

# **napędy i sterowanie**

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

**Nr 2 (250)**

Rok XXII

Luty 2020

ISSN 1507-7764  
Indeks 36018X

Cena: 10,80 zł  
(w tym 8% VAT)

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

## **MultiProjekt**

Wspieramy Twój biznes

**Jak zwiększyć wydajność  
kontroli ruchu układów bramowych?**

strona 10

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (249) Styczeń	<b>PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w górnictwie</li> <li>• Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatyzacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> </ul>
2 (250) Luty	<b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo sieci przemysłowych</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> </ul>
3 (251) Marzec	<b>AUTOMATYKA I ROBOTYKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Termowizja</li> <li>• Aparatura kontrolno-pomiarowa</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> </ul>
4 (252) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulika w technice mobilnej</li> <li>• Sterowanie procesami</li> <li>• Efektywność energetyczna</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych</li> <li>• Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji</li> <li>• Przesył energii</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>
5 (253) Maj	<b>TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Technologie przyrostowe 3D</li> <li>• Napędy hybrydowe</li> <li>• Diagnostyka i kontrola urządzeń</li> <li>• Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – Industrial Internet of Things)</li> </ul>
6 (254) Czerwiec	<b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termowizja, monitoring, układy regulacji</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Robotyka</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Systemy informatyczne</li> </ul>
7/8 (255/256) Lipiec/sierpień	<b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym</li> <li>• Inteligentne układy zasilania, sterowania</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Silniki elektryczne</li> <li>• Transformatory</li> </ul>
9 (257) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> </ul>
10 (258) Październik	<b>HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Przemysł 4.0</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Inteligentne układy zasilania</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Napędy hybrydowe i elektryczne</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Energia odnawialna</li> </ul>
11 (259) Listopad	<b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Sterowniki PLC i systemy sterowania</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Innowacje wod.-kan.</li> </ul>
12 (260) Grudzień	<b>CYFRYZACJA W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Napędy elektryczne i hydrauliczne</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>

**Adres redakcji:**

47-400 Racibórz  
ul. Środkowa 5  
tel./fax 32 755 19 17  
e-mail: redakcja.nis@drukart.pl; www.nis.com.pl

**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zając

tel. 32 755 19 17 • e-mail: redakcja.nis@drukart.pl

**Redaguje Zespół:** Katarzyna Zając, Ludmiła Urbińska,  
Ryszard Klencz

**Redaktor statystyczny:** Ludmiła Urbińska

tel./fax 32 755 23 23 • e-mail: nis@drukart.pl

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny

tel. 32 755 23 18 • e-mail: redakcja.tech@drukart.pl

**Marketing:**

Aleksandra Misiewicz • tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl  
Ester Krauze • tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl  
Agnieszka Gutowska • tel./fax 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

**Dział prenumerat:** Norbert Klencz

tel./fax 32 755 15 74 • e-mail: prenumerata@drukart.pl

**Podstawowa korekta tekstu:** Marta Chamów**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 Homiš
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- dr inż. Grzegorz Karoń
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich
- dr hab. inż. Roman Krok
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- dr inż. Jacek Paraszczak
- 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

**Redaktor tematyczny:** prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek**Wydawca:** Wydawnictwo Druk-Art SC

47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

**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 adiacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą piśmenną redakcji.

Redakcja deklaruje, że pierwotną wersją wydawanego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” jest wersja drukowana (papierowa).

„Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

## Szanowni Państwo!

Za nami pierwszy miesiąc 2020 roku. Pomimo że dla wielu firm styczeń był pracowity, w kolejny rok wchodzimy nie tylko z nowym bagażem doświadczeń, ale i w przeświadczeniu, że sytuacja gospodarcza uległa spowolnieniu, odczuwalnemu różnie w różnych branżach.

Dla optymistów pocieszające są z pewnością takie opinie, jak np. zawarta w wypowiedzi dr. Sławomira Dudka z IRG SGH o tym, że wyniki płynące z gospodarki do tej pory, pomimo spowolnienia, są generalnie dobre – lepsze niż w krajach będących partnerami handlowymi Polski. Rynek pracy jest silny, zaś spadki obserwowane są jedynie w przemyśle. Taki obraz działa pozytywnie na oceny bieżącego stanu gospodarki. Nie są one jednak już tak dobre, jak pod koniec 2017 roku. Co więcej, kolejne ośrodki prognostyczne redukują swoje prognozy co do wzrostu gospodarczego w 2020 roku, a to powoduje, że również gospodarstwa domowe ograniczają swój relatywny optymizm co do przyszłości otoczenia makroekonomicznego.

Dla pesymistów, a może właśnie dla wszystkich tych, którym na co dzień przyszło zmagać się z kryzysem, jawi się on często jako widmo upadku firm, utraty pracy, zahamowań inwestycji, ograniczeń finansowych, a nawet transferu pieniędzy tam, gdzie są one bardziej potrzebne. Dotychczas często asekuracyjne wyczekiwanie firm na ewentualne konsekwencje kryzysu, może zakończyć się w najbliższym czasie ograniczeniem wydatków, planów rozwoju, a nawet redukcją zatrudnienia. Brak inwestycji, a co za tym idzie – również nowych miejsc pracy, to zdecydowany hamulec rozwoju gospodarczego.

Prognozy Komisji Europejskiej na 2020 rok wskazują, że polska gospodarka spowolni do 3,5 proc., a to i tak szacunek bardzo optymistyczny. Część krajowych ekonomistów zakłada bowiem, że dynamice wzrostu PKB bliżej będzie do 3 proc. Eksperti z mBanku uważają nawet, że gospodarka spowolni z 4,3 proc. w 2019 r. do zaledwie 2,8 proc. w 2020 r.

W 2020 r. polska gospodarka będzie w dalszym ciągu spowalniać przede wszystkim z powodów wewnętrznych. Po pierwsze, przed nami dołek w inwestycjach publicznych. Po drugie, widać rosnącą ostrożność po stronie konsumentów, zarówno w nastrojach, jak i w stosunkowo ograniczonej reakcji na tegoroczne transfery socjalne.

Analizując jednak sytuację gospodarczą i idąc śladem przemysłu, że wartość ekonomiczną upatruje się w tworzeniu nowych wartości intelektualnych, pragnę zachęcić do lektury naszego pisma, w którym znajdują Państwo spory potencjał wiedzy zainwestowany w produkty, rozwiązania techniczne, a te z kolei w istniejące już nowoczesne aplikacje. W lutym wydaniu przede wszystkim chciałabym Państwa zainteresować bardzo dziś aktualną i niezmiernie ciekawą tematyką automatyzacji i robotyzacji produkcji.

Zapraszam do lektury

Katarzyna Zając

Redaktor naczelna





**Str. 10**

Zwiększenie wydajności kontroli ruchu układów bramowych z dwuosiowymi napędami COPLEY Plus

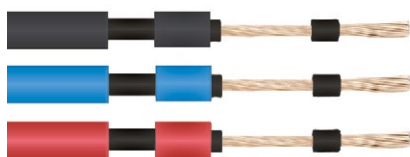
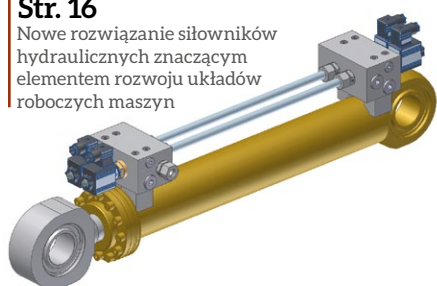


**Str. 12**

MAXOLUTION® - nowe oblicze automatyzacji

**Str. 16**

Nowe rozwiązanie siłowników hydraulicznych znaczącym elementem rozwoju układów roboczych maszyn



**Str. 20**

Jak dobrać przewody do instalacji fotowoltaicznej?



**Str. 22**

Mico Pro. Idealny system monitorowania prądu

## CO W NUMERZE

### Stałe pozycje

- 6 Nowości techniczne
- 93 Biblioteka

### Nauka

- 38 Rynek robotyki - przegląd nowych rozwiązań i trendów  
W. Kaczmarek, J. Panasiuk
- 42 Główne czynniki mające wpływ na rozwój robotyzacji  
W. Kaczmarek, J. Panasiuk
- 48 Systemy bezpieczeństwa na stanowiskach zrobotyzowanych  
W. Kaczmarek, J. Panasiuk
- 58 Przygotowanie do wdrożenia technologii RFID  
B. Gładysz, M. Grabia, K. Santarek
- 63 Omówienie analizy sieciowej  
L. Hyunjoung, S. Il
- 68 Studium przypadku: struktura wiedzy w badaniach rynku stali  
L. Hyunjoung, S. Il
- 74 Prądnicą wzbudzana magnesami trwałymi z dzielonym uzwojeniem twornika  
J. Bernatt, S. Gawron, T. Glinka, R. Rossa
- 78 Maszyna elektryczna z dwoma twornikami wzbudzanymi magnesami trwałymi  
J. Bernatt, T. Glinka
- 81 Uzwojenie wirnika silnika indukcyjnego trakcyjnego  
J. Bernatt, S. Gawron, T. Glinka, A. Polak
- 86 Magnesowanie obwodu magnetycznego nasyconego w silnikach indukcyjnych  
J. Bernatt, T. Glinka, A. Polak
- 90 Filarowy system wybierania węgla i jego rozwój w śląskich kopalniach  
S. Gierlotka

### Technologie i produkty

- 10 **TEMAT Z OKŁADKI:** Zwiększenie wydajności kontroli ruchu układów bramowych z dwuosiowymi napędami COPLEY Plus  
D. Crumlish - MULTIPROJEKT
- 12 **TEMAT Z OKŁADKI:** MAXOLUTION® - nowe oblicze automatyzacji  
M. Tylska - SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 15 MICREX-SX z serii SPF. Zminiaturyzowana seria sterowników firmy Fuji Electric  
D. Sybilski - Amtek
- 16 Nowe rozwiązanie siłowników hydraulicznych znaczącym elementem rozwoju układów roboczych maszyn  
HYDROMAR ZHS



**Str. 24**

Skalowalność, otwartość i duża moc obliczeniowa – sterowniki firmy Lenze wyznaczają nowe standardy IT w połączeniu z OT: nowa generacja sterowników firmy Lenze spełnia rosnące wymagania Przemysłu 4.0

- 20 Jak dobrać przewody do instalacji fotowoltaicznej?  
HELUKABEL Polska Sp. z o.o.
- 22 Mico Pro. Idealny system monitorowania prądu  
Murrelektronik Sp. z o.o.
- 24 Skalowalność, otwartość i duża moc obliczeniowa – sterowniki firmy Lenze wyznaczają nowe standardy IT w połączeniu z OT: nowa generacja sterowników firmy Lenze spełnia rosnące wymagania Przemysłu 4.0  
Lenze Polska Sp. z o.o.
- 26 NORD: Monitoring stanu podstawą systemu konserwacji zapobiegawczej  
NORD Napędy Sp. z o.o.
- 29 Przejście z SICAM 230 na zenon. Gotowa alternatywa na przyszłość  
COPA-DATA
- 31 Nowoczesna odsłona strony SANYU.EU  
M. Szewczyk – SANYU Sobczak



**Str. 26**

NORD: Monitoring stanu podstawą systemu konserwacji zapobiegawczej

## Informacje branżowe

- 28 Innowacje, technologie, nauka, czyli Targi EXPOPOWER już w dniach 21-23.04.2020
- 34 Innowacje ukierunkowane na poprawę bezpieczeństwa w górnictwie  
R. Klencz
- 36 Dotacje dla firm. Planowane nabory wniosków na rok 2020 – Programy krajowe  
M. Osińska – MS-CONSULTING



**Str. 29**

Przejście z SICAM 230 na zenon. Gotowa alternatywa na przyszłość

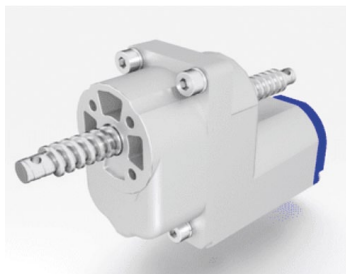
## Indeks reklam

▷ Amtek .....	15	▷ MP FILTRI .....	9
▷ Befared .....	47	▷ MS-CONSULTING .....	36
▷ Cantoni GROUP .....	41	▷ Multiprojekt .....	1, 8
▷ COPA-DATA Polska .....	6, 29	▷ Murrelektronik .....	7, 23
▷ ENEX .....	85	▷ NORD Napędy .....	8, 27
▷ Expopower .....	28, 89	▷ Nowimex .....	7, 49
▷ HELUKABEL Polska .....	21	▷ Robotyka.com .....	56
▷ INNOFORM .....	67	▷ SANYU Sobczak .....	31
▷ IOW TRADE .....	51	▷ SARIV .....	53
▷ ITM .....	62	▷ SCHUNK Intec .....	8
▷ KAMENA DRIVES .....	6	▷ SEW-EURODRIVE Polska .....	7, 96
▷ Lenze Polska .....	6, 25	▷ STAUFF Polska .....	39
▷ MEGADYNE .....	45	▷ ZHS HYDROMAR .....	17

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Miniaturowe siłowniki elektryczne

W zastosowaniach przemysłowych pracują nie tylko średnie i duże siłowniki elektryczne. Są też procesy wymagające poruszania małych mechanizmów. Idealne do tego celu są siłowniki DC marki RADIA S.r.l.:



- siła maksymalna: 1400 N;
- prędkość maksymalna: 168 mm/s.

**1. Seria LAT:** Siłowniki prądu stałego serii LAT (na zdjęciu) to wykonanie bez łożyska. Elementem roboczym siłownika jest śruba trapezoidalna o zmieniającej się długości, o odpowiednim zakończeniu, poruszająca element w urządzeniu Klienta. Seria LAT może być wyposażona w enkoder inkrementalny.

**2. Seria LAF:** Siłowniki prądu stałego serii LAF to też wykonanie bez łożyska, ale elementem roboczym siłownika jest elastyczna śruba trapezoidalna o zmieniającej się długości, o odpowiednim zakończeniu. Elastyczna śruba umożliwia poruszanie elementów trudno dostępnych i/lub w miejscach o ograniczonej przestrzeni. Można ją np. poprowadzić w zakrzywionej rurce. Seria LAF może być wyposażona w enkoder inkrementalny.

**3. Seria LATT:** Siłowniki prądu stałego serii LATT to wykonanie z łożyskiem, czyli najbardziej „normalny” siłownik elektryczny. Jest to rozwinięcie siłownika typu LAT i ma identyczne parametry. Elementem roboczym siłownika jest łożysko poruszane ukrytą wewnątrz nakrętką podróżującą wzdłuż śruby trapezoidalnej. Seria LATT może być wyposażona w magnetyczne czujniki krańcowe i/lub enkoder.

**KAMENA DRIVES**  
[kamena-drives.pl/radia-s-r-l](http://kamena-drives.pl/radia-s-r-l)

### Oprogramowanie zenon Software Platform – technologicznie zawansowane narzędzie zaprojektowane, by ułatwiać życie

Narzędzie zenon to Platforma Programowa, która sprawia, że inżynieria i zautomatyzowanie procesu produkcji oraz infrastruktury maszyn i urządzeń są niebywale łatwe. Niezależnie od tego, czy mówimy o sektorze produkcji, czy o przemyśle energetycznym, zenon pomaga osiągnąć i utrzymać ambitne cele operacyjne. Ponadto platforma ta gwarantuje niezawodne, elastyczne i skuteczne działanie urządzeń. Osoby decyzyjne, inżynierowie i operatorzy w firmach produkcyjnych i dystrybuujących energię są w stanie połączyć wszystkie istotne obszary za pomocą tej kompleksowej platformy



oprogramowania – od etapu tworzenia projektu aż do utrzymania. Przekłada się to na znaczny wzrost wskaźnika OEE, czyli ogólnej efektywności sprzętu. Stosując Platformę Oprogramowania zenon, wszyscy użytkownicy, począwszy od działu produkcji aż do kierownictwa – mogą tworzyć synergii i mieć wpływ na działalność w mierzalny i pozytywny sposób. Platforma programowa zenon to jedno zintegrowane środowisko łączące rejestrowanie danych, pracę maszyn i inteligencję biznesową. Pomaga firmom utrzymać tempo i przewagę konkurencyjną w świecie technologii podążającej w kierunku digitalizacji oraz konkurencyjną przewagę w zakresie transformacji cyfrowej. Producentem platformy zenon jest lider technologiczny w produkcji oprogramowania firma COPA-DATA, istniejąca na rynku od ponad 30 lat.

**COPA-DATA Polska Sp. z o.o.**  
[www.copadata.com](http://www.copadata.com)

### Nowy przemiennik częstotliwości i550 Protec do ekstremalnych zastosowań

Wykonany w obudowie ze stopniem ochrony IP66 i możliwością połączenia z IO-Link, protec i550 wpisuje się w szeroki zakres zdecentralizowanych zadań napędowych. Firma Lenze rozpoczyna sprzedaż nowej serii w zakresie mocy do 2,2 kW i planuje stopniową rozbudowę do 75 kW.



Zdecentralizowany przemiennik i550 Protec został wyposażony w moduł komunikacyjny IO-Link, który ułatwia integrację rozproszonych w aplikacji czujników i elementów wykonawczych do nadrzędnego poziomu sterowania w celu wymiany danych procesowych lub parametrów pracy.

Nawet poza szafą sterowniczą dostępna przestrzeń w maszynach i systemach jest dość ograniczona, dlatego firma Lenze wprowadza na rynek wyjątkowo kompaktowe urządzenie. Obudowa o stopniu ochrony IP66 zapewnia maksymalną ochronę przed niekorzystnymi warunkami otoczenia, takimi jak kurz, brud lub strumień wody podczas czyszczenia.

Przemiennik i550 Protec nadaje się szczególnie do dużych maszyn, zastosowań rozproszonych, a także wszędzie tam, gdzie przestrzeń w szafie sterowniczej jest kosztowna. Dzięki temu można osiągnąć znaczne oszczędności kosztów instalacji. Typowymi zastosowaniami są przenośniki taśmowe, wentylatory, pompy, napędy główne, a nawet urządzenia podnoszące.

Podsumowując, nowy i550 Protec otwiera nowe możliwości dla producentów maszyn w zakresie sterowania napędami poza szafą sterowniczą, nie rezygnując przy tym ze znanego wyglądu, elastyczności, funkcji i skalowalności tej serii.

**Lenze Polska Sp. z o.o.**  
[www.lenze.com](http://www.lenze.com)

## NOWOŚCI TECHNICZNE

**Modlink Heavy. Złącza do każdej aplikacji**

Wytrzymałe złącza z serii Modlink Heavy gwarantują bezpieczny przekaz sygnałów, energii, danych i pneumatyki nawet w najtrudniejszych warunkach przemysłowych. Chronią interfejsy przed wilgocią, chłódziami i smarami, a także przed zanieczyszczeniami i wysokimi obciążeniami mechanicznymi.



Murrelektronik oferuje szeroką gamę produktów. Wyróżniają się elastycznością konfiguracji, dzięki czemu w każdej aplikacji można zastosować optymalną wersję Modlink Heavy. Dostępne są cztery typy obudów w siedmiu wymiarach. Mogą być zamykane na trzy różne sposoby, w zależności od potrzeb. Można do nich dopasować standardowe i modułowe wkładki wybrane spośród licznej oferty, której dopełnienie stanowią precyzyjnie dobrane akcesoria.

Złącza serii Modlink Heavy Murrelektronik odznaczają się wysoką szczelnością – aż do poziomu IP68. Specyficzne dopuszczenia (takie jak UL czy CSA) umożliwiają zastosowanie ich na całym świecie.

**Murrelektronik Sp. z o.o.**  
[www.murrelektronik.pl](http://www.murrelektronik.pl)

**Na mróz, śnieg i lód – KOMBITAST-R-JUWEL. Technika na niskie temperatury**

Od niedawna w programie firmy Schlegel jest nowa seria osprzętu na otwór 30 mm – KOMBITAST-R-JUWEL (KRJ).

Cały typoszereg KRJ został przetestowany w temperaturze do  $-40^{\circ}\text{C}$  i znakomicie nadaje się do wszelkich „zimnych”



zastosowań, takich jak kolej, pojazdy specjalne (np. straży pożarnej), ale również autobusy, ciężarówki, chłodnie, wyciągi narciarskie, naśnieżarki czy statki pracujące w bardzo zimnych rejonach Ziemi.

Oczywiście sprawdzają się równie dobrze we wszystkich „normalnych” warunkach pracy, a szczególnie tam, gdzie potrzebna jest duża powierzchnia przycisku (26 mm) przy niskiej zabudowie (2,7 mm) i eleganckim, lakierowanym w kolorze tytanowym, wyglądzie – potwierdza to nagroda IF DESIGN AWARD 2013. Połączenie wysokiej jakości technicznej i szczelności IP66/69K (zależnie od wersji) pozwala stosować je w bardzo wymagających aplikacjach.

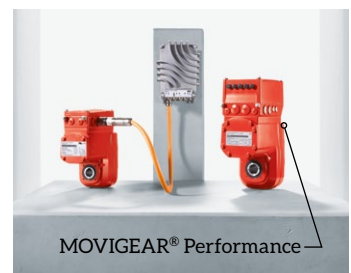
Nowa seria ma wszystkie funkcje i opcje wcześniejszej wersji KOMBITAST-R: przyciski z szyldzikami i podświetleniem, lampki, przełączniki wahliwe i obrotowe, stacyjki, przyciski grzybkowe i grzybki awaryjne (z i bez kryzy przeciwblokadowej). Akcesoria obejmują plombowane pokrywki przycisków oraz przezroczyste blokady przełączników obrotowych.

W zależności od potrzeb napędy mogą być wyposażone w modułowe zestawy z zaciskiem śrubowym (moduły M), zaciskiem Cage-Clamp\* (moduły D) i szybkowtykowym (moduły DS).

**Nowimex**  
[www.nowimex.com.pl](http://www.nowimex.com.pl)

**Mechatroniczny system napędowy ze zintegrowaną elektroniką sterującą – MOVIGEAR® performance firmy SEW-EURODRIVE**

To najbardziej inteligentna, wydajna i oszczędna wersja decentralnej techniki napędowej na rynku – silnik, przekładnia i elektronika sterująca znajdują się w jednej obudowie. MOVIGEAR® performance pozwala na pracę w każdej sieci opartej na topologii Ethernet.



Wykorzystaliśmy modułowy system automatyki MOVI-C® jako podstawę do dalszego rozwoju mechatronicznego systemu napędowego MOVIGEAR®.

Tak powstał MOVIGEAR® performance, który poszerza funkcjonalność i spójność naszych istniejących produktów, zwiększając tym samym zakres możliwych zastosowań decentralnej techniki napędowej SEW-EURODRIVE.

Dzięki zintegrowanemu złączu cyfrowemu przekazywanie informacji o silniku odbywa się na podstawie tzw. elektronicznej tabliczki znamionowej oraz sygnałów z czujników do elektroniki sterującej, bez dodatkowych nakładów potrzebnych na instalację. Komunikacja realizowana jest poprzez złącza sieciowe, jak np. PROFINET IO, EtherNet/IP™ oraz Modbus TCP, oraz zintegrowane cyfrowe wejścia i wyjścia. MOVIGEAR® performance jest tym samym idealnym wyborem dla dynamicznych aplikacji przemośnikowych.

Nową mechatroniczną jednostkę napędową wyróżnia kompaktowość oraz wysoka zdolność przeciążeniowa. Dzięki spełnieniu normy IE5, najwyższej możliwej klasy wydajności energetycznej silnika zgodnie z IEC TS 60034-30-2, jak również maksymalnej wydajności systemowej zgodnie z IEC 61800-9-2, jednostka MOVIGEAR® performance przewyższa dotychczas dostępne na rynku rozwiązania.

Obszary zastosowania:

- w poziomych systemach transportowych w intralogistyce i obsłudze paczek;
- w przemyśle napojowym i spożywczym;
- w przemyśle samochodowym;
- w przemośnikach bagażu na lotniskach.

**SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.**  
[www.sew-eurodrive.pl](http://www.sew-eurodrive.pl)

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Panel operatorski HMI P5070N firmy FATEK

Panel wyposażony w rezystancyjny ekran o wysokiej jasności (400 nits). Obsługuje optoizolowane porty komunikacyjne: RS232, RS485, Ethernet oraz USB. Zasilany napięciem 24 V DC. Istnieje możliwość zintegrowania ze sterownikiem PLC HB1 Fatek poprzez złącze na odwrocie panelu. Wyposażony jest w szereg funkcjonalności: zegar czasu rzeczywistego (RTC), serwer FTP, możliwość podglądu programu za pomocą VNC, MQTT. Panele posiadają również możliwość dodania do chmury, a także zdalnego monitorowania i zbierania danych (iMonitor) oraz modyfikacji (iAccess). Do tworzenia wizualizacji wykorzystywane jest darmowe oprogramowanie FvDesigner, posiadające wbudowany symulator oraz bogate biblioteki grafik. Posiada certyfikaty UL oraz CE. Chłodzenie pasywne dzięki ożebrowanej obudowie.

- Dystrybutor: FATEK POLSKA.
- Producent: FATEK.
- Oznaczenie katalogowe: P5070N.
- Rodzaj panelu: np. 7-calowy dotykowy panel LED (800 × 480 px).
- Stopień ochrony obudowy (kod IP): IP20 (IP65 – panel przedni).
- Wymiary zewnętrzne (wys. × szer. × gł.), w [mm]: 201 × 147 × 33.
- Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: od 0 do 50.



FATEK POLSKA  
www.fatek.pl

### Bezpieczne, niezawodne i wszechstronne: przekładnie z kołnierzem wyłaczarki

Dla cięższej eksploatacji NORD DRIVESYSTEMS rozszerza modułową przekładnię przemysłową o kołnierze do wyłaczarki. Kołnierze można dostosować dla łatwego montażu do niemal wszystkich wymiarów montażowych.



Dla wymiaru przekładni przemysłowych od 5 do 11 o znamionowym momencie obrotowym od 15 kNm do 80 kNm NORD oferuje kilka wersji kołnierza wyłaczarki. Dzięki dużym łożyskom

oporowym można zapewnić bezpieczne kompensowanie sił i długą trwałość eksploatacyjną. Kołnierze wyłaczarki umożliwiają zakładom konstrukcyjnym i zakładom przetwórstwa tworzyw sztucznych uzyskanie napędów, które cechują bezpieczeństwo, niezawodność i wszechstronność na wysokim poziomie. Oferta przekładni przemysłowych Grupy NORD zapewnia szeroki zakres opcji dla wałów napędzających i napędzanych, pozycji montażowych, uszczelnień i monitorowania temperatury.

NORD Napędy Sp. z o.o.  
www.nord.com

### Płaska jednostka obrotowa z przetwornikiem wartości absolutnej oraz dużym otworem centralnym

Moduł obrotowy ERT firmy SCHUNK otwiera nową generację mechatronicznych modułów obrotowych o uniwersalnym zastosowaniu, które gwarantują elastyczne, precyzyjne i dynamiczne ruchy obrotowe przy kompaktowych wymiarach, a jednocześnie praktycznie się nie zużywają i nie wymagają konserwacji.



Płaski, wysoko wydajny moduł opiera się na stale zasilanym silniku momentowym i jest wyposażony w enkoder absolutny. Zapewnia również powtarzalną dokładność o wartości 0,01° bez potrzeby przeprowadzania uruchomienia referencyjnego, a także szybki czas reakcji i wysokie momenty obrotowe. Duży otwór centralny umożliwia poprowadzenie przezeń kabli i węży oraz zainstalowanie kamery.

Moduł obrotowy może być używany w szczególnie elastycznych i kompaktowych koncepcjach systemowych jako stół obrotowy na komponenty, grupy montażowe i narzędzia, a także jako moduł obrotowy w rozwiązaniach suwnicowych oraz jako obrotowy stół podziałowy lub wysoko precyzyjny moduł do pozycjonowania. Aby zapewnić maksymalną elastyczność sterowania i regulacji, można zastosować sterowniki napędu różnych producentów, co pozwala sprawnie wbudować moduł w istniejące architektury systemowe.

W pierwszej kolejności na początku 2020 r. moduł będzie dostępny w rozmiarach 12, 50 i 300 ze znamionowym momentem obrotowym 1,2 Nm, 5 Nm, i 30 Nm, średnicą zewn. 120 mm, 167 mm i 277 mm oraz maksymalnym dopuszczalnym momentem bezwładności wynoszącym 0,0021 kgm<sup>2</sup>, 0,2 kgm<sup>2</sup> i 4,5 kgm<sup>2</sup>. Moduły będą zasilane i uruchamiane przez standardowe złącza (M12/M17). Opcjonalnie są one również dostępne z hamulcem elektrycznym. Jest on uruchamiany przez sterownik i stabilnie utrzymuje pozycję w czasie przestoju, nawet w przypadku oddziaływania siły zewnętrznej. Wysokość z hamulcem elektrycznym nie ulega zmianie. Dostępny będzie również wariant odporny na zapylenie i bryzgoszczelny (IP54).

SCHUNK Intec Sp. z o.o.  
www.pl.schunk.com

Redakcja miesięcznika „Napędy i Sterowanie”  
zaprasza do odwiedzenia

stoiska F-29A na Targach ENEX  
w Kielcach, w dniach 26–27 lutego br.

oraz stoiska E5 na Targach AUTOMATICON  
w Warszawie, w dniach 17–19 marca br.





# NEW LIFE FOR YOUR BUSINESS

Dynamiczna, elastyczna i międzynarodowa. Są to słowa, które najlepiej opisują kontekst, w którym MP Filtri, spółka obecna strategicznie bezpośrednio w USA, Niemczech, Francji, Wielkiej Brytanii, Kanadzie, Rosji, Chinach, Indiach oraz posiadająca dystrybutorów w 100 krajach, działa już od ponad pięćdziesięciu lat i wyróżnia się jako wiodący na świecie producent rozwiązań do filtracji hydraulicznej i monitorowania zanieczyszczeń.



**PASSION TO PERFORM**



[www.mpfiltri.com](http://www.mpfiltri.com)

# Zwiększenie wydajności kontroli ruchu układów bramowych z dwuosiowymi napędami COPLEY Plus

Dean Crumlish

Osie połączone w układ bramowy, czyli takie, w których ruch jednej osi liniowej napędzany jest dwoma silnikami, odgrywają ważną rolę w różnych zastosowaniach, takich jak plotery frezujące i obrabiarki CNC, montaż, aplikacje *pick-and-place* i wiele innych. Wymagają one ścisłej koordynacji ruchu obu silników. Nawet małe rozbieżności we współbieżnym przemieszczaniu bramy przez silniki mogą powodować opory ruchu oraz naprężenia mechaniczne układu zmniejszające dokładność. Skutkując nierównomiernym ruchem, prowadzącym nawet do całkowitego zatrzymania bramy. Wyspecjalizowane napędy z wbudowanymi funkcjami kontroli ruchu układów bramowych mogą zapobiegać tym problemom przy jednoczesnym usprawnieniu procesu projektowania i uruchamiania układów wieloosiowych.



2-osioowy napęd Copley Xenus XE2-230-20

## Zwiększenie wydajności systemu

Układy wieloosiowe są zwykle kontrolowane sterownikiem nadrzędnym (sterownik PLC lub kontroler ruchu) lub sterowaniem rozproszonym (w architekturze *master – slave*). Problem polega na tym, że obie te opcje wprowadzają opóźnienia sygnału sterującego. Dwuosiove napędy silników zapewniają bardziej efektywne rozwiązanie. W napędzie Copley serii Plus sygnał sterujący jest przesyłany jednocześnie do obydwu osi przy opóźnieniach rzędu zaledwie kilkuset nanosekund.

Istnieje kilka technik poprawienia dokładności pozycjonowania i minimalizowania oporów oraz zacięć w układach bramowych. Niżej zostaną one wymienione w kolejności rosnącej dokładności i skuteczności.

**Metoda 1:** Proste przekazywanie do obu napędów tych samych sygnałów sterujących lub synchronizacja timerów wewnętrznych (w przypadku kontroli napędów w sieci FieldBus), prowadzące do nakazania dojazdu obu silników do tej samej pozycji w tym samym czasie. Ta technika może być stosowana w przypadku niezależnych napędów silników. Nie jest ona skuteczna w aplikacjach wymagających wysokich prędkości lub dokładności. Napędy dwuosiove zapewniają lepszą wydajność.

**Metoda 2:** Aby pozycje osi nadały za sobą w mechanicznie luźnym układzie, można zastosować sprzężenie zwrotne krzyżowe. Błąd z osi 1 jest podawany do osi 2, powodując, że oś 2 zmienia prędkość w celu skoordynowania ruchu

z osią 1. Rezultatem jest zwiększona dokładność i minimalne naprężenia układu. Technika ta może być stosowana ze sterowaniem scentralizowanym i rozproszonym, niemniej jednak obydwa wprowadzają opóźnienia. Sprzężenie krzyżowe bezpośrednio w napędzie dwuosowym pozwala wewnętrznym algorytmom tuningu dopasować wydajność jednej osi do drugiej.

**Metoda 3:** W układach mechanicznie naprzężonych, narażonych na zjawisko „walczących” osi, może być zastosowana równoległa kontrola prądów silników. Osie w sztywnych systemach bramowych z natury będą ze sobą konkurować z powodu błędu enkodera lub położenia mechanicznego, odczytywanego przez dwa napędy. Jest to szczególnie widoczne przy zwiększeniu członu całkującego regulatora, co może doprowadzić do wysterowania maksymalnego prądu, gdy jedna oś jest popychana do przodu, a druga do tyłu.

**Metoda 4:** Bezpośrednia korekta enkodera, która może poprawić powtarzalność pozycji, zwiększyć dokładność i znacząco zredukować naprężenia mechaniczne układu z powodu błędów pozycji.

Przy prawidłowym dopasowaniu techniki do aplikacji powyższe zabiegi mogą być bardzo skuteczne. Niestety równoczesne wykonanie kilku z nich może być trudne technicznie. Aby uprościć implementację takiego sterowania, we wszystkich napędach linii Copley Plus z procesorami FPGA dostępna jest funkcja korekty enkodera.

### Tabele korekcji błędów

Jakość kontroli pozycjonowania, jaką może osiągnąć serwonapęd, jest ograniczona rozdzielczością i dokładnością danych odczytanych z enkodera. Błędy enkodera można podzielić na błędy wewnętrzne wprowadzone podczas jego produkcji i montażu (np. błędy tarczy kodującej, nieliniowości elektroniki, brak osiowości mechanicznej itp.) i błędy podczas instalacji (np. nieosiowy montaż, brak równoległości prowadzenia itp.). Metodą korekcji tego jest pomiar błędów enkodera i wygenerowanie tabel



Sprzężenie krzyżowe z 2-osowym napędem Copley

wartości kompensujących, które napęd może zastosować, aby je skorygować w czasie rzeczywistym. Jest to metoda zaimplementowana w napędach Copley.

Tabela kompensująca jest plikiem w formacie binarnym, który jest przesyłany do wewnętrznego systemu plików dwuosowego napędu Copley. Plik ten składa się z krótkiej sekcji nagłówka, po której podawana jest lista przesunięć (offsetów), które zostaną dodane do informacji o pozycji odczytanych z enkodera. Wynikowe wartości (pozycja z enkodera plus offset) zostaną użyte zamiast danych odczytanych bezpośrednio z enkodera. Dzięki temu napęd może kompensować znane błędy w danych pozycji enkodera. Regulacja położenia jest interpolowana liniowo z zawartości pliku, a wynik jest dodawany do pierwotnej pozycji z kodera.

Tabela korekcji błędów może znacznie zmniejszyć błąd pozycji. Na przykład oś liniowa o skoku 350 mm, która miała powtarzalność  $\pm 2 \mu\text{m}$ , ale dokładność na całym skoku ponad 130  $\mu\text{m}$ , została skompensowana tak, że dokładność była zgodna z powtarzalnością  $\pm 2 \mu\text{m}$ . Jednak, aby było to skuteczne, częstotliwość aktualizacji funkcji błędów musi odpowiadać prędkości układu. Chociaż technika ta może być używana ze scentralizowanym lub rozproszonym sterowaniem, architektury te wprowadzają opóźnienia komunikacyjne. W napędach dwuosowych Copley korekcja błędów enkodera jest wykonywana od razu w firmwarze napędu. W rezultacie sprzężenie zwrotne jest korygowane w czasie aktualizacji pętli pozycji, czyli 250  $\mu\text{s}$ .

Przeprowadzenie korekcji błędów w napędzie dwuosowym przynosi kolejną korzyść, polegającą na zastosowaniu korekcji błędów do obu osi z opóźnieniem do kilkuset pikosekund. W rezultacie układ sterowany napędem dwuosowym wykazuje mniejsze drgania i ma krótszy czas odpowiedzi niż przy sterowaniu z PLC lub rozproszonym.

Bramowe układy przeniesienia ruchu odgrywają istotną rolę w wielu różnych zastosowaniach, a techniki opisane powyżej mogą znacząco wpłynąć na ich wydajność. Korzystając z wbudowanych funkcji napędów Copley Plus, popartych narzędziami zaimplementowanymi w oprogramowaniu konfiguracyjnym napędów Copley Controls, producenci maszyn i integratorzy mogą małym nakładem czasu i pracy osiągnąć wysoką wydajność układu kontroli ruchu, co pozwala skoncentrować wysiłki ich myśli inżynierskiej na tych funkcjach produktu, które zwiększają jego konkurencyjność na rynku. ■

 Dean Crumlish

Applications and Product Manager

**MultiProjekt**

**MULTIPROJEKT**

ul. Cystersów 20 A

31-553 Kraków

tel. 12 413 90 58

fax 12 376 48 94

e-mail: info@multiprojekt.pl

www.multiprojekt.pl

# MAXOLUTION® – nowe oblicze automatyzacji

Małgorzata Tyłska

W języku angielskim pojęcie automatyzacji oznacza zarówno proces, jak i technologię. Proces to zautomatyzowane procesy produkcji, z kolei technologia to automatyzowanie tych procesów. Właśnie w tak kompleksowy sposób do automatyzacji podchodzi SEW-EURODRIVE. Rozwiązania systemowe MAXOLUTION firmy SEW-EURODRIVE przeznaczone są zarówno dla automatyzacji fabryk, jak i maszyn, a dodatkowo szczególna uwaga poświęcona została najbardziej wymagającej branży, jaką jest automotive.

## MAXOLUTION® *factory automation* / automatyzacja fabryk

Firmy stoją obecnie przed wyzwaniem optymalizacji procesów produkcyjnych i montażowych, co jest możliwe dzięki automatyzacji. Efekty można jednak osiągnąć tylko wtedy, gdy działania prowadzone są w sposób spójny, jednocześnie z zachowaniem elastyczności i możliwości wyboru różnych opcji, aby w przyszłości szybko reagować na zmieniające się oczekiwania rynku. Jak zatem zachować taką równowagę? To możliwe dzięki rozwiązaniom systemowym z zakresu automatyzacji produkcji MAXOLUTION® firmy SEW-EURODRIVE. Wizje stają się rozwiązaniami – profesjonalnymi, przetestowanymi, bezpiecznymi i dostępnymi już dziś. Twoją fabrykę



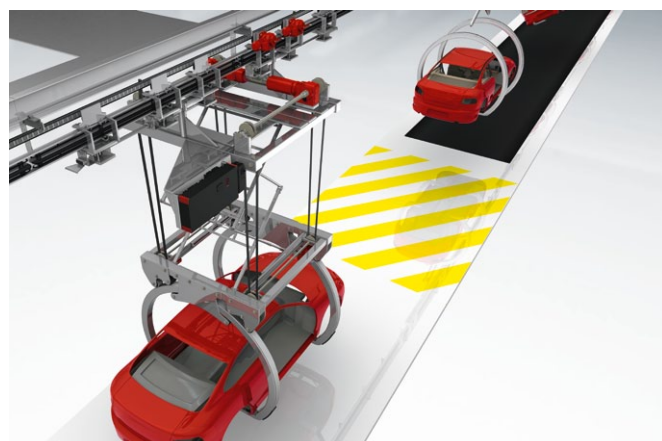
MAXOLUTION® *factory automation* / automatyzacja fabryk.  
Zapraszamy do korzystania z naszych kompleksowych rozwiązań

przyszłości tworzymy dzięki wymiennym modułom, umożliwiającym szybką reakcję na zmienne wymagania rynku. Zamiast nieelastycznych systemów, takich jak stacjonarne systemy przenośników, tworzymy inteligentną fabrykę o nowej, elastycznej strukturze modułowej. Dzięki temu w prosty sposób można dodawać, powielać lub usuwać poszczególne moduły procesowe w zależności od tego, jak kształtuje się struktura i dynamika procesów sprzedażowych.

## Przygotujemy Ciebie i Twój zakład produkcyjny na automatyzację fabryki zgodnie z ideą Industry 4.0

Koncepcja Industry 4.0 ewoluuje i zyskuje coraz większe znaczenie. Dziedzina ta obejmuje całość procesów produkcyjnych o mniej lub bardziej złożonej strukturze. Dotyczy to wszystkich procesów produkcji, takich jak obsługa, przepływ materiału, współpraca różnych komponentów, maszyn, systemów i sterowników oraz integracja danych.

Producenci są zmuszeni szybko reagować na zmieniającą się sytuację na rynku i dlatego rośnie zapotrzebowanie na coraz bardziej spersonalizowane rozwiązania. Będzie to możliwe tylko wtedy, gdy przeformatowana zostanie koncepcja procesów produkcyjnych oraz rozplanowania produkcji. W miejsce technologii przenośników stacjonarnych wprowadzone będzie inteligentne połączenie gniazd produkcyjnych, stanowisk montażowych oraz maszyn i urządzeń za pomocą mobilnych systemów transportowych i robotów. Takie rozwiązanie z jednej strony zwiększa dostępność, produktywność i wydajność systemu, a z drugiej minimalizuje koszty operacyjne.



MAXOLUTION® *automotive* / rozwiązania dla branży motoryzacyjnej.  
Maksymalna elastyczność przy maksymalnej dostępności



MAXOLUTION® machine automation / automatyzacja maszyn.  
Przeprowadzamy dla Ciebie automatyzację systemów – w sposób niezawodny i wydajny

### Mobilne systemy wspomagania. Zoptymalizuj współpracę ludzi i maszyn

Ludzie i maszyny tworzą sieć w inteligentnej fabryce. Nasze autonomiczne mobilne systemy wspomagania integrują poszczególne procesy produkcji i montażu. To systemy cyberfizyczne, przez co zawsze mają dostęp do wszystkich istotnych danych.

Z pewnością znane są nasze sprawdzone rozwiązania oparte na jednostkach napędowych oraz projekty automatyzacji dla stacjonarnych urządzeń do transportu materiałów. Nasze doświadczenia dotyczące optymalizacji procesów produkcyjnych pozwoliły stworzyć samojezdne systemy mobilne o maksymalnej elastyczności i skalowalności, z zapewnieniem doradztwa technicznego oraz bezpieczeństwa procesów, instalacji i systemów.

Ze względu na liczne rozszerzenia funkcjonalności oraz przyjazne interfejsy systemy te zapewniają wsparcie i odciążenie pracowników w realizacji prostych zadań transportowych. Mobilne systemy wspomagające montaż działają na przykład jako inteligentne i ergonomiczne stoły warsztatowe, natomiast systemy wspomagające obsługę działają dzięki wykorzystaniu współpracującego robota.

Jednocześnie ci mobilni asystenci „doskonale rozumieją się” z innymi pojazdami. Poruszają się oni autonomicznie, komunikują się i wymieniają dane. To tak zwana inteligencja rozproszona, która obejmuje innowacyjną, zdecentralizowaną technologię sterowania, za pomocą której wiele mobilnych systemów wspomagających może działać w ramach jednego – kompletnego i inteligentnego systemu.

Oferujemy indywidualne rozwiązania w zakresie mobilnych systemów wsparcia. Jeśli masz szczególne wymagania wobec mobilnego systemu wspomagania – dostosujemy naszych autonomicznych asystentów do Twoich wymagań lub opracujemy rozwiązanie całkowicie dopasowane do Twoich potrzeb. Nasz kompleksowy system modułowy zapewnia wszystkie niezbędne komponenty.

### Twoje korzyści

- Kustomizowane rozwiązania dostępne w krótkim czasie dzięki naszym ekspertom i kompleksowemu modułowemu systemowi komponentów do systemów mobilnych.
- Autonomiczny, niezawodny transport.
- Inteligencja rozproszona umożliwia asystentom swobodne poruszanie się i doskonałą koordynację z innymi pojazdami.
- Płynnie przebiegające sekwencje procesów.
- Integracja najnowocześniejszej technologii w zakresie lokalizacji, nawigacji i komunikacji.
- Szybki i trwały system transportu.

Bezstykowy system przesyłania energii MOVITRANS® działa na zasadzie indukcji i może być stosowany na zasadzie kabla zasilającego, przekazującego energię w sposób ciągły lub też jako rozwiązanie wykorzystywane miejscowo w formie stacji ładowania.

### Lokalnie zrealizowane projekty potwierdzają nasze kompetencje

Firma SEW-EURODRIVE Polska zrealizowała projekt automatyzacji transportu w tłoczni profili aluminiowych firmy Final SA z Dąbrowy Górniczej w oparciu o system AGV.

Zautomatyzowanie procesu transportu wewnętrznego profili aluminiowych – ładunków o wadze do 4 ton i długości 7 metrów – poprzez zastosowanie samojezdnego wózka transportowego AGV i automatycznej stacji rozładowniczej.



Mobilni asystenci



Automatyzacja transportu w tłoczni profili aluminiowych w firmie Final SA z Dąbrowy Górniczej

System transportowy złożony jest z potężnego wózka transportowego oraz automatycznej stacji rozładawczej. Trasa przejazdu wózka o długości 160 metrów (z produkcji do obszaru pakowania) realizowana jest za pomocą samojezdnego wózka transportowego AGV o wymiarach 5,9 x 2,2 metra, zasilanego bezkontaktowo na całej trasie przejazdu za pomocą umieszczonej w posadzce pętli indukcyjnej.

Rozwiązanie systemowe Movitrans® firmy SEW-EURODRIVE polega na bezstykowym przesyśle energii z pętli

indukcyjnej w podłodze do wózka AGV, który zapewnia niezawodny, cichy i bezobsługowy transport. Zasilająca pętla indukcyjna służy również do nawigowania wózkiem. Istotnym elementem tego rozwiązania jest bezpieczeństwo – laserowe skanery wykrywają obiekty znajdujące się w określonej odległości od wózka. Ich pole działania zmienia się w zależności od kierunku i prędkości jazdy wózka. Nad całością systemu bezpieczeństwa czuwa kontroler, który stale monitoruje kierunek jazdy, prędkość, stan skanerów laserowych oraz pozycję

rozładunku. Lampy ostrzegawcze typu *bluespot* ostrzegają o zbliżaniu się wózka, a kolorowe listwy świetlne informują o jego statusie.

Zastosowanie samojezdnego wózka AGV w fabryce profili aluminiowych jest najlepszym przykładem procesu automatyzacji, jak również personalizacji rozwiązania, optymalizacji logistyki wewnątrzzakładowej ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa. ■



Małgorzata Tyłska – Kierownik Działu Marketingu SEW-EURODRIVE Polska

**SEW  
EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42 293 00 00

e-mail: [sew@sew-eurodrive.pl](mailto:sew@sew-eurodrive.pl)

[www.sew-eurodrive.pl](http://www.sew-eurodrive.pl)

reklama

## Które wydanie jest dla Ciebie?

3/2020

**Automatyka i robotyka**

4/2020

**Bezpieczeństwo w przemyśle**

5/2020

**Termowizja, monitoring, pomiary**

MICREX-SX z serii SPF

# Zminiaturyzowana seria sterowników firmy Fuji Electric

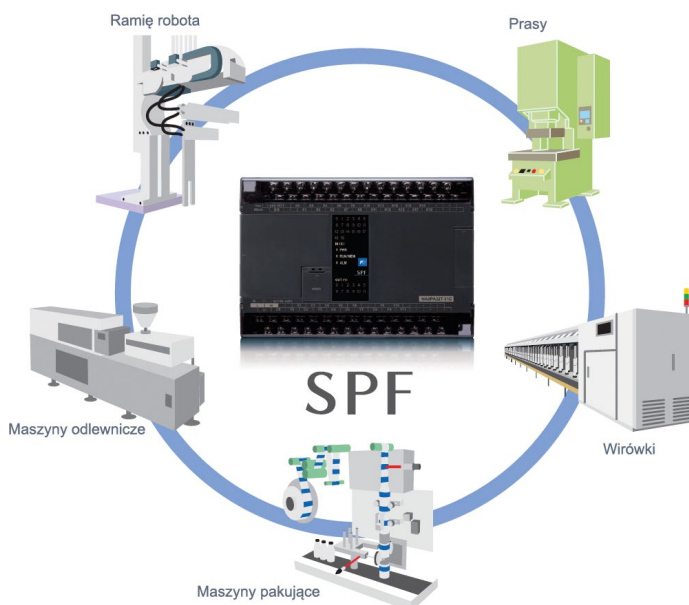
Japońska firma Fuji Electric, znana z jakości wykonania swoich produktów, wprowadza na europejski rynek własną linię sterowników programowalnych. Seria MICREX-SX SPF to kompaktowe PLC przeznaczone zarówno do prostych, jak i zaawansowanych aplikacji.

Urządzenia z serii SPF zaczynają się od modeli z łącznie 14 złączami I/O po 24, 32, 40 aż do urządzeń z sumą 60 wejść/wyjść. Modele o podwyższonej funkcjonalności są dostępne z wyjściami impulsowymi o możliwości pracy z częstotliwością 200 kHz. Dodatkowo dostępne są moduły rozszerzające, które zapewniają analogowe wejścia/wyjścia, obsługę termistorów, współpracę z ogniwami obciążnikowymi (16- i 24-bitowe) oraz większą liczbę portów szeregowych, w tym portów Ethernet.

Sterowniki mają imponującą wydajność przetwarzania kolejnych sekwencji, co wyróżnia je na tle konkurencyjnych produktów. Podstawowe instrukcje wykonywane są z prędkością 0,3  $\mu$ s, natomiast instrukcje przetwarzania danych – 0,87  $\mu$ s. Dodatkowym atutem jest pamięć poszczególnych modeli, widoczna w tabeli.

Model	Pojemność pamięci	
	Program	Dane
14p	8 K kroków	20 K słów
24p		
32p	20 K kroków	40 K słów
40p		
60p		

Narzędzie do programowania sterowników SX-Programmer dostępne jest w dwóch wersjach: Expert i Standard. Wersje różnią się ilością obsługiwanych języków programowania. Podczas gdy podstawowa wersja udostępnia głównie możliwości języka drabinkowego, wersja Expert jest w pełni kompatybilna



ze standardem IEC 61131-3 (obsługa wszystkich języków programowania PLC). Produkty PLC Fuji Electric są kompatybilne z zewnętrznymi systemami SCADA.

Daniel Sybilski

[www.amtek.pl](http://www.amtek.pl)

reklama

## Systemy sterowania Fuji Electric

- panele operatorskie HMI
- sterowniki PLC
- przetwornice częstotliwości
- aparatura pomiarowa
- programowanie i integracja

[www.amtek.pl](http://www.amtek.pl) / [amtek@amtek.pl](mailto:amtek@amtek.pl)  
tel. 22 866 41 40 / fax 22 866 41 41

# Nowe rozwiązanie siłowników hydraulicznych znaczącym elementem rozwoju układów roboczych maszyn

Coraz wyraźniej zarysowującym się kierunkiem rozwoju układów hydraulicznych maszyn jest opracowywanie nowych koncepcji architektury układów. Nowo proponowane struktury układów charakteryzują się lepszymi parametrami eksploatacyjnymi, takimi jak sprawność układu, możliwość uzyskania ruchów roboczych o większej dokładności, wydłużenie czasu eksploatacji, bezpieczeństwa użytkownika itp. Wyniki prowadzonych prac badawczo-rozwojowych w tym obszarze wskazują na zasadność wprowadzania do użytku nowych elementów układów hydraulicznych, będących częściami składowymi nowoczesnych rozwiązań w obszarze kompletnych układów hydraulicznych. W niniejszym artykule zostanie przedstawiony wynik prac badawczych w postaci nowego rozwiązania siłownika hydraulicznego o polepszonych parametrach eksploatacyjnych, który właśnie jest wprowadzany na rynek.

Podstawą podjęcia prac rozwojowych były wyniki przeprowadzonych analiz występujących problemów eksploatacyjnych oraz przyczyn awarii układów hydraulicznych maszyn roboczych. Wykazano w nich, iż znaczna część zarejestrowanych awarii układów hydraulicznych oraz nieprawidłowości w ich funkcjonowaniu wynika z faktu braku pełnej wymiany cieczy w siłownikach hydraulicznych w trakcie ich eksploatacji. W klasycznym rozwiązaniu siłowników funkcje przewodów zasilających zależą od kierunku przepływu cieczy do komór siłownika. W efekcie ta sama linia hydrauliczna zasila cieczą komorę siłownika, aby w momencie zmiany kierunku pracy pełnić rolę linii odprowadzającej ciecz z komory. W rezultacie pewna objętość cieczy pozostaje zawsze wewnątrz komór siłownika i przewodów zasilających i nie jest odprowadzana do zbiornika. Skutkiem powyższego zjawiska jest fakt, iż temperatura cieczy w komorach siłownika może znacznie odbiegać od temperatury cieczy w układzie, a zanieczyszczenia w niej się znajdujące nie są odprowadzane do układu filtrów, co może mieć znaczący wpływ na szybkość zużycia siłownika i skrócony czas jego eksploatacji.

Teoretyczne analizy wskazują, iż objętość cieczy odprowadzonej z komory siłownika, a następnie poza hydrauliczną linię zasilającą komorę, zależna jest od objętości linii zasilającej oraz objętości cieczy odprowadzonej z komory siłownika w trakcie ruchu tłoka. W klasycznym rozwiązaniu pewna ilość



Rys. 1. Schemat siłownika dwustronnego działania wraz z przykładem degradacji uszczelnień siłownika w efekcie oddziaływania wysokiej temperatury oraz zanieczyszczeń

cieczy nigdy nie zostaje odprowadzona do zbiornika, gdyż przemieszcza się tylko w obszarze komór siłownika i linii zasilających. W przypadku zastosowania długich i o stosunkowo dużej średnicy linii zasilających siłownik, połączonych z siłownikiem o stosunkowo małej średnicy tłoka, wykonującym pracę w niewielkim zakresie przemieszczeń, uzyskać można efekt całkowitego braku odprowadzenia cieczy tłoczony z komory siłownika poza obszar linii zasilającej. Ponadto parametry podatności oraz wytrzymałości linii zasilających komory siłownika mają wpływ na parametr sztywności układu siłownika, a co za tym idzie – na dokładność pozycjonowania układów roboczych oraz bezpieczeństwo użytkownika.

## Nowe rozwiązanie

Wyniki analizy przepływu cieczy oraz podatności w układzie siłownik – linie zasilające, które w wersji uproszczonej przedstawiono powyżej, wskazały jednoznacznie, że zasadne jest opracowanie rozwiązania umożliwiającego odprowadzenie cieczy na zewnątrz układu przy jednoczesnym ograniczeniu oddziaływania linii zasilającej na pracę samego siłownika. W oparciu



# HYDROMAR

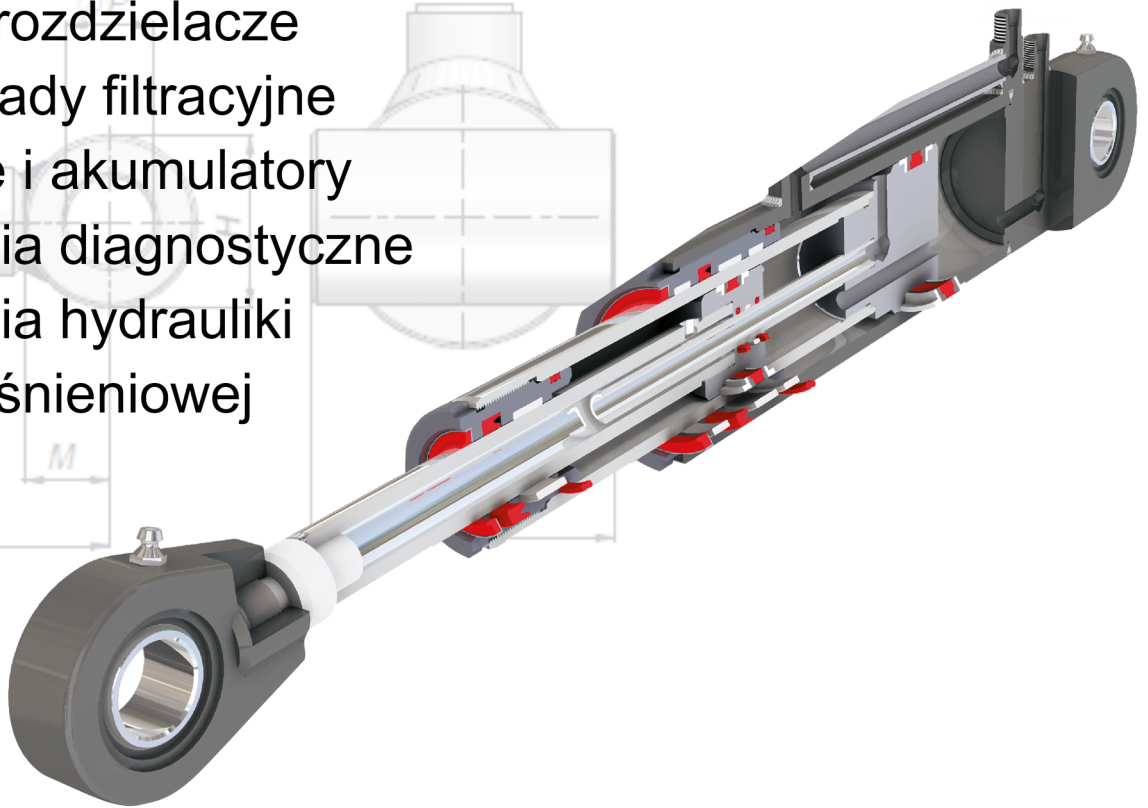
ZAKŁAD HYDRAULIKI SIŁOWEJ  
na rynku od 1991 roku

Posiadamy certyfikat  
ISO 9001:2015



## KOMPLEKSOWA OBSŁUGA W ZAKRESIE HYDRAULIKI SIŁOWEJ:

- produkcja siłowników hydraulicznych
- dystrybucja
- produkcja i projektowanie zasilaczy hydraulicznych
- pompy i silniki
- zawory i rozdzielacze
- filtry i wkłady filtracyjne
- chłodnice i akumulatory
- urządzenia diagnostyczne
- urządzenia hydrauliki wysokociśnieniowej

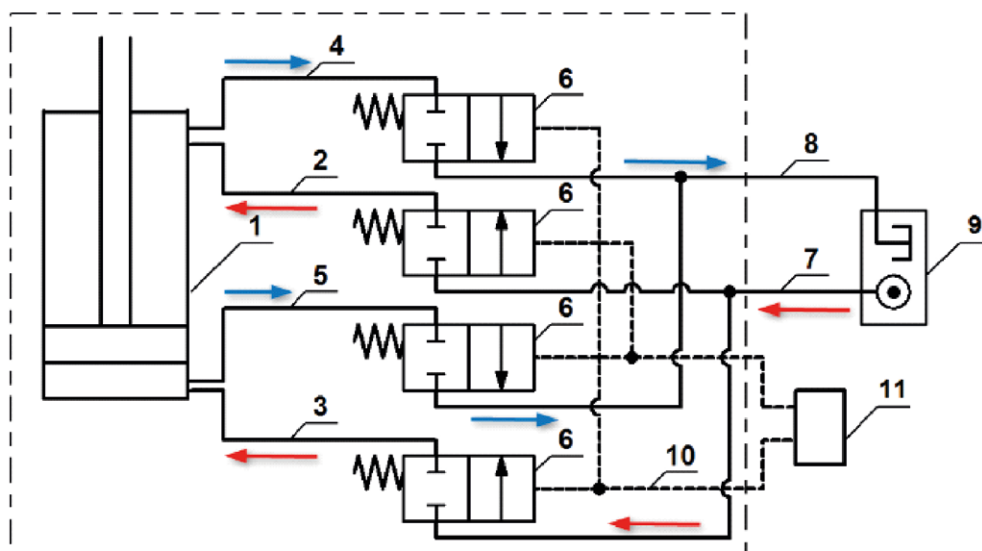


**BUCHER**  
hydraulics



### Zakład Hydrauliki Siłowej HYDROMAR

ul. Powstańców Wlkp. 57a, 64-500 Szamotuły  
tel.: +48 61 29 21 984, fax: +48 61 29 25 876, mail: [hydromar@hydromar.pl](mailto:hydromar@hydromar.pl)  
[www.hydromar.pl](http://www.hydromar.pl)



**Rys. 2.**  
Schemat ideowy nowego rozwiązania siłownika z układem umożliwiającym wymianę cieczy w komorach oraz rzeczywisty siłownik wykonany w nowym rozwiązaniu (opis w tekście)

o te założenia opracowano innowacyjny system umożliwiający wymianę cieczy w komorach, którego częścią jest specjalnie wykonany cylinder siłownika (rys. 2).

Siłownik hydrauliczny wraz z układem sterowania w przypadku przedstawionym na rys. 2 utworzony jest z cylindra (1), w którym umiejscowiony jest wyposażony w pierścieniową uszczelkę tłok złączony z tłoczyskiem współpracującym z uszczelnieniem dławnicy. Do każdej z dwóch komór roboczych siłownika doprowadzone są dwie linie hydrauliczne o zdefiniowanym i niezmiennym kierunku przepływu. Linie zasilające siłownika (2 i 3) w opisanym układzie mają jedynie możliwość dostarczania cieczy do komór, linie zlewne natomiast umożliwiają odpływ cieczy (4 i 5). Elementami sterującymi przepływem są zawory (6), sterowane zazwyczaj parami za pomocą sygnałów sterujących (10) doprowadzonych z układu sterowania (11). Konstrukcja układu została tak zaprojektowana, aby na wejściu mieć tylko dwie hydrauliczne linie, przy czym również one mają zdefiniowany i niezmienny kierunek przepływu cieczy, tj. jedna jest linią zasilającą (7), a druga linią zlewną (8), i są połączone z zasilaczem hydraulicznym (9). Według twórców rozwiązania korzystne jest wykonanie układu zaworów w bloku zamontowanym wprost na cylindrze hydraulicznym, dzięki czemu układ jest połączony z zasilaniem tylko dwiema liniami hydraulicznymi, analogicznie jak klasyczny siłownik dwustronnego działania.

### Zalety nowego rozwiązania

Przedstawione i wprowadzane na rynek przez firmę Zakład Hydrauliki Siłowej HYDROMAR nowe rozwiązanie siłownika hydraulicznego cechuje się szeregiem zalet. Przedstawiono je poniżej wraz ze skróconym opisem.

### Zwiększona zdolność do odprowadzania zanieczyszczeń i energii cieplnej z siłownika w trakcie eksploatacji

W efekcie zmiany siłownika z elementu nieprzepływowego na element praktycznie całkowicie przepływowy ciecz doprowadzana do komór siłownika jest zawsze dostarczana z układu zasilania, a ciecz odprowadzana z komór zawsze spływa do zbiornika. W rezultacie komory siłownika są przepłukiwane cieczą podawaną przez pompę, a ewentualne zanieczyszczenia oraz energia cieplna są odprowadzane wraz z cieczą na zewnątrz komór i dalej do zbiornika. Rozwiązanie umożliwia ponadto przeprowadzenie procesu przepłukania komór siłownika poprzez równoczesne otwarcie zaworu zasilającego i zlewnego jednej komory. Właściwość ta może być wykorzystywana w przypadku konieczności dokonania przepłukania układu po montażu lub po wykonaniu prac serwisowych, kiedy to istnieje możliwość jego zanieczyszczenia. Ponadto możliwość przepłukiwania komór strumieniem może być użyteczna w przypadku maszyn eksploatowanych w niskich lub wysokich temperaturach otoczenia, gdy występuje konieczność rozgrzania lub



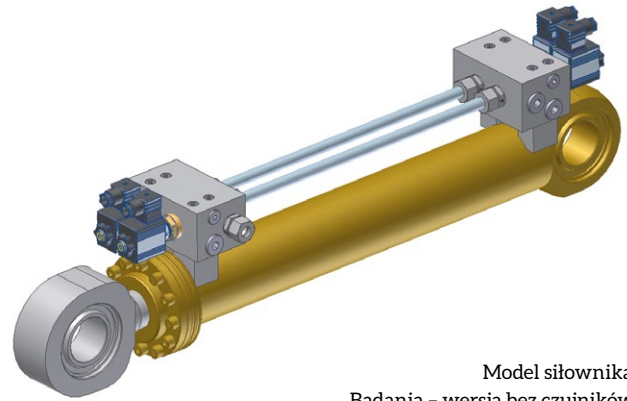
schłodzenia układu do temperatury pracy przed jego uruchomieniem. Wyniki testów termicznych wykonanych na rzeczywistym obiekcie potwierdzają fakt, iż w siłowniku w nowym wykonaniu w trakcie eksploatacji następuje stabilizacja temperatury cieczy na poziomie temperatury cieczy w układzie.

### Zwiększone bezpieczeństwo użytkowania

Konstrukcja siłownika zapewniająca zamianę energii cieczy na energię mechaniczną umożliwia również działanie odwrotne. Oznacza to, że siłownik hydrauliczny poddany obciążeniu zewnętrznej siły, podłączony do układu umożliwiającego przepływ cieczy z komór siłownika, będzie wykonywał ruch roboczy bez udziału źródła zasilania hydraulicznego. Zjawisko to jest często wykorzystywane w celach zmniejszenia konsumpcji energii w trakcie opuszczania elementów. W trakcie wykonywania ruchu zmniejszana jest wielkość energii potencjalnej układu, którą wykorzystuje się do wywołania przepływu cieczy, czyli w końcowym efekcie do wykonania ruchu siłownika lub układu siłowników. Opisany sposób działania, jak najbardziej korzystny z punktu widzenia energetycznego, w przypadku rozszczelnienia linii hydraulicznych zasilających siłownik lub układ siłowników skutkuje niekontrolowanym opadnięciem układu roboczego, co stworzyć może sytuację potencjalnie niebezpieczną. W praktyce, jeśli sposób użytkowania maszyny na to pozwala, przebywanie ludzi pod układami roboczymi podpartymi jedynie siłownikami jest zabronione. Jednakże, jeśli nie da się uniknąć sytuacji, gdy pracownicy lub obsługa maszyny muszą znajdować się w bezpośredniej bliskości układu roboczego, w celu zabezpieczenia przed opadnięciem stosuje się układ zaworów zwrotnych sterowanych uniemożliwiający opuszczenie układu roboczego bez zapewnienia zasilania od strony pompy hydraulicznej lub podpory stałe. Jednakże wyżej wymienione rozwiązania i unormowania nie eliminują całkowicie występowania sytuacji niebezpiecznych. Umieszczenie zaworów sterujących wprost na siłowniku, jak to ma miejsce w opisywanym rozwiązaniu, eliminuje niebezpieczeństwo samoistnego opadnięcia układu roboczego maszyny w efekcie rozszczelnienia linii zasilającej siłownik.

### Zalety nowego rozwiązania w aspekcie podatności siłownika

Aspekt podatności układu siłownika wraz z hydrauliczną linią zasilającą jest szeroko opisany w literaturze. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w napędach wyciągów układów roboczych, od których wymagane jest osiągnięcie znacznej dokładności oraz niezmienności w czasie położenia organu roboczego (np. wiertnice, żurawie itp.) oraz w przegubowych układach skrętu maszyn roboczych. W większości stosowanych aplikacji siłowniki są na stałe połączone z hydraulicznymi liniami zasilającymi, tworząc układ, na którego sztywność wpływa znacząco podatność przewodów hydraulicznych. Ten stan rzeczy w połączeniu z faktem zależności wielkości ciśnienia od obciążenia zewnętrznego jednoznacznie wskazuje, że podatność układu rośnie wraz z długością linii zasilających. Jest to szczególnie istotne w aplikacjach, gdzie długości podatnych przewodów zasilających są znaczne, a obciążenie siłownika cechuje się dużą zmiennością. Przedstawione rozwiązanie w praktyce redukuje



Model siłownika.  
Badania - wersja bez czujników

oddziaływanie zasilającej linii długiej, dzięki czemu podatność siłowników znacząco maleje, a wykonywane ruchy robocze cechuje większa dokładność pozycjonowania.

### Podsumowanie

Nowe rozwiązanie siłownika, powstałe na bazie doświadczeń eksploatacyjnych oraz prac badawczo-rozwojowych prowadzonych na Politechnice Wrocławskiej, zostało rozwinięte i wprowadzone na rynek przez firmę Zakład Hydrauliki Siłowej HYDROMAR. Proces przekazywania oraz wdrażania rozwiązania koordynowany jest przez Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej. Połączenie wiedzy naukowej z wiedzą będącą w dyspozycji znanego producenta siłowników, których znacząca część jest eksploatowana w maszynach pracujących w trudnych warunkach środowiskowych (wysoka temperatura otoczenia, agresywna atmosfera itp.) w polskim, europejskim i światowym przemyśle, pozwoliło opracować i zaoferować produkt spełniający najwyższe standardy techniczne i nieposiadający obecnie konkurencji w tej klasie rozwiązań technicznych. Przedstawione rozwiązanie posiada zalety, których wykorzystanie może znacząco podnieść parametry techniczne oraz bezpieczeństwo użytkowania układów hydraulicznych wykorzystywanych w przemyśle, ze szczególnym uwzględnieniem branży górniczej, hutniczej, transportu i przeladunku, w rolnictwie oraz w aplikacjach militarnych. Podkreślić należy, iż wspólnie prowadzone projekty badawczo-rozwojowe nowego rozwiązania siłowników umożliwiły identyfikację wcześniej nieopisywanych w literaturze fachowej zjawisk, a ich wyniki będą sukcesywnie publikowane na łamach polskich i światowych czasopism naukowych. ■

**HYDROMAR**  
ZAKŁAD HYDRAULIKI SIŁOWEJ

**HYDROMAR ZHS**  
ul. Powstańców Wlkp. 57 A  
64-500 Szamotuły  
tel. 61 292 19 84  
fax 61 292 58 76  
www.hydromar.pl

# Jak dobrać przewody do instalacji fotowoltaicznej?

Budując własną instalację fotowoltaiczną, czy to małą – przydomową – czy też pokazną farmę o mocy setek kilowatów, stajemy przed koniecznością połączenia ze sobą wszystkich elementów takiego systemu. I choć mogłoby się wydawać, że nie ma nic prostszego niż zestawienie ze sobą szeregu ogniw, okazuje się, że warunki panujące w elektrowniach słonecznych wcale nie są tak przyjazne. Wręcz przeciwnie, stawiają przed instalatorem wiele wyzwań. Warto o nich wiedzieć, by nie popełnić błędów, które z czasem mogłyby doprowadzić do poważnych konsekwencji.

Niezależnie od liczby ogniw w elektrowni fotowoltaicznej trzeba je połączyć ze sobą oraz z osprzętem przetwarzającym energię do użytecznej postaci, a następnie magazynującym ją. Połączenia wykonuje się za pomocą elastycznych przewodów, w przeważającej mierze jednożyłowych, jednak nie każdy przewód dobrze się sprawdzi w takiej roli.

## Trudne warunki środowiskowe

Z zewnątrz instalacja fotowoltaiczna robi wrażenie bardzo przyjaznego środowiska, wolnego od wstrząsów, drgań i innych problemów. Jest to jednak obraz mylny. Elektrownie słoneczne są narażone na wszelkie warunki środowiskowe panujące na zewnątrz budynków, na otwartym powietrzu, a przez to muszą być na nie przygotowane. Wystawione na działanie promieni słonecznych kable i złącza nagrzewają się do ekstremalnych temperatur – znacznie wyższych niż temperatura powietrza w otoczeniu. Muszą też przetrwać zimą, a więc być odporne także na silny mróz. To nie wszystko, bo światło słoneczne powoduje degradację materiałów nie tylko poprzez ich nagrzewanie, ale również za sprawą promieniowania UV. Oprócz wpływu słońca, znaczenie ma też skład

atmosfery, w tym wchodzący w reakcje ozon, wilgoć oraz różne chemikalia, jakie mogą dostać się w okolice niczym nieosłoniętych przewodów. W końcu do tragedii może doprowadzić sprawa tak niepozorna jak wiatr, który wprawiając kable w ruch, przez długi czas może powodować ich ocieranie się o coś, a to może poskutkować przetarciem.

W niektórych lokalizacjach mogą pojawić się dodatkowe zagrożenia. Jednym z niedocenianych jest obecność gryzoni, które występują głównie na terenach rolniczych. Zwierzęta te mają tendencję do nadgryzania przewodów, powodując odstonięcie żył, a nawet zupełne przerwanie kontaktu. Wszystkie te czynniki trzeba wziąć pod uwagę podczas doboru przewodów do budowanej instalacji.

## Poważne konsekwencje

Wbrew pozorom uszkodzenie instalacji fotowoltaicznej nie skutkuje jedynie „brakiem prądu w gniazdku”. Często zresztą, jeśli sieć nie jest silnie obciążona, a panele połączone ze sobą równolegle, przerwanie przewodu może nawet nie spowodować całkowitego zatrzymania produkcji energii. Oczywiście, taki uszkodzony przewód trzeba jak najszybciej wymienić, by przywrócić pełną sprawność instalacji, ale znacznie

większym problemem jest ryzyko wystąpienia łuków elektrycznych. Duże napięcia i energie, z jakimi pracują nawet małe elektrownie fotowoltaiczne, są w stanie wzbudzić iskrzenie lub wygenerować łuki, które doprowadzą do zapłonu i w konsekwencji – zazwyczaj do pożaru. A biorąc pod uwagę typowe lokalizacje, w jakich umieszcza się panele słoneczne, ogień trawi nie tylko samą kosztowną instalację, lecz także budynki – czy to pobliskie, czy te, które mają na dachach zamontowane ogniwa.

## Dobre kable

Czy w obliczu tych wszystkich zagrożeń i ich potencjalnych konsekwencji warto w ogóle budować elektrownie fotowoltaiczne? Oczywiście, gdyż na rynku dostępne są specjalne przewody i złącza, które pozwalają poradzić sobie z opisanymi problemami. Dzięki odpowiednim certyfikatom, gwarancjom i spełnieniu norm dają pewność, że zamontowana instalacja będzie w pełni bezpieczna i sprawna przez wiele lat.

Przykładem takich przewodów, opracowanych specjalnie pod kątem instalacji fotowoltaicznych i eliminacji powiązanych z nimi zagrożeń, są kable z rodziny Solarflex-X serii H1Z2Z2-K1500 niemieckiej firmy Helukabel. Są



## ROZWIĄZANIA KABLOWE SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH



SOLARFLEX®-X H1Z2Z2-K NTS, wersja z ochroną przeciw gryzoniom

nie tylko wytrzymałe i elastyczne, lecz także odporne na promieniowanie UV (zgodnie z normą EN 50618) i ozon. Można je układać, zachowując promień gięcia nie mniejszy niż pięciokrotność średnicy kabla. Na stałe mogą pracować w temperaturze od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+90^{\circ}\text{C}$ , przy czym temperatura samej żyły może wynosić do  $120^{\circ}\text{C}$ . Gdyby doszło do iskrzenia, nie ulegną zapłonowi – są płomienioodporne, co potwierdza norma IEC 60332-1-2. Spełniają też normę IEC 61034, co oznacza, że w trakcie ewentualnego pożaru nie wydzielają wiele dymu, ułatwiając tym samym akcję gaśniczą. Oczywiście są wykonane w technologii bezhalogenowej (zgodnie z normami EN 50267 i IEC 60754) i mają aprobatę TÜV Rheinland 2 PFG 1990/05.12 o numerze R60115689. Z powodzeniem można je stosować na terenie całej Unii Europejskiej i poza nią.

### Wybór kabli

Dokonując wyboru kabla do połączenia ze sobą paneli fotowoltaicznych, powinniśmy określić przede wszystkim jego oczekiwaną grubość. Kable Solarflex-X serii H1Z2Z2-K1500 to miedziane przewody jednożyłowe (pobielane wg DIN VDE 0295 cl.5), dostępne z przekrojem żyły od  $2,5\text{ mm}^2$  do  $10\text{ mm}^2$ . Dopuszczalne napięcie nominalne na przewodach to  $1,0\text{ kV AC}$  lub  $1,5\text{ kV DC}$ . Izolacja złożona z dwóch niezależnych od siebie warstw jest wykonana z usieciowanego tworzywa sztucznego, a powłoka może mieć kolor czarny, niebieski lub czerwony, w zależności od wybranej wersji. Ponadto można nabyć odmianę wyposażoną w dodatkowy opłot, zabezpieczający przed gryzoniami. Na omawiane przewody producent udziela 25-letniej gwarancji.

### Pozostałe akcesoria

Do kabli należy dobrać także odpowiednie złącza, które zapewnią szczelność i trwałość połączeń. Dobrze sięgają

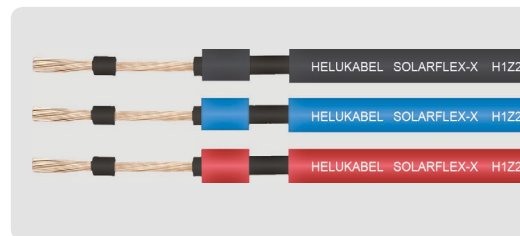
po produkty tej samej marki co wybrane przewody, by mieć pewność, że są one ze sobą kompatybilne.



Helukabel dostarcza nie tylko adekwatne złącza, lecz także inne przewody użyteczne w instalacjach fotowoltaicznych. Można za ich pomocą podłączyć akumulatory gromadzące wyprodukowaną energię, rozprowadzić instalację elektryczną w budynku lub podłączyć się do sieci energetycznej. Kable marki Helukabel są chętnie wybierane przez firmy z branży fotowoltaicznej nie tylko z uwagi na wysoką trwałość, dobre parametry potwierdzone licznymi certyfikatami i aprobatami oraz wieloletnie doświadczenie producenta, lecz także ze względu na bardzo korzystny stosunek jakości do ceny. ■

### SOLARFLEX®

X H1Z2Z2-K1500 V DC, EN 50618



- ✓ Odporne na promieniowanie UV według EN 50618
- ✓ Posiadają aprobatę TÜV Rheinland 2 PFG 1990/05.12
- ✓ Dostępne od ręki w magazynie w Polsce

### OFERTĘ UZUPEŁNIAJĄ:

- + KABLE ŁĄCZENIOWE – od inwentera do sieci
- + NARZĘDZIA MONTAŻOWE DO OBRÓBKI KABLI – do cięcia i odizolowania kabli i przewodów
- + KABLE DO TRANSMISJI DANYCH – bezproblemowe monitorowanie systemu fotowoltaicznego

### HELUKAT®

600AE S/FTP FRNC/PE  
– do układania w ziemi



**HELUKABEL®**

HELUKABEL Polska Sp. z o.o.

Krze Duże 2

96-325 Radziejowice

tel. 46 858 01 00

fax 46 858 01 17

e-mail: [biuro@helukabel.pl](mailto:biuro@helukabel.pl)

e-mail: [marketing@helukabel.pl](mailto:marketing@helukabel.pl)

[www.helukabel.pl](http://www.helukabel.pl)



**SPRAWDŹ KOD QR  
LUB ODWIEDŹ  
NASZĄ STRONĘ:**  
[www.sklephelukabel.pl](http://www.sklephelukabel.pl)



Mico Pro

# Idealny system monitorowania prądu

Mico Pro to innowacyjny system monitorowania prądu stałego o napięciu 24 V od Murrelektronik. Modułowa budowa systemu umożliwia konfigurację idealnie dopasowaną do danego zastosowania – co przekłada się na dodatkowe korzyści w postaci oszczędności miejsca w szafie sterowniczej. Opatentowany mechanizm wyłączania zapewnia maksymalną dostępność maszyny. Dodatkową zaletą jest koncepcja zintegrowanego rozkładu potencjału. To znacznie ogranicza okablowanie szafy sterowniczej.

Instalacje elektryczne są kluczowymi elementami maszyn i systemów, dostarczającymi energię wymaganą do ich pracy. Przeciążenia i zwarcia mogą wywoływać usterki systemów zasilania, powodując przestój maszyny, zatrzymanie produkcji i generując związane z tym koszty. Aby zapewnić maksymalną niezawodność instalacji zasilających, problemy te trzeba eliminować. System Murrelektronik, obejmujący wysokiej jakości zasilacze oraz urządzenia do monitorowania prądu MICO Pro, to optymalne rozwiązanie, zapewniające wysoką dostępność wyposażenia.

Od wprowadzenia na rynek w 2006 roku innowacyjny system monitorowania prądu MICO znalazł zastosowanie w wielu maszynach i zakładach. W odróżnieniu od wykorzystywanych wcześniej miniaturowych wyłączników, urządzenia MICO działają niezawodnie nawet przy okablowaniu o znacznej długości i małych przekrojach, powszechnie stosowanych w obwodach 24 V DC. Zapewnia to długotrwałą, stabilną i pewną ochronę instalacji prądu stałego o napięciu 24 V.

Wszystkie kanały instalacji są indywidualnie monitorowane pod kątem obciążenia za pomocą naszego opatentowanego mechanizmu wyłączania. Zgodnie z przyjętą przez nas zasadą wykrywania błędów na wczesnym etapie, wadliwe kanały są wyłączane indywidualnie. Źródła usterek, przykładowo przeciążenia spowodowane zużyciem odbiornika lub zwarcie, mogą być szybko i precyzyjnie zlokalizowane za pomocą funkcji diagnostycznych. Po usunięciu błędu dany kanał zostaje przywrócony do eksploatacji. Kanały nie są oczywiście wyłączane w przypadku celowych i krótkotrwałych przeciążeń, na

przykład podczas uruchamiania odbiorników pojemnościowych. MICO umożliwia stosowanie szybkich i skutecznych rozwiązań diagnostycznych – eliminujących długie przestoje i kluczowych dla niezawodnego przebiegu procesów produkcyjnych.

## Rozwiązania doskonale dopasowane do zastosowań

Aby sprostać rosnącym wymaganiom w zakresie modułowości i miniaturyzacji w automatyce, Murrelektronik nadal rozwija koncepcję urządzeń MICO. MICO Pro to modułowe rozwiązanie: systemy zabezpieczeń można projektować tak, aby były idealnie dostosowane do potrzeb użytkowników w danym zastosowaniu. Stacja dysponuje dokładnie taką ilością kanałów, jaka jest wymagana w określonym przypadku. Szeroki katalog rozwiązań obejmuje wersje jedno-, dwu-, i czterokanałowe, które są już wstępnie skonfigurowane lub mogą być w sposób elastyczny dopasowane do wymagań klienta. Wprowadzanie ewentualnych rozszerzeń w przyszłości nie stanowi problemu. W razie konieczności zabezpieczenia kolejnych kanałów wystarczy wpiąć dodatkowy moduł.

Aby zapewnić niezawodność stacji zabezpieczających MICO Pro, Murrelektronik dba o najwyższą jakość na każdym etapie produkcji. Już od etapu projektowania korzystamy z najlepszych komponentów, gwarantujących wyjątkową wydajność i brak naprężeń termicznych w trakcie eksploatacji. Przekłada się to na wysoki poziom niezawodności – średni czas między awariami to ponad 2,4 miliona godzin. Nasze badania – przykładowo dla ponad 1000 zwarć – potwierdzają trwałość komponentów nawet w najcięższych warunkach.



To gwarancja wyjątkowej trwałości i regularnej dostępności systemu.

## Więcej miejsca w szafie sterowniczej

Stację MICO Pro można skonfigurować z dokładną liczbą modułów wymaganą dla danego zastosowania, co pozwala ograniczyć ilość zajmowanego miejsca w szafce sterowniczej. W opcji możliwa jest integracja z zasilaczami zaprojektowanymi dla systemu MICO Pro. Zastępują one moduł zasilający i oferują te same funkcje diagnostyczne: zbiorcze komunikaty alarmowe, 90-procentowe wczesne ostrzeżenia, sygnał zdalnego sterowania. Energooszczędne zasilacze dostarczają prąd o natężeniu do 20 A, pracując w układzie równoległym, i są podłączane w sposób intuicyjny za pomocą zworek.

Kolejną cechą systemu MICO Pro, która również pozwala zaoszczędzić miejsce w szafce sterowniczej, są bloki potencjałów. W ten sposób eliminuje się rozkład beznapięciowy oraz wymagane w takim przypadku listwy zaciskowe, zwalniając znaczną ilość miejsca w szafie sterowniczej. Odbiorniki są podłączone bezpośrednio do każdego kanału i mogą być łatwo oznaczone.

To upraszcza instalację wewnątrz szafy sterowniczej i ogranicza okablowanie. Rezultat: niższe koszty ogólne.

### Przyszłościowe zastosowania

W przypadku korzystania z dwu lub więcej szaf sterowniczych obsługujących maszynę lub system MICO Pro eliminuje konieczność podłączania dwóch źródeł zasilania. Przy zastosowaniu modułów wysokoprądowych (>10 A) zasilanie można selektywnie przekazywać z głównej szafy rozdzielczej na dalsze tablice rozdzielcze. Dzięki tej selektywności wyłączany jest tylko kanał, na którym nastąpiło zwarcie lub przeciążenie.

W systemach automatyki coraz częściej wykorzystywane są energochłonne urządzenia. MICO Pro także w ich przypadku zapewnia skuteczną ochronę. Kable zasilające M12 (kodowanie L) nadają się idealnie do łączenia urządzeń o stopniu ochrony IP67 z maszynami, ponieważ są przeznaczone do obciążeń do 16 A i stanowią standard określony przez organizację PI (PROFIBUS & PROFINET International).

Murrelektronik oferuje wygodny konfigurator online na stronie <https://micopro.murrelektronik.com>, ułatwiający elektrykom montaż systemów modułowych. Wystarczy tylko kilka kliknięć, aby skonfigurować system odpowiadający wszelkim wymaganiom w zakresie od doboru modułu zasilania po urządzenia Flex i Fix. Konfigurator dostarcza zarówno wizualizację 3D jednostki MICO Pro, jak i informacje dotyczące m.in. ilości potrzebnego miejsca, całkowitego natężenia prądu warunkującego dobór modułu zasilającego, a ponadto wykonuje badanie wiarygodności pozwalające wyeliminować błędy w planowaniu na wczesnym etapie projektowania.

### Zainwestuj w idealnie skoordynowany system

MICO Pro jest kluczowym komponentem przyszłościowych systemów zasilania. Murrelektronik dysponuje ofertą pozwalającą tworzyć ujednolicone rozwiązania. Obejmuje ona filtry sieciowe, zasilacze, moduły buforowe oraz MICO Pro, skutecznie monitorujące obwody robocze.

Więcej informacji na ten temat można znaleźć pod adresem:  
[www.murrelektronik.com/highlights/multi-norm-power-supplies](http://www.murrelektronik.com/highlights/multi-norm-power-supplies)

### O firmie Murrelektronik

Murrelektronik to światowy lider w dziedzinie projektowania, produkcji i dystrybucji rozwiązań w branży automatyki. Firma oferuje cztery podstawowe linie produktów: zasilacze i sterowniki, interfejsy, kable/złącza i systemy wejścia/wyjścia.

Wysoka jakość, innowacyjność i orientacja na wymogi rynku to cechy, które nas wyróżniają. Otwarte podejście do klienta pozwala nam tworzyć rozwiązania dostosowane do potrzeb, zapewniające większą wydajność i niezawodność systemów. ■



Murrelektronik Sp. z o.o.  
al. Roździeńskiego 188 h  
40-203 Katowice  
tel. 32 730 00 20  
fax 32 730 00 23  
e-mail: [info@murrelektronik.pl](mailto:info@murrelektronik.pl)  
[www.murrelektronik.pl](http://www.murrelektronik.pl)  
[shop.murrelektronik.pl](http://shop.murrelektronik.pl)

Łatwo,  
wydajnie,  
elastycznie



## Technologia sieciowa

Murrelektronik

Szeroki wybór  
wysokiej jakości  
elementów.

Ułatwienie połączenia maszyn i systemów  
dzięki switchom i konektorom Murrelektronik.

- Switche IP20
- Switche IP67
- Konektory

Skalowalność, otwartość i duża moc obliczeniowa – sterowniki firmy Lenze wyznaczają nowe standardy

# IT w połączeniu z OT: nowa generacja sterowników firmy Lenze spełnia rosnące wymagania Przemysłu 4.0

Bardziej elastyczne, inteligentne maszyny oznaczają większą złożoność, a tym samym większe wymagania dotyczące wydajności sterowników. Lenze podąża za tym trendem dzięki nowym sterownikom do szaf sterowniczych. Nowa generacja sterowników rozszerza granice tego, co jest technicznie możliwe.

Lenze wprowadziło wyższą klasę wydajności dla sterowników wraz z nową serią c500. Jako uzupełnienie obecnych modeli c300 i 3200 C, wypróbowane technologie sterowania ruchem firmy Lenze mogą być teraz stosowane również w niezwykle złożonych projektach. W ten sposób konkurują one z rozwiązaniami, dla których do tej pory wymagane były komputery przemysłowe.

Cel, do którego dążymy, jest wysoki: producenci OEM nie powinni się już martwić o to, czy sterownik jest w stanie zapewnić wystarczającą moc obliczeniową do realizacji złożonych zadań. Seria c500 oferuje mnóstwo tej mocy.

## Procesor wyższej klasy to podstawa

Sercem serii c500 jest najmocniejszy obecnie dostępny procesor Intel o bardzo zwartej budowie. Procesory te na

nowo definiują górne granice wydajności sterowników. Oznacza to, że nowa seria kontrolerów może z łatwością dotrzymać kroku szybko rosnącym wymaganiom stawianym przez Przemysł 4.0 w zakresie ogólnych zadań sterowników i aplikacji ruchu. Dla producentów OEM oznacza to wiele korzyści: na przykład, bardziej złożone projekty, dla których do tej pory nie było dostępnych wystarczająco wydajnych sterowników, nie muszą już koniecznie korzystać z komputera przemysłowego, co pociągało za sobą więcej pracy związanej z programowaniem i łącznością. Zamiast tego konstruktor maszyn może wykorzystać swoje *know-how* w znanym środowisku, a także skorzystać z inteligentnych standardowych modułów oprogramowania Lenze FAST Application Software Toolbox oraz nadal używać istniejących programów i modułów programowych zgodnie z normą IEC 61131-3.

Jednym z przykładów jest ewolucja maszyn drukarskich, które stawiają bardzo wysokie wymagania co do synchronizacji wielu osi, a także wymagają maksymalnej precyzji. Nie stanowi to problemu dla nowej generacji sterowników, które zawsze zapewniają wystarczającą wydajność, nawet dla istniejących aplikacji rozwijanych

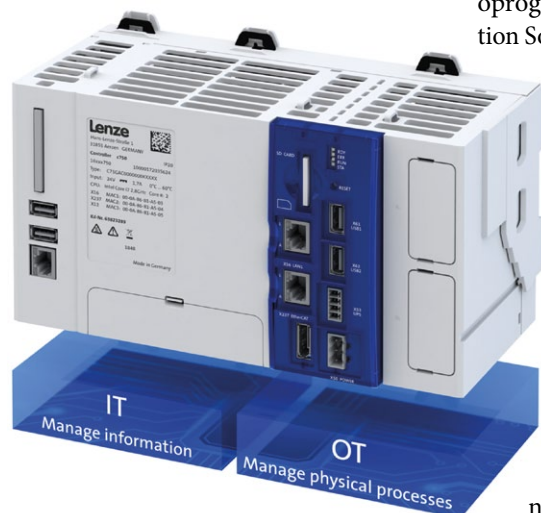


w ramach Przemysłu 4.0 i wymagających dodatkowej mocy obliczeniowej.

## PC i PLC razem

Model c750 zaciera granice pomiędzy sterownikami programowalnymi a komputerami przemysłowymi. Ten sterownik obejmuje aplikacje, w których obowiązkowe jest oprogramowanie Windows. Architektura OpenSystem, którą udostępnia Lenze w tym modelu, dzieli moc obliczeniową pomiędzy dwa niezależne systemy operacyjne. W czasie rzeczywistym system Linux odpowiada za zadania kontrolne oraz sterowania, podczas gdy Windows 10 IoT Enterprise dostępny jest dla spersonalizowanych aplikacji użytkownika.

Każdy z tych systemów pracuje na tym samym procesorze, który jest dzielony na dwa wirtualne rdzenie i tym samym obydwa systemy mogą przetwarzać dwa niezależne zadania równolegle. Jednostka centralna zastosowana w tym sterowniku wykorzystuje technikę wirtualizacji zasobów na poziomie procesora,





co jest zintegrowane już w samym CPU. To pozwala na bezpośrednio przypisanie dostępnych w PLC zasobów, nie tylko rdzeni procesora, lecz również pamięci głównej oraz interfejsów.

Niektóre z najbardziej popularnych aplikacji systemu Windows obejmują oprogramowanie do baz danych, takie jak zarządzanie konfiguracją i ocenę danych, częściowo z wykorzystaniem AI oraz funkcji uczenia maszyny. Na systemie Windows opierają się procedury analizy obrazu dla czytników kodów kreskowych i skanerów 2D/3D lub aplikacji wizyjnych, nie zapominając o aplikacjach do uczenia robotów. Coraz bardziej istotna staje się również wymiana danych z chmurą. Sterownik szafowy c750 może wstępnie przetwarzać wszystkie dane i odpowiednio je przygotowywać w celu zapewnienia ich kompatybilności z bazą danych w chmurze.

### Spełniamy wymagania OT

Firma Lenze rozwija routery przemysłowe oraz opartą na chmurze platformę X4, dzięki czemu maszyny w inteligentnej fabryce mogą być zintegrowane z chmurą. Nasze kompletne rozwiązanie jest gotowe do natychmiastowego użycia i może być uruchomione bez konieczności posiadania specjalistycznej wiedzy. Pozwala ono na łatwe i bezpieczne nawiązanie połączenia z nową generacją sterowników firmy Lenze z dowolnego urządzenia z dostępem do internetu, umożliwiając śledzenie danych i stanu maszyny czy zdalną obsługę.

### Wnioski

Zapotrzebowanie użytkowników na modułowe maszyny i systemy o większej elastyczności zwykle oznacza w praktyce wyższe wymagania w zakresie oprogramowania. Znaczący to, że projekty często przekraczają granice możliwości sterowników. W odpowiedzi Lenze oferuje rozwiązanie dla tego typu koncepcji z użyciem sterownika c550, w którym zastosowano najmocniejszy dostępny dotychczas na rynku procesor przemysłowy. Natomiast niektóre aplikacje automatyki wymagają środowiska Windows, czemu wychodzi naprzeciw c750, oferujący alternatywę dla dodatkowego komputera PC poprzez połączenie jego funkcji ze sterownikiem w kompaktowej formie. Nowe sterowniki znacznie przekraczają granice wydajności programowalnych sterowników logicznych, a tym samym próg przejścia na technologię PC. W ten sposób firma Lenze umożliwia swoim partnerom dalsze wykorzystanie modułów i komponentów opartych na sterownikach PLC w bardziej złożonych projektach, a także redukcję wydatków i zapotrzebowania na miejsce w szafach sterowniczych. ■

# Lenze

Lenze Polska Sp. z o.o.  
ul. Roździeńskiego 188 B  
40-203 Katowice  
tel. 32 203 97 73  
fax 32 781 01 80  
e-mail: biuro.pl@lenze.com  
www.lenze.com

reklama

## Mocny na zewnątrz. Taki sam w środku.



## Najważniejsze cechy:

- zdecentralizowana wersja uznanej serii przemienników i500
- stopień ochrony obudowy IP66
- wyposażony w moduł komunikacyjny IO-Link
- wyjątkowo kompaktowe wymiary
- szeroka funkcjonalność
- przyjazny w programowaniu

www.Lenze.com

**Lenze**  
To takie proste.

# NORD: Monitoring stanu podstawą systemu konserwacji zapobiegawczej

System firmy NORD DRIVESYSTEMS cyklicznie bądź stale rejestruje dane napędu i jego stanu w celu optymalizacji bezpieczeństwa operacyjnego i wydajności maszyn oraz instalacji. W oparciu o te informacje można opracować system konserwacji zapobiegawczej. Szybka, wydajna i wszechstronna ocena danych analogowych i cyfrowych (pomiarów, sygnałów i parametrów operacyjnych) przez inteligentny sterownik PLC zintegrowany z elektroniką napędową stanowi podstawę dla tego typu działań. Monitorowanie stanu dla potrzeb konserwacji zapobiegawczej: rozwiązanie NORD DRIVESYSTEMS, opierające się na danych pochodzących z napędów, znacząco poprawia bezpieczeństwo operacyjne oraz wydajność maszyn i instalacji – tutaj zilustrowane na przykładzie aplikacji logistycznej.

Zadaniem konserwacji predykcyjnej jest proaktywne utrzymywanie optymalnego stanu maszyn i instalacji oraz wykrywanie zmian na wczesnym etapie w celu ograniczenia przestoju i zwiększenia wydajności całej instalacji. Konserwacja zorientowana na badanie stanu zastępuje tradycyjną konserwację opartą o realizację prac utrzymaniowych w ustalonych przedziałach czasowych. Wykrywanie i unikanie niedopuszczalnych stanów operacyjnych na wczesnym etapie zapobiega nieplanowym przestojom i awariom. Konserwacja predykcyjna pozwala na planowanie przestoju maszyn i instalacji w oparciu o rzeczywiste dane procesowe i napędowe. Dla operatorów maszyn i instalacji korzystających z technologii napędowych NORD przekłada się to na zmniejszenie kosztów obsługi i materiałów, jak również na zwiększoną dostępność instalacji. Dalszymi zaletami są dłuższy okres eksploatacji maszyn i podzespołów oraz optymalna kosztowo i łatwa do zaplanowania konserwacja.

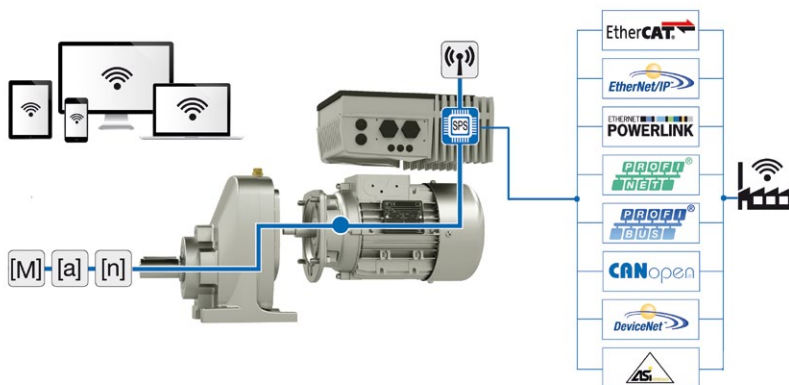
NORD DRIVESYSTEMS korzysta z podejścia opartego o dane napędowe, w którym inteligentne algorytmy i czujniki wirtualne przesyłają informacje z monitoringu stanu wyposażenia do systemu konserwacji zapobiegawczej. Przykładem jest bezczujnikowe określanie optymalnego czasu wymiany oleju w oparciu o badanie jego temperatury. W tym wypadku wykorzystuje się fakt,



że temperatura oleju jest kluczowym czynnikiem wskazującym na starzenie się oleju w przekładniach. Informacja ta, w połączeniu z dostępnymi parametrami roboczymi, umożliwia precyzyjne obliczenie czasu wymiany oleju – fizyczny czujnik temperatury nie jest wymagany. Wstępne przetworzenie danych napędowych z wykorzystaniem inteligentnych algorytmów odbywa się w zintegrowanym sterowniku PLC przetwornicy częstotliwości NORD, który jest wykorzystywany jako jednostka oceniająca.

Klient może uzyskać dostęp do obliczonych danych za pomocą wszystkich popularnych interfejsów.

Wyposażenie napędu może być opcjonalnie rozszerzane i dopasowane do odpowiednich zadań automatyki. Klienci mogą wybrać, które zadania (monitorowanie napędu, sterowanie napędem, kontrola procesu) mają być bezpośrednio realizowane przez elektronikę napędową. W przypadku mniejszych zadań/obszarów produkcyjnych ta skalowalność oferuje możliwość zdobycia pierwszych doświadczeń



Szybka, wydajna i wszechstronna ocena danych analogowych i cyfrowych (pomiarów, sygnałów i parametrów operacyjnych) przez inteligentny sterownik PLC w elektronice napędowej tworzy podstawę dla monitorowania stanu i konserwacji predykcyjnej. ■



przed reorganizacją instalacji. Dostępne są trzy poziomy konfiguracji. Na pierwszym poziomie sterownik PLC jednostki napędowej realizuje tylko monitoring napędu. Parametry napędu są wstępnie przetwarzane przez PLC i przesyłane do sytemu sterowania wyższego poziomu, który jest odpowiedzialny za kontrolę napędu i procesu. Na poziomie średnim

PLC integruje w sterowanie napędem oraz realizuje także funkcje powiązane z napędem. Na wyższym poziomie konfiguracji sterownik inwertera całkowicie zastępuje system sterowania wyższego poziomu. Poza komunikacją z jednostką sterującą lokalne zarządzanie danymi bez połączenia z internetem może opcjonalnie zastosować zebrane informacje

**NORD Napędy Sp. z o.o.**

Zakrzów 414

32-003 Podłęże

tel. 12 288 99 00

fax 12 288 99 11

e-mail: [biuro@nord.com](mailto:biuro@nord.com)

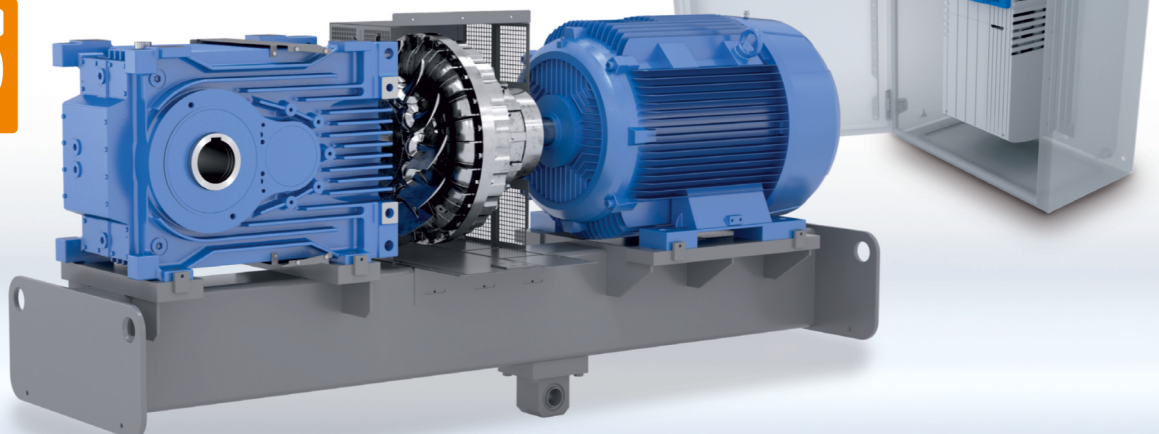
[www.nord.com](http://www.nord.com)

reklama

# DER ANTRIEB

**Niezawodny. Wszechstronny. Globalny.**

**NORD  
4.0  
READY!**



## REDUKTORY

- wzmocnione łożyska
- Cichobieżność

## SILNIKI

- Wysoka sprawność
- Ogólnoświatowe standardy

## ELEKTRONIKA NAPĘDOWA

- Kompaktowa budowa
- programowalne funkcje



NORD Napędy sp. z o.o. | tel.: +48 12 288 99 00 | [biuro@nord.com](mailto:biuro@nord.com)

[nord.com](http://nord.com)

# Innowacje, technologie, nauka, czyli Targi EXPOPOWER już w dniach 21-23.04.2020

EXPOPOWER to jedno z najważniejszych w Polsce wydarzeń targowych branży energetycznej o kilkuletniej tradycji. Gromadzi rokrocznie wielu wystawców, zarówno z Polski, jak i z zagranicy. Podczas tegorocznego EXPOPOWER, obok specjalistycznych ekspozycji, nie zabraknie wartości merytorycznej, o którą zadbają nasi partnerzy. Partnerem strategicznym Targów jest ENEA OPERATOR.

Co roku w EXPOPOWER uczestniczy rzesza przedsiębiorców z Polski i zagranicy. Kontakty biznesowe, nowe relacje, wymiana doświadczeń, inspiracja do rozwoju – to tylko niektóre z powodów, jakie podają uczestnicy poznańskich targów jako kluczowe, by pojawić się na kwietniowych Targach Energetyki. W ramach tego wyjątkowego wydarzenia gościmy firmy, które posiadają najnowocześniejsze maszyny i technologie, służące zwiększeniu niezawodności przesyłania energii elektrycznej oraz podniesieniu efektywności jej wytwarzania i użytkowania.

Na Expopower zapraszamy także podmioty chcące poznać innowacyjne rozwiązania i rynkowe trendy, wymienić doświadczenia, dowiedzieć się, przed jakimi wyzwaniem oraz możliwościami stoi branża. Są to głównie przedstawiciele zakładów energetycznych, biur projektowych, firm wykonawczych, hurtowni elektrotechnicznych oraz działów energetycznych firm i zakładów przemysłowych. Konstruktwna dyskusja i wymiana doświadczeń naukowców, przedstawicieli branżowych izb i stowarzyszeń oraz energetyki wpływa na coraz wyższy poziom merytoryczny wydarzenia. Jest to kluczowe szczególnie dlatego, że Targi odwiedzają profesjonalni zwiedzający, m.in.: energetycy, elektrycy, instalatorzy, technicy, projektanci, przedstawiciele samorządów.

Równolegle z Targami EXPOPOWER odbędą się Międzynarodowe Targi Energii Odnawialnej GREENPOWER, Poznań Drone Expo, INSTALACJE, SAWO, SECUREX. Targi



GREENPOWER gromadzą wszystkie branże odnawialnych źródeł energii. Podczas Targów odbywa się szereg specjalistycznych seminariów, spotkań branżowych, prezentacji nowości czy też konsultacji i porad na stoiskach eksperckich. To i wiele więcej już w kwietniu, na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich.

Zakres tematyczny: przesył i dystrybucja energii elektrycznej; układy nadzoru; kontrolno-pomiarowe i sterujące w sieciach elektroenergetycznych; aparatura, urządzenia i systemy zabezpieczeń stacji transformatorowo-rozdzielczych wysokich, średnich i niskich napięć; układy i instalacje przeciwprzepięciowe i odgromowe; urządzenia i technologie zasilania gwarantowanego; maszyny i urządzenia elektryczne; akcesoria układów automatyki, przewody i łączniki; sterowanie i kontrola; budownictwo energetyczne, elektroinstalacje i oświetlenie; maszyny i pojazdy specjalistyczne dla energetyki; tematyka e-mobility.

Udział w Targach dla profesjonalnych zwiedzających jest bezpłatny (rejestracja na wydarzenie i pobranie bezpłatnego biletu na [www.mtp24.pl](http://www.mtp24.pl)).



Więcej informacji znajduje się na stronie [www.expopower.pl](http://www.expopower.pl).

# Przejdźcie z SICAM 230 na zenon. Gotowa alternatywa na przyszłość

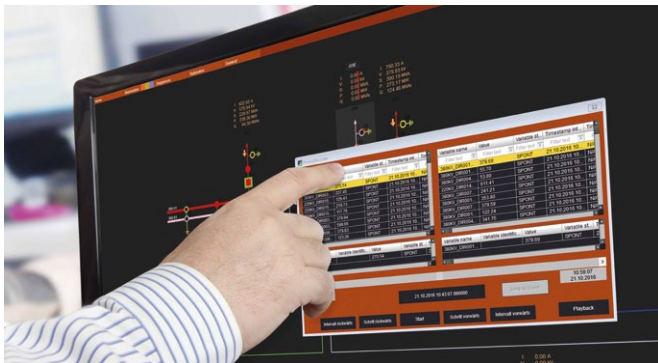
Oprogramowanie zenon od COPA-DATA to system, który jest rdzeniem SICAM® 230.  
Przejdźcie z SICAM® 230 na zenon zapewnia wiele korzyści finansowych i technologicznych.

## Po pierwsze - wydajny inżyniering

Oprogramowanie zenon to system, który jest rdzeniem SICAM® 230. Dzięki temu po przejściu z SICAM® 230 na zenon większość projektów jest dalej wykorzystywana i może być rozwijana przy minimalnej lub bez konieczności adaptacji. SICAM® 230 korzysta ze środowiska inżynierskiego zenon, więc inżynierowie pracujący w SICAM® 230 bez problemu wykorzystają swoją wiedzę przy zarządzaniu i tworzeniu nowych projektów w oprogramowaniu dostarczonym przez COPA-DATA.

## Minimalizacja ryzyka podczas zmiany na zenon

Przejdźcie z SICAM® 230 na zenon nie wiąże się z prawie żadnym ryzykiem technicznym, gdyż obydwa produkty wykorzystują tę samą bazę danych. Oprogramowanie zenon stanowi rdzeń SICAM® 230, w związku z czym nie ma ryzyka



finansowego: ponowna certyfikacja lub ponowne testowanie urządzeń nie są konieczne. Jest to ta sama technologia i użytkownik może być pewny, iż nie utraci danych zarchiwizowanych w SICAM® 230. Istniejące archiwa, listy zdarzeń lub historię alarmów można przenieść bez konwersji. Zapewnia to pełną transparentność i ciągłość historii danych od momentu zainstalowania oprogramowania SICAM® 230.

## Lepsza funkcjonalność projektów po przejściu na zenon

Oprogramowanie SICAM® 230 jest oparte na wersji zenon 7.20 lub 8.00. Bieżąca, dostępna na rynku wersja oprogramowania zenon to 8.10. Jest ona w pełni kompatybilna wstecznie z poprzednimi wersjami SICAM® 230. Dodatkową korzyścią jest to, że zenon 8.10 dostarcza nowoczesne funkcjonalności takie jak:

reklama

## Ułatw sobie życie

Korzystaj z Platformy Programowej zenon aby zautomatyzować procesy i zmienić zakład w Smart Factory

- ▶ Raportowanie i analiza dostępne od ręki
- ▶ Ergonomiczna wizualizacja i pełna kontrola
- ▶ Kompleksowe pozyskiwanie danych i zarządzanie
- ▶ Szybkie tworzenie i zarządzanie aplikacją





- **Process Recorder** pozwalający na rejestrację i późniejsze odtwarzanie procesów bezpośrednio na ekranie urządzenia.
- **Command Sequencer** służący do automatyzacji sekwencji poleceń. Moduł obejmuje edytor graficzny i funkcję uczenia

- się (tj. rejestrowanie operacji związanych z poleceniami w jednoliniowym schemacie obwodowym).
- **Integracja GIS** służąca do wizualizacji poziomów mocy i lokalizacji aktywów połączona z linkami do informacji technicznych.
- Najnowocześniejsze zabezpieczenia.
- Ponad 300 innych ulepszeń funkcjonalności i użyteczności.

Uwaga: SICAM® to zarejestrowany znak towarowy Siemens AG i/lub podmiotów powiązanych. ■



## Polacy opracowali rewolucyjne akumulatory. Przechowują o 50 proc. więcej energii i do 10 razy dłużej niż tradycyjne

**W** 2050 roku nawet połowa energii na świecie będzie pochodzić ze źródeł odnawialnych – przede wszystkim słońca i wiatru. Taki poziom będzie jednak trudno uzyskać bez postępu w technologii magazynowania energii. Akumulatory litowo-jonowe mają liczne ograniczenia, dlatego na świecie trwają prace nad stworzeniem wydajnych systemów magazynowania energii. Polacy opracowali kompozytowy akumulator kwasowy, który potrafi zakumulować o 50 proc. więcej energii, a czas jej przechowywania jest 10-krotnie dłuższy w stosunku do tradycyjnej metody.

– Magazynowanie energii jest rynkiem młodym, ale intensywnie się rozwijającym. Rośnie liczba małych wytwórców energii, przydomowych, jak również zapotrzebowanie na energię. Ładowarki do samochodów elektrycznych nie będą mogły zaopatrzyć aut bezpośrednio z elektrowni w krótkim czasie, potrzebują magazynów energii, które zakumulują ją wcześniej – podkreśla w rozmowie z agencją Newseria Innowacje Piotr Podsadni, współtwórca KLAB i przedstawiciel zespołu wynalazców Uniwersytetu Warszawskiego.

Analizy Bloomberg New Energy Finance wskazują, że już w 2050 roku nawet połowa światowej energii będzie pochodzić z energii słonecznej i wiatru. Bez postępu w technologii

magazynowania energii będzie to jednak trudne do osiągnięcia. Dlatego też na świecie naukowcy rozwijają kolejne sposoby magazynowania energii.

Austriacy opracowali metodę opartą na grawitacji, przy wykorzystaniu różnicy poziomów górskich wzniesień. Szwajcarski start-up wykorzystuje nadwyżkę energii elektrycznej zebranej w wietrzne dni do układania cegieł, a gdy spadają na ziemię – odzyskuje energię kinetyczną. Gravitricity z Edynburga opracował podobne rozwiązanie. Przechowuje energię grawitacyjną, a „zieloną” energię wykorzystuje do podniesienia ładunku o ciężarze ok. 3 tys. ton.

Polacy opracowali z kolei rewolucyjne akumulatory, które jeśli wejdą do użycia, przyspieszą rozwój rynku samochodów elektrycznych.

– W stosunku do istniejących już technologii jesteśmy w stanie zakumulować o 50 proc. więcej energii, jak również użyć mniej toksycznych materiałów typu ołów. Z kolei czas jej przechowywania jest wydłużony przynajmniej 10 razy w stosunku do konwencjonalnej metody – przekonuje Piotr Podsadni.

Akumulatory KLAB mogą być stosowane w szerokim zakresie temperatur w odróżnieniu od niektórych innych typów baterii, np. litowo-jonowych. Przy produkcji wymagają stosunkowo niskich nakładów, są zaś bezpieczne w użytkowa-

niu. Szacuje się, że koszt produkcji 1 kWh wynosi 130–140 zł, wyprodukowanie 12-woltowego akumulatora o pojemności 50 Ah będzie zaś kosztować ok. 80 zł. Z kolei magazyn KLAB o pojemności 14 kWh ma kosztować ok. 6 tys. zł.

– Naszym celem jest w pierwszej kolejności zastosowanie naszego produktu w magazynach energii przemysłowych czy nawet przydomowych. Każdy będzie mógł sobie postawić bank energii i z niego korzystać. Jesteśmy też ukierunkowani na wytwórców OZE, jak również tych, którzy handlują energią – wymienia ekspert.

Jak mówi współtwórca KLAB, aby zwiększyć produkcję, konieczne jest wsparcie inwestorów. Obecnie własnym nakładem naukowcy są w stanie wyprodukować niewielkie liczby akumulatorów.

– Jeżeli pozyskamy dofinansowanie lub partnera, jesteśmy w stanie wytworzyć działające magazyny energii, przetestować je, a następnie rozpocząć konstruowanie linii produkcyjnej. W Polsce mamy zarówno technologię, jak i specjalistów, wszystko będzie ułatwione. Koszt wytworzenia takiej linii to 5–10 mln zł, w przeciwieństwie do kosztu np. akumulatorów litowych, gdzie jest to liczone już w miliardach dolarów – ocenia Piotr Podsadni. ■

Źródło: <https://innowacje.newseria.pl/news/polacy-opracowali,p1359333230>

# Nowoczesna odsłona strony SANYU.EU

Marcin Szewczyk

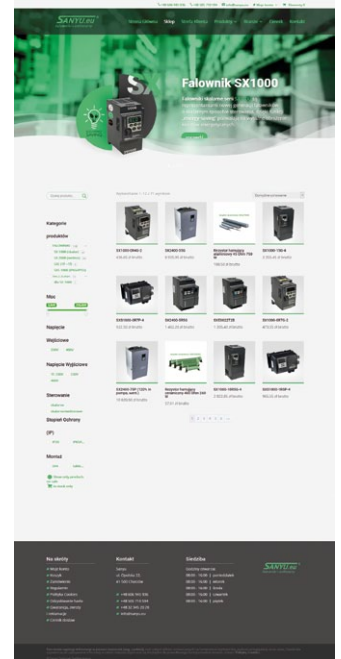
Z ogromną przyjemnością informujemy Państwa o nowej odsłonie naszej strony internetowej.

Nasza dotychczasowa strona miała już swoje lata i wcześniejsze rozwiązania, które były dostępne w starszej wersji, wymagały aktualizacji do standardów znanych z innych portali internetowych. W związku z powyższym została opracowana całkowicie nowa strona internetowa z nową szatą graficzną oraz bardziej intuicyjną nawigacją. Na naszym portalu postanowiliśmy poszerzyć spektrum informacji technicznych, zawęzić sposoby wyszukiwania oraz naprowadzić zainteresowanych na branżę i technologie, w których zastosować można nasze urządzenia. Najważniejszym celem aktualizacji strony SANYU.EU® ma być przejrzystość, świeżość i większa przystępność.

Z wieloletniego doświadczenia możemy wydedukować, jakie informacje mogą być najbardziej poszukiwane na naszej stronie, co było największą bolączką portalu i w jaki sposób „przeprowadzić” naszego Gościa do poszukiwanej tematyki.



Nadal kontynuujemy dobre i sprawdzone praktyki, jak np. umieszczanie realnych zdjęć naszych produktów (w tym grup prezentowanych na stronach produktowych w technologii 360°). Można nadal znaleźć na naszym portalu aktualne informacje poglądowe (karty katalogowe), jak i techniczne (instrukcje). Przymierzamy się również do publikacji na naszej stronie tzw. opracowań „szybkich startów” dla najpopularniejszych aplikacji, a w przyszłości chcielibyśmy tworzyć dla naszych Klientów krótkie filmiki, które pozwolą lepiej zrozumieć filozofię aplikacji z naszymi falownikami i softstartami.



Odświeżony sklep internetowy SANYU.EU® obecnie jest dostępny pod adresem [sanyu.eu/sklep-online/](http://sanyu.eu/sklep-online/). Naszym zdaniem jest bardziej przyjazny dla użytkownika. Witryna uzbrojona jest w wyszukiwarke produktów i filtrowanie. Narzędzia te pozwalają znacznie szybciej odnaleźć właściwe urządzenie.

reklama

kupuj  
on-line  
sanyu.eu/sklep

+48 32 345 20 20  
info@sanyu.eu  
www.sanyu.eu

W opisach produktów znajduje się więcej informacji dzięki czemu nie trzeba cofać się na witrynę główną w poszukiwaniu podstawowych danych technicznych.

Strona SANYU.EU® oraz sklep internetowy są przystosowane do wersji mobilnej, przez co obsługa na tabletach i smartfonach jest bardziej intuicyjna.


Chcielibyśmy serdecznie zaprosić do odwiedzenia naszej witryny, jak i do kontaktu telefonicznego czy osobistego.

Zachęcamy również do lajkowania i komentowania naszych postów.

Serdecznie zapraszamy Państwa na odbywające się w Warszawie w dniach 3–4 marca Międzynarodowe Targi Techniki Wentylacyjnej, Klimatyzacyjnej i Chłodniczej na stoisko nr 11.

### SANYU.EU®

Doradzamy, dobieramy najbardziej optymalne rozwiązanie, testujemy, pakujemy, wysyłamy i pomagamy przy pierwszym uruchomieniu... Serwisujemy gwarancyjnie i pogwarancyjnie.

 Marcin Szewczyk



## W 2020 roku magazyny dostępne „od zaraz”? Powierzchnia urośnie o co najmniej 10%, najwięcej na Mazowszu i Śląsku

Rok 2020 będzie przełomowy dla rynku magazynowego. Łącznie przybędzie ponad 1,8 mln m<sup>2</sup> powierzchni magazynowej, z czego najwięcej w regionie Śląska (478 tys. m<sup>2</sup>) i Mazowsza razem z Warszawą (482 tys. m<sup>2</sup>). Tym samym już w tym roku dostępna powierzchnia magazynowa osiągnie wielkość ponad 20 mln m<sup>2</sup>. Duża liczba magazynów w budowie zapewni najemcom większy niż obecnie wybór i dostępność „od zaraz”, co nie oznacza jednak, że rynek się nasyci – wynika z raportu CBRE „Market Outlook”.

W 2019 r. do użytku oddano 2,7 mln m<sup>2</sup> nowoczesnej powierzchni przemysłowej i logistycznej, co jest najwyższym poziomem w historii. Podaż na koniec roku ustabilizowała się na poziomie 18,4 mln m<sup>2</sup>. Największym projektem oddanym do użytku był Panattoni BTS Amazon Gliwice o łącznej wielkości 210 tys. m<sup>2</sup>. Całkowite roczne zapotrzebowanie na taką przestrzeń już od kilku lat utrzymuje się na poziomie ok. 4 mln m<sup>2</sup>, dlatego inwestorzy nieustannie prowadzą budowy spekulacyjne, przewidując potrzeby najemców. Obecnie w budowie jest 1,9 mln m<sup>2</sup>, z czego około połowa to inwestycje „na zaś”.

– Cały czas przybywa i będzie przybywać przestrzeni magazynowej w naszym kraju. Popyt wciąż wyprzedza podaż. W 2020 roku dostępna powierzchnia

osiągnie 20 mln m<sup>2</sup>, co można traktować jako kamień milowy rynku magazynowego w Polsce. Cały czas bardzo ważną rolę w rozwoju branży odgrywa rosnący rynek *e-commerce*. W 2019 roku wielkość transakcji na rynku magazynowym dla *e-commerce* utrzymała się na poziomie zbliżonym do lat poprzednich i wyniosła około 10% całkowitego popytu. Powstają zarówno duże centra logistyczne, w strategicznych komunikacyjnie miejscach w różnych częściach kraju, jak również kurierskie centra dystrybucyjne zlokalizowane blisko dużych miast, co jest kluczowe dla tzw. logistyki ostatniej mili – mówi Beata Hryniewska, szefowa Działu Powierzchni Magazynowych i Logistyki w CBRE.

### Pomorzanie zwiększa zasoby magazynowo-logistyczne

Mazowsze wiodzie prym na magazynowej mapie Polski. Ten region może pochwalić się największą w kraju podażą dostępnej przestrzeni magazynowej. W całym województwie mazowieckim razem z rynkiem warszawskim wynosi ona powyżej 4 mln m<sup>2</sup>. Na kolejnych miejscach plasuje się Śląsk i województwo łódzkie, gdzie podaż dostępnej przestrzeni magazynowej przekracza 3 mln m<sup>2</sup>.

Mazowsze i Śląsk wiodą również prym pod względem powierzchni magazy-

nowej w budowie. W województwie mazowieckim powstaje 482 tys. m<sup>2</sup> powierzchni, a w województwie śląskim 478 tys. m<sup>2</sup>. Wysoko na liście regionów w rywalizacji o nowe magazyny znalazły się także województwo dolnośląskie (268 tys. m<sup>2</sup> w budowie) oraz pomorskie, w którym powstaje niemal 263 tys. m<sup>2</sup> takiej powierzchni. To ponad jedna trzecia istniejących obecnie zasobów w tym rejonie, które wynoszą ok. 650 tys. m<sup>2</sup>. W okolicy Łodzi obecnie buduje się nieco mniej (ponad 72 tys. m<sup>2</sup>).

### Magazyny obierają kierunek na mniejsze miasta

Podczas gdy większość zasobów jest nadal skoncentrowana w pięciu największych regionach (Warszawa, Katowice, Łódź, Poznań i Wrocław), aktywność deweloperów powoli rozprzestrzenia się na cały kraj i nie dotyczy to tylko projektów BTS. Parki logistyczne powstają w pobliżu takich miast, jak Olsztyn, Kielce czy Radom, i możemy spodziewać się wzrostu zainteresowania rynkami, które dotychczas były mniej popularne. Będzie to zależało od warunków panujących na lokalnym rynku pracy, w tym głównie od dostępności siły roboczej, niezbędnej do obsadzenia wolnych miejsc pracy w centrach dystrybucyjnych.

■  
Źródło: CBRE



## Polska branża ciepłownicza potrzebuje pilnych zmian. Pierwsze firmy zaczynają wykorzystywać najnowsze technologie w systemie zarządzania energią

Z raportu „Ciepłownictwo w Polsce. Edycja 2019” opracowanego przez analityków Forum Energii wynika, że polscy odbiorcy odpowiadają za spalanie aż 87 proc. węgla w gospodarstwach domowych Unii Europejskiej. Szacuje się, że 47 proc. polskich gospodarstw jest ogrzewanych za pomocą paliw stałych, co przyczynia się do emisji 68 mln ton dwutlenku węgla w skali roku. Krajowa branża ciepłownicza w obliczu rosnących kosztów emisji będzie zmuszona do przeprowadzenia modernizacji systemów grzewczych oraz zmiany struktury miksu energetycznego.

Polskie ciepłownictwo jest silnie uzależnione od paliw kopalnych. Aż 74 proc. rodzimych ciepłowni zasilanych jest węglem kamiennym, a w skład miksu energetycznego wchodzi zaledwie ok. 7 proc. gazu oraz tyle samo energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Zmiana struktury ciepłowniczego miksu energetycznego jest nieunikniona i wiąże się m.in. z rosnącymi cenami uprawnień do emisji dwutlenku węgla. Wraz z modernizacją źródeł energii mogą zostać wdrożone systemy inteligentnego zarządzania infrastrukturą ciepłowniczą, które usprawnią funkcjonowanie firm z tej branży.

– Nowatorskie ciepłownictwo zaczyna przypominać rozproszoną energię. W niedalekiej przyszłości domy będą bardzo efektywne energetycznie i zostaną źródłami ciepła, a nowoczesne systemy ciepłownicze staną się systemami dwukierunkowymi. Dzisiaj ciepło płynie od elektrociepłowni do odbiorcy, w przyszłości kierunek przepływu będzie dwustronny. Budynek będzie oddawał do sieci ciepłowniczej nadwyżki ciepła – zapowiada w rozmowie z agencją Newseria Innowacje Andrzej Rubczyński, dyrektor ds. strategii ciepłownictwa, Forum Energii.

Projekt inteligentnej sieci ciepłowniczej rozwija m.in. warszawska firma Veolia, która wykorzystuje moduły

zdalnego sterowania oraz czujniki rozmieszczone w strategicznych węzłach cieplnych. Dzięki nim przedsiębiorstwo może optymalizować pracę przepompowni w czasie rzeczywistym, a dzięki wykorzystaniu algorytmów uczenia maszynowego system nieustannie przeprowadza proces samodoskonalenia się, aby lepiej odpowiadać na zapotrzebowanie ze strony klientów.

Warszawska Veolia to wyjątek w skali kraju. Ekspertki uczestniczący w dyskusji panelowej podczas 29. Forum Ekonomicznego uważają, że branża ciepłownicza w Polsce powinna przejść szereg zmian systemowych, które nie tylko uniezależnią ją od węgla – aby zmniejszyć koszty emisji dwutlenku węgla – lecz także umożliwią wdrożenie nowych, wydajniejszych technologii grzewczych.

– W Polsce nigdy nie zdefiniowano, co ciepłownictwo ma osiągnąć, oprócz tego, że ma dostarczać ciepło w jak najniższej cenie. Cała polityka organów administracji krajowej była nakierowana na obniżanie i utrzymywanie ceny ciepła na racjonalnym poziomie, nie koncentrowano się na modernizacji sektora ciepłownictwa. Powinniśmy doczekać się strategii, która określi konkretne cele. Oznacza to nie tylko dostawę ciepła w atrakcyjnej dla odbiorcy cenie, ale ciepłownictwo powinno także wpłynąć na poprawę jakości powietrza – przekonuje ekspert.

Urząd Regulacji Energetyki wykazał w raporcie „Energetyka ciepła w liczbach – 2018”, że rentowność firm ciepłowniczych spadła w 2018 roku do poziomu 1,88 proc. z 6,71 proc. w 2017 roku. Głównymi powodami spadku rentowności są gwałtowny wzrost kosztów zakupu węgla kamiennego oraz rosnące ceny uprawnień emisji dwutlenku węgla. W związku z tym sytuacja rynkowa wymusi przeprowadzenie inwestycji prowadzących do zmiany struktury miksu energetycznego.

Na konieczność przeprowadzenia gruntownych zmian w branży zwraca uwagę m.in. Tauron Polska Energia. Firma powołała do życia radę naukową, która pomoże wyznaczyć długoterminowe cele i kierunki rozwoju dla Grupy Tauron. Nowa jednostka badawcza będzie odpowiedzialna za wdrażanie nowych technologii oraz systemów, które pozwolą unowocześnić i usprawnić sieci ciepłownicze. Z kolei PGE Energia Ciepła planuje realizować proekologiczne programy energetyczne, które zmniejszą wpływ branży na nasz klimat oraz zdrowie m.in. poprzez zwiększenie efektywności energetycznej produkcji i przesyłu ciepła. Jedną z najważniejszych inwestycji tego typu jest projekt elektrociepłowni Nowa Czechnica wyposażonej w blok gazowo-parowy, która rozpocznie funkcjonowanie w 2022 roku i zastąpi obecnie działającą elektrownię węglową w Siechnicach.

– Do ceny ciepła nie włączono kosztów zdrowotnych i środowiskowych. Jeżeli do ciepłownictwa indywidualnego wprowadzimy zasadę „zanieczyszczający płaci”, która obowiązuje w przemyśle, to wyzwoli to bodźce rynkowe. Technologie wymagają wydatków inwestycyjnych, pompa ciepła to jest wydatek kilkunastu tysięcy złotych lub więcej, w zależności od domu. Najtańszy jest kocioł do spalania węgla, ale ten powoduje zanieczyszczenie środowiska i ciągnie dodatkowe koszty zdrowotne, których akurat właściciel tego kotła nie widzi – podsumowuje Andrzej Rubczyński.

Według analityków z firmy MarketsandMarkets wartość globalnego rynku sieci ciepłowniczych w 2018 roku wyniosła 170,1 mld dol. Przewiduje się, że do 2023 roku wzrośnie do 203 mld dol. przy średniorocznym tempie wzrostu na poziomie 3,5 proc. ■

Źródło: <https://innowacje.newseria.pl/news/polska-branża,p1423569839>

# Innowacje ukierunkowane na poprawę bezpieczeństwa w górnictwie

Ryszard Klencz

JSW Innowacje, Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego oraz Instytut Techniki Górniczej KOMAG nawiązali współpracę, w wyniku której powstanie Mobilny Punkt Medyczny, umożliwiający szybkie dotarcie ekipy medycznej do poszkodowanych górników, znajdujących się pod ziemią, a następnie ich komfortowy transport. W Bytomiu, 23 stycznia br., przedstawiciele wyżej wymienionych instytucji podpisali umowę, która określa zakres i formy tej współpracy. Należy podkreślić fakt, że Mobilny Punkt Medyczny w zasadniczy sposób ułatwi i przyspieszy działania medycznych zespołów ratowniczych.



JSW Innowacje kreuje i aktywnie uczestniczy w realizacji nowatorskich projektów związanych z poprawą bezpieczeństwa w kopalniach, realizując postanowienia Rządowej Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. Po wypadku w Kopalni Zofiówka podjęto działania na rzecz poprawy skuteczności udzielania pomocy medycznej w warunkach dołowych, gdyż jest to jeden z czynników przyczyniających się do poprawy bezpieczeństwa. Realizacja wspólnego projektu wymaga rozwiązania zarówno problemów technicznych, jak

i organizacyjno-prawnych. Mobilny Punkt Medyczny, wyposażony w nowoczesny sprzęt, będzie zintegrowany z kolejką podwieszoną, co umożliwi ratownikom medycznym szybkie dotarcie do poszkodowanych i bezwzględne przystąpienie do udzielania pomocy w sytuacji, gdy liczy się każda minuta, gdyż stawką jest życie poszkodowanych górników. Instytut KOMAG opracuje dokumentację techniczną i wykona egzemplarz doświadczalny Mobilnego Punktu Medycznego, który będzie wyposażony w niezależny system zasilania. Istotne






jest zapewnienie poszkodowanym odpowiedniego komfortu podczas transportu. Udział przedstawicieli Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego zagwarantuje prawidłowe określenie parametrów techniczno-ergonomicznych, wynikających z doświadczeń z akcji ratowniczych, a także umożliwi przeprowadzenie badań prototypowego rozwiązania – Jacek Srokowski, wiceprezes JSW Innowacje.

Obecnie kopalnie dysponują przeszkolonymi sanitariuszami, którzy mają do dyspozycji torbę medyczną. Takie wyposażenie nie umożliwia udzielenia skutecznej pomocy w trudnych warunkach pod ziemią.

– Dla nas priorytetową sprawą jest bezpieczeństwo pracy górników. Zależy nam na bardzo aktywnej, ścisłej współpracy podczas realizacji projektu. Podpisanie umowy o współpracy w dniu dzisiejszym stanowi pierwszy krok w kierunku realizacji wspólnego zadania. Doskonale znamy problemy, jakie napotyka ratownicy uczestniczący w akcjach ratowniczych

prowadzonych w podziemiach kopalń, więc sformułujemy wymagania, które będzie musiał spełnić Mobilny Punkt Medyczny – Piotr Buchwald, prezes CSRG.

– W ramach realizacji projektu specjaliści z Instytutu Techniki Górniczej KOMAG wykonają prace projektowe i konstrukcyjne oraz zbudują egzemplarz badawczy MPM w celu właściwego doboru napędu, systemu zasilania i sterowania. Będą również aktywnie uczestniczyć w badaniach prototypowego rozwiązania Mobilnego Punktu Medycznego. Istotną sprawą jest zapewnienie poszkodowanemu komfortu podczas jazdy, zrealizowane poprzez system amortyzacji wstrząsów na nierównej trasie kolejki podwieszanej, oraz zabezpieczenie go przed skutkami awaryjnego hamowania – Dariusz Prostański, dyrektor ITG KOMAG. ■

 Ryszard Klencz

reklama

Wybierz swoją prenumeratę na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)



**Prenumerata drukowana**



**Prenumerata elektroniczna**



**Pakiet**

## Dotacje dla firm

# Planowane nabory wniosków na rok 2020 – Programy krajowe

Marta Osińska

Zbliża się koniec perspektywy finansowej 2014–2020, dlatego warto skorzystać z naborów, które jeszcze w tym okresie zaplanowano w harmonogramach. W obrębie programów krajowych jest jeszcze szansa na wsparcie przedsięwzięć realizowanych przez firmy m.in. w obrębie Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój czy Funduszy Norweskich.

Zbiorczy harmonogram zbierania wniosków 2020 (wybrane możliwości wsparcia w ramach POIR 2014 i Mechanizmów Norweskich)

Program	Zbieranie wniosków 2020											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PROGRAM OPERACYJNY INTELIGENTNY ROZWÓJ 2014-2020</b>												
SZYBKA ŚCIEŻKA [POIR 1.1.1]		X	X	X	X					X	X	
BONY NA INNOWACJE DLA MŚP - typ I (usługowy)	X	X	X	X	X							
BONY NA INNOWACJE DLA MŚP - typ II (inwestycyjny)	X	X	X	X	X	X	X					
BADANIA NA RYNEK (inwestycyjny) (POIR 3.2.1)			X	X								
KREDYT NA INNOWACJE TECHNOLOGICZNE (inwestycyjny) (POIR 3.2.2)	X	X	X	X						X	X	X
WSPARCIE MŚP W PROMOCJI MAREK PRODUKTOWYCH - GO TO BRAND (POIR 3.3.3)		X	X									
<b>FUNDUSZE NORWESKIE</b>												
<b>Nowe produkty i inwestycje</b>												
Technologie przyjazne środowisku	X	X	X									
Technologie poprawiające jakość życia	X	X	X									
Innowacje w obszarze wód morskich i śródlądowych	X	X	X									
<b>Rozwój kompetencji</b>												
Wsparcie na utworzenie partnerstwa (Travel Grants)	X											
Schemat małych grantów dla przedsiębiorczych kobiet	X	X	X									
<b>Współpraca i partnerzy</b>												
Wsparcie na utworzenie partnerstwa (Travel Grants)	X											
Schemat małych grantów dla przedsiębiorczych kobiet	X	X	X									
Innowacje w obszarze wód morskich i śródlądowych	X	X	X									
Technologie poprawiające jakość życia	X	X	X									
Technologie przyjazne środowisku	X	X	X									

## Program Operacyjny Inteligentny Rozwój

### Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa (tzw. SZYBKA ŚCIEŻKA [POIR 1.1.1])

Wsparcie w ramach poddziałania ukierunkowane jest na projekty B+R realizowane przez przedsiębiorstwa. Projekty te powinny obejmować badania przemysłowe i prace rozwojowe bądź wyłącznie prace rozwojowe. Projekty mogą obejmować również prace przedwdrożeniowe.

#### Instytucja: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju NABÓR I:

Ogłoszenie konkursu: 07.01.2020 r.

Zbieranie wniosków: 07.02.2020 r. – 01.06.2020 r. (Konkurs podzielony na rundy).

Budżet: 1200 mln zł.

#### NABÓR II:

Ogłoszenie konkursu: 01.07.2020 r.

Zbieranie wniosków: 03.08.2020 r. – 14.09.2020 r. (Konkurs podzielony na rundy).

Budżet: Wartość alokacji na konkurs zostanie określona w późniejszym terminie.

Poziom dotacji: od 25 nawet do 100%.

### SZYBKA ŚCIEŻKA – „TEMATYCZNA”

Ponadto w 2020 roku zaplanowano również konkursy dla ścieżek tematycznych:

- URZĄDZENIA GRZEWCZE – budżet: 200 mln zł.  
Rozpoczęcie naboru wniosków: 09.12.2019 r.  
Zakończenie naboru wniosków: 31.03.2020 r.
- INNOWACYJNE NAWOZY PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA – budżet: 200 mln zł.  
Rozpoczęcie naboru wniosków: 14.11.2019 r.  
Zakończenie naboru wniosków: 14.01.2020 r.

### BONY NA INNOWACJE DLA MŚP – typ I (usługowy) (POIR 2.3.2)

To program na zakup wyników prac B+R od zewnętrznych jednostek naukowych i badawczych. W ramach programu dofinansowanie przeznaczone jest na realizację projektów obejmujących zakup od wykonawcy usługi polegającej na opracowaniu nowego lub znacząco ulepszonego wyrobu, usługi, technologii produkcji lub nowego projektu wzorniczego.

**Instytucja:** Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.

**NABÓR:**

Ogłoszenie konkursu 18.02.2019 r.

Zbieranie wniosków: 20.03.2019 r. – 28.05.2020 r. (podzielony na rundy).

Budżet: 55 469 825,97 zł.

**Poziom dotacji:** 85%.

**BONY NA INNOWACJE DLA MŚP – typ II (inwestycyjny) (POIR 2.3.2)**

To program dla firm, które z sukcesem zakończyły I etap „Bonu na innowacje” i został zaakceptowany przez PARP wniosk o płatność końcową.

To środki na wdrożenia badań opracowanych przez jednostkę naukową. Środki te można wykorzystać na zakup maszyn i urządzeń niezbędnych do uruchomienia produkcji, a także na zakup wartości niematerialnych i prawnych.

**Instytucja:** Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.

**NABÓR:**

Ogłoszenie konkursu 18.03.2019 r.

Zbieranie wniosków: 17.04.2019 r. – 07.07.2020 r. (podzielony na rundy).

Budżet: 20 mln zł.

**Poziom dotacji:** do 70%.

**BADANIA NA RYNEK (inwestycyjny) (POIR 3.2.1)**

W Poddziałaniu 3.2.1 dofinansowanie przeznaczone jest na realizację projektów dotyczących wdrożenia wyników prac B+R przeprowadzonych przez wnioskodawcę samodzielnie lub na jego zlecenie, prowadzących do wprowadzenia na rynek nowych bądź znacząco ulepszonych produktów (wyrobów lub usług).

Przedmiotem dofinansowania w ramach projektów mogą być:

- wydatki inwestycyjne;
- usługi doradcze;
- eksperymentalne prace rozwojowe.

**Instytucja:** Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

**NABÓR I:**

Ogłoszenie konkursu: 24.02.2020 r.

Nabór: 25.03.2020 r. – 23.04.2020 r.

Konkurs ogólny.

Budżet: 550 mln.

**NABÓR II:**

Ogłoszenie konkursu: 24.02.2020 r.

Nabór: 25.03.2020 r. – 23.04.2020 r.

Konkurs dedykowany miastom średnim.

Budżet: 150 mln.

**Poziom dotacji:** do 70%.

**KREDYT NA INNOWACJE TECHNOLOGICZNE (inwestycyjny) (POIR 3.2.2)**

Wsparcie finansowe przeznaczone jest na realizację inwestycji technologicznych, mających na celu zakup i wdrożenie nowej technologii lub wdrożenie własnej nowej technologii oraz uruchomienie na jej podstawie wytwarzania nowych lub znacząco

ulepszonych, w stosunku do dotychczas wytwarzanych na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, towarów, procesów lub usług.

Wsparcie dla przedsiębiorcy stanowi premia technologiczna stanowiąca spłatę części kredytu technologicznego, udzielonego przez bank komercyjny na realizację inwestycji technologicznej.

**Instytucja:** Bank Gospodarstwa Krajowego.

**NABÓR I:**

Ogłoszenie konkursu: 12.09.2019 r.

Nabór: 15.10.2019 r. – 23.04.2020 r. (konkurs podzielony na rundy).

Budżet: 350 mln zł.

**NABÓR II:**

Ogłoszenie konkursu: 17.06.2020 r.

Nabór: 24.09.2020 r. – 30.12.2020 r.

Budżet: 350 mln zł.

**Poziom premii:** od 20 nawet do 70%.

## Norweski Mechanizm Finansowy 2014–2021

### SCHEMAT: TECHNOLOGIE PRZYJAZNE ŚRODOWISKU

Schemat „Technologie przyjazne środowisku” ma na celu zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorców z wykorzystaniem rozwiązań technologicznych przyjaznych środowisku, poprzez realizację działań prowadzących do wdrożenia w przedsiębiorstwie innowacyjnych procesów, produktów, usług lub rozwiązań, które prowadzą do rozwoju działalności gospodarczej przedsiębiorcy, w szczególności wzrostu przychodów, zysku lub zatrudnienia, a jednocześnie lepszej gospodarki odpadami, efektywności energetycznej, zmniejszonej emisji zanieczyszczeń do atmosfery, bardziej wydajnej gospodarki materiałowej. Działania prowadzące do wdrożenia mogą obejmować opracowanie, zastosowanie lub wprowadzenie na rynek (komercjalizację) innowacyjnych procesów, produktów, usług lub rozwiązań.

**Instytucja:** Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.

**NABÓR:**

Ogłoszenie konkursu: listopad 2019 r.

Nabór: 07.01.2020 r. – 31.03.2020 r.

Budżet: 50 mln euro.

**Poziom dotacji:** nawet do 70%. ■

 Marta Osińska



MS-CONSULTING

ul. Warszawska 43

61-028 Poznań

tel. 61 826 61 30

fax 61 624 77 76

www.ms-consulting.pl

# Rynek robotyki – przegląd nowych rozwiązań i trendów

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

Od wielu lat światowy rynek robotyki rozwija się dynamicznie. Świadczą o tym coroczne rekordowe wyniki sprzedaży robotów przedstawiane w raportach publikowanych przez Międzynarodową Federację Robotyki (ang. IFR – *International Federation of Robotics*). Międzynarodowa Federacja Robotyki jest profesjonalną organizacją *non profit* założoną w 1987 r. Jej głównym celem jest wspieranie badań naukowych, rozwoju, wykorzystania i współpracy międzynarodowej w zakresie robotyki, robotów przemysłowych i robotów usługowych. Ponadto IFR jest koordynatorem, związanego z badaniami w dziedzinie robotyki, Międzynarodowego Sympozjum Robotyki (ang. ISR – *International Symposium of Robotics*), jednej z najstarszych (organizowanej od 1970 r.) konferencji z zakresu robotyki. Dział badań statystycznych IFR corocznie publikuje analizy, zamieszczając w nich szczegółowe dane dla ponad 50 krajów, z podziałem na obszary zastosowań, gałęzie przemysłu, rodzaje robotów i inne dane techniczne i ekonomiczne [I.16].

Analizując wyniki raportów, można powiedzieć, że rynek robotyki rozwija się średnio z rocznym 15% wzrostem sprzedaży. Liczba instalowanych robotów ma wpływ na dynamiczny rozwój serwisu i obsługi, a nowe rozwiązania robotów (np. roboty kolaboracyjne) zyskują nowe obszary zastosowań. Z uwagi na podatność przemysłu motoryzacyjnego na robotyzację oraz zapotrzebowanie rynku na produkty najlepiej rozwijają się przemysł motoryzacyjny i elektroniczny. Należy zaznaczyć, że z uwagi na dużą konkurencyjność w przemyśle samochodowym i elektronicznym producenci z coraz większą częstotliwością wprowadzają w tych branżach nowe modele robotów.

W 2015 r. przy 15% wzroście sprzedaży robotów na całym świecie padł nowy rekord – ponad 253 tys. sprzedanych jednostek. Najwyższy wzrost odnotowano

w przemyśle elektronicznym (41%) i metalowym (39%).

Na rynku robotyki pojawił się nowy światowy gracz – Chiny (prawie 1/3 nowych robotów, tj. 27% w 2015 r. trafiła do Chin). Azja jest obecnie największym rynkiem najszybciej się rozwijającym (ok. 160 tys. sprzedanych robotów, czyli 19% wzrost sprzedaży w stosunku do 2014 r.). W 2015 r. w Europie sprzedaż robotów przemysłowych wzrosła o 10%, przekraczając 50 tys. maszyn (w stosunku do 2014 r.).

Europa Wschodnia, z tempem wzrostu na poziomie 30%, również jest jednym z najszybciej rozwijających się regionów. Liczba robotów przemysłowych zainstalowanych w Amerykach Północnej i Południowej, przy 17% wzroście sprzedaży, również osiągnęła nową rekordową wartość – ponad 38 tys. jednostek [I.29, III.12].

Na przedstawionym na rys. 1 wykresie widać, nie biorąc pod uwagę 2009 r., w którym miał miejsce ogólnoswiatowy kryzys gospodarczy, że rozwój rynku robotyki utrzymuje tendencję wzrostową. Specjaliści zakładają, że w ciągu najbliższych lat wzrost ten utrzyma się na poziomie 15% (rys. 2).

Głównymi odbiorcami robotów przemysłowych w 2015 r. (podobnie jak

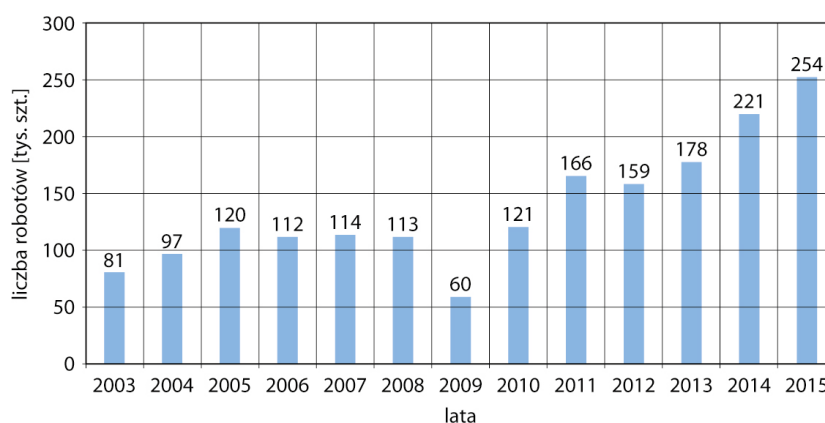
w 2014 r.) byli producenci prowadzący produkcję przemysłową w Chinach, Japonii, USA, Korei Południowej oraz w Niemczech, gdzie trafiło 75% całej sprzedaży (w 2014 r. – 70% światowej sprzedaży). Jak podaje China Robot Industry Alliance (CRIA), Chiny zakupiły w 2015 r. ponad 68 tys. robotów, co oznacza, że wyprzedziły Europę o prawie 20 tys. sztuk. Wysoki wskaźnik wzrostu odnotowano również w Korei Południowej (ponad 38 tys. przy 55% wzroście w stosunku do 2014 r.).

Na ten wzrost mogą mieć wpływ firmy, które rozpoczęły raportowanie o liczbie robotów w 2015 r. W Japonii sprzedano ok. 35 tys. robotów przy 20% wzroście, w Stanach Zjednoczonych ponad 27 tys. przy 5% wzroście, a w Niemczech ponad 20 tys.

Mimo że obecnie na świecie największa liczba robotów przemysłowych jest wykorzystywana w przemyśle motoryzacyjnym, największy wzrost sprzedaży w 2015 r. odnotowano w przemyśle elektronicznym, metalowym i maszynowym oraz tworzyw sztucznych (rys. 3).

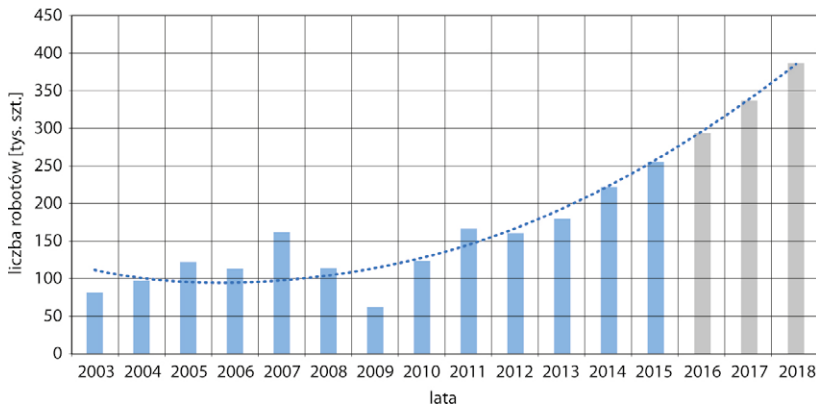
## Gęstość robotyzacji

Gęstość robotyzacji określa liczbę robotów przemysłowych przypadających na każde 10 tys. aktywnych



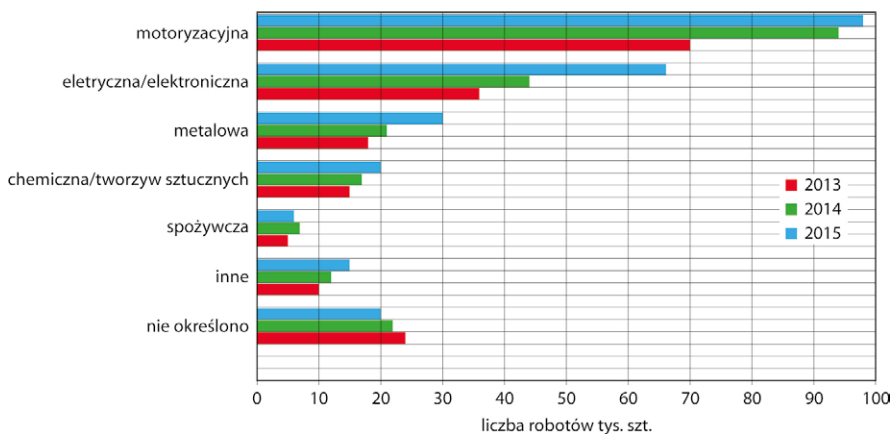
Rys. 1. Roczna sprzedaż robotów na świecie

(źródło: Raport IFR 2016)



Rys. 2. Przewidywany wzrost sprzedaży robotów na świecie w latach 2015–2018

(Źródło: Raport IFR 2016)



Rys. 3. Sprzedaż robotów w wybranych gałęziach przemysłu

(Źródło: Raport IFR 2016)

pracowników zatrudnionych w przemyśle. Z jednej strony świadczy o poziomie rozwoju gospodarczego danego kraju, a z drugiej strony pomaga specjalistom w ocenie poziomu automatyzacji i robotyzacji poszczególnych państw. Ma to zasadnicze znaczenie przy tworzeniu prognoz rozwoju gospodarczego oraz wskazywania rynków atrakcyjnych dla inwestorów. Według opinii ekspertów średnia gęstość robotyzacji na świecie wynosi 69 (rys. 4). Odpowiednio dla poszczególnych kontynentów:

- Europa – 92;
- Ameryki Południowa i Północna – 86;
- Azja – 57.

Należy zaznaczyć, że Chiny z uwagi na duży potencjał gospodarczy oraz relatywnie niski wskaźnik robotyzacji

(49 robotów przemysłowych przypadających na 10 tys. pracowników przemysłu) są rynkiem o wyjątkowo dużym potencjale wzrostu. Gęstość na poziomie 49 robotów w porównaniu z liderami rynku (Koreą Południową – 531 robotów przemysłowych przypadających na 10 tys. pracowników przemysłu, Japonią – 305 robotów, Niemcami – 301 robotów i Stanami Zjednoczonymi – 176) pozwala sądzić, że to właśnie Chiny będą w najbliższych latach głównym odbiorcą nowych jednostek [I.29, III.12].

### Prognozy rozwoju robotyzacji

Analizując wzrostową tendencję sprzedaży robotów na całym świecie, należy sądzić, że utrzyma się ona co najmniej do 2019 r. O dużych możliwościach

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

rozwoju świadczą duże rezerwy większości państw, wynikające m.in. z niskiego wskaźnika robotyzacji. Ponadto specjaliści pracują nad zwiększeniem elastyczności produkcji, wprowadzając nowe trendy w kolejnych programach (np. Przemysł 4.0). Nowe możliwości i zwiększenie elastyczności produkcji zwiększą konkurencję i wymuszą modernizację istniejących linii produkcyjnych lub uruchomienie nowych zakładów.

Z całą pewnością może to być motorem osiągania coraz lepszych wyników sprzedaży i wzrostu liczby instalowanych robotów, zwłaszcza na rynkach rozwijających się dynamicznie (np. Chiny). Szacuje się, że w latach 2016–2019 nastąpi dwucyfrowy wzrost procentowy rozwoju rynku.

## Główne czynniki mające wpływ na rozwój robotyzacji

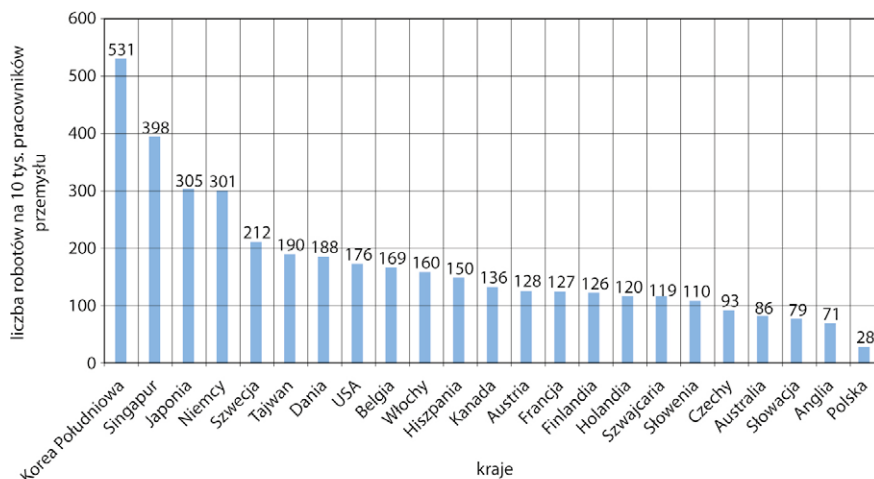
Rozwój robotów przemysłowych jest uwarunkowany czynnikami technicznymi, ekonomicznymi i organizacyjnymi.

Wśród czynników technicznych często wyróżnia się:

- rozwój Przemysłu 4.0;
- rozwój mechaniki precyzyjnej i układów sterowania;
- rozwój nowych technologii materiałowych oraz zmiany w wydajności energetycznej;
- rozwijający się rynek konsumentów;
- wzrost zapotrzebowania na specjalne operacje produkcyjne, wynikające m.in. z dużej masy, złożonych kształtów czy szkodliwych i niebezpiecznych warunków pracy;
- zapewnienie wysokiego i jednolitego standardu wyrobów wynikającego z rosnącej globalnej konkurencji na rynkach zbytu;
- skrócenie cyklu życia produktów oraz zwiększenie ich gamy, czyli konieczność elastycznej automatyzacji;
- rozwój robotów kolaboracyjnych oraz pełne wykorzystanie ich w produkcji;
- rozwój robotów kompaktowych z prostym programowaniem.

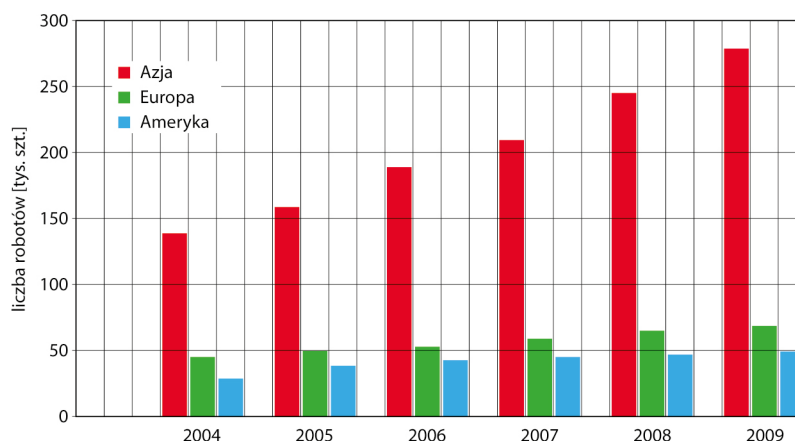
Czynnikami ekonomicznymi są przede wszystkim:

- konstruowanie bardzo drogich i zaawansowanych technologicznie maszyn specjalistycznych, których cykle obsługi (z uwagi na pełne



Rys. 4. Gęstość robotyzacji w 2015r. – Polska w odniesieniu do państw z największym wskaźnikiem

(Źródło: Raport IFR 2016)



Rys. 5. Roczna sprzedaż robotów przemysłowych na poszczególnych kontynentach oraz prognoza sprzedaży na lata 2016–2019

(źródło: Raport IFR 2016)

wykorzystanie) wymagają pełnej automatyzacji – wykorzystanie robotów przemysłowych 24 h/dobę;

- energooszczędność i rosnące koszty pracy ludzkiej;
- krótkie cykle produkcyjne wymagające częstego dostosowywania maszyn (robotów przemysłowych) do nowej produkcji;
- zastępowanie człowieka i maszyn specjalistycznych w monotonna (często prostych technologicznie) operacjach na liniach technologicznych produkcji masowej;
- możliwość łatwego, programowego dostosowania organizacji produkcji

danego asortymentu z uwagi na dostępną powierzchnię i elastyczny system transportowy;

- utrzymujące się trendy rozwoju robotyzacji w krajach o wysokim wskaźniku gęstości robotyzacji (m.in. Korea Południowa, Niemcy);
- przyspieszający trend rozwoju robotyzacji w krajach o niskim wskaźniku gęstości robotyzacji (m.in. kraje Europy Środkowej i Wschodniej).

Do czynników organizacyjnych można zaliczyć:

- rozwijające się rynki konsumenckie wymagające rozbudowy mocy produkcyjnych;



## DRIVING YOUR BUSINESS



SILNIKI ELEKTRYCZNE  
I SYSTEMY NAPĘDOWE  
OD 0,04 kW DO 6000 kW

SILNIKI SPECJALNE  
DLA RÓŻNYCH GAŁĘZI  
PRZEMYSŁU



since 1920

**CELMA**  
**indukta**

since 1878



- brak na rynku pracowników fizycznych wykonujących proste czynności produkcyjne z uwagi na rosnący poziom wykształcenia społeczeństwa;
- możliwości wykorzystania robotów w małych i średnich przedsiębiorstwach;
- podwyższanie norm bezpieczeństwa pracy.

Zakłada się (ang. *Compound Annual Growth Rate* – CAGR), że na świecie w latach 2016–2019 zostanie zainstalowanych ponad 1,4 mln nowych robotów.

Oznacza to, że światowy rynek robotów przemysłowych z ok. 1 631 600 sztuk na koniec 2015 r. zwiększy się do 2 589 000 jednostek do końca 2019 r., co stanowi średnią roczną stopę wzrostu na poziomie 12% w latach 2016–2019 (rys. 5).

### Trendy rozwoju robotów przemysłowych

Wprowadzanie nowych rozwiązań w zakresie robotyzacji wiąże się m.in. z konstruowaniem nowych manipulatorów i modyfikacją istniejących konstrukcji, budową nowych kontrolerów, zwłaszcza pod kątem wymiany ich

podzespołów elektronicznych oraz oprogramowania, i proponowaniem nowych rozwiązań programatorów (*Teach Pendantów*). Z uwagi na nowe podejście do współpracy człowieka z maszyną w ostatnim czasie szczególną uwagę zwraca się na rozwój systemów bezpieczeństwa oraz protokołów transmisji. Producenci robotów zauważyli również, że ze względu na oczekiwania rynku kluczowe staje się dostarczenie kompletnych rozwiązań zrobotyzowanych systemów produkcyjnych (np. stacje paletyzujące, spawalnicze, centra obróbkowe), co przyczyniło się do budowy takich systemów oraz rozwoju środowisk do projektowania zrobotyzowanych komór produkcyjnych i programowania robotów w trybie offline. ■

Bibliografia dostępna pod linkiem:  
[www.nis.com.pl/bibliografia.html](http://www.nis.com.pl/bibliografia.html)

Fragment pochodzi z książki:  
*Robotyzacja procesów produkcyjnych.*  
ppłk dr inż. Wojciech Kaczmarek,  
dr inż. Panasiuk Jarosław  
Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017

#### WYDARZENIA

##### • Reuters stawia na automatyzację

Reuters we współpracy z przedsiębiorstwem Synthesia, skupiającym się na rozwoju technologii sztucznej inteligencji, opracował pierwszy na świecie automatyczny raport sportowy prowadzony przez wirtualnego prezentera.

Program łączy nagrane wcześniej wideo z technologią SI, aby stworzyć cyfrowego dziennikarza. Można zaprogramować go do dostarczania podsumowań sportowych na podstawie fotografii i raportów przygotowanych przez agencję. Nie ma potrzeby tworzenia skryptów, przeprowadzania edycji ani finalnej produkcji przez ludzi.

Prototyp rozwiązania opiera się na istniejącej technologii wykorzystywa-

nej w transmisjach z Premier League do łączenia danych meczowych z obrazem w czasie rzeczywistym. Opierając się o to rozwiązanie, Reuters zespolił system z platformą Synthesia, aby móc tworzyć filmy przedstawiające ludzkiego prezentera czytającego raporty.

Reuters i Synthesia twierdzą, że prototyp został stworzony wyłącznie po to, aby podkreślić potencjał przyszłych usług informacyjnych realizowanych przy użyciu nowych rodzajów systemów prezentacji, opartych na sztucznej inteligencji. Według współzałożyciela firmy Synthesia, Victora Riparbelliego, treści generowane przez SI będą kamieniem węgielnym kraj obrazu medialnego w nadchodzącej dekadzie.

Źródło: mediapost

# Główne czynniki mające wpływ na rozwój robotyzacji

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

Rozwój robotów przemysłowych jest uwarunkowany czynnikami technicznymi, ekonomicznymi i organizacyjnymi.

Wśród czynników technicznych często wyróżnia się:

- rozwój przemysłu 4.0;
- rozwój mechaniki precyzyjnej i układów sterowania;
- rozwój nowych technologii materiałowych oraz zmiany w wydajności energetycznej;
- rozwijający się rynek konsumentów;
- wzrost zapotrzebowania na specjalne operacje produkcyjne wynikające m.in. z dużej masy, złożonych kształtów czy szkodliwych i niebezpiecznych warunków pracy;
- zapewnienie wysokiego i jednolitego standardu wyrobów, wynikającego z rosnącej globalnej konkurencji na rynkach zbytu;
- skrócenie cyklu życia produktów oraz zwiększenie ich gamy, czyli konieczność elastycznej automatyzacji;
- rozwój robotów kolaboracyjnych oraz pełne wykorzystanie ich w produkcji;
- rozwój robotów kompaktowych z prostym programowaniem.

Czynnikami ekonomicznymi są przede wszystkim:

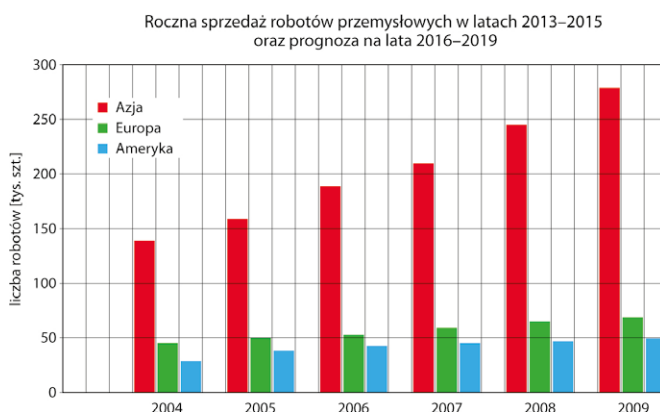
- konstruowanie bardzo drogiej i zaawansowanych technologicznie maszyn specjalistycznych, których cykle obsługi (z uwagi na pełne wykorzystanie) wymagają pełnej automatyzacji – wykorzystanie robotów przemysłowych 24 h/dobę;
- energooszczędność i rosnące koszty pracy ludzkiej;
- krótkie cykle produkcyjne wymagające częstego dostosowywania maszyn (robotów przemysłowych) do nowej produkcji;
- zastępowanie człowieka i maszyn specjalistycznych w monotonicznych (często prostych technologicznie) operacjach, na liniach technologicznych produkcji masowej;
- możliwość łatwego, programowego dostosowania organizacji produkcji danego asortymentu z uwagi na dostępną powierzchnię i elastyczny system transportowy;
- utrzymujące się trendy rozwoju robotyzacji w krajach o wysokim wskaźniku gęstości robotyzacji (m.in. Korea Południowa, Niemcy);
- przyspieszający trend rozwoju robotyzacji w krajach o niskim wskaźniku gęstości robotyzacji (m.in. kraje Europy Środkowej i Wschodniej).

Do czynników organizacyjnych można zaliczyć:

- rozwijające się rynki konsumenckie wymagające rozbudowy mocy produkcyjnych;
- brak na rynku pracowników fizycznych wykonujących proste czynności produkcyjne z uwagi na rosnący poziom wykształcenia społeczeństwa;

- możliwości wykorzystania robotów w małych i średnich przedsiębiorstwach;
- podwyższanie norm bezpieczeństwa pracy.

Zakłada się (ang. *Compound Annual Growth Rate* – CAGR), że na świecie w latach 2016–2019 zostanie zainstalowanych ponad 1,4 mln nowych robotów. Oznacza to, że światowy rynek robotów przemysłowych z ok. 1 631 600 sztuk na koniec 2015 r. zwiększy się do 2 589 000 jednostek do końca 2019 r., co stanowi średnią roczną stopę wzrostu na poziomie 12% w latach 2016–2019 (rys. 1).



Rys. 1. Roczna sprzedaż robotów przemysłowych na poszczególnych kontynentach oraz prognoza sprzedaży na lata 2016–2019

(Źródło: Raport IFR 2016)

## Trendy rozwoju robotów przemysłowych

Wprowadzanie nowych rozwiązań w zakresie robotyzacji wiąże się m.in. z konstruowaniem nowych manipulatorów i modyfikacją istniejących konstrukcji, budową nowych kontrolerów, zwłaszcza pod kątem wymiany ich podzespołów elektronicznych oraz oprogramowania, i proponowaniem nowych rozwiązań programatorów (Teach Pendantów). Z uwagi na nowe podejście do współpracy człowieka z maszyną w ostatnim czasie szczególną uwagę zwraca się na rozwój systemów bezpieczeństwa oraz protokołów transmisji. Producenci robotów zauważyli również, że ze względu na oczekiwania rynku kluczowe staje się dostarczenie kompletnych rozwiązań zrobotyzowanych systemów produkcyjnych (np. stacje paletyzujące, spawalnicze, centra obróbkowe), co przyczynia się do budowy takich systemów oraz rozwoju środowisk do projektowania zrobotyzowanych komór produkcyjnych i programowania robotów w trybie offline.

## Konstrukcje manipulatorów

Bez wątpienia pierwszą rzeczą, jaką można zauważyć, przeglądając oferty sprzedaży, są nowe konstrukcje manipulatorów. Liczący się na rynku światowym producenci robotów przemysłowych poprawiają nie tylko charakterystyki techniczne, ale również wygląd jednostek mechanicznych. Głównymi celami, jakie im przyświecają, są z jednej strony poszukiwanie nowych rozwiązań (np. konstruowanie robotów dwuramiennych), a z drugiej uzupełnienie oferty pokrycia zapotrzebowania całego rynku (np. zwiększenie udźwigu, zasięgu, wydajności, zakresów temperaturowych pracy, energooszczędności). Manipulatory dwuramiennie w obecnym kształcie pojawiły się kilka lat temu – firma YASKAWA zaprezentowała tego typu rozwiązanie m.in. na targach w Monachium w 2012 r. Obecnie w jej ofercie znajdują się 15-osiowe roboty dual arm (rys. 2). W tym kierunku zdają się podążać inni dostawcy, czego przykładem jest wprowadzenie przez firmę ABB robota YuMi (rys. 3) oraz nowa propozycja (od połowy 2013 roku) firmy COMAU – Smart Dual Arm (rys. 4).



Rys. 2. Sterowany kontrolerem DX100 robot SDA10D firmy YASKAWA

(Źródło: YASKAWA)



Rys. 3. Robot kolaboracyjny YuMi firmy ABB

(Źródło: ABB)



Rys. 4. 13-osiowy system z udźwigiem 10 kg na każde ramię – Smart Dual Arm firmy COMAU

(Źródło: COMAU)

Prace rozwojowe dotyczą również poprawienia parametrów technicznych istniejących jednostek. W procesach typu *pick and place* (małe jednostki mechaniczne) zauważalny jest trend uzyskiwania coraz krótszych cykli pracy, większego udźwigu (1–8 kg) i zasięgu (nawet do 1,6 m) oraz powtarzalności na poziomie 0,01 mm. Celowość konstruowania takich robotów widzi większość producentów (np. IRB 1200 firmy ABB, RACER 999 firmy COMAU – rys. 5, MS005N firmy Kawasaki – rys. 6). Producenci pracują również nad zwiększeniem liczby stopni swobody, proponując roboty 7-osiowe, czego przykładem jest robot MSR – MS005N firmy Kawasaki. Zwiększenie liczby osi pozwala m.in. na łatwiejsze osiągnięcie zadanej pozycji, realizację bardziej optymalnych trajektorii ruchu oraz możliwość ograniczenia przestrzeni niezbędnej do realizacji zadań.



Rys. 5. Manipulatory RACER 999 firmy COMAU i IRB 1200 firmy ABB oraz LrMate 200iD firmy FANUC

(Źródło: COMAU, ABB, FANUC)



Rys. 6. Siedmioosiowy manipulator MS005N wykonany ze stali nierdzewnej firmy Kawasaki

(Źródło: ASTOR)

W aplikacjach paletyzacji rozwój następuje głównie w zakresie zwiększenia liczby cykli pracy (obecnie jest to już 2190 cykli/h przy udźwigu 110 kg – np. IRB 460), zwiększenia prędkości (nawet o 15%) i zajmowania mniejszej powierzchni (producenci mówią tutaj o 20-proc. zmniejszeniu powierzchni).

## Generacje kontrolerów

Obecnie dzieli nas przepaść od będących sercem kontrolerów robotów z lat 70. XX wieku, 8-bitowych procesorów i prymitywnego oprogramowania. Przez ostatnie 50 lat kontrolery robotów przemysłowych ewoluowały zarówno w sferze programowej, jak i sprzętowej.

W sferze programowej ujawnia się to głównie w tworzeniu kolejnych generacji systemów operacyjnych (np. IRC 5 – piątej generacji system firmy ABB) oraz udostępniania operatorom języków programowania wysokiego poziomu (m.in. RAPID, KAREL, KRL, obecnie również Java), które dzięki złożonym instrukcjom programistycznym i pakietom dodatkowym umożliwiają dzisiaj programowanie zadaniowe. Ciągłemu rozwojowi podlegają mechanizmy systemów operacyjnych robotów,

w szczególności zwiększając bezpieczeństwo, dokładność, powtarzalność, prędkość, programowalność, synchronizację z osiami zewnętrznymi (np. TrueMove, QuickMove), wielozadaniowość, możliwość sterowania z pełną koordynacją nawet do 36 osi, transfer danych z plików do robota, komunikację z systemami zewnętrznymi i realizację zaawansowanych zadań ruchu. Bardzo dynamicznie rozwijane są prace związane z integracją systemów wizyjnych i kontrolerów robotów (rys. 7).

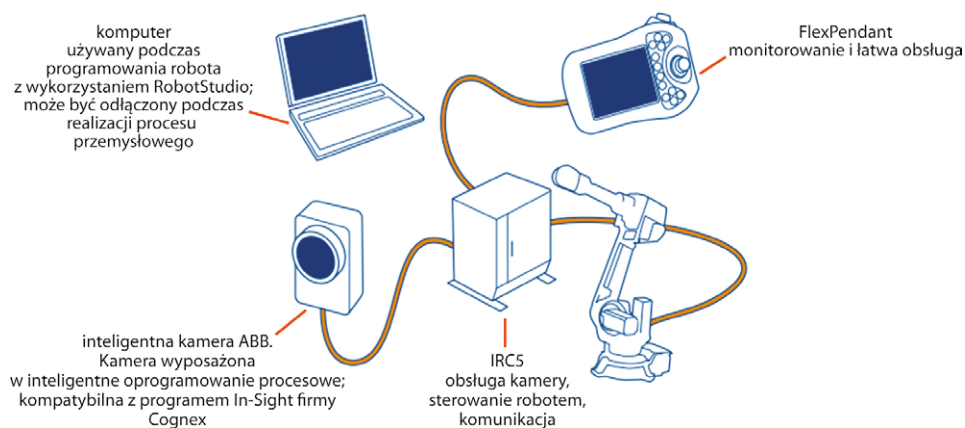
Przykładami są kontrolery robotów FANUC R30iA i R30iB, które wyposażono w system wizyjny – iRVision. Cechą tego systemu jest pełna integracja systemu wizyjnego z kontrolerem robota, co pozwala na łatwiejszą wymianę danych i korzystanie ze wspólnego środowiska programistycznego. System iRVision jest też obecnie najbardziej zaawansowanym, w pełni zintegrowanym systemem wizyjnym z opcją 3D. Sytuacja w zakresie integracji systemów wizyjnych z kontrolerami robotów jest dynamiczna, o czym świadczy pojawienie się zintegrowanych rozwiązań firm ABB czy KUKA. Nowe rozwiązania nie bazują już tylko na wykorzystaniu takich systemów, jak oferowane przez firmę Cognex, ale zakładają pełną integrację również w obszarze środowisk programistycznych, takich jak RobotStudio w przypadku robotów firmy ABB [I.20, I.21, II.3].

Dynamicznie rozwijają się również systemy kontroli siły nacisku i prędkości narzędzia do operacji obróbki maszynowej (gratowanie, szlifowanie, polerowanie), co pomaga w znalezieniu optymalnej ścieżki ruchu, a w połączeniu z oprogramowaniem umożliwia automatyczne programowanie trajektorii ruchu podczas przemieszczania narzędzia, co – jak twierdzą dostawcy – redukuje czas programowania o 80%, skraca czasy cykli o 20% oraz wydłuża żywotność narzędzi o 20%. Systemy kontroli nacisku mają również duże znaczenie w dostosowywaniu robotów do pracy z ludźmi bez konieczności stosowania dodatkowych systemów bezpieczeństwa i ogrodzeń.

W sferze sprzętowej rozwój przejawia się we wdrażaniu nowoczesnych wieloprocessorowych jednostek sterujących, konstruowaniu płyt bazowych z pionierskimi rozwiązaniami modułowymi oraz stosowaniu nowoczesnych rozwiązań w zakresie sterowników PLC (rozwiązania sprzętowe, np. ABB, i programowe KUKA – rys. 8, FANUC) oraz systemów bezpieczeństwa.

Ponadto na rynku pojawiły się kontrolery kompaktowe (rys. 9), które w swojej ofercie ma większość firm. Producenci wskazują przede wszystkim na ich energooszczędność, oszczędność miejsca (możliwość montażu jednostek w szafach sterowniczych) oraz uniwersalność (kontrolery te są rozbudowywane tak, aby spełniały wszystkie funkcje dużych urządzeń).

Nowe podejście do kontrolerów robotów, zaprezentowane w ostatnim czasie przez firmę Mitsubishi w postaci rozproszonej i w pełni skalowalnej platformy iQ pracującej na tej samej



Rys. 7. Koncepcja zintegrowanego systemu wizyjnego

(Źródło: ABB)



Rys. 8. Kontroler firmy KUKA

(Źródło: KUKA)



Rys. 9. Kontrolery kompaktowe firm: od lewej FANUC, ABB, KUKA

(Źródło: FANUC, ABB, KUKA)



Rys. 10. Platforma modułowa iQ firmy Mitsubishi

(Źródło: Mitsubishi)

płycie bazowej, wydaje się lekarstwem na często spotykaną różnorodność sprzętu i systemów sterowania całą linią technologiczną u jednego przedsiębiorcy (rys. 10). Wśród głównych elementów systemu iQ należy wyróżnić jednostki: sterownika PLC, robota, maszyny CNC, systemu sterowania wieloma osiami serwo, procesową, komputera PC oraz systemu programowanego w języku C/C++. W związku z tym, że poszczególne

jednostki mają niezależne procesory, zapewniają wielozadaniową niezależną pracę, przy czym ich montaż na jednej płycie pozwala na szybkie wzajemne komunikowanie się i pełną wymianę informacji. Kolejnym udogodnieniem w omawianym przykładzie jest wykorzystanie jednej platformy programistycznej iQ Works dla wszystkich elementów systemu, co sprawia, że wszystkie procesory mogą pracować na tych samych danych. Spięcie z innymi platformami jest realizowane najczęściej za pomocą sieci Ethernet (CC-link lub TCP/IP). Zaproponowana platforma iQ może pełnić również funkcje systemu bezpieczeństwa, wówczas w jej skład wchodzi moduł sterownika bezpieczeństwa połączony z urządzeniami bezpieczeństwa (np. kurtyną świetlną) za pomocą sieci CC-link Safety.

### Rozwój paneli operatorów – paneli Teach Pendant

W latach 70. ubiegłego wieku programatory robotów przemysłowych były wyposażone w kilka diod i kilkanaście przycisków do programowania. Do dzisiaj przekształciły się w panele dotykowe wyposażone w zaawansowane i intuicyjne systemy okienkowe (rys. 11). Producenci podkreślają, że najnowsze generacje paneli charakteryzują się mniejszymi gabarytami i masą, mają interfejsy USB i są bardziej energooszczędne.

Obok zmian konstrukcji ciągle zmienia się również funkcjonalność programatorów, a instalowane na nich oprogramowanie jest bardziej intuicyjne (często oparte na Windows: KUKA,



Rys. 11. Panele: TP5 firmy COMAU, smartPAD firmy KUKA, FlexPendant firmy ABB

(Źródło: COMAU, KUKA, opracowanie własne)

ABB, FANUC). Implementowanie nowych funkcji, które wcześniej były realizowane przez dodatkowe komputery, integruje programowo środowiska i pozwala na skrócenie czasu szkolenia operatorów oraz tworzenia i testowania programów. Przykładem jest Teach Pendant firmy FANUC, wyposażony w opcję 4D (rys. 12), który umożliwia programowanie i uruchamianie procesów wizyjnych bezpośrednio z panelu, jak również wizualizację stref bezpieczeństwa systemu DCS czy najnowszego rozwiązania firmy FANUC, narzędzia Intelligent Interference Check, pozwalającego na programowanie współpracy robotów i unikanie w sposób dynamiczny kolizji między robotami i między elementami stanowisk. Dzięki dodatkowej funkcjonalności w najnowszej wersji oprogramowania Roboguide istnieje możliwość przeniesienia wizualizacji całego stanowiska

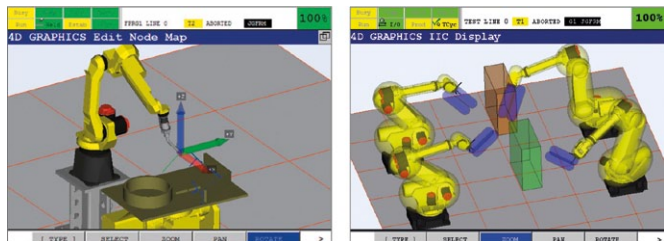
reklama

# MEGADYNE MANY SOLUTIONS JUST ONE PARTNER

ALUMINIUM  
AUTOMOTIVE & TYRE  
ELEVATORS  
FITNESS  
FOOD & BEVERAGE  
MATERIAL HANDLING  
**PACKAGING**  
PAPER & PRINT  
ROBOTICS & AUTOMATION

We work with original equipment manufacturers and aftermarket distributors, delivering solutions to the packaging applications: from standard products to special reworked belts and coated belts, designed with industry decision makers.

[www.megadynegroup.com](http://www.megadynegroup.com) | [info@megadynegroup.com](mailto:info@megadynegroup.com)



Rys. 12. Okno Teach Pendanta z wizualizacją stanowiska oraz z wizualizacją stref systemu IIC (Źródło: FANUC)



Rys. 13. FlexPendant firmy ABB z aplikacją dla operatora opracowaną w programie ScreenMaker (Źródło: opracowanie własne na podstawie RobotStudio)

zrobotyzowanego i obserwowania go w oknie panelu Teach Pendant.

Kolejnym przykładem trendów rozwojowych jest możliwość tworzenia aplikacji lub makr (również okienkowych). Aplikacje te mogą wspierać operatorów podczas obsługi robotów przy realizacji zadań lub umożliwiać przeprogramowanie robota (w pewnym określonym zakresie) bez konieczności znajomości specjalistycznego języka programowania (rys. 13). Do niedawna aplikacje takie były tworzone w językach wysokiego poziomu, m.in. C++, C# i Virtual Basic. Dzisiaj firma ABB udostępnia w pełni zintegrowany z RobotStudio program ScreenMaker, co znacznie upraszcza cały proces programowania [11.3].

## Rozwój systemów bezpieczeństwa robotów przemysłowych

Trendy rozwoju robotyzacji wielu specjalistów ocenia w pryzmacie zmian, jakie zachodzą w systemach bezpieczeństwa. Obecnie na wszystkich sympozjach związanych z robotami przemysłowymi są poruszane tematy wdrażania systemów bezpieczeństwa, które zastąpiłyby osłony oraz ogrodzenia i pozwoliłyby na pełną współpracę ludzi z maszynami. Rozwój ten z pewnością ułatwi projektowanie i programowanie zrobotyzowanych komór produkcyjnych oraz zwiększy elastyczność i wydajność produkcyjną. Komitet RIA, odpowiedzialny za standaryzację norm bezpieczeństwa zwłaszcza pod kątem obniżania ryzyka utraty życia i zdrowia oraz ograniczenia odpowiedzialności, aktualizuje standardy dotyczące tych zagadnień.

Głównym celem jest obniżenie kosztów i zwiększenie liczby funkcji bezpieczeństwa wbudowanych w roboty. Na obecnym



Rys. 14. Symulacja systemu bezpieczeństwa Cubic-S firmy Kawasaki

(Źródło: ASTOR)

etapie zmiany te dotyczą zarówno aplikacji z osłonami, jak i kooperacji człowieka z robotem. Te ostatnie to przede wszystkim ograniczenie siły i mocy urządzeń (Technical Specifications 15066).

Producenci robotów przemysłowych również w tej dziedzinie proponują pionierskie rozwiązania (np. SafeMove firmy ABB, Safe Motion firmy COMAU, DCS – Dual Check Safety firmy FANUC, Cubic-S firmy Kawasaki – rys. 14). Jednym z nich jest możliwość dokładnego określenia stref pracy narzędzia w przestrzeni roboczej. Oprócz stosowania ograniczników mechanicznych systemy robotów już teraz zawierają rozbudowane oprogramowanie, zapewniające bezpieczeństwo i przewidujące ruchy robota. Wykorzystanie geometrycznych i prędkościowych ograniczeń z zapewnieniem automatycznej pracy pozwala na zwiększenie elastyczności interakcji człowieka z maszyną oraz zdolność bieżącej obsługi robotów.

Jednocześnie systemy tego typu redukują liczbę urządzeń bezpieczeństwa (kurtyn świetlnych, mechanicznych wyłączników, przekaźników bezpieczeństwa itp.).

Trend rozwoju tego typu systemów łatwo zauważyć na przykładzie systemu DCS, w którym, zgodnie z normą EN ISO 13849, ocena ryzyka jest na poziomie klasy 4 (co oznacza najwyższą, porównywalną z klasyfikacją dotyczącą załadunku prasy ręcznej).

Przykłady możliwości bezpośredniej współpracy człowieka z robotem były przedstawiane szeroko na Targach Automatica w 2014 r. Firma KUKA zaprezentowała szereg aplikacji (m.in.: adaptacyjny montaż, asystenta medycznego oraz asystenta w kuchni i telewizji), w których szczególną rolę odgrywały właściwości czuciowe robota z systemem LBR iiwa (ang. *Intelligent Industrial Work Assistant*) i które mogły funkcjonować w dowolnej konfiguracji w zależności od wymagań aplikacji. Przygotowane prezentacje funkcjonowały bez fizycznych układów bezpieczeństwa (np. barier, ogrodzeń) i umożliwiały realizację sterowania za pomocą prostych gestów.



Rys. 15. Robot firmy KUKA z kamerą w studiu telewizyjnym (Źródło: KUKA)

Jedną z aplikacji było wykorzystanie robota jako nosiciela kamery z teleprompterem. Rozwiązanie takie pozwoliło na płynną (bez drgań) i cichą zmianę położenia kamery oraz pełną współpracę robota (mającego we wszystkich osiach czujniki momentowe) z personelem studia (rys. 15).

Kolejnym przykładem bezpośredniej współpracy człowieka z robotem jest asystent montażu. Wiele zadań realizowanych na zautomatyzowanych liniach produkcyjnych wymaga wysokiej precyzji. Przykładem jest pozycjonowanie i klejenie szklanych paneli wyświetlaczy (rys. 16). Robot w tym przypadku (bez użycia dodatkowych czujników zewnętrznych) wykrywa krawędzie ramki, określa optymalne położenie montowanego panelu i precyzyjnie go montuje. Dzięki zastosowaniu nowoczesnej



Rys. 16. Robot firmy KUKA precyzyjnie układający szklane panele

(Źródło: KUKA)

technologii człowiek może wykonywać część operacji (np. układać ramki na stole montażowym z nieuporządkowanego magazynu).

Bibliografia dostępna pod linkiem: [www.nis.com.pl/bibliografia.html](http://www.nis.com.pl/bibliografia.html)

Fragment pochodzi z książki: W. Kaczmarek, J. Panasiuk, *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017

reklama





# BEFARED

Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów



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

**[www.befared.pl](http://www.befared.pl)**

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

# Systemy bezpieczeństwa na stanowiskach zrobotyzowanych

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

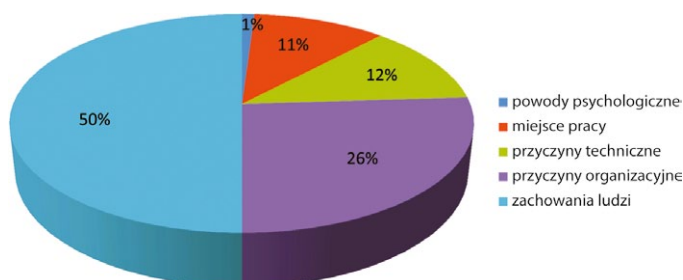
**B**ezpieczeństwo jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka, jest stanem dającym poczucie pewności istnienia i gwarancje jego zachowania oraz szansę na doskonalenie.

Bezpieczeństwo odznacza się brakiem ryzyka utraty czegoś dla podmiotu szczególnie cennego, m.in. życia, zdrowia i dóbr (materialnych i niematerialnych). W odniesieniu do stanowisk zrobotyzowanych stanowi ono bardzo szeroki zakres wiedzy oraz kompetencji i odgrywa ważną rolę na etapach projektowania, wytwarzania i eksploatacji zarówno maszyn, jak i całych stanowisk produkcyjnych.

Wszystkie koncepcje bezpieczeństwa mają wspólną cechę w postaci sposobu postępowania, na który się składają:

- wyznaczenie chronionego obiektu oraz celów ochrony;
- analiza scenariuszy uszkodzeń;
- ocena prawdopodobieństwa nastąpienia i potencjalnego stopnia szkód;
- zaprojektowanie działań mających na celu zredukowanie prawdopodobieństwa nastąpienia/wysokości szkód;
- planowanie działań oraz udostępnienia środków do zwalczania i ograniczania szkód, jeśli ryzyko jest przekonujące;
- analiza własnego ryzyka tolerowanego oraz akceptacji ryzyka resztkowego.

Personel obsługujący zrobotyzowane stanowiska produkcyjne ma ciągły kontakt z urządzeniami niebezpiecznymi, dlatego tak ważne jest prawidłowe stosowanie norm i dyrektyw bezpieczeństwa. Na zautomatyzowanych liniach produkcyjnych sytuacje krytyczne często powstają pod presją czasu, na przykład w celu usunięcia usterki w jednym urządzeniu konieczne jest zatrzymanie całego procesu. Badania naukowe dowodzą, że przyczyną połowy wypadków przy pracy jest zachowanie pracowników (rys. 1).



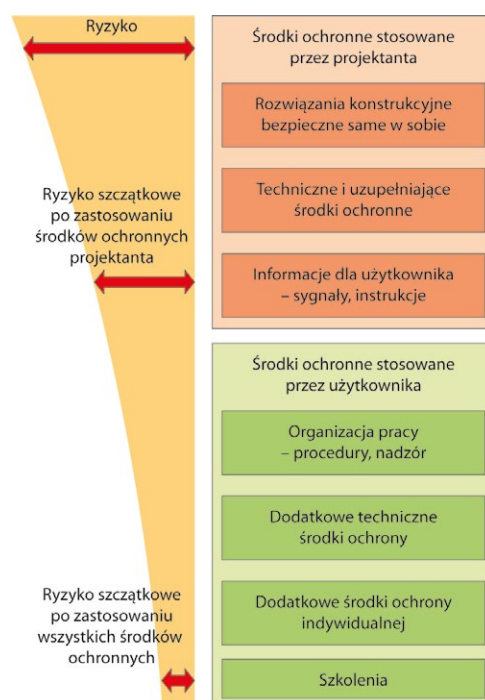
Rys. 1. Przyczyny wypadków w przemyśle

## Bezpieczeństwo maszyn w aspekcie wymagań zawartych w normach

Głównymi aktami prawnymi dotyczącymi wymagań dla maszyn są:

- Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE lub rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. Nr 199, poz. 1228) – dotyczy projektantów i producentów;
- Dyrektywa 2009/104/WE lub rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz.U. Nr 191, poz. 1596) – dotyczy pracodawców (instalowanie i użytkowanie).

Ogólna strategia stosowania środków ochronnych w maszynach jest określona w normie PN-EN 12100:2012. Według niej zmniejszenie ryzyka mogącego wystąpić w urządzeniu odbywa się w dwóch etapach: projektowania i wytworzenia urządzenia (1 etap) oraz jego instalacji i użytkowania (2 etap) – (rys. 2).



Rys. 2. Ogólna strategia stosowania środków ochronnych w odniesieniu do maszyn

(Źródło: norma PN-EN 12100)



Odpowiednie projektowanie maszyn zarówno pod względem konstrukcyjnym, jak i programowym pozwala na skuteczne wdrożenie działań, które będą odgrywały znaczącą rolę podczas ich eksploatacji. Już na tym etapie należy zwrócić szczególną uwagę na:

- dobór materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych, które będą stwarzały jak najmniej zagrożeń – rozwiązania konstrukcyjne bezpieczne same w sobie;
- eliminację zagrożeń niedających się wyeliminować poprzez dobór materiałów i rozwiązań technicznych, lecz przez zastosowanie technicznych środków bezpieczeństwa (np. osłon) – techniczne środki ochronne i uzupełniające środki ochronne;
- wyeliminowanie poziomu ryzyka resztkowego, które może zostać zredukowane jedynie przez użytkownika maszyny przez stosowanie znaków informacyjnych i ostrzegawczych na maszynach, sygnałów i urządzeń ostrzegawczych (np.: świetlnych i dźwiękowych) oraz informacji o zagrożeniach w instrukcji obsługi – informacje o ryzyku resztkowym.

Na zwiększenie bezpieczeństwa maszyny znaczący wpływ ma użytkownik maszyny, który powinien korzystać z informacji przekazanych mu przez producenta maszyny (znaki i ostrzeżenia zamieszczone na maszynie oraz informacje w instrukcji obsługi – §41 rozporządzenia w sprawie ogólnych wymagań bhp MPiPS (Dz.U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650) i pamiętać o zagrożeniach, na jakie może być narażony podczas użytkowania urządzenia zgodnie z przeznaczeniem. Kolejnym ważnym elementem zmniejszającym poziom ryzyka, który zależy od użytkownika, jest odpowiednia organizacja pracy. Pozwala ona uporządkować działania osób użytkujących maszynę w taki sposób, aby w możliwie najmniejszym stopniu narażały ich na niebezpieczeństwo. Pracodawca lub użytkownik urządzenia może również stosować środki ochrony indywidualnej oraz dodatkowe techniczne środki ochronne, które nie zostały wprowadzone przez producenta, a mogą poprawić komfort i bezpieczeństwo pracy użytkownika. Należy też pamiętać

o szkoleniach, ponieważ nawet najlepsze systemy zabezpieczeń i środki ochrony nie ochronią pracownika, który nie będzie miał dostatecznej wiedzy o urządzeniu i zagrożeniach, jakie niesie niewłaściwe jego użytkowanie.

Niezmiernie ważnym problemem jest odpowiednie skonfigurowanie układu sterowania, w którym można wyróżnić dwie funkcje: bezpieczeństwa i sterowania technologicznego, co często prowadzi do wyposażenia stanowisk/maszyny w dwa niezależne układy ściśle ze sobą współpracujące. Należy zaznaczyć, że wszystkie funkcje związane z bezpieczeństwem są nadrzędne w stosunku do funkcji sterowania technologicznego.

Warunkiem koniecznym spełnienia wymagań bezpieczeństwa jest korzystanie z certyfikowanego sprzętu, a warunkiem wystarczającym – uzyskanie za pomocą elementów sterowania właściwych funkcji sterowania bezpieczeństwem (m.in.: funkcja zatrzymania awaryjnego, funkcja zapobiegania niespodziewanemu uruchomieniu).

### Kategorie bezpieczeństwa

Zrozumienie podstaw realizacji układów sterowania bezpieczeństwem maszyny jest możliwe dzięki układowi odniesienia, który określa konieczny w danym przypadku poziom bezpieczny (kategorię bezpieczeństwa) dla maszyny lub jej części/sekcji. Zdefiniowane w normie PN-EN ISO 13849-1 kategorie bezpieczeństwa maszyny zostały podzielone na:

- kategorię bezpieczeństwa B;
- pierwszą kategorię bezpieczeństwa;
- drugą kategorię bezpieczeństwa;
- trzecią kategorię bezpieczeństwa;
- czwartą kategorię bezpieczeństwa.

### Kategoria bezpieczeństwa B

Kategoria bezpieczeństwa B jest podstawą do pozostałych kategorii, tzn., że w każdym przypadku wraz z wymaganiami kategorii B muszą zostać spełnione wymagania specyficzne dla danej kategorii (rys. 3).

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.

**LEAB** – Systemy zasilania pojazdów ratowniczych, pożarniczych i medycznych w prąd i sprężone powietrze.

**A.M.I.** – Panele sygnalizacyjne i alarmowe.

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławnice do kabli.

**BREVETTI** – Tworzywowe i stalowe przewodniki kabli.

**CATTRON** – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania radiowego.

**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

**MARECHAL** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

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





**Rys. 3.** Architektura układu bezpieczeństwa dla kategorii 0 i 1

(Źródło: norma PN-EN ISO 13849-1)

Kategoria bezpieczeństwa B wymaga, aby elementy systemu sterowania związane z bezpieczeństwem były zaprojektowane, dobrane, zbudowane i zestawione oraz zmontowane w sposób zgodny z odpowiednimi normami, zaleceniami producentów oraz z zachowaniem podstawowych zasad bezpieczeństwa dla określonego zastosowania, tak aby mogły sprostać spodziewanym narażeniom związanym z pracą, takim jak używanie materiałów technologicznych (np. smary, środki myjące), a także wpływowi znaczących czynników zewnętrznych (np. drgania, pole elektromagnetyczne). Kategoria ta dopuszcza wystąpienie awarii, która może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa.

W układach kategorii B nie ma pokrycia diagnostycznego ( $DC_{avg}$  = bez diagnostyki), a MTTFD (średni czas do uszkodzenia niebezpiecznego) każdego kanału może być niski do średniego. Takich struktur (zwykle systemy jednokanałowe) nie dotyczy rozważanie CCF (uszkodzenie o wspólnej przyczynie). Maksymalny PL (poziom zapewnienia bezpieczeństwa) osiągalny w kategorii B wynosi  $PL = b$  (patrz rys. 6).

**Pierwsza kategoria bezpieczeństwa**

Spełnienie wymagań pierwszej kategorii bezpieczeństwa (rys. 3) zakłada konieczność spełnienia wymagań kategorii B oraz dodatkowo wymaga stosowania wypróbowanych elementów składowych (powszechnie używanych w przeszłości lub wytworzonych i zweryfikowanych według stosownych zasad) oraz sprawdzonych zasad bezpieczeństwa zgodnych z zasadami sztuki inżynierskiej (ISO 13849-2).

Sprawdzone zasady bezpieczeństwa to:

- zapobieganie określonym defektom (np. zwarciom);
- minimalizacja prawdopodobieństwa wystąpienia określonych defektów (np. nieobciążanie obwodów w sposób maksymalny);
- ukierunkowanie na określony rodzaj defektu (np. funkcja otwarcia obwodu w wypadku konieczności odcięcia dostawy energii po wykryciu defektu);
- bardzo wczesne wykrywanie defektu;
- ograniczanie skutku defektu (np. wyłączanie w przypadku przebicia izolacji).

Kategoria ta dopuszcza wystąpienie defektu, który może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa, ale prawdopodobieństwo defektu jest mniejsze niż w przypadku kategorii B.

W układach kategorii 1 nie ma pokrycia diagnostycznego ( $DC_{avg}$  = bez diagnostyki), a MTTFD każdego kanału powinien być wysoki. Takich struktur (zwykle systemy jednokanałowe) nie dotyczy rozważanie CCF (uszkodzenie o wspólnej przyczynie). Maksymalny osiągalny PL dla kategorii 1 wynosi  $PL = c$  (rys. 6).

**Druaga kategoria bezpieczeństwa**

Spełnienie wymagań drugiej kategorii bezpieczeństwa (rys. 4) zakłada konieczność spełnienia wymagań kategorii B i zastosowanie sprawdzonych zasad bezpieczeństwa oraz dodatkowo okresowego (we właściwych odstępach czasu) sprawdzania funkcji bezpieczeństwa przez system sterowania maszyny (okresowa autokontrola).

Urządzenia wchodzące w skład układu bezpieczeństwa muszą więc być wyposażone w opcję testowania poprawności funkcjonowania zarówno układu, jak i samych siebie, m.in.:

- podczas uruchamiania maszyny;
- przed wystąpieniem sytuacji zagrożenia (np.: rozpoczęcie nowego cyklu);
- okresowo w czasie pracy (ze względu na rodzaj pracy lub wyniki oceny ryzyka).

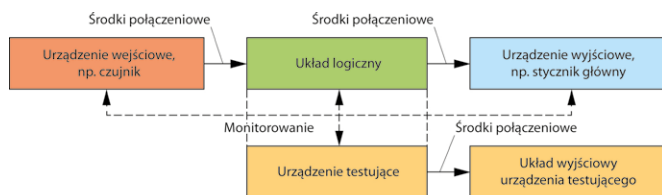
Kategoria ta dopuszcza wystąpienie defektu, który może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa między sprawdzeniami (wykrycie utraty funkcji następuje podczas sprawdzenia).

Pokrycie diagnostyczne ( $DC_{avg}$ ) kanału funkcjonalnego powinno być co najmniej niskie. MTTFD każdego kanału powinien być od niskiego do wysokiego, zależnie od wymaganego poziomu zapewnienia bezpieczeństwa (PLr). Należy zastosować środki zapobiegania CCF (norma PN-EN ISO 13849-1, Załącznik F). Maksymalny osiągalny PL dla kategorii 2 wynosi  $PL = d$  (rys. 6).

**Trzecia kategoria bezpieczeństwa**

Spełnienie wymagań trzeciej kategorii bezpieczeństwa (rys. 5) zakłada konieczność spełnienia wymagań kategorii B i zastosowanie sprawdzonych zasad bezpieczeństwa.

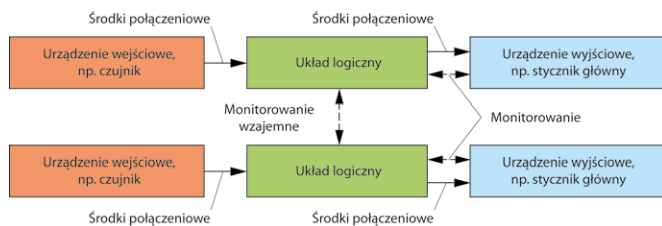
Elementy związane z bezpieczeństwem powinny być tak zaprojektowane, aby pojedynczy defekt w układzie bezpieczeństwa nie powodował utraty funkcji bezpieczeństwa danego



Liniami przerywanymi przedstawiono uzasadnione praktycznie wykrywanie defektów.

**Rys. 4.** Architektura układu bezpieczeństwa dla kategorii 2

(Źródło: norma PN-EN ISO 13849-1)



Liniami przerywanymi przedstawiono uzasadnione praktycznie wykrywanie defektów.

**Rys. 5.** Architektura układu bezpieczeństwa dla kategorii 3 i 4

(Źródło: norma PN-EN ISO 13849-1)

elementu oraz w uzasadnionych przypadkach powinien on być wykrywany natychmiast lub przed następnym przywołaniem funkcji bezpieczeństwa.

Kluczowa jest tu analiza efektów znaczących defektów, dla których istnieje wysokie prawdopodobieństwo utraty funkcji bezpieczeństwa. Obszary te muszą być monitorowane w celu wykrycia defektu co najmniej przed najbliższym w czasie wywołaniem funkcji bezpieczeństwa. Wobec powyższego należy się jednak spodziewać, że w szczególnym przypadku może nastąpić utrata funkcji bezpieczeństwa w wyniku nagromadzenia się defektów, jednak prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest oczywiście wielokrotnie niższe niż defektu pojedynczego. W projektowaniu układów bezpieczeństwa należy zatem przeprowadzić analizę w kierunku następstw ewentualnych uszkodzeń oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia.

Typowymi przykładami praktycznych działań zmierzających do wykrycia defektów jest wykorzystanie zwrotnej informacji z połączonych mechanicznie styków przekaźnika lub monitorowanie redundancyjnych wyjść elektrycznych.

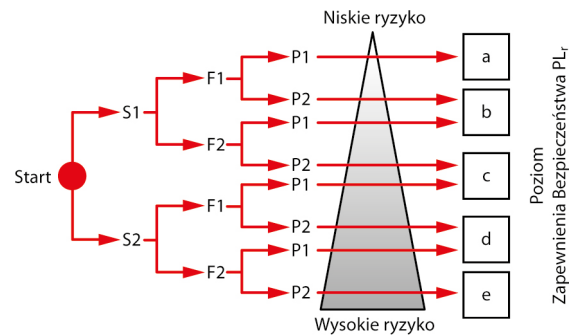
Pokrycie diagnostyczne (DCavg) całego SRP/CS (element systemu sterowania związany z bezpieczeństwem) powinno być co najmniej niskie. MTTFD każdego z redundantnych kanałów powinny być niskie do wysokich, zależnie od PLr. Należy zastosować środki zapobiegania CCF (norma PN-EN ISO 13849-1, Załącznik F).

**Czwarta kategoria bezpieczeństwa**

Spełnienie wymagań czwartej kategorii bezpieczeństwa zakłada konieczność spełnienia wymagań kategorii B i zastosowanie sprawdzonych zasad bezpieczeństwa.

Elementy związane z bezpieczeństwem powinny być tak zaprojektowane, aby:

- pojedynczy defekt w dowolnym elemencie nie powodował utraty funkcji bezpieczeństwa;
- pojedynczy defekt był wykrywany natychmiast lub przed następnym przywołaniem funkcji bezpieczeństwa;



**Rys. 6.** Schemat analizy ryzyka:

S – stopień groźby uszkodzenia ciała; S1 – uszkodzenie ciała z możliwością leczenia; S2 – uszkodzenie ciała bez możliwości leczenia lub śmierć; F – częstość i czas istnienia zagrożenia; F1 – rzadko, krótki czas narażenia; F2 – często, długi czas narażenia; P – możliwość uniknięcia zagrożenia; P1 – możliwe w specjalnych warunkach; P2 – raczej niemożliwe

(Źródło: norma PN-EN ISO 13849-1)

- ewentualne nagromadzenie się defektów nie powinno powodować utraty funkcji bezpieczeństwa.

Po wystąpieniu pojedynczego defektu funkcja bezpieczeństwa jest zawsze spełniona. W przypadku wielu błędów są one wykrywane w odpowiednim czasie, aby zapobiec utracie funkcji bezpieczeństwa (nagromadzenie niewykrytych defektów jest brane pod uwagę).

Pokrycie diagnostyczne (DCavg) całego SRP/CS powinno być wysokie, łącznie z nagromadzeniem defektów. MTTFD każdego z redundantnych kanałów powinien być wysoki. Należy zastosować środki zapobiegania CCF (norma PN-EN ISO 13849-1, Załącznik F). Różnica pomiędzy kategoriami 3 i 4 sprowadza się do tego, że w kategorii 4 jest wyższe pokrycie diagnostyczne (DCavg), a średni czas do uszkodzenia niebezpiecznego (MTTFD) każdego kanału jest „wysoki” (norma

reklama



- **Przekładnie i motoreduktory**  
walcowe, walcowo stożkowe, ślimakowe, planetarne, wariatory
- **Silniki elektryczne**
- **Siłowniki śrubowe**
- **Sprzęgła przemysłowe**
- **Łańcuchy przemysłowe**

**IOW TRADE Sp. z o.o.**  
**Ul. Zwoleńska 17 | 04-761 Warszawa**  
**+48 22 51256 81 | www.iowtrade.pl | dr@iow.pl**



PN-EN ISO 13849-1). Stąd architektura dedykowana do kategorii 4 jest zgodna z rysunkiem 5 (przedstawione na rys. 5 liniami przerywanymi pokrycie diagnostyczne jest wyższe niż w architekturze kategorii 3).

### Kategorie zatrzymania awaryjnego jako mechanizm kategorii bezpieczeństwa

Wymaganie danej kategorii bezpieczeństwa dla maszyny (norma PN-EN ISO 13849-1) wynika z analizy ryzyka (rys. 6), w której danymi wejściowymi są rodzaje zagrożeń, na jakie jest narażony operator obsługujący maszynę. Podczas przeprowadzania analizy ustala się potencjalną ciężkość urazów, częstość i czas narażenia oraz możliwość przeciwdziałania powstawaniu tych urazów. Wynikiem analizy jest poziom zapewnienia bezpieczeństwa (np. układem zatrzymania awaryjnego).

Implementację kategorii zatrzymania awaryjnego w maszynach szczególnie łatwo można zaobserwować w kontrolerach robotów przemysłowych, gdzie operator może programowo wpływać na sposób zatrzymania (kontrolowanego/niekontrolowanego) urządzenia dzięki odpowiedniemu skonfigurowaniu parametrów systemowych. Manipulatory robotów z uwagi na posiadane człony z osiami aktywnymi (wyposażone w układy napędowe) stanowią szczególne zagrożenie, gdyż w pewnych przypadkach napędy nawet po wyłączeniu zasilania mogą nie zatrzymać się natychmiast, co stwarza dodatkowe zagrożenie. Aby to zagrożenie wyeliminować lub zminimalizować, konieczne jest stosowanie układów awaryjnego zatrzymania (np. zatrzymanie awaryjne, nadrzędne, trybu automatycznego). W celu rozwiązania tego ważnego problemu w normie PN-EN 60204-1 zdefiniowano trzy typy stopu awaryjnego (kategorie zatrzymania). Parametrami bezpiecznego zatrzymania napędu w maszynie są: kategoria bezpieczeństwa i typ „stop”. Kategoria bezpieczeństwa określa niezawodność wykonania polecenia zatrzymania, natomiast typ „stop” sposób jego przeprowadzenia. Norma PN-EN 60204-1 wyróżnia trzy kategorie zatrzymania dla układów napędowych:

- zerowa kategoria zatrzymania awaryjnego (stop typu 0) – zatrzymanie niekontrolowane, przez bezzwłoczne odłączenie zasilania od napędów;
- pierwsza kategoria zatrzymania (stop typu 1) – zatrzymanie kontrolowane, przez odłączenie zasilania od napędów po uprzednim ich zatrzymaniu;
- druga kategoria zatrzymania (stop typu 2) – zatrzymanie kontrolowane z pozostawieniem zasilania napędów (w praktyce: zatrzymanie napędu lub przejście do zadanej prędkości bezpiecznej).

### Zerowa kategoria zatrzymania awaryjnego

Zatrzymanie zgodne z zerową kategorią zatrzymania awaryjnego następuje wtedy, gdy natychmiastowe wyłączenie zasilania nie powoduje dodatkowego zagrożenia, na przykład gdy napęd jest samohamowny. Oznacza to, że obciążenie ma naturę samohamowności (ma duży moment czynny oraz mały moment bezwładności).

Charakter obciążenia można zmodyfikować za pomocą dodatkowych urządzeń, takich jak hamulce, luzowniki, sprzęgła czy osłony stałe, które wprowadzone w skład układu

napędowego pozwalają na jego bezpieczne zatrzymanie. Urządzenia te muszą jednak spełniać wymagania dotyczące bezpieczeństwa maszyn.

Używając zatem hamulca bezpieczeństwa, możliwe jest awaryjne skokowe zwiększenie momentu oporowego, które może kompensować działanie momentu bezwładności.

### Pierwsza kategoria zatrzymania awaryjnego

Pierwszą kategorię zatrzymania awaryjnego należy stosować w przypadku, gdy awaryjne wyłączenie maszyny stwarza zagrożenie spowodowane niehamowanym wybiegiem. Konieczne jest wtedy wykonanie procedury hamowania dynamicznego (aktywnego) i dopiero później odłączenie zasilania.

### Druga kategoria zatrzymania awaryjnego

Druga kategoria zatrzymania awaryjnego jest przeznaczona do stosowania w układach, w których pozbawienie zasilania stwarzałoby dodatkowe zagrożenie. W takim przypadku należy również zapewnić zatrzymanie osi napędowych lub przejście do prędkości bezpiecznego „pełzania”. Niemniej jednak, gdy maszyna faktycznie się nie zatrzymuje, a dany napęd porusza się z prędkością, której wartość jest w danym przypadku uznana za bezpieczną, przede wszystkim należy wyeliminować możliwość niekontrolowanego przyspieszenia.

### Bezpieczeństwo w zrobotyzowanej komorze produkcyjnej

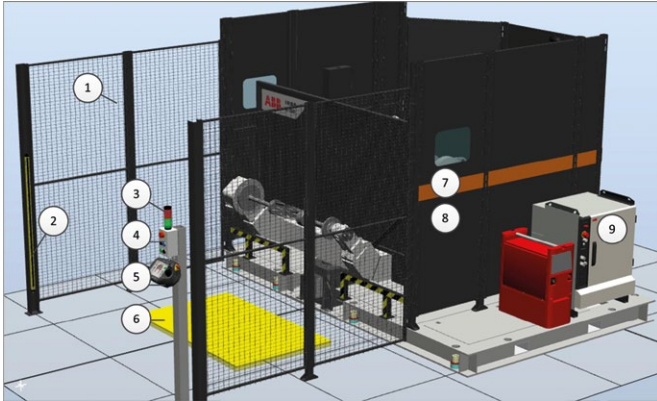
Bezpośredni kontakt personelu z robotem przemysłowym oraz urządzeniami wchodzącymi w skład zrobotyzowanej komory produkcyjnej może mieć miejsce w czasie programowania robota, podczas pracy robota (gdzie w jego zasięgu znajdzie się człowiek) oraz podczas napraw i konserwacji. Dlatego konieczne jest przestrzeganie obowiązujących zasad, do których zalicza się:

- zmniejszenie prędkości ruchu robota do 250 mm/s;
- uczenie robota w obecności dwóch osób (jedna z nich powinna mieć ciągły bezpośredni dostęp do przycisku bezpieczeństwa umożliwiającego zatrzymanie robota);
- widoczne odłączenie zasilania w czasie konserwacji i napraw;
- zakaz pominięcia elementów bezpieczeństwa, na przykład przez blokowanie wyłączników krańcowych;
- unikanie pośpiechu i niedbałości [I.14].

Ponadto zrobotyzowana komora produkcyjna powinna być odpowiednio przygotowana, aby zabezpieczyć ludzi obsługujących urządzenia wchodzące w jej skład, m.in. przez:

- bezpieczne rozmieszczenie współpracujących urządzeń (zapobieganie kolizji współpracujących urządzeń);
- wykluczenie przypadkowego wkroczenia obsługi w strefę zagrożenia;
- instalację przycisków stopu bezpieczeństwa w odpowiednich miejscach;
- oznakowanie stref niebezpiecznych;
- dobór pracowników pod względem kwalifikacji.

Pracownicy mający bezpośredni dostęp do robota powinni być sklasyfikowani (również przy użyciu systemu autoryzacji robota). Zazwyczaj stosuje się podział na:



Rys. 7. Przykład zrobotyzowanej celi spawalniczej z elementami systemu bezpieczeństwa: 1 – ogrodzenie; 2 – kurtyna świetlna; 3 – kolumna sygnalizacyjna; 4 – pulpit operatora z przyciskiem bezpieczeństwa; 5 – panel nauczania; 6 – mata bezpieczeństwa; 7 – bramka; 8 – wyłącznik pozycyjny; 9 – przekaźnik bezpieczeństwa zamontowany w szafie sterowniczej robota

- operatorów, którzy mają dostęp do włączania/wyłączania robota oraz uruchamiania programów robota, bez dostępu do wnętrza strefy ochronnej;
- programistów, którzy obsługują i programują robota, z dostępem do wnętrza strefy ochronnej;
- inżynierów utrzymania ruchu, którzy obsługują, programują i konserwują robota, z dostępem do wnętrza strefy ochronnej. Strefy ochronne dzieli się na poziomy:
- poziom 1: wykrywanie obecności człowieka na granicy stanowiska zrobotyzowanego;
- poziom 2: wykrywanie obecności człowieka w obszarze stanowiska;
- poziom 3: wykrywanie obecności człowieka podczas bezpośredniego kontaktu z robotem lub w niewielkiej odległości od ramienia robota.

Konfiguracja systemu bezpieczeństwa zrobotyzowanej komory produkcyjnej powinna być dostosowana do konkretnej aplikacji i najczęściej polega na podłączeniu różnego typu komponentów bezpieczeństwa (barier i kurtyn świetlnych, wyłączników, modułów, mat, skanerów, kamer, czujników itp.) przez przekaźnik bezpieczeństwa (np. uniwersalny przekaźnik bezpieczeństwa z rodziny G9SX firmy OMRON) do wejść bezpieczeństwa w kontrolerze robota (rys. 7). W przypadku bardzo rozbudowanych systemów do ich obsługi są stosowane sterowniki bezpieczeństwa (np. Flexi Soft firmy SICK).

Projekt systemu zrobotyzowanego (np. rys. 7) musi uwzględniać wymagania zawarte w normie EN ISO 10218 i w załączniku I do dyrektywy dotyczącej maszyn, a jego wyposażenie elektryczne musi być zgodne z normą EN60204-1. Oznacza to m.in., że jeżeli dojdzie do uszkodzenia systemu, pozostanie on bezpieczny (defekt kontrolowany). Ponadto konieczne jest zdefiniowanie strefy chronionej, składającej się ze strefy ograniczonego dostępu oraz dodatkowej, wynikającej z analizy oceny ryzyka. Dostęp do panelu operatora (zamieszczonego przed barierą bezpieczeństwa) nie może być w żaden

sposób ograniczony, a jego usytuowanie powinno zapewniać wykonanie wszystkich operacji bez ograniczenia widoczności stanowiska.

Wszystkie elementy stanowiska muszą być zamocowane na stabilnym podłożu (zwłaszcza robot) w takiej konfiguracji, aby istniała możliwość przeprowadzania przeglądów i konserwacji. W przypadku uruchamiania zrobotyzowanych stanowisk na ograniczonej przestrzeni, gdzie wymuszone jest zmniejszenie strefy ograniczonego dostępu, w robotach dopuszczone jest stosowanie – spełniających wszystkie normy bezpieczeństwa – mechanicznych i programowych ograniczników ruchu.

Odstępstwa od zachowania pełnych wymagań bezpieczeństwa (czas produkcji) są możliwe tylko w szczególnych przypadkach (np. uruchamianie, konserwacja, obsługa systemu), ale należy wówczas pamiętać o zachowaniu bezpiecznych procedur pracy.

W przypadku stanowisk w pełni zautomatyzowanych (czego przykładem są stanowiska do paletyzacji produktów) podstawowym elementem systemu bezpieczeństwa są najczęściej ogrodzenia z uwagi na możliwość bezpiecznego i jednoznacznego wydzielenia przestrzeni roboczej, do której wstęp jest zwykle możliwy przez bramkę mechaniczną (z blokadą bezpieczeństwa), lub przejście z kurtyną bezpieczeństwa. Na rysunku 8 przedstawiono jedno z dwóch zrobotyzowanych stanowisk do paletyzacji wiader o pojemnościach 3, 5, 10 i 15 l z dwóch linii rozlewniczych uruchomionych w Fabryce Farb

reklama

SARIV  
TECHNIKA ŁĄCZENIA

**DZIAŁAMY TAK,  
ABY  
WRACAŁ  
KLIENT,  
NIE TOWAR.**

Produkty dopasowane do potrzeb.  
Kompleksowa obsługa.  
Sprawdzona jakość.

www.sariv.pl



Rys. 8. Stanowisko z robotem Kawasaki ZD250 do paletyzacji wiader z farbą w Fabryce Farb i Lakierów Śnieżka SA w Lubzinie (Źródło: ASTOR)



Rys. 9. Montaż instrumentu pomiarowego gazomierza w Aparator Metrix SA (Źródło: FANUC)

i Lakierów Śnieżka SA w Lubzinie. Wybór aktualnie produkowanego asortymentu, sposób ułożenia wiader i przekładek został zrealizowany przez zastosowanie panelu operatorskiego z oprogramowaniem Wonderware InTouch.

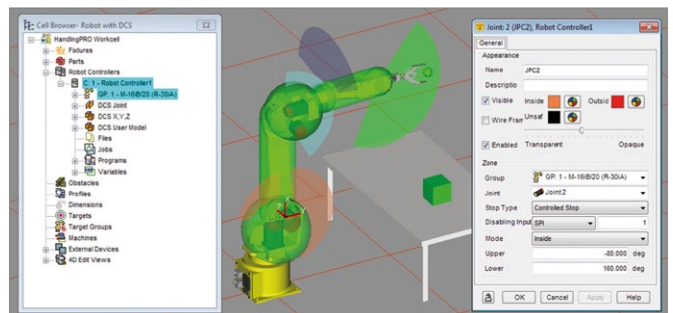
Inną grupę stanowią stanowiska montażowe, gdzie człowiek bezpośrednio współpracuje z robotem przemysłowym. Na rysunku 9 przedstawiono element linii produkcyjnej, na której robot precyzyjnie montuje membranę z 20 otworami o średnicy 3 mm na 20 trzpieni znajdujących się w korpusie baterii gazomierza.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa personelu stanowisko zostało obudowane ogrodzeniem z pleksi. Na rysunku widać również dodatkowe elementy systemu bezpieczeństwa (m.in. przyciski STOPU, kurtyna bezpieczeństwa, kolumny sygnalizacyjne).

### Systemy bezpieczeństwa a systemy sterowania robotów przemysłowych

W ostatnim czasie można zaobserwować integrację systemów bezpieczeństwa z systemami sterowania robotów przemysłowych. Jej celem jest zastąpienie tradycyjnych systemów zabezpieczeń (m.in. osłon i ogrodzeń) w przyszłości, co pozwoli na pełną współpracę ludzi z maszynami, łatwiejsze projektowanie i programowanie zrobotyzowanych komór produkcyjnych oraz zwiększy elastyczność i wydajność produkcyjną. Odpowiedzialny za standaryzację norm bezpieczeństwa Komitet RIA (ang. *Robot Safety Standard Committee*) modyfikuje obecnie obowiązujące standardy w celu obniżenia kosztów i zwiększenia liczby funkcji bezpieczeństwa wbudowanych w roboty. Na rynku pojawiły się już tego typu systemy (np. Safe-Move firmy ABB, Safe Motion firmy COMAU, Dual Check Safety firmy FANUC – rys. 10, Cubic-S firmy Kawasaki, Safe Operation firmy KUKA), a jedną z ich dodatkowych cech jest integracja ze środowiskami do programowania robotów w trybie offline. Przykładem jest SafeMove (zintegrowany z kontrolerem IRC5 i składający się z kontrolera bezpieczeństwa DSQC 647 oraz dwóch 12- i dwóch 10-pionowych złączy), który daje się w pełni konfigurować w środowisku Robot Studio [I.14, II.3].

Systemy bezpieczeństwa nowego typu (w zależności od producenta) pozwalają m.in. na:

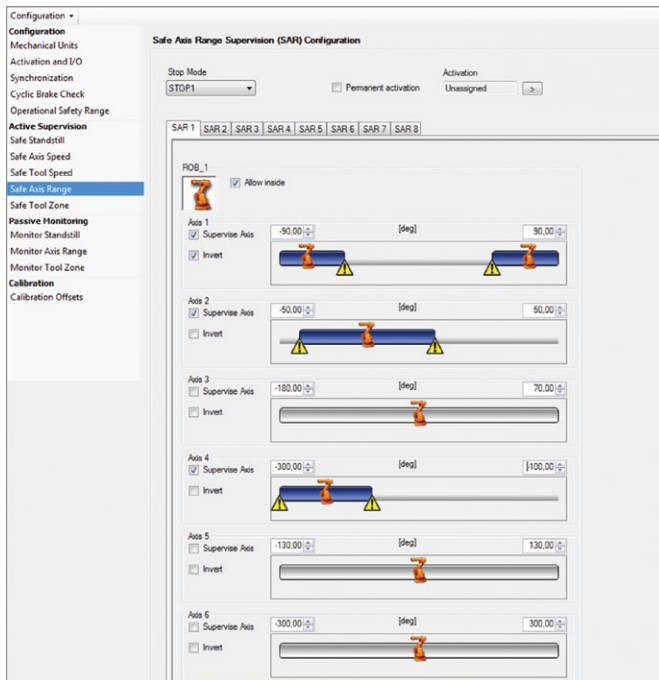


Rys. 10. Wizualizacja monitorowania osi robota w systemie DCS



Rys. 11. Monitorowanie obszaru pracy systemem Cubic-S firmy Kawasaki (praca robota dozwolona w strefie zielonej, zabroniona w strefie czerwonej) (Źródło: ASTOR)

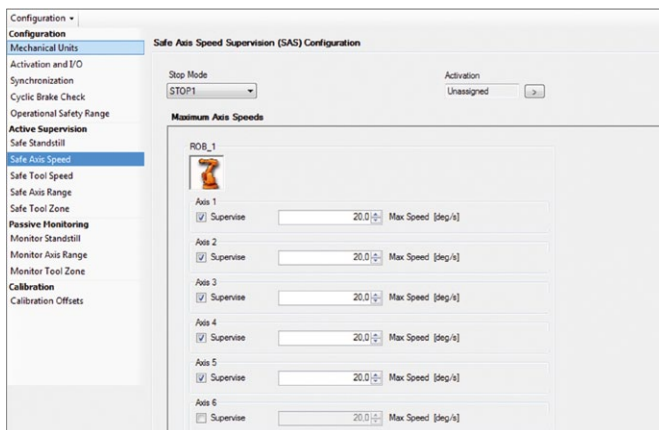
- monitorowanie obszaru pracy – funkcja pozwala ograniczyć obszar pracy robota w przestrzeni 3D (rys. 11); jeśli robot osiągnie zdefiniowaną granicę, zostaje automatycznie zatrzymany; funkcja może zostać indywidualnie włączona lub wyłączona, lub przypisana do wejść bezpieczeństwa, dzięki czemu możliwe jest zezwolenie lub zabronienie pracy robota w danym obszarze;
- monitorowanie pozycji osi – indywidualne monitorowanie każdej osi robota (rys. 12); możliwe jest określenie zakresów



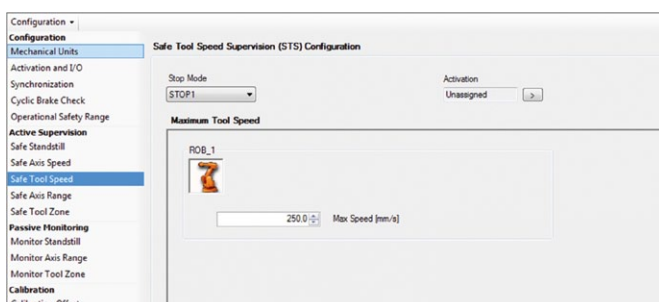
Rys. 12. Okno konfiguracji zakresu osi robota w systemie SafeMove

ruchu robota; jeśli robot opuści zdefiniowany zakres, zostanie automatycznie zatrzymany;

- monitorowanie prędkości – zatrzymanie robota, jeśli prędkość, z jaką się porusza, przekroczy wartość zadaną; pozwala na definiowanie prędkości poszczególnych osi robota (rys. 13) oraz punktu centralnego narzędzia (rys. 14);

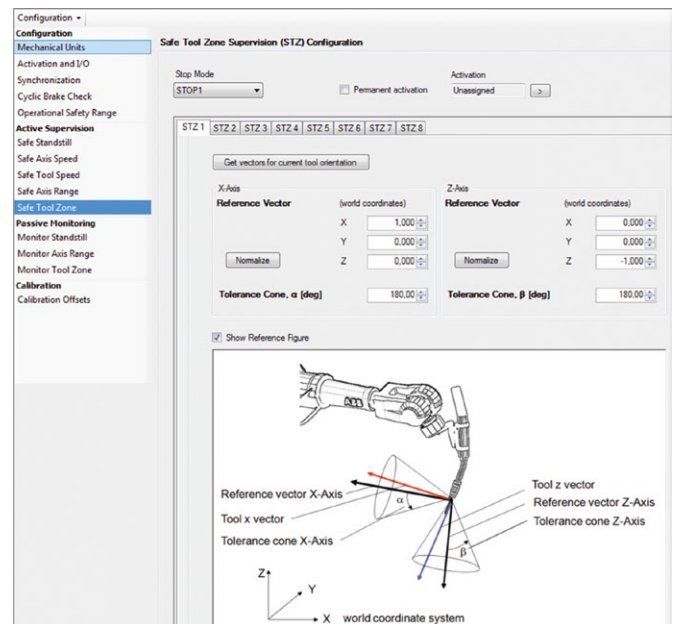


Rys. 13. Okno konfiguracji prędkości osi robota w systemie SafeMove



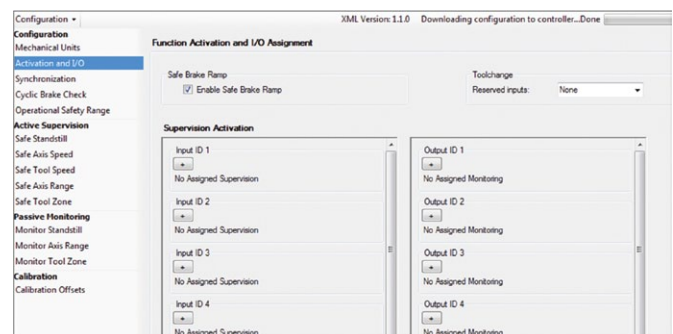
Rys. 14. Okno konfiguracji maksymalnej prędkości narzędzia w systemie SafeMove

- monitorowanie orientacji narzędzia – automatycznie zatrzymuje robota, jeśli orientacja narzędzia nie zgadza się z zadanymi warunkami (rys. 15);



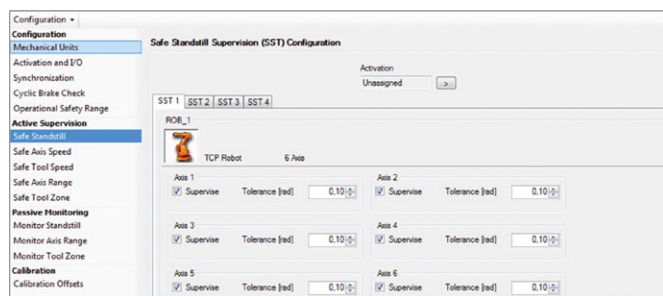
Rys. 15. Okno konfiguracji orientacji narzędzia w systemie SafeMove

- wyjścia statusu bezpieczeństwa – pozwala ustawić wyjścia bezpieczeństwa w zależności od stanu poszczególnych funkcji systemu bezpieczeństwa oraz wejść bezpieczeństwa (rys. 16);



Rys. 16. Okno aktywacji wejść/wyjść w systemie SafeMove

- zatrzymanie warunkowe – funkcja jest sprzężona z elementami zewnętrznego systemu bezpieczeństwa (np. barierami bezpieczeństwa); może być włączana i wyłączana za pośrednictwem wejść bezpieczeństwa; pozwala uzyskać zatrzymanie w kategoriach 0, 1 i 2;
- monitorowanie stopu – pozwala monitorować zadany status osi robota; jeśli oś, która powinna być zatrzymana ze względu na bezpieczeństwo, ruszy (rys. 17), robot zostanie zatrzymany i wyłączony;
- zatrzymanie awaryjne – funkcja jest połączona z obwodem zatrzymania awaryjnego; zatrzymuje robota natychmiast po wciśnięciu przycisku awaryjnego zatrzymania.



Rys. 17. Okno aktywacji monitorowania stopu w systemie SafeMove

## Podsumowanie

Rozwój technologiczny oraz zmiany wizji fabryk przyszłości, głównie pod kątem bezpieczeństwa bezpośredniej współpracy człowieka z wysoko zaawansowanymi technologicznie maszynami, wymuszają wprowadzanie modyfikacji w istniejących dyrektywach lub zastępowanie ich nowymi. Najlepszym przykładem jest norma PN-EN 954-1 i jej nowy odpowiednik PN-EN ISO 13849-1 (Maszyny. Bezpieczeństwo. Elementy

systemów sterowania związane z bezpieczeństwem. Część 1: Ogólne zasady projektowania).

Zrobotyzowane stanowiska produkcyjne stanowią połączenie wielu współpracujących ze sobą urządzeń, dlatego zarówno producenci maszyn, jak i integratorzy zrobotyzowanych komór produkcyjnych powinni śledzić obowiązujące zmiany i na bieżąco przystosowywać oferowane rozwiązania. Pełna zgodność oferowanych produktów z nowymi normami (nawet w przypadku jednoczesnego funkcjonowania norm wcześniejszych) podnosi stopień bezpieczeństwa i zapewnia postrzeganie takich urządzeń/systemów przez odbiorców jako bardziej atrakcyjne i perspektywiczne.

Bibliografia dostępna pod linkiem: [nis.com.pl/bibliografia.html](http://nis.com.pl/bibliografia.html)

Fragment pochodzi z książki: W. Kaczmarek, J. Panasiuk, *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017

## WYDARZENIA

### ● Polacy stworzyli nowy typ diody

Zespół badaczy z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, kierowany przez profesora Jerzego Langerę, stworzył pierwszą na świecie protonową diodę LED, która emituje światło w środowisku wodnym. W przeciwieństwie do powszechnie stosowanych diod LED nie działa w oparciu o przepływ elektronów, lecz protonów.

Według profesora Langerę dioda protonowa jest pełnoprawnym analogiem jej tradycyjnej wersji elektronowej ze złączem p-n. Rolę elektronów pełnią w tym przypadku protony H<sup>+</sup>, a dziury zostają zastąpione przez grupy hydroksylowe -OH. Proces rekombinacji nośników ładunku (H<sup>+</sup> oraz -OH) oraz emisja światła zachodzi w obecności półprzewodnika protonowego, jakim jest woda.

Mechaniczna stabilność układu została zapewniona przez naukowców za pomocą polimerów będących równocześnie nośnikami grup kwasowych

i zasadowych. Pozwala to na utworzenie złącza p-n na granicy ich stref. Przez przyłożenie napięcia w kierunku przewodzenia złącza wymuszany jest przepływ prądu protonowego, a z obszaru złącza p-n emitowane jest światło.

Prace prowadzone przez zespół profesora Langerę były realizowane w dużej mierze w Centrum Zawansowanych Technologii UAM. W dużej mierze oparły się o jego wcześniejsze badania nad przewodnictwem elektrycznym układów protonowych.

*Źródło: pap*

### ● Ultracienki czujnik biometryczny

Japan Display (JDI) współpracuje z naukowcami z Uniwersytetu Tokijskiego przy produkcji pierwszego na świecie ultracienkiego czujnika biometrycznego.

Matryca o grubości 15 mikrometrów wykrywająca odciski palców, wzory naczyń krwionośnych oraz mierząca

tętno jest cienka jak kartka papieru, lekka i podatna na zginanie. Umożliwia obrazowanie w wysokiej rozdzielczości i realizuje szybkie odczyty.

Według JDI cechy te sprawiają, że czujnik doskonale nadaje się do stosowania w aplikacjach bezpieczeństwa oraz w urządzeniach do noszenia. Uwagę należy zwrócić przede wszystkim na możliwość jednoczesnego pomiaru zarówno sygnałów biometrycznych (poziom tętna), jak i informacji biometrycznych (odciski palców i wzory żył). Żadna z dotychczas znanych konstrukcji sensorów nie łączyła w sobie obu tych funkcji.

Japońskie przedsiębiorstwo nie ujawniło jeszcze żadnych planów dotyczących komercjalizacji technologii. Jej przedstawiciele uważają jednak, że czujnik z powodzeniem zostanie zintegrowany z biometrycznymi systemami uwierzytelniania bezpieczeństwa.

*Źródło: findbiometrics*

reklama



Najnowsze informacje ze świata robotyki  
katalog branżowy | aplikacje robotów | targi





## Rok 2020 będzie trudny dla polskiego przemysłu

Indeks PMI dla polskiego przemysłu wyniósł w grudniu 48 punktów. Mimo że prognozy ekonomistów były o wiele bardziej pesymistyczne, w nowym roku polskie firmy wytwórcze nie mogą spać spokojnie. Wynik poniżej granicy 50 punktów wciąż oznacza niezadowalającą dynamikę produkcji przemysłowej. Jednym ze sposobów na przetrwanie przy małej liczbie zamówień jest wykorzystanie technologii analitycznych.

Gdy w sierpniu zeszłego roku ogłoszono, że Indeks PMI dla polskiego sektora przemysłowego przyjął najniższą wartość od ponad sześciu lat, ekonomiści przewidywali, że firmy wytwórcze muszą przygotować się na trudne czasy. Osłabienie popytu zarówno na rynku krajowym, jak i zagranicznym wpłynęło na obniżenie poziomu nowych zamówień. Odczyt z grudnia sprawił, że wielu przedstawicieli przemysłu patrzy w nowy rok z optymizmem, jednak odwilż na rynku może nie być widoczna od razu.

W trudnych realiach biznesowych firmy starają się zwiększyć sprzedaż, obniżając cenę. Nie mogą jednak tego robić w nieskończoność. Niezbędna jest inwestycja w technologie, które pozwalają zoptymalizować procesy, zwiększyć wydajność i zapewnić najwyższą możliwą jakość produktów.

### Prawie 3/4 firm wciąż wprowadza dane ręcznie

Jak wynika z badania „Gotowość firm produkcyjnych do wdrożenia rozwiązań Przemysłu 4.0”, aż 73% średnich firm wytwórczych działających w Polsce ręcznie wprowadza do systemu dane dotyczące produkcji. Wiąże się to ze znaczną stratą czasu, powoduje zwiększenie ryzyka wystąpienia błędów, a także

sprawia, że informacje są mniej precyzyjne i wiarygodne. Brak aktualnych informacji o postępie produkcji czy awarii maszyn uniemożliwia szybką reakcję, wprowadzenie stosownych zmian w harmonogramie i utrudnia terminową realizację zamówień. Systemy wykorzystujące modele analityczne automatycznie przetwarzają informacje pochodzące z wielu źródeł, m.in. urządzeń Internetu Rzeczy czy gwarancji, jak również dane wprowadzane przez inżynierów lub pracowników technicznych. Rozwiązania klasy Manufacturing Analytics umożliwiają m.in. określenie efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń, automatyzację i optymalizację dystrybucji zapasów czy zarządzanie procesem zamówień.

### Analityka umożliwia optymalizację zatowarowania

W branży wytwórczej niezwykle istotne jest odpowiednie przewidywanie zapotrzebowania na surowce, co pozwala uniknąć nadmiernego zatowarowania i zamrożenia kapitału. Systemy analityczne w procesie produkcji z powodzeniem wykorzystuje firma Nestlé, umiejętnie określając lokalne zapotrzebowanie na określone produkty. Na tej podstawie tworzone są plany produkcyjne. Nestlé wykorzystuje systemy analityczne SAS w skali globalnej. Narzędzia umożliwiają również tworzenie prognoz produkcyjnych w oparciu o lokalne uwarunkowania, biorąc pod uwagę kontekst makroekonomiczny czy informacje dotyczące wydarzeń specjalnych, takich jak imprezy kulturalne oraz sportowe.

### Mniej usterek i reklamacji

Mniejsza liczba zamówień sprawia, że trudniej jest pozyskać nowych

i utrzymać dotychczasowych klientów. Konkurencja na rynku się zaostrza, ceny spadają, a terminy realizacji ulegają skróceniu. Niezwykle ważne staje się zniwelowanie przestoju w produkcji oraz ograniczenie liczby reklamacji. Z pomocą przychodzą zaawansowane rozwiązania analityczne, które dzięki analizie ogromnych zbiorów danych pozwalają na automatyczne wykrywanie potencjalnych usterek, zanim one wystąpią. W przypadku pojawienia się błędów system precyzyjnie określa jego przyczynę, analizuje jego kod i zestawia tę informację z danymi dotyczącymi np. temperatury powietrza w hali produkcyjnej, która gdy jest zbyt wysoka, może powodować jego nieprawidłowe działanie. Analityka wspiera także proces kontroli jakości i pozwala szybko reagować na informacje pochodzące od niezadowolonych klientów. System generuje powiadomienia, gdy wzrastają stawki roszczeń gwarancyjnych dla poszczególnych części, co może oznaczać, że w procesie ich produkcji występuje istotna wada. Z kolei technologia rozpoznawania obrazów pozwala automatycznie ocenić, czy dany produkt spełnia określone normy czy też od nich odbiega.

Warto pamiętać, że automatyzacja procesów wspierana przez analitykę stanowi również odpowiedź na rosnące koszty zatrudnienia. Jak oceniają analitycy DM mBanku, będą one rosły od 3 do 7% w ujęciu rocznym, w zależności od spółki. W tych realiach biznesowych, aby utrzymać rentowność, firmy wytwórcze będą zmuszone do ograniczenia zasobów kadrowych. ■

Źródło: SAS Poland

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

# Przygotowanie do wdrożenia technologii RFID

Bartłomiej Gładysz, Michał Grabia, Krzysztof Santarek

## 1. Wstęp

Wdrożenie technologii RFID wiąże się z wieloma zagadnieniami do podjęcia i rozwiązania, które można podzielić na kilka grup. Zasadniczo każde wdrożenie można podzielić na 3 główne etapy, podobnie jak wdrożenia projektów informatycznych, tj.:

- analizę;
- opracowanie koncepcji i wdrożenia pilotażowego;
- pełną realizację (ang. *roll-out*).

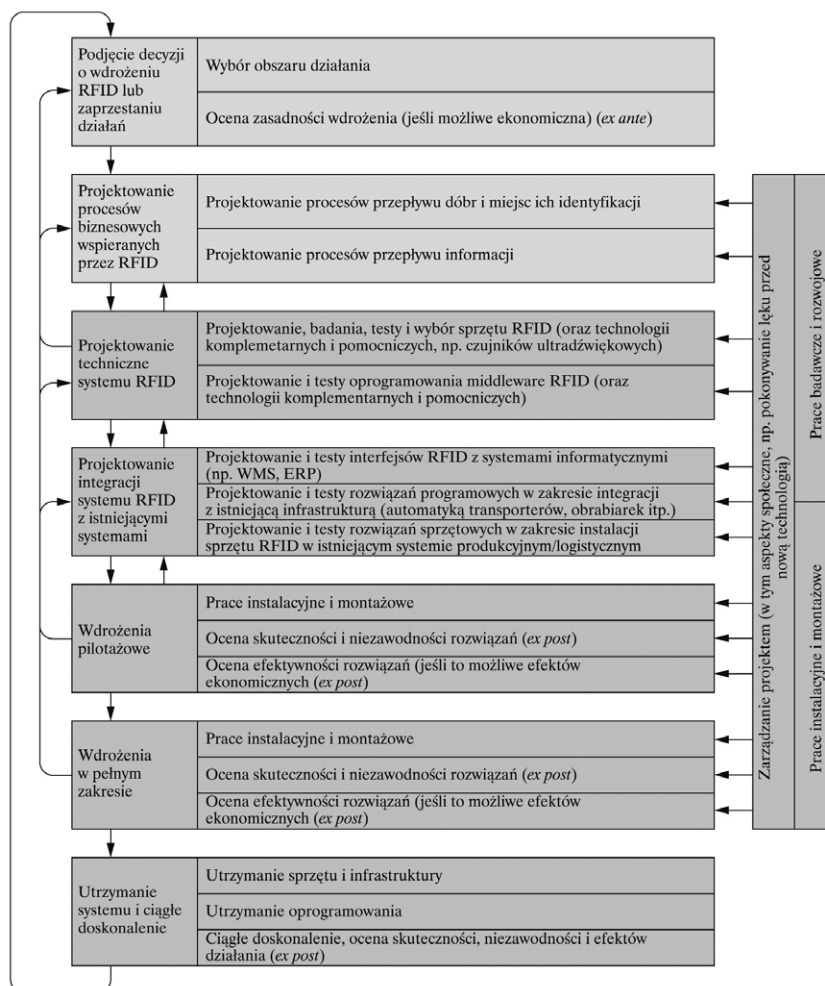
Rysunek 1 obrazuje problemy i zagadnienia związane z wdrożeniem RFID oraz zależności następstwa pomiędzy nimi. W rzeczywistości prace analityczne są prowadzone na każdym etapie projektu wdrożenia RFID. Stąd bardzo istotne jest dokumentowanie wyników analizy i określenie w jej wyniku funkcjonalności systemu. Ciemniejszym kolorem wyróżniono zagadnienia, które należy poddać analizie przed przystąpieniem do szczegółowego projektowania rozwiązania, które jest zadaniem skomplikowanym i czasochłonnym<sup>1</sup>. Możliwy sposób przeprowadzenia takiej analizy jest treścią kolejnego rozdziału.

Różnego rodzaju analizy mają na celu w szczególności:

- określenie potencjalnych możliwości (obszarów) wdrożenia;
- zbadanie procesów i wskazanie ich możliwych usprawnień;
- zdefiniowanie technicznych specyfikacji i zarysu koncepcji wdrożeniowej.

Po wykonaniu analizy stanu obecnego na podstawie wizji lokalnych i wywiadów z pracownikami można zarysować możliwe obszary wdrożenia w postaci ogólnej koncepcji systemu. W dalszej kolejności należy przeprowadzić testy czy też dowód koncepcji, wykazując, że technologia RFID jest w stanie spełnić określone oczekiwania z punktu widzenia niezawodności działania aspektów radiowych.

Po wykonaniu testów celowe jest zrealizowanie wdrożenia pilotażowego.



Rys. 1. Problemy i zagadnienia związane z wdrożeniem RFID<sup>2</sup>

Nie należy rozpoczynać wdrożenia w zbyt szerokim zakresie. Wdrożenie pilotażowe ma na celu zapoznanie organizacji z technologią i wyciągnięcie wniosków oraz weryfikację założeń i koncepcji przed wdrożeniem w pełnej skali.

Powody wdrożenia technologii RFID mogą być bardzo różne, ale można je sprowadzić do wspólnego mianownika, jakim jest poprawa widoczności znakowanych obiektów. Sklepy odzieżowe są zainteresowane sprawnym, szybkim i codziennym wykonywaniem

inwentaryzacji. Pozwala im to na szybsze uzupełnianie zapasów, daje lepszą widoczność towaru w sklepie i na zapleczu, a w efekcie prowadzi do zwiększenia sprzedaży dzięki poprawie wskaźników OOS<sup>3</sup> i NOSBOS<sup>4</sup>.

Linie lotnicze wdrażają RFID w obszarze gospodarki narzędziowej. Oznakowanie narzędzi pozwala na znaczne skrócenie czasu ich odszukiwania, a przez to skrócenie cykli remontowych. To z kolei prowadzi do zwiększenia dostępności samolotów, które mogą przewozić pasażerów.

Istnieją również firmy, które wdrażają RFID z uwagi na możliwość świadczenia nowych usług lub dostarczania nowych produktów. Przykładem jest m.in. firma Reinhold, która wykorzystuje znaczniki RFID z czujnikiem temperatury, aby pokazać swoim klientom, że produkty wykonywane z ich materiałów posiadają lepsze właściwości niż produkty z materiałów wykorzystywanych przez konkurentów. Szpitale stosują systemy klasy RTLS, aby poprawić dostępność cennego wyposażenia i przyspieszyć jego odszukiwanie. Kopalnie zaś wykorzystują systemy klasy RTLS oparte na identyfikacji radiowej w celu poprawy bezpieczeństwa załogi.

## 2. Strategiczne analizy przedwdrożeniowe

### 2.1. Wprowadzenie

„Decyzja o wdrożeniu technologii RFID ma znaczenie strategiczne dla przedsiębiorstwa, gdyż:

- może stanowić źródło przewagi konkurencyjnej z uwagi na oczekiwane usprawnienia procesów w kategoriach:
  - poprawy transparentności łańcucha dostaw dzięki poprawie rzetelności informacji uzyskiwanej w czasie rzeczywistym, a dzięki temu możliwości lepszego zarządzania łańcuchem dostaw i zapasami,
  - przyspieszenia realizacji procesów związanych z przesunięciami w łańcuchu dostaw dzięki przyspieszeniu procesów identyfikacji obiektów i eliminacji błędów w tych procesach;
- ma znaczący wpływ na otoczenie technologiczne z uwagi na konieczność integracji technologii RFID z innymi technologiami, w tym m.in. poprzez integrację sprzętu RFID z technologiami transportu wewnętrznego i magazynowania, technologiami informatycznymi, maszynami i urządzeniami technologicznymi itp.;
- wiąże się bezpośrednio z koniecznością zmiany procesów, często rozumianej w kategoriach reengineeringu;
- wymaga poniesienia znacznych nakładów finansowych.

Z tego względu zastosowanie technologii RFID winno być poprzedzone oceną jej potencjału innowacyjnego,

wskazaniem obszaru zastosowań, skali i zakresu zmian, jakie pociągnie za sobą wdrożenie RFID, a także oceną efektów (w tym także wstępną oceną efektów ekonomicznych) wdrożenia RFID. W chwili obecnej brak jest metody oraz wspomagającego ją narzędzia spełniającego powyższe wymagania<sup>5</sup>.

### 2.2. Ocena potencjału technologii RFID<sup>6</sup>

Decyzja o wdrażaniu technologii RFID jest dla firmy decyzją strategiczną. Doświadczenie pokazuje, że kierunki i możliwości wykorzystania RFID mogą ewoluować. W branży odzieżowej początkowo wydawało się, że wykorzystanie RFID należy zacząć od procesów logistycznych, tymczasem obecnie wiele firm stosuje RFID na potrzeby wsparcia procesów w sklepach, w ramach inwentaryzacji, odświeżenia zapasów na półkach oraz bezpośrednio w procesach sprzedaży w kasie.

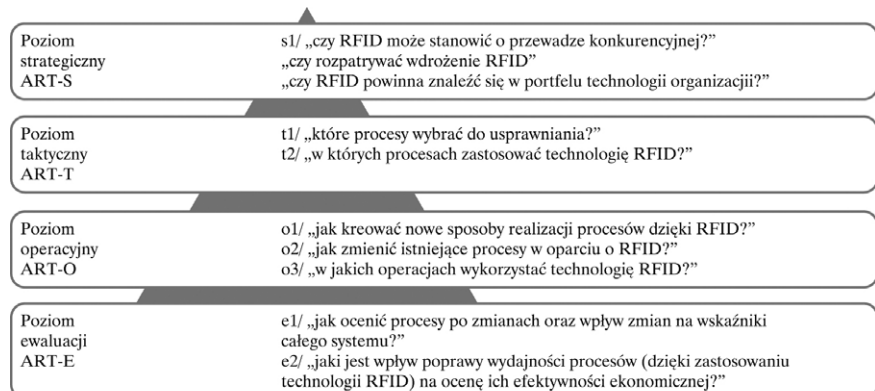
#### Czy RFID może dać firmie przewagę strategiczną?

W rozdziale przedstawiono podstawowe zagadnienia i wybrane metody związane z oceną strategiczną nowych technologii na przykładzie radiowej identyfikacji obiektów (RFID). Ocena taka ma pokazać potencjalną atrakcyjność (lub jej brak) nowych technologii dla przedsiębiorstwa z perspektywy strategicznej i jest dokonywana we wczesnych fazach procesu analityczno-decyzyjnego. Jej specyfika i trudności wynikają m.in. ze szczupłości danych,

zmieniającego się przedmiotu oceny (technologie rozwijają się), a także braku szczegółowego projektu techniczno-organizacyjnego wykorzystania technologii, który opracowany będzie dopiero po podjęciu decyzji o wdrożeniu.

Technologia RFID znajduje się wciąż we wczesnej fazie swojego cyklu życia. Jednocześnie nakłady na wdrożenie są znaczne, co przy oczekiwanych przez organizację korzyściach powoduje konieczność prowadzenia szczegółowych analiz związanych z wykonalnością i opłacalnością oraz projektowaniem wdrożenia RFID. Przed rozpoczęciem wdrożenia należy zadać sobie następujące podstawowe pytania: „czy rozpatrywać wdrożenie RFID?” oraz „czy RFID jest technologią, która powinna znaleźć się w portfelu technologii organizacji?”. Postawione pytania określają zakres stosowności omawianego podejścia. Jest ono możliwe do wykorzystania w przypadku przedsiębiorstw, w których portfelu RFID dotychczas się nie znajduje. Możliwe podejście do analiz strategicznych przed wdrożeniem RFID przedstawia rysunek 2.

Aby odpowiedzieć na tak sformułowane pytania, należy sięgnąć do podstawowych metod zarządzania technologiami, tj. audytu technologicznego oraz metod portfelowych. Jedną z możliwości jest wykorzystanie metod portfelowych, np. szeroko stosowanej w zarządzaniu technologiami macierzy Pfeiffera<sup>8</sup>, która jest szczególnie przydatna do oceny nowych technologii<sup>9</sup>. Należy poddać ocenie dwa atrybuty



Rys. 2. Proponowane podejście do analiz związanych z wdrożeniem RFID<sup>7</sup>

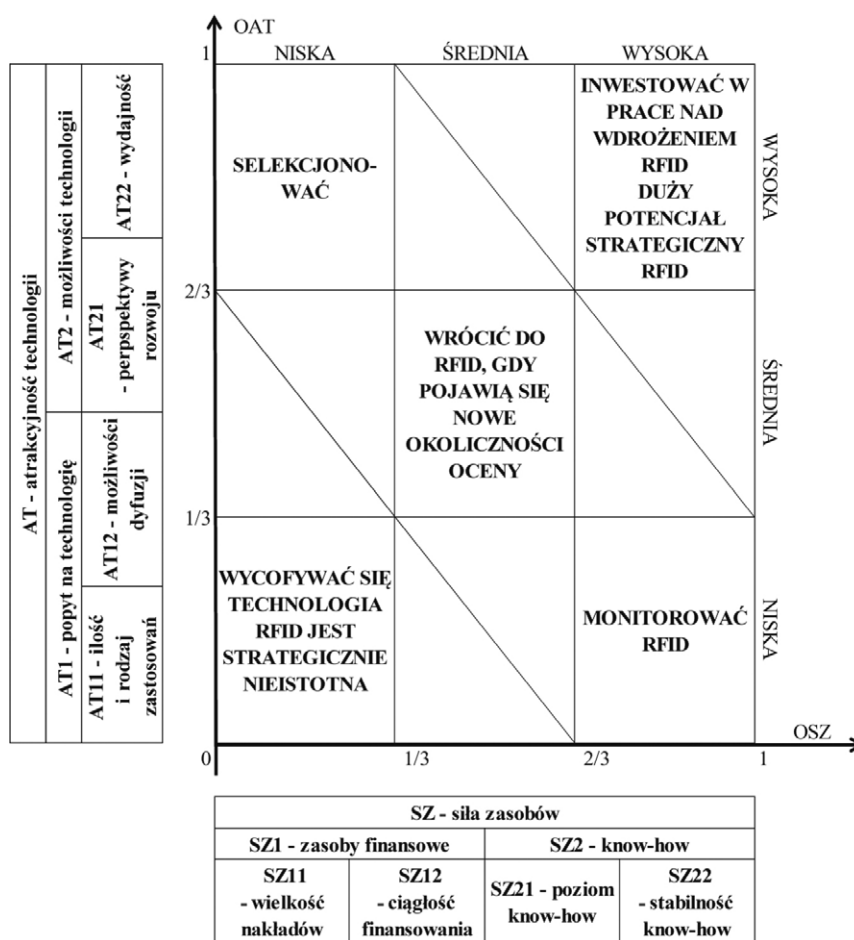
technologii: atrakcyjność technologii i siłę zasobów, co w szczególności przedstawia rysunek 3. Obydwa główne atrybuty w macierzy Pfeiffera będą podlegały ocenie w skali od 0 do 1 przez analogię do pojęcia skuteczności. Oceny atrakcyjności technologii i siły zasobów ( $OAT$  i  $OSZ$ ) są zdefiniowane jako liczby rzeczywiste. Na podstawie ocen  $OAT$  i  $OSZ$  podejmowana jest strategiczna decyzja dotycząca celowości wdrożenia technologii RFID (por. tabela 1, rysunek 3).

Metoda została wykorzystana w jednym z polskich przedsiębiorstw produkcyjnych. Technologia RFID została poddana wspólnej ocenie przez co najmniej dwóch ekspertów: eksperta z przedsiębiorstwa, czyli pracownika (lub pracowników) odpowiedzialnego za procesy logistyczne w obszarach, takich jak magazynowanie, produkcja, dystrybucja, remonty, kontrola jakości itp., oraz eksperta zewnętrznego, czyli specjalistę zajmującego się wdrożeniami technologii RFID oraz analizą procesów biznesowych.

Ocenił poddano każde z 8 kryteriów szczegółowych zgodnie z przyjętą hierarchią. Przygotowano szczegółowy kwestionariusz z 57 pytaniami dotyczącymi kryteriów oceny<sup>12</sup>. Pytania te służą jako wytyczne w celu przydzielenia ocen. Kwestionariusz opracowano dla oceny RFID w łańcuchu dostaw przedsiębiorstwa produkcyjnego. Następnie oceny zostały zagregowane dla kryteriów związanych z atrakcyjnością technologii oraz osobno dla kryteriów związanych z siłą zasobów. Zagregowane oceny wyznaczają pozycję RFID w macierzy Pfeiffera. Z uwagi na niewielką liczbę ocenianych kryteriów oraz ich zasadnicze i równoważne znaczenie dla odpowiedzi na pytanie s1 przyjęte zostaną równe wagi dla każdego kryterium. Istnieje możliwość modyfikacji metody w przypadku, gdy lista, hierarchia i waga wskazanych kryteriów cząstkowych nie odpowiada sytuacji przedsiębiorstwa. Do oceny wykorzystano pięciostopniową skalę lingwistyczną. Oceny reprezentowane są przez trójkątne liczby rozmyte<sup>13</sup> o funkcji przynależności klasy  $t$  (por. tabela 2). Dla każdego kryterium należy uzasadnić przydzieloną ocenę przez udzielenie odpowiedzi na pytania przypisane do kryterium.

Tabela 1. Rekomendacje działań wobec oceny strategicznej RFID wg macierzy Pfeiffera<sup>10</sup>

Warunek	Rekomendacja
$OAT \geq -OSZ + 1\frac{1}{3}$	inwestować w dalsze prace związane z wdrożeniem RFID w procesach logistycznych firmy
$-OSZ + \frac{2}{3} \leq OAT \leq -OSZ + 1\frac{1}{3}$	monitorować technologię RFID i wrócić do niej, gdy pojawią się nowe okoliczności oceny
$OAT \leq -OSZ + \frac{2}{3}$	RFID nie jest istotne z punktu widzenia strategii przedsiębiorstwa



Rys. 3. Macierz technologii wg Pfeiffera wraz z hierarchią kryteriów i rekomendacjami<sup>11</sup>

Zarówno dla siły zasobów, jak i atrakcyjności technologii zagregowana ocena jest średnią arytmetyczną ocen cząstkowych. Uzyskane oceny  $AT$  i  $SZ$  (por. wzór 1) są również trójkątnymi liczbami rozmytymi. W celu naniesienia ich na macierz Pfeiffera są one wyostrzane zgodnie z formułą Yagera (por. wzór 2). Wykorzystanie innych formuł wyostrzania nie prowadzi do uzyskania znaczących różnic w wynikach. W ten sposób uzyskuje się ostre oceny atrakcyjności

technologii i siły zasobów odpowiednio oznaczone  $OAT$  i  $OSZ$ .

$$AT = (AT_{11} + AT_{12} + AT_{21} + AT_{22}) / 4; \quad (1)$$

$$SZ = (SZ_{11} + SZ_{12} + SZ_{21} + SZ_{22}) / 4$$

$$WARTOŚĆ\_OSTRA = (l + 2m + u) / 4 \quad (2)$$

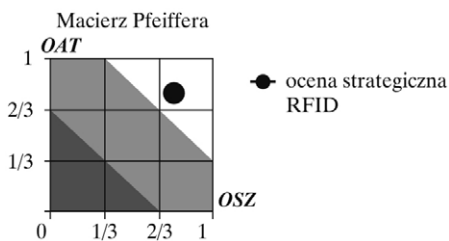
Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że technologia RFID powinna zostać poddana dalszym, bardziej szczegółowym analizom pod kątem

Tabela 2. Reprezentacja skali ocen w postaci trójkątnych liczb rozmytych<sup>14</sup>

ocena	bardzo niska BN	niska N	średnia Ś	wysoka W	bardzo wysoka BW
liczba rozmyta trójkątna ( $l; m; u$ )	0; 0; 0,25	0; 0,25; 0,5	0,25; 0,5; 0,75	0,5; 0,75; 1	0,75; 1; 1

Tabela 3. Wyniki oceny strategicznej RFID w przedsiębiorstwie produkcyjnym<sup>15</sup>

Kryterium	Ocena						Średnia ocena rozmyta ( $l; m; u$ )	Ocena ostra
	BN	N	Ś	W	BW			
$AT_{11}$ . Ilość i rodzaj zastosowań				X			(0,56; 0,81; 0,94)	0,78
$AT_{12}$ . Możliwości dyfuzji			X					
$AT_{21}$ . Perspektywy rozwoju					X			
$AT_{22}$ . Wydajność					X			
$SZ_{11}$ . Wielkość nakładów				X			(0,5; 0,75; 1)	0,75
$SZ_{12}$ . Ciągłość finansowania				X				
$SZ_{21}$ . Poziom know-how				X				
$SZ_{22}$ . Stabilność know-how				X				

Rys. 4. Macierz Pfeiffera dla RFID<sup>16</sup>

możliwości jej wykorzystania w logistyce przedsiębiorstwa.

Kolejnymi etapami analizy są kolejno (por. rysunek 2):

#### • Wybór obszaru wdrożenia RFID

Technologia RFID oferuje szeroki wachlarz możliwych zastosowań. Na tym etapie analizy należy ocenić możliwe zastosowania RFID w badanym przedsiębiorstwie i wybrać obszar o największym potencjale. Oceny należy dokonać w perspektywie możliwych do uzyskania korzyści, takich jak: zwiększenie efektywności pracy, lepsze zarządzanie zapasami czy rzetelność informacji, oraz w perspektywie barier technologicznych, organizacyjnych i inwestycyjnych, jak również wagi usprawnianego obszaru z punktu widzenia strategii organizacji. W celu definiowania obszarów wdrożenia można wykorzystać m.in. model

referencyjny procesów SCOR<sup>17</sup>. Na potrzeby tego etapu można wykorzystać metody wielokryterialnego podejmowania decyzji, w tym np. metodę TOPSIS<sup>18</sup>.

#### • Opracowanie uszczegółowionej propozycji usprawnień procesów

Na tym etapie należy opracować model procesów stanu obecnego oraz model procesów biznesowych po rozważanym wdrożeniu RFID. Na potrzeby modelowania można wykorzystać notację BPMN<sup>19</sup> oraz oprogramowanie komputerowe wspomagające budowę modeli biznesowych<sup>20</sup>. Wybór oprogramowania powinien uwzględniać możliwość prowadzenia symulacji projektowanych procesów biznesowych w kolejnym etapie analizy.

#### • Ocena zaproponowanych usprawnień procesów biznesowych opartych na wykorzystaniu technologii RFID

Ten etap analizy polega na prowadzeniu symulacji przebiegu procesów przed wdrożeniem i po wdrożeniu. Prowadzenie symulacji jest możliwe przy wykorzystaniu oprogramowania zastosowanego w poprzednim etapie.

Po zakończeniu opisanych powyżej analiz należy przejść do etapu bardziej szczegółowego projektowania systemu RFID, w tym doboru odpowiedniego

sprzętu. Dobór sprzętu nie jest jednakże sprawą trywialną, gdyż RFID wciąż jest technologią rozwijającą się dynamicznie i rzadko można nabyć gotowe rozwiązania.

### Przypisy

- 1 B. GŁADYSZ, *Zastosowanie identyfikacji radiowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, OW PW, Warszawa 2015.
- 2 Ibidem.
- 3 Ang. *Out Of Stock*, wskaźnik informujący, jaki procent towaru poszukiwanego przez klienta nie był dostępny z uwagi na brak zapasu.
- 4 Ang. *Not On Shelf But On Stock*, wskaźnik informujący, jaki procent towaru poszukiwanego przez klienta nie był dostępny na półce sklepowej pomimo jego zapasu.
- 5 Ibidem.
- 6 Rozdział opracowano na podstawie: B. GŁADYSZ: *Zastosowanie identyfikacji radiowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, rozprawa doktorska, OW PW, Warszawa 2015; B. GŁADYSZ: *Ocena strategiczna efektów wdrożenia RFID*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, t. I*, praca zbiorowa pod red. R. KNOSALI, OW PTZP, Opole 2014; B. GŁADYSZ: *Criteria for strategic assessment of RFID*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, t. I*, praca zbiorowa pod red. R. KNOSALI, OW PTZP, Opole 2015; B. GŁADYSZ, K. SANTAREK: *Fuzzy TOPSIS/SCOR-based approach in assessment of RFID technology (ART) for logistics of manufacturing companies*, [w:] *Logistics Operations, Supply Chain Management and Sustainability. EcoProduction*, praca zbiorowa pod red. P. GOLIŃSKIEJ, Springer, 2014; B. GŁADYSZ, K. SANTAREK: *Ocena potencjału technologii RFID w logistyce przedsiębiorstw produkcyjnych w oparciu o rozmytą metodę TOPSIS i SCOR*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka CD” 2014, nr 6; B. GŁADYSZ: *An assessment of RFID applications in manufacturing companies*, „Management and Production Engineering Review” 2015, nr 6(4); B. GŁADYSZ, K. SANTAREK: *An assessment of technologies with wide range of impact. A case of RFID*, „Procedia Manufacturing” 2015, nr 3C.
- 7 B. GŁADYSZ: *Zastosowanie identyfikacji radiowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, rozprawa doktorska, OW PW, Warszawa 2015.

- 8 W. PFEIFFER, G. METZE, W. SCHNEIDER, R. AMLER: *Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1991; F. PLESCHAK, H. SABISCH: *Innovations management*, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1996.
- 9 W. EVERSHEIM: *Innovation Management for Technical Products*, Springer, Aachen 2009, s. 175–188.
- 10 B. GŁADYSZ: *Ocena strategiczna efektów wdrożenia RFID*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, t. I*, praca zbiorowa pod red. R. KNOSALI, OW PTZP, Opole 2014; B. GŁADYSZ: *Zastosowanie identyfikacji radiowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, rozprawa doktorska, OW PW, Warszawa 2015.
- 11 B. GŁADYSZ: *Ocena strategiczna efektów wdrożenia RFID*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, t. I*, praca zbiorowa pod red. R. KNOSALI, OW PTZP, Opole 2014; B. GŁADYSZ: *Zastosowanie identyfikacji radiowej w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, rozprawa doktorska, OW PW, Warszawa 2015.
- 12 B. GŁADYSZ: *Criteria for strategic assessment of RFID*, w: *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, t. I*, praca zbiorowa pod red. R. KNOSALI, OW PTZP, Opole 2015.
- 13 L. ZADEH: *Fuzzy sets*, „Information and Control” 1965, nr 8(3), s. 338–353; H. ZIMMERMANN: *Fuzzy sets theory and its applications*, Kluwer, Boston (MA) 2001.
- 14 Ibidem.
- 15 Ibidem.
- 16 Ibidem.
- 17 P. BOLSTOFF, R. ROSENBAUM: *Supply Chain Excellence. A handbook for Dramatic Improvement Using SCOR Model*, AMACOM, Saranac Lake (NY) 2011.
- 18 C.L. HWANG, K. YOON: *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Nowy Jork 1981.
- 19 J.C.P. CHENG, K.H. LAW: *Modeling and Monitoring of Construction Supply Chains*, „Advanced Engineering Informatics” 2010, nr 4(24); OMG, Business Process Model and Notation version 2.0, OMG Document Number: formal/2011-01-03, Object Management Group 2011; H. WANG, N. LI, H. CAI, B. XU: *An Ontological Approach for Semantic Annotation of Supply Chain Process Models*, w: OTM 2010, Part I, LNCS 6426, praca zbiorowa pod red. R. MEERSMAN, 2010.
- 20 Np. Bonita BPM (<http://www.bonitasoft.com>) [data dostępu: 10 czerwca 2016], ADONIS:CE (<http://en.adonis-community.com>) [data dostępu: 10 czerwca 2016], AnyLogic (<http://www.anylogic.com>), ARENA (<https://www.arenasimulation.com>) [data dostępu: 10 czerwca 2016], STELLA/iThink (<http://www.iseesystems.com/software/STELLA-iThink.aspx>) [data dostępu: 10 czerwca 2016].

Fragment pochodzi z książki:  
*RFID od koncepcji do wdrożenia*  
B. Gładysz, M. Grabia, K. Santarek  
Wydawnictwo Naukowe PWN, 2016

reklama

# ITM

## INDUSTRY EUROPE

### 2-5.06.2020, POZNAŃ

[www.itm-europe.pl](http://www.itm-europe.pl)



Międzynarodowe  
Targi Poznańskie

ZAPRASZA  
**mtp**  
GRUPA

# PRZEMYSŁ ERY CYFROWEJ



# Omówienie analizy sieciowej

Lee Hyunjoung, Sohn Il

Pomimo że tradycyjne badania opierają się na niezależności aktorów, w analizie sieciowej zakłada się, że aktorzy są nawzajem od siebie zależni. Zgodnie z tym założeniem celem analizy sieciowej jest ilościowy pomiar regularnie występujących wzorców. W analizie sieciowej zakłada się, że działania aktorów nie są ani niezależne, ani autonomiczne, ale wzajemnie się determinują, a relacja między aktorami pełni rolę kanału, którym przepływają lub są przesyłane zasoby (materialne lub niematerialne). Ponadto różnica w porównaniu z tradycyjnymi metodami badawczymi polega na tym, że pozycja gracza w grupie może ograniczać jego działania, a z drugiej strony tworzy środowisko, w którym mogą występować zdarzenia zbieżne. Innymi słowy, aktorzy są wzajemnie zależni, zasoby znajdują się w obiegu poprzez relacje i powstaje sieć społeczna, ale działania mogą być różne w zależności od pozycji aktora w grupie. Dlatego też, nawet jeśli punktem wyjścia analizy jest w gruncie rzeczy pojedynczy aktor, w rzeczywistości obejmuje ona nie tylko aktora, ale również grupy i relacje między tymi grupami a aktorem.

## 1. Definicja analizy sieci społecznej (SNA)

W społeczeństwie znajdują się aktorzy tacy jak narody, korporacje, grupy i jednostki, którzy komunikują się ze sobą w obrębie organizacji, czyli społeczności. Wytworem tych interakcji są relacje zwane sieciami społecznymi. Relacja może rozpocząć się od zwykłego nawiązania znajomości i, w zależności od jej charakteru i kontekstu, może zostać zinterpretowana na wiele sposobów. Na przykład w relacjach między eksporterami i importerami, firmami produkcyjnymi i dostawcami surowców oraz wykładowcami i studentami wyróżnić można pewne role. Istnieją również relacje poznawcze lub emocjonalne, powstające na podstawie czynników takich, jak

uznanie, przyjaźń, szacunek i wyłączność. Relacje można też tworzyć i klasyfikować w kategoriach działań, takich jak sprzedawanie, kupowanie, przekonywanie, wspieranie i zachęcanie.

Aktorzy w relacji społecznej wywierają na siebie wzajemnie wpływ, co może podtrzymywać lub poszerzać tę relację. Osoby wybierające konkretny produkt albo tworzące nową technologię często sięgają po rady innych osób i zamiast działać w pojedynkę, współpracują, aby zrealizować wspólny cel. Dlatego tak ważne jest zrozumienie wpływu uczestników sieci społecznych na siebie nawzajem. Dotychczas jednak nasz punkt widzenia ograniczał się do cech poszczególnych aktorów, a nie do wartości i znaczenia relacji między nimi. W rezultacie zakładano, że aktor jest powściągliwy lub introwertyczny i nie mają na niego wpływu relacje z innymi aktorami w sieci, a zmian w relacji albo sytuacji nie brano pod uwagę. To założenie odgrywa większą rolę w sieciach społecznych z większą liczbą aktorów i bardziej skomplikowanymi oraz zróżnicowanymi relacjami między aktorami. Przyczyną tego stanu rzeczy jest również brak zainteresowania, zakres dostępnych danych oraz złożoność relacji.

Jakiego rodzaju relacje można wyróżnić? W pierwszej dekadzie XXI wieku zainteresowanie sieciami społecznymi i relacjami zostało wzbudzone dzięki popularności różnych usług społecznościowych, takich jak Twitter i Facebook. Postęp w technologii komputerowej i rozpowszechnienie komunikacji personalnej i internetowych infrasystemów umożliwił uzyskiwanie ogromnych zbiorów danych (*Big Data*). Jednocześnie opracowano techniki SNA (*Social Network Analysis* – analiza sieci społecznych) służące do analizowania relacji i dzięki temu dostępne stały się fundamentalne narzędzia potrzebne do zrozumienia sieci społecznych. SNA to intuicyjna i przejrzysta analiza

dynamicznych interakcji w relacjach i ich wpływu na strukturę sieci, która jest zależna od kontekstu.

SNA jest metodą modelowania relacji między aktorami poprzez węzły i łącza, służącą do rozpoznawania typologii i ewolucji sieci. Jej korzenie sięgają badań socjometrycznych prowadzonych w latach 30. ubiegłego wieku przez psychiatrę austriackiego pochodzenia, doktora Moreno<sup>1</sup> [1]. Stosował on socjometrię do pomiaru sympatii i antypatii wśród jednostek i opisu dynamiki wprowadzania i wykluczania aktora z grupy. Te techniki pomiarowe służyły do tworzenia socjomacierzy, z której można było wyczytać informację o statusie danego aktora w grupie; macierz ta pozwalała obliczać wskaźnik spójności grupy. W mniej odległej przeszłości przeprowadzono badania dotyczące dynamicznej ewolucji struktury sieci, które rozszerzono na obszary badawcze spoza nauk społecznych, jak np. inżynieria i nauki przyrodnicze.

Pomimo że tradycyjne badania empiryczne w naukach o społeczeństwie opierają się na cechach jednostek i niezależnych aktorach, analiza SNA zakłada, że aktorzy są od siebie zależni i tworzą relacje. Relacje te przejawiają systematyczne wzorce, które można kwantyfikować (ujmować ilościowo) i mierzyć. W SNA przyjmuje się, że wzorce behawioralne wykazywane przez sieć aktorów nie są ani niezależne, ani autonomiczne, lecz wprost przeciwnie: są wzajemnie zależne, a relacje między aktorami pełnią rolę materialnych lub niematerialnych kanałów lub zasobów. Różnicą między SNA a innymi, tradycyjnymi empirycznymi metodami badawczymi jest również twierdzenie, że pozycja społeczna aktora w grupie może zarówno ograniczać jego działania, jak i dawać mu możliwość podejmowania nowych działań. Innymi słowy, SNA zakłada, że aktorzy należący do grupy są od siebie zależni, dystrybucja zasobów odbywa

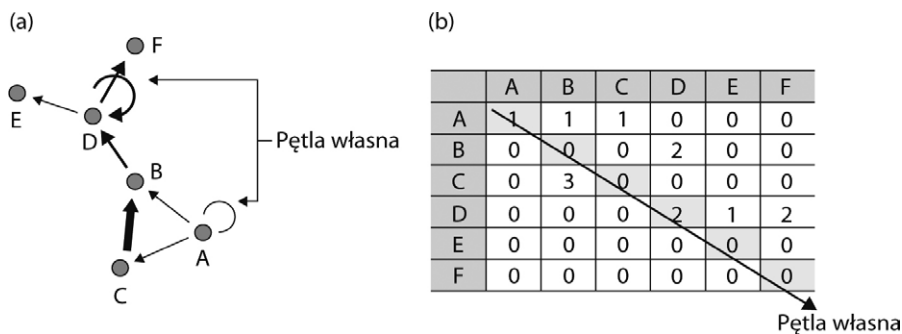
się na zasadzie relacji, a pozycja społeczna zajmowana przez danego aktora w danej grupie hamuje niektóre zachowania aktorów należących do tej grupy, a na inne działa stymulująco. W ten sposób, mimo że punktem wyjścia w SNA są poszczególni aktorzy, analiza ta obejmuje również grupę i relacje między aktorami w tej grupie.

W ostatnim czasie zastosowanie SNA wkroczyło w obszary takie, jak zarządzanie wiedzą, zasobami ludzkimi i organizacją, śledztwa kryminalne, marketing i zarządzanie relacjami z klientem, usługi internetowe i biologia strukturalna.

## 2. Podstawowe pojęcia SNA

### 2.1. Podstawowa terminologia

- Aktor, czyli węzeł:** Aktor to osoba, firma, organizacja społeczna, państwo, produkt, zwierzę lub byt, wyrażony jako węzeł w SNA. To, że używamy słowa „aktor”, nie musi wcale oznaczać, że musi on wypełniać albo chcieć wypełniać jakiegokolwiek obowiązki czy też wykonywać działania w sieci.
- Relacja, czyli łącze:** Aktor ma połączenia (relacje) społeczne, które w analizie SNA są wyrażone przez łącza. Relacje społeczne można podzielić na funkcjonalne, poznawcze lub emocjonalne oraz relacje behawioralne [2].
- Relacja diadyczna:** Ponieważ relacja obejmuje dwóch różnych aktorów, sieć jest zbiorem kilku relacji par lub diad. Dlatego też podstawową jednostką analizy w SNA jest relacja zwana diadą. Diada to połączenie pomiędzy parą aktorów oraz ich potencjalne połączenia. Analizując relację diadyczną, skupiamy się przede wszystkim na jej interaktywności i unikatowości.
- Relacja triadyczna:** Relacja triady obejmuje analizę połączeń między trzema aktorami i potencjalne kategorie podgrupy. Analiza triady koncentruje się na przechodniości i równowadze w relacji aktorów. Przechodniość w relacji triadycznej obejmuje potencjalny transfer istniejącej relacji diadycznej do innej takiej relacji [3]. Na przykład w triadycznej relacji między „i”, „j” i „k”



Rys. 1. Graf i macierz sieci: (a) graf; (b) macierz

- na podstawie tego, że aktor „i” lubi aktora „j”, a aktor „j” lubi aktora „k”, można wywnioskować, że aktor „i” lubi aktora „k”. Równowaga w triadzie to psychologiczna równowaga aktorów relacji triady i status aktorów zachowujących tę równowagę. Tak więc, jeśli aktorzy „i” i „j” żywią do siebie pozytywne uczucia, można oszacować, że z trzecim aktorem „k”, będzie podobnie, ale jeśli „i” i „j” nie przepadają za sobą, wynik szacowania trzeciego aktora „k”, będzie inny.
- Podgrupa:** Grupa to zbiór wszystkich aktorów połączonych w sieć. Podgrupy to podzbiory połączeń aktorów i ich kolejnych połączeń. Tak zdefiniowana podgrupa może składać się z aktorów, których łączą głębokie, bezpośrednie i odwzajemnione relacje z wyboru, w ramach których dzielą się oni informacjami, a także solidarnie i kolektywnie działają. Podgrupa, której aktorów łączą liczne bezpośrednie kontakty, a więzi z outsiderami są nieliczne bądź ich brak, sugeruje jednorodność myśli, tożsamości i zachowania jej członków. Przykładami podgrup są plutony wojskowe, drużyny sportowe, zespoły robocze, komórki terrorystyczne i gangi kryminalne.
  - Sieć:** Sieć składa się ze zbioru aktorów (węzłów) oraz ich relacji (łącza), które można konkretnie zdefiniować pod kątem aktora, grupy i relacji. Sieć można analizować albo całościowo, uwzględniając wszystkie węzły, albo jako sieć ego (egocentryczną), opisu ją z perspektywy centralnego, indywidualnego węzła. W analizie całościowej chodzi o znalezienie

wewnętrznej struktury całej sieci i przepływu dystrybucji. W analizie sieci egocentrycznej rozpoznaje się charakterystyczne lokalne połączenia sieciowe węzła centralnego, czyli ego.

### 2.2. Reprezentacja sieci

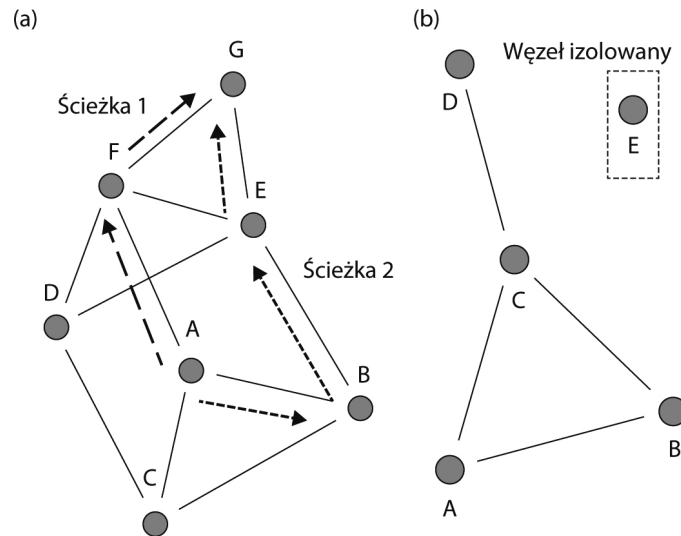
- Graf i macierz:** Graf to intuicyjne, graficzne przedstawienie węzłów i łączy. Graf może również reprezentować macierz, która ułatwia matematyczną i statystyczną analizę złożonej sieci. Gdy węzeł na grafie lub macierzy ma relację łączącą go z nim samym, mówimy wtedy o pętli własnej lub więzi zwrotnej. Na grafie pętlę własną przedstawia się jako krawędź skierowaną lub nieskierowaną, łączącą wierzchołek z nim samym (rys. 1 a). Pętle własne w macierzy to wartości położone na przekątnej (rys. 1 b).
- Ścieżka i odległość (ang. path and distance):** Połączenia między węzłami sieci są określane przez ścieżki i odległość. Ścieżka, przedstawiająca połączenie między dwoma węzłami, to ważny parametr przy pomiarze danych. Węzeł i łącze mogą zostać przekroczone tylko jeden raz na danej ścieżce. Jedno graficzne przedstawienie sieci może zatem zawierać kilka ścieżek łączących dwa węzły, a za najkrótszą ścieżkę między dwoma węzłami uznaje się ścieżkę z najmniejszą liczbą łączy. Odległość w analizie sieciowej nie odnosi się do fizycznej odległości między węzłami, ale do liczby łączy między węzłami na danej ścieżce. Tym samym, gdy dwa węzły są połączone jednym łączem, mówimy o „połączeniu bezpośrednim”, a gdy



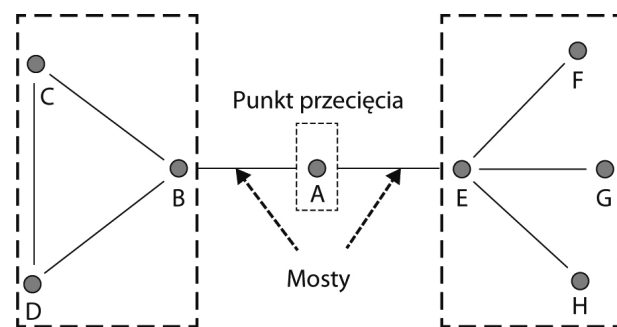
przez kilka łączy – o „połączeniu niebezpośrednim”. Na rysunku 2 a węzeł A jest bezpośrednio połączony z węzłami B, C i F, a niebezpośrednio ze wszystkimi pozostałymi. Wychodzi na to, że między węzłami A i G istnieją dwie ścieżki niebezpośrednie: ścieżka 1 ( $A \rightarrow F \rightarrow G$ ) i ścieżka 2 ( $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow G$ ); pierwsza z nich jest ścieżką najkrótszą.

3. **Stopień** (ang. *degree*): Dwa węzły połączone ze sobą łączem nazywane są wzajemnie przyległymi, a liczbę węzłów przyległych do danego węzła określa się jako centralność stopnia (ang. *degree centrality*). W ten sposób stopień węzła w sieci odzwierciedla jego aktywność lub wpływ na inne węzły w sieci. Węzeł, który nie jest połączony z innymi węzłami, nazywany jest węzłem izolowanym. W sieci złożonej z  $g$  węzłów, minimalna wartość stopnia to 0, a maksymalna  $g - 1$ . Na grafie przedstawionym na rysunku 2 b węzeł E jest węzłem izolowanym, bo nie ma żadnych połączeń, a węzeł C ma najwyższy stopień (3). W tej sieci z pięcioma węzłami najwyższym możliwym stopniem jest 4. Z kolei na rysunku 1 a widać, że do węzła B prowadzą strzałki od węzłów C i A, a wychodzi strzałka do węzła D, co oznacza dwa połączenia wchodzące i jedno wychodzące. Natomiast do węzła D dochodzi strzałka od węzła B, a wychodzą strzałki do węzłów E i F, co oznacza jedno połączenie wchodzące i dwa połączenia wychodzące.

Pojęcie centralności stopnia jest odzwierciedleniem liczby łączy między poszczególnymi węzłami, przy czym maksymalna liczba łączy jest zdeterminowana liczbą węzłów, a udział łączy istniejących w sieci jest rozumiany jako jej gęstość. Na podstawie gęstości można ustalić liczbę połączeń między wszystkimi węzłami sieci. Gęstość definiuje się jako stosunek między rzeczywistą a największą możliwą liczbą łączy (czego wynikiem jest maksymalna gęstość całości). Obliczając gęstość, zwykle nie bierze się pod uwagę pętli własnych, a maksymalna liczba łączy jest równa liczbie węzłów  $\times$  (liczba węzłów  $- 1$ ).



Rys. 2. Ścieżka i stopień: (a) ścieżka; (b) stopień



Rys. 3. Punkt przecięcia i mosty w komponencie sieciowym

4. **Komponent**: Komponentem nazywana jest sieć, która w obrębie grupy nie zawiera węzłów bez połączeń. Węzeł oddzielający jeden komponent od dwóch lub większej liczby innych komponentów nazywany jest punktem przecięcia (ang. *cut-point*), a konkretne łącze między punktem przecięcia a komponentem to most (ang. *bridge*). Na rysunku 3 A to punkt przecięcia, a B-A i A-E to mosty. Jeśli punkt przecięcia i mosty nie będą połączone, będziemy wtedy mogli mówić o dwóch odrębnych komponentach: jednym z węzłami B, C i D oraz drugim z węzłami E, F, G i H.

### 3. Dane z sieci społecznych

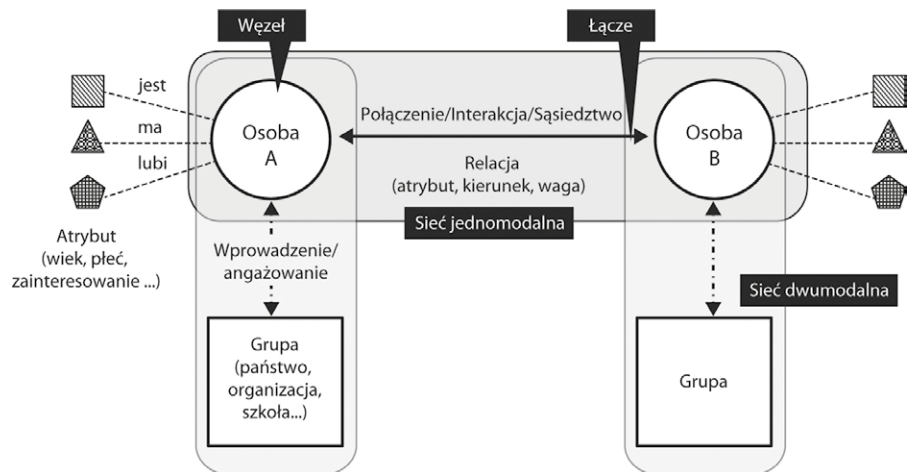
Przedmiotem analizy sieciowej są, w zależności od rodzaju węzłów, dwie kategorie sieci: sieci jednomodalne

i dwumodalne. Każdy węzeł i każde łącze mogą mieć konkretne atrybuty, a łącze pozwala określić kierunek relacji i jego wartość ważoną. Na rysunku 4 przedstawiono przykładową strukturę danych sieciowych.

#### 3.1. Sieci jednomodalne i sieci dwumodalne

Zależnie od atrybutów węzłów sieć można uznać za jednomodalną (wszystkie węzły mają taki sam atrybut) albo sieć dwumodalną (w sieci znajdują się dwa różne atrybuty węzłów) [4]. Na przykład w sieci jednomodalnej relacja „osoba z osobą, państwo z państwem”, a w sieci dwumodalnej relację węzeł – atrybut można opisać jako „osoba z państwem”. Obecnie większość analiz sieciowych jest przystosowana do sieci jednomodalnych, więc miarodajna analiza sieci

dwumodalnej wymaga jej wcześniejszego przekształcenia w sieć jednomodalną. Polega to na przekształcaniu bezpośrednich relacji między węzłami z różnymi atrybutami w sieci dwumodalnej na niebezpośrednie relacje między węzłami o identycznych atrybutach w sieciach jednomodalnych. Na rysunku 5 przedstawiono bezpośrednie relacje produktów A, B i C z różnymi państwami w sieci dwumodalnej („państwo z produktem”), przekształcone i zróżnicowane na niebezpośrednie relacje w dwóch sieciach jednomodalnych („państwo z państwem” i „produkt z produktem”). Bezpośrednie relacje między państwami zostały zastąpione przez niebezpośrednie relacje między państwami kupującymi identyczne towary i między produktami sprzedawanymi do tego samego państwa.



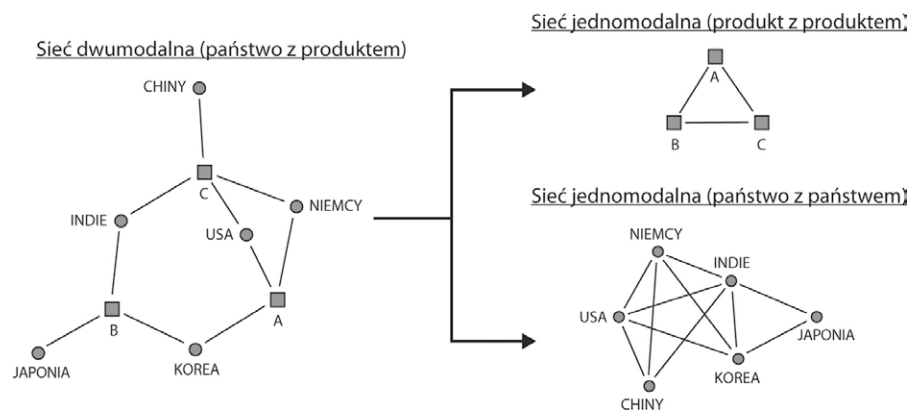
Rys. 4. Struktura danych sieciowych

### 3.2. Atrybuty i wagi

Węzły i łącza mają atrybuty, przy czym łącza mogą być skierowane i wazone. Na przykład węzły mogą mieć takie atrybuty, jak nazwa, płeć i przynależność, natomiast atrybutem łączny może być przyjaźń, relacja biznesowa i relacja zaufania. Oprócz tego łącza mogą wyrażać relacje kierunkowe, takie jak „A lubi B”, którą można przedstawić jako łącze z A do B ( $A \rightarrow B$ ). Jeśli chcemy wyrazić intensywność relacji, możemy przypisać wagę do łącz. Węzeł z łączem prowadzącym do innego węzła nazywa się węzłem źródłowym, a węzeł, do którego łącze prowadzi – węzłem docelowym. W powyższym przykładzie A jest węzłem źródłowym, natomiast B jest węzłem docelowym w relacji „A lubi B” (patrz tabela 1).

### 3.3. Format danych sieciowych

Dane sieciowe przyjmują postać macierzy, jednak można je też przedstawić w postaci prostej lub ważonej listy relacji, zawierającej takie same informacje co macierz. Na prostej liście relacji (ang. *linked list*) związki między węzłami zostają uproszczone na zasadzie stwierdzeń „węzeł źródłowy węzła docelowego 1, węzła docelowego 2, ..., węzła docelowego n”, a ich zaletą jest czytelne przedstawienie danych, w których istnieje wiele węzłów. Za pomocą prostej listy nie można jednak przedstawić wagi łącz między węzłami źródłowymi



Rys. 5. Przekształcanie sieci dwumodalnej w sieć jednomodalną

Tabela 1. Waga i kierunek łącz

	Nieważone	Ważone
Skierowane		
Nieskierowane		

i docelowymi. W formacie ważonej listy relacji (ang. *edged list*) dane są przedstawiane jako wzajemnie połączone pary węzłów i można na niej podać informację o wadze relacji. W przypadku danych w postaci macierzy istniejąca relacja w komórce  $m \times n$  przyjmuje wartość „1 lub wartość ważona” albo wartość „0”, jeśli relacja nie istnieje. Zwykle

dane sieciowe mają postać macierzy, ale przy większej liczbie węzłów ten format danych staje się mniej czytelny. Pierwsza od lewej kolumna macierzy reprezentuje węzeł źródłowy, a pierwszy wiersz – węzeł docelowy. Wartości na przekątnej to wartości pętli własnej, czyli relacja między każdym węzłem a nim samym (patrz tabela 2).

Tabela 2. Formaty danych sieciowych

	Sieć jednomodalna	Sieć dwumodalna																																																																													
Graf																																																																															
Macierz	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A</th> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>B</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>C</th> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>D</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>E</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>F</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	A	1	1	1	0	0	0	B	0	0	0	2	0	0	C	0	3	0	0	0	0	D	0	0	0	2	1	2	E	0	0	0	0	0	0	F	0	0	0	0	0	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Korea</th> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>Japonia</th> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>USA</th> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>Chiny</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>Indie</th> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>Niemcy</th> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	Korea	1	1	0	Japonia	0	1	0	USA	1	0	1	Chiny	0	0	1	Indie	0	1	1	Niemcy	1	0	1
	A	B	C	D	E	F																																																																									
A	1	1	1	0	0	0																																																																									
B	0	0	0	2	0	0																																																																									
C	0	3	0	0	0	0																																																																									
D	0	0	0	2	1	2																																																																									
E	0	0	0	0	0	0																																																																									
F	0	0	0	0	0	0																																																																									
	A	B	C																																																																												
Korea	1	1	0																																																																												
Japonia	0	1	0																																																																												
USA	1	0	1																																																																												
Chiny	0	0	1																																																																												
Indie	0	1	1																																																																												
Niemcy	1	0	1																																																																												
Ważona lista relacji	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Źródło</th> <th>Cel</th> <th>Waga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>F</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>B</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>C</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>D</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>E</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>A</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>D</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Źródło	Cel	Waga	A	B	1	D	F	2	C	B	3	A	C	1	B	D	2	D	E	1	A	A	1	D	D	2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Źródło</th> <th>Cel</th> <th>Waga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Korea</td> <td>A</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>USA</td> <td>A</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Niemcy</td> <td>A</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Indie</td> <td>B</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Japonia</td> <td>B</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Korea</td> <td>B</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Indie</td> <td>B</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Niemcy</td> <td>C</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>USA</td> <td>C</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Chiny</td> <td>C</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Źródło	Cel	Waga	Korea	A	1	USA	A	1	Niemcy	A	1	Indie	B	1	Japonia	B	1	Korea	B	1	Indie	B	1	Niemcy	C	1	USA	C	1	Chiny	C	1																	
Źródło	Cel	Waga																																																																													
A	B	1																																																																													
D	F	2																																																																													
C	B	3																																																																													
A	C	1																																																																													
B	D	2																																																																													
D	E	1																																																																													
A	A	1																																																																													
D	D	2																																																																													
Źródło	Cel	Waga																																																																													
Korea	A	1																																																																													
USA	A	1																																																																													
Niemcy	A	1																																																																													
Indie	B	1																																																																													
Japonia	B	1																																																																													
Korea	B	1																																																																													
Indie	B	1																																																																													
Niemcy	C	1																																																																													
USA	C	1																																																																													
Chiny	C	1																																																																													
Prosta lista relacji	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Źródło</th> <th>Cel 1</th> <th>Cel 2</th> <th>Cel 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> </tr> </tbody> </table>	Źródło	Cel 1	Cel 2	Cel 3	A	A	B	C	B	D			C	B			D	D	E	F	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Źródło</th> <th>Cel 1</th> <th>Cel 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Korea</td> <td>A</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Japonia</td> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>USA</td> <td>A</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Chiny</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indie</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Niemcy</td> <td>A</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>	Źródło	Cel 1	Cel 2	Korea	A	B	Japonia	B		USA	A	C	Chiny	C		Indie	B	C	Niemcy	A	C																																				
Źródło	Cel 1	Cel 2	Cel 3																																																																												
A	A	B	C																																																																												
B	D																																																																														
C	B																																																																														
D	D	E	F																																																																												
Źródło	Cel 1	Cel 2																																																																													
Korea	A	B																																																																													
Japonia	B																																																																														
USA	A	C																																																																													
Chiny	C																																																																														
Indie	B	C																																																																													
Niemcy	A	C																																																																													

## Przypisy

- 1 Jacob Moreno (1889–1974) – austriacko-amerykański lekarz, psychiatra, socjolog, twórca psychodramy – metody psychologicznej pomocnej w dostosowaniu się jednostki do nowych sytuacji i wydarzeń [źr. Wikipedia] (przyp. red.).

## Literatura

- [1] BARABÁSI A.L.: *Linked: The New Science of Networks*. Cambridge, Perseus Publishing, MA 2002.
- [2] KNOKE D., KUKLINSKI J.H.: *Network Analysis: Quantitative Applications in the Social Sciences*. Sage Publications, Beverly Hills, CA, 1982.
- [3] WASSERMAN S., FAUST K.: *Social Network Analysis: Methods and Application*. Cambridge University Press, New York 1997.
- [4] BORGATTI S.P., EVERETT M.G.: *Network analysis of 2-mode data*. „Social Networks”, 19(3)/1997.

Fragment pochodzi z książki:

*Big Data w przemyśle*

Lee Hyunjong, Sohn Il

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019

reklama

# 3-5 marca 2020, Bydgoszcz

# INNOFORM®

4. Międzynarodowe Targi Kooperacyjne Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego

## ODWIEDŹ TARGI W DOLINIE NARZĘDZIOWEJ

## BEZPŁATNA REJESTRACJA ONLINE

[www.innoform.pl](http://www.innoform.pl)



# Studium przypadku: struktura wiedzy w badaniach rynku stali

Lee Hyunjong, Sohn Il

W życiu codziennym zajmujemy się danymi na większą i na mniejszą skalę. Z perspektywy państw ważne są wartości produktu krajowego i wzrost ekonomiczny, a dla firm najistotniejsze są wyniki sprzedaży. Pracownicy naukowcy analizują dane i wyniki badań, a studenci używają swoich ocen jako danych, które pozwalają im wstępować na uniwersytety. Z tego punktu widzenia nie ma nikogo, kto by nie miał do czynienia z żadnymi danymi.

Jednak wzrokowe znalezienie informacji w danych nie jest łatwe. Szczególnie dotyczy to obecnej ery Big Data, w której różnego rodzaju dane gromadzi się bardzo szybko i na ogromną skalę. Dane w jakiś sposób pokazują rzeczywistość, ale nie wystarczy się im przyjrzeć, aby je zrozumieć. Aby uzyskać zawarte w nich informacje, trzeba te dane przeanalizować.

Naszym zamiarem było udostępnienie pracownikom naukowym przydatnych informacji, uzyskanych poprzez analizę rzeczywistych danych. Podjęliśmy próbę analizy „struktury wiedzy” w badaniach rynku stali, a wyniki tej pracy naukowej zostały opublikowane na łamach „Steel Research International”. W ten sposób chcieliśmy usystematyzować dotychczasowe badania branży stalowej i stworzyć przewodnik przydatny w rozwijaniu tych badań. Rozwój badań w przemyśle stalowym następuje szybko, zarówno w aspekcie akademickim, jak i praktycznym. Zadaliśmy sobie pytanie: jakie cechy wyróżniają ten proces rozwoju? Osoby biegłe w interpretacji danych lub prowadzące badania w określonej dziedzinie potrafią je wychwycić już po zapoznaniu się z jakimiś dokumentami badawczymi albo liczbami. Jednak dla przeciętnego człowieka są to tylko listy liczb i podobnych elementów. Dlatego właśnie potrzebna nam była metoda wyszukiwania pewnych cech lub struktur z samych danych, czyli z samej rzeczywistości. I to właśnie nazywamy „analizą sieci Big Data”. Poniżej szczegółowo omawiamy sposób zbierania i analizowania danych, które zostały opublikowane w „Steel Research International” [1] – numer ze stycznia 2015 r. Dzięki temu można zrozumieć strukturę wiedzy w przemyśle stalowym.

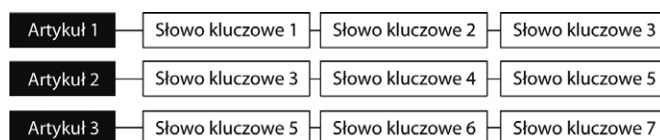
**Etap 1: Zbieranie danych.** Zbieranie informacji bibliograficznych z artykułów opublikowanych w periodyku „Steel Research International”. Są to artykuły akademickie, recenzje, analizy przypadków, korekty, recenzje książek, wytyczne redakcyjne itd. Z tego zbioru pozostawiliśmy tylko artykuły akademickie, recenzje i analizy przypadków, ponieważ inne nie mają bezpośredniego wpływu na strukturę wiedzy w badaniach rynku stali.

**Etap 2: Wyodrębnianie danych.** Wyodrębnianie słów kluczowych z zebranych artykułów. Te słowa kluczowe wskazują

tematykę artykułów, więc można je uzyskać z list słów kluczowych, abstraktów i tytułów artykułów.

**Etap 3: Oczyszczanie danych.** Różni autorzy mogą różnie zapisywać słowa kluczowe, więc trzeba wykonać ich standaryzację. W oczyszczaniu zbioru słów kluczowych pomogli nam również eksperci z branży stalowej.

**Etap 4: Porządkowanie danych.** Aby sieć można było analizować pod kątem struktury wiedzy, dane muszą zostać odpowiednio uporządkowane. W tym przypadku utworzyliśmy sieć dwumodalną z artykułami i słowami kluczowymi, a później, do celów analizy rocznikowej, dodaliśmy lata publikacji (patrz rys. 1).



Rys. 1. Sieć dwumodalna (artykuł - słowo kluczowe)

**Etap 5: Przekształcanie danych w sieć jednomodalną.** Trudno wykryć strukturę słów kluczowych na podstawie kierunkowych relacji w sieci dwumodalnej, czyli relacji między artykułami i słowami kluczowymi (patrz rys. 2).

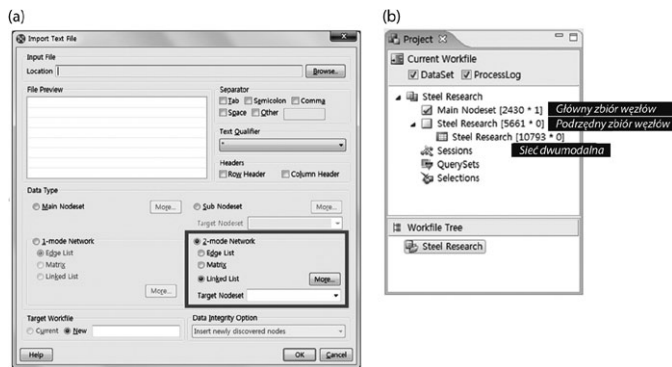


Rys. 2. Sieć jednomodalna (słowo kluczowe - słowo kluczowe)

**Etap 6: Przeprowadzenie analizy danych sieciowych.** Etap ten obejmuje analizę centralności i spójnych podgrup.

**Etap 6.1:** Wysoki wskaźnik centralności uzyskany w analizie centralności pewnych słów kluczowych oznacza, że wiele słów kluczowych występuje jednocześnie w tych samych artykułach. Wysoki wskaźnik centralności bliskości oznacza krótką odległość geodezyjną od innych słów kluczowych w sieci, ujawnia więc pozycję, która najszybciej może wpływać na całość badań rynku stali. Słowo kluczowe z wysokim wskaźnikiem centralności pośredniczenia łączy obszary badawcze w branży stalowej. Te słowa kluczowe prowadzą do zbieżności badań.

**Etap 6.2:** Przeprowadzamy analizę spójnych podgrup, aby zrozumieć podobszary w badaniach stali. Zbiór słów



**Rys. 3.** Ekran wyświetlany w trakcie importowania danych: (a) importowanie danych sieciowych; (b) plik roboczy po zaimportowaniu danych do programu NetMiner

kluczowych występujących jednocześnie w wielu artykułach można uznać za jeden z obszarów badań.

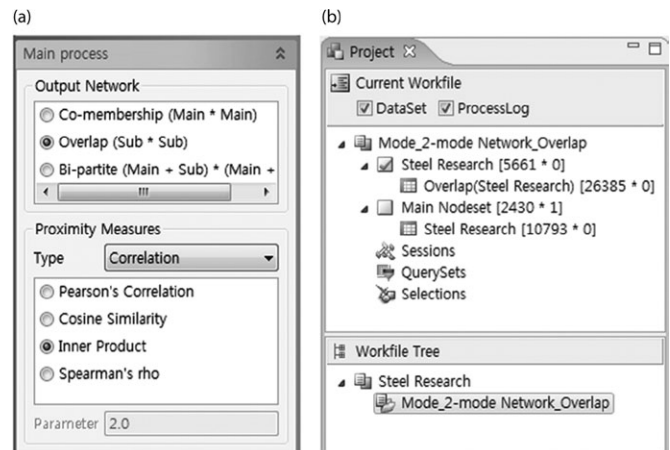
**Etap 7:** Przeprowadzamy dodatkowe analizy danych. Wykonujemy dodatkowe analizy badawcze zgodnie z celem badania. W tym przypadku utworzyliśmy mapy na podstawie wyników badań, aby na bazie spójnych podgrup zrozumieć kierunek rozwoju badań stali.

Następnie została przeprowadzona analiza, której celem było zrozumienie struktury wiedzy w badaniach rynku stali. Teraz zajmiemy się czwartym etapem, czyli porządkowaniem danych. Analiza sieci została przeprowadzona w programie NetMiner.

**Etap 4:** Organizacja zebranych danych zaczyna się od utworzenia sieci dwumodalnej, takiej jak na rysunku 3 a. Importujemy zebrane dane do programu NetMiner (*File > Import > Text File lub Excel File*).

Jeśli dane są importowane z Excela, nie trzeba konfigurować dodatkowego separatora, ale w przypadku danych z pliku tekstowego dzielimy kolumny danych za pomocą opcji Separator. Ponadto w opcjach importowania zaznaczamy *Linked List* w ramce *2-mode Network*, ponieważ zebrane dane mają postać prostej listy relacji w sieci dwumodalnej. Po zaimportowaniu danych w bieżącym pliku NetMinera zostanie utworzony główny zbiór węzłów, podrzędny zbiór węzłów i sieci dwumodalne. W drzewie pliku roboczego widać, że utworzona nazwa pliku roboczego zgadza się z nazwą importowanego pliku (patrz rys. 3 b).

**Etap 5:** Dane importowane do NetMinera to sieć dwumodalna złożona z par artykuł – słowo kluczowe. Aby można było analizować strukturę wiedzy w badanej dziedzinie, trzeba przekształcić tę sieć w sieć jednomodalną zbudowaną z par słowo kluczowe – słowo kluczowe. Sieć dwumodalną możemy przekształcić w sieć jednomodalną, wydając polecenie *Transform > Mode > 2-mode Network*. Następnie w ramce *Output Network* w okienku *Main process* zaznaczamy *Overlap (Sub\*Sub)*, a w ramce *Proximity Measures* wybieramy kolejnie *Type > Correlation > Inner Product*



**Rys. 4.** Przekształcanie sieci jednomodalnej w dwumodalną: (a) przekształcanie sieci; (b) wygenerowany plik roboczy

(patrz rys. 4 a). Gdy to zrobimy, klikamy *Run Process* i pojawia się kontekstowe menu z pytaniem, czy utworzyć plik roboczy. Jeśli klikniemy *Yes*, wówczas istniejące dane będą zachowane i zostanie wygenerowany podrzędny plik roboczy, taki jak na rysunku 4 b. W programie NetMiner liczby znajdujące się po nazwach zbioru węzłów i sieci oznaczają odpowiednio liczbę węzłów i atrybutów węzłów oraz liczbę łączy i atrybutów łączy. Na przykład *Steel Research [5661\*0]* w nowo wygenerowanej sieci jednomodalnej oznacza, że całkowita liczba węzłów to 5661 i nie ma żadnych atrybutów węzłów. Natomiast *Overlap (Steel Research) [26385\*0]* w sieci jednomodalnej oznacza, że całkowita liczba łączy to 26385 i nie ma atrybutów łączy.

Wygenerowana macierz współwystępowania słów kluczowych wygląda tak jak w tabeli 1. Można ją zobaczyć w jednomodalnej sieci *Overlap (Steel Research)*. Każda komórka tej macierzy zawiera informację o częstotliwości współwystępowania słowa kluczowego *i* oraz słowa kluczowego *j* w okresie objętym badaniem (lata 1990–2013), natomiast na przekątnej widzimy częstość słowa kluczowego *i* w tym samym okresie. W szczególności w macierzy współwystępowania widzimy, że słowo *microstructure* (mikrostruktura) pojawiło się w ciągu 24 lat jako słowo kluczowe w 95 pracach naukowych, a w 4 z nich wspólnie z *duplex stainless steel* (stal nierdzewna typu duplex).

**Tabela 1.** Macierz występowania par słów kluczowych

	Nitrogen	Annealing	Duplex Stainless Steel	Microstructure	Direct Reduction
Nitrogen	28	1	1	1	
Annealing	1	10	1		
Duplex Stainless Steel	1	1	11	4	
Microstructure	1		4	95	
Direct reduction					5

**Tabela 2.** Częstość występowania słów kluczowych w latach 1990–2013

Słowa kluczowe	Liczba w całym okresie	Słowa kluczowe	1990–1994	Słowa kluczowe	1995–1999	Słowa kluczowe	2000–2004	Słowa kluczowe	2005–2009	Słowa kluczowe
Microstructure	95	Microstructure	14	Kinetics	15	Transformation induced plasticity	17	Finite element method	37	Microstructure
Finite element method	79	Heat transfer	10	Liquid iron	11	Continuous casting	14	Microstructure	29	Transformation induced plasticity
Transformation induced plasticity	72	Kinetics	10	Heat transfer	8	Mechanical properties	14	Continuous casting	22	Twinning induced plasticity
Mechanical properties	64	Mass transfer	9	Mechanical properties	8	Microstructure	12	Inclusion	20	Finite element method
Continuous casting	62	Nitrogen	9	Nitrogen	8	Finite element method	10	Slag	19	Blast furnace
Slag	54	Hot rolling	8	Finite element method	7	Slag	10	Transformation induced plasticity	19	Continuous casting
Blast furnace	50	Liquid iron	8	High temperature	6	Aluminum	7	Blast furnace	18	Mechanical properties
Kinetics	42	Thermodynamic	8	Iron	6	Blast furnace	7	Mechanical properties	16	Precipitation
Stainless steel	41	Mechanical properties	7	Liquid steel	6	Low carbon steel	7	Stainless steel	14	Slag
Heat transfer	39	Niobium	7	Low carbon steel	6	Solidification	7	High strength steel	11	Phase transformation

Z macierzy współwystępowania możemy więc odczytać częstość występowania słów kluczowych w badanym okresie. Co więcej, dzieląc tę macierz na lata, można ustalić, jakie badania dominowały w każdym roku (patrz tab. 2).

Dodatkowo możemy również zbadać częstość występowania par słów kluczowych, tak jak w tabeli 3. Dzięki temu mamy możliwość znajdowania słów kluczowych towarzyszących wybranym słowom kluczowym, na bazie których prowadzone są badania. Po wykonaniu wizualizacji wyników możemy nawigować po słowach kluczowych, a także eksplorować inne słowa kluczowe.

**Etap 6:** Na podstawie wyniku przekształcenia w sieć jednodalną można zobaczyć, które słowa kluczowe i podobszary badań są uważane za istotne w badaniach przemysłu stalowego. W tym celu przeprowadzamy analizę centralności i spójnych podgrup.

**Etap 6.1:** Aby wykonać analizę centralności, wybieramy pożądaną metodę analizy z menu *Analyze > Centrality*. W tym badaniu została przeprowadzona analiza

centralności stopnia (*Degree*), pośredniczenia dla węzłów (*Betweenness > Node*) i bliskości (*Closeness*). Chcąc obliczyć centralność stopnia, w okienku *Main process* wybieramy metodę wyznaczenia tego wskaźnika. Podstawą obliczania może być liczba wszystkich łączy do innych węzłów albo suma wag łączy. Na ogół przyjmujemy, że istnienie łącza jest ważniejsze niż jego waga i w oparciu o to założenie mierzymy centralność stopnia, ale czasami przydatna jest również druga opcja. W analizie centralności bliskości istotna jest osiągalność całej sieci, więc w okienku *Pre-process* jest domyślnie zaznaczona opcja *Dichotomize*. W okienku *Main process* trzeba również ustawić opcję w ramce *Unreachable Handling* (jak traktować węzły nieosiągalne). Najczęściej zaznaczamy *Ignore Unreachable* (ignoruj nieosiągalne). W analizie centralności pośredniczenia interesują nas również węzły i ich położenie, więc nie musimy uwzględniać wagi. Aby nie uwzględniać wag łączy, w okienku *Pre-process* domyślnie jest zaznaczone pole wyboru *Dichotomize* (patrz rys. 5).

Wynik analizy centralności w programie NetMiner przedstawiono na zakładkach [R] *Main*, [T] *Centrality Vector*, [M] *Spring* i [M] *Concentric*. [R] oznacza tu raport, [T] – tabelę, a [M] – mapę. Tak więc rezultatem analizy centralności jest jeden raport, jedna tabela i dwie mapy. Zakładka [R] *Main* zawiera informacje o procesie i podsumowanie wyników. Rozkład wskaźnika centralności i wskaźnik centralizacji sieci są pokazane w punkcie *Output Summary*. Z kolei wskaźniki centralności każdego z węzłów można zobaczyć na zakładce [T] *Centrality Vector*. Mapa z wizualizacją, wygenerowana za pomocą

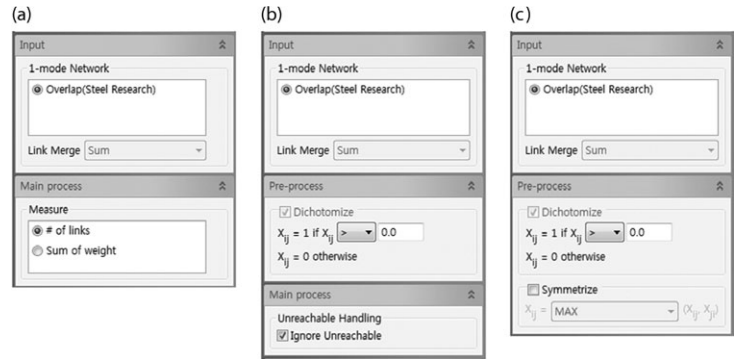
**Tabela 3.** Częstość występowania par słów kluczowych

Pary słów kluczowych	Częstość	Pary słów kluczowych	Częstość
Mechanical properties – microstructure	21	Kinetic – reduction	7
Transformation induced plasticity – twinning induced plasticity	12	Viscosity – slag	7
Nitrogen – carbon	10	Al2O3 – MgO	6
Transformation induced plasticity – retained austenite	9	Blast furnace – ironmaking	6
Microstructure – heat treatment	8	Desulfurization – hot metal	6

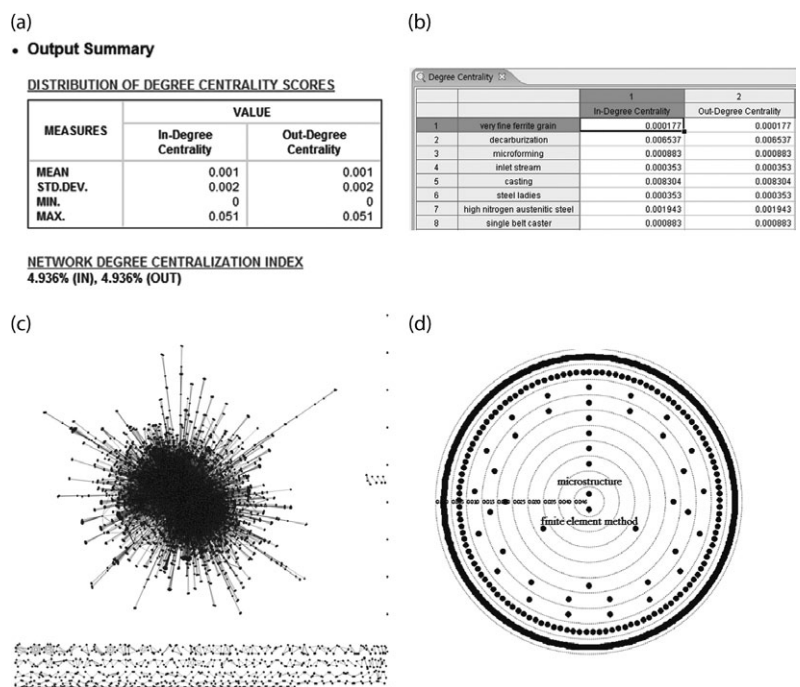
algorytmu sprężynowego, znajduje się na zakładce [M] *Spring*. Na zakładce *Display* (w dolnej części obszaru sterowania procesem) można zmienić styl mapy. Na mapie [M] *Concentric* węzły z wyższym wskaźnikiem centralności znajdują się bliżej środka, więc z łatwością można wyszukać węzeł z najwyższym wskaźnikiem. W tym przykładzie pokazano analizę centralności stopnia. W macierzy współwystępowania nie uwzględnia się kierunku, więc wskaźniki centralności stopnia, wchodzący i wychodzący, mają jednakowe wartości.

Uporządkowane wyniki analizy centralności w badaniach branży stalowej pokazano w tabeli 4. Słowa kluczowe *microstructure* i *finite element method* (metoda elementów skończonych) mają wysokie wskaźniki centralności stopnia i pośredniczenia, więc oba są uwzględniane w badaniach i łączą podobszary badań, co sprzyja badaniom zbieżności słów kluczowych. Poza tym słowa kluczowe *microstructure*, *mechanical properties* (właściwości mechaniczne) i *continuous casting* (odlewanie ciągle) znajdują się na miejscach, które sprzyjają rozpowszechnianiu się tych słów w dalszych badaniach. Dlatego też pracownicy naukowci, którzy dopiero zaczynają zajmować się badaniami rynku stali, powinni wziąć pod uwagę te słowa kluczowe.

**Etap 6.2:** Przed analizą spójnych podgrup okazało się, że 94,2% wszystkich słów kluczowych w latach 1993–2013 pojawia się mniej niż pięć razy, uznając więc, że mają one stosunkowo niewielki wpływ na badania, postanowiliśmy je wykluczyć z analizy. W tym celu trzeba najpierw do głównego zbioru węzłów (*Steel Research [5661\*0]*) dodać częstotliwość jako atrybut węzła. Następnie, na pasku narzędzi NetMinera, klikamy przycisk *Query Composer*,



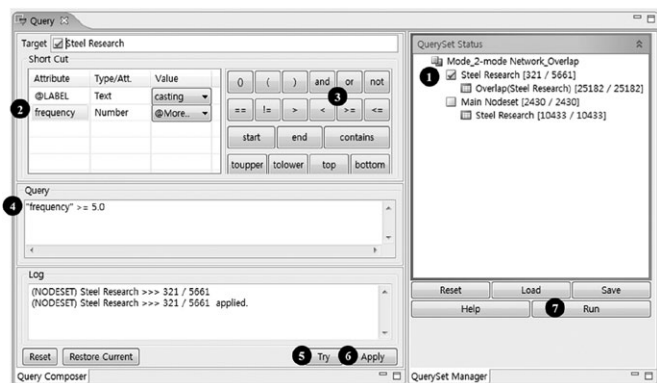
Rys. 5. Obszar sterowania procesem w trakcie analizy centralności: (a) centralność stopnia; (b) centralność bliskości; (c) centralność pośredniczenia



Rys. 6. Wyniki centralności stopnia: (a) [R] Main Report; (b) [T] Degree Centrality Vector; (c) [M] Spring; (d) [M] Concentric

Tabela 4. Analiza centralności słów kluczowych

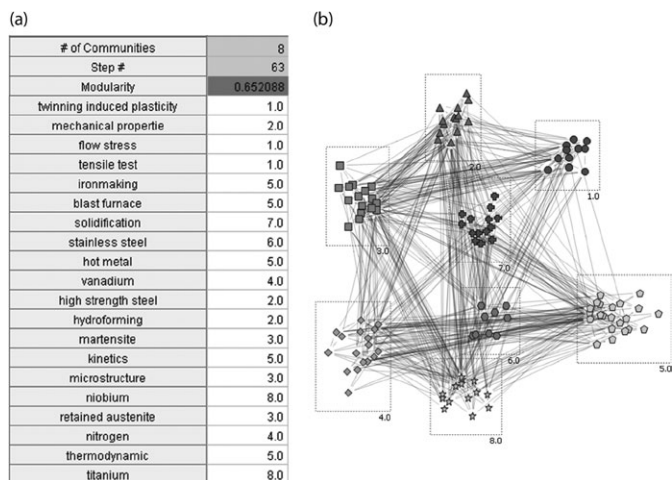
Słowo kluczowe	Centralność stopnia	Słowo kluczowe	Centralność bliskości	Słowo kluczowe	Centralność pośredniczenia
Microstructure	5,05	Microstructure	34,40	Microstructure	9,53
Finite element method	4,72	Mechanical properties	32,57	Finite element method	7,71
Continuous casting	3,87	Continuous casting	32,41	Continuous casting	6,43
Transformation induced plasticity	3,50	Slag	31,87	Slag	5,35
Mechanical properties	3,30	Kinetics	31,74	Mechanical properties	5,05
Slag	3,29	Solidification	31,55	Transformation induced plasticity	4,67
Blast furnace	2,90	Stainless steel	31,52	Kinetics	4,66
Kinetics	2,44	Transformation induced plasticity	31,38	Blast furnace	4,03
Stainless steel	2,33	Phase transformation	31,35	Stainless steel	3,61
Precipitation	2,07	Precipitation	31,33	Solidification	2,85



Rys. 7. Kompozytor zapytań

aby w obszarze edycji danych pojawiło się to, co widać na rysunku 6. W tym przykładzie, po wybraniu zbioru węzłów lub sieci w okienku *QuerySet Status*, wpisujemy zapytanie (ramka *Query*) i klikamy kolejno *Try* > *Apply* > *Run*, aby wyodrębnić słowa kluczowe, które występują więcej niż pięć razy. Tym sposobem spośród 5661 słów kluczowych do analizy spójnych podgrup wyodrębniliśmy 321, które pojawiają się częściej niż pięciokrotnie (rysunek 7).

Następnym krokiem było przeprowadzenie analizy wspólnoty. W ten sposób powstało więcej wewnętrznych (w grupach) niż zewnętrznych (między grupami) połączeń słów kluczowych, co pozwoliło skupić się na analizie podobszarów badań. Aby wykonać analizę wspólnoty, wybieramy kolejno *Analyze* > *Cohesion* > *Community* > *Modularity*. W tym przykładzie, w okienku *Main Process* na obszarze sterowania procesem, należy w ramce *Algorithms* wybrać algorytm. Najpopularniejszym algorytmem jest CNM<sup>1</sup>, który gwarantuje przyzwoite rezultaty, chociaż ze wszystkich dostępnych opcji działa najwolniej. Gdy chcemy podzielić sieć na określoną liczbę wspólnot, niezależnie od wskaźnika modułowości, korzystamy z opcji *Include*



Rys. 8. Wyniki analizy spójnej podgrupy: (a) [T] *Community Partition*; (b) [M] *Clustered*

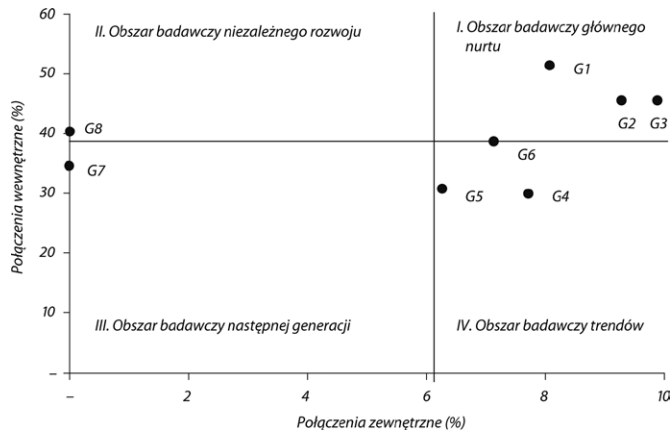
*Nonoptimal Output*. Wyniki analizy wspólnoty pojawiają się na zakładkach [R] *Main*, [T] *Community Partition* i [M] *Clustered*. *Raport* zawiera wskaźnik najlepszej modułowości, natomiast z tabeli na zakładce [T] *Community Partition* możemy odczytać informacje o przynależności węzłów do podgrup. Na zakładce [M] *Clustered* znajduje się mapa klastrowania spójnych podgrup, wygenerowana na podstawie wskaźnika modułowości. W tym przykładzie mapy klastrowania każdej spójnej podgrupy mogą mieć różne kształty i kolory, które ustawiamy w obszarze sterowania procesem, na zakładce *Display* (okienko *Node Style*, ramka *Node Attribute Styling*) (patrz rys. 8).

W wyniku analizy spójnych podgrup w badaniach stali wyodrębniono w sumie osiem podgrup (patrz tab. 5). Liczbę słów kluczowych, liczbę łącz i połączenia wewnętrzne (gęstość) można znaleźć za pomocą polecenia *Analyze* > *Properties* > *Group*. Informacje o połączeniach zewnętrznych uzyskujemy w wyniku dodatkowej analizy badawczej.

Tabela 5. Podobszary badań stali

Numer	Spójne podgrupy		Liczba słów kluczowych	Liczba łącz	Połączenia wewnętrzne (%)	Połączenia zewnętrzne (%)	Kategoria badawcza
	Słowa kluczowe należące do podgrup						
G1	Austenitic steel, ferritic stainless steel, flow stress, grain size, hot deformation, martensitic transformation itd.		11	56	50,90	8,15	I
G2	Austenite, austenitic stainless steel, ductility, fatigue, finite element method, high strength steel, hot stamping itd.		14	82	45,10	9,36	I
G3	Annealing, cold rolling, deformation, dual phase steel, duplex stainless steel, electron backscattered diffraction, formability itd.		16	108	45,00	9,90	I
G4	Activity, alloy, aluminum, copper, high speed steel, iron, liquid iron itd.		17	80	29,40	7,76	IV
G5	Basic oxygen furnaces, basic oxygen furnaces slag, blast furnace, carburization, computational fluid dynamic, decarburization, dephosphorization itd.		22	138	29,90	6,32	IV
G6	Continuous casting, high temperature, molten steel, mold, optimization, physical modeling, surface tension itd.		9	28	38,90	7,20	I
G7	Casting, characterization, composition, fluid flow, heat transfer, inclusion, ladle itd.		14	62	34,10	0,06	III
G8	Carbide, carbon, corrosion, creep, hardness, microalloy, microalloyed steel itd.		14	72	39,60	0,08	II





Rys. 9. Mapowanie obszarów podgrup w badaniach stali

**Etap 7:** Aby lepiej zrozumieć podobszary badań przemysłu stalowego, kategorie badawcze podzielono na połączenia wewnętrzne i zewnętrzne (patrz rys. 9). Podgrupy w podobszarach mających wysoki wskaźnik zarówno połączeń wewnętrznych, jak i zewnętrznych, to obszar badawczy głównego nurtu (ang. *main stream research area*), który zasługuje na uwagę jako rozwijająca się dziedzina badań. Podgrupy, które mają wysoki wskaźnik połączeń wewnętrznych, ale niski wskaźnik połączeń zewnętrznych, to obszar badawczy niezależnego rozwoju (ang. *growth research area*), a podgrupy, w których oba wskaźniki są niskie, to obszary badawcze następnej generacji (ang. *next generation research area*), które nie mają jeszcze struktury i są badane osobno.

I wreszcie podgrupy, które mają niski wskaźnik połączeń wewnętrznych, ale wysoki wskaźnik połączeń zewnętrznych, to obszar badawczy trendów (ang. *trend research area*), który cechuje się dużą skalowalnością.

Celem wykonania tej pracy było poznanie struktury wiedzy w badaniach nad przemysłem stalowym, przy użyciu analizy sieciowej Big Data. W tym celu wykorzystano publikacje ukazujące się na łamach „Steel Research International”. Wyniki analizy pozwalają nam lepiej zrozumieć zebrane dotychczas opracowania badań. Co więcej, czytelne wydzielenie obszarów na podstawie podgrup może być cenną wskazówką dotyczącą kierunku kolejnych badań. Konieczne jest jednak przeprowadzenie bardziej wyczerpujących badań na ten temat, z uwzględnieniem zawartości innych branżowych periodyków, co wykracza poza ramy tej pracy.

### Przypisy

- 1 Jest to akronim utworzony od nazwisk twórców tego algorytmu: Clauset, Newman i Moore (przyp. tłum.).

### Literatura

- [1] LEE H., SOHN I.: *Looking back at Steel Research International and its future*. „Steel Research International”, 86(1)/2015.

Fragment pochodzi z książki:

*Big Data w przemyśle*

Lee Hyunjoung, Sohn Il

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019

### WYDARZENIA

#### ● Japończycy budują 25-tonowego humanoida

Fani anime pt. „Gundam” doczekają się spełnienia swoich marzeń. Niebawem bowiem w porcie Jokohama zadebiutuje 59-metrowa replika maszyny RX-78-2 Gundam. Gigantyczny robot będzie mógł chodzić i poruszać ogromnymi rękami.

Robot, którego rozwój rozpoczął się w 2014 roku, waży około 25 ton. Po raz pierwszy zostanie zaprezentowany publiczności podczas wielkiego otwarcia „fabryki Gundam”, które odbędzie się 1 października tego roku.

Bilety na otwarcie trafią do sprzedaży w lipcu. Jednak zagorzali fani produkcji mogą wziąć udział w Gundam Factory Yokohama Special Experience. To specjalny program, który odbędzie się przed otwarciem. W jego ramach uczestnicy zapoznają się z obiektem i skorzystają z tarasu widokowego zlokalizowanego tuż przy wieży dokującej robota.

„Fabryka Gundam” będzie znajdować się naprzeciwko RX-78-2 i doku. Na jej terenie działać będą sklepy, kawiarnia, a także organizowane będą specjalne wystawy i akademie poświęcone anime. Zostanie zamknięta 3 października 2021 roku.

Źródło: foxbusiness

#### ● Rynek czujników samochodowych się wzmacnia

ResearchAndMarkets przygotowało nowy raport „Global Automotive Sensor Market: Focus on Sensor Type and Application for Conventional and Electrical Vehicle, Country-Wise Analysis and Supply Chain Analysis – Analysis and Forecast, 2019–2029”.

Analitycy branży czujników samochodowych przewidują, że rynek będzie rósł w latach 2019–2029 w tempie 7,14% rocznie. Sektor został zdominowany przez region APAC, a analitycy

ResearchAndMarkets oczekują, że będzie on miał najwyższe tempo wzrostu w okresie prognozy.

Rynek czujników samochodowych jest napędzany przez kilka czynników, takich jak rosnąca liczba podzespołów elektronicznych w przeliczeniu na pojazd, ciągła cyfryzacja czy miniaturyzacja urządzeń elektronicznych wykorzystywanych w samochodach.

Ponadto przewiduje się, że liczne możliwości otworzą się przed rynkiem dzięki rosnącemu zapotrzebowaniu na systemy ADAS i pojazdy autonomiczne, rozwojowi czujników wielofunkcyjnych i platform czujnikowych oraz przewidywanym sukcesom branży pojazdów elektrycznych. Z drugiej strony rozwój ograniczany jest jednak przez bardzo złożone procesy wykorzystywane w produkcji czujników MEMS.

Źródło: yahoo

# Prądnica wzbudzana magnesami trwałymi z dzielonym uzwojeniem twornika

Jakub Bernatt, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka, Robert Rossa

## 1. Wymagania dla prądnic w elektrowniach wiatrowych

Prądnice wzbudane magnesami trwałymi mają strumień wzbudzenia o wartości stałej. Napięcie rotacji prądnic i częstotliwość napięcia są liniową funkcją prędkości obrotowej. W elektrowniach wiatrowych korzystnie jest, aby turbina wiatrowa pracowała ze zmienną prędkością obrotową, uzależnioną od prędkości wiatru. Jeśli moc strumienia powietrza w powierzchni obrotowej turbiny jest równa  $P_0$ , a prędkości strumienia powietrza przed i za turbiną są równe odpowiednio  $V_1$  i  $V_2$ , to moc turbiny określa zależność:

$$P_t = \frac{1}{2}P_0\left(1 + \frac{V_2}{V_1}\right)\left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2\right]$$

Minimalna średnia wartość prędkości wiatru za silnikiem wiatrowym  $V_2$ , którą można uzyskać, określona jest zależnością:

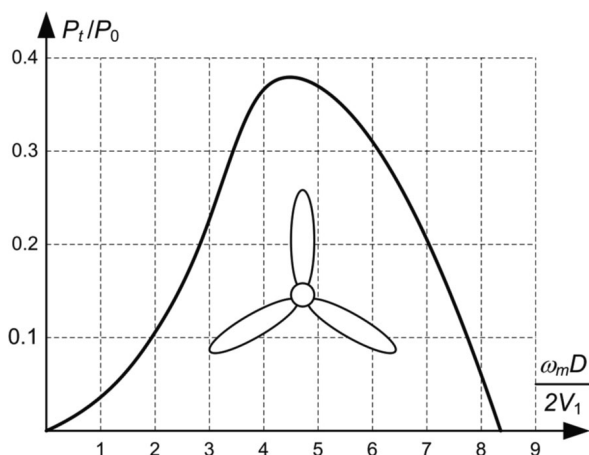
$$V_{2min} = 0,75V_1$$

co daje moc maksymalną turbiny

$$P_{tmax} = 0,38P_0$$

Moc rzeczywista turbiny o średnicy łopaty  $D$  i prędkości kątowej łopaty  $\omega_m$  zależy od konstrukcji i od stosunku prędkości obwodowej łopaty do prędkości wiatru ( $\frac{\omega_m D}{2V_1}$ ) (rys. 1).

Turbina wiatrowa pozyskuje maksymalną moc ze strugi wiatru tylko wówczas, gdy jej prędkość obrotowa jest dopasowana do prędkości wiatru.



Rys. 1. Charakterystyka  $\frac{P_t}{P_0} = f\left(\frac{\omega_m D}{2V_1}\right)$  turbiny trzyłopatowej

**Streszczenie:** Elektrownia wytwarza więcej energii elektrycznej, jeśli turbina wiatrowa i sprzęgnięty z nią generator synchroniczny pracują z prędkością obrotową dostosowaną do prędkości wiatru według kryterium maksymalnej mocy. Napięcie prądnic powinno być możliwie duże zarówno przy małej prędkości obrotowej, jak i przy prędkości znamionowej. Uzyskuje się to poprzez podzielenie uzwojenia twornika prądnic na sekcje i łączenie sekcji uzwojenia, w czasie pracy prądnic, szeregowo bądź równoległe. W artykule przedstawiono prądnicę wzbudzaną magnesami trwałymi z uzwojeniem twornika podzielonym na dwie sekcje i trzy sekcje. Sekcje uzwojenia są łączone wyłącznikami elektromechanicznymi. Sterownik mikroprocesorowy mierzy parametry pracy prądnic: napięcie, prąd, częstotliwość, oraz steruje załączaniem i wyłączeniem wyłączników.

Słowa kluczowe: elektrownia wiatrowa, prądnica synchroniczna, magnesy trwałe, uzwojenie twornika

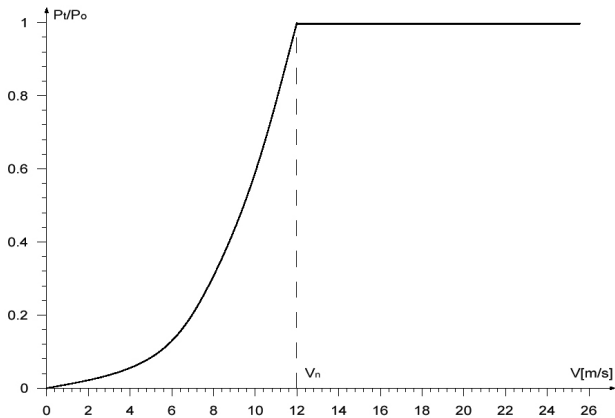
### PERMANENT MAGNET GENERATOR WITH SPLIT ARMATURE WINDING

**Abstract:** The power plant generates more electricity if the wind turbine and the synchronous generator associated with it operate at a speed adapted to the wind speed according to the maximum power criterion. The generator voltage should be as high as possible at both low speed and rated speed. This is achieved by dividing the generator armature winding into sections and connecting the winding sections, during generator operation, in series or in parallel. The article presents a permanent magnet generator with armature winding divided into two sections and three sections. Winding sections are connected by electromechanical switches. The microprocessor controller measures the generator's operating parameters: voltage, current, frequency and controls the switching on and off of circuit breakers.

Keywords: wind farm, synchronous generator, permanent magnets, armature winding

Moc znamionowa elektrowni wiatrowych jest dobierana na prędkość wiatru, np. 12 m/s. Praca elektrowni w zakresie prędkości wiatru od 4 do 12 m/s powinna być realizowana z mocą maksymalną turbiny, a powyżej prędkości wiatru 12 m/s ze stałą mocą równą mocy znamionowej, jak to pokazano na rys. 2.

Aby pozyskiwać moc maksymalną z turbiny, w zakresie prędkości wiatru  $V_1 < 12$  m/s:



Rys. 2. Wykres wykorzystania mocy turbiny w funkcji prędkości wiatru

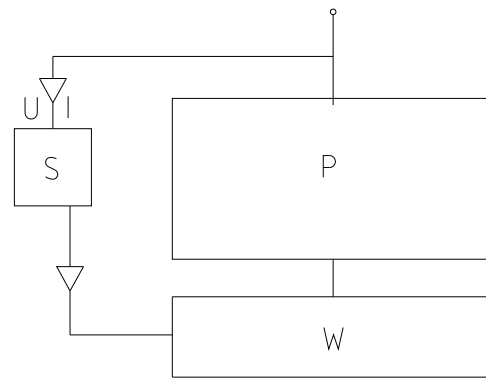
$$\left(\frac{P_t}{P_0}\right)_{max} = 0,37$$

wskazuje to wykres pokazany na rysunku 1, to prędkość obrotowa turbiny  $\omega_m$  musi być dostosowana do prędkości wiatru

$$\omega_m = 4,5 \cdot 2 \frac{V_1}{D}$$

Przy małych prędkościach wiatru,  $V_1 < 12$  m/s, prędkość turbiny powinna być mała, a przy dużych prędkościach wiatru  $V_1 \geq 12$  m/s, prędkość turbiny powinna być równa prędkości znamionowej. Podobnie turbina wodna powinna mieć dostosowaną prędkość obrotową do ciśnienia wody. Aby efektywnie przetworzyć moc mechaniczną turbiny wiatrowej bądź turbiny wodnej na energię elektryczną, prądnica powinna być dostosowana do pracy przy zmiennej prędkości obrotowej turbiny. Przy małej prędkości obrotowej uzwojenie twornika prądnicy powinno mieć dużo zwojów, aby napięcie na zaciskach prądnicy było możliwie duże, natomiast przekrój uzwojenia (tzn. wypełnienie żłobka twornika miedzią) może być mniejszy, gdyż moc i prąd nie są duże. Przy dużej prędkości obrotowej liczba zwojów uzwojenia powinna być odpowiednio mniejsza, natomiast przekrój uzwojenia odpowiednio większy. Prądnice przeznaczone do współpracy z turbinami wiatrowymi o standardowym wykonaniu uzwojenia twornika posiadają uzwojenie o stałej liczbie zwojów i stałym przekroju, dostosowane do jednej prędkości obrotowej, najczęściej odpowiadającej prędkości wiatru 12 m/s.

Z opisów patentowych: WO 2017/180850 A1 [4], US 2016/0036308 A1 [2] i US 2006/0220486 A1 [3] znane są prądnice, w których każde pasmo fazowe uzwojenia jest podzielone na kilka sekcji. Sekcje uzwojenia są łączone: szeregowo, równoległe i szeregowo-równoległe, za pomocą łączników elektronicznych. Układy elektroniczne są znacznie droższe od wyłączników elektromechanicznych, poza tym w uzwojeniach wysokiego napięcia nie można ich stosować. Zachodzi zatem potrzeba konstrukcji prądnic możliwie tanich i przystosowanych do współpracy z turbinami wiatrowymi i wodnymi pracującymi ze zmienną prędkością obrotową. Rozwiązanie takiej prądnicy przedstawiono w zgłoszeniu patentowym P.423923 z dnia 18.12.2017 [1].



Rys. 3. Schemat blokowy zespołu elektromechanicznego odbierającego moc z turbiny wiatrowej: P – prądnica; W – wyłączniki; S – sterownik mikroprocesorowy

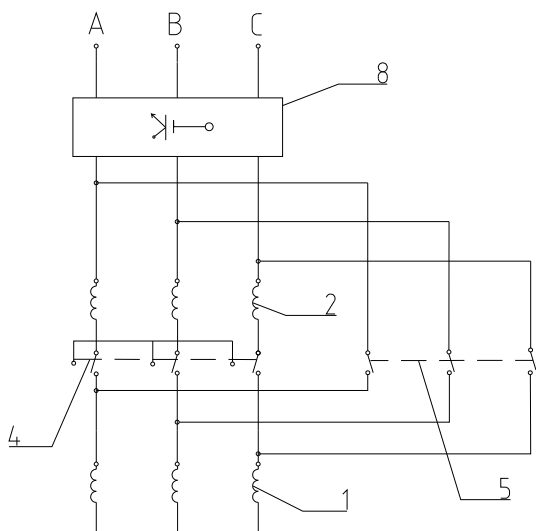
## 2. Prądnica z dzielonym uzwojeniem twornika

Prądnica synchroniczna z dzielonym uzwojeniem twornika jest trójfazowa i jest wzbudzana magnesami trwałymi. Prądnica jest przystosowana do pracy przy zmiennej prędkości obrotowej. Wymaganiem stawianym prądnicom to generacja możliwie dużego napięcia przy zmiennej prędkości wiatru  $V_1 \leq 12$  m/s. Funkcja ta jest realizowana poprzez podzielenie uzwojenia twornika na dwie lub trzy sekcje i przy małej prędkości obrotowej łączenie sekcji szeregowo, a przy prędkości znamionowej łączenie sekcji równoległe. Łączenie sekcji realizują wyłączniki elektromechaniczne (W). Na rysunku 3 przedstawiono schemat blokowy zespołu elektromechanicznego odbierającego moc z turbiny wiatrowej. Zespół ten obejmuje prądnicę (P), sterownik mikroprocesorowy (S) i wyłączniki elektromechaniczne (W). Sterownik (S) mierzy parametry pracy prądnicy (P): napięcie  $U$ , prąd  $I$ , częstotliwość  $f$ , i steruje załączaniem wyłączników (W). Napięcie  $U$  i częstotliwość  $f$  prądnicy są zależne od prędkości obrotowej, zatem połączenie prądnicy z siecią elektroenergetyczną jest poprzez falownik.

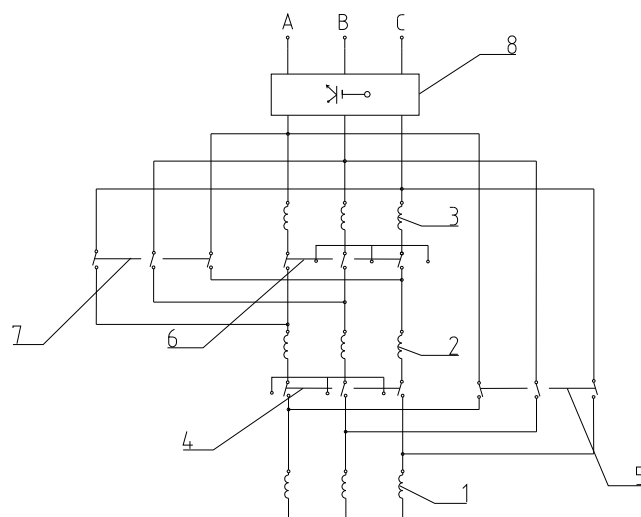
Prądnicę (P) z uzwojeniem twornika podzielonym na dwie sekcje (1) i (2) przedstawiono na rysunku 4. Sekcje te mogą być łączone szeregowo lub równoległe. Łączenie sekcji w układ szeregowy realizuje wyłącznik trójbiegunowy (4) (trójzaczaskowy), przy wyłączniku (5) otwartym. Łączenie równoległe sekcji realizuje wyłącznik dwubiegunowy (5), przy wyłączniku (4) otwartym. Połączenie końcówek sekcji uzwojenia z wyłącznikami jest następujące:

- końce pierwszej sekcji (1) uzwojenia są zwarte, a początki uzwojenia sekcji (1) są połączone ze stykami stałymi wyłącznika (4) oraz z wyłącznikiem (5);
- do styków ruchomych wyłącznika (4) są dołączone końce drugiej sekcji (2) uzwojenia;
- trzecie styki nieruchome wyłącznika (4) są zwarte;
- drugie styki wyłącznika dwubiegunowego (5) są połączone z początkami uzwojenia sekcji (2).

Schemat połączenia uzwojenia podzielonego na dwie sekcje pokazano na rysunku 4. Wyłączniki (4) i (5) muszą być wzajemnie blokowane. Gdy wyłącznik (4) łączy sekcje szeregowo, to wyłącznik (5) musi być otwarty. Gdy wyłącznik (4) łączy sekcję (2) uzwojenia w układ gwiazdy, to wyłącznik (5) jest zamknięty i łączy równoległe sekcje uzwojenia (1) i (2).



Rys. 4. Uzwojenie twornika prądnicy P jest podzielone na dwie sekcje



Rys. 5. Schemat połączenia uzwojenia o trzech sekcjach z wyłącznikami

Napięcie wyjściowe prądnicy jest przetwarzane przez przekształtnik AC/DC/AC (8) na napięcie i częstotliwość sieci elektroenergetycznej.

W prądnicy z uzwojeniem twornika podzielonym na trzy sekcje (1), (2), (3):

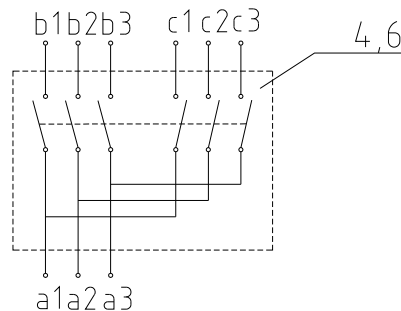
- końce pierwszej sekcji (1) uzwojenia są zwarte, a początki sekcji (1) są połączone ze stykami stałymi wyłącznika trójbiegunowego (4) oraz z wyłącznikiem dwubiegunowym (5);
- do styków ruchomych wyłącznika (4) są dołączone końce drugiej sekcji (2) uzwojenia, a trzecie styki nieruchome wyłącznika 4 są zwarte;
- drugie styki wyłącznika dwubiegunowego (5) są połączone z początkami trzeciej sekcji (3) uzwojenia, a także początki sekcji (2) uzwojenia są połączone ze stykami stałymi wyłącznika trójbiegunowego (6) oraz z wyłącznikiem dwubiegunowym (7);
- do styków ruchomych wyłącznika trójbiegunowego (6) są dołączone końce sekcji (3) uzwojenia, a trzecie styki nieruchome wyłącznika (6) są zwarte;
- drugie styki wyłącznika dwubiegunowego (7) są połączone z początkami uzwojenia sekcji (3).

Schemat połączenia sekcji (1), (2) i (3) uzwojenia z wyłącznikami (4) i (5) oraz (6) i (7) pokazano na rysunku 5.

Wyłączniki (4) i (5) oraz (6) i (7) muszą być wzajemnie blokowane. Gdy wyłączniki (4) i (6) łączą sekcje szeregowo, to wyłączniki (5) i (7) muszą być otwarte. Gdy wyłączniki (4) i (6) łączą sekcje uzwojenia w układ gwiazdy, to wyłączniki (5) i (7) są zamknięte i łączą sekcje uzwojenia równolegle.

Także w tym układzie napięcie wyjściowe prądnicy jest przetwarzane przez przekształtnik AC/DC/AC (8) na napięcie i częstotliwość sieci elektroenergetycznej.

Przedstawione układy umożliwiają uzyskanie dwóch wariantowych układów połączenia uzwojenia: szeregowego i równoległego. Uzwojenie może być podzielone na więcej sekcji. Podział uzwojenia na cztery sekcje umożliwia uzyskanie trzech



Rys. 6. Schemat elektryczny wyłącznika trójbiegunowego

wariantów połączenia sekcji: szeregowo, mieszane i równoległe. W układzie szeregowym wszystkie sekcje są połączone szeregowo. W układzie mieszanym sekcje pierwsza i druga oraz sekcje trzecia i czwarta są połączone szeregowo i te podwójne sekcje są połączone równoległe. W układzie równoległym wszystkie sekcje są połączone równoległe.

Wyłączniki trójbiegunowe (4) i (6) mogą być zrealizowane poprzez połączenia dwóch wyłączników dwubiegunowych wzajemnie blokowanych, jak to pokazano na rysunku 6. Styki ruchome wyłączników (4) i (6) oznaczono (a1), (a2), (a3), a styki nieruchome oznaczono (b1), (b2), (b3) oraz (c1), (c2), (c3).

### 3. Podsumowanie

Elektrownia wiatrowa wytwarza więcej energii elektrycznej, jeśli turbina wiatrowa i sprzęgnięty z nią generator synchroniczny pracują ze zmienną prędkością obrotową, dostosowaną do prędkości wiatru według kryterium maksymalnej mocy. Podobnie turbina wodna powinna mieć dostosowaną prędkość obrotową do ciśnienia wody. Połączenie turbiny wiatrowej bądź turbiny wodnej pracującej ze zmienną prędkością

obrotową, z prądnicą z uzwojeniem twornika podzielonym na sekcje, pozwala uzyskać maksymalną efektywność energetyczną elektrowni.

Napięcie prądnicy powinno być możliwie duże zarówno przy małej prędkości obrotowej, jak i przy prędkości znamionowej, gdyż wówczas łatwo go przetworzyć na napięcie i częstotliwość sieci elektroenergetycznej. Uzyskuje się to poprzez podzielenie uzwojenia twornika prądnicy na sekcje i łączenie sekcji uzwojenia, w czasie pracy prądnicy, szeregowo bądź równoległe. Przy małych prędkościach obrotowych wszystkie sekcje uzwojenia są połączone szeregowo, napięcia sekcji dodają się, przemiennik częstotliwości ma odpowiednio wyższe napięcie na wejściu. Przy większych prędkościach wiatru sekcje uzwojenia są połączone równoległe, wówczas prąd przemiennika jest sumą prądów w sekcjach uzwojenia.

Prądnica z uzwojeniem podzielonym na sekcje, pracująca przy zmiennej prędkości obrotowej turbiny wiatrowej bądź turbiny wodnej, może pozyskiwać więcej energii elektrycznej i przekazywać ją do odbiorców.

## Literatura

- [1] BERNATT J., GAWRON S., GLINKA T., ROSSA R.: *Prądnica wzbudzana magnesami trwałymi*. P.423923, patent zatwierdzony, pismo UP z dnia 23.10.2019 r.
- [2] BAILEY J.L., McDONALD H.C.: *Variable torque motor/generator/transmission*. Patent US 2016/0036308 A1 z 04.02.2016 r.
- [3] TOSHIHITO MLYASHITA, SHINTAROU KOICHI, KAZUYOSHI MURATA, MASANORI SAKAI: *Multi-winding motor*. Patent US 2006/0220486 A1 z 05.10.2006 r.
- [4] McDONALD H.C., BAILEY J.L., McDONALD M.C.: *Variable torque motor/generator/transmission*. Patent WO 2017/180850 A1 z 19.10.2017 r.
- [5] WOLNIK T., BIAŁAS A.: *Wolnoobrotowy, bezrdzeniowy generator tarczowy o mocy 2 kW*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 89 (108)/2011.
- [6] PISTELOK P., ROSSA R.: *Generator z magnesami trwałymi do pracy w agregacie prądotwórczym*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, nr 66, Studia i Materiały nr 33, tom 1.
- [7] PISTELOK P., ROSSA R.: *Generatory synchroniczne z magnesami trwałymi dedykowane dla małych elektrowni wodnych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, nr 2(106)/2015.
- [8] ROSSA R., PISTELOK P., DĄBROWSKI A.: *Projekt prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi do odnawialnych źródeł energii*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, nr 3(96)/2012.
- [9] ROSSA R., WOLNIK T.: *Obliczenia charakterystyk obciążenia prądnic synchronicznych z magnesami trwałymi – porównanie wyników szybkiej metody polowo-obwodowej z wynikami analizy MES dla stanów przejściowych*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, nr 66, Studia i Materiały nr 32, Wrocław 2012.
- [10] GAWRON S.: *Wybrane, innowacyjne projekty maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi i ich praktyczne zastosowania*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, nr 1(109)/2016.



dr hab. inż. Jakub Bernatt, prof. Komel,

e-mail: dyrekcja@komel.com.pl;

dr inż. Stanisław Gawron, e-mail: s.gawron@komel.com.pl;

prof. dr hab. inż. Tadeusz Glinka, e-mail: t.glinka@komel.com.pl;

dr inż. Robert Rossa, e-mail: r.rossa@komel.katowice.pl;

Sieć Badawcza Łukasiewicz

Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany

## WYDARZENIA

### • Innowacyjny chwytak ultradźwiękowy

Szwajcarski naukowiec pracuje nad chwytakiem, który wykorzystuje fale ultradźwiękowe do trzymania i manipulowania małymi przedmiotami bez potrzeby bezpośredniego kontaktu z nimi. Marcel Schuck z uniwersytetu ETH w Zurychu uważa, że jego wynalazek można będzie wykorzystać do obsługi delikatnych przedmiotów, takich jak urządzenia półprzewodnikowe. Pozwoli on manipulować elementami, które mogłyby zostać uszkodzone przy użyciu konwencjonalnych efektorów.

Chociaż na rynku dostępne są miękkie gumopodobne chwytaki, są one podatne

na zanieczyszczenia i nie zapewniają satysfakcjonującej dokładności pozycjonowania. Inną wadą konwencjonalnych konstrukcji jest to, że do prawie każdego kształtu obiektu, z którym muszą się obchodzić, potrzebny jest inny typ efektora. Pojedynczy chwytak ultradźwiękowy wykorzystujący lewitację akustyczną może operować przedmiotami o różnych kształtach i rozmiarach. Można go również wykorzystać w manipulatorach, które same w sobie nie są szczególnie precyzyjne.

Prototypowe urządzenie Schucka składa się z pary półkolistych skrup wyłożonych od wewnątrz dużą ilością małych głośników. W oparciu

o oprogramowanie do kontroli fal ultradźwiękowych wytwarzanych przez głośniki tworzone są mapy nacisków, dzięki którym przedmiot unoszony jest w ściśle określony sposób.

Schuck chce wykorzystać część otrzymanego stypendium w wysokości 150 000 franków szwajcarskich, aby stworzyć zestaw programistyczny dla potencjalnych użytkowników. Jeśli uda mu się wykazać, że jego pomysł ma szansę funkcjonować w aplikacjach przemysłowych, w przyszłym roku zamierza założyć firmę, której zadaniem będzie komercjalizacja technologii.

Źródło: drivesncontrols

# Maszyna elektryczna z dwoma twornikami wzbudzanymi magnesami trwałymi

Jakub Bernatt, Tadeusz Glinka

## Wstęp

Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi mają strumień wzbudzenia o wartości stałej. Maszyny te stosowane jako prądnice nie mają możliwości regulacji napięcia, a jako silniki nie mogą pracować przy odwzbudzeniu, to jest w strefie regulacji prędkości obrotowej przy stałej mocy. Dlatego stosowane są maszyny ze wzbudzeniem hybrydowym, to jest połączonym wzbudzeniem magnesami trwałymi i elektromagnetycznym. Znane są prądnice ze wzbudzeniem hybrydowym szeregowym, równoległym i szeregowo-równoległym. Wzbudzenie hybrydowe w każdym wariantcie rozwiązania ma wirujące uzwojenie wzbudzenia, a więc wirnik ma pierścienie ślizgowe, na które to uzwojenie jest wyprowadzone, i szczotki. Z tego powodu jest to rozwiązanie mało korzystne. W Katedrze Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego opracowano maszynę elektryczną wzbudzaną hybrydowo do zastosowania w napędzie samochodów i w elektrowniach wiatrowych. Warianty rozwiązań maszyny są zastrzeżone patentami [2] i są opisane w publikacjach [3]. Jest to maszyna elektryczna z dwoma twornikami. Każdy z tworników jest wzbudzany magnesami trwałymi, a między jarzmami tworników jest umieszczone dodatkowe nieruchome uzwojenie wzbudzenia w formie cewki. Dodatkowa cewka służy do regulacji strumienia wzbudzenia w twornikach maszyny. Nazwa maszyny w języku angielskim *Electric Controlled Permanent Magnet Synchronous Machine* – ECPMSM. Układ wzbudzenia maszyny ECPMSM jest hybrydowy. Jego zaletą jest nieruchome uzwojenie wzbudzenia, zatem nie ma pierścieni ślizgowych i szczotek. Inne rozwiązanie maszyny elektrycznej ze wzbudzeniem magnesami trwałymi i nieruchomą cewką wzbudzenia jest zastrzeżone patentem [4]. W tym rozwiązaniu wirnik jest jawnobiegunowy o liczbie par biegunów  $p \geq 2$ , magnesy trwałe jednoimienne są umieszczone na co drugim biegunie, a cewka wzbudzająca jest umieszczona przy tarczy łożyskowej i wzbudza twornik maszyny strumieniem unipolarnym.

## 2. Maszyna z dwoma twornikami

W artykule przedstawiona jest maszyna elektryczna z dwoma twornikami wzbudzanymi magnesami trwałymi i nasycanym dławikiem o kształcie toroidu, łączącym oba jarzma tworników. Na rysunku 1 przedstawiono poglądowo przekrój osiowy obwodu magnetycznego maszyny z dwoma twornikami połączonymi toroidem.

Maszyna elektryczna z magnesami trwałymi i dwoma twornikami ma jarzma tworników dwuczęściowe: część pakietowaną

**Streszczenie:** Maszyna elektryczna z magnesami trwałymi i dwoma twornikami ma umieszczony między jarzmami rdzeń dławika. Rdzeń o kształcie toroidu jest uzwojony. Boki zwojów dławika są umieszczone w żłobkach promieniowych: w jarzmach tworników bądź w rdzeniu dławika. Wirnik, z zamocowanymi magnesami trwałymi, dla obydwu maszyn jest wspólny. Strumień wzbudzenia  $\Phi$  każdego z tworników zawiera dwie składowe: składową obwodową  $\Phi_1$  i składową osiową  $\Phi_2$ . Uzwojenie dławika zasilane jest prądem stałym. Wartość prądu determinuje nasycenie rdzenia i zmienia reluktancję rdzenia dla strumienia  $\Phi_2$ . Zwiększając zatem prąd, zwiększa się reluktancję w obwodzie strumienia  $\Phi_2$ , strumień  $\Phi_2$  zmienia się i tym samym zmniejsza się strumień wzbudzenia  $\Phi$  każdego z tworników.

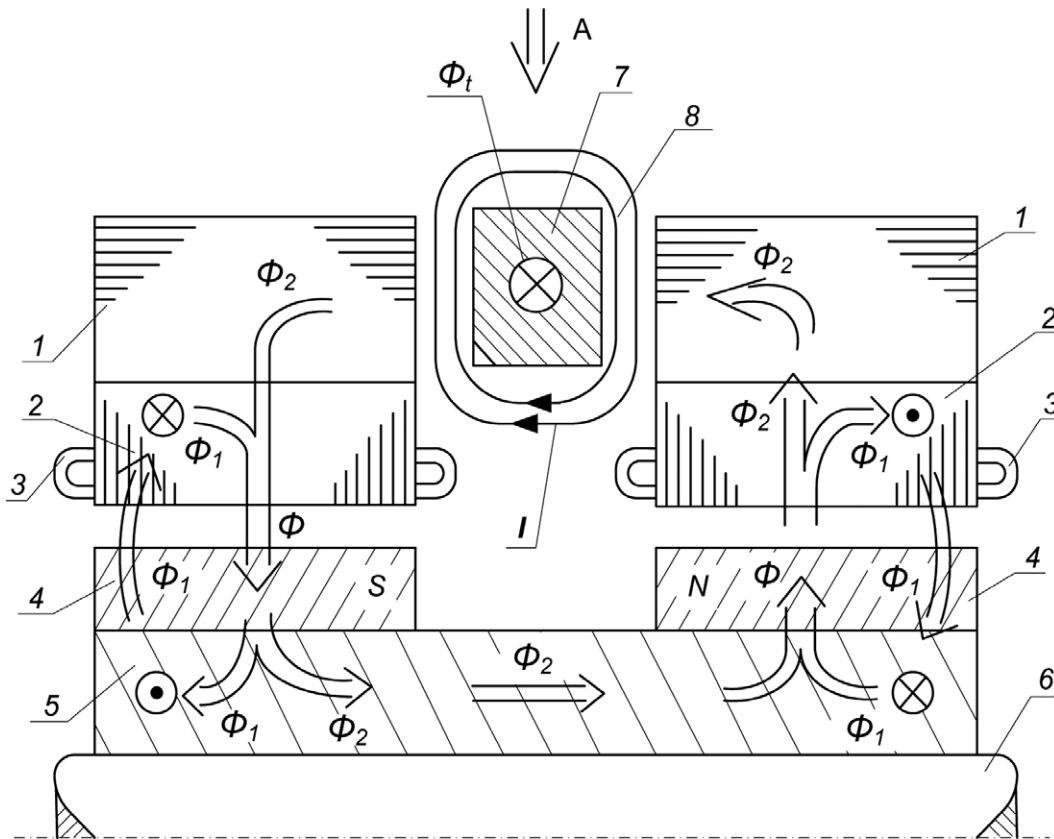
Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, magnesy trwałe, dławik nasycony, regulacja strumienia magnetycznego

## 🇬🇧 ELECTRIC MACHINE WITH TWO ARMATURES EXCITED WITH PERMANENT MAGNETS

**Abstract:** *The permanent magnet electric machine with two armatures has a choke core located between the yokes. The toroid-shaped core is wound. The sides of the throttle coils are located in radial slots: in the armature yokes or in the throttle core. The rotor, with permanent magnets attached, is common to both machines. The excitation flux of each armature contains two components: a peripheral component and an axial component. Choke winding powered by DC. The current value determines the saturation of the core and changes the core's reluctance for the flux. Therefore, by increasing the current, the reluctance in the flux circuit increases, the flux changes, and thus the excitation flux of each armature decreases.*

Keywords: *electric machines, permanent magnets, saturated choke, magnetic flux regulation*

radialnie (2) i część pakietowaną obwodowo (1). W części pakietowanej radialnie (2) są umieszczone, w żłobkach, uzwojenia tworników (3), a między jarzmami pakietowanymi obwodowo (1) jest umieszczony toroid (7). Wirnik (5) obydwu maszyn jest wspólny, przy czym na jarzmie wirnika bądź wewnątrz jarzma wirnika, pod twornikami, są umieszczone magnesy trwałe (4) w ten sposób, że w płaszczyźnie osi wału (5) i osi magnesów trwałych (4) pod jednym twornikiem jest biegun N, a pod drugim twornikiem biegun S. Wymiar promieniowy



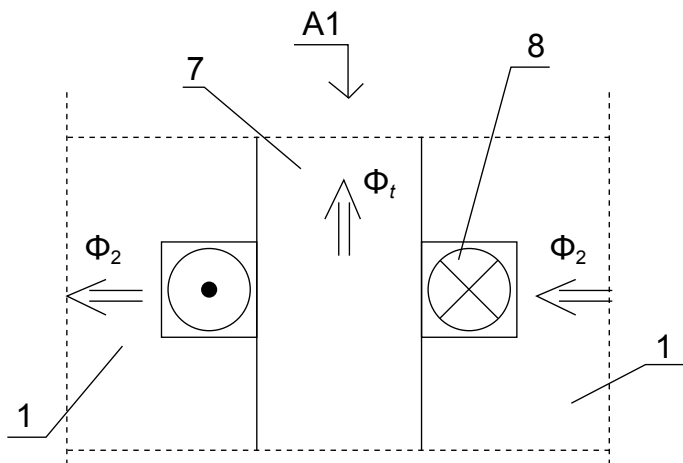
Rys. 1. Przekrój osiowy obwodu magnetycznego maszyny dwutwornikowej wzbudzonej magnesami trwałymi z umieszczonym między jarzmami dławikiem nasycanym (rysunek poglądowy)

rdzenia toroidu (7) jest równy wymiarowi promieniowemu jarzm zewnętrznych (1) twornika.

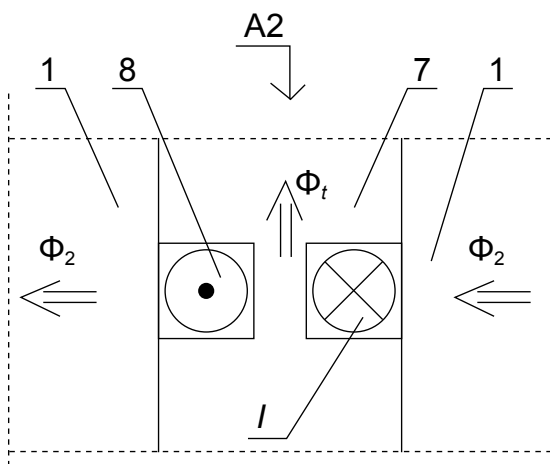
Strumień magnetyczny  $\Phi$  wytwarzany przez magnesy trwałe w jarzmach stojanów obydwu maszyn rozdziela się na dwie składowe  $\Phi_1$  i  $\Phi_2$ , jak to pokazano na rysunku 1. Składowa obwodowa  $\Phi_1$  zamyka się w obwodzie magnetycznym każdej z maszyn: biegun N, szczelina, jarzmo pakietowane radialnie (2), szczelina, biegun S, jarzmo wirnika i biegun N. Składowa strumienia  $\Phi_2$  zamyka się w obwodzie magnetycznym dwu maszyn. W maszynie prawej: biegun N, szczelina, jarzmo pakietowane radialnie (2), jarzmo pakietowane obwodowo (1), rdzeń toroidu (7) i następnie w maszynie lewej: jarzmo pakietowane obwodowo (1), jarzmo pakietowane radialnie (2), szczelina, biegun S, jarzmo wirnika i biegun N maszyny prawej. Uzwojenie (8) toroidu (7) zasila się prądem stałym  $I$ . Siła magnetomotoryczna  $N_t I$  wzbudza w rdzeniu toroidu strumień magnetyczny  $\Phi_t$ , który zmienia stan nasycenia rdzenia toroidu 7.  $N_t$  oznacza liczbę zwojów uzwojenia (8) toroidu (7). Stan nasycenia rdzenia toroidu (7) zmienia reluktancję obwodu magnetycznego składowej  $\Phi_2$  strumienia. Jeśli nasycenie wzrasta, składowa  $\Phi_2$  zmniejsza się. Ponieważ rdzeń toroidu (7) jest zamknięty, to przy stosunkowo małym prądzie  $I$  rdzeń nasycy się i reluktancja dla strumienia  $\Phi_2$  wzrasta, strumień  $\Phi_2$  maleje. Zmniejsza się także strumień całkowity  $\Phi$  wzbudzenia maszyny lewej i prawej.

W celu wyeliminowania szczelin między rdzeniem toroidalnym dławika i jarzmami twornika uzwojenie toroidalne dławika należy umieścić w żłobkach promieniowych pakietów blach tworników bądź toroidu. Patrząc od strony zewnętrznej na uzwojony toroid (rys. 1, widok A), widzimy boki uzwojenia toroidu w żłobkach i rdzeń toroidu przylegający do jarzm tworników. Na rysunku 2 przedstawiono rozwiązanie (widok A1), w którym boki cewek uzwojenia toroidu są umieszczone w żłobkach jarzm tworników. Na rysunku 3 przedstawiono rozwiązanie (widok A2) z bokami cewek uzwojenia toroidu umieszczonymi w żłobkach rdzenia toroidu. Na rysunku 4 przedstawiono rozwiązanie (widok A3) z bokami uzwojenia toroidu umieszczonymi w żłobkach pakietu blach tworników, a częściowo w żłobkach toroidu. W przedstawionych rozwiązaniach rdzeń toroidu przylega do jarzm tworników maszyn, brak jest szczelin powietrznych wprowadzających dodatkową reluktancję dla strumienia  $\Phi_2$ .

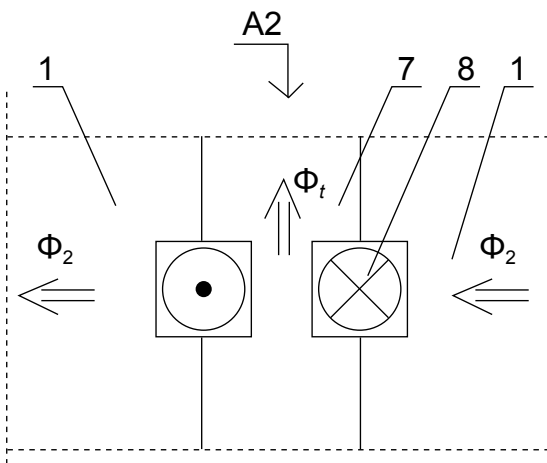
W rozwiązaniu przedstawionym na rys. 2 w jarzmach zewnętrznych (1) obydwu tworników, w płaszczyznach tarczowych od strony toroidu (7), są żłobki promieniowe dla boków cewek uzwojenia (8) toroidu (7). W drugim rozwiązaniu, przedstawionym na rys. 3, w obydwu płaszczyznach tarczowych rdzenia toroidu (7) są żłobki dla boków cewek uzwojenia (8) toroidu (7). W trzecim rozwiązaniu, przedstawionym na rys. 4, płytsze



Rys. 2. Uzwojenie magnesujące (8) rdzeń toroidu (7) jest umieszczone w żłobkach promieniowych jarzm (1) tworników



Rys. 3. Uzwojenie magnesujące (8) rdzeń toroidu (7) jest umieszczone w żłobkach w rdzeniu toroidu (7)



Rys. 4. Uzwojenie magnesujące (8) rdzeń toroidu (7) jest umieszczone w żłobkach promieniowych jarzm (1) tworników i rdzeniu (7) toroidu

żłobki promieniowe są w jarzmach (1) i w rdzeniu (7) toroidu, w których są umieszczone boki uzwojenia (8) magnesującego.

Zaletą rozwiązania maszyny elektrycznej według przedstawionego na rys. 1 rozwiązania jest regulacja strumienia wzbudzenia  $\Phi$  w granicach  $\Phi_1 + \Phi_2 \leq \Phi < \Phi_1$ . Maszyna z dwoma twornikami i rdzeniem nasycającym nie ma pierścieni i szczotek. Straty mocy ( $RI^2$ ) w uzwojeniu (8) dławika o rezystancji  $R$  są niewielkie, gdyż rdzeń (7), wykonany z blachy transformatorowej bez szczeliny powietrznej, nasyci się już przy natężeniu pola magnetycznego równym około 50 A/m.

### Podsumowanie

Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi w stosunku do innych maszyn elektrycznych mają wiele zalet, lecz mają stałą wartość strumienia wzbudzenia, który ogranicza zakres ich stosowania. Regulacja strumienia wzbudzenia realizowana jest w maszynach elektrycznych ze wzbudzeniem hybrydowym. Znanych jest szereg takich rozwiązań.

W artykule przedstawiono maszynę elektryczną, w której jest regulowana reluktancja obwodu magnetycznego poprzez zmianę nasycenia dodatkowego rdzenia ferromagnetycznego w obwodzie magnetycznym. W tym celu maszyna ma dwa tworniki, a między twornikami umieszczono toroid z rdzeniem nasycanym. Strumień wzbudzenia  $\Phi$  każdego z tworników zawiera dwie składowe: składową obwodową  $\Phi_1$  i składową osiową  $\Phi_2$ . Poprzez zmianę nasycenia rdzenia dławika reguluje się wartość składowej obwodowej strumienia  $\Phi_2$ , zmieniając tym samym strumień wzbudzenia  $\Phi$  każdego z tworników.

### Literatura

- [1] BERNATT J., GLINKA T.: *Maszyna elektryczna z magnesami trwałymi i dwoma twornikami*. Patent RP nr 231390 z dnia 19.10.2018 r.
- [2] PAPLICKI P., WARDACH M., PAŁKA R.: *Wirnik maszyny elektrycznej o wzbudzeniu hybrydowym*. Patenty RP nr: 226574, 226575, 226576, 226577.
- [3] PAPLICKI P., WARDACH M.: *Przegląd koncepcji maszyn wzbudzanych hybrydowo do zastosowania w napędzie samochodów*. Proc. Conference: Innovative Materials and Technologies in Electrical Engineering i-MITEL, Łagowo 2016.
- [4] WRÓBLEWSKI J., WRÓBLEWSKA-SWARCEWICZ K.: *Bezszcotkowa maszyna synchroniczna*. Patent RP Nr. 189591 z 2005 r.

Jakub Bernatt, Tadeusz Glinka  
Sieć Badawcza Łukasiewicz  
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany



# Uzwojenie wirnika silnika indukcyjnego trakcyjnego

Jakub Bernatt, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka, Artur Polak

## 1. Warunki eksploatacji silników trakcyjnych

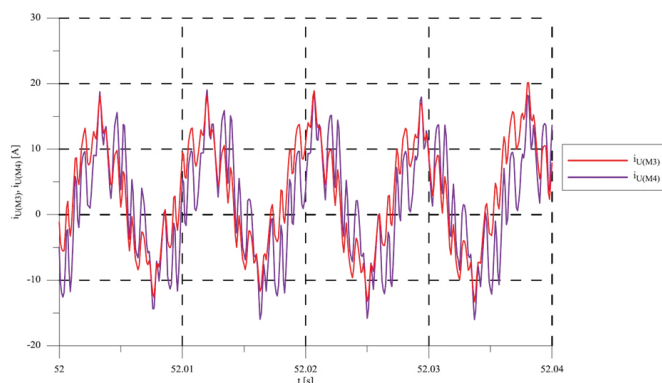
Silniki napędowe w pojazdach trakcyjnych są zabudowane na wózkach jezdnych, dwa silniki na jednym wózku. Standardowo są to silniki indukcyjne klatkowe. Warunki eksploatacji silników determinują ich żywotność. Na warunki eksploatacji silników trakcyjnych składają się: pogoda, napięcie zasilania, moment obciążenia i drgania wózków.

Uzwojenia wirników silników kolejowych są miedziane prętowane, na czołach zwarte pierścieniami. Uzwojenia wirników tramwajowych są odlewane z aluminium. Napięcie sieci trakcyjnej w Polsce dla PKP wynosi DC 3 kV, a sieci tramwajowej DC 600 V. Silnik są zasilane z falowników DC/AC. Jeden falownik zasila dwa silniki. Wartość napięcia AC zasilającego silnik jest regulowana od wartości minimalnej, przy ruszaniu pojazdu trakcyjnego, do wartości znamionowej  $U_N$ . W tych warunkach zasilania napięcie znamionowe (wartość skuteczna napięcia zmiennego) silników kolejowych  $U_N = 2100$  V, a silników tramwajowych 420 V. Silniki trakcyjne pracują w dwóch zakresach regulacji prędkości obrotowej:

- przy stałym momencie:  $U_{min} \leq U \leq U_N$ ,  $0 \leq n \leq n_N$ ;
- przy stałej mocy:  $U = U_N$ ,  $n_N < n \leq n_{max}$ .

Regulacja prędkości obrotowej silników jest realizowana w systemie modulacji szerokości impulsów MSI. Zawartość wyższych harmonicznych w napięciu i prądzie silników indukcyjnych zasilanych z falowników DC/AC jest zjawiskiem naturalnym – rys. 1.

Harmoniczne podstawowe napięcia i prądu generują moment elektromagnetyczny średni, jest to moment napędowy pojazdu trakcyjnego. Wyższe harmoniczne napięcia i wyższe



**Rys. 1.** Przykładowe przebiegi prądów fazowych dwóch silników zainstalowanych na jednym wózku: częstotliwość napięcia  $f = 114,9$  Hz, co odpowiada 96% prędkości maksymalnej pociągu i prądach  $I_{M3} \approx I_{M4} \approx 0,2I_N$ ,  $I_N = 78$  A

**Streszczenie:** Silniki indukcyjne napędzające pociągi i lokomotywy mają małą trwałość. Urywają się pierścienie zwierające pręty uzwojenia wirnika. W artykule przedstawiono uzwojenie wirnika dwuwarstwowe, zwarte tylko jednym pierścieniem. Pierścień wykonany jest z blachy miedzianej i jest przykręcony do podzwojnika lub osadzony na wale. Połączenie pierścienia z uzwojeniem jest elastyczne i umożliwia dylatację termiczną czoł uzwojenia. Czoła warstwy dolnej uzwojenia po wyjściu ze żłobków są wygięte promieniowo w kierunku osi wirnika, a następnie uformowane obwodowo. W ten sposób uzyskano dodatkową przestrzeń na założenie bandaży o odpowiedniej grubości. Bandaże czoł uzwojenia, wewnętrzny i zewnętrzny, o dostatecznej grubości, mają dobrą wytrzymałość mechaniczną i nie stwarzają zagrożenia rozerwania. Wyeliminowano przyczynę dużej awaryjności wirników w silnikach indukcyjnych trakcyjnych.

Słowa kluczowe: silniki indukcyjne trakcyjne, uzwojenie wirnika, bandaże czoł, pierścień zwierający

## 🇬🇧 ROTOR WINDING OF TRACTION INDUCTION MOTOR

**Abstract:** Induction motors driving trains and locomotives have low durability. The rings containing the rotor winding bars break. The article presents a double-layer rotor winding, shorted with only one ring. The ring is made of copper sheet and is bolted to the sub-core or mounted on a shaft. The ring-winding connection is flexible and allows thermal expansion of the winding ends. The faces of the bottom layer, after exiting the slots, are wound radially towards the rotor axis and then formed circumferentially. In this way, additional space was created for applying a bandage of appropriate thickness. Front and outer winding bandages, of sufficient thickness, have good mechanical strength and do not pose a risk of bursting. The cause of high failure frequency of rotors in induction traction motors has been eliminated.

Keywords: induction traction motors, rotor winding, face bandage, shorting ring

harmoniczne prądu generują moment elektromagnetyczny zmienny o podwójnej częstotliwości w stosunku do harmonicznych napięcia i prądu. Moment zmienny, przy niewielkim momencie średnim, może powodować, że wartości chwilowe momentu są ujemne, wówczas pochodna prędkości obrotowej silnika, proporcjonalna do momentu, jest ujemna. Na wale

silnika jest osadzone małe koło zębate, a na osi jezdnej wózka duże koło zębate. Między zębami kół występuje luz. Duże koło zębate wiruje ze stałą prędkością obrotową determinowaną szybkością jazdy pojazdu trakcyjnego. Moment bezwładności wirnika silnika jest niewielki. W sumie powoduje to, że prędkość kątowa  $\omega_m(t)$  silnika zawiera składową zmienną. Wał silnika ma mikrodrżania skrętne nałożone na prędkość kątową średnią. Amplituda drgań skrętnych jest równa połowie wielkości luzu. Zęby małego koła uderzają w zęby dużego koła. Na elementy wirnika o momencie bezwładności  $J$ , w tym na pierścienie zawierające uzwojenie, działają momenty dynamiczne

$$T_d = J \frac{d\omega_m}{dt}$$

Silniki indukcyjne trakcyjne dużej mocy, napędzające lokomotywy i pociągi, mają uzwojenie wirników wykonane z prętów miedzianych zwartych na czołach pierścieniami miedzianymi. Pierścienie są osadzone na podzwojnikach i bywają słabo zabezpieczone przed drganiami skrętnymi prędkości obrotowej. Momenty dynamiczne działają zmęczeniowo na połączenia prętów z pierścieniami.

Drugim źródłem drgań są wózki jezdne pojazdu. Silniki napędowe w pociągach i lokomotywach o maksymalnej prędkości do 150 km/h są instalowane na wózkach jezdnych. Zamocowanie silników nie zawsze jest odsprężone i drgania kół jezdnych bezpośrednio przenoszone są na silniki. Drgania silnika o prędkości  $v_m$  oddziałują na pierścienie zawierające o masie  $m$ , generując siłę dynamiczną  $F_d$  promieniową

$$F_d = m \frac{dv_m}{dt}$$

Moment dynamiczny  $T_d$  i siły dynamiczne  $F_d$  sumują się i powodują zmęczeniowe pękanie połączenia prętów z pierścieniami zwierającymi – rys. 2.

Problem urywania się pierścieni zwierających w uzwojeniach klatkowych autorzy znają z własnych badań eksploatacyjnych wykonywanych na pociągach kolejowych w normalnych warunkach ich kursowania. Problem ten omawiany jest także w literaturze [5, 7]. Dawne układy napędowe pojazdów szynowych bazowały na silnikach prądu stałego [4], a w nich drgań skrętnych wałów nie ma.

Przepisy kolejowe dotyczące silników napędowych są wymagające. Norma PN-EN 61373 z 2011 r. podaje wymagania dotyczące odporności urządzeń mechanicznych, pneumatycznych, elektrycznych i elektronicznych taboru na udary mechaniczne i wibracje [6]. W normie określono wymagania dotyczące badań elementów wyposażenia pojazdów kolejowych, narażonych na wibracje i wstrząsy, wynikające ze specyfiki środowiska pracy na kolei. Maksymalne wartości skuteczne przyspieszeń drgań występujące w eksploatacji, wg załącznika A.3 normy (kategoria 3 – urządzenia montowane na osi zestawu kołowego), wynoszą:

- oś pionowa 43 m/s<sup>2</sup> (ok. 4,3 g);
- oś poprzeczna 39 m/s<sup>2</sup> (ok. 3,9 g);
- oś wzdłużna 20 m/s<sup>2</sup> (ok. 2,0 g).



Rys. 2. Wirnik silnika zespołu trakcyjnego EN 57 z urwanym pierścieniem

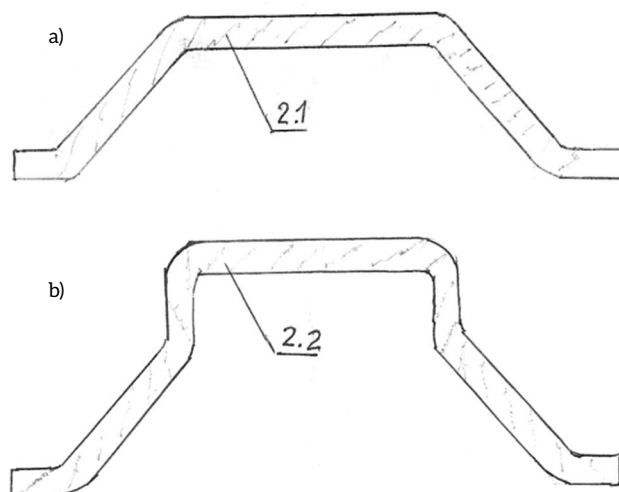
Silniki poddane tym wibracjom powinny pracować przez 10 minut bez uszkodzenia. Silniki indukcyjne badania te przechodzą. Pierścienie urywają się zmęczeniowo dopiero po dłuższym okresie eksploatacji, zwykle po okresie gwarancyjnym producenta.

W artykule przedstawiono uzwojenie wirnika bez pierścieni zwierających. Jeśli pierścieni zwierających nie ma, to nie będą się urywać. Trwałość eksploatacyjna silnika z tym uzwojeniem powinna być znacznie dłuższa.

## 2. Uzwojenie wirnika silnika trakcyjnego

W przedstawionym rozwiązaniu uzwojenie wirnika (1) składa się z prętów izolowanych. Uzwojenie jest dwuwarstwowe, przy czym pręty górne (2.1) mają kształt standardowy – rys. 3, a pręty dolne (2.2) na wyjściu ze żłobków są wygięte promieniowo w kierunku wału (8) i na niższej średnicy są uformowane czoła po obwodzie, tak aby przylegały do podzwojnika. Rysunki prętów górnego (2.1) i dolnego (2.2) przedstawiono na rys. 3.

Pręty ułożone na wirniku są zabezpieczone przed siłami odśrodkowymi: w części żłobkowej klinami, a na czołach bandażem. Uformowane czoła prętów warstwy dolnej (2.2) leżą na podzwojnikach (6). Podzwojniki są przymocowane do pakietu blach wirnika (1) bądź są osadzone na wale (8) silnika.



Rys. 3. Pręty uzwojenia wirnika: a – warstwy górnej; b – warstwy dolnej

Po włożeniu prętów dolnych (2.2) do żłobków na czoła uzwojenia nakładany jest bandaż wewnętrzny (3.2). Wygięcie promieniowe czoł prętów dolnych (2.2) w kierunku wału umożliwia nałożenie grubszej warstwy bandaża (3.2), jak to pokazano na rys. 4. Po tej czynności w żłobkach układa się pręty górne (2.1). Pręty górne (2.1) w żłobkach klinuje się. Wszystkie końcówki prętów uzwojenia warstwy górnej (2.1) i warstwy dolnej (2.2), z obydwóch stron pakietu blach (1) wirnika, łączy się z sobą skuwkami. Łączone pręty (2.1) i (2.2) powinny leżeć w żłobkach oddalonych od siebie o podziałkę biegunową, jak to pokazano na rys. 5. Czoła prętów górnych (2.1) są rysowane linią ciągłą, a czoła prętów dolnych (2.2) linią przerywaną. Następnie na czoła uzwojenia warstwy górnej (2.1) nakłada się bandaż zewnętrzny (3.1).

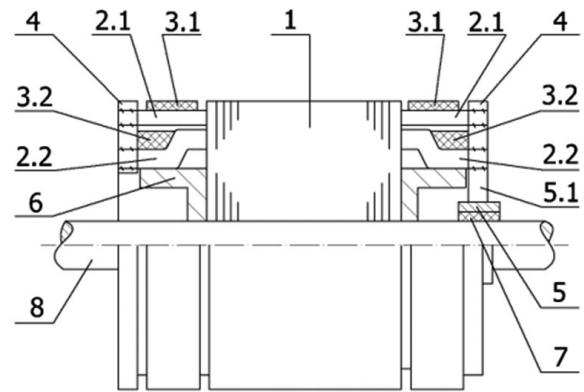
Całe uzwojenie przedstawiono na schemacie łączeniowym na rys. 6. Pręty górne (2.1) są ponumerowane kolejno od 1 do  $N$ , gdzie  $N$  oznacza liczbę prętów górnych. Pręty dolne mają numery prętów górnych, leżących w tych samych żłobkach – ze znakiem prim. Pokazano to na schemacie rozwiniętym na rys. 5. Schemat łączeniowy (rys. 6) jest prostszy i w sposób czytelny pokazuje kolejne połączenia prętów górnych (2.1) z prętami dolnymi (2.2). Na schemacie łączeniowym pręty górne (2.1) są oznaczone małymi okręgami „pełnymi”, a pręty dolne (2.2) okręgami „pustymi”.

Skuwki łączące pręty górne (2.1) z prętami dolnymi (2.2) powodują, że uzwojenie tworzy obwód elektryczny zamknięty, identycznie jak w maszynach prądu stałego, jak na rys. 7. Gdy uzwojenie stojana jest zasilane napięciem przemiennym i wzbudza strumień magnetyczny, to w poszczególnych zewojach uzwojenia indukują się napięcia. Sumaryczne napięcie indukowane w okręgu jest równe zero. Aby w uzwojeniu płynął prąd, to należy stworzyć, z jednej strony pakietu blach, obwody zwarte. Pętle zwarcia powinny być na obwodzie symetrycznie rozłożone. Można to zrealizować, zwierając z sobą wszystkie skuwki uzwojenia bądź uzwojenie podzielić na  $m$  faz i każdą fazę zewrzeć. Jeśli wszystkie zewoje zostaną z jednej strony wirnika zwarte poprzez połączenie pierścieniem miedzianym, to otrzymamy wówczas uzwojenie  $(N/2p)$  fazowe, gdzie  $N$  oznacza liczbę prętów górnych (2.1), a  $p$  liczbę par biegunów. Przy takim połączeniu  $(N/2p)$  nie musi być liczbą całkowitą, a uzwojenie jest symetryczne, podobnie jak w wirnikach z uzwojeniem klatkowym.

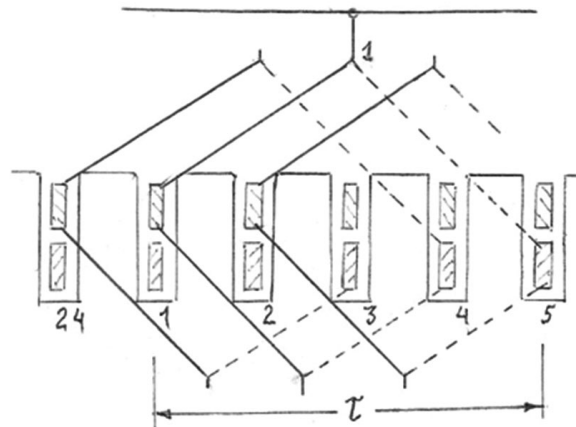
W ten sposób wyjście uzwojenia wirnika jest zwarte, jak to widać na rysunku 7. Uzwojenie można podzielić także na  $m$  faz, lecz tylko wówczas, gdy  $\frac{N}{m \cdot 2p}$  jest równe liczbie całkowitej. Uzwojenie przedstawione na rysunkach 6 i 7 ma: ( $N = 24$ ,  $p = 3$ ) i podzielono go na ( $m = 2$ ) fazy, gdyż podziałka biegunowa liczona w prętach górnych  $\tau = 4$ . Uzwojenie takie można podzielić tylko na  $m = 2$  fazy. Przy tym podziale dwa kolejne pręty należą do jednej fazy, a następne dwa pręty należą do drugiej fazy. Kąt elektryczny między fazami wynosi  $\pi/2$ . Schemat elektryczny uzwojenia dwufazowego przedstawiono na rys. 8.

Podzielenie uzwojenia na ( $m = 3$ ) fazy jest możliwe, gdy: ( $N = 24$ ,  $p = 2$ ) lub ( $N = 36$ ,  $p = 3$ ) itd.

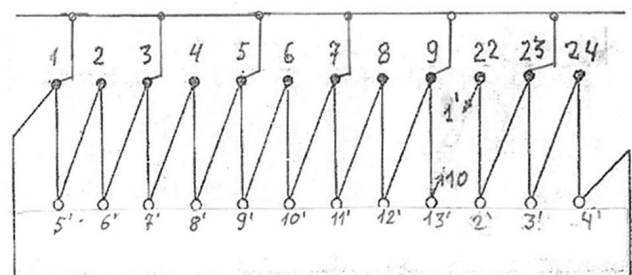
Pierścień zwierający (5) skuwki uzwojenia, korzystnie miedziany, może być osadzony na wałku (8) bądź przymocowany do podwojnika (6) i może być izolowany bądź nieizolowany.



Rys. 4. Wirnik uzwojony z nałożonymi bandażami

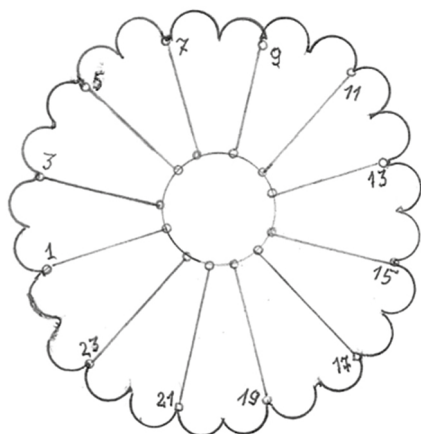


Rys. 5. Połączenie prętów w wirniku o liczbie żłobków  $Z = 24$  i liczbie par biegunów  $p = 3$ , podziałka biegunowa liczona w prętach  $\tau = 4$

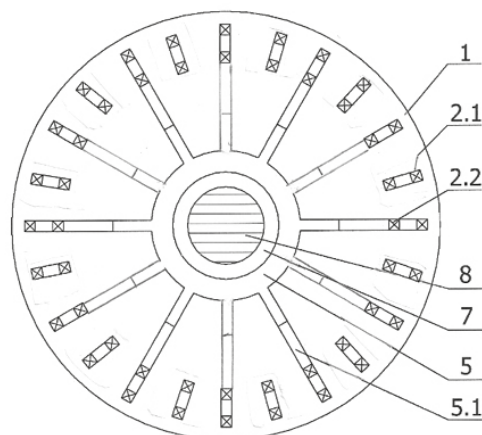


Rys. 6. Schemat uzwojenia o liczbie żłobków  $Z = 24$  i liczbie par biegunów  $p = 3$

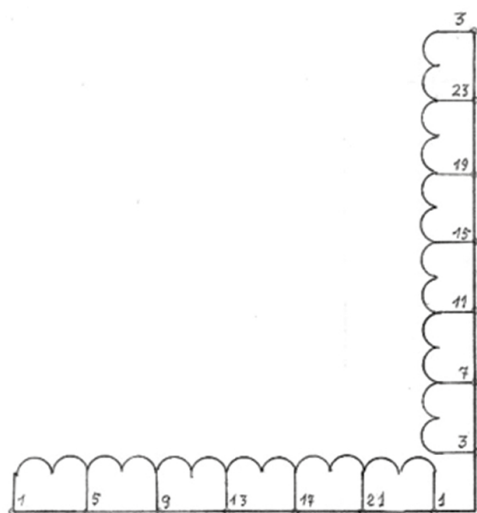
Pierścień (5) przedstawiony na rys. 9 jest osadzony na wałku (8) na tulei izolacyjnej i ma na obwodzie ( $2 \cdot 2p = 12$ ) równo rozmieszczonych wypustów (5.1) do połączenia ze skuwkami. Przymocowanie pierścienia zwierającego (5) do powierzchni bocznej podwojnika (6), zamiast umieszczenia go na wałku (8), jest korzystne, gdyż skraca długość wypustów (5.1) łączących pierścień (5) ze skuwkami. Najprostszym sposobem przymocowania pierścienia (5) do podwojnika (6) jest przykręcenie go



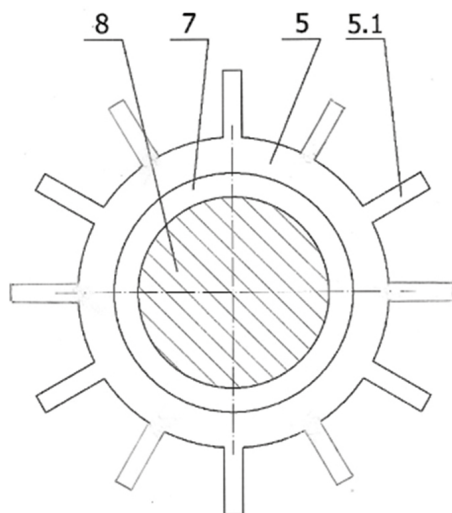
**Rys. 7.** Uzwojenie wirnika z rys. 6 tworzy zamknięty okrąg, początki prętów nieparzystych są zwarte



**Rys. 10.** Widok wirnika w płaszczyźnie połączenia prętów uzwojenia z pierścieniem zwierającym



**Rys. 8.** Uzwojenie dwufazowe z rysunków 6 i 7



**Rys. 9.** Pierścień zwierający (5) z wypustkami łączeniowymi (5.1) do skuwek uzwojenia

śrubami, wówczas pierścień (5) nie jest izolowany, jest mechanicznie dobrze przytwierdzony i jest mało prawdopodobne, że się urwie. Wypusty (5.1) mogą być uformowane wraz z pierścieniem np. w technologii wycinania laserem z blachy miedzianej, lecz mogą być także do pierścienia (5) przyspawane bądź zgrzane. Takie wypusty zapewniają dylatację termiczną osiową uzwojenia. Wypusty mogą być wykonane z taśmy plecionej z cienkich przewodów, co zapewnia ich elastyczność osiową i obwodową.

Dwie warstwy bandaży: bandaż wewnętrzny (3.2) i bandaż zewnętrzny (3.1) skutecznie zabezpieczają czoła uzwojenia przed odkształceniem wymuszonym przez siły odśrodkowe i obwodowymi siłami bezwładności. Bandaże (3.1) i (3.2) są wykonane korzystnie taśmą z włókna szklanego bądź taśmą z tworzywa sztucznego zbrojoną włóknami szklanymi lub węglowymi. Wygięcie czoł prętów (2.2) dolnej warstwy uzwojenia w kierunku osi wału (8) stworzyło miejsce na grubszy bandaż wewnętrzny (3.2), który zabezpiecza czoła prętów dolnych (2.2) przed wygięciem się pod wpływem działania sił odśrodkowych.

Rysunek 10 przedstawia widok wirnika (1) w płaszczyźnie połączeń skuwkami końcówek prętów górnych (2.1) z prętami dolnymi (2.2) i połączenie uzwojenia z pierścieniem zwierającym.


### Podsumowanie

Silnik indukcyjny trakcyjny z uzwojeniem wirnika wykonanym według przedstawionego w artykule rozwiązania nie ma pierścieni zwierających stosowanych w wirnikach klatkowych. Uzwojenie wirnika jest zwarte tylko jednym pierścieniem (5). Pierścień (5) wykonany jest z blachy miedzianej o odpowiedniej grubości i przekroju i jest przykręcony do podzwojnika (6) lub osadzony na wale (8). Wypusty (5.1) miedziane lite, łączące pierścień (5) ze skuwkami na czołach uzwojenia, są elastyczne i mogą się sprężycie odginać w kierunku osiowym, umożliwiając dylatację termiczną czoł uzwojenia. Wypusty (5.1) miedziane z taśmy plecionej z drutu są elastyczne w kierunku osiowym i obwodowym. Czoła prętów dolnych uzwojenia, po

wyjściu ze żłobków, są wygięte promieniowo w kierunku wału, a następnie uformowane obwodowo. W ten sposób uzyskuje się dodatkową przestrzeń na założenie bandaża wewnętrznego o odpowiedniej grubości. Bandaże czoł uzwojenia, wewnętrzny i zewnętrzny, o dostatecznej grubości, mają wystarczającą wytrzymałość mechaniczną i nie stwarzają zagrożenia rozzerwania. W ten sposób wyeliminowano przyczynę dużej awaryjności wirników w silnikach indukcyjnych trakcyjnych.

#### Literatura

- [1] BERNATT J., GAWRON S., GLINKA T., POPRAWSKI W.: *Uzwojenie wirnika silnika indukcyjnego trakcyjnego*. Patent RP nr 228976 z dnia 08.12.2017 r.
- [2] BERNATT J., GAWRON S., GLINKA T., POLAK A.: *Indaction motors in traction drives, service tests*. „Technical Transactions”, 10(115)/2018.
- [3] BERNATT J., GAWRON S., GLINKA T., POLAK A.: *Traction induction motor*. Proceedings in the MET'2017. Pol. Warszawska. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818004005>. MATEC Web of Conferences 180, 04005 (2018) MET'2017.
- [4] BILIŃSKI J., FRYDRYSIAK R., GMURCZYK E.: *Modernizacja systemu napędu elektrycznego zespołu trakcyjnego EN57 z zastosowaniem silników asynchronicznych*. „Technika Transportu Szynowego”, 12/2008.
- [5] LAL GANESH R.N.: *Development of reliable designs of squirrel cage rotors for traction motors. used in locomotives working in arduous operating conditions*. IET Electric Power Applications, March 2009.
- [6] Norma PN-EN 61373 (IEC 61373) 2011 r. Zastosowania kolejowe. Wyposażenie taboru kolejowego. Badanie odporności na udary mechaniczne i wibracje.
- [7] SKARPETOWSKI G.: *Uszkodzenie klatki wirnika silnika trakcyjnego LK 450 X6*. Politechnika Krakowska. Em. Bombardier Transportation CH. 7 Juli 2014 r.

 Jakub Bernatt, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka, Artur Polak  
Sieć Badawcza Łukasiewicz  
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany

reklama

 **Targi Kielce**  
exhibition & congress centre



## Największe Targi Odnawialnych Źródeł Energii w Polsce

# enex

## 26-27.02.2020 Kielce

Po raz pierwszy w Polsce!

**Salon Budownictwa  
Energooszczędnego i Pasywnego**



enex.pl



# Magnesowanie obwodu magnetycznego nasyconego w silnikach indukcyjnych

Jakub Bernatt, Tadeusz Glinka, Artur Polak

## 1. Wstęp

Obwody magnetyczne transformatorów i maszyn elektrycznych mają nieliniową charakterystykę magnesowania. Przy dużych nasyceniach rdzenia: w transformatorach przy indukcjach przekraczających 1,6 T, a w maszynach elektrycznych wirujących przy indukcjach przekraczających 1,4 T, punkt pracy wychodzi już na część nasyconą. Obwody magnetyczne transformatorów i maszyn indukcyjnych są wzbudane napięciem zasilającym przemiennym. Są to obwody magnetyczne wzbudane napięciowo o wymuszonym przebiegu strumienia magnetycznego  $\Phi(t)$ . Przebieg prądu magnesującego  $I_{1,\mu}(t)$  dostosowuje się, to znaczy chwilowe wartości prądu są determinowane przez chwilową wartość napięcia i chwilową wartość reluktancji obwodu magnetycznego. W transformatorach przebieg prądu magnesującego jest dobrze rozpoznany i opisany w literaturze [3]. Analiza przebiegu prądu magnesującego  $I_{1,\mu}(t)$  w maszynach indukcyjnych nie ma w literaturze [1, 4, 6, 8, 9, 10, 11] dostatecznej prezentacji. Artykuł prezentuje tę tematykę.

W maszynach indukcyjnych uzwojenie trójfazowe twornika, zasilane trójfazowym napięciem sinusoidalnym, wymusza sinusoidalny przebieg czasowy strumienia magnetycznego. Nie należy mylić przebiegu czasowego strumienia z obwodowym rozkładem indukcji (gęstości strumienia), która zależy od ułożenia uzwojenia (w żłobkach) na obwodzie twornika. Nieliniowa charakterystyka magnesowania obwodu magnetycznego i sinusoidalny przebieg czasowy strumienia magnetycznego powodują, że prąd magnesujący  $I_{1,\mu}(t)$ , czyli składowa bierna prądu biegu jałowego, ma przebieg odkształcony. Prąd magnesujący, podobnie jak w transformatorze, zawiera nieparzyste harmoniczne czasowe  $v = [(6n \mp 1) + 3n]$ , gdzie  $n$  jest liczbą naturalną. Dla harmonicznych prądu  $I_{1,\mu,v} = (6n \mp 1)$  sieć elektroenergetyczna ma impedancję  $Z \approx 0$  i harmoniczne prądu  $I_{1,\mu,v} = (6n \mp 1)$  w układzie trójfazowym swobodnie płyną. Dla harmonicznych prądu  $I_{1,\mu,v} = 3n$  trójfazowa sieć elektroenergetyczna ma impedancję  $Z = \infty$ , stanowi obwód elektryczny otwarty i te harmoniczne prądu w uzwojeniu twornika połączonym w gwiazdę nie mogą płynąć. Jeśli uzwojenie twornika jest połączone w trójkąt, to dla harmonicznych  $I_{1,\mu,v} = 3n$  trójkąt stanowi zwarcie i harmoniczne prądu magnesującego  $I_{1,\mu,v} = 3n$  płyną swobodnie, zamykając się w trójkącie. W uzwojeniu klatkowym wirnika harmoniczne prądu  $I_{2,\mu,v} = 3n$  płyną swobodnie. Prąd  $I_{2,\mu,v} = 3n$ , z uwagi na wysoką częstotliwość, jest wypierany do zewnętrznych warstw prętów uzwojenia. Rozkład gęstości prądu w prętach jest nierównomierny i to generuje dodatkowe straty mocy w uzwojeniu wirnika w stosunku do strat mocy przy równomiernej gęstości prądu.

**Streszczenie:** Magnesowanie obwodu magnetycznego silników indukcyjnych przebiega inaczej niż transformatorów, maszyn synchronicznych i maszyn prądu stałego. Strumień wzbudzający  $\Phi(t, x)$  jest generowany przez napięcie sieci zasilającej. Jeśli obwód magnetyczny silnika jest nasycony, to strumień magnetyczny  $\Phi(t, x)$  generuje harmoniczne nieparzyste prądu magnesującego  $I_{\mu v}(t)$ . Harmoniczne prądu  $I_{\mu v} = (6n \mp 1)(t)$  wytłumiają harmoniczne strumienia magnetycznego  $\Phi_{v = (6n \mp 1)}(t, x)$ . Harmoniczne prądu  $I_{\mu v} = 3n(t)$  płynące w uzwojeniu połączonym w trójkąt i w uzwojeniu klatkowym wirnika nie redukują strumienia  $\Phi_{v = 3n}(t, x)$ . Składowa harmoniczna strumienia  $\Phi_{v = 3n}(t, x)$  generuje dodatkowe straty mocy, szczególnie w uzwojeniu wirnika.

Słowa kluczowe: silniki indukcyjne, obwód magnetyczny nasycony, dodatkowe straty mocy

## 🇬🇧 MAGNETIZATION OF A SATURATED MAGNETIC CIRCUIT IN INDUCTION MOTORS

**Abstract:** Magnetization of the magnetic circuit of induction motors is different from magnetization of transformers, of synchronous machines and of DC machines. The excitation flux  $\Phi(t, x)$  is generated by the mains voltage. If the magnetic circuit of the motor is saturated, the magnetic flux  $\Phi(t, x)$  generates odd harmonics of the magnetizing current  $I_{\mu v}(t)$ . Current harmonics  $I_{\mu v} = (6n \mp 1)(t)$  suppress harmonics of the magnetic flux  $\Phi_{v = (6n \mp 1)}(t, x)$ . Current harmonics  $I_{\mu v} = 3n(t)$  flowing in a delta winding and in a rotor cage winding do not reduce the flux  $\Phi_{v = 3n}(t, x)$ . The harmonic component of the flux  $\Phi_{v = 3n}(t, x)$  generates additional power losses, especially in the rotor winding.

Keywords: induction motors, saturated magnetic circuit, additional power losses

## 2. Model matematyczny

Model matematyczny analizy prądu magnesującego w silniku indukcyjnym jest budowany przy założeniach:

- rozpatruje się rozkład strumienia magnetycznego  $\Phi(t, x)$  w szczelinie, przyjmując, że rozkład ten jest identyczny na powierzchni jarzma twornika i na powierzchni jarzma wirnika;
- uzwojenie twornika jest trójfazowe i jest rozłożone sinusoidalnie na obwodzie, to znaczy, że rozpatruje się wyłącznie pierwszą harmoniczną obwodową strumienia magnetycznego,

współczynniki uzwojenia dla wyższych harmonicznych  $k_{uv>1} = 0$ ;

- napięcie zasilające jest trójfazowe sinusoidalne symetryczne;
- uzwojenie wirnika jest klatkowe, przy czym rezystancja uzwojenia dla harmonicznych  $v = 3n$  jest wielokrotnie większa od rezystancji dla prądu stałego.

Strumień wzbudzenia  $\Phi(t, x)$  jest wytworzony przez siłę magnetomotoryczną  $\theta_\mu(t, x)$  prądów magnesujących trzech faz A, B, C uzwojenia stojana.

$$\Phi(t, x) = \frac{\theta_\mu(t, x)}{R_\mu}$$

$$\theta_\mu(t, x) = \theta_{\mu A}(t, x) + \theta_{\mu B}(t, x) + \theta_{\mu C}(t, x)$$

$t$  – czas;  $x$  – współrzędna obwodowa;

$R_\mu$  – jest reluktancją obwodu magnetycznego strumienia wzbudzenia, jest to połączenie szeregowe reluktancji szczeliny powietrznej i reluktancji żelaza stojana i wirnika. Żelazo w stanie nasycenia determinuje nieliniową charakterystykę reluktancji  $R_\mu$ .

Siła magnetomotoryczna  $\theta_\mu(t, x)$  – jest sumą geometryczną smm fazowych, jest wektorem wirującym, przy uzwojeniu sinusoidalnym jest tylko pierwsza harmoniczna obwodowa, nie ma wyższych harmonicznych obwodowych. Strumień  $\Phi(t, x)$  jest wektorem wirującym. Prędkość kątowna wirowania wektorów  $\theta_\mu(t, x)$  i  $\Phi(t, x)$  jest prędkością mechaniczną synchroniczną  $\omega_{1m} = \frac{\omega_1}{p}$  o stałej wartości,  $\omega_1 = 2\pi f_1$ , częstotliwość  $f_1$  dotyczy napięcia sieci zasilającej, a  $p$  oznacza liczbę par biegunów uzwojenia.

Obwód magnetyczny maszyn elektrycznych indukcyjnych, w ogólnym przypadku, wyróżnia nieliniowa charakterystyka magnesowania uzwojenia  $\Phi(t, x) = f[\theta_\mu(t, x)]$ , gdzie  $\Phi(t, x)$  jest strumieniem magnetycznym sprzężonym z rozpatrywaną fazą uzwojenia. Na rys. 1 b przedstawiono charakterystykę strumienia  $\Phi(t, x_A)$  sprzężonego z uzwojeniem fazy A w układzie współrzędnych odwróconych  $\theta = f(\Phi)$ . Charakterystyka ta jest identyczna dla uzwojeń fazy B i C.

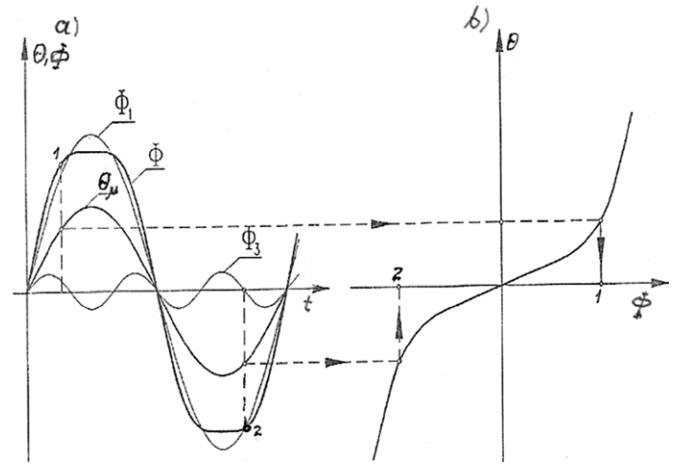
Jeśli wstępnie założyć, że rozkład czasowo-obwodowy smm  $\theta_\mu(t, x)$  jest sinusoidalny

$$\theta_\mu(t, x) = \theta_\mu \sin\left(\frac{x}{\tau}\pi - \omega_1 t\right)$$

to w obwodzie magnetycznie nasyconym strumienia  $\Phi(t, x)$  jest odkształcony w stosunku do sinusoidy, jak to pokazano na rys. 1 a.

Strumień  $\Phi(t, x)$  zawiera harmoniczne nieparzyste:  $v = (6n \mp 1)$  i  $v = 3n$ , gdzie  $n$  jest liczbą naturalną.

$$\Phi(t) = \Phi_1 \sin\left(\frac{x}{\tau}\pi - \omega_1 t\right) \mp \sum_{v=(6n \mp 1)}^{\infty} \Phi_v \sin\left(\frac{x}{\tau}\pi - v\omega_1 t\right) + \sum_{v=3n}^{\infty} \Phi_v \sin\left(\frac{x}{\tau}\pi - v\omega_1 t\right)$$



Rys. 1. Przebieg strumienia magnetycznego  $\Phi(t, x_A)$  sprzężonego z uzwojeniem fazy A, w obwodzie magnetycznym nasyconym silnika indukcyjnego i jego harmoniczne  $\Phi_1(t, x_A)$ ,  $\Phi_3(t, x_A)$  przy sinusoidalnym przebiegu smm  $\theta_\mu(t, 0)$

$\tau$  – jest podziałką biegunową uzwojenia. Znak (-) dotyczy harmonicznych przeciwnych  $v = 5, 11, 17$ , znak (+) dotyczy harmonicznych zgodnych  $v = 7, 13, 19$  itd.

Na rysunku 1 a pokazano przebieg strumienia  $\Phi(t, x_A)$  sprzężonego z uzwojeniem fazy A i jego harmoniczne: podstawową (pierwszą)  $\Phi_1(t, x_A)$  i trzecią  $\Phi_3(t, x_A)$ .

Harmoniczne strumienia  $\Phi_v(t, x)$  indukują w uzwojeniach A, B, C napięcia rotacji (sem)  $E_v(t)$ .

$$E_v(t) = -\frac{d\Phi_v(t, x)}{dt} = v\omega_1 \Phi_v \cos(v\omega_1 t - \varphi_v)$$

Harmoniczne sem  $E_{v=(6n \mp 1)}(t)$  są trójfazowe. Dla tych harmonicznych trójprzewodowa sieć elektroenergetyczna, z której zasilany jest silnik, ma impedancję zwarcia. Zatem sem  $E_{v=(6n \mp 1)}(t)$  wymusza w obwodzie uzwojenia przepływ prądów magnesujących  $I_{1\mu, (v=6n \mp 1)}(t)$ , które dodają się do prądu magnesującego pierwszej harmonicznej  $I_{1\mu, (v=1)}(t)$ . Efektem tego jest odkształcony przebieg smm  $\theta_\mu(t, x)$ . Harmoniczne smm  $\theta_{\mu, v=(6n \mp 1)}(t, x)$  wygaszają harmoniczne strumienia  $\Phi_{v=(6n \mp 1)}(t, x)$ , który zostaje zredukowany do wartości minimalnej. W dalszej części artykułu harmonicznymi  $v = (6n \mp 1)$  nie będziemy się zajmować

Rozpatrujemy zatem harmoniczne  $v = 3n$ . Strumień magnetyczny harmoniczny  $v = 3n$  sprzężony z uzwojeniami faz A, B, C ma tę samą fazę

$$\Phi_{v=3n}(t, x_A) = \Phi_{v=3n}(t, x_B) = \Phi_{v=3n}(t, x_C)$$

Napięcia indukowane w uzwojeniach A, B, C przez strumień  $\Phi_{v=3n}(t)$  są w fazie:

$$E_{A, v=3n}(t) = E_{B, v=3n}(t) = E_{C, v=3n}(t)$$

i należą do zbioru harmonicznych zerowych. Harmoniczne prądu  $I_{1\mu, v=3n}(t)$ , wymuszone przez napięcia  $E_{v=3n}(t)$ , w trójprzewodowej sieci elektroenergetycznej, nie mogą płynąć. Sieć dla tych harmonicznych jest otwarta, jej impedancja  $Z_s = \infty$ . Jeśli uzwojenie jest połączone w trójkąt, to trójkąt dla nich jest obwodem zwartym i w obwodzie trójkąta harmoniczne  $I_{\mu, v=3n}(t)$  swobodnie płyną:

$$I_{\mu, A, v=3n}(t) = I_{\mu, B, v=3n}(t) = I_{\mu, C, v=3n}(t) > 0$$

Siły magnetomotoryczne faz A, B, C uzwojenia są sobie równe i są różne od zera

$$\theta_{\mu, A, v=3n}(t, x) = \theta_{\mu, B, v=3n}(t, x) = \theta_{\mu, C, v=3n}(t) > 0$$

Natomiast ich suma jest równa zero

$$\theta_{\mu, A, v=3n}(t, x) \hat{+} \theta_{\mu, B, v=3n}(t, x) \hat{+} \theta_{\mu, C, v=3n}(t) = 0$$

i nie kompensuje harmonicznych  $v = 3n$  nasyceniowych strumienia magnetycznego  $\Phi_{v=3n}(t, x)$ . Strumień wypadkowy  $\Phi(t, x)$ , w szczeliny magnetycznej maszyny indukcyjnej o nasyconym obwodzie magnetycznym, zawiera harmoniczną  $v = 1$  generującą moment elektromagnetyczny i harmoniczne  $v = 3n$ .

$$\Phi(t, x) = \Phi_1 \sin\left(\frac{x}{\tau} \pi - \omega_1 t\right) \sum_{v=3n}^{\infty} \Phi_{v=3n} \sin\left(\frac{x}{\tau} \pi - v_{3n} \omega_1 t\right)$$

Na rys. 2 przedstawiono harmoniczne strumienia  $\Phi_1(t, x)$  i  $\Phi_3(t, x)$  na rozwiniętym obwodzie twornika sprzężoną z uzwojeniem fazy A, dla chwili czasu ( $t = t_A$ ). Chwila czasu ( $t = t_A$ ) jest wybrana, gdy wektor strumienia  $\Phi(t, x)$  leży w osi uzwojenia fazy A.

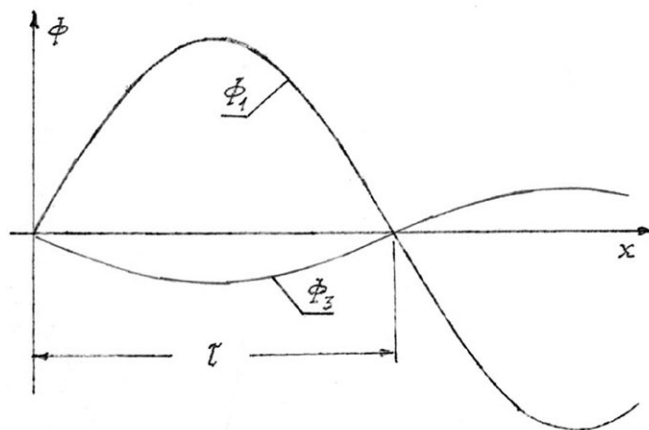
Przebieg czasowo-obwodowy strumienia  $\Phi(t, x)$  opisuje równanie

$$\Phi(t, x) = \Phi_1 \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - \omega_1 t\right) - \Phi_{v=3n} \sin\left(\frac{x}{\tau_1} \pi - 3n \omega_1 t\right)$$

Strumienie harmoniczne  $\Phi_1(t, x)$  i  $\Phi_3(t, x)$  są wektorami wirującymi kołowymi o stałej amplitudzie  $\Phi_1$  i  $\Phi_3$ .

### Podsumowanie

Na rysunku 1 wykazano, że w silnikach indukcyjnych, z nieliniowym (nasyconym) obwodem magnetycznym, harmoniczne strumienia magnetycznego  $\Phi_{v=3n}(t, x)$  występują i nie można ich skompensować. W transformatorach składowe strumienia  $\Phi_{v=3n}$  są kompensowane przez smm magnesującą, wzbudzaną przez prąd magnesujący płynący w uzwojeniu połączonym w trójkąt [3]. Stąd standardem jest, że jedno z uzwojeń transformatorów łączone jest w trójkąt. Dzieje się tak, gdyż uzwojenia transformatora są sprzęgnięte ze strumieniem fazowym, a w



Rys. 2. Rozłożenie harmonicznych strumienia  $\Phi_1(t_A, x)$  i  $\Phi_3(t_A, x)$  na obwodzie twornika względem osi fazy A, dla chwili czasu ( $t = t_A$ )

silnikach indukcyjnych uzwojenie każdej z faz jest sprzęgnięte ze strumieniem wypadkowym.

Prądy harmoniczne  $I_{1\mu, v=3n}$  płyną w uzwojeniu stojana (połączonym w trójkąt) i uzwojeniu klatkowym wirnika. W uzwojeniu stojana mają częstotliwość  $f_{1, v=3n} = 3n f_1$ . Uzwojenie wirnika wiruje z prędkością kątową  $\omega_m = \omega_{m1}(1 - s)$ .  $s$  – jest poślizgiem wirnika względem pola wirującego. Częstotliwość prądów harmonicznych  $I_{2\mu, v}$  w uzwojeniu klatkowym  $f_{2, v=3n} = f_1(3n - 1 + s)$ . Prądy  $I_{1\mu, v}$  i  $I_{2\mu, v}$  generują dodatkowe straty mocy, które koncentrują się głównie w uzwojeniu klatkowym wirnika. Wypieranie prądu zmiennego w prętach uzwojenia klatkowego powoduje, że prąd  $I_{2\mu, v}$  płynie tylko przez zewnętrzną warstwę prętów w żłobku. Zmienia to rozkład gęstości prądu w prętach uzwojenia, a tym samym wpływa na powiększenie strat mocy w silniku. Potwierdza to bilans strat mocy w silnikach. Zmierzzone sumaryczne straty mocy są zawsze większe od obliczonych strat mocy. Tę różnicę przypisuje się stratom dodatkowym. Dodatkowe straty mocy obejmują także i inne składniki strat, które nie są identyfikowane w algorytmach obliczeń projektowych. Jaki udział w stratach dodatkowych mają straty generowane przez harmoniczne prądu  $I_{1\mu, v}$  i  $I_{2\mu, v}$  – obecnie nie ma na to odpowiedzi. Według normy [7] straty dodatkowe łączne są oceniane na 0,5% mocy znamionowej silnika. Pomiar i bilans strat wykazują, że dodatkowe straty mocy mogą być znacznie większe i wynosić 1%, a czasem więcej. Dlatego normy amerykańskie [2] i europejskie [5] koncentrują się na całkowitych stratach mocy i sprawności silników. Normy te zalecają mierzyć bezpośrednio moc  $P_1$  pobieraną przez silnik z sieci zasilającej oraz moc mechaniczną  $P_m$  na wale silnika i wyznaczać straty całkowite

$$\Delta P = P_1 - P_m$$

Współczesna technika pomiarowa to umożliwia.

Sprawność znamionową oblicza się

$$\eta_N = \frac{P_N}{P_{1N}}$$




Na przykład silnik o mocy  $P_N = 9$  kW,  $P_{1N} = 10$  kW ma w znamionowych warunkach pracy straty mocy  $\Delta P_N = 1000$  W i sprawność  $\eta_N = 0,9$ . Jeśli pomiary mocy wykonano w znamionowych warunkach pracy w klasie 0,5, to moce zmierzone zawierały się w przedziale:  $9950 < P_1 < 10050$  W i  $8955 < P_2 < 9045$  W. Straty mocy określone są w przedziale  $905 < \Delta P < 1095$  W, a sprawność w przedziale  $0,89 > \eta_N > 0,91$ .

Dla silników indukcyjnych klatkowych, o liczbie par biegunów  $p = 1 \div 4$  i mocy znamionowej  $P_N = 0,12 \div 1000$  kW, minimalna sprawność znamionowa jest podana w załączniku do normy [7].

Na etapie projektowania silników należy poprawnie obliczać straty mocy, które w silniku wystąpią, w tym także straty dodatkowe, które nie są niezdeteminowane. Aby straty mocy dodatkowe były możliwie małe, charakterystyka magnesowania  $\Phi(t, x) = f[\theta_{\mu}(t, x)]$  maszyny powinna być możliwie liniowa, obwód magnetyczny nienasycony.

### Literatura

- [1] ADKINS B., HARLEY R.G.: *The general theory of alternating current machines*. Application to Practical Problems. Springer 2013.
- [2] BERNATT J., GLINKA T.: *Uzwojenie trójfazowe twornika*. P. 430127 z dnia 03.06.2019 r.
- [3] Energy Policy Act z 1992 r. (EPACT). Wyd. Departamentu Energii USA (US DOE).
- [4] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne i transformatory*. WNT 2018.
- [5] HINDMARSH J.: *Electrical Machines. A Unified Treatment on a Physical Basis*. Pergamon Press, Oxford 1965.
- [6] IEC 60034-30:2008 i IEC 60034-30-1:2014. Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)
- [7] LATEK W.: *Teoria maszyn elektrycznych*. WNT, wyd. II, Warszawa 1987.
- [8] PN-EN 60034-2:2000 – (wersja polska). *Maszyny elektryczne wirujące. Straty i sprawność*.
- [9] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen. Bd. IV Induktionsmaschinen*. Wyd. 2. Birkhuser, Basel. 1954.
- [10] SCHUISKY W.: *Induktionsmaschinen*. Springer, Wien 1957.
- [11] Важнов А.И.: *Электрические машины*. Издательство „Энергия”, Москва 1969.
- [12] Вольдек А.И.: *Электрические машины*. Издательство „Энергия”, Москва 1974.

 Jakub Bernatt, Tadeusz Glinka, Artur Polak  
Sieć Badawcza Łukasiewicz  
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany

reklama



Międzynarodowe Targi Energetyki  
**EXPOPOWER**  
**21-24.04.2020, POZNAŃ**

[www.expopower.pl](http://www.expopower.pl)



Międzynarodowe  
Targi Poznańskie

ORGANIZATOR  
**mtp**  
GRUPA

### Targi EXPOPOWER to:

- prezentacja produktów i usług liderów branży energetycznej
- bezpieczeństwo w przemyśle
- automatyzacja produkcji
- pokazy prac na liniach wysokiego i średniego napięcia
- liczne konferencje tematyczne
- udział kadry zarządzającej i specjalistów z firm energetycznych
- przyjazd na targi zorganizowanych grup branży energetycznej

**Targi EXPOPOWER 2020 odbędą się równocześnie z targami  
INSTALACJE, GREENPOWER, SAWO i SECUREX.**

Partner strategiczny:



**ZAPYTAJ O OFERTĘ!**

**Witold Lipiński** / tel. +48 61 869 21 20 / mobile: +48 693 560 157 / [witold.lipinski@grupamtp.pl](mailto:witold.lipinski@grupamtp.pl)

# Filarowy system wybierania węgla i jego rozwój w śląskich kopalniach

Stefan Gierlotka

**W**XVIII wieku na obszarze Górnego Śląska węgiel urabiano systemem chodników wybierkowych. Od chodnika podstawowego prowadzono prostopadłe chodniki wybierkowe, z których starano się uzyskać jak najwięcej węgla. Ze względu na wzmożone ciśnienie górotworu występujące na skrzyżowaniu chodników pozostawiano filar węglowy podtrzymujący strop. System ten był mało wydajny i niebezpieczny.

W 1780 roku Friedrich Reden – dyrektor Wyższego Urzędu Górniczego we Wrocławiu – polecił prowadzenie badań geologicznych i poszukiwania nowych złóż węgla na Śląsku. Zadanie to powierzył sprowadzonemu z Belgii inżynierowi górniczemu Salomonowi Isaacowi. Odkrył on między innymi bogate pokłady węgla w rejonie Zabrze i Chorzowa. W 1785 roku Salomon Isaac, po zapoznaniu się ze stosowanym wówczas na Śląsku systemem wybierania węgla, zaproponował wybieranie systemem filarowym, stosowanym wtedy w górnictwie angielskim. Nowy system szybko się rozpowszechnił i już z początkiem XIX wieku wybieranie węgla systemem filarowym było stosowane we wszystkich kopalniach na Śląsku.

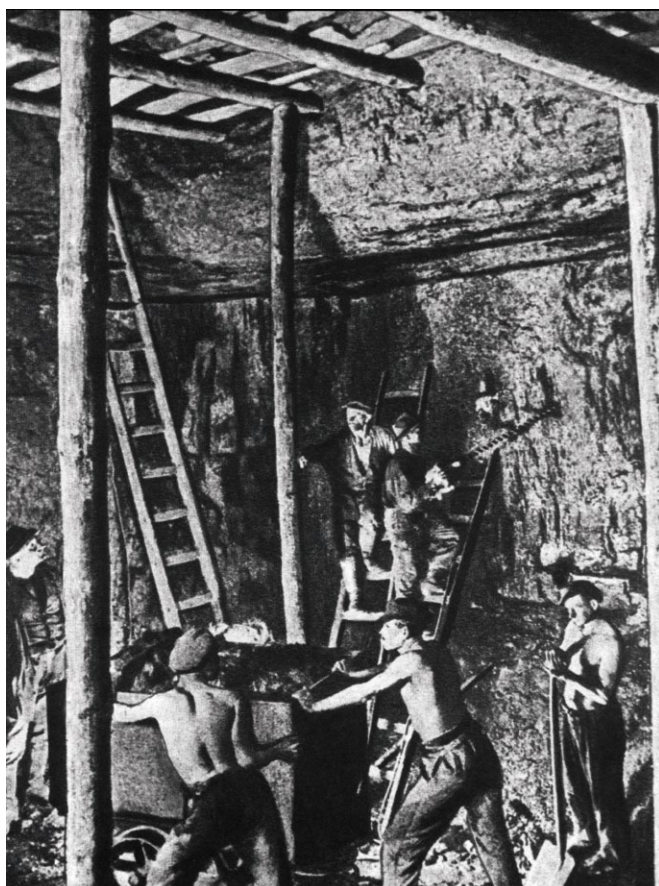
Eksploatacja systemem filarowym wymagała odpowiedniego przygotowania pokładu przez jego rozcięcie kolejnymi wyrobiskami. W pierwszym etapie wykonywano chodnik podstawowy wzdłuż rozciągłości pokładu. Od chodnika podstawowego prowadzono prostopadłe chodniki filarowe. Caliznę znajdującą się między chodnikami nazywano filarami, które wybierano zabierkami. Eksploatacja filarów odbywała się zabierkami o szerokości około 8–11 m, po wzniosie pokładu. Wyrobisko filarowe prowadzone było w całej miąższości pokładu i osiągało wysokość jego grubości. W pokładach grubych wysokość wyrobiska filarowego osiągała nawet do 10 m.



Wykonywanie wrębu pneumatyczną wrębiarką żerdziową



Praca górników w wysokim filarze



Praca w wysokim filarze



Uzbrajanie ładunków wybuchowych w wyrobisku

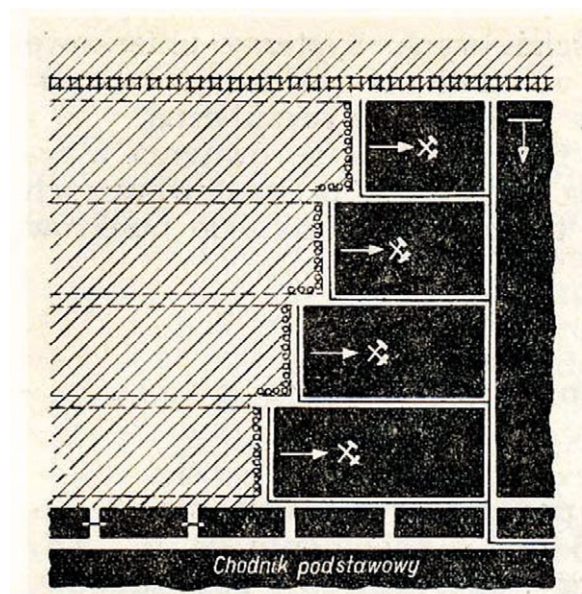
Wybieranie rozpoczynano od wykonania wcińki filarowej drażonej z chodnika filarowego. Następnie rozszerzano wyrobisko do wymiarów właściwej zabierki i wykonywano wdzierkę do stropu. W celu odgradzenia się od sąsiedniego zawaliska – już wybranego filaru – strop podpierany był wąskim pasem nieurobionego węgla, nazywanym nogą. Podporowy pas węglowy miał grubość od 0,8 do 1,3 m zależnie od zwięzłości węgla i wysokości wyrobiska. Innym sposobem zabezpieczenia stropu od strony wybranego filaru było budowanie tzw. organów, czyli gęsto ustawionych drewnianych stojaków podporowych. Strop zabierki zabezpieczano obudową drewnianą, stawianą zależnie od zwięzłości skał stropowych. Zwiększone ciśnienie górotworu podczas wybierania głębiej zalegających pokładów wymagało zagęszczonej obudowy, co powodowało wzrost kosztów. Po wybraniu węgla w zabierce w ostatniej kolejności wybierano nieurobioną nogę oraz przypięty w stropie węgiel. Czynności te wykonywano przy rabowaniu drewnianej obudowy, doprowadzając do zawału skał stropowych. Po wybraniu resztek węgla i wyrabowaniu stojaków obudowy likwidowano wyrobisko.

Wyrobiska filarowe zabezpieczano obudową drewnianą. Bardzo niebezpieczne było wykonywanie tzw. opinki łamliwego stropu przez wsuwanie okładzin za stropnice oraz stawianie wysokich stojaków podporowych. W początkach XX wieku zaczęto już wprowadzać metalowe stojaki podporowe, lecz ich wysokość podpierania wynosiła tylko 2,8 m. W wysokich filarach stojaki drewniane były stosowane nadal.

Węgiel w przodku urabiano i ładowano ręcznie. Urabianie pokładu za pomocą materiałów wybuchowych wprowadzono dopiero w latach siedemdziesiątych XIX wieku. Początkowo



Ręczne ładowanie urobku do wozów



System ubierkowo-filarowy z zaw. strop.

do odpalania ładunków wybuchowych stosowano lonty, które odpalano w przodku płomieniem od osobistej lampy karbidowej. Bezpieczniejsze od lontów do inicjacji ładunków wybuchowych okazały się zapalniki elektryczne, zwłaszcza w kopalniach metanowych. Pierwsze zapalniki elektryczne zastosowano w kopalniach niemieckich jeszcze w końcu XIX wieku. Do wykonywania otworów strzałowych w końcu XIX wieku rozpoczęto stosować wiertarki i młotki udarowe napędzane sprężonym powietrzem.

Podczas prowadzenia robót strzałowych zauważono, że ilość zużytego materiału wybuchowego jest zależna do wielkości odsłoniętej powierzchni urabianej calizny węglowej. Odkrytą powierzchnię przodka rozpoczęto zwiększać przez wykonanie kilofem dodatkowych wrębów, tj. wąskich szczelin w urabianej caliznie. W drugiej połowie XIX wieku, w kopalniach angielskich i niemieckich, rozpoczęto wdrażać maszyny wrębowe różnych typów. Pierwszą wrębarkę łańcuchową opracowano



Wykonywanie obudowy drewnianej w wyrobisku filarowym



Ładowanie urobku na przenośnik wstrząsowy



Wykonywanie drewnianej obudowy filaru

w Anglii w 1853 roku. Napęd wrębiarki był parowy. Szybko rozpowszechniły się w kopalniach wrębiarki łańcuchowe o napędzie pneumatycznym. W śląskich kopalniach w 1911 roku pracowało 31 wrębiarek różnej konstrukcji – wszystkie o napędzie pneumatycznym. Pierwsze zastosowania silnika elektrycznego do napędu wrębiarek łańcuchowych wprowadzono w 1898 roku w kopalniach Westfalii. W 1925 roku w śląskich kopalniach pracowało 973 różnych wrębiarek, z których tylko 8 posiadało napęd silnikiem elektrycznym.

Dla odstawy urobku doprowadzano do wyrobiska filarowego transport kołowy po szynach i ręcznie ładowano wozy. Załadowane wozy wytransportowywano, pchając ręcznie lub wyciągając kołowrotami. Dużym ułatwieniem w pracy górników przy odstawie urobku było wprowadzenie koni do transportu dołowego. Wydajność kopalń znacznie wzrosła, gdy w podziemiach zatrudniono konie.

Na Śląsku w 1803 roku po raz pierwszy użyto koni w transporcie podziemnym w kopalni Królowa Luiza w Zabrzu. Wkrótce konie pracowały już we wszystkich kopalniach. Koń w kopalni używany był nie tylko do transportu urobku, ale też do rabowania obudowy w likwidowanym filarze.

Początki mechanizacji transportu urobionego węgla sięgają 1906 roku, kiedy zastosowano w filarach przenośniki z rynnami wstrząsowymi napędzanymi energią sprężonego powietrza. Przenośnik budowany w filarze transportował urobek ciągiem wstrząsanych rynien z przodka na chodnik odstawczy, gdzie załadowywał węgiel do wozów.

Rozwój mechanizacji górnictwa, który dokonywał się równocześnie z rozwojem napędu elektrycznego, spowodował rozpowszechnienie się przenośników taśmowych oraz zgrzeblowych. Na Śląsku pierwsze próby z przenośnikiem zgrzeblowym rozpoczęto w połowie lat trzydziestych XX wieku w kopalni Ludwik w Zabrzu. Duża jego awaryjność była powodem zaprzestania dalszego jego stosowania. Powrócono do transportu przenośnikiem z rynnami wstrząsowymi, ale już napędzonym silnikiem elektrycznym. Krótco przed wojną wprowadzono do kopalń przenośniki zgrzeblowe produkcji niemieckiej, które szybko w latach następnych się rozpowszechniły. W 1946 roku powstał pierwszy polskiej konstrukcji ścianowy przenośnik zgrzeblowy pancerny PZP-45. W 1957 roku wprowadzono do robót przygotowawczych lekki przenośnik zgrzeblowy Skat-57.

System filarowy wybierania węgla stosowany był w kopalniach śląskich przez cały XIX i w początkach XX wieku. Stosowany był jeszcze w niektórych kopalniach w latach sześćdziesiątych XX wieku. W połowie XX wieku system filarowo-zabierkowy został wyparty przez ścianowy system wybierania węgla. Pierwsze ściany wydobywcze rozpoczęto stosować na Śląsku już w latach dwudziestych ubiegłego wieku. Rozpowszechnianie się systemu ścianowego wiązało się z wprowadzeniem przenośników zgrzeblowych budowanych wzdłuż urabianego przodka, po którego korytach przesuwano wrębiarkę, a później kombajn. Na rozwój systemu ścianowego wybierania węgla wpłynęły unowocześnione zgrzeblowe przenośniki ścianowe, kombajny, a przede wszystkim zmechanizowana obudowa krocząca. ■



Robert Małkowski  
**Transformatory z regulacją przekładni pod obciążeniem w systemie elektroenergetycznym – zagadnienia wybrane. Seria: Monografie nr 182**  
 Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej  
 Rok wydania: 2019, wydanie pierwsze

Zmiany zachodzące w systemie elektroenergetycznym, związane między innymi ze stałym wzrostem zapotrzebowania na moc, przyłączaniem źródeł odnawialnych czy rozwojem elektromobilności, przy jednoczesnym wzroście wymagań dotyczących jakości energii elektrycznej, zmuszają operatorów sieci elektroenergetycznych do podejmowania działań zmierzających do sprostania nowym wymaganiom. Jednym z kierunków tych działań jest wykorzystanie w procesach regulacji napięcia i mocy biernej w systemie elektroenergetycznym, w szerszym niż dotychczas zakresie, transformatorów energetycznych z regulacją przekładni pod obciążeniem. Taka sytuacja wymaga przeglądu i rewizji stosowanych dotychczas algorytmów regulacji przekładni transformatorów w poszczególnych węzłach systemu elektroenergetycznego.

Monografia stanowi syntezę aktualnego stanu wiedzy dotyczącej modeli matematycznych oraz stosowanych algorytmów regulacji transformatorów z regulacją przekładni pod obciążeniem. W kolejnych rozdziałach pracy przedstawiono sposoby wykorzystania transformatorów w głównych węzłach systemu elektroenergetycznego, a w szczególności: w węzłach wytórczych, stacjach przesyłowych sieci najwyższych napięć oraz stacjach WN/SN (GPZ). Uzupełnieniem są opisy stosowanych algorytmów koordynacji transformatorów z zewnętrznymi źródłami mocy biernej, sąsiednimi stacjami elektroenergetycznymi, zasobnikami energii itd.

Dla każdego rozważanego przypadku omówiono podstawy teoretyczne, uwarunkowania techniczne oraz aktualny stan praktyki inżynierskiej w zakresie stosowanych algorytmów regulacji. W ramach przeprowadzonego wywodu wykazano celowość oraz możliwości poprawy istniejących algorytmów sterowania transformatorami z regulacją przekładni pod obciążeniem. Jednocześnie w monografii zamieszczono opisy objętych ochroną patentową, autorskich algorytmów sterowania pracą transformatorów blokowych oraz transformatorów w stacjach elektroenergetycznych WN/SN. Istotną zaletą wynikającą z zastosowania przedstawionych propozycji jest możliwość zwiększenia zapasu stabilności napięciowej systemu elektroenergetycznego.

Zaproponowane algorytmy zostały pozytywnie zweryfikowane w badaniach symulacyjnych (szeroko zaprezentowanych w monografii), a możliwości ich praktycznego wdrożenia zostały potwierdzone w testach empirycznych (również przedstawionych w monografii), przeprowadzonych z wykorzystaniem modeli fizycznych w laboratorium LINTE<sup>2</sup> Politechniki Gdańskiej. W monografii zawarto również opis aktualnych trendów badawczo-rozwojowych związanych z poruszaną tematyką. W szczególności omówiono możliwości regulacyjne: transformatorów z energoelektronicznym podobciążeniowym przełącznikiem zaczepów, transformatorów hybrydowych, jak również transformatorów energoelektronicznych.



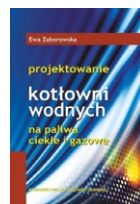
Ryszard Tadeusiewicz  
**Krótka historia informatyki**  
 Wydawnictwo RM  
 Rok wydania: 2019

Jeszcze w połowie XX wieku na świecie było tylko kilka komputerów... A teraz?

Czy wiesz, że maszyny liczące znano już w starożytności, a pierwszy program komputerowy napisała córka Byrona, Ada Lovelace? Mark I – komputer pierwszej generacji powstały w 1944 roku – miał 17 metrów długości, 2 metry wysokości i metr szerokości. Pierwszym polskim elektronicznym komputerem był XYZ, zbudowany w 1958 roku.

Czy nigdy nie intrygowało cię, jak to wszystko się zaczęło? W dziejach ludzkości nie było innego procesu, który by w tak krótkim czasie w tak ogromnym stopniu przeobraził wszystkie obszary aktywności zawodowej i życia codziennego całych społeczności i każdego z nas z osobna! Jeszcze w połowie XX wieku na świecie było tylko kilka komputerów... A teraz?

Ten ogromny postęp był możliwy dzięki pracy konkretnych ludzi, których nazwiska i dokonania warto poznać. Dowiedz się, jak Apple zrewolucjonizował rynek, jak rozwijały się układy scalone, jaką moc obliczeniową mają superkomputery i czemu służyły pierwsze sieci komputerowe. Oto *Krótka historia informatyki!*



Ewa Zaborowska  
**Projektowanie kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe**  
 Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej  
 Rok wydania: 2019, wydanie piąte

W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia związane z projektowaniem nowoczesnych, niskoparametrowych kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe, małej i średniej wielkości. Rozdział pierwszy poświęcono charakterystyce paliw i procesowi spalania oraz konstrukcjom kotłów i palników.

Podstawy projektowania, omówione w rozdziale drugim, obejmują zasady przygotowania bilansu cieplnego kotłowni, ogólny opis schematów ideowych instalacji kotłowni oraz zasady wykonywania obliczeń hydraulicznych. Szczegółowe informacje na temat urządzeń i armatury w poszczególnych obiegach grzewczych i ciepłej wody użytkowej oraz sposoby ich wymiarowania zamieszczono w rozdziale trzecim i czwartym. Instalacje paliwowe i magazynowanie paliw są przedmiotem rozdziału piątego. Instalacje spalinowe i powietrzno-spalinowe omówiono w rozdziale szóstym. Wymagania stawiane pomieszczeniom, w których są zainstalowane kotły oraz ich wyposażenie, przedstawiono w rozdziale siódmym. Ostatni, ósmy rozdział zawiera podstawowe warunki wykonania i odbioru kotłowni.

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 4 (252)**

Rok XXII  
Kwiecień 2020

- **Bezpieczeństwo w przemyśle**
- Hydraulika w technice mobilnej
- Sterowanie procesami
- Efektywność energetyczna
- Systemy transportowe
- Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych
- Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji
- Przesył energii
- Cyberbezpieczeństwo



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

Kontakt: e-mail: [redakcja.nis@drukart.pl](mailto:redakcja.nis@drukart.pl); tel. 32 755 19 17

1/2020 (249)

2/2020 (250)

3/2020 (251)

**4/2020 (252)**

5/2020 (253)

6/2020 (254)

7-8/2020 (255-256)

9/2020 (257)

10/2020 (258)

11/2020 (259)

12/2020 (260)

## PRENUMERATA

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 50-proc. zniżki, przesyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

Cena prenumeraty rocznej wynosi 118,80 zł (w tym 8% VAT).

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel./fax: 32 755 15 74.

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- Wydawnictwa SIGMA NOT, tel./fax 22 840 35 89;
- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.

XIV edycja Konkursu miesięcznika

***napędy*** miesięcznik  
***i sterowanie*** naukowo-  
techniczny

# PRODUKT ROKU 2019

## OGŁOSZENIE WYNIKÓW

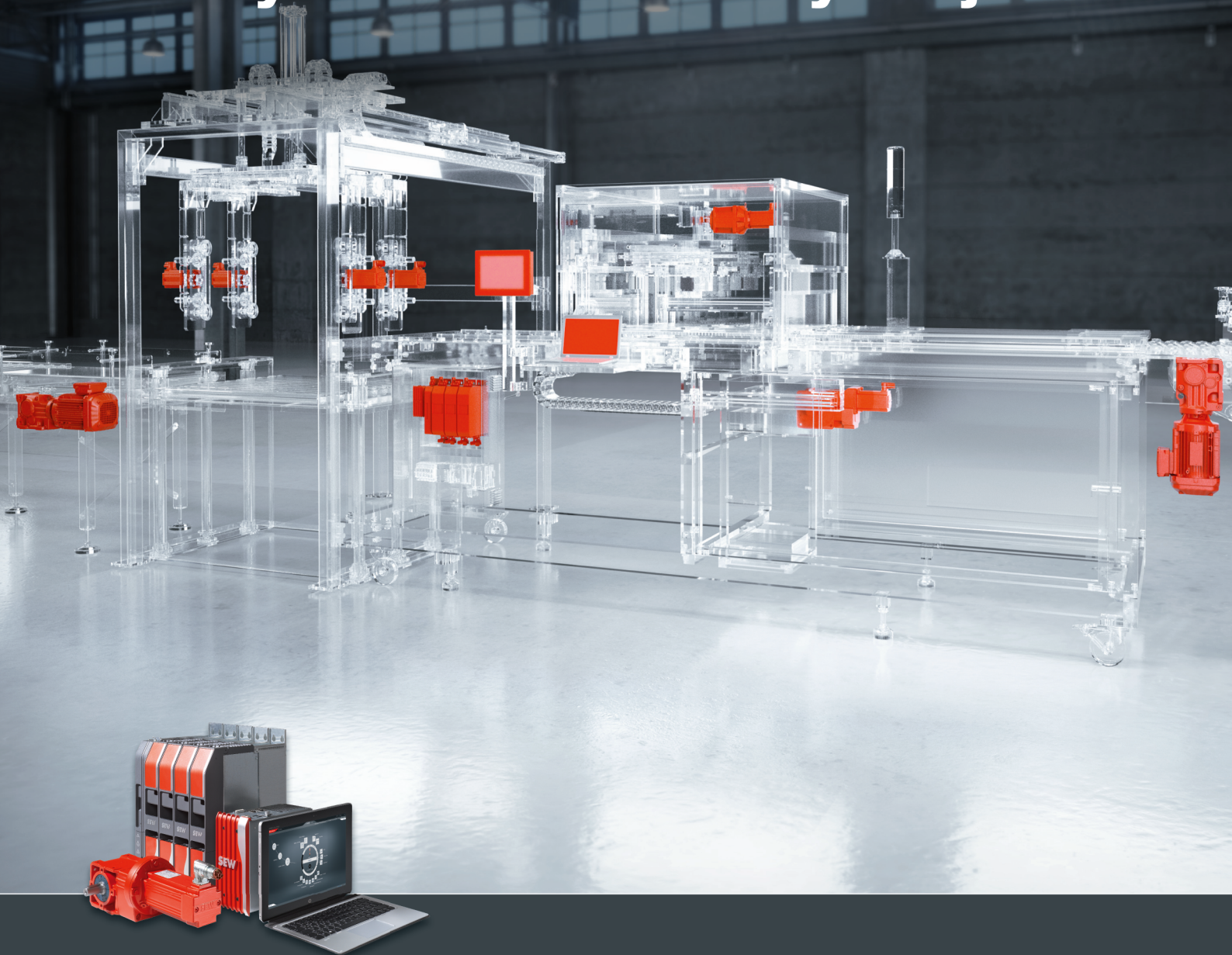
Serdecznie zapraszamy na uroczyste wręczenie medali laureatom XIV edycji Konkursu „PRODUKT ROKU”



Ogłoszenie wyników konkursu odbędzie się podczas Międzynarodowych Targów AUTOMATICON 2020, w Warszawskim Centrum EXPO XXI, ul. Prądzyńskiego 12/14, w dniu 18.03.2020 r. o godz. 10:00, w Sali Konferencyjnej B-1.

Więcej na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

# Przyszłość automatyzacji



## **MOVI-C® – modułowy system automatyki od jednego dostawcy**

SEW-EURODRIVE zapewnia optymalny system do automatyzacji procesów, obejmujący oprogramowanie inżynierskie, kontrolery ruchu, systemy przetwornic częstotliwości oraz technikę napędową.

