielu nowych technologii implementujących obrazowanie przestrzenne. Znaczenie poszczególnych kategorii systemów w przypadku stanowisk zrobotyzowanych jest jednak nieco inne. System wizyjny 2D jest rozwiązaniem najczęściej spotykanym. Polega on na zastosowaniu jednej kamery lub zestawu kamer, jeśli wymagane jest uzyskanie obrazu z większej powierzchni podczas realizacji procesu wizyjnego. Większość rozwiązań dostępnych na rynku wykorzystuje standardowe kamery 2D przetwarzające obraz rzeczywistego świata na płaski obraz.



↑ Rys. 2. Sposób przetwarzania obrazu w kamerze matrycowej i liniowej [165]

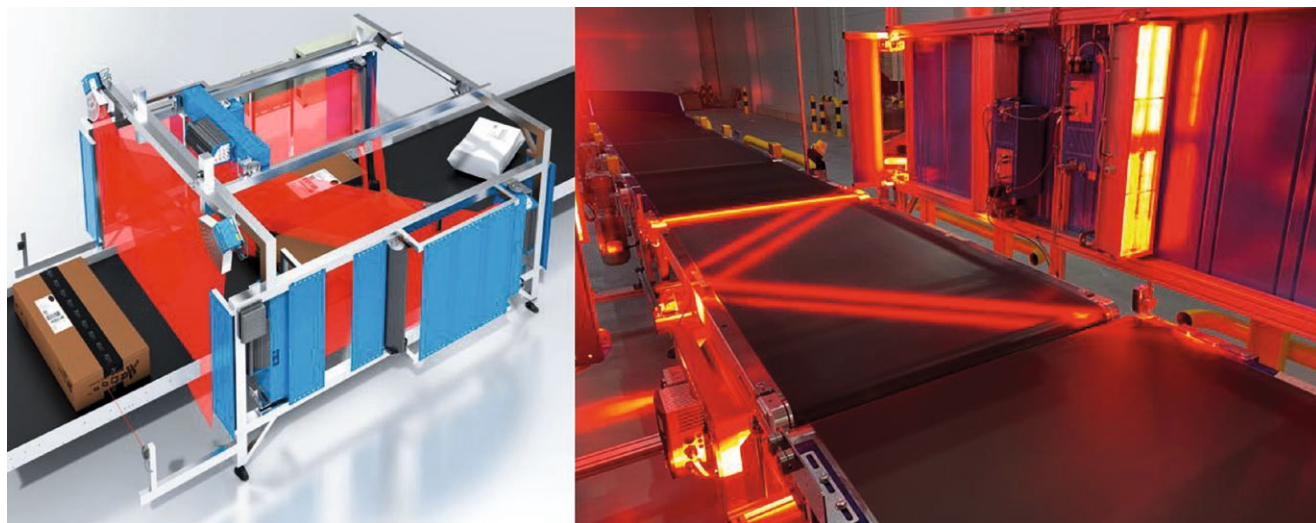
Takie rozwiązanie jest z jednej strony dość wygodne, lecz z drugiej strony ma dość znaczące ograniczenia. Nie zapewnia ono bowiem pełnej informacji o położeniu i orientacji obiektu w przestrzeni, co zapewniają dopiero systemy 3D. Warto również zauważyć, że choć może to się wydawać nie naturalne, kiedy mówi się o systemach wizyjnych, są jeszcze systemy oparte na kamerach liniowych, często w literaturze nazywane systemami 1D.

Czym są więc poszczególne technologie widzenia maszynowego i jakie są ich główne cechy?

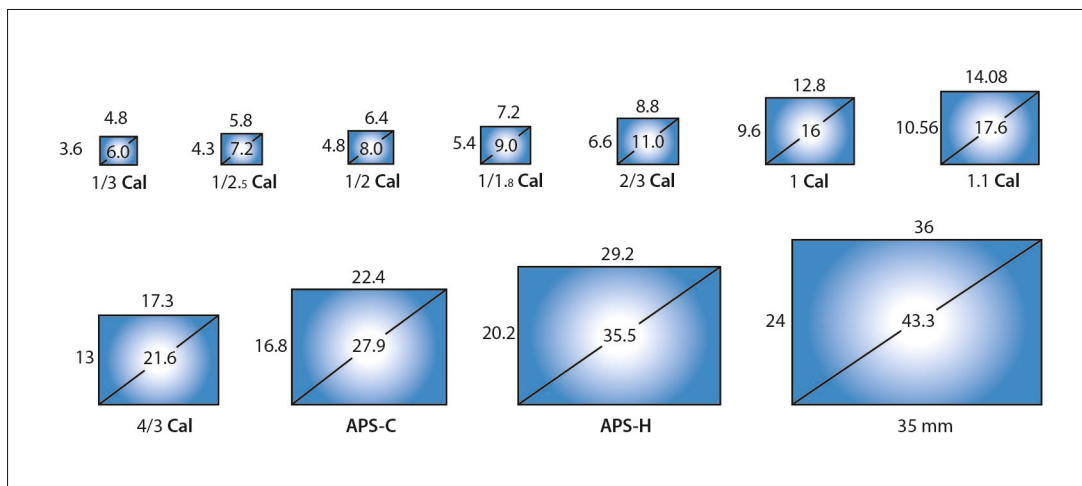
2.1. Technologia wykorzystująca kamery liniowe (1D)

Rozwiązanie 1D polega na analizowaniu sygnału rejestrowanego przez kamerę, której matryca ma postać prostokąta o krótszym boku równym najczęściej jeden do trzech pikseli (w literaturze możemy spotkać się ze stosowanymi zamiennie nazwami kamera liniowa jak również kamera liniowa). Obraz, na którym mogą być przeprowadzane operacje analizy obrazu, jest składany z kolejnych linijek obrazu (rys. 2).

Tego rodzaju systemy są z powodzeniem wykorzystywane do ciągłej kontroli przy produkcji takich materiałów jak papier, tworzywa sztuczne, metale i inne włókna w arkuszach lub rolkach. Technologia wykorzystująca kamery



↑ Rys. 3. Przykład rozwiązania firmy SICK wykorzystującego kamery liniowe do skanowania kodów paczek [166]



← Rys. 4. Wielkości matryc stosowanych w standardowych kamerach wykorzystywanych w systemach wizyjnych [167]

linijkowe jest powszechnie używana do wykrywania i klasyfikacji defektów materiałów wytwarzanych w procesie ciągłym. Głównymi zadaniami, dla których warto zastanowić się nad zastosowaniem kamer linijkowych, są:

- kontrola obiektów o kształtach cylindrycznych;
- inspekcja w ograniczonej przestrzeni – tam, gdzie nie ma możliwości uzyskania pełnego obrazu kontrolowanego obiektu;
- kontrola parametrów obiektów przy zachowaniu wysokiej rozdzielczości;
- kontrola obiektów i towarów w ruchu ciągłym.

W przypadku technologii 1D proces skanowania detalu może być realizowany albo poprzez ruch detalu (kolejne linie przemieszczającego się detalu są rejestrowane przez linijkę detektorów matrycy), albo poprzez ruch zwierciadła skanującego linijką detektorów powierzchnię obiektu (detal jest nieruchomy, a przemieszczany jest jedynie obraz fragmentu detalu rzutowany na linijkę detektorów). Na rysunku 3 przedstawiono system śledzenia oparty na kamerze linijkowej ICR89x firmy SICK. System wizyjny wykorzystuje sześć kamer z przetwornikami liniowymi. Cztery z nich są umieszczone po bokach podajnika (po dwie na stronę), jedna znajduje się nad podajnikiem, a kolejna w szczelinie pomiędzy podajnikami. Takie rozwiązanie pozwala na zeskanowanie każdej z sześciu stron kartonu, a następnie na odczyt kodu na zarejestrowanym obrazie. Idealnie dla wszystkich zaawansowanych aplikacji do odczytu kodów liniowych i 2D w procesach transportowych i logistycznych. Wyjątkowa jakość obrazu zintegrowanej kamery ICR89x sprawia, że nadaje się ona do zastosowania w OCR, kodowaniu wideo i aplikacjach. Rozwiązanie jest idealne dla wszystkich zaawansowanych aplikacji do odczytu kodów liniowych i dwuwymiarowych w procesach transportowych i logistycznych. Wyjątkowa jakość obrazu zintegrowanej kamery ICR89x sprawia, że nadaje się ona do zastosowania w rozpoznawaniu tekstu, kodowaniu wideo i aplikacjach wizyjnych.

2.2. Technologia kamer 2D

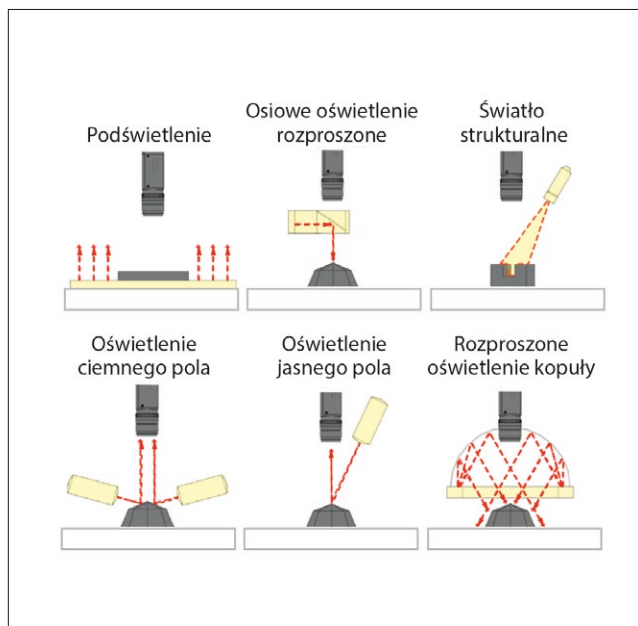
Najpopularniejszym rodzajem technologii wizyjnej jest obrazowanie 2D. Jest ona szczególnie przydatna w przypadku

detekcji i śledzenia obiektów o dużym kontraście, określonej teksturze lub kolorze. Z wykorzystaniem wizji 2D można rozwiązać praktycznie wszystkie cztery główne zadania wizyjne, choć trzeba tutaj zwrócić uwagę, że jeśli chodzi o operację pozycjonowania na potrzeby stanowisk zrobotyzowanych, to nie dostarcza ona pełnych informacji o orientacji detalu i nadaje się bardziej do pozycjonowania na zadanej płaszczyźnie.

W systemach wizyjnych 2D do akwizycji obrazu obiektu wykorzystuje się standardowe kamery analogowe, a coraz częściej cyfrowe. W przypadku widzenia maszynowego 2D rejestrowana jest (i przetwarzana zależnie od przyjętego algorytmu) dwuwymiarowa mapa ($x-y$) natężenia odbitej wiązki światła. Należy pamiętać, że obraz 2D nie dostarcza bezpośrednich informacji w trzecim wymiarze. Przetwarzanie zazwyczaj polega na porównywaniu zmian natężenia oświetlenia (kontrastu). Systemy wizyjne 2D są stosowane w branży automatyki przemysłowej w szerokim zakresie zadań, w tym w zadaniach weryfikacji cech i położenia, sprawdzaniu wymiarów, odczytywaniu kodów kreskowych, rozpoznawaniu znaków, weryfikacji etykiet i kontroli jakości. Typowymi ograniczeniami technologii widzenia maszynowego 2D są: błędy paralaksy, mała głębia ostrości, wpływ światła otoczenia i zmian kontrastu. Często ograniczenia te mogą być eliminowane za pomocą odpowiednich algorytmów obliczeniowych, choć zazwyczaj wiąże się to z koniecznością spowolnienia procesu wizyjnego.

W obrazowaniu 2D scena wizyjna jest rejestrowana w czasie rzeczywistym przez kamerę matrycową. Wynikową reprezentacją sceny jest obraz monochromatyczny (oddający zmiany natężenia oświetlenia w skali szarości) lub obraz kolorowy (często wartości RGB). Parametrem mającym wpływ na czułość przetwornika i poziom szumu jest wielkość matrycy (rys. 4). Kamery z większym przetwornikiem zazwyczaj charakteryzują się większą czułością i mniejszym poziomem szumu na rejestrowanym obrazie, co ma bezpośredni wpływ na jakość uzyskiwanych obrazów.

Kluczowe dla akwizycji obrazu 2D o jakości odpowiedniej do zadania są, poza matrycą, wybór obiektywu (o odpowiedniej ogniskowej i przesłonie) oraz oświetlenia. Wybór



↑ Rys. 5. Najpopularniejsze rozwiązania oświetlenia stosowane w systemach wizyjnych 2D [168]

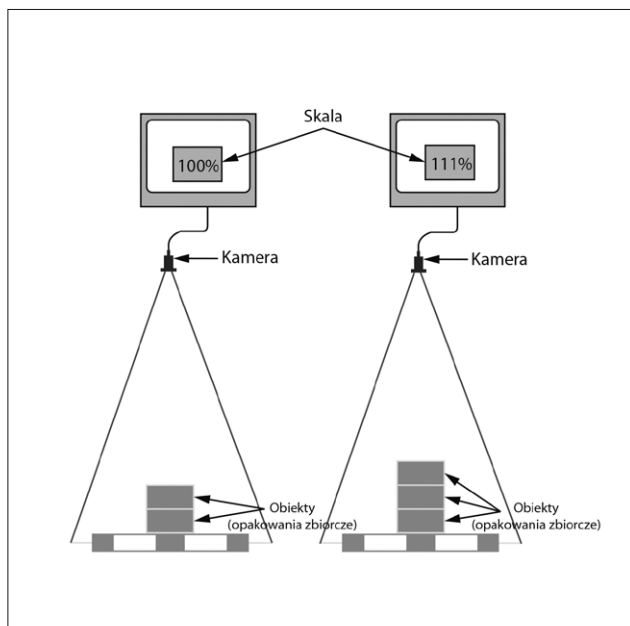
obiektywu wiąże się z takimi parametrami optycznymi jak jasność oraz ogniskowa. Dobierając układ optyczny do kamery systemu wizyjnego, należy mieć na uwadze zastosowanie, czyli pole widzenia oraz odległość kamery od rejestrowanej powierzchni. Od parametrów oświetlenia w dużej mierze zależy jakość obrazu rejestrowanego przez system wizyjny. Prawidłowe oświetlenie (rys. 5) pozwala na uwydatnienie cech istotnych obiektu poddawanego analizie, zapewnia wysoką jakość obrazu i zapewnia stabilne warunki pracy, niezależnie od światła otoczenia, które często potrafi zmieniać się w cyklu dobowym. W przypadku nieodpowiedniego oświetlenia sceny wizyjnej uzyskany obraz będzie wymagał skorygowania przez wydłużenie czasu ekspozycji bądź zastosowanie odpowiednich narzędzi programowych, co może nie dać takich wyników jak dobrze oświetlona scena. Przy odpowiednio dobranym oświetleniu i ustabilizowaniu warunków często można znacząco uprościć i przyspieszyć wdrożenie systemu wizyjnego.

Systemy wizyjne 2D są głównie wykorzystywane do:

- identyfikacji części, rozpoznawania położenia;
- pomiaru wielkości geometrycznych;
- kierowania robotem w płaszczyźnie;
- programowania i/lub korekcji centralnego punktu narzędzia;
- operacji pick and place;
- składania (zestawianie) części;
- rozpoznawania wad na płaszczyznach (powierzchniach);
- rozpoznawania pisma (OCR) i kodów.

2.3. Technologia widzenia 2,5D

Termin widzenia 2,5D wiąże się z dodaniem trzeciego wymiaru, a więc wysokości elementu, którego obraz jest rejestrowany klasyczną kamerą 2D. Korzystając ze standardowej



↑ Rys. 6. Idea pracy systemu wizyjnego 2,5D wykorzystywanego w procesie depaletyzacji [169]

kamery i systemu wizyjnego, jak to ma miejsce w przypadku standardowych systemów wizyjnych, nie ma możliwości określenia wysokości obiektów. Można ją jednak obliczyć w sposób pośredni, korzystając z faktu, że obiekt znajdujący się bliżej kamery daje większy obraz, a im obiekt jest dalej, tym jego wymiar na obrazie jest mniejszy.

Aby móc jednak obliczyć wysokość, na której znajdują się kolejne warstwy opakowań (najczęściej są to kartony zbiorcze), konieczna jest znajomość wysokości opakowania podawanego rozpoznaniu. Podczas konfiguracji aplikacji należy zarejestrować obraz dwóch kolejnych warstw i wprowadzić wysokość warstwy (wysokość opakowania). Następnie algorytm automatycznie, znając parametry systemu optycznego, przelicza procentową zmianę skali obrazu i na tej podstawie interpretuje wysokość warstwy, na której znajduje się wykryte opakowanie. W przypadku zbiorczych opakowań kartonowych stosunek wysokości do pozostałych wymiarów jest na tyle duży, że system wizyjny jest w stanie policzyć i zinterpretować wysokość, na jakiej znajduje się dane opakowanie (rys. 6).

Najważniejszą korzyścią implementacji rozwiązania 2,5D jest brak konieczności stosowania dodatkowych czujników w celu wykrywania poziomu warstwy, z której mają być pobierane elementy. Dobry stosunek jakości do ceny spowodował, że systemy 2,5D stały się powszechne w operacjach paletyzacji i depaletyzacji.

2.4. Technologia widzenia 3D

Najbardziej zaawansowanym rozwiązaniem z zakresu technologii systemu wizyjnego jest system 3D, umożliwiający zarówno rozpoznawanie cech i parametrów przestrzennych, jak i położenia (X , Y , Z) oraz orientacji (W , P , R) detali. W takim przypadku możliwe jest wykorzystanie robota nie

tylko do pobierania elementów umieszczonych na dwuwymiarowej powierzchni podajnika, ale również wtedy, gdy ich położenie jest losowe oraz gdy znajdują się one w pojemniku lub kontenerze.

Systemy wizyjne 3D z reguły są konstrukcjami dość złożonymi w stosunku do systemów 2D. Zwykle składają się z wielu kamer lub laserowych czujników przemieszczenia zamontowanych w różnych miejscach, umożliwiając triangulację obiektu w przestrzeni 3D. Systemy wizyjne 3D mogą być wykorzystywane do bardzo wielu zadań, w tym do pomiaru grubości i wysokości, obliczania objętości, weryfikacji kształtów, pomiaru parametrów otworów, kątów i krzywych, wymiarowania i zarządzania przestrzenią, wykrywania wad powierzchniowych lub wad montażu, kontroli jakości, operacji typu pick and place, pakowania lub montażu, skanowania i digitalizacji obiektów jak również prowadzenia robota i śledzenia powierzchni (np. podczas operacji spawania, klejenia, gratowania).

Techniki obrazowania 3D mogą być realizowane na wiele różnych sposobów. Każda z nich ma swoje zalety i wady, które mogą ją predestynować do określonych zastosowań bądź ją z nich wykluczać. W ogólności techniki obrazowania 3D można podzielić na dwie zasadnicze kategorie:

- metody skanowania;
- metody migawkowe.

W technice wykorzystującej proces skanowania obrazy 3D są generowane profil po profilu albo przez przesuwanie obiektu w obszarze pomiarowym, albo przez przesuwanie kamery nad obiektem. Warunkiem uzyskania poprawnego obrazu 3D jest zapewnienie pełnej synchronizacji przemieszczenia z rejestracją kolejnych profili obrazu obiektu. Może być to realizowane bądź przy użyciu enkodera rejestrującego liniowy ruch obiektu, bądź przez rejestrowanie ruchu robota przemieszczającego obiekt w przestrzeni skanowania. Uzyskiwane w ten sposób obrazy zazwyczaj charakteryzują się dużą dokładnością. Przykładem tego typu metody obrazowania 3D są systemy wykorzystujące triangulację laserową. W przypadku technik migawkowych system wykonuje często jedno lub kilka ujęć z jednej lub kilku kamer. W zależności od zastosowanej techniki migawkowej widzenia 3D możemy wyróżnić metody oparte na stereowizji, na wykorzystaniu światła strukturalnego oraz metody polegające na pomiarze czasu przelotu sygnału świetlnego (ang. *Time-of-Flight* – ToF).

2.5. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące triangulację laserową

W triangulacji laserowej do obrazowania 3D jest używany laser i kamera służąca do rejestracji linii laserowej rozkładającej się w poprzek na powierzchni skanowanego obiektu. Uzyskane w ten sposób profile są następnie łączone w specjalistycznym oprogramowaniu, aby stworzyć obraz 3D. Przykładem może tu być kamera TriSpectorP1000 firmy SICK (rys. 7). Ponieważ pozyskiwanie profilu wysokości wymaga ruchu obiektu lub kamery, metoda jest określana jako technologia skanowania. Triangulacja laserowa charakteryzuje



↑ Rys. 7. System wizyjny TriSpectorP1000 firmy SICK wykorzystujący metodę triangulacyjną [170]

się większą dokładnością pomiaru niż ma to miejsce w przypadku takich technologii jak ToF, ma jednak bardziej ograniczony zakres pomiarowy, co w wielu przypadkach może stanowić istotne ograniczenie jej zastosowania.

2.6. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące stereowizję

W stereowizji dane obrazu pozyskiwane z dwóch kamer są przetwarzane za pomocą specjalnego algorytmu, w wyniku czego uzyskuje się przestrzenny obraz każdego punktu w przestrzeni. W ten sposób, znając wzajemne położenie kamer, można odtworzyć głębię obrazu. Technika ta jest odzwierciedleniem ludzkiego procesu widzenia, co ma szereg zalet, takich jak możliwość osiągnięcia wysokiej precyzji dla małych odległości czy możliwość wykorzystania dwóch kamer 2D zamiast kamery 3D. Metoda ta wymaga jednak skomplikowanych algorytmów, dużej mocy obliczeniowej oraz precyzyjnej metody pobierania obrazów. Sprawia to, że stereowizja jest droga, złożona w obsłudze i trudna w zastosowaniach do aplikacji wymagających pracy w czasie rzeczywistym.

W odróżnieniu od triangulacji laserowej i ToF w metodzie stereowizji nie używa się zazwyczaj dedykowanego źródła światła. Jednak, aby znaleźć korelacje, dwa obrazy muszą mieć wystarczającą liczbę szczegółów, a obiekty odpowiednią teksturę lub niejednorodność. Z tego powodu nadaje się ona do zastosowań przy dużym polu widzenia i do zastosowań na zewnątrz.

Aby system mógł działać poprawnie, konieczne jest wykonanie kalibracji. Polega ona na ustawieniu wewnętrznych i zewnętrznych parametrów kamery. Wewnętrzne parametry określają geometryczne, cyfrowe i optyczne cechy kamery, takie jak ogniskowa kamery, współrzędne środka obrazu i rozmiar piksela matrycy kamery. Zewnętrzne parametry to względna pozycja kamery i orientacja kamer względem siebie, a także parametr stanowiący o odległości między środkami rzutowania.

Proces akwizycji i obróbki danych rozpoczyna się od korekcji zniekształceń geometrycznych wynikających z optyki układu oraz przekształcenia obrazów z niekanonicznego w kanoniczny układ kamer (osie optyczne kamer są

równoległe oraz współrzędne z ognisk kamery są takie same). Procesy te są określane mianem rektyfikacji. Jest to możliwe dzięki wstępnej kalibracji układu optycznego. W kolejnym etapie na obu obrazach są wyszukiwane odpowiadające sobie piksele i wyznaczana jest wartość dysparycji (odległość między obrazami tego samego punktu na płaszczyznach dwóch lub więcej kamer) dla każdej stereopary (obrazy tego samego punktu widzianego z różnych perspektyw). Umożliwia to wykonanie mapy dysparycji.

Aby możliwe było dopasowanie obrazów stereo, przyjmuje się założenia upraszczające:

- jeden z obrazów przyjmuje się jako obraz odniesienia;
- pikselowi z pierwszego obrazu przyporządkowuje się dokładnie jeden piksel z drugiego obrazu;
- zakłada się symetryczność obrazów (zamiana obrazu lewego z prawym nie wpływa na przyporządkowanie);
- jasność pikseli na jednym obrazie jest zbliżona do jasności na drugim obrazie;
- wolnozmiennosc dysparycji w całym obszarze obrazu.

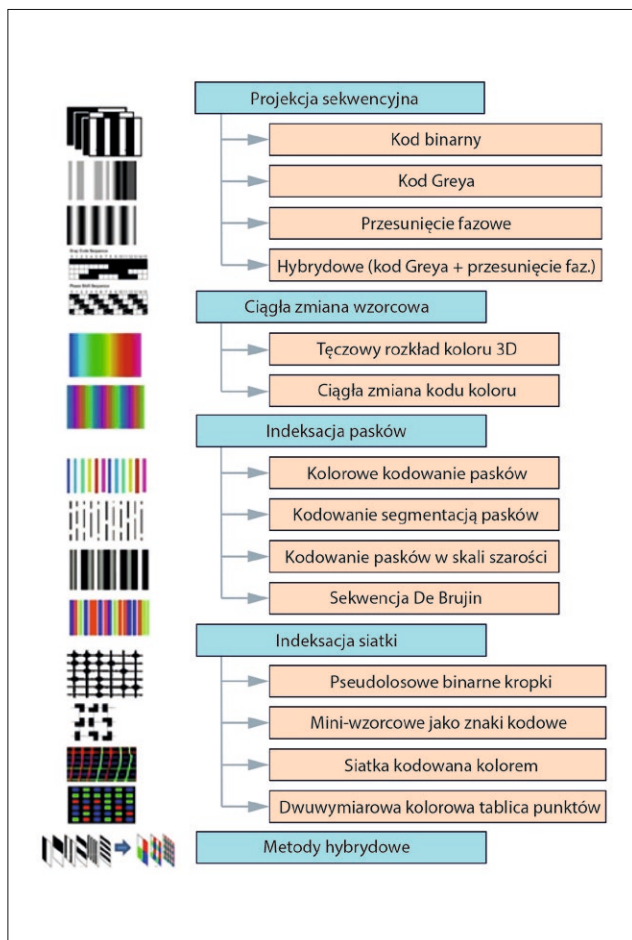
Na podstawie danych z kalibracji oraz mapy dysparycji, wykorzystując zjawisko triangulacji, tworzy się mapę głębi. Dzięki temu znane są nie tylko współrzędne x i y analizowanego obiektu, ale także jego odległość od kamery. Aby uzyskać lepsze wyniki, możliwe jest podniesienie szczegółowości poprzez oświetlenie sceny światłem strukturalnym. Stereowizja znajduje bardzo szerokie zastosowania, poczynając od aplikacji zrobotyzowanych, poprzez systemy rzeczywistości wirtualnej, aż po diagnostykę medyczną.

2.7. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące światło strukturalne

Obecnie dostępnych jest wiele migawkowych technik obrazowania powierzchni za pomocą światła strukturalnego (rys. 8). W zależności od tego, ile obrazów jest wykorzystywanych i jaki rodzaj światła strukturalnego jest użyty, można te rozwiązania podzielić na sekwencyjne (wielokrotne) lub jednokrotne. Jeśli docelowy obiekt 3D podlegający analizie jest statyczny, a zastosowanie nie nakłada surowych ograniczeń na czas akwizycji, można zastosować techniki wielokrotne (ang. *sequential projections*), uzyskując dokładniejsze i bardziej wiarygodne wyniki. Jeśli obiekt się porusza, konieczne jest zastosowanie metod wykorzystujących jeden obraz – migawkowy obraz powierzchni 3D obiektu w określonym czasie. Techniki wykorzystujące jeden obraz możemy podzielić na trzy szerokie kategorie w zależności od rodzaju wykorzystanego światła strukturalnego rzutowanego na obiekt. Są to metody wykorzystujące:

- stale zmieniające się wzorce światła strukturalnego (ang. *continuous varying pattern*);
- schematy kodowania 1D (ang. *stripe indexing*);
- schematy kodowania 2D (ang. *grid indexing*).

Każda z nich ma swoje zalety i wady, w zależności od konkretnych zastosowań. Istnieje również możliwość łączenia różnych technik w celu osiągnięcia zamierzonych korzyści, co musi być jednak zweryfikowane już do konkretnego zastosowania.



↑ Rys. 8. Klasyfikacja technik obrazowania 3D wykorzystujących światło strukturalne [171]

2.8. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące ToF

Kamery 3D Time-of-flight (ToF) tworzą obrazy 3D w technice migawki. Oznacza to, że nie jest potrzebny ruch obiektu ani ruch kamery. Metoda polega na pomiarze czasu przelotu sygnału świetlnego pomiędzy źródłem światła, stanowiącym element systemu, powierzchnią, na którą to światło pada i od której się odbija, a kamerą rejestrującą obraz. Pomiar realizowany jest dla każdego punktu obrazu. Znając przesunięcie fazowe czasu nadejścia sygnału w stosunku do sygnału początkowego, można wyznaczyć odległość między urządzeniem a obiektem i sceną. W wyniku uzyskuje się natychmiast (niemal w czasie rzeczywistym) obraz 3D sceny. Metoda z pomiarem czasu przelotu jest odpowiednia do zastosowań z dużym polem widzenia i odległością roboczą powyżej 0,5 m.

Pierwsze wprowadzone na rynek kamery ToF opierały się na pomiarze głębokości przy użyciu techniki znanej jako modulacja fali ciągłej (CW), która polega na obliczaniu różnic fazowych między światłem emitowanym ze źródła światła a światłem uchwyconym przez matrycę kamery. Najnowsze rozwiązania wykorzystują tak zwaną technikę modulacji impulsowej. W rozwiązaniu tym kamera uruchamia jednostkę oświetlającą, która emituje impulsy światła o dużym natężeniu skierowane na obiekty znajdujące się na scenie. Impulsy odbite od obiektów znajdujących się bliżej wracają do czujnika czasu przelotu w aparacie przed obiektami

znajdującymi się dalej. Na podstawie kilku kolejnych przechwyconych klatek możliwe jest wyodrębnienie głębi obrazu ze sceny. Liczba klatek na sekundę rejestrowanych przez kamerę odpowiada docelowemu zakresowi pracy kamery.

Teoretycznie pulsacyjna kamera ToF może wykorzystywać do oświetlenia sceny światło o dowolnej długości fali. Jednak rozdzielczość głębi obrazu kamer wykorzystujących bliską podczerwień jest czterokrotnie większa niż ich odpowiedników wykorzystujących światło widzialne. Światło podczerwone, jako niewidoczne dla ludzkiego oka, jest również mniej inwazyjne niż światło widzialne, co skutkuje mniejszym zmęczeniem operatora. Ważne jest też to, że kamery wykorzystujące światło podczerwone są odporne na natężenie oświetlenia otoczenia i mogą nawet działać w ciemnym otoczeniu. Kamery ToF mają przewagę nad pasywnymi i aktywnymi systemami triangulacji, ponieważ nie wymagają, aby system wizyjny określał, które punkty obrazu uchwyconego przez jedną kamerę odpowiadają tym samym punktom w innej kamerze. Nie ma również potrzeby mierzenia parametrów zewnętrznych, takich jak względna pozycja i orientacja dwóch kamer, ponieważ używana jest tylko jedna kamera. Kolejną zaletą rozwiązania ToF jest fakt, iż nie ma potrzeby integracji dodatkowego zewnętrznego źródła światła w systemie, ponieważ obiekty są automatycznie oświetlane przez źródło światła, które jest zsynchronizowane z kamerą.

Niestety dostępne na rynku systemy mają również istotne ograniczenia. Kamery o modulacji fali ciągłej charakteryzowały się małymi czujnikami o bardzo małej rozdzielczości w porównaniu z kamerami częściej używanymi w przemyśle widzenia maszynowego, co czyni je nieodpowiednimi do użytku w wielu zastosowaniach przemysłowych. W przypadku kamer z modulacją impulsową rozdzielczość głębi obrazu, którą oferują przy szybkości 30 klatek na sekundę, nie przekracza ± 1 cm w odległości roboczej od 0,5 do 5 m. Kamery ToF nie są również rozwiązaniem idealnym szczególnie w przypadku zastosowań przemysłowych, gdzie ważna jest powtarzalność i odporność na warunki zewnętrzne. Zdecydowanie największą wadą wynikającą z tego, że do obrazowania wykorzystywane są fale świetlne powracające do czujnika, jest to, że każde inne światło obecne w przestrzeni roboczej kamery będzie negatywnie wpływać na dokładność pomiaru.

Dowodem świadczącym jednak o skuteczności i łatwości zastosowania technologii ToF jest to, że urządzenie z niej korzystające sprzedawało się w milionach egzemplarzy i do dzisiejszego dnia jest używane. Urządzeniem tym jest kamera Kinect do Xboxa 360 oraz jego nowsza wersja Kinect 2.0, a obecnie technologia zaczyna pojawiać się także w smartfonach.

Analizując rozwiązania z zakresu systemów wizyjnych 3D, warto mieć na uwadze czynniki, które charakteryzują

↓ **Tabela 1.** Porównanie systemów wizyjnych 3D

| System | Cechy | Przykład |
|--|--|---|
| Triangulacja laserowa (kamera + projektor laserowy) | <ul style="list-style-type: none"> • źródło światła: laser do projekcji liniowej • nie ma potrzeby oświetlenia otoczenia wysoka rozdzielczość i dokładność szczegółów • stosunkowo krótki zakres pomiarowy • okluzja możliwa, gdy kamera nie widzi lasera, gdy jest ukryta za obiektem • technologia skanowania | TriSpectorP1000 firmy SICK |
| Triangulacja laserowa na potrzebę określenia orientacji obiektu (kamera + promiennik laserowy) | <ul style="list-style-type: none"> • źródło światła: laser do projekcji krzyżowej + pasywne/aktywne światło otoczenia • wysoka rozdzielczość i dokładność szczegółów • stosunkowo krótki zakres pomiarowy • technologia migawki | Fanuc iRVision 3DL Vision System |
| Stereowizja (dwie kamery) | <ul style="list-style-type: none"> • źródło światła: pasywne/aktywne światło otoczenia • stosunkowo niska rozdzielczość i dokładność szczegółów • duży zakres pomiarowy • nadaje się do zastosowań zewnętrznych jak i wewnętrznych • technologia migawki | Fanuc iRVision 3D Area Sensor Vision System |
| Technologia wykorzystująca światło strukturalne | <ul style="list-style-type: none"> • źródło światła: projektor światła strukturalnego • nie ma potrzeby oświetlenia otoczenia • duży zakres pomiarowy • stosunkowo duża rozdzielczość • technologia migawki | |
| Time-of-flight (TOF) | <ul style="list-style-type: none"> • źródło światła: modulowane czasowo • nie ma potrzeby oświetlenia otoczenia • duży zakres pomiarowy • stosunkowo mała rozdzielczość i dokładność szczegółów • technologia migawki | Kinect |

wydajność techniczną systemu obrazowania powierzchni 3D. Z punktu widzenia zastosowania najistotniejszymi wskaźnikami efektywności, które należy wykorzystać do oceny przydatności systemów obrazowania 3D, są:

- **dokładność** – dokładność pomiaru oznacza maksymalne odchylenie zmierzonej wartości uzyskanej przez system obrazowania powierzchni 3D od rzeczywistego wymiaru obiektu 3D; dość często system obrazowania 3D może mieć różne dokładności w różnych (x , y , z) kierunkach ze względu na nieodłączne właściwości projektowe systemów;
- **rozdzielczość** – rozdzielczość optyczna jest definiowana jako zdolność systemu optycznego do rozróżniania poszczególnych punktów lub linii na obrazie. Podobnie rozdzielczość obrazu 3D oznacza najmniejszą część powierzchni obiektu, którą może rozróżnić system obrazowania 3D. Jednak w systemach obrazowania 3D termin rozdzielczość obrazu czasami oznacza również maksymalną liczbę punktów pomiarowych, które system jest w stanie uzyskać w pojedynczej klatce;
- **szybkość akwizycji** – cecha ważna przy obrazowaniu 3D szczególnie w przypadku poruszających się obiektów. W przypadku systemów obrazowania 3D wykorzystujących pojedynczy obraz liczba klatek na sekundę oznacza ich zdolność do generowania pełnej klatki w krótkim odstępie czasu. W przypadku sekwencyjnych systemów obrazowania 3D (np. systemów skanowania laserowego) oprócz szybkości pozyskiwania klatek obrazu należy wziąć pod uwagę jeszcze jedną kwestię: czy obiekt porusza się podczas

wykonywania sekwencyjnej akwizycji. W związku z tym uzyskany pełnoklatkowy obraz 3D może nie przedstawiać migawki obiektu 3D w jednym miejscu, ale stanowić integrację punktów pomiarowych uzyskanych w kolejnych chwilach czasowych, dlatego wynikowy kształt 3D może być zniekształcony w stosunku do oryginalnego kształtu obiektu 3D. Istnieje jeszcze jedna różnica między szybkością akwizycji a szybkością obliczeń. Na przykład, niektóre systemy są w stanie pozyskiwać obrazy 3D z szybkością 30 klatek na sekundę, ale pozyskane obrazy są poddawane obróbce końcowej ze znacznie mniejszą szybkością. Zatem czas generowania danych 3D również musi być uwzględniony podczas implementacji takiego systemu w konkretnym zastosowaniu.

2.9. Podsumowanie

Przedstawiając technologie wykorzystywane w systemach wizyjnych 3D, należy podkreślić, że wybór konkretnego rozwiązania zależy od tego, która technologia będzie najbardziej odpowiednia ze względu daną aplikację i jej środowisko. W tabeli 1 podsumowano kluczowe cechy wspomnianych rozwiązań technologii 3D. □

Fragment pochodzi z książki: *Robotyzacja i automatyzacja* dr inż. Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk
Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Reklama



Wspieramy naukę i rozwój!

napędy i sterowanie
miesięcznik naukowo-techniczny

Jesteś studentem, wykładowcą lub doktorantem?
Nawiąż współpracę z naszą redakcją i zaprezentuj wyniki swoich badań w miesięczniku „Napędy i Sterowanie”.

Napisz do nas i zaproponuj temat: redakcja.nis@industrypublisher.com

Przykładowe przedsięwzięcia modernizacyjne i ocena ich opłacalności ekonomicznej

Jan Górzyński

1. Wprowadzenie

Z doświadczenia wynika, że przykłady obliczeniowe są w każdej dziedzinie chętnie akceptowane przez użytkowników opracowań podręcznikowych, ponieważ w sposób przejrzysty i jednoznaczny ilustrują zastosowanie podanych wzorów czy metod. Dlatego w rozdziale czternastym zamieszczono dwa przykłady zastosowania zasad oceny opłacalności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych.

Szczególną uwagę poświęcono obliczaniu przepływów pieniężnych stanowiących podstawę rachunku opłacalności ekonomicznej przedsięwzięć inwestycyjnych. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach nazwanych tu tabelami przepływów pieniężnych, będących w zasadzie połączeniem tabel rachunku wyników i tabel przepływów pieniężnych.

Przy wykonywaniu obliczeń do tabeli przepływów pieniężnych dla rzeczywistego przypadku prowadzenia analizy opłacalności istotne znaczenie mają informacje bankowe o sposobie finansowania przedsięwzięć inwestycyjnych, w tym również informacje o kosztach finansowych pozyskania pożyczek bankowych. Koszt finansowy pożyczek bankowych stanowią odsetki oraz prowizja dla banku. Prowizja bankowa wynosząca zwykle nie mniej niż 1% jest na ogół płacona jednorazowo. W przypadku kredytowania kilkuletniego w kosztach finansowych mogą być również uwzględnione koszty gotowości kredytowej banku, które mogą wynosić 0,5–1%. Podstawą oprocentowania kredytów długoterminowych jest indeks rozliczeń międzybankowych WIBOR (ang. *Warsaw Interbank Offered Rate*), który w kwietniu 2017 r. wynosił +5,11%. Stopa oprocentowania kredytów jest zwykle o 2–5 punktów procentowych wyższa od indeksu WIBOR. Zarówno stopa procentowa, jak i inne koszty finansowe oraz sposób spłaty pożyczki mogą być przedmiotem pertraktacji między bankiem a inwestorem.

W obliczeniach przepływów pieniężnych związanych z rozpatrywanym przedsięwzięciem modernizacyjnym nakłady inwestycyjne J są traktowane jako wydatki. Wydatkami są również: podatek dochodowy P , koszty finansowe (odsetki) F , raty spłat kredytu N i koszty eksploatacyjne K_e . Amortyzacja A nie jest traktowana jako wydatek, jednak jest uwzględniana jako pozycja kosztów w celu prawidłowego obliczenia podatku dochodowego. Jednakże po odjęciu podatku od

zysku brutto amortyzacja jest dodawana do przychodu netto. Przychody S pochodzące ze sprzedaży wytwarzanego ciepła lub energii elektrycznej oraz kredyt bankowy J_k stanowią wpływy finansowe związane z przedsięwzięciem. W rachunku przepływów pieniężnych uwzględnia się również saldo zmian zapasów i należności. W rozpatrywanych w tej pracy przykładach przedsięwzięć inwestycyjnych ten składnik przepływów pominięto.

Okresem obliczeniowym nazwano tu sumę lat realizacji i eksploatacji przedsięwzięcia. Jako rok bazowy przyjmuje się rok zakończenia realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego.

W dwóch pierwszych przykładach podano szczegółowe wyjaśnienia wykonywania obliczeń wszystkich pozycji przepływów pieniężnych oraz zamieszczono przykładowe obliczenia mogące ułatwić przygotowanie tabeli przepływów pieniężnych.

We wszystkich przykładach zamieszczonych w tym rozdziale (podobnie jak w całym podręczniku) zastosowane wartości liczbowe takich wielkości jak stopa dyskontowa, stopa oprocentowania kredytów mają jedynie charakter orientacyjny i nie są obowiązujące do stosowania w wykonywanych ocenach opłacalności przedsięwzięć. Mogą być akceptowane w obliczeniach przykładowych wykonywanych w ramach ćwiczeń lub obliczeniach orientacyjnych. W obliczeniach dotyczących rzeczywistego przypadku zastosowania odpowiednie wartości należy uzyskać z banku, który jest rozpatrywany jako potencjalny kredytodawca.

Jako przykład podano obliczanie przepływów pieniężnych dla zadanych wydatków i przychodów występujących przy budowie źródła ciepła.

W roku bieżącym przewidziano rozpoczęcie budowy urządzenia wytwórczego ciepła, która będzie kontynuowana przez trzy kolejne lata. Przedsięwzięcie charakteryzuje się następującymi liczbami:

- $J_0 = 5400$ tys. PLN – początkowy nakład inwestycyjny,
- $S_t = 1800$ tys. PLN/rok – stała w czasie roczna wartość sprzedaży ciepła po opodatkowaniu,
- $Q = 60\,000$ GJ/rok – roczna produkcja ciepła,
- $C_t = 400$ tys. PLN/rok – stałe w czasie roczne koszty paliw i energii elektrycznej,

↓ **Tabela 1.** Zestawienie przepływów pieniężnych przy realizacji i eksploatacji przedsięwzięcia usprawniającego użytkowanie energii, tys. PLN

| Lp. | Przychody i wydatki | Okres budowy i kolejne lata eksploatacji przedsięwzięcia, t | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1. | Przychody, P_t | +600 | +680 | +720 | +554 | +608 | +685 | +717 | +771 | +418 | +880 | +880 | +880 | +880 | +880 | +472 | +880 | +880 | +880 |
| | Sprzedaż po opodatkowaniu, S_t | | 0 | 0 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 | +1800 |
| | Koszty energii, C_t | | 0 | 0 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 |
| | Koszty obsługi i napraw, R_t | | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -800 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -800 | -200 | -200 | -200 |
| | Koszty finansowe, F_t | | -120 | -280 | -480 | -400 | -320 | -240 | -160 | -80 | | | | | | | | | |
| | Amortyzacja, A_t | | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 |
| | Dochód brutto, D_{bt} | | -120 | -280 | +520 | +600 | +680 | +760 | +840 | +320 | +1000 | +1000 | +1000 | +1000 | +1000 | +400 | +1000 | +1000 | +1000 |
| | Podatek dochodowy, $P_{db}(p = 0,32)$ | | 0 | 0 | -166 | -192 | -195 | -243 | -269 | -102 | -320 | -320 | -320 | -320 | -320 | -128 | -320 | -320 | -320 |
| 1.1 | Dochód netto, D_t | | -120 | -280 | +354 | +408 | +485 | +517 | +571 | +218 | +680 | +680 | +680 | +680 | +680 | +272 | +680 | +680 | +680 |
| 1.2 | Amortyzacja, A_t | | 0 | 0 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 | +200 |
| 1.3 | Kredyt, J_k | +600 | +800 | +1000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | Wartość likwidacyjna, L_t | | | | | | | | | | | | | | | | | | +900 |
| 2. | Wydatki, W_t | -1000 | -1600 | -1800 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | | | | | | | | | |
| 2.1 | Nakłady inwestycyjne, J_t | -1000 | -1600 | -1800 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 | Splata kredytu, N_t | | | | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | -400 | | | | | | | | | |
| 3. | Przepływ pieniężny, CF_t | -400 | -920 | -1080 | +154 | +208 | +285 | +317 | +371 | +18 | +880 | +880 | +880 | +880 | +880 | +472 | +880 | +880 | +1780 |
| | Zdyskontowany przepływ pieniężny, $a_t CF_t$ | -484 | -1012 | -1080 | +140 | +172 | +235 | +217 | +230 | +10 | +458 | +411 | +375 | +340 | +308 | +151 | +255 | +231 | +425 |
| | Skumulowany zdyskontowany przepływ pieniężny | -484 | -1496 | -2576 | -2436 | -2264 | -2029 | -1812 | -1582 | -1572 | -1114 | -703 | -328 | +12 | +320 | +471 | +726 | +957 | +1382 |
| | Współczynnik dyskontujący, a_t | 1,21 | 1,10 | 1,00 | 0,909 | 0,826 | 0,751 | 0,683 | 0,621 | 0,564 | 0,521 | 0,467 | 0,426 | 0,386 | 0,350 | 0,319 | 0,290 | 0,263 | 0,239 |
| ** | Wartości sumy $D_t + A_t + F_t - J_t$ | -1000 | -1600 | -800 | +1034 | +1008 | +1005 | +957 | +931 | +498 | +880 | +880 | +880 | +880 | +880 | +472 | +880 | +880 | +1780 |
| | Skumulowana wartość $D_t + A_t + F_t - J_t$ | -1000 | -2600 | -4400 | -3366 | -2358 | -1353 | -396 | +535 | +1033 | +1913 | +2793 | +3673 | +4553 | +5433 | +5905 | +6785 | +7665 | +8545 |
| | Zdyskontowana wartość $a_t(D_t + A_t + F_t - J_t)$ | -1210 | -1760 | -1800 | +940 | +833 | +755 | +654 | +578 | +281 | +458 | +411 | +375 | +340 | +308 | +151 | +255 | +231 | +210 |
| | Skumulowana zdyskontowana wartość $a_t(D_t + A_t + F_t - J_t)$ | -1210 | -2970 | -4700 | -3830 | -2997 | -2242 | -1588 | -1010 | -729 | -271 | +140 | +515 | +855 | +1163 | +1314 | +1569 | +1790 | +2100 |

- $R_t = 400$ tys. PLN/rok – stałe w czasie roczne koszty obsługi i utrzymania obiektu,
- $R_{r6} = R_{r12} = 600$ tys. PLN – wydatek poniesiony na remont obiektu w 6. i w 12. roku eksploatacji (zakłada się, że nakłady na remonty nie zwiększają majątku trwałego),
- $A_t = 200$ tys. PLN/rok – stały w czasie roczny odpis amortyzacyjny,
- $L_{15} = 900$ tys. PLN – wartość likwidacyjna przedsięwzięcia po opodatkowaniu po zakończeniu użytkowania w 15. roku eksploatacji,
- $n = 15$ lat – założony okres eksploatacji przedsięwzięcia,
- $p = 0,32$ – przewidywana średnia stopa podatku dochodowego; przyjęto jak dla roku 2000.

Przewiduje się, że nakłady inwestycyjne będą realizowane przy finansowaniu z udziałem kredytu bankowego, który jest określony następującymi liczbami:

- $J_k = 2400$ tys. PLN – wartość kredytu bankowego, otrzymywanego w trzech rocznych ratach: $J_{k,-2} = 600$ tys. PLN, $J_{k,-1} = 800$ tys. PLN, $J_{k,0} = 1000$ tys. PLN,
- $n_k = 6$ lat – czas spłaty kredytu bankowego,
- $N_t = 400$ tys. PLN/rok – roczna rata spłaty kredytu bankowego,
- $s_k = 20\%$ – stopa oprocentowania kredytu bankowego w skali rocznej.

Okres realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego przewidziano na 3 lata, tzn. $t = -2, -1, 0$. Spłata kredytu bankowego rozpoczyna się od pierwszego roku eksploatacji przedsięwzięcia, tzn. przy $t = 1$.

W celu określenia wskaźników opłacalności należy wykonać zestawienie przepływów pieniężnych dla całego okresu obliczeniowego przedsięwzięcia, tzn. dla

$$t = -2, -1, \dots, +15 \text{ lat.}$$

Wykorzystując zestawienie przepływów pieniężnych, należy obliczyć wartość bieżącą netto NPV przy założonej stałej stopie dyskontowej $r = 0,10$ oraz wyznaczyć: wewnętrzną stopę zwrotu IRR , prosty SPB i zdyskontowany $DPBP$ okres zwrotu nakładów.

W tabeli 1 zamieszczono wyniki obliczeń wartości bieżącej netto NPV . Obliczenia przeprowadzono według omówionych i zamieszczonych w rozdziale 13. Liczba znajdująca się w kolumnie $t = 15$ lat określa skumulowaną wartość zdyskontowanych przepływów pieniężnych, czyli wartość bieżącą netto $NPV = 1\,382\,000$ PLN uzyskaną w całym okresie obliczeniowym, tzn. dla $t = -2, -1, \dots, +15$ lat.

W tabeli 1 zamieszczono wyniki obliczeń przepływów pieniężnych charakteryzujących przedsięwzięcie. Wyniki obliczeń zamieszczone w tabeli 1 mogą posłużyć do ilustracji graficznej tych przepływów. W obu przypadkach dochód netto równa się dochodowi brutto, czyli $D_{-1} = D_{B,-1}$ oraz $D_0 = D_{B,0}$. Dla pozostałych lat eksploatacji przedsięwzięcia współczynnik dyskonta oblicza się analogicznie jak pokazano wyżej. Bardziej szczegółowe wyjaśnienia sposobu obliczania poszczególnych wielkości czytelnik znajdzie w pracach autora [34, 36].

Wewnętrzną stopę zwrotu IRR wyznaczono metodą omawianą w rozdziale trzynastym. Na podstawie otrzymanych

wyników można określić zależność wartości bieżącej netto NPV w funkcji stopy dyskontowej r .

Prosty i zdyskontowany okres zwrotu nakładów wyznaczono jak w podrozdziale 14.2. W tym celu sporządzono wykresy:

- dla prostego okresu zwrotu nakładów

$$\sum_{t=-2}^t (D_t + A_t + F_t - J_t) = f(t)$$

- dla zdyskontowanego okresu zwrotu nakładów

$$\sum_{t=-2}^t a_t(D_t + A_t + F_t - J_t) = f(t)$$

2. Problem odzysku ciepła odpadowego wentylacji w budynku użyteczności publicznej

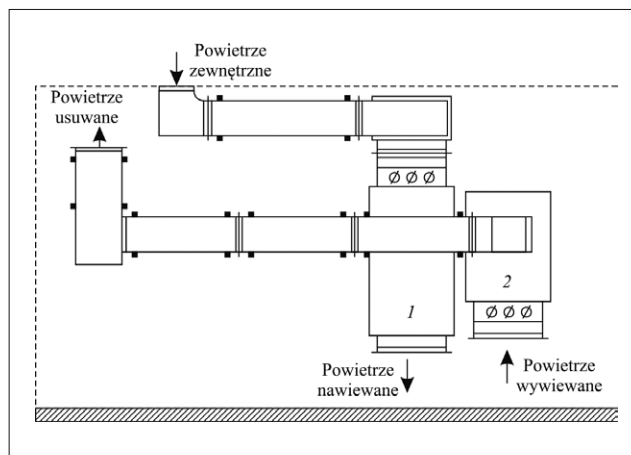
2.1. Określenie możliwości modernizacji

Jako przykład zastosowania metod omówionych w tym podręczniku niżej przedstawiono w znacznym uproszczeniu problem odzysku ciepła odpadowego wentylacji w budynku użyteczności publicznej. W rozpatrywanym budynku użyteczności publicznej funkcjonuje układ wentylacji nawiewno-wywiewnej, który pobiera powietrze zewnętrzne i zapewnia jego nagrzewanie do temperatury wymaganej 24°C przez pełną dobę w ciągu całego roku. Czyli jest stosowany ciągły, dwudziestoczterogodzinny system pracy układu wentylacji. Takie założenia wprowadzono w celu uproszczenia obliczeń.

W kolejnych punktach przedstawiono analizę efektywności ekonomicznej modernizacji układu wentylacji w budynku użyteczności publicznej polegającej na zastosowaniu układu rekuperacji ciepła odpadowego. W istniejącym układzie wentylacji strumień entalpii powietrza wywiewanego do otoczenia stanowi stratę energii, której można uniknąć, ponieważ istnieją techniczne środki umożliwiające efektywne ekonomicznie wykorzystanie tego strumienia entalpii do podgrzewania pobieranego powietrza zewnętrznego, wykorzystywanego następnie jako powietrze nawiewane do pomieszczeń budynku.

2.2. Opis istniejącej instalacji

Na rys. 1 przedstawiono schemat układu wentylacji nawiewno-wywiewnej w części znajdującej się w pomieszczeniu wentylatorni. Doprowadzanie i odprowadzanie powietrza z pomieszczeń odbywa się za pomocą odrębnych przewodów wentylacyjnych o wymiarach 300×400 mm. Świeże powietrze zewnętrzne jest dostarczane do wentylatorni za pośrednictwem czepni terenowych. Powietrze jest podgrzewane w nagrzewnicy, w której nośnikiem ciepła jest woda grzejna o parametrach $80/60^{\circ}\text{C}$. Nawiew powietrza do pomieszczeń odbywa się za pomocą nawiewników sufitowych. Powietrze wywiewane z pomieszczeń jest zbierane do kanału wyciągowego, a następnie przewodem pionowym wyprowadzane do otoczenia przez wyrzutnię dachową.



↑ Rys. 1. Schemat instalacji wentylacyjnej w pomieszczeniu wentylatorni przed modernizacją [82]: 1 – zespół nawiewny; 2 – zespół wywiewny

Centrala nawiewna składa się z wentylatora promieniowego z napędem pasowym typu HZL180 o wydajności $1100 \text{ m}^3/\text{h}$ i prędkości obrotowej wirnika 3893 obr./min napędzanego silnikiem elektrycznym o mocy $0,37 \text{ kW}$. Podgrzewanie powietrza odbywa się za pomocą nagrzewnicy wodnej o parametrach czynnika grzejącego $80/60^{\circ}\text{C}$ o oporze przepływu powietrza 12 Pa i mocy grzewczej $17,75 \text{ kW}$. Instalacja wentylacji wywiewnej składa się z wentylatora promieniowego typu T-HLZ 225 o wydajności $1100 \text{ m}^3/\text{h}$ o prędkości obrotowej wirnika 2206 obr./min napędzanego silnikiem o mocy $0,25 \text{ kW}$. Przewody instalacji wentylacyjnej wykonane z blachy ocynkowanej o wymiarach 300×400 mm są prowadzone pod stropem.

Dane wentylatora nawiewającego powietrze:

- $\dot{V} = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$ – wydatek powietrza nawiewanego,
- $d_w = 180 \text{ mm}$ – średnica wirnika wentylatora,
- $h_c = 588 \text{ Pa}$ – całkowite ciśnienie,
- $n_w = 3893 \text{ obr./min}$ – prędkość obrotowa wentylatora,
- $n_s = 2800 \text{ obr./min}$ – prędkość obrotowa silnika,
- $N_s = 0,37 \text{ kW}$ – moc silnika napędowego,
- $d_p = 71 \text{ mm}$ – średnica koła pasowego wentylatora.

Dane nagrzewnicy:

- $\dot{Q}_n = 17,75 \text{ kW}$ – moc cieplna,
- $T_{w1} = 80^{\circ}\text{C}$ – temperatura wody na zasilaniu,
- $T_{w2} = 60^{\circ}\text{C}$ – temperatura wody na powrocie,
- $\dot{G}_n = 0,212 \text{ kg/s}$ – strumień masy wody grzejącej przepływającej przez nagrzewnicę.

Kształtki i połączenia instalacji wentylacyjnej są wykonane zgodnie z normą PN-B-03434. Sposób prowadzenia przewodów i usytuowanie podstawowych urządzeń ilustruje schemat centrali wentylacyjnej (wentylatorni) przedstawiony na rys. 1.

Instalacja wentylacyjna w budynku nie została wyposażona w układ odzysku ciepła odpadowego wynoszonego do otoczenia w powietrzu wentylacyjnym, co wpływa na zwiększone zużycia ciepła do ogrzewania. Uzasadnia to celowość modernizacji układu wentylacji, w części znajdującej się w pomieszczeniu centrali, przez wprowadzenie systemu rekuperacji ciepła wyprowadzanego z powietrzem

wentylacyjnym do otoczenia, w celu podgrzania pobieranego powietrza zewnętrznego.

2.3. Proponowany zakres przebudowy instalacji

Modyfikację instalacji wentylacyjnej w części znajdującej się w wentylatorni przewiduje się przez zamontowanie wymiennika ciepła i odpowiednią przebudowę głównych przewodów doprowadzających i odprowadzających powietrze. Proponowana modyfikacja spowoduje zmniejszenie mocy cieplnej nagrzewnicy powietrza wentylacyjnego i zmniejszenie zużycia energii do jego podgrzewania. Po zamontowaniu wymiennika ciepła zwiększy się opór przepływu czynników, co będzie wymagało zwiększenia prędkości obrotowej wentylatorów lub ich wymiany. W efekcie zwiększeniu ulegnie moc elektryczna pobierana na napęd wentylatorów powietrza i odpowiednio zwiększy się zużycie energii elektrycznej.

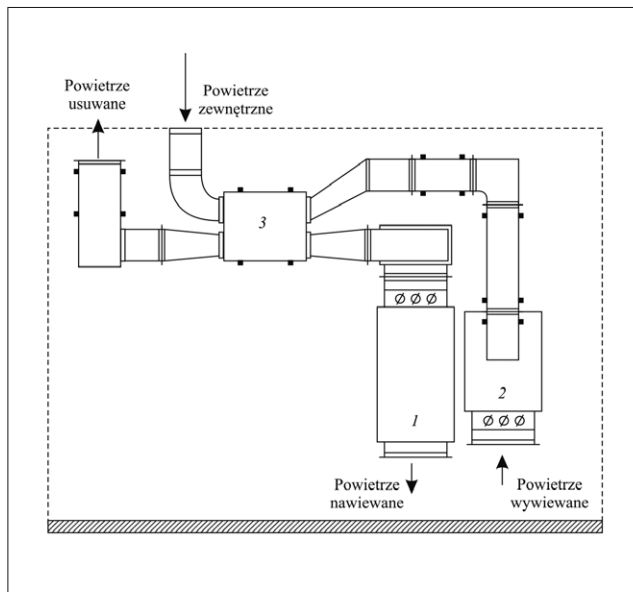
Na rys. 2 przedstawiono schemat centrali instalacji wentylacyjnej uwzględniający zmiany, które zostaną dokonane podczas modernizacji, przedstawiono również sposób prowadzenia przewodów. Przewody wentylacyjne przewiduje się wykonać z blachy stalowej ocynkowanej, będą miały izolację cieplną z wełny mineralnej. Dla kanałów wentylacyjnych wywiewnych za rekuperatorem nie przewiduje się zastosowania izolacji cieplnej.

W celu wykorzystania ciepła zawartego w wywiewanym powietrzu do podgrzewania powietrza nawiewanego zastosowano wymiennik ciepła, którego schemat poglądowy ilustrujący jego budowę przedstawiono na rys. 3. Przewidziany do zastosowania wymiennik charakteryzuje się dużą sprawnością odzysku ciepła, jest niewielkich rozmiarów, jego budowa nie pozwala na mieszanie się strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego, zgodnie z wymaganiami w zakresie spełnienia warunków higienicznych.

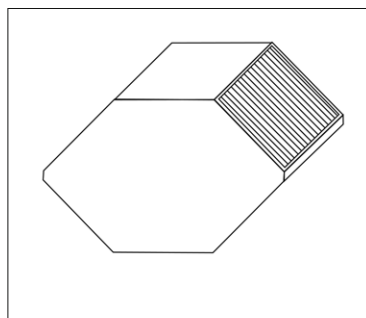
Do doboru wymiennika ciepła posłużyły podstawowe wielkości charakteryzujące instalację wentylacyjną:

- $\dot{V}_n, \dot{V}_w = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$ – strumień powietrza nawiewanego i wywiewanego,
- $T_z = -20^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza zewnętrznego,
- $T_n = 24^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza nawiewanego,
- $\varphi = 60\%$ – wilgotność powietrza wywiewanego.

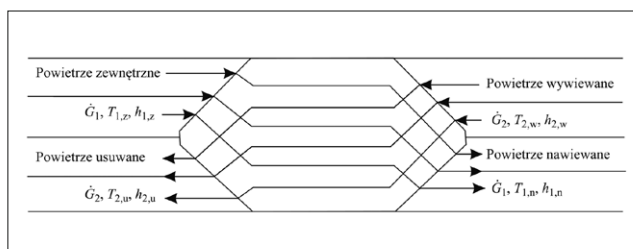
Wybrany wymiennik ciepła ma zastosowanie w układach wentylacji do odzysku ciepła odpadowego, zwłaszcza w układach, w których nie dopuszcza się recyrkulacji powietrza. Zaprojektowany jest jako płytowy wymiennik przeciwprądowy do odzysku ciepła jawnego zawartego w wywiewanym powietrzu. Powietrze wywiewane i powietrze świeże są rozdzielone. Przenikanie zapachów czy wilgoci między strumieniami powietrza nawiewanego i wywiewanego nie jest możliwe. Strumienie powietrza przepływają w układzie przeciwprądowym jak pokazano na rys. 4, wzdłuż równoległe złożonych cienkich fałdowanych płyt aluminiowych. Płyty tworzące powierzchnię wymiany ciepła są wykonane ze stopu aluminium odpornego na korozję i wodę morską. Wysoka sprawność wymiany ciepła jest osiągana dzięki specjalnej budowie płyt i odpowiedniemu prowadzeniu



↑ Rys. 2. Schemat instalacji wentylacyjnej w pomieszczeniu wentylatorni po modernizacji [82]: 1 – centrala nawiewna; 2 – centrala wywiewna; 3 – rekuperator



← Rys. 3. Schemat poglądowy układu i budowy elementu podstawowego wymiennika ciepła wykonanego z cienkościennych elementów tworzących powierzchnię wymiany ciepła



↑ Rys. 4. Schemat przepływu czynników przez wymiennik ciepła

przepływających czynników. Zapewnia to wysoki współczynnik przenikania ciepła i rozwiniętą powierzchnię wymiany ciepła. Zastosowana konstrukcja zawinięcia krawędzi zapewnia sztywność konstrukcji wymiennika i dużą szczelność uniemożliwiającą przenikanie strumienia powietrza usuwanego do powietrza nawiewanego.

Według katalogu firmy podstawowe wielkości niezbędne w obliczeniach efektywności energetycznej odzysku ciepła są następujące:

- $\eta = 0,82$ – sprawność odzysku ciepła rekuperatora,
- $\Delta p = 145 \text{ Pa}$ – opór przepływu powietrza przez wymiennik,
- $s = 2 \text{ mm}$ – szerokość kanałów dla przepływu powietrza,
- $g = 0,08 \text{ mm}$ – grubość płyt wymiennika.

2.4. Bilans cieplny instalacji wentylacyjnej przed modernizacją

Na rys. 5 pokazano schemat przepływu czynników przez nagrzewnicę powietrza wentylacyjnego przed modernizacją oraz naniesiono zastosowane oznaczenia strumieni czynników i ich temperaturę.

Strumień entalpii dostarczanej w powietrzu zewnętrznym wynosi

$$\dot{H}_n = \dot{G}_n h_{1z}$$

gdzie: \dot{G}_n – strumień masy powietrza, h_{1z} – entalpia powietrza zewnętrznego.

Strumień masy powietrza wynosi

$$\dot{G}_n = \dot{V}_n \rho$$

gdzie: $\dot{V}_n = 0,306 \text{ m}^3/\text{s}$, ρ – gęstość powietrza.

Gęstość powietrza obliczono dla warunków normalnych fizycznych

$$\rho = \frac{p}{RT} = \frac{101350}{281,1 \cdot 273} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

gdzie: $p = 101350 \text{ Pa}$ – ciśnienie atmosferyczne, $R = 287,1 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – indywidualna stała gazowa dla powietrza, $T = 273 \text{ K}$ – obliczeniowa temperatura powietrza.

Strumień masy powietrza wynosi

$$\dot{G}_n = \dot{V}_n \rho = 0,306 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3 = 0,396 \text{ kg/s}$$

Według [40] entalpia właściwa powietrza zewnętrznego wynosi

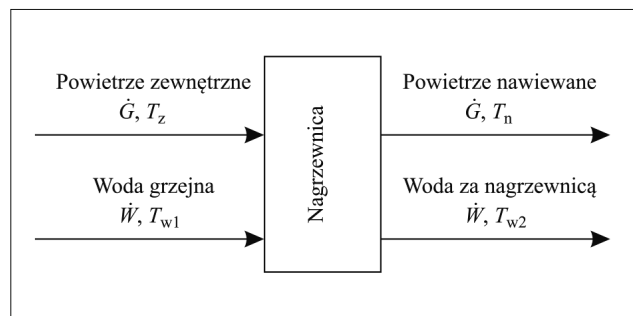
$$h_z = c_{pp} T_z + X_z (c_{pw} T_z + r_0) = 1,006 \cdot (-20) + 0,0005 [1,87(-20) + 2501] = -18,78 \text{ kJ/kg}$$

gdzie: $c_{pp} = 1,006 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – ciepło właściwe powietrza suchego, $T_z = -20^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza zewnętrznego, $X_z = 0,0005 \text{ kg/kg}$ – ilość wilgoci w powietrzu zewnętrznym, $c_{pw} = 1,87 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – ciepło właściwe pary wodnej, $r_0 = 2501 \text{ kJ/kg}$ – entalpia parowania wody.

Strumień entalpii niesiony w pobieranym powietrzu zewnętrznym

$$\dot{H}_z = \dot{G}_n h_z = 0,396 \cdot (-18,78) = -7,44 \text{ kW}$$

Strumień entalpii doprowadzany w powietrzu nawiewanym podgrzany do temperatury $T_n = 24^\circ\text{C}$



↑ Rys. 5. Schemat przepływu strumieni czynników przez nagrzewnicę przed modernizacją

$$\dot{H}_n = \dot{G}_n h_n = 0,396 \cdot 25,24 = 9,99 \text{ kW}$$

gdzie

$$h_n = c_p T_n + X(c_{pw} T_n + r_0) = 1,006 \cdot 24 + 0,0005(1,87 \cdot 24 + 2501) = 25,24 \text{ kJ/kg}$$

Strumień ciepła wymienianego w nagrzewnicy

$$\dot{Q}_w = \dot{H}_n - \dot{H}_z = 9,99 - (-7,44) = 17,43 \text{ kW}$$

Strumień entalpii wody grzejącej zasilającej nagrzewnicę powietrza

$$\dot{H}_{w1} = \dot{W} h_{w1} = 0,212 \cdot 334,9 = 71,0 \text{ kW}$$

gdzie: $\dot{W} = 0,21 \text{ kg/s}$ – strumień masowy wody, $h_{w1} = 334,9 \text{ kJ/kg}$ – entalpia wody w temperaturze $T_{w1} = 80^\circ\text{C}$.

Przy założeniu, że wymiana ciepła w nagrzewnicy powietrza odbywa się bez strat, strumień entalpii wody za nagrzewnicą wynosi

$$\dot{H}_{w2} = \dot{H}_{w1} - \dot{Q}_w = 71,0 - 17,43 = 53,57 \text{ kJ/kg}$$

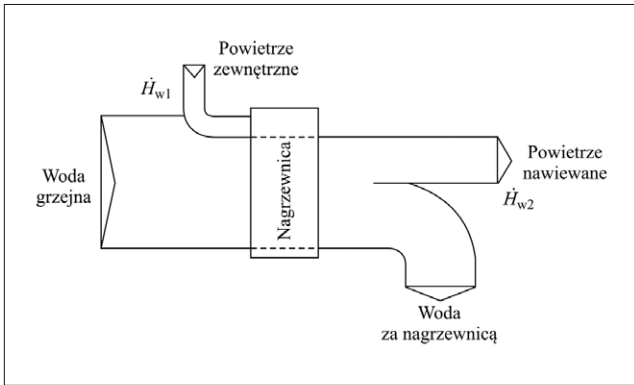
Entalpia właściwa wody na wyjściu z nagrzewnicy

$$h_{w2} = \frac{\dot{H}_{w2}}{\dot{W}} = \frac{53,57}{0,21} = 255,1 \text{ kJ/kg}$$

Temperatura wody na wyjściu z nagrzewnicy

$$T_{w2} = \frac{h_{w2}}{c_w} = \frac{255,1}{4,19} = 60,9^\circ\text{C}$$

Na rys. 6 przedstawiono wykres pasmowy ilustrujący bilans strumieni entalpii instalacji wentylacyjnej przed modernizacją przy temperaturze otoczenia -20°C . Sprawdzenie bilansu strumieni entalpii w nagrzewnicy można wykonać według równania



↑ Rys. 6. Wykres pasmowy bilansu entalpii instalacji wentylacyjnej przed modernizacją przy temperaturze otoczenia -20°C (odniesiony do temperatury 0°C)

$$\begin{aligned} \dot{H}_z + \dot{H}_{w1} &= \dot{H}_{w2} + \dot{H}_n \\ \dot{H}_z + \dot{H}_{w1} &= -7,44 + 71,0 = 63,56 \text{ kW} \\ \dot{H}_{w2} + \dot{H}_n &= 53,57 + 9,99 = 63,56 \text{ kW} \end{aligned}$$

Otrzymano zgodność sumy strumieni entalpii przez i za nagrzewnicą.

2.5. Bilans cieplny układu po modernizacji

Na rys. 7 przedstawiono schemat przepływu czynników w instalacji wentylacyjnej po modernizacji, na który nanie-siono oznaczenia wielkości charakteryzujących te przepływy i czynniki.

Znana wartość obliczeniowej sprawności odzysku ciepła w rekuperatorze pozwala na obliczenie temperatury powietrza nawiewanego

$$\eta = \frac{T'_n - T_z}{T_w - T_z}$$

Stąd temperatura powietrza nawiewanego T'_n (za wymiennikiem ciepła) wynosi

$$T'_n = T_z + \eta(T_w - T_z) = -20 + 0,82(24 + 20) = 16^{\circ}\text{C}$$

Moc cieplną (strumień ciepła) pobraną przez strumień powietrza obliczamy jako różnicę strumieni entalpii powietrza za wymiennikiem ciepła i przed wymiennikiem

$$\dot{Q}_R = \dot{G}_w(h'_n - h_z) = 0,396(17,36 + 18,78) = 14,31 \text{ kW}$$

gdzie: $\dot{G}_w = 0,396 \text{ kg/s}$, $h_z = -18,78 \text{ kJ/kg}$ – entalpia powietrza zewnętrznego, h'_n – entalpia właściwa powietrza nawiewanego po wstępnym podgrzaniu w wymienniku, wynosząca

$$\begin{aligned} h'_n &= c_{pp}T_n + X_z(c_{pw}T_n + r_0) = \\ &= 1,006 \cdot 16 + 0,0005(1,87 \cdot 16 + 2501) = 17,36 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Entalpię h_u powietrza usuwanego do otoczenia (za rekuperatorem) określimy z równania

$$\dot{Q}_R = \dot{G}_w(h_w - h_u)$$

skąd mamy

$$h_u = h_w - \frac{\dot{Q}_R}{\dot{G}_w} = 52,65 - \frac{14,31}{0,396} = 52,60 - 36,14 = 16,51 \text{ kW}$$

gdzie h_w – entalpia właściwa powietrza wywiewanego przy zawartości wilgoci $X_w = 0,0112 \text{ kg/kg}$ w powietrzu [82], wynosząca

$$\begin{aligned} h_w &= c_p T_w + X_w(c_{pw}T_w + r_0) = \\ &= 1,006 \cdot 24 + 0,0112(1,87 \cdot 24 + 2501) = 52,65 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Strumień entalpii powietrza wywiewanego

$$\dot{H}_w = \dot{G}_w h_w = 0,396 \cdot 52,65 = 20,85 \text{ kW}$$

W celu obliczenia temperatury T_u powietrza usuwanego (za wymiennikiem ciepła) można posłużyć się zależnością na entalpię właściwą powietrza usuwanego

$$h_u = c_p T_u + X_w(c_{pw}T_u + r_0)$$

Odpowiednio upraszczając i przekształcając powyższą zależność można otrzymać wzór umożliwiający obliczenie temperatury T_u powietrza usuwanego przy zawartości wilgoci $X_w = 0,0112 \text{ kg/kg}$ w powietrzu

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{h_u - X_w r_0}{c_p + X_w c_{pw}} = \frac{16,51 - 0,0112 \cdot 2501}{1,006 + 0,0112 \cdot 1,87} = \\ &= \frac{16,51 - 28,08}{1,027} = -11,26^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Strumień entalpii powietrza usuwanego

$$\dot{H}_u = \dot{G}_w h_u = 0,396 \cdot 16,51 = 6,54 \text{ kW}$$

Entalpia właściwa powietrza nawiewanego (za nagrzewnicą) przy zawartości wilgoci $X_n = 0,0005 \text{ kg/kg}$ w powietrzu suchym, wynosi [82]:

$$\begin{aligned} h_n &= c_p T_n + X_n(c_{pw}T_n + r_0) = \\ &= 1,006 \cdot 24 + 0,0005(1,87 \cdot 24 + 2501) = 25,24 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Strumień entalpii powietrza nawiewanego

$$\dot{H}_n = \dot{G}_n h_n = 0,396 \cdot 25,24 = 9,99 \text{ kW}$$

Strumień ciepła pobrany w nagrzewnicy na podgrzanie powietrza nawiewanego

$$\dot{Q}_p = \dot{G}_n(h_n - h'_n) = 0,396(25,24 - 17,36) = 3,12 \text{ kW}$$

Na podstawie równania bilansu strumieni entalpii dla nagrzewnicy obliczamy niezbędny strumień wody grzejnej

$$\dot{H}'_n = \dot{H}_{w1,l} = \dot{H}_n + \dot{H}_{w2,l} + \dot{Q}_{ot,n}$$

Skąd po przekształceniach

$$\dot{W} = \frac{1,02\dot{Q}_p}{c_w(T_1 - T_2)} = \frac{1,02 \cdot 3,12}{4,186(80 - 60)} = \frac{3,19}{83,72} = 0,0381 \text{ kg/s}$$

Założono stratę 2% ciepła do otoczenia w nagrzewnicy po modernizacji

$$\dot{Q}_{ot,n} = 0,02\dot{Q}_p = 0,02 \cdot 3,12 \cong 0,07 \text{ kW}$$

Strumień entalpii wody przed i za nagrzewnica

$$\begin{aligned} \dot{H}_1 &= \dot{W}c_w T_1 = 0,0380 \cdot 4,186 \cdot 80 = 12,73 \text{ kW} \\ \dot{H}_2 &= \dot{W}c_w T_2 = 0,0380 \cdot 4,186 \cdot 60 = 9,54 \text{ kW} \end{aligned}$$

Moc cieplna oddawana przez wodę w nagrzewnicy (moc cieplna zamówiona) na potrzeby instalacji nawiewnej po wprowadzeniu odzysku ciepła

$$\dot{Q}_{p,1} = \dot{H}_1 - \dot{H}_2 = 12,73 - 9,54 = 3,19 \text{ kW}$$

Moc cieplną zamówioną na potrzeby instalacji nawiewnej przed modernizacją oblicza się z zależności

$$\dot{Q}_{p,0} = \dot{G}(h_n - h_z) = 0,396(25,24 + 18,78) = 17,43 \text{ kW}$$

Zmniejszenie w wyniku modernizacji mocy cieplnej zamówionej na potrzeby instalacji nawiewnej wynosi

$$-\Delta\dot{Q} = \dot{Q}_{p,0} - \dot{Q}_{p,1} = 17,43 - 3,19 = 14,24 \text{ kW}$$

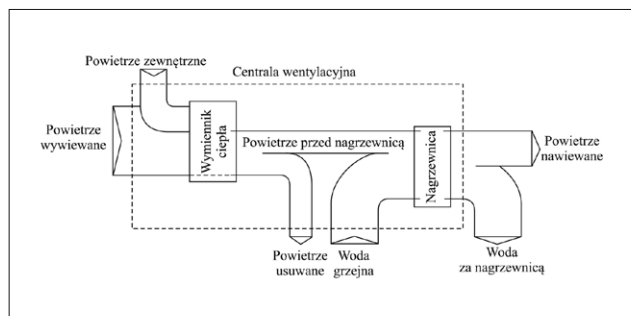
czyli zapotrzebowanie na moc cieplną w nagrzewnicy zmniejszyło się o ponad 81%.

Użyteczne może być przedstawienie wyników obliczeń entalpii i temperatury powietrza przed i za rekuperatorem na wykresie $h-X$.

Bilans cieplny instalacji wentylacyjnej po modernizacji zestawiono przy założeniu że straty ciepła do otoczenia w rekuperatorze są pomijalnie małe w stosunku do występujących wartości strumieni. Na rys. 8 przedstawiono wykres pasmowy bilansu cieplnego instalacji wentylacyjnej po modernizacji.

Suma strumieni entalpii doprowadzanych do instalacji

$$\dot{H}_z + \dot{H}_w + \dot{H}_{w1} = -7,44 + 20,85 + 12,73 = 26,14 \text{ kW}$$



↑ Rys. 8. Poglądowy wykres pasmowego bilansu cieplnego instalacji wentylacyjnej po modernizacji (odniesiony do temperatury 0°C)

Suma strumieni entalpii i ciepła wyprowadzanych z instalacji

$$\begin{aligned} \dot{H}_u + \dot{H}_n + \dot{H}_{w2} + \dot{Q}_{ot,n} &= 6,54 + 9,99 + 9,54 + 0,07 = \\ &= 26,14 \text{ kW} \end{aligned}$$

Na wykresie pasmowym na rys. 8 naniesiono strumienie ciepła, jakie występują w bilansie cieplnym instalacji wentylacyjnej po modernizacji.

2.6. Przystosowanie charakterystyki nagrzewnicy

Po zamontowaniu rekuperatora wymagana moc cieplna nagrzewnicy zmniejszy się z wartości $\dot{Q}_w = 17,43 \text{ kW}$ do wartości 3,19 kW. W tym celu nie przewiduje się wymiany istniejącej nagrzewnicy, lecz jedynie zmniejszenie jej mocy cieplnej poprzez ograniczenie dopływu czynnika grzejjego, w najprostszym przypadku można to wykonać przez zastosowanie dławienia przepływu czynnika grzejjego kryzą o odpowiednim przekroju. Wymagany strumień masy wody przepływającej przez nagrzewnicę po modernizacji wynosi 0,0381 kg/s.

Zużycie energii elektrycznej na napęd wentylatorów powietrza nawiewnego i wywiewnego nie zmienia się w czasie ze względu na stałe wartości strumieni podawanego powietrza.

W rozpatrywanym przypadku po przeprowadzeniu modernizacji niezbędne staje się zwiększenie mocy silników napędzających wentylatory centrali nawiewnej i wywiewnej ze względu na zwiększone opory przepływu spowodowane wprowadzeniem do instalacji wymiennika ciepła. Najczęściej jednak wiąże się to z koniecznością wymiany wentylatorów wraz z silnikami napędowymi lub ze zwiększeniem prędkości obrotowej wentylatorów i wymianą silników, co pociąga za sobą większe koszty.

2.7. Obliczenie sprawności energetycznej układu rekuperacji

W rozpatrywanym przypadku ustalono, że zwiększenie mocy napędowej silników elektrycznych (wentylatora nawiewnego i wywiewnego) wyniesie 0,43 kW. Zwiększone zużycie energii elektrycznej na napęd wentylatorów wyniesie $\Delta E_{el} = \Delta N \cdot 8760 \text{ h/rok} = 0,43 \cdot \text{kW} \cdot 8760 \text{ h/rok} = 13,56 \text{ GJ/rok}$.

Zwiększenie zużycia energii elektrycznej na napęd wentylatorów stanowi ok. 9% w stosunku do ilości energii cieplnej wymienionej w rekuperatorze.

Średnia w ciągu roku sprawność energetyczna układu rekuperacji wyniesie

$$\eta_{ER} = \frac{Q_R}{Q_a + \Delta E_{el}} = \frac{151,7}{185,9 + 13,56} = \frac{151,7}{199,46} = 0,760$$

gdzie: $Q_R = 151,7$ GJ/rok – ciepło odzyskane w wymienniku ciepła w czasie sezonu grzewczego, efekt użyteczny działania rekuperatora, $Q_a = 185,9$ GJ/rok – ciepło zużywane w budynku na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w instalacji bez odzysku ciepła odpadowego, $\Delta E_{el} = 13,53$ GJ/rok – zużycie energii elektrycznej na napęd urządzeń (wentylatorów, pomp, sprężarek) spowodowany wprowadzeniem do układu wentylacji urządzeń o większej mocy lub wspomagających układ rekuperacji.

Obliczona sprawność η_{ER} jest o sześć punktów procentowych niższa od sprawności założonej wcześniej w obliczeniach $\eta = 0,82$. Należy przy tym dodać, że powyższa zależność na obliczenie sprawności układu rekuperacji nie jest określona poprawnie, ponieważ w mianowniku dodajemy wartości dwóch różnych jakościowo nośników energii, których sprawności uzyskania są zdecydowanie różne. W takim przypadku właściwszym określeniem jest skumulowana sprawność energetyczna układu rekuperacji, w której stosuje się wartości zużywanych nośników energii przeliczonych na energię pierwotną. Skumulowana sprawność energetyczna układu rekuperacji jest obliczona niżej

$$\eta_{ER}^* = \frac{Q_R}{\frac{Q_a}{\eta_c^*} + \frac{\Delta E_{el}}{\eta_{el}^*}} = \frac{151,7}{\frac{185,9}{0,75} + \frac{13,56}{0,26}} = \frac{151,7}{300,01} = 0,506$$

gdzie: $\eta_c^* = 0,75$ – skumulowana sprawność energetyczna wytworzenia i dostarczenia ciepła do miejsca wykorzystania, $\eta_{el}^* = 0,26$ – skumulowana sprawność energetyczna wytworzenia i dostarczenia energii elektrycznej do miejsca wykorzystania.

Skumulowana sprawność energetyczna układu rekuperacji η_{ER}^* służy do oceny efektywności energetycznej rozpatrywanego układu na poziomie gospodarki kraju. Stanowi ocenę efektywności wykorzystania energii pierwotnej w układzie rekuperacji w odniesieniu do wykorzystania ciepła wentylacji. Podkreśla głównie wpływ na sprawność wynikający z konieczności zużycia energii elektrycznej przez układ rekuperacji, dla której skumulowana sprawność energetyczna pozyskania i przetwarzania jest niska.

2.8. Energetyczne efekty modernizacji instalacji wentylacyjnej

W wyniku modernizacji instalacji wentylacyjnej polegającej na zastosowaniu odzysku ciepła odpadowego otrzymujemy

zmniejszenie zużycia ciepła wynikające ze zmniejszenia zużycia ciepła na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego i zmniejszenia mocy cieplnej zamówionej na potrzeby wentylacji o wartość $\Delta Q_z = 13,2$ kW, co wpływa na zmniejszenie opłaty za moc zamówioną.

Zużycie ciepła na potrzeby wentylacji przed modernizacją instalacji można obliczyć ze wzoru

$$Q_w = \sum_{m=1}^{12} S_{h,m} \dot{V} c_p \rho = \sum_{m=1}^{12} \tau_m (T_n - T_{z,m}) \dot{V} c_p \rho = \dot{V} c_p \rho \sum_{m=1}^{12} \tau_m (T_n - T_{z,m})$$

gdzie: S_h – roczna liczba stopniogodzin wentylacji, hK, $\dot{V} = 1100 \text{ m}^3/\text{h} = 0,306 \text{ m}^3/\text{s}$ – strumień objętości powietrza nawiewanego, $c_p = 1,02 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – ciepło właściwe powietrza nawiewanego, $\rho = 1,190 \text{ kg}/\text{m}^3$ – gęstość powietrza nawiewanego.

Stopniogodziny wentylacji jest to iloczyn godzin pracy instalacji wentylacyjnej i różnicy temperatury powietrza nawiewanego i średniej temperatury powietrza zewnętrznego, co można zapisać następująco:

$$S_{h,m} = \tau_m (T_n - T_{z,m})$$

gdzie: τ_m – liczba godzin pracy urządzeń wentylacyjnych w miesiącu m , $T_n = 24^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza nawiewanego za nagrzewnicą $T_{z,m}$ – średnia temperatura zewnętrzna w miesiącu m .

W okresie letnim, kiedy nie ogrzewa się pomieszczeń, gdy temperatura przekroczy 15°C , układ wentylacyjny nie przestaje działać. Podgrzewa powietrze zewnętrzne do żądanej temperatury 24°C . W tabeli 2 przedstawiono średnie temperatury miesięczne, stopniogodziny oraz zapotrzebowanie na ciepło instalacji wentylacyjnej w danym miesiącu.

Znaczenie symboli użytych w tabeli 2: $Q_{w,m}$ – zużycie ciepła na wentylację w miesiącu m , $T_{z,m}$ – średnia temperatura powietrza zewnętrznego w miesiącu m , τ_m – czas pracy instalacji w miesiącu m , $S_{h,m}$ – liczba stopniogodzin w miesiącu m , $\Delta E_{el,m}$ – zwiększenie zużycia energii elektrycznej w miesiącu

↓ **Tabela 2.** Zestawienie obliczeń sprawności energetycznej układu rekuperacji dla poszczególnych miesięcy

| <i>m</i> | Miesiąc | $T_{z,m}$ °C | τ_m h | $S_{h,m}$ h·K | $Q_{w,m}$ GJ/m-c | $\Delta E_{el,m}$ GJ/m-c | $Q_{w,m} + \Delta E_{el,m}$ GJ/m-c | $Q_{R,m}$ GJ/m-c | η_R | $\eta_{ER,m}$ |
|----------|-------------|-----------------|---------------|------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------|----------|---------------|
| 1 | Styczeń | -2,9 | 744 | 20014 | 26,42 | 1,08 | 27,50 | 21,66 | 0,82 | 0,801 |
| 2 | Luty | -2,2 | 672 | 17606 | 23,24 | 0,98 | 24,22 | 19,06 | 0,82 | 0,787 |
| 3 | Marzec | 1,6 | 744 | 16666 | 22,00 | 1,08 | 23,08 | 18,00 | 0,82 | 0,779 |
| 4 | Kwiecień | 7,6 | 720 | 11808 | 15,59 | 1,05 | 16,64 | 12,78 | 0,82 | 0,768 |
| 5 | Maj | 13,0 | 744 | 8184 | 10,80 | 1,08 | 11,88 | 8,86 | 0,82 | 0,746 |
| 6 | Czerwiec | 17,2 | 720 | 4896 | 6,46 | 1,05 | 7,51 | 5,30 | 0,82 | 0,703 |
| 7 | Lipiec | 18,3 | 744 | 4241 | 5,60 | 1,08 | 6,68 | 4,59 | 0,82 | 0,687 |
| 8 | Sierpień | 17,5 | 744 | 4836 | 6,38 | 1,08 | 7,46 | 5,23 | 0,82 | 0,701 |
| 9 | Wrzesień | 13,3 | 720 | 7704 | 10,17 | 1,05 | 11,22 | 8,34 | 0,82 | 0,743 |
| 10 | Październik | 8,3 | 744 | 11681 | 15,42 | 1,08 | 16,50 | 12,64 | 0,82 | 0,754 |
| 11 | Listopad | 3,6 | 720 | 14688 | 19,39 | 1,05 | 20,44 | 15,90 | 0,82 | 0,778 |
| 12 | Grudzień | -0,5 | 744 | 18228 | 24,06 | 1,08 | 25,14 | 19,73 | 0,82 | 0,785 |
| | Suma | | 8760 | 140551 | 185,53 | 12,74 | 198,27 | 152,1 | 0,82 | 0,767* |

* średnia sprawność energetyczna układu rekuperacji

m na napęd wentylatorów, $Q_{R,m}$ – ciepło odzyskane w reku-peratorze w miesiącu m , $\eta_{R,m}$ – sprawność wymiennika ciepła (rekuperatora) w miesiącu m , $\eta_{ER,m}$ – sprawność układu rekuperacji w miesiącu m .

Sprawność (tzw. temperaturowa) wymiennika ciepła według wytwórcy wynosi $\eta_{obl} = 92\%$. Rzeczywista sprawność układu rekuperacji ciepła odpadowego w warunkach eksploatacyjnych jest zazwyczaj niższa o kilka procent (według badań omawianych w [82]). W tej pracy w obliczeniach przyjęto sprawność $\eta_R = 82\%$.

Według obliczeń przedstawionych w tabeli 2 uzyskano następujące roczne wartości poszukiwanych wielkości: $Q_w = 185,53$ GJ/rok, $\Delta E_{el} = 12,74$ GJ/rok, $Q_R = 152,1$ GJ/rok, $\eta_{ER} = 0,767\%$.

2.9. Ocena efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia

Realizacja przedsięwzięcia modernizacyjnego spowoduje zmniejszenie zużycia ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego kosztem jednak pewnego zwiększenia zużycia energii elektrycznej na napęd wentylatorów. W sumie nastąpi

zmniejszenie kosztów zużycia nośników energii, co będzie generowało oczekiwane zmniejszenie kosztów eksploatacji.

Roczne zmniejszenie kosztów zużycia ciepła na potrzeby wentylacji w wyniku modernizacji instalacji wyniesie

$$-\Delta K_w = c_Q Q_R + c_z (-\Delta Q_w)$$

gdzie:

- $-\Delta Q_w = Q_w - Q_R = 185,53 - 152,1 = 33,43$ GJ/rok
- c_Q – koszt jednostki ciepła (zł/GJ) wg taryfy opłat (2010), wg [82],
- c_z – opłata za 1 kW mocy cieplnej zamówionej, zł/rok (2010), wg [82],
- $-\Delta Q_w$ – zmniejszenie mocy zamówionej.

Fragment pochodzi z książki:

Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej
Jan Górczyński, Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Reklama



Wspieraj i promuj wydarzenia z nami!

napędy i sterowanie

miesięcznik naukowo-techniczny

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!

Napisz do nas: redakcja.nis@industrypublisher.com

Analiza cyklu życia

Ewa Klugmann-Radziemska

Wprowadzenie

Analiza cyklu życia (LCA, ang. *Life Cycle Analysis*) z założenia obejmuje podejście „od kołyski aż po grób” w ocenie procesów przemysłowych i produktów. Ta wizja zaczyna się już w momencie wydobycia surowców pierwotnych w celu przetworzenia i wytworzenia produktu, a kończy, gdy wszystkie materiały zostają poddane utylizacji, recyklingowi lub składowaniu (rys. 1). LCA ocenia wszystkie etapy życia produktu z założeniem, że są od siebie współzależne, czyli że jedna operacja prowadzi do następnej. Umożliwia oszacowanie kompleksowego wpływu na środowisko wynikającego z każdego etapu życia produktu.

Za pierwszą analizę cyklu życia uznaje się przedstawione przez Harolda Smitha obliczenia skumulowanego zapotrzebowania na energię do produkcji chemicznych półproduktów i produktów na Światowej Konferencji Energetycznej w 1963 roku. Natomiast pierwszą kompleksową analizę przeprowadziła Coca-Cola Company w 1969 roku, porównując produkcję różnych pojemników na napoje w celu ustalenia rodzaju opakowania o najmniejszym wpływie środowiskowym. Proces ten nazwano analizą profilu zasobów i środowiska (REPA, ang. *Resource and Environmental Profile Analysis*). REPA określa ilościowo zużycie zasobów i uwalnianie produktów do środowiska w Stanach Zjednoczonych, natomiast w Europie stało się znane jako Ecobalance. Aby je wykonać, wymagane było wiele założeń, które zostały dokładnie przeanalizowane przez Agencję Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (EPA, ang. *United States Environmental Protection Agency*) [1].

Wyniki takich badań stały się łatwiej zrozumiałe w latach 90., kiedy Towarzystwo Toksykologii Środowiskowej i Chemii (SETAC, ang. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) wydało „Kodeks praktyk” i wyróżniło 4 elementy analizy LCA: definicja celu i zakresu, analiza zbioru wejść i wyjść cyklu życia, ocena wpływu cyklu życia i udoskonalenie cyklu życia. Wraz z wydaniem pierwszej międzynarodowej normy ISO 14040 (1997) udoskonalenie było już traktowane jako część każdego z pierwszych trzech etapów i wprowadzono interpretację cyklu życia jako nowy czwarty etap.

Wciąż wprowadzane są ulepszenia do metodologii LCA, ale seria ISO 14040 jest nadal uważana za podstawowe ramy i wytyczne dla LCA:

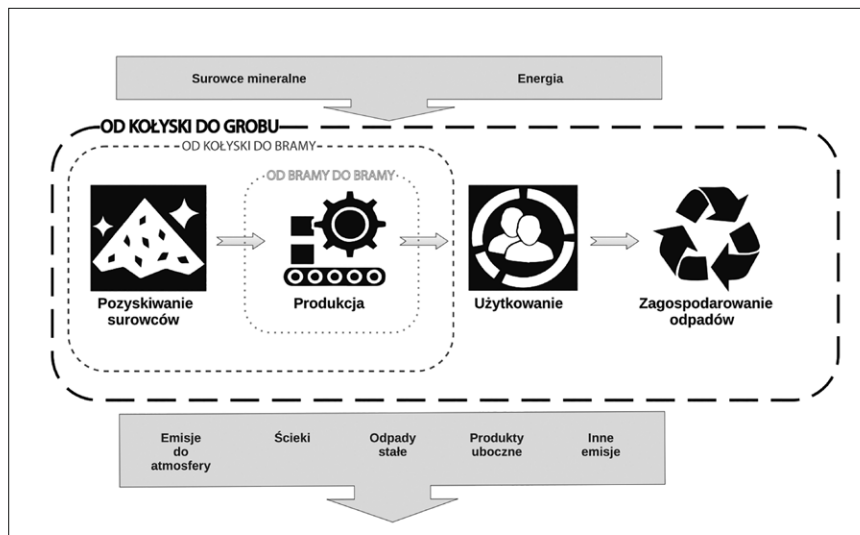
- ISO 14040:1997 na temat zasad i ram LCA [2];
- ISO 14041:1999 w sprawie definicji celu i zakresu oraz analizy zbioru [3];
- ISO 14042:2000 na temat oceny wpływu cyklu życia [4];
- ISO 14043:2000 na temat interpretacji cyklu życia [5].

Najnowsza norma ISO 14040:2006 [6] opisuje zasady i ramy oceny cyklu życia (LCA), w tym: definicję celu i zakresu LCA, fazę analizy zapasów cyklu życia (LCI), fazę oceny wpływu cyklu życia (LCIA), fazę interpretacji cyklu, raportowanie i krytyczny przegląd LCA, ograniczenia LCA, związek między fazami LCA oraz warunki stosowania wyborów wartości i elementów opcjonalnych. ISO 14040:2006 obejmuje badania oceny cyklu życia (LCA) i badania inwentaryzacji cyklu życia (LCI). Nie opisuje szczegółowo techniki LCA ani nie określa metodologii dla poszczególnych faz LCA.

1. Analiza cyklu życia (LCA) w ocenie wpływu na środowisko

Analiza cyklu życia składa się z 3 głównych elementów, które są ściśle ze sobą powiązane (rysunek 10.2). Elementy te to:

- cel i zakres – określenie celu i zakresu prowadzonych badań, ustalenie jednostki funkcjonalnej, strategii zbierania danych i identyfikacja ograniczeń systemu;
- analiza zbioru – zidentyfikowanie i ocena ilościowa obciążeń środowiska, w tym zużytych materiałów i energii oraz emisji i odpadów wprowadzanych do środowiska;



→ Rys. 1. Schemat wejść i wyjść procesu produkcyjnego

- ocena wpływu – klasyfikacja wyników do wybranych kategorii wpływu i przypisanie wielkości w wpływu w odpowiednio dobranych i naukowo uzasadnionych jednostkach;
- interpretacja – weryfikacja i interpretacja otrzymanych wyników w celu oszacowania dostępnych opcji minimalizacji obciążeń.

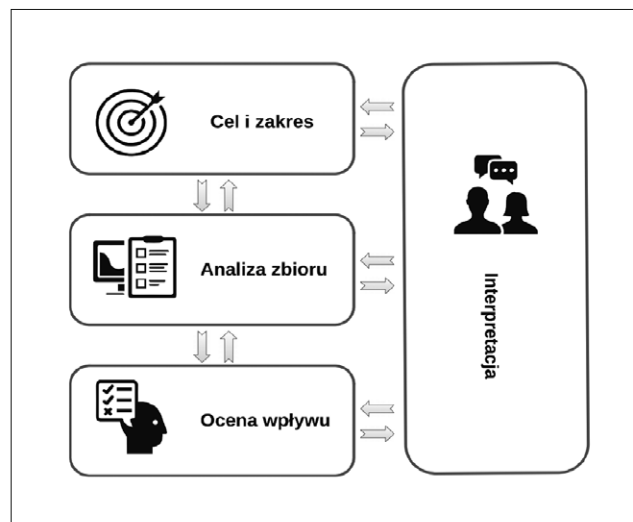
Każdy z elementów zostanie szczegółowo opisany w poniższych podrozdziałach. Za główne zalety metody LCA uważa się to, że jej charakter jest:

- wymierny i konkretny – zapewnia miarę, za pomocą której można ocenić wpływ na środowisko, dostarcza wskazówek do kompleksowej i systematycznej oceny, pomagają uniknąć rozmytych określeń, takich jak „bardziej ekologiczny”, „niski wpływ”;
- porównywalny – wyniki można wykorzystać do porównywania różnych opcji przy zastosowaniu odpowiednich założeń;
- kompleksowy – pozwala na pełniejsze zrozumienie wpływu na środowisko dzięki analizie danych od pozyskania surowców przez cały cykl życia produktu;
- informacyjny i motywujący – dostarcza informacji na temat wpływów na środowisko i pomaga zrozumieć, gdzie można dokonać ulepszeń w ramach kompromisu ekonomicznego i motywować do zmian [7].

Za wady LCA uważa się natomiast to, że bywa:

- czasochłonna – wnikliwa analiza wymaga znacznych zasobów, znajomości procesów, czasu na zgromadzenie danych, dostępu do wielu baz danych i wiedzy fachowej;
- niepełna i niepewna – metoda jest ograniczona obecnym stanem wiedzy i metodologią, często pomijane są efekty długofalowe lub lokalne, dodatkowo trudno w pełni określić skutki ekonomiczne i społeczne, a na wynik znaczny wpływ mogą mieć poczynione założenia;
- niekompletna – brak danych dla danego obszaru w bazach danych wymusza używanie danych zastępczych z innych regionów lub wydłuża czas analizy; metoda wymaga również dostępu do wielu baz danych, co jest kosztowne i pozwala na użycie wyników niepopartych udokumentowanymi metodami;
- subiektywna – niektóre aspekty wymagają osądu: co uwzględnić, jakie dane wykorzystać, z jakiego modelu skorzystać itp., co wpływa na subiektywny charakter części analizy i wymaga wiedzy fachowej, dlatego powinno się porównywać wyniki analiz wykonanych przy zbieżnych założeniach wejściowych [7].

Ważne jest określenie, czy LCA jest odpowiednim narzędziem do danego zastosowania. Ze względu na kompleksowy charakter tego typu analizy jest to najlepsza metoda do oceny pojedynczych operacji w procesie przemysłowym lub pojedynczych aspektów ryzyka, na przykład związanych z użytkowaniem produktu. W procesie podejmowania decyzji dobrze też skorzystać z dodatkowych narzędzi, takich jak: analiza ryzyka (RA, ang. *Risk Assessment*) lub analiza kosztów. LCA jest przydatne do identyfikacji głównych wpływów danego procesu produkcyjnego lub całego cyklu życia produktu na społeczeństwo i środowisko w sposób kompleksowy.



↑ Rys. 2. Schemat etapów metodyki LCA

Dla firm najkorzystniejsze może być wybranie analizy „od bramy do bramy”, co pozwala na inwentaryzację na poziomie obiektu lub stworzenie systemów śledzenie wpływu na środowisko dla całej branży.

1.1. Cel i zakres analizy

Wybór celu i zakresu analizy determinuje szczegółowość i wnikliwość przeprowadzonych badań. Cel polega na jednoznacznym ustaleniu przeznaczenia wyników. Stopień szczegółowości jest ściśle związany z ustalonym celem i wpływa na zakres prowadzonej analizy. Przed rozpoczęciem analizy dobrze odpowiedzieć sobie na kilka podstawowych pytań [8], by określić prawidłowo cel analizy.

Jak wyniki analizy zostaną wykorzystane?

Jaki produkt, proces i aktywność podlega analizie?

Jakie są motywacje do przeprowadzenia LCA?

Jakie elementy nie będą podlegać analizie?

Jakie elementy zostaną uwzględnione?

Bazą określenia zakresu jest zdefiniowanie jednostki funkcjonalnej (JF), czyli najmniejszej części wyrobu, która będzie podlegać analizie. Zadaniem JF jest dostarczenie płaszczyzny odniesienia przy normalizowaniu danych wejściowych i wyjściowych z analizowanego procesu. Jednostką funkcjonalną może być jednostka fizyczna (na przykład kilogram, dżul itp.), pojedyncze urządzenie lub maszyna, powierzchnia zagospodarowana przez urządzenie lub proces, jak również jednostka złożona (na przykład tonokilometr dla transportu). Najważniejsze, by JF była jasno zdefiniowana i mierzalna oraz dobrana do celu analizy.

Zakres LCA zgodnie z założeniami powinien obejmować cykl życia produktu „od kołyski po grób”, czyli od momentu pozyskania surowców do końca życia produktu po procesie użytkowania. Często jednak producenci ograniczają przeprowadzaną analizę do terenu zakładu, tzw. od bramy do bramy. Podczas analizy można się jednak skupiać na wybranych fragmentach cyklu życia, na przykład „od kołyski do bramy wyjściowej z zakładu” lub „od bramy wyjściowej zakładu po grób”, w zależności od celu analizy (rysunek 1).

Funkcjonują trzy typowe podejścia do szczegółowości przeprowadzanej analizy: pełna analiza cyklu życia, częściowa analiza cyklu życia, indywidualna analiza skupiona na konkretnym procesie [8]. Ze względu na dostępność danych i użyteczność najbardziej rozpowszechniona jest analiza częściowa, ograniczona tylko do konkretnych zakresów cyklu życia. Dobranie odpowiedniego typu analizy do celu definiuje szczegółowość prowadzonych badań (tabela 1).

Ważne jest też określenie warunków granicznych, czyli tego, które dane zostaną uwzględnione, a które zostaną wykluczone w toku analizy. Na tym etapie określa się też możliwość grupowania takich procesów jak transport, dystrybucja lub magazynowanie i traktowanie ich zbiorczo jako jednego „podprocesu”.

1.2. Analiza zbioru wejść i wyjść

Kompletna analiza cyklu życia gromadzi dane dotyczące zasobów, materiałów i energii potrzebnych w procesie, jak również półproduktów, produktów, emisji i odpadów. Dane, w zależności od celu analizy, są otrzymywane z zakładu produkcyjnego lub pochodzą z baz danych i są wypadkową wielu procesów dla różnych lokalizacji. Często ze względu na kompleksowość analizy stanowią zestawienie różnych procesów jednostkowych zebranych tak, by zaprezentować przepływ materiałów i energii dla analizowanego produktu. Główne zakresy obejmują:

- pozyskiwanie surowców i energii;
- produkcję, wytwarzanie i przetwarzanie;
- transport i dystrybucję;
- użytkowanie, ponowne użycie i konserwację;
- recykling i zarządzanie odpadami.

Gromadzenie danych nazywane jest inwentaryzacją procesu (LCI, ang. *Life Cycle Inventory*) i jest jednym z najbardziej czasochłonnych i pracochłonnych etapów LCA. Zaczyna się od identyfikacji procesów, których inwentaryzacja zostanie przeprowadzona, następnie gromadzone są dane dotyczące wszystkich strumieni wejść i wyjść (IO, ang. *Input and Output Analysis*) wytypowanych procesów. Ważna jest kontrola jakości zgromadzonych danych, odpowiednie przeliczanie wyników zgodnie z modelem LCI, analiza niepewności i wrażliwości danych, by przygotować raport końcowy, który zostanie użyty w kolejnym etapie. Na tym poziomie ze względu na dostępność danych może dojść do weryfikacji celu lub zakresu analizy.

W praktyce na niektórych etapach przygotowywania danych konieczne jest posługiwanie się uproszczeniami lub założeniami dla warunków granicznych procesu, ponieważ niemożliwe jest modelowanie każdego wpływu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo analizowanego produktu lub procesu. Wyznaczanie warunków granicznych nie powinno być subiektywne, a określone na podstawie norm i standardów w celu zapewnienia porównywalnych i wiarygodnych wyników analizy [9]. Do tej pory zakładano, że odcinane strumienie były nieznaczne, badania wykazały jednak, że potrafią osiągać 30% lub więcej dla bardziej rozbudowanych międzynarodowych łańcuchów dostaw [10].

↓ Tabela 1. Poziom szczegółowości niektórych zastosowań LCA

| Podejmowane decyzje | | Projektowanie | Udoskonalenie produktu | Etykietowanie | Tworzenie norm | Planowanie strategii rozwoju | Kształtowanie polityki produktowej | Określenie strategii marketingowej |
|---------------------|-------------|---------------|------------------------|---------------|----------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Poziom LCA | Uproszczony | x | x | | x | x | | x |
| | Szczegółowy | x | x | x | | x | x | |
| | Poszerzony | | x | x | | | x | x |

* „x” wskazuje najczęściej używany poziom

Odcięcia w analizie wejść i wyjść mogą wynikać ze zidentyfikowanych źródeł i tych niezidentyfikowanych. Zidentyfikowane to te, dla których nie mamy danych i zostały one świadomie wykluczone z procesu LCA, natomiast niezidentyfikowane to te strumienie, które są pomijalnie małe lub po prostu zostały zignorowane. Błędy mogą wynikać z bagatelizowania takich etapów jak konserwacja sprzętu, która zużywa materiały i specjalistyczne narzędzia, co przekłada się na znaczne zużycie metali [11].

1.2.1. Pozyskiwanie surowców i energii

Zakres analizy określa, jak bardzo szczegółowa będzie inwentaryzacja pozyskiwanych surowców. Przede wszystkim występuje podział na surowce pierwotne i wtórne. Pierwotne nie zostały jeszcze przetworzone, natomiast wtórne pochodzą z procesów recyklingu lub odzysku. Przy uwzględnianiu surowców wtórnych szczególną uwagę należy zwrócić na potencjalny uniknięty koszt środowiskowy w porównaniu z użyciem surowców pierwotnych, proces związany z przygotowaniem tych surowców do ponownego użycia oraz związane z nim emisje, zanieczyszczenia i wpływ na środowisko.

Surowce pierwotne to wszelkie substraty, które można wykopać, takie jak rudy, paliwa kopalne, minerały, jak również produkty uprawne lub pozyskiwane przez zbieractwo, a także drewno, woda i powietrze. W tej kategorii uwzględnia się wszelkie surowce do wytwarzania energii, takie jak energia elektryczna (w kWh), olej napędowy, benzyna (w litrach), gaz ziemny (w m³) lub węgiel, koks itp. (w kg lub Mg). Należy zaznaczyć, z jakiego źródła pochodzi pozyskana energia, ze szczególnym uwzględnieniem, czy jest to źródło odnawialne, czy nie. Następnie całościową energię przelicza się na megadżule [MJ] i w tej formie wykorzystuje w ocenie wpływu.

Nie wszystkie surowce są pozyskiwane ze środowiska naturalnego, w zależności od zakresu inwentaryzacja może obejmować już półprodukty pozyskane z technosfery, a co za tym idzie już obciążone wpływem na środowisko. Ograniczenie analizy do wpływów z technosfery, bez głębszej analizy, może wynikać na przykład z zastrzeżonej procedury produkcyjnej jednego z substratów. Wpływa ono na wynik analizy, ale również może uniezależnić jej wynik od procesu wytwórczego określonych substratów, skupiając się tylko na wpływie środowiskowym analizowanego procesu produkcyjnego.

Należy również pamiętać o wszelkich surowcach wykorzystywanych w trakcie pozyskiwania innych substratów, takich jak pestycydy czy nawozy sztuczne w procesie uprawy roślin.

Ważnym elementem są też elementy infrastruktury użyte w procesie wytwórstwa: drogi, budynki, elementy wyposażenia, ciężkie maszyny i pojazdy. Na tym etapie uwzględnia się również emisje do powietrza, wody i gleby powstałe na etapie pozyskiwania i przetwarzania surowców. Jak wspomniano, często metoda pozyskania surowca ma znaczący wpływ na końcowy wynik LCA, dlatego ważna jest wnikliwa analiza powyższych danych. Zgromadzenie informacji i prawidłowy opis mogą być trudne, szczególnie w kwestii zagospodarowania terenu, zanikania siedlisk, zanieczyszczeń wizualnych czy skażenia hałasem.

1.2.2. Produkcja, wytwarzanie i przetwarzanie

Zakres ten obejmuje wszelkie procesy związane z powstaniem końcowego produktu z pozyskanych surowców. Należy uwzględnić nie tylko oczywiste procesy przetwórstwa, lecz także magazynowanie czy pakowanie produktu, zanim zostanie on przekazany do dystrybucji. Zakres przeprowadzanej analizy ponownie definiuje, jak szczegółowa będzie przeprowadzona inwentaryzacja oraz jakie procesy wstępnego przetwórstwa zostały już uwzględnione na poprzednim etapie.

Trzeba pamiętać o ewentualnych strumieniach zawracanych lub odzyskiwanych w ramach procesu produkcyjnego. Jeżeli zakład dysponuje własną linią do recyklingu i odzysku surowców, cała ta infrastruktura powinna zostać uwzględniona na tym etapie jako jeden z podprocesów. Proces produkcyjny powinien również wliczać pracę ludzką, prace konserwacyjne, zużycie surowców i energii nie tylko na linii produkcyjnej, lecz także używanych na prace administracyjne czy księgowo w ramach pracy zakładu.

Odpady generowane na terenie zakładu także są rozważane w ramach tego zakresu analizy. Ilość generowanego odrzutu z linii produkcyjnej ma wpływ na środowisko i na koszty produkcji, a w zależności od obranej ścieżki zagospodarowania lub utylizacji ten wpływ może zostać zminimalizowany lub w znacznym stopniu ograniczony.

1.2.3. Transport i dystrybucja

Na tym etapie uwzględnia się tylko zmianę lokalizacji lub konfiguracji produktu, a nie jego zmianę struktury. Praktycznie każdy proces produkcyjny jest zakończony transportem i dystrybucją gotowego produktu, dlatego pominięcie tego etapu znacząco obniża jakość przeprowadzonej analizy i wiarygodność otrzymanych wyników. W kwestii transportu i dystrybucji zakres może się okazać niejasny, w przypadku gdy w trakcie transportu produkt jest poddawany dodatkowym procesom, takim jak na przykład mrożenie czy mieszanie betonu.

Na potrzeby LCA stworzono definicje dystrybucji i transportu. Dystrybucja to wszelkie procesy nieobejmujące transportu, mające na celu dostarczenie produktu z zakładu wytwórczego do końcowego użytkownika. Przepakowywanie, magazynowanie czy inne działania odbywające się po opuszczeniu przez produkt bramy zakładu uznawane są za dystrybucję. Transport natomiast obejmuje zmianę lokalizacji energii lub produktu. Rozważa się tutaj zarówno transport

surowców, jak i gotowego produktu z zakładu do magazynów, punktów handlowych czy do konsumenta, jak również transport energii z miejsca jej generacji do odbiorcy. W ten zakres nie wchodzi transport na terenie zakładu produkcyjnego czy magazynów lub punktów handlowych. Rozpatruje się nie tylko zużycie paliw i wszelkich procesów związanych z jego produkcją, dostarczeniem do konsumenta i emisjami powstałymi w tych procesach i podczas spalania, lecz także energię i surowce zużyte na utrzymanie odpowiednich warunków, takie jak temperatura i wilgotność.

1.2.4. Użytkowanie, ponowne użycie i konserwacja

Materiały, z których został wytworzony produkt, opakowanie i konserwacja są określone na etapie projektowania produktu i determinują wpływ na środowisko podczas użytkowania. Dostosowanie produktu do potrzeb konsumenta i sposobu użytkowania oraz przeznaczenia jest kluczowe dla doboru odpowiednich materiałów czy elementów konstrukcyjnych. Projektując produkt mający obniżony wpływ na środowisko, należy również pamiętać, by zachował on pierwotną funkcjonalność. Zakres ten obejmuje to, co dzieje się z produktem od momentu zakupu i dostarczenia do konsumenta do chwili, kiedy produkt zostanie wyrzucony i trafi do procesu obróbki odpadów. Niezależnie od metody zakupu i sposobu dostawy (poczta, kurier, rurociąg itp.) faza ta liczy się dopiero od momentu otrzymania produktu przez użytkownika, a jej pierwszym etapem jest rozpakowanie i przygotowanie do użytkowania. Należy pamiętać o powstałych odpadach, takich jak opakowanie samego produktu, ale również wszelkie środki użyte do zabezpieczenia produktu w transporcie lub podczas magazynowania. W czasie przygotowania produktu do użytkowania również może dojść do zużycia energii, surowców, emisji, odcieków i zanieczyszczeń związanych z procedurą sprawdzenia sprawności, montażem lub uzupełnieniem płynów eksploatacyjnych.

Kolejny etap to samo użytkowanie produktu, w którym zawiera się również konserwacja. Tu pojawia się największa różnorodność związana z charakterystyką analizowanego obiektu. Konserwowanie obejmuje czynności na miejscu i usługę serwisu zewnętrznego, wszelki występujący na tym etapie transport, energię, zużycie surowców, odpady i powstałe emisje zanieczyszczeń.

Ponowne użycie uwzględnia użycie produktu przez nowego użytkownika zgodnie z pierwotnym założeniem, użycie niezgodne z pierwotnym założeniem (na przykład kredki w puszcze po kawie), przetworzenie produktu przez użytkownika (na przykład ścinki z niszczarki użyte jako wypełnienie paczki), oddanie produktu do zakładu produkcyjnego w celu ponownego użycia (na przykład butelki zwrotne). Ponowne użycie nie jest zależne od tego, czy produkt został sprzedany, czy oddany w formie darowizny.

1.2.5. Recykling i zarządzanie odpadami

Ostatni etap życia produktu do niedawna był głównie związany ze składowaniem na wysypiskach odpadów lub zrzutem do ścieków w przypadku odpadów płynnych. Jednak, obecnie

jest bardzo wiele alternatyw dla składowania. W przypadku niektórych materiałów, takich jak polietylen wysokiej gęstości (HDPE) lub politereftalan etylenu (PET), możliwy jest ich recykling dzięki dostępności sprawnie działającej infrastruktury. Inne materiały poddawane są odzyskowi energetycznemu, a jeszcze inne unieszkodliwieniu ze względu na swoje właściwości.

Główną motywacją do wdrożenia procesów odzysku są korzyści materialne, jednak nie należy zapominać o korzyściach środowiskowych i unikniętych kosztach związanych z karami legislacyjnymi lub wytworzeniem substratu z surowców pierwotnych. LCA pozwala na określenie tych korzyści w kontekście badanego produktu, jak również pomaga ustalić ścieżkę, jaką przebywa produkt od końcowego użytkownika, zanim trafi do zakładu przetwórstwa odpadów. Taka analiza zapewnia informacje, które wykorzystane w odpowiedni sposób poprawiają efektywność zbiórki odpadów i stopień odzysku.

Należy pamiętać, że na tym etapie uwzględnia się również pełną infrastrukturę związaną z procesami recyklingu, odzysku energetycznego lub unieszkodliwienia, zarówno w postaci użytego sprzętu i aparatury, jak i surowców, energii oraz paliw.

1.3. Ocena wpływu i metodologia w LCA

Trzecia faza procedury LCA obejmuje ocenę wpływu cyklu życia (LCIA, ang. *Life Cycle Impact Assessment*), która zostaje przeprowadzona na podstawie przygotowanej we wcześniejszym etapie inwentaryzacji (LCI). Strumienie wejść i wyjść z procesu określające ilość zużytych surowców, energii, emisji, odpadów, ścieków i wszelkich użytecznych półproduktów zostają przeliczone na ocenę wpływu na środowisko.

W odróżnieniu od innych faz w praktyce podczas LCIA głównie wykorzystywane jest specjalistyczne oprogramowanie. Automatyzacja tej fazy nie zwalnia jednak ze znajomości modeli i wskaźników stosowanych podczas LCA. LCIA dzieli się na etapy obowiązkowe i opcjonalne; do obowiązkowych zaliczamy wybór kategorii, klasyfikację i charakteryzację, natomiast nieobowiązkowe są etapy normalizacji, grupowania i ważenia.

Najbardziej popularne oprogramowanie używane do LCA to:

- GaBi – Sphera Solutions; www.gabi.sphera.com/international/index/
- OpenLCA – GreenDelta; www.openlca.org/
- SimaPro – Pré Consultants; www.pre-sustainability.com/simapro
- Umberto – iPoint-systems; www.ifu.com/umberto/
- Air.e LCA – Solidforest; www.solidforest.com/en/index.html
- Idemat – Idemat; www.idematapp.com/

1.3.1. Wybór kategorii i klasyfikacja

Wybór kategorii opiera się głównie na wyborze istniejącej metody LCIA, w ramach której wytypowane są odpowiednie wskaźniki kategorii i modele charakteryzowania. Kategorią wpływu nazywamy typ oddziaływania reprezentujący

analizowane kwestie środowiskowe, do których przypisywane będą wyniki LCI. Każda kategoria jest przedstawiana ilościowo, w formie wskaźnika kategorii stanowiącego miarę danego oddziaływania. Etap klasyfikacji polega na przypisywaniu danych zgromadzonych podczas analizy zbioru wejść i wyjść do poszczególnych kategorii. Każdy z czynników z tabeli inwentarzowej może odpowiadać więcej niż jednej kategorii wpływu.

1.3.2. Charakteryzowanie

Po przypisaniu wyników LCI do kategorii możliwe jest przeliczenie poszczególnych parametrów na wskaźniki kategorii dzięki modelom charakteryzowania. Modele te są naukowo uzasadnione i poparte badaniami, pozwalają na zamianę mechanizmów środowiskowych na punkt końcowy kategorii, czyli aspekt środowiska nieidentyfikujący danej kwestii, na przykład zdrowie ludzkie lub zasoby naturalne. Na ich podstawie tworzy się parametry charakteryzowania i to dzięki nim możliwe jest przekształcenie wyniku LCI we wskaźnik wpływu, który można porównywać.

1.3.3. Normalizacja

Celem etapu normalizacji jest doprowadzenie wyników charakteryzacji do takiej formy, w której będą one mogły być między sobą porównywane. Wyniki charakteryzacji są wyrażane w jednostkach charakterystycznych dla danej kategorii wpływu, co sprawia trudności przy porównywaniu i ustaleniu wielkości wpływu ze względu na brak skali odniesienia. Normalizacja polega na odniesieniu potencjalnych oddziaływań do wspólnej skali, takiej jak kraj, świat lub sektor przemysłowy, co powoduje pozbycie się jednostki i pozwala na określenie skali oddziaływania w stosunku do układu odniesienia.

Normalizacja wyników ułatwia ich prezentację, nadaje im skalę odniesienia i pozwala na wyrażenie względnych potencjałów oddziaływania oraz pomaga w kontroli spójności i wiarygodności prezentowanych wyników. Jeżeli wyniki są normalizowane w odniesieniu do obszaru geograficznego (na przykład kraj, region), obywatela (na przykład mieszkańca danego kraju) lub sektora przemysłowego, to jest to normalizacja zewnętrzna. Można również normalizować wyniki w odniesieniu do innego procesu produkcyjnego – taka normalizacja określana jest mianem wewnętrznej.

1.3.4. Grupowanie

Krok ten polega na umieszczeniu jednej lub kilku kategorii wpływu w klastrach lub grupach. Może obejmować sortowanie i klasyfikację w grupach na podstawie wpływu na środowisko i uzyskanego wyniku po charakteryzacji – grupy te nazywane są kategoriami szkody. Można również grupować na podstawie rankingu kategorii i ustalonej subiektywnej hierarchii wartości etycznych. W celu grupowania wyników należy sprowadzić je do wspólnej jednostki po procesie charakteryzacji lub przeprowadzić grupowanie po normalizacji i ważeniu, po to, by mieć wartości bez jednostki z udziałem wpływu.

1.3.5. Ważenie

Ważenie jest kolejnym nieobowiązkowym etapem oceny wpływu i można je zastosować dopiero po etapie normalizacji. Normalizacja pozwala na ustalenie ważności kategorii wpływu przez zastosowanie wag do każdego wskaźnika kategorii. Należy jednak pamiętać, że jest to etap subiektywny i nie ma naukowej ani obiektywnej podstawy, więc niezależnie od zastosowanej metody będzie stanowił odbicie subiektywnej oceny grupy osób.

Zgodnie z normą ISO 14044 [12] zabronione jest przedstawianie tylko wyników po procesie ważenia i trzeba je podawać zawsze w obecności wyników nieważonych. Przyjęty schemat ważenia powinien być spójny z celem i zakresem, brać pod uwagę grupę docelową.

Najszerzej stosowane jest zastosowanie 3 perspektyw kulturowych, których opis znajduje się w tabeli 2. Czwarta perspektywa fatalistyczna nie ma zastosowania w LCA ani odpowiadającego sobie modelu. Przyjęto ogólne założenia, na których podstawie budowano modele charakterystyki dla każdego archetypu.

1.4. Interpretacja

Interpretacja jest ostatnią fazą LCA, w której razem rozpatrywane są wyniki innych faz z uwzględnieniem niepewności zastosowanych danych oraz wszelkich poczynionych założeń. Proces interpretacji rozpoczyna się od identyfikacji wszelkich potencjalnie istotnych problemów, które pojawiły się w poprzednich etapach. Po rozważeniu istotności wytypowanych problemów i przeprowadzeniu niezbędnego wzmocnienia danych, ponownym rozważeniu definicji itp. wyciągane są wnioski i opracowywane zalecenia.

W wyniku interpretacji powinno się stworzyć zalecenia, które:

- są spójne z definicją celu i spełniają ograniczenia nałożone przez określony w pierwszej fazie zakres;
- uwzględniają odpowiedni dobór jednostki funkcjonalnej i granice procesu;
- są jasne i w klarowny sposób przedstawiają wnioski wynikające z analizy;
- oceniają solidność i identyfikują potencjalne słabości oraz wszelkie ograniczenia przeprowadzonej analizy.

Należy pamiętać, że podczas każdego z poprzednich etapów LCA przeprowadzana jest wnikliwa analiza niepewności i wrażliwości przez tak zwaną pętlę interakcyjną (rys. 2). Oddziałuje to na wyznaczanie granic, gromadzenie danych z inwentaryzacji i ocenę wpływu.

1.4.1. Analiza istotności

Pierwszym krokiem procesu interpretacji jest identyfikacja kluczowych kwestii w procesie tworzenia założeń, najważniejszych przepływów i oceny wpływu podczas wszystkich faz LCA. W pierwszej fazie warto założyć alternatywne lub możliwe do zastąpienia technologie występujące w procesie, przygotować różne scenariusze w celu określenia istotności ich wpływu na wynik końcowy i wnioski. Dla analizy wejść i wyjść przeprowadza się analizę wrażliwości, czyli

↓ **Tabela 2.** Perspektywy kulturowe reprezentowane w LCA

| Model | Perspektywa czasowa | Wymagany poziom udokumentowania |
|-------------------|--|---|
| Hierarchiczny (H) | Balans pomiędzy długoterwałymi i krótkimi efektami | Konsensus badań i teorii naukowych |
| Indywidualny (I) | Krótkoterwałe efekty | Tylko udokumentowane efekty i badania naukowe |
| Egalitarny (E) | Bardzo długoterwałe efekty | Wszystkie możliwe efekty, głównie na bazie niepotwierdzonych teorii |

zastosowanie zmiennych układów w celu sprawdzenia ich wpływu na wynik lub potencjalnych współzależności między danymi. Podobnie jest z etapem oceny wpływu, w którym dochodzi również ocena niepewności otrzymanych wyników oraz sprawdzenie, jak wybór metody i potencjalne pominięcie kategorii mogą wpływać na końcowy wynik analizy.

1.4.2. Ocena kompletności i spójności

W następnym etapie interpretacji całościowo ocenia się kompletność i spójność otrzymanych wyników wraz ze szczegółową analizą niepewności. Tę fazę nazywamy ewaluacją i jest ona kluczowa dla wiarygodności otrzymanych wyników, wniosków i zaleceń. W jej wkład wchodzi sprawdzenie kompletności, analiza wrażliwości w połączeniu z analizą niepewności dla całości wyników, bez podziału na etapy, oraz kontrola spójności.

Kontrola kompletności jest przeprowadzana w szczególności dla wszystkich procesów i wpływów, które zostały zidentyfikowane jako istotne problemy środowiskowe. Dzięki temu możliwe jest ustalenie, że ten znaczący wpływ nie wynika z braku lub niekompletności informacji dla niektórych kluczowych procesów lub najważniejszych podstawowych przepływów w danych kategoriach wpływu. Jeśli zidentyfikowane luki nie będą spełniały wymagań zakresu analizy, należy ponownie przeprowadzić inwentaryzację i proces oceny wpływu, po wcześniejszym uzupełnieniu braków. Jeśli są to ograniczenia w pozyskiwaniu danych, których nie da się uniknąć, należy to uwzględnić w raporcie końcowym i podczas formułowania wniosków i zaleceń. Nawet niewielkie braki powinny zostać udokumentowane w sporządzonym raporcie kompletności.

Kontrola spójności jest przeprowadzana w celu zbadania, czy założenia, metody i dane, które zostały zastosowane w badaniu, są zgodne z celem i zakresem. Należy sprawdzić, czy wstępują różnice w jakości danych inwentaryzacyjnych względem założonej istotności procesów i czy pozyskane dane są zgodne z celem i zakresem analizy. Ważna jest kwestia reprezentatywności zebranych danych pod względem geograficznym, czasowym i technologicznym analizowanego procesu oraz adekwatności zdefiniowanych procesów jednostkowych i systemu oceny niepewności.

1.4.3. Analiza wrażliwości i niepewności

Analiza wrażliwości pozwala zidentyfikować procesy, które mają największy udział w końcowym wpływie całościowego analizowanego cyklu życia. Można ją przeprowadzić pod

kątem wpływu lub dominacji. Wpływ pozwala dopasować odpowiednie procesy do odpowiednich kategorii wpływu i ustalić ich wkład w wyniku końcowym, jak również określić, przez jakie strumienie ten wpływ jest wywierany. Dominacja natomiast pozwala powiązać działania i podprocesy z konkretnymi przepływami i zidentyfikować tylko te najbardziej znaczące. Połączenie analizy wrażliwości i analizy niepewności pomaga zidentyfikować punkty kluczowe dla lepszego gromadzenia danych inwentaryzacyjnych lub oceny wpływu.

Niepewności w wynikach LCA pochodzą z wielu źródeł i analiza rodzajów tej niepewności oraz określenie jej ilościowo pomaga w poprawie precyzji, wiarygodności wyciąganych wniosków i tworzonych zaleceń. Etap ten jest często pomijany, co wpływa niekorzystnie na ogólne postrzeganie wyników LCA w środowisku. Mimo że przeprowadzenie rzeczowej analizy niepewności jest pracochłonne, bardzo pozytywnie wpływa na postrzeganie przedstawionych wyników i stosowanie zintegrowanych metod pozwala na poprawę precyzji analizy i konstruowanie poprawnych wniosków. Temat niepewności w wynikach LCA został ciekawie i obszernie opisany przez Hauschilda i innych w książce *Life Cycle Assessment* [9].

1.4.4. Formowanie wniosków i rekomendacji

Ostatnim etapem procesu interpretacji wyników LCA jest wyciągnięcie wniosków, identyfikacja ograniczeń oraz opracowanie zaleceń zgodnie z definicją celu, zakresu i zamierzonym zastosowaniem wyników. Wstępne wnioski wyciąga się na podstawie interpretacji istotnych kwestii środowiskowych pod kątem kompletności, wrażliwości i spójności. Następnie porównuje się wnioski z wymaganiami ustalonymi w ramach zakresu, dotyczącymi jakości danych, założeń, ograniczeń metodologicznych i badawczych. Jeśli wszystko jest zgodne i nie ma zastrzeżeń, wnioski wstępne zastępuje się wnioskami końcowymi, jeżeli nie – należy je przeformułować i sprawdzić.

Rekomendacje powstałe na podstawie wniosków końcowych powinny być logiczne i mieć uzasadnienie w wynikach analizy oraz być spójne z określonym celem LCA i nie wybiegać poza ustalenia.

1.4.5. Analiza porównawcza

Podczas porównywania wyników konieczne jest wprowadzenie dodatkowych elementów do tego etapu. Dla każdego z analizowanych procesów należy ustalić możliwe rozbieżności, które mogą wpłynąć na równowagę porównania. W kwestii kompletności szczególną uwagę należy zwrócić na te elementy procesu, w których występują różnice. Jeśli w tych obszarach występują rozbieżności, to powinno się je wyeliminować i uwzględnić podczas formułowania wniosków. W przypadku analizy porównawczej na etapie kontroli spójności analizuje się również, czy zasady podziału i zakresu, a także ocena wpływu były konsekwentnie stosowane do wszystkich porównywanych procesów jednostkowych w produkcji analizowanych produktów.

Analiza niepewności jest przeprowadzana na podstawie różnicy między procesami (proces 1–proces 2), która zostaje

sprawdzona pod kątem statystycznie istotnej różnicy od zera. Należy również uwzględnić potencjalną współzmiennność między procesami jednostkowymi wewnątrz porównywanych procesów.

Norma ISO 14044 [12] wymaga, by stwierdzenia zawarte we wnioskach analizy porównawczej oparte były na analizie wrażliwości, ponieważ jeśli nie ma widocznych różnic między badanymi procesami, nie oznacza to, że różnice nie istnieją, tylko że przeprowadzona analiza nie jest w stanie w statystycznie istotny sposób ich pokazać.

2. Przykłady wykorzystania metody LCA w praktyce

Inżynierowie, naukowcy i urzędnicy, którzy opracowują wspomaganie prawne lub podejmują decyzje, gdzie zrównoważony rozwój jest brany pod uwagę, powinni zrozumieć potrzebę spojrzenia na rozwiązania z perspektywy cyklu życia i rozważenia możliwych kompromisów między wpływem na środowisko a trzema wymiarami zrównoważonego rozwoju. Analiza cyklu życia może mieć zastosowanie zarówno w przemyśle podczas projektowania procesów technologicznych, modernizacji linii produkcyjnych i wprowadzaniu technik pomiarowych do oznaczania wskaźników wpływu, jak i w organizacjach rządowych i pozarządowych przy planowaniu strategicznym, ustalaniu priorytetów i identyfikacji wskaźników oceny wpływu na środowisko i prawodawstwie. LCA ma również szerokie zastosowanie marketingowe w kwestii promocji prośrodowiskowej działalności firmy, na przykład przez ekoetykietowanie czy uzyskiwanie certyfikatów.

2.1. Zastosowanie metody LCA do oszacowania wpływu na środowisko wytwarzania energii z biomasy

Przykładem zastosowania LCA w celu zobrazowania wpływu różnych technologii wytwarzania energii na środowisko jest porównanie technologii wytwarzania energii z biomasy w odniesieniu do klasycznej energetyki węglowej [13]. Opisywana analiza obejmowała etapy produkcji surowca, przetwarzanie, transport i wytwarzania energii z biomasy, natomiast produkcja sprzętu, odzysk, amortyzacja i budowa instalacji zostały pominięte. Analizowane technologie obejmowały bezpośrednie spalanie biomasy, zgazowanie, spalanie mieszane oraz produkcję energii z biogazu i węgla. Jednostką funkcjonalną było wytworzenie 1 kWh mocy, czas życia instalacji oszacowano na 20 lat, a przyjęte moce instalacji to 2 MW, 4 MW, 20 MW, 300 MW i 1320 MW.

Główne dane objęte szczegółową analizą dotyczyły emisji zanieczyszczeń gazowych jako głównego źródła wpływu na środowisko. Uwzględniono 5 kategorii wpływu: potencjał globalnego ocieplenia (GWP), potencjał zakwaszenia (AP), potencjał tworzenia ozonu fotochemicznego (POCP), potencjał toksyczności dla człowieka (HTP) i potencjał cząstek stałych (SP). Wyniki poddano normalizacji i ważeniu, a następnie przedstawiono w postaci pojedynczego wyniku całkowitego wpływu procesu na środowisko. Najmniej inwazyjna dla środowiska okazała się technologia zgazowania biomasy (1,05 ×

10^{-5} ekopunktów (Pt)), następne w kolejności są produkcja energii z biogazu pochodzącego z biomasy ($9,21 \times 10^{-5}$ Pt), bezpośrednie spalanie biomasy ($1,23 \times 10^{-4}$ Pt) oraz spalanie mieszane ($3,88 \times 10^{-4}$ Pt). Natomiast w porównaniu z tradycyjnym wytwarzaniem energii z węgla korzyści odpowiednio wynoszą 97,69%, 79,69%, 72,87% i 14,56% [13].

Warto jednak pamiętać, że ważnym elementem nieuwzględnionym w powyższej analizie jest również sam proces uprawy biomasy i jej pozyskiwania. Największe znaczenie i największy wpływ na środowisko mają zmiany klimatu, ubożenie warstwy ozonowej, eutrofizacja/zakwaszenie, wykorzystanie gruntów, zmniejszenie zasobów minerałów oraz zmniejszenie zasobów kopalnych [14].

Proces uprawy biomasy wiąże się z emisją gazów cieplarnianych, zmniejszeniem zasobów mineralnych i paliw kopalnych, między innymi przez spalanie paliw silnikowych, produkcją nawozów i środków ochrony roślin oraz nawożeniem. Korzystnym zjawiskiem natomiast jest wiązanie węgla w glebie, które znacząco obniża całkowitą emisję gazów cieplarnianych. Z produkcją nawozów mineralnych i środków ochrony roślin związane jest również wymywanie nadmiaru stosowanych substancji z gleby do wód gruntowych lub wraz z wodami spływnymi do wód powierzchniowych, co przyczynia się do eutrofizacji zbiorników. Uprawa biomasy na cele energetyczne wykorzystuje również grunty i może rywalizować z terenami na uprawę biomasy do celów spożywczych.

Kolejnym przykładem jest wykorzystanie LCA do oszacowania wpływu na środowisko wytwarzania paliwa biogazowego do silników spalinowych [15]. Analizie poddano transport surowca, wytworzenie biogazu w komorze fermentacyjnej, jego oczyszczanie oraz użytkowanie jako paliwo silnikowe. Założono również, że osad pofermentacyjny zostanie wykorzystany jako nawóz do celów rolniczych. Pominięto natomiast koszty aplikacji nawozu, produkcji samochodów i urządzeń wchodzących w skład instalacji. Jako substrat przyjęto odchody zwierzęce będące odpadem powstającym w wyniku chowu krów, trzody chlewnej oraz drobiu, dlatego proces pozyskania surowca został wykluczony z analizy.

Płuczki wodne uznano za najbardziej korzystną technologię zarówno z ekonomicznego, jak i środowiskowego punktu widzenia. Jest ona również łatwo dostępna ze względu na szeroką dostępność instalacji tego typu na rynku. Przez rozpuszczanie powstałego dwutlenku węgla w wodzie wzrasta stężenie metanu w gazie wylotowym, natomiast woda z płuczki jest poddawana desorpcji na kolumnie z wypełnieniem z tworzywa sztucznego.

Największy wpływ na zmiany klimatu mają straty metanu podczas transportu oraz wytwarzania biogazu, które wynoszą 3%, oraz dwutlenek węgla powstający podczas spalania paliwa. Zastosowanie osadu pofermentacyjnego pomaga uniknąć wpływu związanego z produkcją i użyciem nawozów mineralnych, takich jak saletra amonowa i nawozy azotowe, dlatego wpływ na zużycie zasobów mineralnych, eutrofizację/ zakwaszenie i uszkodzenie warstwy ozonowej jest zrekompensowany.

Zastosowanie LCA pomaga w podjęciu decyzji inwestycyjnych i opracowaniu technologii spełniających wymogi środowiskowe.

2.2. Zastosowanie metody LCA do oszacowania wpływu na środowisko toreb wielokrotnego użytku

Ciekawym przykładem zastosowania LCA jest analiza 4 rodzajów toreb wielokrotnego użycia [16]. Warto zwrócić uwagę na sposób doboru jednostki funkcjonalnej. Jako punkt odniesienia wybrano nośność toreb i porównano torby mogące efektywnie przenieść 5 kg zakupów na odległość 500 m. Analizowano:

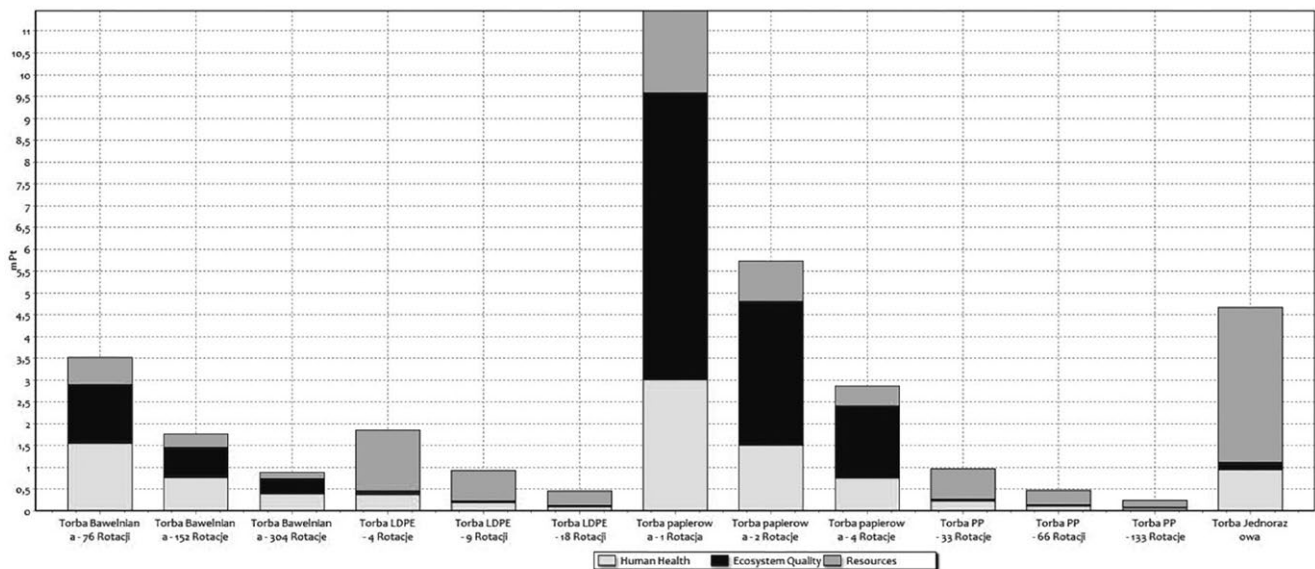
- torbę bawełnianą z nadrukiem wyprodukowaną w 2009 roku na zlecenie Ministerstwa Środowiska;
- torbę z folii polietylenowej (PE-LD);
- torbę z tkaniny polipropylenowej (PP);
- torbę papierową [16].

Podczas analizy skupiono się na polskich realiach w kwestii pozyskiwania surowców oraz odzysku i unieszkodliwiania odpadów opakowaniowych. Żadna z toreb nie była wytworzona z użyciem surowców wtórnych. Program użyty podczas tej procedury to SimaPro 7.1. Pre Consultants i metoda Ekowskażnika 99, a cała analiza została przeprowadzona zgodnie z wymogami normy ISO 14040:2006 [6]. Długość życia toreb określono na podstawie badań ankietowych na losowej próbie 225 osób w Warszawie, które szacunkowo określały liczbę rotacji do momentu zużycia. Do obliczeń przyjęto 3 warianty: zmniejszona dwukrotnie wartość średnia, wartość średnia, zwiększona dwukrotnie wartość średnia liczb rotacji.

Ze względu na niską wytrzymałość, a co za tym idzie niewielką liczbę rotacji w kontraście do czasu potrzebnego na wzrost drzew potrzebnych do wytworzenia pulpy celulozowej, najbardziej niekorzystnie pod kątem środowiskowym wypadają torby papierowe (rys. 3). Jednak zwiększenie liczby rotacji wpływa na znaczne zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko we wszystkich obszarach (rys. 4). Warto się zatem zastanowić, czy niska wytrzymałość jest jedynym powodem niewielkiej liczby rotacji toreb papierowych i jakie działania można by podjąć w celu zachęcenia użytkowników do rzadszej wymiany toreb.

Bardzo korzystnie wypada torba z folii polietylenowej i z tkaniny polipropylenowej – ich wysokie zużycie surowców rekompensuje wielokrotna rotacja (torba z folii polietylenowej 9, torba z tkaniny polipropylenowej 66), co zmniejsza ich negatywny wpływ na środowisko. Analiza jednak nie uwzględnia procesu rozkładu tego typu toreb. Optymistyczny jest jednak fakt, że konsumenci coraz częściej świadomie wielokrotnie używają toreb wykonanych z tworzyw sztucznych.

Torba bawełniana mimo bardzo dużej liczby rotacji (152) wypadła średnio ze względu na obecność w projekcie elementów wykonanych z tworzyw sztucznych, taki jak zamek błyskawiczny, nici i wzmocnienia. Można zatem wnioskować, że użycie prostszej torby bawełnianej o wciąż wysokiej nośności i dużej liczbie rotacji będzie miało mniejszy wpływ na środowisko w kwestii zużycia zasobów naturalnych.



↑ Rys. 3. Porównanie ocenianych toreb (średnia liczba rotacji) pod kątem kategorii szkody przy uwzględnieniu dodatkowo torby polietylenowej jednorazowego użycia [16]

Przedstawiona analiza posłużyła jako narzędzie do promocji podczas akcji rozdawania ludności toreb bawełnianych zakupionych przez miasto. Miała na celu pokazanie korzyści środowiskowych płynących z używania toreb wielokrotnego użytku, a w szczególności toreb bawełnianych. Konsument nie tylko zyskiwał torbę, lecz także podnosił świadomość związaną z wkładem wyboru opakowania na zakupy na środowisko.

2.3. Zastosowanie metody LCA do oszacowania wpływu na środowisko wykorzystania materiału półprzewodnikowego z recyklingu modułów fotowoltaicznych

Analiza cyklu życia może posłużyć do oceny wpływu na środowisko przy wykorzystaniu materiałów pozyskanych w procesie recyklingu materiałowego. Przykładem może być ocena obniżenia wpływu na środowisko produkcji modułów przy wykorzystaniu materiału półprzewodnikowego z recyklingu zużytych modułów fotowoltaicznych [17].

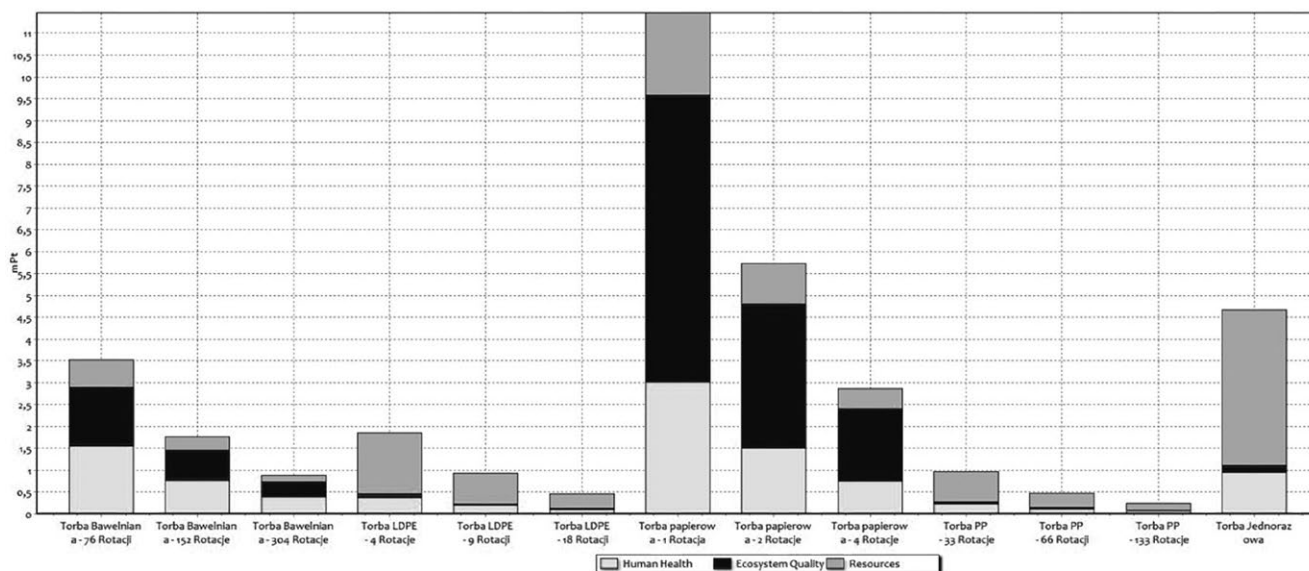
W celu uzyskania wyników porównywalnych z innymi krajami europejskimi użyto metody Ekowskaźnika 99 i oprogramowania SimaPro wyposażonego w europejskie bazy danych Ecoinvent. Wybrany model hierarchiczny daje zrównoważone wyniki skupione zarówno w krótko-, jak i długoterminowej perspektywie, co w kontekście odzysku materiałowego jest ważne i pomaga w rzeczowej analizie zjawiska. Dane wprowadzone do programu zostały uśrednione ze względu na różnice między różnymi technologiami produkcji w celu otrzymania uniwersalnych wyników. Zastosowano metodę porównawczą, analizując zużycie materiałów i energii podczas produkcji modułów fotowoltaicznych bez uwzględnienia procesów recyklingu, a także z uwzględnieniem użycia odzyskanego w procesie recyklingu krzemu. Typowy panel fotowoltaiczny z krystalicznego krzemu zawiera wagowo

około: 76% szkła, 10% folii laminującej, 8% ramy aluminiowej, 5% materiału półprzewodnikowego (krzem), 1% miedzi i 0,1% srebra i innych metali [18].

Warto zauważyć, że różnice między poszczególnymi technologiami produkcji modułów fotowoltaicznych wpływają na ilość zużytych surowców i zużycie energii oraz proces recyklingu. W przypadku odzysku płytek wykonanych z krystalicznego krzemu możliwe jest ponowne wykorzystanie aż 85% ogniw, co zmniejsza zużycie energii nawet do 70% [19].

W analizie skupiono się głównie na etapie przygotowania ogniw krzemowych ze względu na to, że na tę fazę największy wpływ ma zastosowanie odzyskanego materiału. Pozostałe etapy produkcji modułów fotowoltaicznych oraz proces ich użytkowania pozostaje bez zmian. Autorzy starali się uniknąć zaburzenia wyników przez różnice we wpływie na środowisko wynikające z rodzaju instalacji czy zastosowanych podzespołów. W wyniku analizy po normalizacji ustalono, że największy wpływ na środowisko występuje w obszarze zużycia paliw kopalnych (3,82 pt), co jest powiązane ze znacznym zużyciem energii podczas oczyszczania i obróbki krzemu. Proces Czocharalskiego na przykład wymaga 290 kWh/kg krzemu do zastosowań w elektronice. Do wytworzenia tego typu krzemu wysokiej jakości potrzeba sumarycznie 120 kWh/kg krzemu metalurgicznego [20]. Zastosowanie materiału odzyskanego w procesie recyklingu zmniejsza tę wartość do 1,49 pt. Całkowity wpływ na środowisko procesu produkcji ogniw z krystalicznego krzemu został obniżony z 5,33 pt do 2,23 pt tylko dzięki zastosowaniu materiału z odzysku.

Należy jednak pamiętać, że technologia recyklingu musi być również korzystna dla środowiska, by jej negatywny wpływ nie przewyższył zysków środowiskowych z recyklingu materiałowego. Przedstawiona powyżej analiza pokazuje jednak, jak znaczące dla środowiska i ekonomii jest stosowanie procesów recyklingu materiałowego i energetycznego.



↑ Rys. 4. Porównanie ocenianych toreb (wszystkie opcje rotacji) pod kątem kategorii szkody przy uwzględnieniu dodatkowo torby polietylenowej jednorazowego użycia [16]

2.4. Zastosowanie metody LCA do oszacowania wpływu na środowisko systemów gospodarki odpadami

O użyteczności analizy cyklu życia w kontekście gospodarki odpadami może świadczyć fakt powstania wielu programów skonstruowanych specjalnie w tym celu. Przykładowe modele i programy to między innymi:

- IWM-2 (Integrated Waste Management Model 2) – narzędzie programowe, które pozwala na utworzenie modelu gospodarki odpadami komunalnych (MSW) Procter & Gamble;
- ORWARE (Organic Wast Research) – model do badań odpadów organicznych;
- WRATE (Waste and Resources Assessment tool for the Environment) – umożliwiający modelowanie potencjalnych skutków (obecnych i przyszłych) i wpływów odpadów na środowisko, opracowany przez Agencję Ochrony Środowiska (EEA) w Wielkiej Brytanii;
- WISARD (Waste-Integrated Systems for Assessment of Recovery and Disposal) – oprogramowanie wspomagające ocenę alternatywnych scenariuszy gospodarki odpadami;
- LCA-LAND – oprogramowanie opracowane przez Wydział Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Technicznego w Danii dla składowisk i spalarni odpadów;
- EASEWASTE (Environmental Assessment of Solid Waste System and Technologies) – narzędzie do oceny cyklu życia stosowane w zarządzaniu odpadami; oblicza przepływy masy, zużycie surowców i odzyskane materiały, jak również wszystkie emisje do gleby, wody i powietrza [21].

Przykładem użycia LCA w celu rozwiązania problemów związanych z selektywną zbiórką odpadów była analiza przeprowadzona dla rejonu Asti we Włoszech [22]. Celem było opracowanie aspektów ekologicznych bieżącego zarządzania odpadami organicznymi, stanowiącymi 50%

stałych odpadów komunalnych. Dane wejściowe pochodziły zarówno z literatury, jak i przeprowadzonych badań naukowych, od ekspertów i międzynarodowych baz danych LCA. Tak obszerny zbiór pozwolił na zgromadzenie jak najbardziej wiarygodnych i rzeczywistych danych na temat zużywanych materiałów, energii oraz odzysku, w tym zużywanego kompostu na cele rolnicze. Wyniki otrzymane z LCA pokazały, że kompostowanie przynosi znaczne korzyści dla środowiska w porównaniu z klasycznymi metodami składowania. Powstały kompost można skutecznie użytkować w rolnictwie jako nawóz do użyźniania gleb. Analiza wykazała też, że używanie biodegradowalnych toreb jako alternatywy dla toreb z popularnych tworzywo sztucznych w celu zbiórki odpadów organicznych pozwala na 40-procentowe obniżenie zużycia energii. Emisje z kompostowania głównie wpływają na efekt cieplarniany, zakwaszenie i eutrofizację, natomiast proces obróbki odpadów ma największy wpływ na zużycie energii, zubożenie warstwy ozonowej, jak i na smog fotochemiczny.

Analizę cyklu życia dla termicznego przetwarzania odpadów i odzysku energetycznego przeprowadzono dla rejonu Bremy w północnych Niemczech [23]. Podczas LCA skupiono się na emisji gazów cieplarnianych dla różnych technologii termicznej obróbki. Wykazano, że termiczne przetwarzanie odpadów pozwoliłoby na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o około 50% względem składowania na składowisku tej samej ilości odpadów. Dodatkowo jeżeli przy okazji termicznej obróbki zostanie przeprowadzony odzysk energetyczny i generacja energii elektrycznej, doprowadzi to do dalszej redukcji gazów cieplarnianych powiązanych z produkcją energii ze źródeł konwencjonalnych. Stwierdzono także, że użycie odnawialnych źródeł, takich jak energia słoneczna, w procesach utylizacji odpadów dodatkowo wpływa korzystnie na zmniejszenie emisji; przykładem może być osuszenie

osadów ściekowych na słońcu (o 2000 Mg CO₂/3000 Mg osadu).

Dla miasta Eskisehir w Turcji przeprowadzono analizę cyklu życia, porównując 5 różnych scenariuszy przerobu odpadów komunalnych: zbiorę i transport, odzysk materiałów, recykling i kompostowanie, spalanie oraz składowanie [24]. Wykorzystano oprogramowanie SimPro, a jako jednostkę funkcjonalną przyjęto 1 Mg stałych odpadów komunalnych. Wyniki przedstawiono w ekwiwalentach (eq) emisji charakterystycznych dla danej kategorii wpływu. Scenariusz uwzględniający recykling i kompostowanie okazał się mieć ujemny wpływ na zużycie zasobów (-1,08 kg eq Sb), toksyczność dla ludzi (kg eq 1,4-DB) oraz smog letni (kg eq C₂H₄), natomiast bardzo niski dodatni wpływ na efekt cieplarniany (1360 kg eq CO₂), zakwaszenie (kg eq SO₂) i eutrofizację (kg eq PO₄³⁻) względem pozostałych scenariuszy. Również po porównaniu wyników dla 3 różnych metod: Ekowskaźnika 99, Ekowskaźnika 95 i EPS 00, mimo różnic w ogólnych wynikach scenariusz uwzględniający odzysk odpadów, recykling surowców wtórnych i ograniczenie transportu okazał się najbardziej przyjazny dla środowiska.

Powyższe przykłady obrazują, jak różnorodne może być zastosowanie LCA przy planowaniu i modyfikowaniu planów zagospodarowania odpadów, w zależności od składu poszczególnych frakcji.

Bibliografia

- [1] CURRAN M.A.: A Brief History of Life-Cycle Assessment, Life Cycle Assessment: Principles and Practice 2006.
- [2] Norma ISO 14040:2000 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura, 2000.
- [3] Norma ISO 14041:2002 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Określenie celu i zakresu oraz analiza zbioru, 2002.
- [4] Norma ISO 14042:2002 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Ocena wpływu cyklu życia, 2002.
- [5] Norma ISO 14043:2002 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Interpretacja cyklu życia, 2002.
- [6] Norma ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura, 2009.
- [7] SIMONEN K.: PocketArchitecture: Technical Design Series, Life Cycle Assessment, Routledge 2014.
- [8] CIAMBRONE D.F.: Environmental Life Cycle Analysis, CRC Press 2019.
- [9] HAUSCHILD M.Z., ROSENBAUM R.K., OLSEN S.I.: Life Cycle Assessment, Springer 2018, doi: 10.1007/978-3-319-56475-3.
- [10] SUH S., LENZEN M., TRELOAR G.J., HONDO H., HORVATH A., HUPPES G., JOLLIET O. I IN.: System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches, Environmental Science & Technology 2004, 38(3), 657–664.
- [11] MATTILA T.J.: Input–output analysis of the networks of production, consumption and environmental destruction in Finland, rozprawa doktorska, Aalto University, Espoo, Finland 2013.
- [12] Norma ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne, 2009.
- [13] CHEN S. I IN.: Life cycle assessment and economic analysis of biomass energy technology in China: A brief review, Processes 2020, 8(9), 1–13, doi: 10.3390/pr8091112.
- [14] SAMSON-BRĘK I.: Zastosowanie metody oceny cyklu życia (LCA) do oszacowania wpływu na środowisko procesu uprawy biomasy przeznaczonej na cele energetyczne, Chemik 2012, 66(11), 1190–1195.
- [15] SAMSON-BRĘK I.: Zastosowanie metody oceny cyklu życia LCA do oszacowania wpływu na środowisko wytwarzania paliwa biogazowego do silników spalinowych, Archiwum Motoryzacji 2011, 181–191.
- [16] ŻAKOWSKA H.: Przeprowadzenie ekologicznej oceny cyklu życia (LCA) toreb wielokrotnego użytku, synteza pracy, 2010.
- [17] KLUGMANN-RADZIEMSKA E., KUCZYŃSKA-ŁĄŻEWSKA A.: Solar Energy Materials and Solar Cells The use of recycled semiconductor material in crystalline silicon photovoltaic modules production – a life cycle assessment of environmental impacts, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 2020, 205, doi: 10.1016/j.solmat.2019.110259.
- [18] SANDER K. I IN.: Study on the Development of a Takeback and Recovery System for Photovoltaic Modules, European Photovoltaic Industry Association, German Solar Industries Association, Berlin 2007.
- [19] STRACHALA D., HYLKÝ J., VANĚK J., FAFILEK G., JANDOVA K.: Methods for recycling photovoltaic modules and their impact on environment and raw material extraction, Acta Montan. Slovaca 2017, 22(3), 257–269.
- [20] GOPAL G.N., DUBEY S.: Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications, Royal Society of Chemistry 2010.
- [21] KULCZYCKA J. I IN.: Ewaluacja gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce, Kraków 2009.
- [22] BLENGINI G.A.: Using LCA to evaluate impacts and resources conservation potential of composting: A case study of the Asti District in Italy, Resources, Conservation and Recycling 2008, 52, 1373–1381.
- [23] WITTMAYER M., LANGER S., SAWILLA B.: Possibilities and limitations of life cycle assessment (LCA) in the development of waste utilization systems – applied examples for a region in Northern Germany, Waste Management 2009, 29, 732–738.
- [24] BANAR M., COKAYGIL Z., OZKAN A.: Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey, Waste Management 2009, 29, 54–62.



Fragment pochodzi z książki:

Energetyka i ochrona środowiska. Generowanie i magazynowanie energii. Odpady energetyczne. Analiza cyklu życia,
Ewa Klugmann-Radziemska,
Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Sfera marzeń robotyków

Chińczycy stworzyli robota w kształcie kuli o masie 125 kg. Samobalansująca sfera może ścigać przestępców z prędkością do 35 km/h zarówno na lądzie, jak i w wodzie.

Platforma bazowa Rotunbot RT-G była rozwijana przez wiele lat, a jej komercjalizacją zajęła się firma Logon Technology. Przedsiębiorstwo twierdzi, że robot porusza się dość cicho, wykorzystując żyroskopową samostabilizację, aby utrzymać duży obszar styku z podłożem.

System bazuje na czujnikach, w tym GPS i ultradźwiękowych, a także wielu kamerach, dzięki czemu może widzieć otoczenie wokół siebie, unikając wpadania na ludzi i inne przeszkody oraz śledząc zagrożenia i cele.

Konstrukcja jest wystarczająco wytrzymała, aby znieść uderzenie, dzięki czemu może spadać z krawędzi sięgających wysokości kolan lub staczać się po schodach. Bez problemu radzi sobie z błotem, błotem pośniegowym i łagodnymi warunkami terenowymi, a także jest wodoodporna i w pełni wyporna.

Obecnie robot jest testowany przez patrole policyjne w Wenzhou, w prowincji Zhejiang na południowo-wschodnim wybrzeżu Chin. Na potrzeby policji został ulepszony o kilka dedykowanych przystawek do walki z przestępczością: gaz łzawiący, bomby dymne, klaksony, akustyczne rozpraszacze tłumy oraz wyrzutnie sieci. Rotunbot RT-G to pierwszy bot policyjny, który został zaprojektowany specjalnie z myślą o pościgach.

Źródło: newatlas

OpenAI zerka w stronę humanoidów

Pracownicy OpenAI zasugerowali niedawno możliwość opracowania robota humanoidalnego. Szczegóły dotyczące potencjalnego projektu są skąpe. Nie jest jasne, kiedy OpenAI może mieć chęć na wprowadzenie robota na rynek ani jakie przypadki użycia będą jego celem.

Obecnie garstka startupów opracowujących roboty humanoidalne koncentruje się na dwóch głównych przypadkach użycia. Pierwszym jest zwiększenie wydajności magazynów poprzez automatyzację zadań, takich jak przenoszenie towarów z jednej części obiektu do drugiej. Drugim jest z kolei pomoc konsumentom w wykonywaniu prac domowych.

OpenAI jest inwestorem w kilku firmach budujących tego typu roboty. W lutym deweloper ChatGPT wsparł kwotą 625 milionów dolarów firmę Figure AI. Jest również inwestorem w norweskim startupie 1X, który opracował

humanoidalnego robota o nazwie EVE. Dla przedsiębiorstwa współpraca ze startupami może być szybszą ścieżką rozwojową niż samodzielne inwestycje.

OpenAI od niedawna współpracuje również z Broadcom i Taiwan Semiconductor Manufacturing w celu opracowania procesora wnioskującego. Teoretycznie OpenAI mogłoby wykorzystać te partnerstwa do zlecenia niestandardowego układu zoptymalizowanego pod kątem oprogramowania sztucznej inteligencji swojego robota humanoidalnego. Zasadniczo niestandardowe procesory zapewniają lepszą wydajność niż gotowe układy scalone, ponieważ są bardziej dostosowane do wymagań danego urzędnika.

Źródło: siliconangle

Robot monitorujący bydło

Badacze z Uniwersytetu w Sydney stworzyli SwagBot – robota, który ma aspirację stania się pierwszą na świecie inteligentną krową. Według naukowców może sprawić, że hodowla bydła będzie bardziej wydajna i przyjazna dla środowiska.

SwagBot został po raz pierwszy wprowadzony na rynek w 2016 roku jako robot pasterski zdolny do pokonywania nierównego terenu. Od tego czasu naukowcy udoskonali konstrukcję za pomocą zastosowania czujników i technologii sztucznej inteligencji. Zasilany akumulatorem SwagBot może teraz określać stan, rodzaj i gęstość pastwiska oraz monitorować poziom zdrowia zwierząt gospodarskich.

Następnie wykorzystuje te informacje, aby autonomicznie zagonić bydło w kierunku najlepszego pastwiska. Przenosi je w inne miejsce, zanim zostanie nadmiernie wyeksploatowane, a gleba ulegnie degradacji. Może również przekazywać analizowane dane rolnikom.

– Gdy bydło przyzwyczai się do robota, będzie za nim podążać – powiedział Salah Sukkarieh, profesor robotyki i inteligentnych systemów na Uniwersytecie w Sydney.

Australia jest jednym z największych eksporterów wołowiny na świecie. Po rozległym, często suchym terenie rozprzestrzeniło się około 30 milionów sztuk bydła. Tamtejsze pastwiska mogą być mało wydajne, więc rolnicy stale oceniają, ile zwierząt może utrzymać ich ziemia, mając przy tym niewielką kontrolę nad tym, gdzie się pasą. Nadmierny wypas może z kolei prowadzić do zubożenia już słabej jakości gleby, która staje się wtedy siedliskiem mniejszej ilości roślin i zwierząt.

Źródło: tommoroworldtoday

Eksploatacja maszyn i transformatorów

✎ Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec

Maszyna elektryczna jest elektromechanicznym przetwornikiem energii. Proces przemiany energii może zachodzić w dwóch kierunkach: maszyna elektryczna może pracować jako prądnica (generator) i przetwarzać energię mechaniczną na elektryczną lub jako silnik (motor) i przetwarzać energię elektryczną na mechaniczną. Energia elektryczna jest także przetwarzana w transformatorach na energię elektryczną o innych parametrach (napięcie, prąd) oraz w przetwornicach energoelektronicznych bądź elektromaszynowych na inną częstotliwość [1.2].

Podstawą działania maszyn elektrycznych i transformatorów są dwa ważne odkrycia naukowe. Hans Oersted odkrył 21 kwietnia 1820 r. zjawisko wzbudzania pola magnetycznego przez prąd, a Michał Faraday odkrył 29 sierpnia 1831 r. zjawisko indukcji elektromagnetycznej [1.1, 1.2].

Eksploatacja maszyn i urządzeń wg [1.3, 1.4] to: „ciąg działań, procesów i zjawisk związanych z wykorzystywaniem obiektów technicznych przez człowieka” i obejmuje przedział czasu od chwili wyprodukowania maszyny i urządzenia do chwili ich likwidacji.

Pod pojęciem eksploatacja maszyn i urządzeń rozumie się [1.3, 1.4]:

- prowadzenie ruchu tych maszyn i urządzeń oraz
- utrzymanie maszyn i urządzeń w dobrym stanie technicznym.

Do czynności związanych z prowadzeniem ruchu maszyn i urządzeń zalicza się [1.3, 1.4]:

- zainstalowanie i uruchamianie maszyn i urządzeń,
- cykle pracy (rozruch, praca, wyłączenie) i postoje,
- bieżącą obsługę techniczną i diagnostyczną,
- stany awaryjne (jeśli się zdarzają),
- prowadzenie zapisów ruchowych.

Do prac związanych z utrzymaniem maszyn i urządzeń w należyтым stanie technicznym zalicza się: oględziny, przeglądy, konserwacje i naprawy oraz prace kontrolno-pomiarowe umożliwiające ocenę ich stanu technicznego [1.3, 1.4]. W eksploatacji można wyróżnić [1.3, 1.4]:

- użytkowanie,
- obsługiwanie.

Użytkowanie to „wykorzystywanie obiektu technicznego zgodnie z jego przeznaczeniem i właściwościami funkcjonalnymi w celu zaspokojenia potrzeb ludzkich” [1.3, 1.4].

Obsługiwanie to „utrzymywanie obiektu w stanie zdatności oraz przywracanie obiektowi technicznemu wymaganych właściwości funkcjonalnych przez przeglądy, regulacje konserwacje, naprawy i remonty” [1.3, 1.4].

Każda maszyna elektryczna i urządzenie, podczas eksploatacji, powinny realizować cel technologiczny maszyny roboczej, z którą współpracują. Ich przydatność na potrzeby człowieka nazywa się jakością eksploatacyjną, która jest zbiorem istotnych cech określających stopień spełnienia wymagań odbiorcy [1.3, 1.4].

Efektywne działanie maszyn i urządzeń zależy od ich niezawodności oraz od jakości działań ludzi, którzy je eksploatują. Ocenę jakości maszyn i urządzeń określa się przez sprawdzenie ich cech techniczno-użytkowych. W 1987 r. ustanowiono międzynarodowe normy ISO 9000 zawierające modele zapewniające jakość w projektowaniu, produkowaniu, instalowaniu i serwisie oraz badaniu maszyn i urządzeń. Najważniejsze cechy techniczno-użytkowe to: przeznaczenie, wielkości charakterystyczne, wyposażenie, wydajność, dokładność, niezawodność, ergonomiczność oraz bezpieczeństwo i higiena pracy.

Na obsługę maszyn i urządzeń składają się [1.3, 1.4]: przegląd techniczny, naprawa bieżąca, naprawa średnia, naprawa główna.

Przeгляд techniczny obejmuje czynności związane z regulacją zespołów i mechanizmów, usunięciem usterek i uszkodzeń, myciem i czyszczeniem, ustaleniem stopnia zużycia poszczególnych części i zespołów w celu określenia szczegółowego zakresu naprawy [1.3, 1.4].

Naprawa bieżąca obejmuje naprawę lub wymianę szybko zużywających się części. W zakres naprawy bieżącej wchodzi również wszystkie czynności przeglądu technicznego [1.3, 1.4].

Naprawa średnia obejmuje naprawę lub wymianę szybciej zużywających się części zespołów w celu zapewnienia prawidłowej eksploatacji maszyny lub urządzenia do następnej naprawy średniej i głównej. Naprawa średnia obejmuje również wszystkie czynności naprawy bieżącej [1.3, 1.4].

Naprawa główna obejmuje naprawę lub wymianę wszystkich części, a nawet całych zespołów ulegających zużyciu w celu przywrócenia pierwotnej lub zbliżonej do pierwotnej wartości użytkowej maszyny lub urządzenia [1.3, 1.4].

Ogólne zasady prawidłowej eksploatacji maszyn i transformatorów, w szczególności silników wysokiego napięcia (WN) oraz maszyn, które one napędzają, można znaleźć w literaturze przedmiotu, na przykład [1.5–1.17]. Pozycje praktycznie najbardziej przydatne to wskazania producentów maszyn i transformatorów zawarte w tzw. Dokumentacji Techniczno-Ruchowej i Instrukcji Eksploatacji [1.18, 1.19]. Obserwując od wielu lat eksploatację maszyn i transformatorów

w licznych krajowych zakładach przemysłowych, autorzy widzą ogromną przydatność tych zasad oraz konieczność ciągłego ich uzupełniania i wzbogacania. Współcześnie, w okresie stale rosnących wymagań dotyczących wydajności oraz redukcji kosztów produkcji w przemyśle i energetyce, koniecznością staje się właściwa diagnostyka maszyn i urządzeń. Ogólnie uważa się, że prowadzenie diagnostyki jest korzystne, bo:

- zapewnia niezawodność maszyn i urządzeń,
- daje oszczędności dzięki zmniejszeniu kosztów ewentualnych napraw diagnozowanych maszyn i urządzeń,
- minimalizuje straty produkcyjne związane z realizowanym procesem technologicznym, w którym uczestniczą maszyny i urządzenia.

Często uszkodzenia niewielkich elementów maszyn i urządzeń skutkują znacznymi stratami wynikającymi ze zniszczenia całej maszyny i nieprzewidzianego zatrzymania procesu produkcyjnego oraz nieplanowych i nieprzygotowanych prac remontowych. Diagnostyka maszyn i urządzeń oraz monitorowanie parametrów ich pracy pozwala uniknąć skutków awarii, właściwie zaplanować okresy przeglądów i remontów oraz znacznie wydłużyć czas eksploatacji maszyn i urządzeń.

1. Rodzaje eksploatacji

Bezpieczeństwo eksploatacji, dyspozycyjność oraz trwałość i niezawodność maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie produkcyjnym ma decydujący wpływ na kondycję ekonomiczną przedsiębiorstwa [1.14, 1.15, 1.16]. Znaczne straty produkcyjne mogą być skutkiem nieprzewidzianych awarii maszyn i urządzeń, prowadzących w konsekwencji do wyłączenia maszyn i transformatorów. Do tego dochodzą koszty naprawy. Konieczne jest dysponowanie informacjami na bieżąco o zmianach stanu dynamicznego maszyn i urządzeń, o stopniu zaawansowania ich zużycia, rodzaju i poziomie uszkodzeń, po to aby zapobiec nieprzewidzianym awariom i w miarę możliwości wcześniej podjąć odpowiednie działania zapobiegawcze. Prowadzenie eksploatacji maszyn i urządzeń tylko na podstawie obserwacji przez obsługę nie jest wystarczające. Diagnostyka maszyn i urządzeń oraz monitorowanie parametrów ich pracy pozwala uniknąć awarii, właściwie zaplanować okresy przeglądów i remontów oraz znacznie wydłużyć czas ich eksploatacji. Organizacyjna i finansowa atrakcyjność diagnostyki oraz ciągły postęp w elektronice i dostępność do niej zachęcają do regularnego stosowania diagnostyki maszyn i transformatorów.

W ujęciu ogólnym zespoły maszynowe i urządzenia można eksploatować na różne sposoby [1.14, 1.15, 1.20–1.25]:

- eksploatacja do wystąpienia awarii,
- eksploatacja planowo-zapobiegawcza,
- eksploatacja zależna od stanu maszyn i urządzeń,
- eksploatacja będąca połączeniem planowo-zapobiegawczej i zależnej od stanu maszyn i urządzeń.

Takie ujęcie zagadnienia eksploatacji maszyn i urządzeń określa jednocześnie metody ich remontów. Wyróżnia się w związku z tym [1.14, 1.15, 1.20–1.25]:

- remont poawaryjny,

- remont zapobiegawczy uwarunkowany okresem eksploatacji,
- remont uwarunkowany stanem technicznym,
- remont uwarunkowany okresem eksploatacji i stanem technicznym.

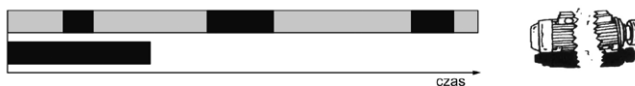
W metodzie eksploatacji zależnej od stanu technicznego każdy zespół maszynowy i urządzenie są traktowane w sposób indywidualny. Czas remontów nie jest z góry sztywno zaplanowany, tylko uwarunkowany stanem technicznym zespołu maszynowego i urządzenia. Remont jest przeprowadzany tylko wtedy, gdy jest on konieczny. Wcześniej systematycznie wykonuje się pomiary diagnostyczne, określa się stan techniczny zespołu maszynowego i urządzenia, indywidualnie. Spośród nowoczesnych metod badań diagnostycznych należy wyróżnić bardzo efektywne badania opierające się na wykorzystaniu informacji zawartych w sygnałach towarzyszących normalnej pracy maszyn i urządzeń. Sygnałami tymi są między innymi sygnały wibroakustyczne, które towarzyszą każdemu procesowi wytwórczemu i eksploatacyjnemu. Informują one o procesach dynamicznych zachodzących w maszynach i urządzeniach w zakresie drgań strukturalnych i zjawisk akustycznych, których zakres częstotliwości leży w granicach od ułamka Hz do kilkudziesięciu MHz. Dzięki pomiarom diagnostycznym można stwierdzić początek pojawienia się uszkodzenia, a następnie obserwować jego rozwój i określać trend zmian. Ocenę aktywności drganiowej zespołu maszynowego i urządzeń można wykonać opierając się na stosownych obowiązujących normach lub sprawdzonych i zalecanych kryteriach [1.14]. Wyniki pomiarów drgań można ekstrapolować w celu przewidzenia terminu koniecznego zatrzymania zespołu maszynowego i urządzenia. Analizując wyniki pomiarów, obok określenia terminu koniecznego zatrzymania ze względu na stan techniczny, można określić zakres remontu, przewidzieć i zaplanować z wyprzedzeniem czasowym stronę techniczną oraz ekonomiczną remontu. Eksploatacja zespołów maszynowych i urządzeń zależna od ich stanu technicznego jest strategią prowadzenia eksploatacji technicznie i ekonomicznie najkorzystniejszą, coraz częściej stosowaną w krajowych zakładach przemysłowych i w energetyce. W gospodarce krajów zachodnich jest strategią dominującą. Strategia ta obok korzyści ekonomicznych wymusza stały postęp techniczny zwłaszcza w obszarze podnoszenia poziomu wiedzy przez kadrę techniczną. Nieuchronne są przy tym koszty na organizację i utrzymanie na dobrym poziomie służb diagnostycznych [1.26, 1.27, 1.28]. Korzyści ekonomiczne z prowadzenia diagnostyki technicznej w danym zakładzie, jak dowodzi praktyka przemysłowa [1.14, 1.15, 1.26, 1.27, 1.28], wyraźnie przewyższają koszty jej stosowania. Autorzy stwierdzają, że w krajowych zakładach przemysłowych przed przejściem z eksploatacji planowo-zapobiegawczej do eksploatacji zależnej od stanu maszyn i urządzeń bardzo często stosuje się formę pośrednią, będącą połączeniem elementów wymienionych wyżej rodzajów eksploatacji. Jest to eksploatacja będąca połączeniem planowo-zapobiegawczej i zależnej od stanu maszyn i urządzeń.

Przeanalizujemy poszczególne rodzaje eksploatacji maszyn i urządzeń na przykładzie eksploatacji silników elektrycznych. Eksploatację maszyn typu „do wystąpienia awarii” prowadzi się najczęściej w zakładach, w których procesy technologiczne obsługują napędy z dużą liczbą silników małej i średniej mocy (stosunkowo niedrogich maszyn), a każdy ważny proces technologiczny jest dodatkowo zabezpieczony silnikami zapasowymi. Silniki przy takim rodzaju eksploatacji pracują najczęściej do awarii. Straty w produkcji są wtedy stosunkowo niewielkie, bo silniki zapasowe zastępują te uszkodzone. Jeżeli duże silniki, niemające rezerwy, pracują aż do awarii, to straty mogą być bardzo znaczne, wielokrotnie przewyższające koszt nowego silnika i zakładowi może grozić długotrwały postój. W tej sytuacji bardzo ważne jest, aby wiedzieć, co ulega uszkodzeniu w maszynie i kiedy awaria może nastąpić. Mając takie informacje, można lepiej przygotować remont. W ujęciu ogólnym relację między czasem eksploatacji (produkcji) a czasem awarii (postojem) dla metody eksploatacji do wystąpienia awarii przedstawiono na rys. 1 i rys. 2 [1.29, 1.30].

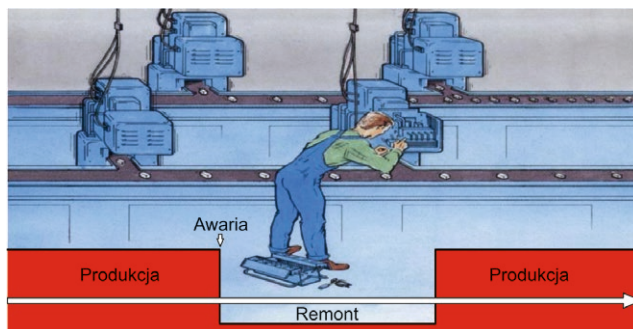
Eksploatację maszyn metodą planowo-zapobiegawczą prowadzi się najczęściej w zakładach, w których nie wszystkie ważne napędy mają swoich dublerów lub tam, gdzie nieplanowane zatrzymanie produkcji może powodować bardzo duże straty ekonomiczne i społeczne. Produkcję w takich zakładach zatrzymuje się w ściśle określonych terminach i prowadzi następnie remont zapobiegawczy. Jest to na przykład raz w roku. W ujęciu ogólnym relację między czasem eksploatacji (produkcji) a czasem awarii (postojem) dla metody eksploatacji planowo-zapobiegawczej przedstawiono na rys. 3 i rys. 4 [1.29, 1.30].

Wskaźnik awaryjności wielu maszyn i urządzeń nie zmniejsza się w wyniku wymiany określonych części, na przykład łożysk, uszczelnień, pasków, łańcuchów itd. Bardzo często po takim remoncie, jak pokazuje praktyka przemysłowa, przynajmniej przez jakiś czas awaryjność maszyn i urządzeń wzrasta (dzięki niefortunnej ingerencji remontowca w maszyny i urządzenia). Pogorszenie się stanu technicznego danej maszyny i urządzenia jest sprawą bardzo indywidualną i nie da się ściśle na sztywno określić dla wszystkich maszyn i urządzeń (jednakowo) okresu bezawaryjnej ich eksploatacji. Okresy międzyremontowe są często określane statystycznie jako takie, podczas których oczekuje się, że nie więcej jak na przykład 2% maszyn i urządzeń nowych lub w pełni wyremontowanych ulegnie awarii. W eksploatacji planowo-zapobiegawczej bardzo często oddaje się do remontu maszyny i urządzenia, które tego remontu nie wymagają. Remont zapobiegawczy maszyn i urządzeń przy eksploatacji planowo-zapobiegawczej jest bardzo często technicznie i ekonomicznie nieuzasadniony.

W metodzie eksploatacji maszyn i urządzeń zależnej od ich stanu technicznego każda maszyna i urządzenie jest traktowane w sposób indywidualny. W ujęciu ogólnym relację między czasem eksploatacji (produkcji) a czasem awarii (postojem) dla metody eksploatacji zależnej od stanu maszyny i urządzenia przedstawiono na rys. 5 i rys. 6. Czas remontów nie



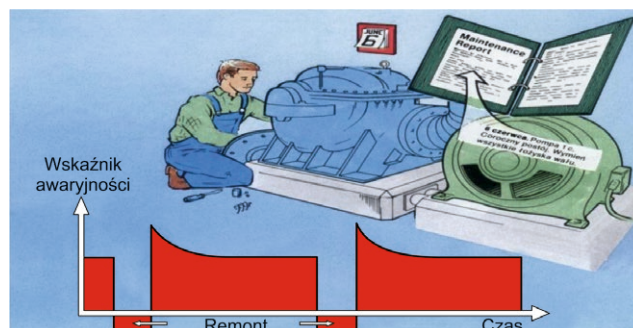
↑ Rys. 1. Eksploatacja do wystąpienia awarii, relacja między czasem eksploatacji (produkcji) – kolor szary, a czasem awarii (postojem) – kolor czarny [1.29]



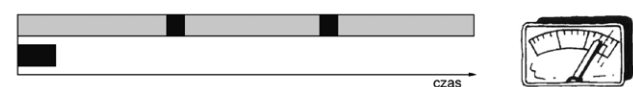
↑ Rys. 2. Tradycyjny remont maszyn, remont poawaryjny [1.30]



↑ Rys. 3. Eksploatacja planowo-zapobiegawcza, relacja między czasem eksploatacji (produkcji) – kolor szary, a czasem awarii (postojem) – kolor czarny [1.29]

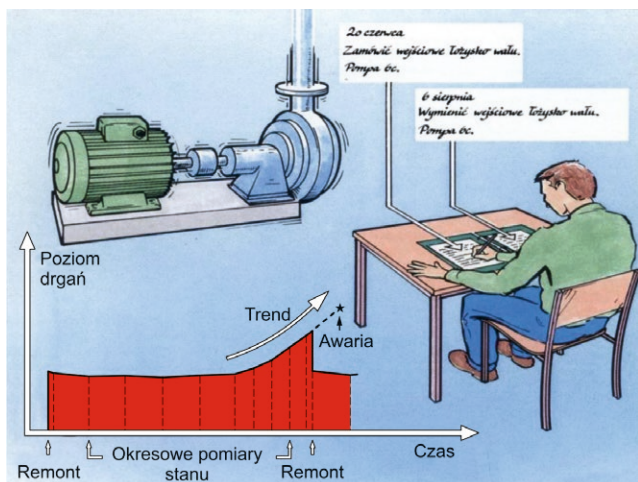


↑ Rys. 4. Tradycyjny remont maszyn, remont zapobiegawczy uwarunkowany okresem eksploatacji [1.30]

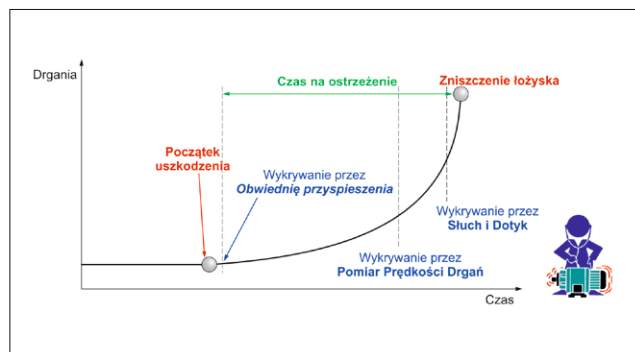


↑ Rys. 5. Eksploatacja zależna od stanu maszyny, relacja między czasem eksploatacji (produkcji) – kolor szary, a czasem awarii (postojem) – kolor czarny [1.29]

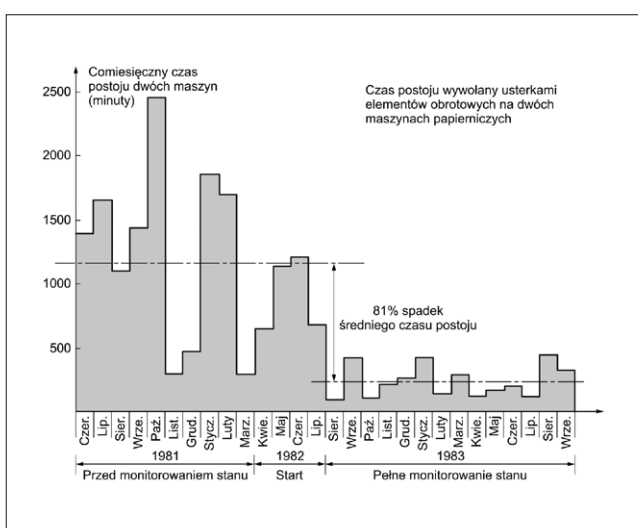
jest z góry sztywno zaplanowany, tylko uwarunkowany stanem technicznym danej maszyny i urządzenia. Remont jest przeprowadzany tylko wtedy, gdy jest konieczny. Wcześniej systematycznie wykonuje się pomiary diagnostyczne maszyn i urządzeń, określa się ich stan techniczny, indywidualnie dla



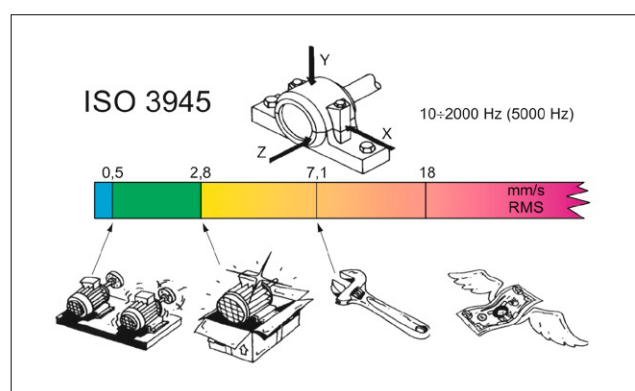
↑ Rys. 6. Nowoczesny remont maszyn, remont uwarunkowany stanem technicznym [1.30]



↑ Rys. 8. Wynik pomiaru drgań węzła łożyskowego przykładowego silnika w napędzie przemysłowym, idea diagnostyki drganiowej stanu technicznego łożyska tocznego w silniku [1.28]



↑ Rys. 7. Nowoczesny remont maszyn, remont uwarunkowany stanem technicznym, rezultaty remontu w przykładowej papierni [1.30]



↑ Rys. 9. Norma ISO 3945, wytyczne eksploatacyjne odniesione do wartości skutecznej prędkości drgań VRMS w zakresie częstotliwości 10–2000 Hz (5000Hz) [1.28]

każdej maszyny i urządzenia. Efektywność takiego remontu dla przykładowego zakładu przemysłowego pokazano na rys. 7.

Dzięki pomiarom diagnostycznym można stwierdzić początek pojawienia się uszkodzenia, a następnie obserwować jego rozwój, określać trend zmian. Przykładowo mogą to być łożyska maszyny – rys. 8. Ocenę aktywności drganiowej maszyny można wykonać na podstawie obowiązującej normy, na przykład w Europie na podstawie ISO 3945 – rys. 9, lub opierając się na sprawdzonych i zalecanych kryteriach [1.14]. Wyniki pomiarów drgań można ekstrapolować w celu przewidzenia terminu koniecznego zatrzymania maszyny, w tym przypadku ze względu na uszkodzenie łożyska. Analizując wyniki pomiarów, obok określenia terminu koniecznego zatrzymania ze względu na stan techniczny, można określić czas i zakres remontu i zaplanować z wyprzedzeniem czasowym stronę techniczną oraz ekonomiczną remontu.

Eksploatacja maszyn i urządzeń zależna od ich stanu technicznego jest strategią prowadzenia eksploatacji technicznie i ekonomicznie najkorzystniejszą, coraz częściej stosowaną w krajowych zakładach przemysłowych. W gospodarce krajów o dużej kulturze technicznej jest strategią dominującą. Strategia ta obok korzyści ekonomicznych typu: wydłużenie okresów międzyremontowych, zwiększenie niezawodności maszyn i urządzeń, zwiększenie wydajności, eliminacja niepotrzebnych wymian podzespołów, skrócenie czasu napraw, zmniejszenie kosztów magazynowych, wymusza stały postęp techniczny zwłaszcza w obszarze podnoszenia poziomu wiedzy przez kadrę techniczną. Nieuchronne są przy tym koszty na organizację i utrzymanie na dobrym poziomie służb diagnostycznych. Korzyści ekonomiczne z prowadzenia diagnostyki technicznej w danym zakładzie, jak dowodzi praktyka przemysłowa [1.14, 1.20–1.24, 1.25–1.27, 1.28], wyraźnie przewyższają koszty jej stosowania.

Wartość skuteczna prędkości drgań V_{RMS} w określonym przedziale częstotliwości wyraża się wzorem

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt} \quad (1)$$

gdzie: T – przedział czasu, dla którego określa się V_{RMS} , czas całkowania, $V(t)$ – przebieg prędkości drgań, sygnał prędkości drgań.

2. Czas życia maszyn i transformatorów oraz ich podział

Maszyny elektryczne występują praktycznie wszędzie wokół nas od początku elektrotechniki, od 1834 r., kiedy wynaleziono pierwszy silnik elektryczny [1.1], i one w dużym stopniu kształtowały rozwój elektrotechniki. Mimo długiej, ponad 180-letniej, historii maszyny elektryczne są w stałym intensywnym rozwoju dzięki dużym osiągnięciom inżynierii materiałowej, doskonałym metodom modelowania, algorytmom obliczania i projektowania, energoelektronicznym układom zasilania i miniaturyzacji sterowania. Współcześnie buduje się maszyny elektryczne o mocach obejmujących zakres od miliwatów do ok. 2 tysięcy MW, jest to zakres mocy od 10^{-3} – 10^6 rzadko spotykany dla tego samego rodzaju urządzenia. Prędkości obrotowe maszyn elektrycznych obejmują zakres od ułamka obrotów na minutę do 300 000 obr./min [1.1].

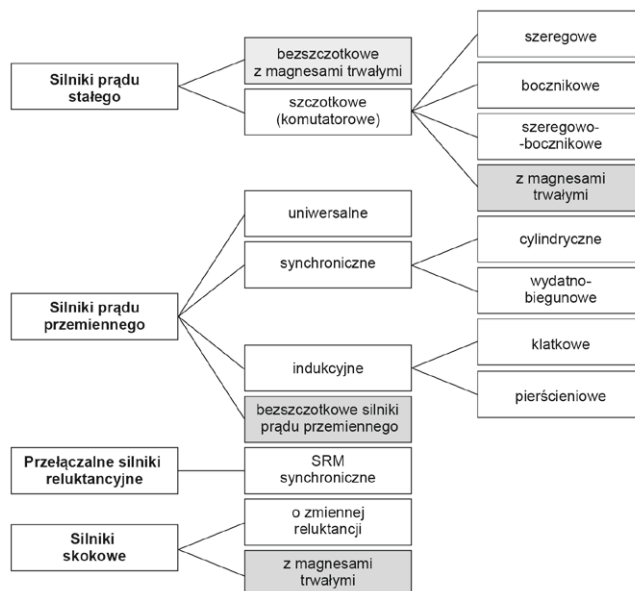
Maszyn elektrycznych nie można zastąpić innymi maszynami czy urządzeniami. Wytwarzają ok. 98% energii elektrycznej [1.2] i ok. 50% tej energii przetwarzają na energię mechaniczną. Są najczęściej używanymi maszynami w energetyce, przemyśle, rolnictwie, transporcie, gospodarce komunalnej, gospodarstwie domowym [1.2].

Ze względu na rodzaj prądu i zasadę działania maszyny elektryczne dzieli się na:

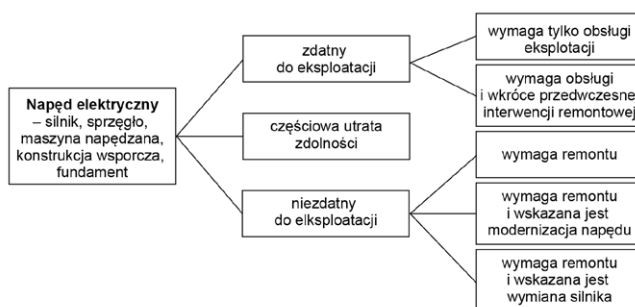
- maszyny prądu przemiennego:
 - maszyny synchroniczne,
 - maszyny indukcyjne (asynchroniczne) jednofazowe lub trójfazowe,
 - maszyny komutatorowe prądu przemiennego jednofazowe lub wielofazowe,
- maszyny prądu stałego.

Rozpatrując same silniki, można dokonać podziału ze względu na zasadę ich działania jak na rys. 10.

W niniejszej książce skoncentrowano się na podstawowych maszynach elektrycznych oraz transformatorach energetycznych pracujących w systemach elektroenergetycznych: blokowych, przesyłowych i rozdzielczych. Moc zainstalowanych transformatorów w systemie energetycznym jest 3–4 razy większa od mocy łącznej zainstalowanych generatorów synchronicznych i nadal rośnie. Stan ten wynika z konieczności wielokrotnego transformowania energii elektrycznej na drodze od źródła do odbiornika energii. Wśród transformatorów energetycznych można dokonać podziału ze względu na liczbę faz: jedno- i trójfazowe [1.2].



↑ Rys. 10. Podział silników ze względu na zasadę działania [1.31]



↑ Rys. 11. Klasyfikacja napędów ze względu na ich stan techniczny

Oprócz transformatorów energetycznych istnieje liczna grupa transformatorów specjalnych: autotransformatorów, transformatorów piecowych, spawalniczych, prostowniczych (wielofazowych), pomiarowych i innych [1.2].

Z wieloletnich obserwacji autorów w zakresie eksploatacji silników indukcyjnych trójfazowych klatkowych WN (wysokiego napięcia) wynika, że czas eksploatacji danego silnika w przemyśle, zwany niekiedy jego czasem życia, wynosi najczęściej kilkanaście – kilkadziesiąt lat. Zdarzają się coraz częściej przypadki, gdy silnik jest eksploatowany kilkadziesiąt lat. W sporadycznych przypadkach czas życia to kilka lat, jeszcze rzadziej mniej niż 1 rok. Okres eksploatacji silników wyraźnie wydłuża się w zakładach przemysłowych, w których służby techniczne charakteryzują się dużą „kulturą techniczną” i stosują na co dzień diagnostykę silników. W ramach codziennej obsługi technicznej napędów wraz z ich okresową diagnostyką wprowadzono na potrzeby ich racjonalnej eksploatacji klasyfikację na: napęd zdalny do dalszej eksploatacji, napęd z częściową utratą zdadności i napęd niezdatny do dalszej eksploatacji. Szczegółowo przedstawiono to na rys. 11.

Komentarza wymaga stan techniczny nazwany „wymaga obsługi i wkrótce przedwczesnej interwencji remontowej”. Jest to bardzo duża grupa silników oraz maszyn napędzanych, które można jeszcze eksploatować, ale na przykład stan techniczny ich łożysk tocznych przedwcześnie ulega ciągłemu zbyt szybkiemu pogarszaniu. Napęd miał pracować 4 lata, a tu po roku, 2 latach, należy wymienić łożyska, bo intensywnie się zużywają.

Stan techniczny „napęd z częściową utratą zdatności” to napęd, który z ważnych powodów technicznych, społecznych lub związanych z bezpieczeństwem pracy musi być eksploatowany, pomimo tego że częściowo utracił znamiona swojej zdatności, sprawności. Przykładowo jest to silnik z izolacją częściowo zużytą, ale jeszcze sprawną, silnik z izolacją popękaną na czołach, zabrudzoną, ale jeszcze sprawną, który musi pracować, bo stanowi napęd w wentylatorze spalin kotła, którego nie można w najbliższym czasie wyłączyć.

Stan techniczny: „wymaga remontu i wskazana jest modernizacja napędu” to przykładowo sytuacja, gdy w napędzie należy zmienić sprzęgło na bardziej elastyczne, a fundament osłonić termoizolacyjnie ze względu na wysokie temperatury medium, które tłoczy wentylator napędzany silnikiem elektrycznym. Jest to również sytuacja, gdy przykładowo silnik elektryczny wymaga remontu ze względu na zły stan izolacji. Decydując się na remont, powinniśmy wykonać nową izolację, ale inną niż ta, którą silnik miał do tej pory. Dotychczasową izolację termoutwardzalną zastępuje się nowocześniejszą typu VPI. Wykonany remont nie jest remontem ściśle odtworzeniowym, ale remontem połączonym z modernizacją.

Możliwy jest również i niekiedy bardzo wskazany tak zwany remont modyfikacyjny silnika [1.32, 1.33, 1.34]. Dotyczy to przede wszystkim silników WN większej mocy, projektowanych i wytwarzanych w latach 70. i 80. XX wieku, mających rezerwy ciepłe, duże grubości izolacji (klasa B) i mało efektywne, hałaśliwe, dwukierunkowe zewnętrzne wentylatory promieniowe. W trakcie remontu modyfikacyjnego szereg parametrów technicznych silnika zostaje wyraźnie poprawionych nawet w stosunku do maszyny nowej [1.32, 1.33, 1.34], na przykład mniej izolacji żłobkowej, więcej miedzi w żłobkach, mniejsza gęstość prądu w przewodach, wyższa sprawność.

Stan techniczny „wymaga remontu i wskazana jest wymiana silnika” to sytuacja, gdy napęd wymaga remontu na przykład fundamentu i silnika. Jeżeli silnik jest wyeksploatowany, to jest wskazane, aby obok wykonania remontu fundamentu dokonać wymiany silnika na silnik energooszczędny o wyższej sprawności.

3. Awaryjność w przemyśle i energetyce

Współcześnie w krajowej elektroenergetyce poza Głównym Urzędem Statystycznym praktycznie nie funkcjonują dobrowolne, centralne systemy gromadzenia i przetwarzania danych technicznych i ekonomicznych [1.25, 1.36]. Wyjątkiem w tym zakresie jest utrzymywany w Agencji Rynku Energii S.A. system gromadzenia i przetwarzania danych o awaryjności bloków energetycznych o mocach 120–500 MW.

System ten obejmuje 113 bloków energetycznych o łącznej mocy stanowiącej ok. 2/3 zdolności wytwórczej krajowego systemu elektroenergetycznego. Z analizy statystyki awaryjności krajowych bloków energetycznych wynika, że następuje systematyczna poprawa wskaźników niezawodności jednostek wytwórczych w elektrowniach z blokami o mocy zainstalowanej od 120 do 500 MW [1.25, 1.35, 1.36]. Najniższą awaryjność *FOR* (wzór (4)) odnotowano dla bloków o zainstalowanej mocy 360 MW, najwyższą dla bloków o mocy 200 MW na węgiel brunatny i dla dwóch bloków o mocy 500 MW. Najwyższą dyspozycyjność *AF* (wzór (2)) osiągnęły nowoczesne bloki o mocy 360 MW, najniższą zaś odnotowano dla bloków o mocy 200 MW na węgiel brunatny i dla bloków o mocy 500 MW, które od początku sprawiały duże problemy eksploatacyjne.

Krajowe bloki energetyczne, z wyjątkiem bloków o mocy zainstalowanej 500 MW, mają zbliżoną do zachodnich dyspozycyjność *AF* i czasami niższą awaryjność *FOR* i *FOF* (wzór (3)), wyższy wskaźnik remontów planowych *SOF* (wzór (7)), co potwierdza znaczenie właściwej diagnostyki technicznej i optymalizacji remontów dla ograniczenia czasu postoju bloku energetycznego.

3.1. Wskaźniki niezawodnościowe i eksploatacyjne krajowych bloków energetycznych

Wskaźniki eksploatacyjne umożliwiają przeprowadzenie oceny awaryjności, dyspozycyjności i niezawodności krajowych bloków energetycznych [1.25, 1.35, 1.36]. Obliczenia wykonuje się dla bloków energetycznych o mocach jednostkowych co najmniej 120 MW w elektrowniach ciepłych i dla dużych bloków ciepłowniczych za odpowiedni okres pracy. Dla każdego bloku oraz dla grupy bloków są obliczane następujące parametry: czas ruchu, czas postoju w rezerwie, czas postoju w remoncie (kapitałnym, średnim, bieżącym, awaryjnym), liczba odstawień (do rezerwy, remontu kapitałnego, średniego, bieżącego, awaryjnego), z których są obliczane następujące wskaźniki: remontów planowych, dyspozycyjności, awaryjności, stopnia wykorzystania mocy zainstalowanej, stopnia użytkowania mocy osiągalnej, udziału czasu awarii w czasie kalendarzowym, wykorzystania czasu kalendarzowego oraz średniego czasu ruchu.

W pierwszej kolejności są obliczane następujące wielkości:

- T_p – czas pracy bloku lub grupy bloków w rozpatrywanym okresie,
- T_r – czas postojów bloku lub grupy bloków w rezerwie w rozpatrywanym okresie,
- T_{kp} – czas postojów bloku lub grupy bloków w remoncie kapitałnym,
- T_s – czas postojów bloku lub grupy bloków w remoncie średnim,
- T_b – czas postojów bloku lub grupy bloków w remoncie bieżącym,
- T_a – czas postojów bloku lub grupy bloków w remoncie awaryjnym,
- T_k – przedział czasu, za który są wykonywane obliczenia (miesięcznie, kwartalnie, rocznie),

- L_r – liczba postojów w rezerwie,
- L_{kp} – liczba postojów w remoncie kapitalnym,
- L_s – liczba postojów w remoncie średnim,
- L_b – liczba postojów w remoncie bieżącym,
- L_a – liczba postojów w remoncie awaryjnym,
- L_r – liczba wszystkich postojów. Do obliczeń wykorzystuje się ponadto poniższe dane:
- A_n – wyprodukowana energia elektryczna,
- P_z – moc zainstalowana,
- P_{os} – moc osiągalna.

Na podstawie wyżej wymienionych wielkości są obliczane następujące wskaźniki [1.36]:

- **wskaźnik dyspozycyjności AF:**

$$AF = \frac{T_p + T_r}{T_k} 100 \quad (2)$$

- **udział czasu awarii w czasie kalendarzowym FOF:**

$$FOF = \frac{T_a}{T_k} 100 \quad (3)$$

- **wskaźnik awaryjności FOR:**

$$FOR = \frac{T_a}{T_p + T_a} 100 \quad (4)$$

- **wskaźnik wykorzystania mocy zainstalowanej GCF:**

$$GCF = \frac{A_n}{P_z T_k} 100 \quad (5)$$

- **wskaźnik użytkowania mocy osiągalnej GOF:**

$$GOF = \frac{A_n}{T_p P_{os}} 100 \quad (6)$$

- **wskaźnik remontów planowych SOF:**

$$SOF = \frac{T_{kp} + T_s + T_b}{T_k} 100 \quad (7)$$

- **wskaźnik wykorzystania czasu kalendarzowego SF:**

$$SF = \frac{T_p}{T_k} 100 \quad (8)$$

- **średni czas ruchu (obliczeniowy) ART:**

$$ART = \frac{T_p}{L_w} 100 \quad (9)$$

3.2. Analiza awaryjności maszyn w krajowych elektrowniach

W jednej z polskich elektrowni przeanalizowano awaryjność, dyspozycyjność, czasy awarii i remontów zespołów maszynowych od 1973 do 2000 r. [1.35]. Poszczególne bloki energetyczne, każdy po 200 MW, zostały przekazane do eksploatacji w latach 1972–1978. Analizowany okres ruchu elektrowni – 28 lat, charakteryzuje się wdrażaniem diagnostyki zespołów maszynowych w utrzymaniu ruchu maszyn i stopniowym odchodzeniem od prowadzenia remontów zapobiegawczych warunkowanych czasem na rzecz remontów warunkowanych stanem maszyny. W latach 1992–1994 zainstalowano system ciągłego monitorowania i diagnostyki dla maszyn krytycznych – tabela 1. W pierwszych latach uruchamiania poszczególnych bloków energetycznych wskaźnik awaryjności był stosunkowo wysoki (do 11,4%). Wiązało się to z okresem opanowywania technologii ruchu bloków. Po tym okresie nastąpił spadek awaryjności spowodowany stopniowym wdrożeniem diagnostyki w utrzymaniu ruchu zespołów maszynowych. Po zainstalowaniu systemu monitorowania i diagnostyki wskaźnik awaryjności nie przekroczył 1,7%.

Na rys. 12 przedstawiono wskaźniki awaryjności i dyspozycyjności poszczególnych bloków w latach 1973–2000. Na rys. 13–15 przedstawiono czas pracy i różnego rodzaju postoje bloków oraz porównanie czasów postojów bloków w remoncie bieżącym ze wskaźnikiem awaryjności.

Na rys. 16 przedstawiono awarie głównych elementów bloków energetycznych i ich przyczyny. Najpoważniejszą przyczyną awarii jest zużycie materiału, a następną – zła jakość urządzeń lub robót.

W tabeli 2 przedstawiono awaryjność w podziale na obiekty bloku w przykładowej elektrowni. Najbardziej awaryjne są układy pomocnicze kotła, następnie urządzenia odpowietrzania, kocioł właściwy, urządzenia pomocnicze turbiny. Generator i turbina nie wyróżniają się w statystykach.

3.3. Awaryjność maszyn potrzeb własnych

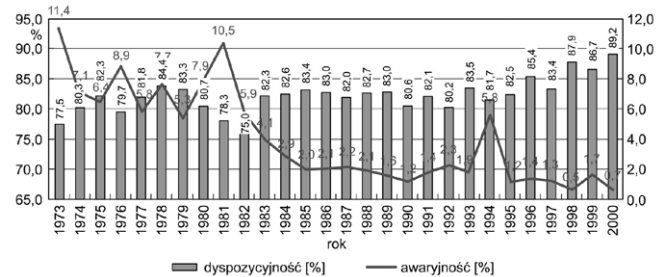
W napędach urządzeń potrzeb własnych elektrowni zawodowych i elektrociepłowni stosuje się silniki indukcyjne WN klatkowe prądu przemiennego o mocy 160 do 17 300 kW. Większość tych silników została wyprodukowana w latach 60. i 70. XX wieku. Prawie wszystkie eksploatowane silniki są po remontach przeprowadzanych po ich wcześniejszych awariach. W ramach remontów zachodziła najczęściej konieczność przezwojenia stojana. Liczba takich przezwojeń stojanów waha się od jednego do sześciu [1.38, 1.39, 1.40]. Przezwojenia w szczególności stojany w silnikach napędzających pompy wody zasilającej, młyny węglowe i wentylatory młynowe. Uszkodzenia wirników występują głównie

↓ **Tabela 1.** Awaryjność, dyspozycyjność, czas awarii i remontów w jednej z krajowych elektrowni dla bloków 1-8 [1.35]

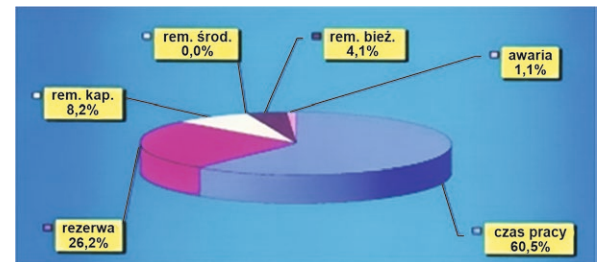
| Rok | Wyszczególnienie | Jednostka | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1973 | Czas remontów | h | 788 | 284 | 174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Czas awarii | h | 1 400 | 392 | 240 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 10,0 | 15,7 | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 75,0 | 82,3 | 76,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1974 | Czas remontów | h | 1 288 | 1 433 | 1 232 | 711 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Czas awarii | h | 703 | 266 | 279 | 860 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 9,3 | 3,6 | 3,7 | 11,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 77,3 | 80,0 | 82,7 | 80,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1975 | Czas remontów | h | 1 599 | 783 | 1 062 | 760 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Czas awarii | h | 474 | 406 | 363 | 737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 6,7 | 5,1 | 4,7 | 9,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 76,3 | 86,4 | 83,7 | 82,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1976 | Czas remontów | h | 744 | 1 750 | 1 683 | 226 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Czas awarii | h | 425 | 551 | 724 | 1 046 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 5,3 | 7,8 | 10,2 | 12,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 86,7 | 73,8 | 72,6 | 85,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1977 | Czas remontów | h | 1 551 | 736 | 640 | 1 676 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Czas awarii | h | 863 | 369 | 367 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 12,0 | 4,6 | 4,5 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 72,4 | 87,4 | 88,5 | 79,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1978 | Czas remontów | h | 940 | 686 | 738 | 402 | 464 | 532 | 489 | 0 |
| | Czas awarii | h | 648 | 304 | 695 | 872 | 418 | 475 | 0 | 0 |
| | Awaryjność | % | 8,3 | 3,8 | 8,7 | 10,4 | 6,0 | 11,9 | 0,0 | 0,0 |
| | Dyspozycyjność | % | 81,9 | 88,7 | 83,6 | 85,5 | 87,0 | 77,7 | 66,7 | 100,0 |
| 1979 | Czas remontów | h | 1 342 | 1 577 | 737 | 1 296 | 893 | 725 | 359 | 1 504 |
| | Czas awarii | h | 393 | 77 | 288 | 596 | 330 | 506 | 537 | 514 |
| | Awaryjność | % | 5,4 | 1,1 | 3,7 | 8,1 | 4,2 | 6,3 | 6,4 | 7,1 |
| | Dyspozycyjność | % | 80,2 | 81,1 | 88,3 | 78,4 | 86,0 | 85,9 | 89,8 | 77,0 |
| 1980 | Czas remontów | h | 872 | 649 | 1 308 | 827 | 1 372 | 1 637 | 880 | 1 340 |
| | Czas awarii | h | 1 204 | 582 | 338 | 476 | 450 | 476 | 535 | 634 |
| | Awaryjność | % | 15,3 | 7,4 | 4,7 | 6,2 | 6,3 | 6,7 | 7,0 | 8,7 |
| | Dyspozycyjność | % | 76,4 | 86,0 | 81,3 | 85,2 | 79,3 | 75,9 | 83,9 | 77,5 |
| 1981 | Czas remontów | h | 1 086 | 1 617 | 1 228 | 1 821 | 860 | 1 105 | 967 | 387 |
| | Czas awarii | h | 3 495 | 309 | 396 | 183 | 528 | 314 | 508 | 435 |
| | Awaryjność | % | 47,0 | 4,5 | 5,3 | 2,8 | 7,1 | 4,2 | 6,7 | 5,3 |
| | Dyspozycyjność | % | 47,7 | 78,0 | 81,5 | 77,1 | 84,2 | 83,8 | 83,2 | 90,6 |
| 1982 | Czas remontów | h | 6 555 | 1 139 | 1 068 | 1 047 | 1 464 | 754 | 1 084 | 1 131 |
| | Czas awarii | h | 1 104 | 1 082 | 51 | 104 | 406 | 203 | 218 | 136 |
| | Awaryjność | % | 50,1 | 14,2 | 0,7 | 1,3 | 5,6 | 2,5 | 2,8 | 1,8 |
| | Dyspozycyjność | % | 12,6 | 74,6 | 87,2 | 86,9 | 78,6 | 89,1 | 85,1 | 85,5 |
| 1983 | Czas remontów | h | 835 | 885 | 1 135 | 1 516 | 1 018 | 1 587 | 1 450 | 1 553 |
| | Czas awarii | h | 794 | 404 | 171 | 217 | 225 | 181 | 178 | 277 |
| | Awaryjność | % | 10,0 | 5,2 | 2,3 | 3,0 | 2,9 | 2,5 | 2,4 | 3,9 |
| | Dyspozycyjność | % | 81,4 | 85,3 | 85,1 | 80,2 | 85,8 | 79,8 | 81,4 | 79,1 |
| 1984 | Czas remontów | h | 3 335 | 1 336 | 1 591 | 1 163 | 825 | 872 | 779 | 577 |
| | Czas awarii | h | 138 | 289 | 200 | 534 | 100 | 136 | 135 | 197 |
| | Awaryjność | % | 2,5 | 3,9 | 2,8 | 7,0 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | 2,4 |
| | Dyspozycyjność | % | 60,5 | 81,5 | 79,6 | 80,7 | 89,5 | 88,5 | 89,6 | 91,2 |
| 1985 | Czas remontów | h | 656 | 3 292 | 967 | 1 312 | 1 503 | 1 182 | 565 | 950 |
| | Czas awarii | h | 137 | 2 | 94 | 210 | 231 | 150 | 213 | 176 |
| | Awaryjność | % | 1,7 | 0,0 | 1,2 | 2,8 | 3,2 | 2,0 | 2,6 | 2,3 |
| | Dyspozycyjność | % | 90,9 | 62,4 | 87,9 | 82,6 | 80,2 | 84,8 | 91,1 | 87,1 |
| 1986 | Czas remontów | h | 1 243 | 776 | 872 | 3 382 | 831 | 1 031 | 1 586 | 945 |
| | Czas awarii | h | 202 | 209 | 157 | 163 | 52 | 153 | 5 | 282 |
| | Awaryjność | % | 2,8 | 2,6 | 2,0 | 3,1 | 0,7 | 2,0 | 0,1 | 3,7 |
| | Dyspozycyjność | % | 83,5 | 88,8 | 88,3 | 59,5 | 89,9 | 86,5 | 81,8 | 86,0 |
| 1987 | Czas remontów | h | 1 341 | 1 077 | 3 180 | 1 017 | 1 362 | 960 | 914 | 1 505 |
| | Czas awarii | h | 20 | 123 | 0 | 295 | 18 | 278 | 305 | 218 |
| | Awaryjność | % | 0,3 | 1,6 | 0,0 | 3,9 | 0,3 | 3,7 | 4,1 | 3,1 |
| | Dyspozycyjność | % | 84,5 | 86,3 | 63,7 | 85,0 | 84,2 | 85,9 | 86,1 | 80,3 |
| 1988 | Czas remontów | h | 2 480 | 977 | 1 430 | 1 331 | 1 005 | 1 692 | 1 105 | 1 000 |
| | Czas awarii | h | 183 | 116 | 124 | 222 | 2 | 67 | 373 | 21 |
| | Awaryjność | % | 2,9 | 1,5 | 1,7 | 3,1 | 0,0 | 1,0 | 5,4 | 0,3 |
| | Dyspozycyjność | % | 69,7 | 87,5 | 82,3 | 82,3 | 88,5 | 80,0 | 83,2 | 88,4 |
| 1989 | Czas remontów | h | 1 255 | 3 187 | 592 | 384 | 1 407 | 164 | 290 | 877 |
| | Czas awarii | h | 122 | 48 | 137 | 5 | 22 | 53 | 18 | 9 |
| | Awaryjność | % | 0,2 | 1,1 | 1,9 | 0,1 | 0,5 | 1,4 | 0,2 | 0,1 |
| | Dyspozycyjność | % | 85,5 | 63,1 | 91,7 | 95,6 | 83,7 | 97,5 | 96,5 | 89,9 |

↓ **Tabela 1. (cd.)** Awaryjność, dyspozycyjność, czas awarii i remontów w jednej z krajowych elektrowni dla bloków 1-8 [1.35]

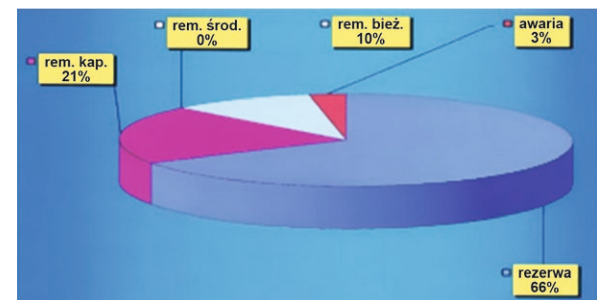
| Rok | Wyszczególnienie | Jednostka | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|------------------|-----------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 1999 | Czas remontów | h | 377 | 508 | 3 086 | 297 | 465 | 2 932 | 328 | 572 |
| | Czas awarii | h | 29 | 54 | 51 | 107 | 19 | 9 | 178 | 297 |
| | Awaryjność | % | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,6 | 0,8 | 0,3 | 2,9 | 4,9 |
| | Dyspozycyjność | % | 95,4 | 93,6 | 64,2 | 95,4 | 94,5 | 66,4 | 94,2 | 90,1 |
| 2000 | Czas remontów | h | 621 | 252 | 182 | 795 | 2 947 | 478 | 1 521 | 506 |
| | Czas awarii | h | 12 | 13 | 5 | 0 | 55 | 39 | 9 | 167 |
| | Awaryjność | % | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 2,4 | 1,0 | 0,1 | 2,2 |
| | Dyspozycyjność | % | 92,8 | 97,0 | 97,9 | 91,0 | 65,8 | 94,1 | 82,6 | 92,3 |



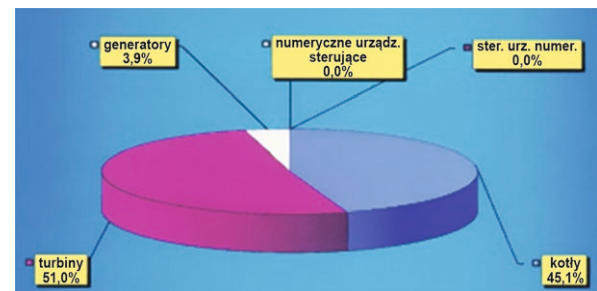
↑ **Rys. 12.** Wskaźniki awaryjności i dyspozycyjności jednej z krajowych elektrowni w latach 1973-2000 [1.35]



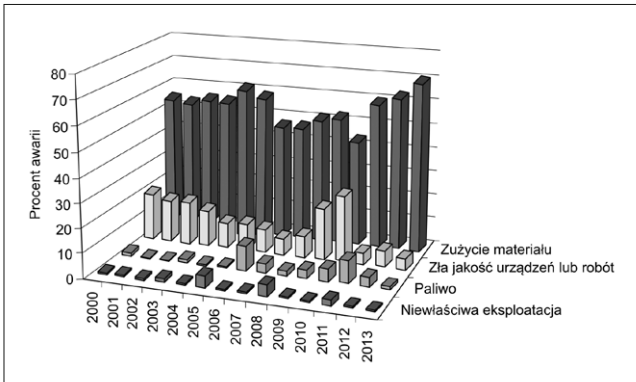
↑ **Rys. 13.** Czas pracy i postojów jednej z krajowych elektrowni [1.35]



↑ **Rys. 14.** Czas postoju z podziałem na rodzaje w jednej z krajowych elektrowni [1.35]



↑ **Rys. 15.** Czas awarii z podziałem na rodzaje urządzeń w jednej z krajowych elektrowni [1.35]



↑ Rys. 16. Awarie głównych elementów bloków energetycznych i ich przyczyny [1.37]

↓ Tabela 2. Awaryjność w podziale na obiekty bloku w przykładowej elektrowni [1.62]

| Okres | 1.07. do 31.12. 2003 | | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | | Do 10.2013 | |
|-------------------------------|----------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| | ilość odst. | czas postoju [h] | ilość odst. | czas postoju [h] | ilość odst. | czas postoju [h] | ilość odst. | czas postoju [h] | ilość odst. | czas postoju [h] | ilość odst. | czas postoju [h] |
| Kocioł właściwy | 8 | 67,4 | 6 | 78,5 | 6 | 30,3 | 5 | 215,0 | 4 | 51,3 | 5 | 26,5 |
| Układy pomocnicze kotła | 6 | 939,4 | 6 | 970,4 | 8 | 373,3 | 2 | 11,4 | 1 | 17,7 | 5 | 112,1 |
| Urządzenia nawęglania | | | 1 | 7,5 | | | | | | | | |
| Urządzenia odpopielania | 1 | 76,1 | 1 | 217,8 | | 82,6 | | | 1 | 56,4 | | |
| Turbina właściwa | 1 | 0,3 | 4 | 139,8 | 1 | 4,3 | | | | | 3 | 3,7 |
| Urządzenia pomocnicze turbiny | 1 | 28,5 | 3 | 66,8 | 5 | 63,5 | 1 | 39,8 | | | 2 | 92,8 |
| Generator | 1 | 0,6 | | | | | 2 | 111,3 | | | | |
| Razem | 18 | 1112,3 | 21 | 1480,8 | 20 | 554,0 | 10 | 377,5 | 6 | 125,4 | 15 | 235,0 |

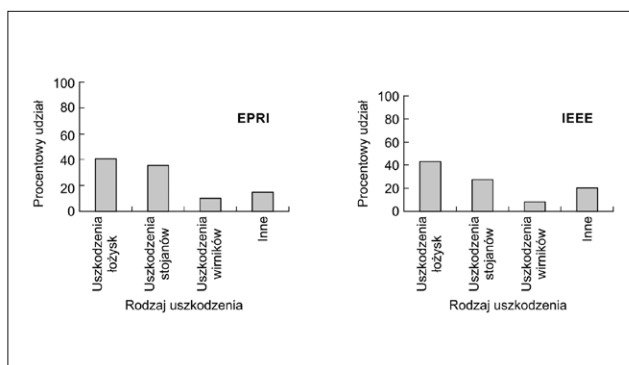
w strefie połączeń lutowanych prętów uzwojeń klatkowych z pierścieniami zwierającymi [1.38, 1.39, 1.40]. W silnikach o wirnikach dwuklatkowych uszkodzeniu ulegają przede wszystkim klatki rozruchowe wirnika. Współcześnie występuje wzrost awarii silników, których źródłem są uszkodzenia łożysk tocznych.

Statystyka awaryjności w jednej z krajowych elektrowni przedstawia się następująco – tabela 3 [1.14]. Z przedstawionego zestawienia widać, że ogólna liczba awarii silników WN maleje, a liczba awarii elektrycznych jest zdecydowanie mniejsza od liczby awarii mechanicznych. Ocenia się, że w większości krajowych zakła dów przemysłowych jest podobnie [1.14]. Analizując szczegółowo przyczyny awarii i nieoczekiwanych, nieplanowanych postojów napędów z silnikami indukcyjnymi klatkowymi WN, na podstawie własnych doświadczeń i obserwacji, ustalono następującą listę przyczyn [1.14]:

- stan łożysk,
- izolacja uzwojeń silników,
- niewyważa, nieosiowość i luzy związane z ruchem wirnika,
- rezonanse,

↓ Tabela 3. Liczba awarii silników klatkowych WN w przykładowej krajowej elektrowni [1.14]

| Rok | Liczba awarii ogółem | Liczba awarii mechanicznych | Liczba awarii elektrycznych |
|-----------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1994 | 44 | 27 | 17 |
| 1995 | 37 | 25 | 12 |
| 1996 | 30 | 21 | 9 |
| 1997 | 37 | 23 | 14 |
| 1998 | 31 | 21 | 10 |
| 1999 | 33 | 20 | 13 |
| 2000 | 29 | 18 | 11 |
| 2001 | 23 | 16 | 7 |
| 2002 | 27 | 18 | 9 |
| 2003 | 27 | 19 | 8 |
| 2004–2007 | średnio 12 | średnio 8 | średnio 4 |
| 2008–2009 | średnio 12 | średnio 5 | średnio 3 |
| 2010–2012 | średnio 12 | średnio 3 | średnio 2 |



↑ Rys. 17. Najczęściej występujące uszkodzenia silników indukcyjnych według dwóch niezależnych amerykańskich źródeł [1.41]

- niesymetria szczeliny pomiędzy stojanem a wirnikiem,
 - uzwojenie klatkowe wirnika,
 - stan konstrukcji wsporczych, fundamentów i mocowania.
- Listę podano w kolejności od przyczyn najczęściej występujących do tych, które występujących najrzadziej. Według dwóch niezależnych amerykańskich źródeł: IEEE (ang. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) i EPRI (ang. *Electric Power Research Institute*), łożyska toczne należą do najczęstszych, poważnych przyczyn awarii silników indukcyjnych. Zestawienie uszkodzeń silników indukcyjnych ilustruje rys. 17 [1.41].

Długoletnie obserwacje w zakresie oceny przyczyn awarii silników indukcyjnych klatkowych WN w przemyśle krajowym oraz śledzenie literatury technicznej krajowej i światowej poświęconej temu tematowi upoważniają autorów do stwierdzenia, że awaryjność silników w ostatnich latach wyraźnie spada. Wynika to przede wszystkim z poprawy jakości eksploatacji, obsługi oraz diagnostyki silników, zastosowania coraz lepszych materiałów do ich produkcji, w tym w szczególności dobrych materiałów izolacyjnych, zastosowania coraz lepszych sprzęgieł, łożysk, smarów. Zmienia się

statystyka przyczyn uszkodzeń silników WN. Zmniejsza się liczba uszkodzeń obwodu elektrycznego i magnetycznego silników, a relatywnie powiększa się liczba uszkodzeń typu mechanicznego – w szczególności łożysk. Występują również coraz częściej uszkodzenia typu luz w układzie na przykład wał–pakiet wirnika, łożyska–tarcza łożyskowa, oraz uszkodzenia konstrukcji wsporczej i fundamentu pod napędem.

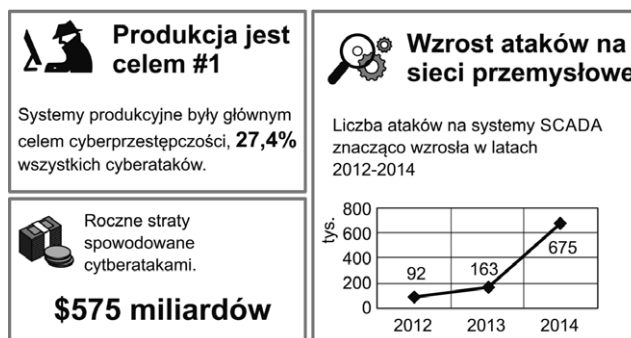
Z ekonomicznego punktu widzenia dla użytkowników silników WN najkosztowniejsze są uszkodzenia izolacji uzwojeń oraz poważne uszkodzenia fundamentów i konstrukcji wsporczych. Remont silnika, mający na celu gruntowną poprawę stanu jego izolacji, to najczęściej przezwonienie, co jest kosztowne (najczęściej kilkadziesiąt procent wartości silnika). Konieczność przezwonienia silnika lub remont kapitalny fundamentu i konstrukcji wsporczej eliminuje dany napęd z cyklu produkcyjnego zakładu na okres od kilku do kilkunastu tygodni, co dodatkowo komplikuje sytuację i wyraźnie zwiększa koszty awarii.

Zakłady przemysłowe bardzo niechętnie udostępniają swoje statystyki przyczyn awarii maszyn, liczby przestoju spowodowanych stanem technicznym maszyn, ilości zużytych łożysk, liczby remontów itd. Pewną możliwość uzyskania informacji na powyższy temat dają firmy ubezpieczeniowe, które „likwidują zaistniałą szkodę” w danym zakładzie.

4. Cyberbezpieczeństwo przemysłowe

Cyberbezpieczeństwo większość ludzi w sposób naturalny, wręcz intuicyjny, kojarzy jedynie z potrzebą zainstalowania w swoim osobistym komputerze, tablecie i telefonie komórkowym skutecznego oprogramowania antywirusowego. Cyberbezpieczeństwo to stosunkowo nowa przestrzeń działania w przemyśle, energetyce, życiu gospodarczym, życiu codziennym, która zajmuje się ochroną przed cyberatakami na wszystkie sfery bytu człowieka, głównie na wszelkie systemy informatyczne (rys. 18). Postęp w dziedzinie digitalizacji, rozwój technologii informatycznych, internet rze- czy, sztuczna inteligencja, systemy CPS (ang. *cyber-physical systems*), duże zbiory danych, globalnie tworzą świat nowych technologii, niosący nowe, dotychczas nieznanne zagrożenia cybernetyczne [1.42–1.57]. Dotychczasowe tradycyjne zagrożenia cywilizacyjno-techniczne, na przykład chemiczne, toksyczne, radiacyjne, medyczne, są zdaniem autorów stosunkowo dobrze rozpoznane. Są przedmiotem licznych badań naukowych, są opisane od strony teoretycznej, praktycznej, prawnej, prewencyjnej. Prace nad zagrożeniami cybernetycznymi w Polsce są stosunkowo skromne, bardzo wycinkowe, niepopularyzowane, a wręcz nieznanne szerokiemu ogółowi użytkowników komputerów, w tym inżynierom i studentom. Nieznane jest również szerokiemu ogółowi prawodawstwo krajowe i unijne poświęcone temu zagadnieniu. Wydaje się, że cyberbezpieczeństwo w Polsce jest niedoceniane i bardzo często mamy do czynienia z poglądem, że stanowi zbędne obciążenie w strukturze wydatków w przedsiębiorstwie przemysłowym, banku czy w biurze projektowym.

W początkowym okresie użytkowania komputerów, przy niewielkiej liczbie komputerów podłączonych do sieci,



↑ Rys. 18. Świat cyberataków – trendy [1.53]

cyberbezpieczeństwo zapewniali przyjęte przez ludzi zasady używania komputerów, systemy operacyjne i oprogramowanie. Było to możliwe głównie dzięki ograniczonej liczbie profesjonalnych i wysoce odpowiedzialnych użytkowników. Z upływem czasu liczba użytkowników lawinowo rośnie, codziennie do internetu są podłączane miliony nowych użytkowników. Model odpowiedzialnego użytkownika i samokontroli stał się niewystarczający [1.45]. Początkowo cyberprzestępcami byli nieprofesjonalni niedoświadczeni hakerzy, dla których celem było uzyskanie nieuprawnionego dostępu do komputera, podmiana strony internetowej itd. Współcześnie są to zmasowane udane ataki na instytucje państwowe, banki, organizacje gospodarcze, fabryki, elektrownie, systemy energetyczne, szpitale, obiekty militarne wykonywane najczęściej przez „zawodowców”. Poważne ataki hakerskie stały się normą. Celem ataku jest najczęściej produkcja w energetyce lub zakładzie przemysłowym [1.53]:

Cyberprzestępcy realizują swoje zadanie przez:

- wykradanie bądź zmodyfikowanie wrażliwych danych,
- sabotaż na sieć bądź instalacje.

Źródłem zagrożeń są głównie [1.50]:

- zorganizowane hakerskie grupy kryminalne,
- służby obcych/wrogich państw,
- terroryści,
- osoby wtajemniczone – pracownicy,
- szpieczy przemysłowi,
- sabotażyści,
- błędy operatorów systemów SCADA,
- przypadkowe infekcje,
- infekcje spowodowane przez dostęp podwykonawców.

Możliwe konsekwencje cyberataków [1.54] są następujące:

- brak dostępu do systemu produkcyjnego,
- utrata wydajności systemu,
- manipulacja/utrata/kradzież danych,
- utrata kontroli nad produkcją,
- zatrzymanie produkcji/maszyn,
- katastrofa ekologiczna,
- ryzyko śmierci i poważnych obrażeń,
- straty finansowe.
- nadszarpnięty wizerunek firmy.

Cyberbezpieczeństwo zawsze będzie zależało od najsłabszego wężła bądź ogniwa systemu. Profesjonalni użytkownicy komputerów wiedzą, że cyberbezpieczeństwo jest podstawą

funkcjonowania na co dzień. Jak twierdzi Przemysław Kania Dyrektor Generalny CISCO *w walce z cyberprzestępczością zawsze będziemy ten jeden krok za hackerami, to ciągła pogoń i doskonalenie naszych systemów przeciwdziałania. Im większa współpraca na poziomie korporacji i państw, tym bliżej jesteśmy zwycięstwa* [1.49].

Potencjalne konsekwencje ataku cybernetycznego na zakład przemysłowy są najczęściej następujące:

- wyłączenie instalacji (prostsze do przeprowadzenia):
 - wywołanie niepewności wśród operatorów i inżynierów,
 - zmiana „bezpiecznych ustawień” (ang. *fail safes*), by zatrzymać poszczególne maszyny i urządzenia lub całą produkcję;
- zniszczenie instalacji albo spowodowanie znaczących strat materialnych:
- potrzebna dużo większa wiedza,
- dużo trudniejsze do przeprowadzenia
- wymaga skoordynowanego ataku na system sterowania i SIS (System Informacyjny Schengen, ang. *Schengen Information System*),
- nie tylko SIS dba o bezpieczeństwo instalacji.

Ataki cybernetyczne schodzą na coraz niższą warstwę struktury zakładu, obiektu, biura, są coraz trudniejsze do wykrycia i jest ich z dnia na dzień coraz więcej. Oto kilka przykładów ataków cybernetycznych [1.45, 1.46, 1.47]:

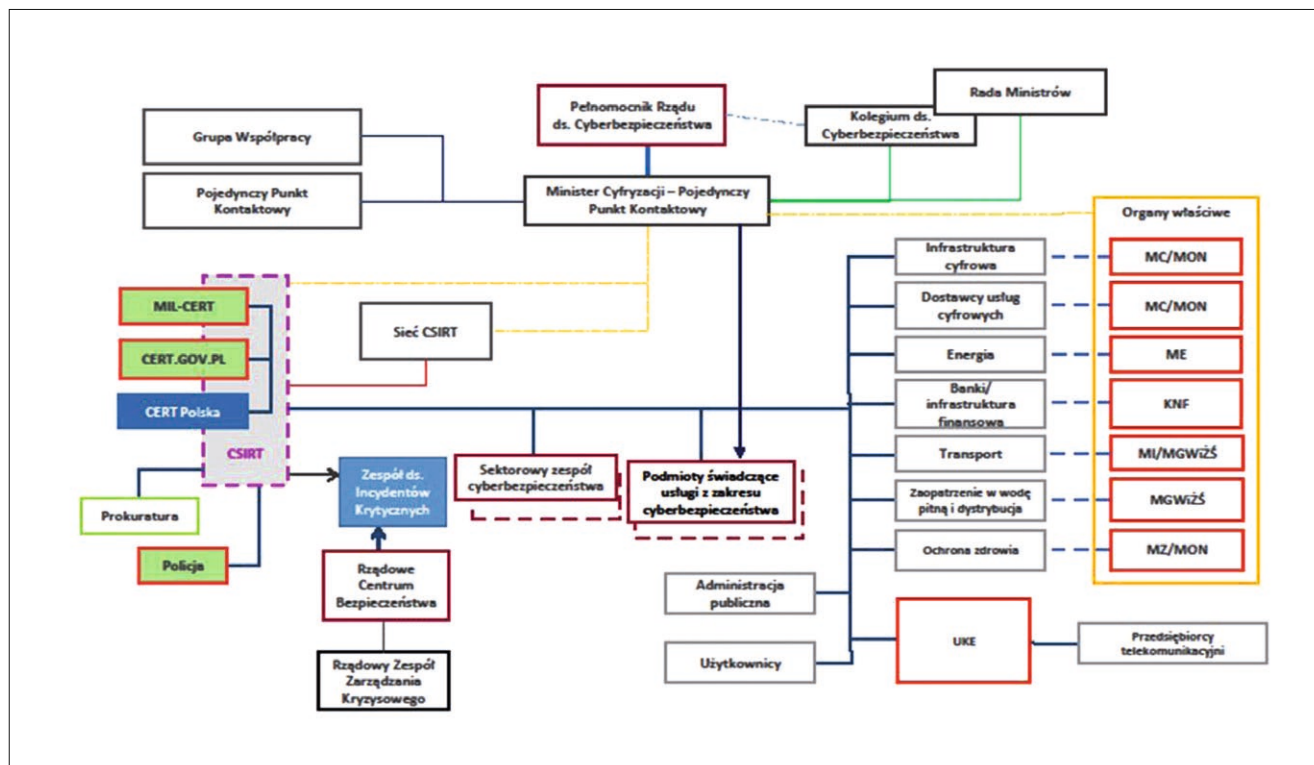
- W latach 2009–2010 pojawił się wirus Stuxnet w obiektach nuklearnych w Iranie. Ponad rok skutecznie uszkadzał wirówki do produkcji paliwa jądrowego w zakładach wzbogacania uranu w Natanz. Atak nastąpił przy wykorzystaniu zainfekowanej pamięci podręcznej USB. Wirus zaatakował programowalne sterowniki logiczne PLC. Na przeszkodzie nie stanęły ani specjalistyczne oprogramowanie, ani brak połączenia z internetem [1.45].
- 10 kwietnia 2014 r. amerykański niszczyciel Donald Cook przyplłynął na Morze Czarne, a 12 kwietnia rosyjski bombowiec Su-24 przelatywał nad nim, nie posiadając przy tym ani bomb, ani rakiet, tylko elektroniczny przyrząd wojenny – gondolę zamontowaną pod kadłubem, która według rosyjskiego czasopisma „Rossijskaya Gazeta” zawierała elektroniczny przyrząd wojenny. Podczas fazy zbliżania się przyrząd ten miał zneutralizować wszystkie radary niszczyciela Donald Cook, urządzenia kontrolne, systemy informacyjne itp. Niszczyciel USA był wyposażony w system ostatniej generacji Aegis, który zapewnia łączność między systemami obrony przeciwrakietowej wszystkich okrętów, na których jest zainstalowany – w ten sposób tworzy się sieć, która gwarantuje wychwytywanie, ściganie i zniszczenie setek celów w tym samym czasie. Innymi słowy, ten wszechpotężny współcześnie używany i montowany na okrętach wojennych NATO system obronny został wyłączony jak telewizor pilotem. Donald Cook jest niszczycielem z wyrzutniami rakiet czwartej generacji, którego podstawową bronią jest rakiet samosterująca Tomahawk z zasięgiem 2,5 tys. km, mogąca przenosić głowice nuklearne. W ramach rutynowej misji USS Donald Cook ma 56 rakiet Tomahawk, a w konfiguracji ofensywnej 96.

Donald Cook jest również wyposażony w cztery duże radary, których wydajność można porównać z mocą wielu stacji radarowych. W celach obronnych ma on jeszcze 50 rakiet przeciwlotniczych różnych typów. Ministerstwo Spraw Zagranicznych USA przyznało, że załoga niszczyciela Donalda Cooka była mocno zgorzozona po ataku cybernetycznym wykonanym przez rosyjski bombowiec Su-24 [1.46].

- W 2015 r. wirus Black Energy przejął kontrolę nad systemami automatycznego sterowania lokalnymi sieciami energetycznymi w zachodniej Ukrainie [1.45].
- 23 grudnia 2015 r. nastąpił cyberatak na sektor energetyczny Ukrainy [1.52]. Tego dnia o 15:30 operator w centrum sterowania zauważył podejrzaną zachowanie się systemu operacyjnego. Intruzi, działając zdalnie, doprowadzili do wyłączenia stacji elektroenergetycznych: 7–110 kV i 23–35 kV na 3 godziny. Atak na trzech dystrybutorów spowodował brak dostaw energii elektrycznej dla ponad 200 000 odbiorców (zdarzały się szacunki mówiące o 1 milionie klientów).
- 10 listopada 2017 r. została zaatakowana strona internetowa lotniska w Modlinie [1.47].
- W marcu 2018 r. zaatakowano serwery Teatru Współczesnego w Warszawie. W cyberataku przejęto plany widowni na spektakle grane od 21 marca do 6 maja [1.47].
- 20 marca 2018 roku nastąpił groźny cyberatak na polskie banki. W zamiarze atakujących było przejęcie prawdziwych loginów i haseł, a następnie wyprowadzenie pieniędzy z kont ich właścicieli [1.47].

W Polsce obowiązują następujące regulacje prawne w zakresie cyberbezpieczeństwa [1.56, 1.57]:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1148 z dnia 6 lipca 2016 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych na terytorium Unii.
 - Uchwała nr 52/2017 Rady Ministrów z dnia 27 kwietnia 2017 roku w sprawie Krajowych Ram Polityki Cyberbezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2017–2022.
 - Ustawa o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa uchwalona przez Sejm RP 5 lipca 2018 r., a następnie opublikowana w Dzienniku Ustaw RP 13 sierpnia 2018 r. Cele ustawy z 5 lipca 2018 r. są następujące:
 - organizacja systemu cyberbezpieczeństwa na poziomie krajowym,
 - ustanowienie obowiązków podmiotów zobowiązanych,
 - określenie zasad nadzoru i kontroli,
 - określenie zakresu Strategii Cyberbezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej.
- Krajowy system cyberbezpieczeństwa ma na celu zapewnienie cyberbezpieczeństwa na poziomie krajowym, w tym – rys. 19:
- niezakłócone świadczenie usług kluczowych i usług cyfrowych,
 - osiągnięcie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa systemów informacyjnych służących do świadczenia tych usług,
 - obsługa incydentów.



↑ Rys. 19. Architektura krajowego systemu cyberbezpieczeństwa [1.56]

W ustawie wprowadzono następujące pojęcia:

- Usługa kluczowa – usługa mająca kluczowe znaczenie dla utrzymania krytycznej działalności społecznej lub gospodarczej, wymieniona w wykazie usług kluczowych.
- Operator usługi kluczowej – podmiot z sektora energetyki (w tym m.in. podsektorów energii elektrycznej, ropy, gazu, wydobywania kopalin, ciepła) transportu, bankowości, infrastruktury rynków finansowych, służby zdrowia, zaopatrzenia w wodę pitną, infrastruktury cyfrowej, w stosunku do którego została wydana decyzja o uznaniu za operatora usługi kluczowej.
- Dostawca usługi cyfrowej – podmiot świadczący usługę przetwarzania w chmurze, wyszukiwarki internetowej oraz internetowej platformy handlowej.
- Cyberbezpieczeństwo – odporność systemów informacyjnych na działania naruszające dostępność, autentyczność, integralność i poufność przetwarzanych danych lub związanych z nimi usług oferowanych przez te systemy informacyjne.
- Incydent – zdarzenie, które ma lub może mieć niekorzystny wpływ na cyberbezpieczeństwo.
- Incydent poważny – incydent, który powoduje lub może spowodować poważne obniżenie jakości świadczonej usługi kluczowej lub przerwanie ciągłości świadczenia usługi kluczowej.
- Incydent krytyczny – incydent skutkujący znaczną szkodą dla bezpieczeństwa lub porządku publicznego, interesów międzynarodowych, interesów gospodarczych, działania instytucji publicznych, praw i wolności obywatelskich lub życia i zdrowia ludzi, klasyfikowany przez właściwy CSIRT MON, CSIRT NASK lub CSIRT GOV.
- Incydent w podmiocie publicznym – incydent, który powoduje lub może spowodować obniżenie jakości lub przewanie realizacji zadania publicznego realizowanego przez podmiot publiczny.
- CSIRT (ang. *Computer Security Incident Response Team*) – Zespół Reagowania na Incydenty Bezpieczeństwa Komputerowego.
- Obsługa incydentu – czynności umożliwiające wykrywanie, rejestrowanie, analizowanie, klasyfikowanie, priorytetyzację, podejmowanie działań naprawczych i ograniczenie skutków incydentu.

Dobrymi praktykami w przeciwdziałaniu cyberatakami są następujące czynności i techniczne przedsięwzięcia [1.54]:

- komputery i sterowniki muszą być zabezpieczone przed szkodliwym oprogramowaniem, nieuprawnionym dostępem, sabotażem, szpiegostwem i manipulacją,
- globalne wykorzystanie maszyn wymaga bezpiecznej komunikacji,
- komunikacja zdalna pozwala uniknąć drogiej wizyt serwisowych,
- systematyczne diagnozowanie systemu zabezpieczeń przed cyberatakami, aktualizacja zabezpieczeń.

Powstaje pytanie, jak wobec tego zapewnić praktycznie cyberbezpieczeństwo w swojej firmie? Należy przede wszystkim skomunikować się ze specjalistyczną firmą informatyczną lub nawet korporacją informatyczną mającą stosowne doświadczenie. Pomocne w dokonaniu wyboru może być chociażby uczestniczenie w specjalistycznych konferencjach [1.50–1.57]. Zagadnienia o wadze strategicznej (usługa kluczowa) można skonsultować z Ministerstwem Cyfryzacji RP.

5. Utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń

Utrzymanie ruchu jest terminem odnoszącym się do teorii, metod, technologii oraz technik, które są stosowane w celu zapewnienia sprawnego funkcjonowania maszyn i urządzeń [1.63]. Cele utrzymania ruchu są następujące [1.63]:

- osiągnięcie pożądanej jakości wyrobów lub usług,
- maksymalizacja ekonomicznego okresu użytkowania wyposażenia produkcyjnego,
- utrzymanie warunków bezpiecznej eksploatacji,
- maksymalizacja zdolności produkcyjnych oraz minimalizacja kosztów produkcji poprzez zapewnienie nielicznych przerw w procesie produkcji.

Zagadnienie utrzymania ruchu w danym przedsiębiorstwie musi być rozpatrywane w kontekście jego kondycji ekonomicznej. Na całkowity koszt produkcji w przedsiębiorstwach produkcyjnych składa się wiele elementów. Do podstawowych należą koszty materiałów i energii w procesie produkcji, koszty pracy, koszty eksploatacji maszyn i urządzeń, w tym koszty ich używania i serwisowania. Koszty te korelują z zapewnieniem oczekiwanej nieustannej dyspozycyjności gwarantującej ciągłość produkcji [1.59]. Sytuacja konkurencyjna, w jakiej znajduje się energetyka i przemysł, zmusza przedsiębiorstwa do intensywnego poszukiwania możliwości zmniejszenia udziału bezpośrednich kosztów utrzymania ruchu w kosztach zmiennych przedsiębiorstwa [1.58]. Rośnie nie tylko znaczenie samego utrzymania urządzeń w sprawności eksploatacyjnej, ale rosną także koszty utrzymania tej sprawności. Stosunek kosztów utrzymania ruchu do obrotu wynosi 4–13% (w zależności od branży przemysłu) [1.58]. Obszar wszelkich działań w przedsiębiorstwie umożliwiających ciągłość w produkcji jest wyrazem realizacji przyjętej strategii eksploatacyjnej przedsiębiorstwa [1.58].

Optymalną metodą eksploatacji maszyn jest metoda eksploatacji zależna od ich stanu technicznego. Remont maszyny jest przeprowadzany tylko wtedy, gdy jest on konieczny. Wcześniej systematycznie wykonuje się pomiary diagnostyczne maszyn, określa się ich stan techniczny, indywidualnie dla każdej maszyny. Dzięki pomiarom diagnostycznym można stwierdzić początek pojawienia się uszkodzenia, a następnie obserwować jego rozwój, określać trend zmian.

Eksploatacja maszyn zależna od ich stanu technicznego jest strategią prowadzenia eksploatacji maszyn technicznie i ekonomicznie najkorzystniejszą. Jedną z możliwych dróg obniżenia kosztów działalności w przedsiębiorstwach jest objęcie całego parku maszynowego kompleksowym programem zabezpieczenia, diagnostyki i zarządzania maszynami (systemem nadzoru maszyn). System monitorowania i zabezpieczeń realizuje funkcję ochrony maszyn przed uszkodzeniami lub katastrofalnymi zniszczeniami w sytuacjach pogorszenia się ich stanu dynamicznego. System taki w połączeniu z odpowiednimi torami pomiarowymi pozwala zrealizować pełny nadzór zespołów maszynowych. Informacja o szybkości zmian stanu technicznego pozwala określić przewidywany czas niezbędny do dokonania naprawy maszyny, w wielu sytuacjach zakres takiej naprawy, a zatem w konsekwencji czas potrzebny na realizację zaplanowanych prac. Można

powiedzieć, że właściwa gospodarka remontowa prowadzi do całkiem nowego pojęcia związanego z eksploatacją posiadanego parku maszynowego – zarządzania maszynami. Zarządzanie maszynami umożliwia obniżenie kosztów produkcji, umożliwia wybór do eksploatacji maszyn o najlepszym stanie technicznym, planowanie zarówno zakresów, jak i kosztów remontów. Osiągnięcie tych celów jest możliwe, gdy systemy nadzoru maszyn zostaną uzupełnione systemami akwizycji danych diagnostycznych, ich archiwizacji i wizualizacji, systemami przetwarzania tych danych i ich analizy oraz systemami dostarczającymi informację o stanie maszyn.

W opinii licznych praktyków zajmujących się diagnostyką maszyn i urządzeń w przemyśle i energetyce uzasadnione organizacyjnie i ekonomicznie jest utrzymanie nadzoru diagnostycznego (Wydziałów Diagnostyki lub Wydziałów Diagnostyki i Kontroli Jakości) maszyn i urządzeń w strukturach właścicielskich przedsiębiorstwa [1.26]. Współczesne koncepcje utrzymania ruchu, czyli systemy prognostyczne, obok uznawania znaczenia przeglądów i remontów obejmują również [1.58]:

- narzędzia do wspierania decyzji: ocena ryzyka, modele intensywności uszkodzeń i analiza ich efektów oraz systemy ekspertowe,
- nowe techniki utrzymania ruchu, na przykład monitorowanie stanu,
- zmiany w sposobie myślenia o organizacji – współuczestnictwo i praca zespołowa,
- usuwanie usterek i awarii,
- zapobieganie usterkom i awariom.
- Do najważniejszych współczesnych koncepcji utrzymanie ruchu zaliczyć należy [1.58, 1.59]:
- RCM (ang. *reliability centered maintenance*) – utrzymanie ruchu skierowane na niezawodność, strategia wg niezawodności,
- TPM (ang. *total productive maintenance*) – całościowe utrzymanie ruchu zorientowane na produktywność, utrzymanie ruchu zintegrowane z produkcją.

RCM ma na celu osiągnięcie poziomu niezawodności, który jest spójny z bezpieczeństwem, aspektami środowiskowymi, kosztami operacyjnymi oraz celami biznesowymi przedsiębiorstwa [1.60]. Strategia remontowa RCM opiera się na odpowiedziach na 7 pytań:

1. Jaka jest funkcja instalacji bądź maszyny?
2. Jaka utrata funkcji następuje w momencie awarii?
3. Jakie są przyczyny każdej utraty funkcji?
4. Co się dzieje w momencie każdej awarii?
5. Jakie są konsekwencje każdej awarii?
6. Co zrobić, aby zapobiec lub przewidzieć awarię?
7. Co należy zrobić, gdy nie ma możliwości zapobiegnięcia awarii?

RCM jest wdrażane z sukcesem w wielu zakładach przemysłu i energetyki w Polsce między innymi w GDF Suez Energy Polska, Elektrownia Połaniec [1.60]. RCM jest wykorzystywany do budowy w danym zakładzie przemysłowym systemu utrzymania ruchu od podstaw. Szczególne znaczenie podczas wdrażania RCM przypisuje się pracy zespołowej. W pracach

związanych z utrzymaniem ruchu muszą brać udział operatorzy maszyn i urządzeń [1.58].

TPM jest koncepcją utrzymania ruchu polegającą na wprowadzeniu autonomicznego utrzymania ruchu maszyn i urządzeń przez operatorów. Musi dojść do integracji procesu produkcyjnego z procesem obsługowym. Operatorzy przejmują bezpośrednio [1.58]:

- konserwację,
- czynności inspekcyjne,
- proste prace naprawcze,
- operatorzy współdziałają z obsługą remontową podczas przestoju maszyn i urządzeń.

Według wiedzy autorów system utrzymania ruchu TPM stosuje z powodzeniem koncern Toyota. W literaturze specjalistycznej [1.58, 1.59] są opisane również inne współczesne sposoby utrzymania ruchu maszyn i urządzeń w przemyśle i energetyce. □

Fragment pochodzi z książki:

Eksploatacja i diagnostyka maszyn elektrycznych i transformatorów, Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec, Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Wydarzenia

Nowy pomysł na czujniki piezo

Zespół badawczy pod przewodnictwem profesora Hanjun Ryu z Uniwersytetu Chung-Ang w Korei Południowej wprowadził nowatorskie strategie produkcyjne, aby przezwyciężyć ograniczenia czujników piezo- i tryboelektrycznych związane z kruchością stosowanych materiałów i warunkami środowiskowymi. Artykuł na temat badań został opublikowany w *International Journal of Extreme Manufacturing*.

– Nasze badanie opisuje materiały i strategie wytwarzania komponentów dla czujników dotykowych wykorzystujących efekty piezoelektryczne i tryboelektryczne – powiedział profesor Ryu.

Zespół przeprowadził kompleksowy przegląd strategii produkcyjnych, skupiając się na technikach zwiększających czułość, elastyczność i możliwości samodzielnego zasilania. Badaniu poddano różne właściwości materiałów, procesy wytwarzania i projekty urządzeń, aby pokonać wyzwania, takie jak kruchość materiałów piezoelektrycznych i wrażliwość na warunki środowiskowe czujników tryboelektrycznych. Strategie te miały

na celu umożliwienie rozwoju wysokowydajnych czujników do zastosowań w robotyce, urządzeniach noszonych i systemach opieki zdrowotnej.

W przypadku konstrukcji piezoelektrycznych naukowcy podkreślili znaczenie zwiększenia stałej piezoelektrycznej za pomocą metod, takich jak domieszkowanie, kontrola krystaliczności i integracja materiałów kompozytowych. Do godnych uwagi zaleceń należy wykorzystanie bezołowiowej ceramiki i mieszanek polimerowych w celu tworzenia elastycznych, przyjaznych dla środowiska czujników odpowiednich do dynamicznych zastosowań. Stwierdzono również, że integracja druku 3D i technik krystalizacji opartych na rozpuszczalnikach znacznie poprawia czułość i zdolność adaptacji ich konstrukcji.

Czujniki tryboelektryczne zostały ulepszone za pomocą metod modyfikacji powierzchni, takich jak obróbka plazmowa, mikrostrukturyzacja i optymalizacja stałej dielektrycznej. Podejście to zwiększyło wydajność transferu ładunku i umożliwiło rozwój trwałych odmian o dużej wydajności. Naukowcy wykazali również

skuteczność materiałów hybrydowych i nanostruktur w zwiększaniu wydajności tryboelektrycznej przy jednoczesnym zachowaniu elastyczności i odporności na warunki środowiskowe.

Wyniki badania wskazują na to, że połączenie innowacyjnej inżynierii materiałowej i zaawansowanych technik wytwarzania jest niezbędne do tworzenia czujników zdolnych do detekcji multimodalnej oraz interakcji w czasie rzeczywistym. To interdyscyplinarne podejście obiecuje poszerzyć zakres zastosowań czujników dotykowych w różnych branżach.

Badanie podkreśla również potencjał integracji z technologią sztucznej inteligencji w celu uzyskania zaawansowanego przetwarzania danych i wykrywania wielu sygnałów jednocześnie. Rozpoznawanie tekstury i nacisku z pomocą SI może znacznie zwiększyć dokładność i funkcjonalność korzystających z czujników urządzeń. Toruje to drogę dla rozwoju sensorów nowej generacji, które naśladują ludzkie zdolności sensoryczne, jednocześnie osiągając wyższą wydajność operacyjną.

Źródło: techxplore

Reklama

**napędy
i sterowanie**

miesięcznik
naukowo-techniczny

Znajdziesz nas na Facebooku

 Napędy i Sterowanie

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: <ul style="list-style-type: none"> • rejestratory zakłóceń elektrycznych o częstotliwości próbkowania do 100 000 S/s • konwertery światłowodowe dla pojedynczych impulsów TTL, danych GPS lub przebiegów prostokątnych • komputery wbudowane, zajmujące połowę kasety 19" o wysokości 3U, z Windows 10. |
| 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, 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: <ul style="list-style-type: none"> • switche przemysłowe COMPARTA • IDEC – PLC, HMI, bezpieczeństwo • komputery przemysłowe ASEM • konwertery protokołów HILSCHER • zdalny dostęp SECOMEA – najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwiające 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@fatekpolka.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 Filipiek 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 dźwigów 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 sterownikowych; 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@smc.pl | 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. |
| 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 | 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 |
| SMC Industrial Automation Polska Sp. z o.o. ul. Stefana Batorego 10A 05-870 Błonie | tel. 22 344 40 00 e-mail: sales@smc.pl | 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. |

| Napędy (cd.) | | |
|---|--|---|
| 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 sprzęgiet. |
| Systemy transportowe | | |
| ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice | tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.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@abuscranes.pl www.abuscranes.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. |
| 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. |

Zamów wpis w zestawieniu firm • Napisz na adres: redakcja.nis@industrypublisher.com



Jerry Kaplan
Generatywna AI.
Wszystko, co warto wiedzieć
 Rok wydania: 2025
 Wydawnictwo Naukowe PWN

Postępy w dziedzinie generatywnej sztucznej inteligencji (GAI) wprowadziły nową klasę systemów komputerowych, które wykazują zadziwiającą biegłość w szerokim zakresie zadań, osiągając nadludzką wydajność. Te systemy generują nowe teksty, obrazy, muzykę oraz oprogramowanie dzięki analizie ogromnych zbiorów zdigitalizowanych informacji. Wkrótce zapewnią one fachową opiekę medyczną, oferując porady prawne, tworząc dokumenty, pisząc programy komputerowe, ucząc nasze dzieci oraz tworząc muzykę i sztukę. Te innowacje przyspieszą rozwój nauki, sztuki i ludzkiej wiedzy, ale również niosą ze sobą nowe wyzwania i zagrożenia.

W publikacji tej znajdziemy odpowiedzi na niezwykle interesujące pytania:

- Czy odkryliśmy świętego Graala sztucznej inteligencji – maszyny, które dorównują lub przewyższają ludzką inteligencję?
- Które branże i zawody będą się rozwijać, a które znikną w obliczu automatyzacji?
- Jakie ryzyka i niebezpieczeństwa niosą te zmiany?
- Jak możemy zapewnić, że te systemy będą respektować nasze zasady etyczne?
- Czy korzyści płynące z GAI będą szeroko rozpowszechnione, czy też przypadną w udziale nielicznym?
- Jak GAI wpłynie na nasze systemy polityczne i konflikty międzynarodowe?
- Czy jesteśmy jedynie trampoliną do nowej formy życia niebiologicznego, czy stajemy się lepsi w budowaniu przydatnych gadżetów?

„Generatywna AI. Wszystko, co warto wiedzieć” to wyjątkowa książka – przewodnik po świecie sztucznej inteligencji, która odpowiada na powyższe i wiele innych doniosłych pytań.

Autorem tej książki jest Jerry Kaplan – powszechnie znany ekspert od sztucznej inteligencji, przedsiębiorca, innowator techniczny, edukator, autor bestsellerów i futurolog. Wynałazł kilka przełomowych technologii, w tym przenośne tablety, aukcje internetowe i elektroniczne instrumenty muzyczne. Obecnie jest wykładowcą na Stanford University, gdzie wykłada społeczny i ekonomiczny wpływ sztucznej inteligencji w najlepiej ocenianym Wydziale Informatyki Uniwersytetu Stanforda.

W skład serii „Wszystko, co warto wiedzieć” wchodzi wiele unikalnych książek popularnonaukowych wydanych przez Oxford University Press. Każda z nich odpowiada na najważniejsze i najbardziej fascynujące pytania współczesności – od zmian klimatu i ewolucji, przez bioetykę, aż po fizykę kwantową.



Lucjan Wieczorek
Wywiad rzeka z czatem GPT (eBook)
 Druk: 2023
 Wydawca: Ridero IT Solution

Książka opisuje rozmowę autora ze sztuczną inteligencją na interesujące tematy z takich dziedzin jak: rozrywka, biologia, zdrowie, psychologia, pytania egzystencjalne, biznes, geografia, geopolityka, edukacja, niesamowite zjawiska czy rozwój duchowy. ChatGPT ma dostęp do ogromnej liczby informacji na wiele tematów. Rozwijanie swojego intelektu to bardzo ciekawe wyzwanie, a z pomocą ChataGPT każdy będzie mógł je podjąć.



Valentina Alto
Generatywna sztuczna inteligencja z ChatGPT i modelami OpenAI. Podnieś swoją produktywność i innowacyjność za pomocą GPT3 i GPT4
 Wydawnictwo: Helion
 Data wydania: 2024

Generatywne modele językowe, takie jak ChatGPT udostępniony przez OpenAI, stały się przełomem ze względu na ich możliwości i łatwe użycie w szerokiej gamie zastosowań. Wszechstronność tych narzędzi pozwala podnieść produktywność i kreatywność na niespotykany wcześniej poziom. Wystarczy w tym celu użyć we własnych projektach ChatGPT lub któregoś z wyspecjalizowanych modeli. Dzięki tej przystępnej książce zrozumiesz metody działania wielkich modeli językowych i techniki szkolenia modeli generatywnych. Następnie zapoznasz się z przypadkami użycia, w których ChatGPT sprawdzi się najlepiej, a w efekcie zwiększy produktywność i kreatywność. Dowiesz się też, jak wchodzić w interakcje z ChatGPT, tworzyć lepsze prompty i korzystać z funkcji uczenia się. Znajdziesz tu rozdziały dla marketingowców, naukowców i programistów, ułatwiające szybkie zastosowanie nabytej wiedzy w praktyce. Przekonasz się również, jak w środowisku korporacyjnym stosować interfejsy API modeli OpenAI dostępne w infrastrukturze Azure. Dla każdego scenariusza podano kompletną implementację w Pythonie, korzystającą z bibliotek Streamlit i LangChain do integracji modeli AI z aplikacjami.

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 • energetyka • aparatura kontrolno-pomiarowa • mechatronika • systemy zarządzania • robotyka • systemy automatyki • robotyka • systemy transportowe • drżymyła ruchu

1
2025 (309)
Rok XXVII
styczeń 2025

ISSN 1507-7764
Indeks 36318X
Cena: 39,00 zł
(z tym 8% VAT)

Owingthe world

SEW EURODRIVE

MOVI-C® modułowy system automatyki

Intuicyjna, prosta instalacja i obsługa
Zapewnia prostotę obsługi, elastyczność oraz szerokie spektrum funkcjonalności, a przy tym wszechstronne rozwiązania, które sprawdzają się zarówno w zastosowaniach decentralnych, jak również w szeregach sterowniczych.

Niezawodność i bezpieczeństwo – to rozwiązania na dziś i jutro
Zależy nam na zrównoważonym zarządzaniu cyklem życia produktu i oznacza to, że wszystkie komponenty są ze sobą kompatybilne i dostępne. Pozwala to w prosty sposób dokonać aktualizacji i sprostać wymaganiom przyszłości.

Wysoka wydajność i efektywność
Z optymalizowane pod kątem energoszczędności produkty gwarantują niskie straty mocy, nawet do 50%.

www.sew-eurodrive.pl/2025-01

Poprzedni numer

- Jak bezpieczeństwo funkcjonalne przyczynia się do wzrostu produktywności maszyn i systemów?
- Jakie narzędzie zapewni kompleksowe wsparcie w Twojej firmie?
- Nowe analizatory parametrów sieci i wieloobwodowy system pomiarowy, rewolucja w zastosowaniach związanych z zarządzaniem energią
- Przenośniki kubelkowe – funkcje, budowa i rola napędów
- Efektywność energetyczna w 2025 roku – kluczowe trendy dla przemysłu
- Projekt Hydrive, czyli ultralekki bolid wodorowy startujący w międzynarodowych zawodach Shell Eco-marathon

Poprzednie wydania dostępne są w wersji elektronicznej na stronie www.nis.com.pl/archiwum



Traf do specjalistów z branży!

Twoja reklama w miesięczniku „Napędy i Sterowanie”

Docieramy do inżynierów, projektantów, naukowców i kluczowych decydentów w przemyśle.

Współpraca z nami to gwarancja widoczności na rynku napędów i automatyki.

**napędy
i sterowanie**

miesięcznik
naukowo-techniczny

Poznaj naszą ofertę reklamową:
redakcja.nis@industrypublisher.com



Bądź na bieżąco

z najnowszymi rozwiązaniami
z zakresu napędów i sterowania!

- Otrzymuj co miesiąc najnowsze wydanie magazynu prosto do swojego biura lub domu.
- Sprawdzone artykuły, nowości rynkowe, recenzje produktów i raporty z targów.
- Zamów prenumeratę i zyskaj nieprzerwany dostęp do wiedzy!

**napędy
i sterowanie**

**miesięcznik
naukowo-techniczny**

Skontaktuj się z nami:
prenumerata@industrypublisher.com