

# ***napędy i sterowanie***

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

**Nr 11 (259)**

Rok XXII

Listopad 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*

## **KOMPONENTY DLA ENERGEOELEKTRONIKI**

**MARKEL**  
energoelektronika to nasza pasja



Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (261) 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 (262) 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 (263) 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 (264) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYSŁE</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 (265) 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 (266) 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 (267/268) 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 (269) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYSŁE 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 (270) Październik	<b>HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <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 (271) 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 (272) Grudzień	<b>CYFRYZACJA W PRZEMYSŁE 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

• Estera 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. Waclaw Kolek - przewodniczący

• prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender

• prof. Marek Bergander

• prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski

• dr inż. Rafał Hein

• prof. inż. Jaroslav Homišin

• dr inż. Ryszard Jasiński

• prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk

• prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz

• dr hab. inż. Grzegorz Karoń

• prof. 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 Paraszczyk

• prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski

• dr hab. inż. Krzysztof Pietruszewicz

• prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog

• prof. Jacek S. Stecki

• dr hab. inż. Michał Stosiak

• dr inż. Zbigniew Szulc

• prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

• prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak

• dr inż. Grzegorz Wiciak

**Redaktor tematyczny:** prof. zw. dr hab. inż. Waclaw 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 publikację 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 pisemną redakcji.

Redakcja deklaruje, że pierwotną wersją wydawanego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” jest wersja drukowana (papierowa). „Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

## Szanowni Państwo!

Globalna pandemia COVID-19 wywołała szok i paraliż na całym świecie. Niemal z dnia na dzień kryzys z nim związany pogłębił przepaść w wydajności pomiędzy przedsiębiorstwami, które na dużą skalę wprowadziły w swoich zakładach innowacje technologiczne, a tymi, które długo opierały się cyfryzacji. Koronawirus zmusił polskie firmy do przeniesienia stanowisk pracy do otoczenia w pełni cyfrowego, a to uwydatniło wszelkie technologiczne błędy i bariery. Daleko idąca automatyzacja procesów produkcyjnych i robotyzacja pozwoliły przedsiębiorstwom kontynuować działalność podczas największych obostrzeń związanych z Covid-19.

Masowe przejście na pracę zdalną mogło stać się również motorem napędowym automatyzacji nad Wisłą. Jak pisze Polski Instytut Ekonomiczny, powołując się na najnowszy raport Międzynarodowej Federacji Robotyki (IFR) pt. „World Robotics Report 2020”, w fabrykach na całym świecie w 2019 roku rozmieszczonych było 2,7 mln robotów przemysłowych, czyli o 12 proc. więcej niż rok wcześniej. Mimo że w grupie pierwszych dwudziestu państw (w liczbie robotów na pracowników) nie ma Polski, eksperci uważają, że sytuacja związana z pandemią koronawirusa prawdopodobnie przyspieszy trend robotyzacji i automatyzacji pracy. Wskazano, że w znaczący sposób przyczynią się do tego również zmiany prawne, takie jak ulga podatkowa na robotyzację oraz estoński CIT, który ma być narzędziem proinwestycyjnym.

Przed technologią i automatyzacją produkcji nie ma ucieczki. W postcovidowym świecie robotyzacja i automatyzacja jest konieczna zarówno dla ochrony zdrowia pracowników, jak też do zapewnienia ciągłości biznesu. Wdrażanie tych technologii będzie jednak zależało od tego, czy można je zintegrować z istniejącym środowiskiem technicznym i procesami biznesowymi przedsiębiorstwa. Dlatego dobrze przemyślana strategia rozwoju i konsekwencja w jej realizacji, umiejętność szybkiego reagowania na wydarzenia mające miejsce na rynku, podpatrywanie konkurencji, a przy tym umiejętność dostrzegania perspektyw oraz ich właściwa ocena – to z jednej strony całkiem oczywiste, a z drugiej niezwykle trudne w urzeczywistnieniu reguły gry rynkowej, decydujące o sukcesie wielu firm.

Tych w naszym kraju – na szczęście – coraz więcej, co z pewnością nie pozostaje bez wpływu na kondycję polskiej gospodarki. Ta zaś ma się całkiem dobrze, o czym świadczą niezłe wyniki trzeciego kwartału, lepsze – biorąc pod uwagę tempo rozwoju w przemyśle, budownictwie i usługach – od dwóch poprzednich kwartałów tego roku.

Jednym z przykładów takich firm jest firma Lenze, która na polskim rynku branżowym istnieje już 25 lat, a jubileuszowy wywiad z Prezesem jej Zarządu, Tobiaszem Witorem, mogą Państwo przeczytać na łamach bieżącego wydania.

Osiągane przez firmy sukcesy to powód do dumy, a i z pewnością do powszechniejszego szczytowania się pozytywnymi wynikami.

Z myślą o tych nieustannie rozwijających się przedsiębiorstwach, które swoją ofertę kierują nie tylko do odbiorców rynku polskiego, stworzono sposobność do korzystania z pieniędzy, o które w formie dotacji mogą starać się zainteresowani. O możliwościach pozyskania takiego finansowego wsparcia mogą Państwo przeczytać w publikacji Anny Szymczak „Rozwój w trakcie pandemii. Dotacje UE – co zostało”, tym bardziej, że według naszego eksperta wraz z pogorszeniem się sytuacji w gospodarce na skutek wybuchu pandemii COVID-19 nie maleje zainteresowanie dotacjami dla przedsiębiorstw. W tych trudnych czasach zwrot poniesionych nakładów nawet do 85% wartości jest tym bardziej atrakcyjny, że pozwala zredukować obciążenie finansowe.

Naszym zaś skromnym wkładem w uhonorowanie liderów polskiego rynku będzie medal miesięcznika „Napędy i Sterowanie”, przyznany za najlepszy „Produkt Roku 2020”. Bowiem kolejna edycja konkursu naszego pisma, poprzez który promować chcemy najlepsze produkty 2020 roku, została już ogłoszona.

Zachęcając Państwa do zapoznania się z ciekawymi publikacjami listopadowego numeru, życząc ciekawej lektury.

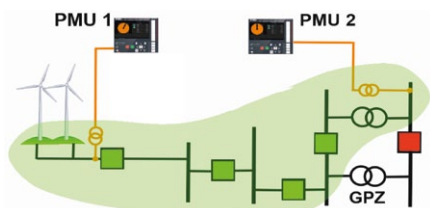
Katarzyna Zając  
redaktor naczelna





**Str. 10**

Nowość: modułowe systemy precyzyjnego doprowadzenia chłodziwa oraz innych cieczy i gazów



**Str. 12**

Zabezpieczenie generacji rozproszonej od pracy wyspowej (LOM) w technice synchronizacyjnej



**Str. 22**

RS Components oferuje szereg ulepszonych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck



**Str. 26**

Zdecentralizowana lub centralna topologia sterowania: obie powiązane z modularyzacją



**Str. 30**

Energoozczędne motoreduktory do napędu podajników kotłowych

## CO W NUMERZE

### Stałe pozycje

- 6 Nowości techniczne
- 105 Biblioteka
- 102 Zestawienie wybranych firm działających w branży

### Nauka

- 50 Diagnostyka online procesów przemysłowych dużej skali – J. M. Kościelny
- 63 Zastosowanie agentów upostaciowionych do projektowania systemów robotycznych – C. Zieliński
- 76 Innowacyjny typoszereg ognioszczelnych baterii litowo-jonowych typu SBS-4Lion do zasilania lokomotyw akumulatorowych w podziemnych zakładach górniczych o energii zmagazynowanej 105 kWh i 150 kWh – A. Kuczera, J. Kuczera, R. Smuga, J. Mrozek, Ł. Grzonka
- 80 Implementacja algorytmów regulacji silnika PMSM rowerowego napędu elektrycznego – K. Tatar
- 85 Projektowanie i eksploatacja systemów przeznaczonych do autobusów z napędem alternatywnym – M. Sierszyński, Ł. Chełchowski, M. Pikuła, D. Michalak, F. Sidorski
- 92 Generator do konkursu „Wielkie wyzwanie: Energia” – Z. Goryca
- 95 Metodologia badania skrzyni biegów z wykorzystaniem układu hydraulicznego jako hamowni – M. Bąk, P. Patrosz

### Technologie i produkty

- 10 Nowość: modułowe systemy precyzyjnego doprowadzenia chłodziwa oraz innych cieczy i gazów – Eles+Ganter Polska Sp. z o.o.
- 11 DYNEO + energooszczędne silniki elektryczne z magnesami trwałymi ogólnego zastosowania w przemyśle do mocy 500 kW – ABI Serwis: Dystrybutor silników Dyneo+
- 12 **TEMAT Z OKŁADKI:** Zabezpieczenie generacji rozproszonej od pracy wyspowej (LOM) w technice synchronizacyjnej – M. Kaźmierczak – Energotest
- 17 Prostota w parze z niezawodnością, czyli gama serwonapędów Unitronics – ELMARK Automatyka S.A.
- 21 Obsługa maszyn z pomocą cobota Universal Robots – ELMARK Automatyka S.A.
- 22 Nowa seria DPI 705E zapewnia dokładne i niezawodne monitorowanie ciśnienia i temperatury w środowiskach przemysłowych. RS Components oferuje szereg ulepszonych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck – RS Components Sp. z o.o.
- 24 RS Components świętuje 10-lecie DesignSpark nowymi zasobami – RS Components Sp. z o.o.
- 25 RS Components prezentuje modułowe wieże sygnalizacyjne LED – Sp. z o.o.
- 26 Zdecentralizowana lub centralna topologia sterowania: obie powiązane z modularyzacją – Lenze Polska Sp. z o.o.

- 28 **K1500. Trzpienie rozprężne stalowe z dźwignią mimośrodową**  
- KIPP POLSKA Sp. z o.o.
- 29 **Wykonania nastawne i produkty z blokadą łąba. Nowe trzpienie montażowe**  
- KIPP POLSKA Sp. z o.o.
- 30 **Energooszczędne motoreduktory do napędu podajników kotłowych**  
- A. Wieczorek - CANTONI MOTOR SA
- 32 **Wszystko, czego potrzebujesz, czyli nowa seria serwonapędów od Trio Motion**  
- Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.
- 34 **Jak zakres ugięcia sprężyn krążkowych wpływa na ich wydajność**  
- J. Leckfor - SPIROL International Corporation
- 36 **NORDAC PRO SK 500P: Najnowsza generacja przetwornic częstotliwości do szaf sterowniczych** - NORD Napędy Sp. z o.o.
- 39 **Energooszczędny falownik serii SXA1000 w obudowie IP65, o mocy do 2,2 kW, do montażu na silniku** - J. Sobczak - SANYU Sobczak Sp. j.
- 41 **FM Systeme - rodzina profili 40 ma nowe rodzeństwo** - 5sAUTOMATE
- 41 **O firmie MASZCZYK - MASZCZYK**



**Str. 32**

Wszystko, czego potrzebujesz, czyli nowa seria serwonapędów od Trio Motion



**Str. 34**

Jak zakres ugięcia sprężyn krążkowych wpływa na ich wydajność

## Informacje branżowe

- 18 **Wywiad z Prezesem Zarządu Tobiaszem Witorem z okazji Jubileuszu firmy Lenze Polska. 25 lat minęło...** - K. Zając
- 38 **Rozwój w trakcie pandemii. Dotacje UE - co zostało** - A. Szymczak - MS-CONSULTING
- 40 **Robotyzacja i automatyzacja w Sosnowcu podczas ROBOTshow**
- 42 **Przemysł potrzebuje spotkań - takich jak Targi STOM**
- 43 **TOOLEX - targi napędzające gospodarkę**
- 44 **Razem możemy więcej - podsumowanie Targów SYMAS® i MAINTENANCE**
- 46 **Kierunek zmian w górnictwie - Konferencja KOMTECH-IMTech 2020**



**Str. 41**

FM Systeme - rodzina profili 40 ma nowe rodzeństwo

## Indeks reklam

▷ 5sAUTOMATE.....	7, 41, 102	▷ MARKEL.....	1
▷ ABI Mobilny Serwis Przemysłowy.....	11	▷ MASZCZYK.....	41
▷ ABUS.....	55	▷ MS-CONSULTING.....	38
▷ ATOS.....	6, 9	▷ Multiprojekt Automatyka.....	7, 33
▷ BEFARED.....	45	▷ NORD Napędy.....	37
▷ Cantoni GROUP.....	31	▷ NOWIMEX.....	57
▷ CAPTRON.....	61	▷ Robotyka.com.....	101
▷ Eles+Ganter Polska.....	10	▷ RS Components.....	23
▷ ELMARK Automatyka.....	17, 21	▷ SENOMA.....	51
▷ ELPROMA ELEKTRONIKA.....	8	▷ Simex.....	6
▷ Endress+Hauser Polska.....	6	▷ SKAMER-ACM.....	8
▷ ENERGOTEST.....	108	▷ SPIROL Industries.....	35
▷ Izol-Plast.....	79	▷ STAUFF Polska.....	81
▷ KIPP POLSKA.....	7, 29	▷ STEINLEN Polska.....	83
▷ Lenze Polska.....	27	▷ TERM Tomasz Sobczak.....	39

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Filtry hydrauliczne Atos

Mając za sobą 60 lat doświadczenia w dziedzinie projektowania i produkcji pełnej gamy produktów i układów elektrohydraulicznych o wysokiej wydajności, takich jak: cyfrowe proporcjonalne i elektroniczne oraz tradycyjne zawory, cylindry i serwisilowniki, postanowiliśmy wykorzystać naszą rozległą wiedzę w dziedzinie rozwoju nowej linii filtrów hydraulicznych pierwszej klasy, wyposażonych w elementy filtracyjne o wysokiej wydajności, zaprojektowane z użyciem nieorganicznych mikrowłókien, które pozwalają uzyskać współczynnik  $\beta \times (c) > 1000$  dla wszystkich klas filtracji.



Filtry liniowe z gwintowanymi lub kołnierzowymi portami SAE:

- maksymalny przepływ 340 l/min;
- maksymalne ciśnienie 420 barów;
- klasa filtracji 4, 5, 7, 12  $\mu\text{m}(c)$ .

Filtry linii powrotnej, dno wewnętrzne, z portami gwintowanymi:

- maksymalny przepływ 550 l/min;
- maksymalne ciśnienie 8 barów;
- klasa filtracji 12, 27  $\mu\text{m}(c)$ .

Nowe filtry Atos zostały zaprojektowane, aby dopełnić i rozszerzyć kompletną ofertę produktów Atos oraz zapewnić najlepszy poziom usuwania zanieczyszczeń płynów w nowoczesnych systemach automatyki z zastosowaniem elektrohydrauliki proporcjonalnej.

ATOS S.p.A.  
[www.atos.com](http://www.atos.com)

### Seria PUR: zaawansowane regulatory PID z Fuzzy Logic!

Rodzina regulatorów PID powiększa się! Do oferty Simex dołączają właśnie dwa nowe wykonania: PUR-94D, dostępny w obudowie 96 × 48 mm, oraz PUR-49D – w obudowie 48 × 96 mm.



PUR pełnią funkcję zarówno prostego regulatora dwuprogowego typu ON-OFF z histerezą, jak również zaawansowanego regulatora PID z dwiema pętlami sterującymi (grzanie/chłodzenie), opcją autotuning oraz elementami sterowania rozmytego typu FuzzyLogic, dzięki czemu proces regulacji jest bardzo precyzyjny. Dodatkowo możliwości daje podwójny wyświetlacz – użytkownik może nie tylko w mgnieniu oka sprawdzić parametry, ale jeszcze wygodniej poruszać się po pełnym menu urządzenia. Regulator może być konfigurowany z poziomu lokalnej klawiatury lub portu RS-485 i bezpłatnego oprogramowania S-Config.

Najważniejsze zalety regulatorów serii PUR:

- ON-OFF z histerezą, Fuzzy PID, autotuning;
- dwuwierszowy wyświetlacz LED z regulacją jasności świecenia:
  - wyświetlacz GÓRNY – wartość mierzona,
  - wyświetlacz DOLNY – wartość zadana;
- uniwersalne wejście pomiarowe typu: 0/4–20 mA, 0–10 V, 0–150 mV, Pt 100/500/1000 lub TC (K, S, J, T, N, R, B, E);
- wyjścia sterujące binarne REL 5A, OC/SSR;
- wyjścia sterujące analogowe (pasywne lub aktywne);
- wyjście 24V DC / 100 mA do zasilania przetworników pomiarowych;
- RS485 / Modbus RTU.

Rodzina PUR to: PUR-99, PUR-94D i PUR-49D.

Producent: Simex Sp. z o.o.  
[www.simex.pl](http://www.simex.pl)

### Netilion – nowy ekosystem IIoT Endress+Hauser. Prostsze zarządzanie procesem produkcyjnym i bazą zainstalowanych urządzeń dzięki chmurze

Ekosystem Netilion to stworzone od podstaw, pionierskie rozwiązanie Endress+Hauser, które gwarantuje elastyczność w podejściu do zarządzania danymi i całej obsługi bazy zainstalowanych urządzeń.



System łączy proste w obsłudze aplikacje z komponentami systemów, tworząc kompleksowe i gotowe na Przemysł 4.0 rozwiązania. Usługi cyfrowe Netilion umożliwiają bezpieczny dostęp do zmiennych wartości procesowych w dowolnym czasie, z dowolnego miejsca. Jedyne, czego potrzebujesz, to dostęp do internetu.

#### Prostsza droga do Przemysłu 4.0

W portfolio usług Netilion znajduje się szereg rozwiązań, które dają bieżącą informację o stanie wszystkich podłączonych urządzeń: Netilion Health – komunikaty zgodne ze standardem NAMUR NE 107, Netilion Value – umożliwia odczyt wartości mierzonych, lokalizację punktów pomiarowych na mapie oraz ustawienie powiadomień o zdarzeniach, Netilion Library – daje dostęp do instrukcji obsługi czy raportów serwisowych na żądanie. Dzięki Netilion Analytics wdrożenie koncepcji Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) i utworzenie cyfrowej kopii każdego z urządzeń jest proste jak nigdy dotąd. Dowiedz się więcej: [www.netilion.endress.com](http://www.netilion.endress.com).

Endress+Hauser Polska Sp. z o.o.  
[www.pl.endress.com](http://www.pl.endress.com)

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### K0648 – dźwignie mimośrodowe nastawne z plastikową rękojeścią z gwintem zewnętrznym – Kipp Polska

Dźwignie mimośrodowe nastawne stosuje się wtedy, gdy położenie dźwigni w stosunku do osi mocowania dopuszcza tylko określoną pozycję (obszar awaryjny). Gwint drobnozwojowy znajdujący się na śrubie dwustronnej pozwala na ustawienie dokładnej pozycji dźwigni mocującej za pomocą śrubokręta.



Tworzywa sztuczne posiadają tę właściwość, że pełzają pod wpływem obciążenia (retardacja).

Rękojeść i podkładka dociskowa to tworzywo sztuczne wzmocnione włóknem szklanym PA 66. Sworzeń – stal nierdzewna 1.4305. Śruba dwustronna i podkładka – stal, klasa wytrzymałości 5.8 lub stal nierdzewna 1.4305.

KIPP POLSKA Sp. z o.o.  
www.kipp.pl

### Smartshift Robotics.

#### Łatwa i szybka wymiana narzędzia

Zwiększ elastyczność i produktywność swojej firmy dzięki automatycznej i autonomicznej pracy robota między wieloma zadaniami i narzędziami w tej samej jego celi.



Uniwersalny system wymiany narzędzi SMARTSHIFT zapewnia szybkie i łatwe użycie oraz ponowną wymianę narzędzi oraz umożliwia robotowi przechodzenie od jednego narzędzia do drugiego, a tym samym zarządzanie wieloma zadaniami w produkcji. Sprzęgło automatycznej wymiany narzędzi umożliwia robotowi zmianę zadań i narzędzi na nowe, wymianę uszkodzonego lub zużytego narzędzia w ciągu kilku sekund, a tym samym uzyskanie krótszego czasu cyklu i nieprzerwanej produktywności w dowolnych zastosowaniach.

SMARTSHIFT zapewnia wysoką kompatybilność z prawie wszystkimi lekkimi i współpracującymi robotami i narzędziami. Ma unikalny, opatentowany projekt i funkcjonalność, która zapewnia wytrzymałość, szybkość i precyzję dla uzyskania najwyższej jakości wykonania każdego zadania.

Oplącalny dla każdej branży i zastosowania niezależnie od wielkości i typu.

5sAUTOMATE Sp. z o.o.  
5sAUTOMATE.com

### Opcja VPN dostępna w panelach Weintek serii iP

Ekonomiczna seria paneli iP od Weintek coraz bardziej zbliża się do tych klasycznych, charakteryzujących się większymi możliwościami.



Seria iP to trzy modele z ekranami o przekątnych 4, 7 i 10 cali. W najnowszym oprogramowaniu znajdziemy teraz możliwość uruchomienia w nich połączenia VPN (EasyAccess 2.0). Mogą więc śmiało pełnić funkcję routera, dając zdalny dostęp do urządzeń w jego sieci lokalnej (np. PLC). Połączenie z internetem nie potrzebuje stałego IP publicznego czy wielu otwartych portów. Nadal jednak takie funkcje, jak e-mail, zaawansowane zarządzanie użytkownikami, śledzenie wprowadzonych zmian czy receptury oparte na bazach danych, występują dopiero w seriach cMT, XE, iE.

W przypadku starszych modeli konieczna jest aktualizacja oprogramowania wewnętrznego do wersji min20201007.

Szczegóły u doradców technicznych i handlowych oraz na naszej stronie [www.multiprojekt.pl](http://www.multiprojekt.pl). Zapraszamy do kontaktu!

Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.  
www.multiprojekt.pl

reklama

Które wydanie  
miesięcznika  
jest dla Ciebie?

12/2020

Cyfryzacja w przemyśle  
Automatyzacja transportu szynowego

01/2021

Przemysł 4.0  
Technologie 3D

02/2021

Automatyzacja produkcji  
Efektywność w energetyce

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### SKAMER-ACM – partner i integrator 7-osiowych kobotów Kassow Robots

Technologia oparta jest na nowatorskim projekcie zarówno sterownika robota, interfejsu użytkownika, jak i mechaniki ramienia. Kassow Robots produkuje wyłącznie 7-osiowe koboty o mocnych napędach: z prędkością ruchu do 225°/s we wszystkich przegubach, udźwigiem 5, 10 i 18 kg, zasięgami 850 mm, 1000 mm, 1200 mm, 1400 mm i 1800 mm.

Jest to odpowiedź technologiczna na wyzwania codziennej pracy przedsiębiorstw.

Kilka faktów na temat kobotów Kassow Robots:

- mają siedem stopni swobody: możliwość manewru robota maksymalnie zbliżoną do ruchu ludzkiego ramienia, możliwość przesuwania obiektu w linii prostej od A do B, przy zachowaniu wektora narzędzia/obiektu podczas ruchu;
- mieszczą się na niewielkich przestrzeniach, także między maszynami;
- intuicyjne programowanie.

Kobot 7-osiowy dociera do obszaru roboczego zza rogu tak, jak robiłoby to ludzkie ramię. Pozwala to ustawić robota w wąskich przestrzeniach między innymi urządzeniami i pracować z pozycji odsuniętej na bok od pola roboczego.

Aktualna kompleksowa oferta firmy SKAMER-ACM obejmuje: pomiary i automatykę przemysłową; robotykę, pomiary punktu rosy, wilgotności względnej i zawartości tlenu; systemy monitoringu energii; odnawialne źródła energii; audyty; ekspertyzy specjalistyczne; opracowanie instrukcji eksploatacji urządzeń energetycznych itp.

SKAMER-ACM Sp. z o.o.  
www.skamer.pl

### Czas i synchronizacja

Przyszła inteligentna energetyka różni się od tej obecnej. Niesie ona liczne zalety, ale wymaga solidnych fundamentów infrastruktury, aby lepsze nie okazało się wrogiem dobrego. Do krytycznych atrybutów zapewniających stabilność *smart grid* należy dokładny czas i jego synchronizacja.

W inteligentnej rozproszonej energetyce przyszłości nadrzędna rola klasycznych elektrowni zostanie ograniczona. Prąd będzie wytwarzany przez wiele równoważnych instalacji jednocześnie. Te „fabryki prądu” będą zapewne znacznie oddalone od siebie. W odróżnieniu od współczesnej dystrybucji, prąd będzie musiał być przekazywany dwukierunkowo i kierunki te będą się dynamicznie zmieniać w czasie. Zaczną obowiązywać tutaj zasady podobne do kierowania ruchem kolejowym, z tą różnicą, że odpowiedniki „zwoźnic” (funkcję tę pełnią przełączniki/przełączniki o akronimie IED – ang. *Intelligent Electronic Device*) muszą być przełączane jednocześnie po obu stronach „toru” i to z dokładnością milionowej części sekundy (mikrosekundy – 1 μs).

W erze *smart grid* Przemysłu 4.0 wytwarzanie energii elektrycznej będzie wymagało zapewnienia identycznego wzorca czasu na dużym obszarze, tak aby każde z rozproszonych, równoważnych źródeł prądu mogło produkować napięcie zmienne 50 Hz. Częstotliwość ta określona normą techniczną jest chroniona prawnie. Z racji tego faktu ponownie chcielibyśmy podkreślić obecną i przyszłą istotną rolę polskiego czasu urzędowego.



ELPROMA ELEKTRONIKA Sp. z o.o.  
www.elpromatime.com

reklama

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



Prenumerata  
drukowana



Prenumerata  
elektroniczna

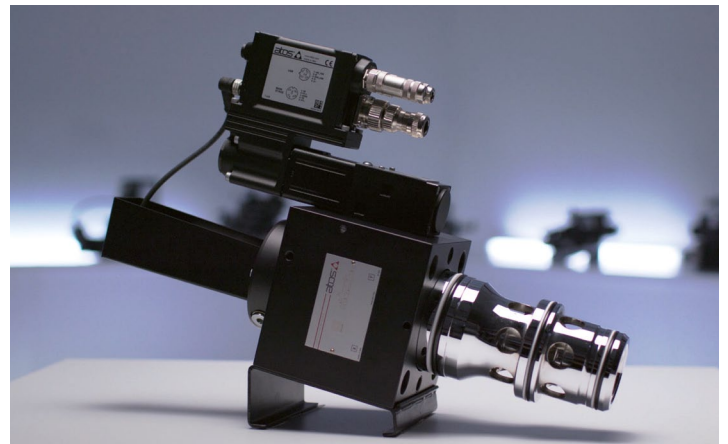


Pakiet






**100%**  
devoted  
to digital  
electro  
hydraulics



Jesteśmy specjalistami i dzielimy wizję z pasją, wyznaczając nowe standardy w elektrohydraulice poprzez innowacje i kreatywność. Każdy nowy projekt jest wyzwaniem i szansą na udoskonalanie naszych produktów. [www.atos.com](http://www.atos.com)

**atos**<sup>®</sup>   
the Italian electrohydraulics

# Nowość: modułowe systemy precyzyjnego doprowadzenia chłodziwa oraz innych cieczy i gazów

**E**lesa+Ganter wprowadziła do oferty innowacyjne rozwiązanie – modułowe systemy przewodów, które pozwalają na precyzyjne doprowadzanie gazów i cieczy, w tym chłodziw. Nowa seria produktów obejmuje przewody, króćce gwintowane, zawory kulowe, dysze i podstawy magnetyczne. Poszczególne elementy systemów można dowolnie konfigurować, by uzyskać jak najlepszy efekt.

## Modułowa konstrukcja

Systemy przewodów do chłodziwa posiadają budowę modułową (łączenie zatrzaskowe), która zapewnia uzyskanie dowolnej długości przewodu oraz regulację kąta na każdym z łączeń lub przegubów. Dodatkowo dostępne są różnego rodzaju dysze, dzięki którym istnieje możliwość łatwego, a zarazem precyzyjnego doprowadzenia strumienia cieczy i gazów w określone miejsce. W każdym momencie można dodać lub odjąć dowolny element układu. W celu ułatwienia tego procesu wykorzystuje się specjalne szczypcy (dostępne na zapytanie).

## Wykonania z technopolimeru i innych certyfikowanych tworzyw

Poszczególne elementy systemu są wykonane z technopolimeru na bazie żywicy acetalowej (POM), co (przy zachowaniu odpowiednich tolerancji podczas procesu ich produkcji) zapewnia stabilność ustawień na poszczególnych przegubach, nawet podczas wibracji.

Jednym z głównych zastosowań opisywanego systemu jest doprowadzenie chłodziwa w strefę obróbki w procesach, takich jak:

- frezowanie;
- toczenie;
- cięcie;
- szlifowanie;
- wiercenie;
- gwintowanie.

Natomiast stosowanie chłodziwa w obróbce plastycznej (np.: wytłaczanie, walcowanie) ma za zadanie smarowanie i ochronę przed korozją. Tylko precyzyjne doprowadzenie chłodziwa w procesie obróbki umożliwi optymalną pracę narzędzia, zwiększając jego żywotność oraz zabezpieczy obrabiany element przed negatywnym wpływem wysokiej temperatury.

Modułowe systemy przewodów do chłodziwa są na tyle uniwersalne, że ich spektrum zastosowań nie ogranicza się jedynie do procesów obróbki. Jest to możliwe dzięki ich głównym właściwościom, takim jak:

- odporność na korozję;
- możliwość formowania kształtu przy jednoczesnym zachowaniu odporności na wibracje;



Rys. 1. Modułowe systemy przewodów do chłodziwa

- temperatura pracy od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ ;
- łatwa modyfikacja długości przewodu i łączenia różnych komponentów układu;
- niska waga;
- maksymalne ciśnienie do 4 barów;
- możliwość wykonania z tworzywa dopuszczonego do kontaktu z żywnością (zgodność z przepisami FDA CFR.21 i rozporządzeniem UE 10/2011).  
Sprawdzą się one doskonale w aplikacjach takich, jak:
- precyzyjne podawanie różnego rodzaju sosów lub polew w procesie produkcyjnym w branży spożywczej;
- nadmuchiwanie sprężonego powietrza w celu oczyszczenia powierzchni lub otwarcia rękawa foliowego;
- mocowanie lekkiego czujnika, który musi być przestawiany w różne położenia (przewód elektryczny byłby zabezpieczony dzięki poprowadzeniu go wewnątrz przewodu FHT);
- instalacje nawadniania, wymagające precyzyjnego doprowadzenia wody;
- nadmuchiwanie ciepłego powietrza w celu osuszenia;
- selektywne usuwanie produktu z linii produkcyjnej poprzez jego zdmuchnięcie;
- precyzyjne usuwanie zabrudzeń poprzez splukiwanie;
- podparcie, zamocowanie w przestrzeni lekkiego elementu, np. małej osłony z poliwęglanu. ■



Elesa+Ganter Polska Sp. z o.o.  
e-mail: [egp@elesa-ganter.com.pl](mailto:egp@elesa-ganter.com.pl)  
[www.elesa-ganter.pl](http://www.elesa-ganter.pl)

# DYNEO+ energooszczędne silniki elektryczne z magnesami trwałymi ogólnego zastosowania w przemyśle do mocy 500 kW

Rosnące koszty energii w przedsiębiorstwach to jeden z najważniejszych obszarów, na który należy obecnie zwrócić szczególną uwagę. Oprócz możliwości negocjowania cen bilateralnie i zakupu na giełdzie TGE istnieje również opcja redukcji jej zużycia dzięki energooszczędnym napędom.

Stosując wysokosprawne napędy Dyneo+ z magnesami trwałymi, uzyskują Państwo w niektórych przypadkach redukcję poboru mocy Waszych urządzeń do 50%. Każdorazowo przy ofercie i przed podjęciem decyzji inwestycyjnej wykonujemy analizę kosztów i kalkulację zwrotu z inwestycji ROI, uwzględniając Państwa obecne stawki za kWh oraz ewentualne ich zmiany  $\pm 10, 20, 30\%$ .

Firmy decydujące się na oszczędne rozwiązania nie muszą zmieniać przyłączy, sposobu montażu nowych silników, bo Dyneo+ są wymienne 1:1 dla wersji 4, polowych, a dla 2-polowych możemy zastosować wersje progresywne, zachowujące wymagane parametry przy mniejszych gabarytach i wadze. Firma ABI Mobilny Serwis Przemysłowy oferuje Państwu w pakiecie demontaż dotychczasowych silników, montaż Dyneo+, rozruch na instalacji oraz obsługę serwisową. Oprócz zmniejszonych kosztów zużycia energii i zwiększenia konkurencyjności na rynku firmy zyskują przy naszych rozwiązaniach:

- szybki zwrot z inwestycji, w niektórych przypadkach nawet krótszy niż 12 miesięcy;
- krótki czas montażu silników Dyneo+ i brak długiego przestoju urządzeń dzięki zamienności (normy IEC);
- brak dodatkowych kosztów wdrożenia (technicznych, mechanicznych, modernizacji instalacji, czujników);
- możliwość wykorzystania obecnych przemienników częstotliwości, o ile posiadają funkcję pracy z PM;
- niższe koszty utrzymania dzięki wydłużonym okresom serwisowania (budowa silnika, optymalna praca);
- doradztwo oraz pakiet usług (demontaż, montaż, uruchomienie, gwarancja, serwis) „z jednej ręki”.

Od strony technicznej silniki Dyneo+ posiadają szereg atutów:

- możliwość zastąpienia pracy silników DC (prądu stałego);
- zwiększona trwałość łożysk i rzadszy serwis (niskie przyrosty temp., smar jakościowy, zwymiarowanie);



- znacząco wyższe momenty i optymalne we wszystkich zakresach prędkości (większa wydajność);
- pełna kontrola bezczujnikowa w większości zastosowań: wentylatorach, pompach, sprężarkach, hydroforach, wirówkach, kruszarkach etc.).

Pełen opis zalet na stronie [www.dyneo.pl](http://www.dyneo.pl).

ABI Serwis: Dystrybutor silników Dyneo+

Kontakt:

tel.: 509 824 794

e-mail: [rybacki@abi-serwis.pl](mailto:rybacki@abi-serwis.pl)

tel.: 505 626 201

e-mail: [grzegorz.zajac@abi-serwis.pl](mailto:grzegorz.zajac@abi-serwis.pl)



**ABI**  
Mobilny Serwis Przemysłowy

**Kontakt:**

Tel.: 509 824 794

E.: [rybacki@abi-serwis.pl](mailto:rybacki@abi-serwis.pl)

**Kontakt:**

Tel.: 505 626 201

E.: [grzegorz.zajac@abi-serwis.pl](mailto:grzegorz.zajac@abi-serwis.pl)

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

Silniki synchroniczne reluktancyjne z magnesami trwałymi

! NOWOŚĆ

**Dyneo+**



# Zabezpieczenie generacji rozproszonej od pracy wyspowej (LOM) w technice synchronfazorowej

Michał Kaźmierczak

## 1. Wstęp

Aktualnie do KSE dołączanych jest coraz więcej źródeł generacji rozproszonej. Niekontrolowana praca źródła rozproszonego na wyspę jest źródłem bardzo poważnych zagrożeń, opisanych w dalszej części referatu. Z tego powodu przyjmuje się, że zabezpieczenia powinny zidentyfikować stan pracy wyspowej i odłączyć źródło generacji. Stosuje się do tego zabezpieczenie od pracy wyspowej. Niestety klasyczne metody wykrywania pracy wyspowej mają liczne wady, a wraz z nasycaniem się sieci coraz większą ilością generacji rozproszonej metody te stają się jeszcze mniej skuteczne. Rozwiązaniem tych trudności staje się nadchodząca technika synchronfazorów.

## 2. Ryzyko odcięcia fragmentu sieci dystrybucyjnej

Analizując możliwości wystąpienia nieintencjonalnej pracy wyspowej generacji rozproszonej w sieci dystrybucyjnej, należy na wstępie ocenić możliwości rozcięcia takiej sieci.

W zasadzie każde otwarcie wyłącznika w sieci dystrybucyjnej może potencjalnie doprowadzić do wydzielenia się (odcięcia) fragmentu sieci.

Potencjalnych przyczyn otwarcia wyłącznika, a więc rozcięcia sieci dystrybucyjnej, jest dużo. Można je podzielić na takie, które odbywają się pod kontrolą operatora i dedykowanych systemów, oraz takie, które odbywają się poza kontrolą.

Wyłączenia pod kontrolą:

- poprawne działanie zabezpieczenia w przypadku faktycznej awarii połączone z automatyką restytucyjną;
- zamierzone wyłączenie eksploatacyjne.

W przypadku rozcięcia pod kontrolą odpowiednie działania operatora lub

automatyk doprowadzają do takiej rekonfiguracji, aby wyeliminować wydzielenie fragmentu sieci do pracy wyspowej, pomimo konieczności otwarcia konkretnego wyłącznika.

Pojawiają się jednak rozcięcia, które są poza kontrolą operatora i dedykowanych do tego systemów:

- poprawne działanie zabezpieczenia w przypadku faktycznej awarii bez automatyki restytucyjnej;
- impuls od zabezpieczenia wynikający z uszkodzenia/błędu nastawy zabezpieczenia;
- uszkodzenia wyłącznika doprowadzające do jego otwarcia;
- błąd ludzki;
- działania złośliwe lub terrorystyczne;
- zjawiska pogodowe.

Każde rozcięcie systemu poza kontrolą doprowadza do nieintencjonalnego wydzielenia się fragmentu sieci, który przy obecności źródeł rozproszonych i w niesprzyjających warunkach może pozostać zasilony.

Praca źródła generacji rozproszonej na sieć wydzieloną jest nazywana niezamierzoną pracą wyspową. Taka praca niesie ze sobą wiele niekorzystnych zjawisk.

## 3. Zagrożenia wynikające z niezamierzonej pracy wyspowej źródeł generacji rozproszonej

Niezamierzona praca wyspowa niesie ze sobą wiele negatywnych konsekwencji, w tym poważne zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego. Do największych zagrożeń związanych z pracą wyspową generacji rozproszonej zalicza się:

- zagrożenie dla pracowników eksploatacji w związku z utrzymaniem się napięcia na fragmencie sieci, który został wyłączony do prac eksploatacyjnych;

**Streszczenie:** W referacie zostały przedstawione ryzyka i negatywne następstwa nieintencjonalnej pracy wyspowej generacji rozproszonej. Zostały w skrócie przedstawione metody zabezpieczenia przed taką pracą, w literaturze fachowej zaklasyfikowane jako zabezpieczenia LOM (z angielskiego *Loss-of-Mains*). Została postawiona teza, że wraz ze wzrostem nasycenia źródłami generacji rozproszonej w sieci dystrybucyjnej tradycyjne metody LOM (zarówno oparte na algorytmach pasywnych, jak i aktywnych) są coraz mniej skuteczne. Odpowiedzią na te trudności jest zastosowanie w zabezpieczeniach LOM techniki synchronfazorów. W końcowej części referatu została przedstawiona przykładowa aplikacja realizująca zabezpieczenie LOM w oparciu o zabezpieczenie Eprotect z funkcją synchronfazorów produkcji Energotestu.

- niewystarczający prąd zwarciový z generacji rozproszonej, co może powodować brak zadziałania zabezpieczeń nadprądowych, stwarzając realne zagrożenie dla użytkowników wydzielonej sieci;
- brak kontroli przez operatora parametrów napięcia i częstotliwości, co stwarza zagrożenie uszkodzenia urządzeń u odbiorcy;
- SPZ w sieci z udziałem wyspy może spowodować ponowne niesynchroniczne załączenie linii, pociągając za sobą uszkodzenie instalacji źródła generacji rozproszonej lub innego podłączonego urządzenia;

- w przypadku braku opomiarowania sieci SN wydzielenie do pracy wyspowej może kolidować z ręcznym lub automatycznym przywróceniem normalnej pracy przez operatora.

Biorąc pod uwagę powyższe, przepisy (punkt 5) bezwzględnie nakazują stosowanie zabezpieczeń generacji rozproszonej od pracy wyspowej (utrata powiązania z KSE). Zabezpieczenia z tej grupy mają nazwę LOM (z angielskiego *Loss-of-Mains*).

Warto już w tym momencie nadmienić, że stosowanie tych zabezpieczeń jest na wielu płaszczyznach problematyczne, co będzie opisane w dalszej części referatu.

#### 4. Klasyczne metody wykrywania pracy wyspowej generacji rozproszonej (LOM)

Wyróżnia się dwie klasyczne grupy metod [3] wykrywania pracy wyspowej generacji rozproszonej.

**Grupy pasywne** (oparte na pomiarze wybranych parametrów sieci w punkcie przyłączenia generacji i pobudzeniu w przypadku przekroczenia nastawionych wartości progowych):

- pochodna zmian częstotliwości  $df/dt$ ;
- przesunięcie fazowe wektora napięcia;
- nad-/podczęstotliwościowe;
- nad-/podnapięciowa;
- zmiana poziomu harmonicznym napięcia.

**Grupy aktywne** (oparte na wymuszaniu ciągłych małych zmian parametrów elektrycznych w punkcie przyłączenia generacji i obserwacji reakcji systemu w tym punkcie. Metody te mogą być implementowane w aplikacji falownika, jako że falownik nadaje się do wprowadzenia drobnych zmian, np. w przebiegu fali prądu zasilającego sieć:

- monitorowanie impedancji przy określonej częstotliwości;
- wtrącanie dodatkowego sygnału;
- przesunięcie napięcia Sandia;
- przesunięcie częstotliwości Sandia;
- skok częstotliwości;
- pomiar poziomu zwarciovego;
- uchyb eksportu mocy czynnej P.

Warto również podkreślić, że pomimo pozornego bogactwa możliwości zastosowanych kryteriów w polskiej energetyce zabezpieczenia z grupy aktywnej w praktyce nie są stosowane, natomiast jeżeli chodzi o grupy pasywne, stosowane

jest jedno kryterium – pochodna zmian częstotliwości  $df/dt$ .

#### 5. Faktycznie stosowane metody LOM w polskiej energetyce

Głównym dokumentem odniesienia, który nakazuje stosowanie zabezpieczeń od pracy wyspowej generacji rozproszonej, jest Rozporządzenie Komisji UE 2016/631 z 14.04.2016 ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączania jednostek wytwórczych do sieci.

Niestety zapisy w kodeksie Rfg w zakresie zabezpieczenia od pracy wyspowej generacji rozproszonej mogą być trudne w interpretacji. Szczegółowe zapisy znajdują się w artykule 13 punkt b.

„Moduły wytwarzania energii typu A muszą spełnić następujące wymogi dotyczące stabilności częstotliwościowej: W odniesieniu do zdolności wytrzymania prędkości zmiany częstotliwości, moduł wytwarzania energii musi mieć zdolność do zachowania połączenia z siecią oraz do pracy przy prędkościach zmiany częstotliwości do wartości określonej przez właściwego OSP, chyba że odłączenie zostało spowodowane zadziałaniem zabezpieczenia dedykowanego do identyfikacji, poprzez analizę prędkości zmian częstotliwości, pracy wyspowej” [2].

Co wynika z powyższego zapisu?

- moduł wytwarzania musi zachować zdolność do połączenia z siecią w wypadku zmiany częstotliwości spowodowanej niezrównoważeniem mocy czynnej w systemie – wprost z przytoczonego zapisu;
- wartość graniczną dopuszczalnego  $df/dt$  wskazuje OSP – „musi mieć zdolność do pracy przy prędkościach zmiany częstotliwości do wartości określonej przez właściwego OSP”;
- moduł wytwarzania może być odłączony szybciej niż w wyniku kryterium  $df/dt$ , jeżeli stosowane jest dedykowane zabezpieczenie do wykrycia pracy wyspowej – „chyba że odłączenie zostało spowodowane zadziałaniem zabezpieczenia dedykowanego do identyfikacji”.

Ten ostatni punkt jest kluczowy i – powiedzmy sobie szczerze – bardzo mocno zakamuflowany w gąszczu zapisów. Punkt ten mówi, że z punktu widzenia kodeksów sieci:

- dopuszczalne jest wykorzystanie  $df/dt$  do wykrywania wydzielenia wyspy;
- dopuszczalne jest wykorzystanie dedykowanych zabezpieczeń do wykrywania wydzielenia wyspy;
- nie ma wskazanego preferowanego rozwiązania.

W praktyce do tej pory zdecydowanie najczęściej w OSD wybierana jest tylko jedna opcja – funkcja pochodnej zmian częstotliwości  $df/dt$ . OSD wymaga, aby kryterium to było nastawione na wartości od  $-0,3 \text{ Hz/s}$  do  $-2 \text{ Hz/s}$ .

#### 6. Problemy w stosowaniu klasycznych metod LOM

Zarówno aktywne, jak i pasywne metody LOM mają swoje bardzo istotne ograniczenia.

Metody pasywne [1] są skuteczne, gdy występuje znacząca nierównowaga między mocą generowaną a obciążeniami występującymi w wydzielonej sieci. W takim wypadku szybko dochodzi do przekroczenia parametrów progowych wskazujących na wystąpienie zjawiska wydzielenia sieci. Niestety w przypadku, gdy dojdzie do przypadkowego zbilansowania między generacją rozproszoną a odbiorami w odciętej sieci, metody pasywne posiadają strefę martwą. Z różnych metod pasywnych stosunkowo najbardziej „odporna” na zjawisko zbilansowania jest metoda pochodnej zmian częstotliwości  $df/dt$ , ale również ta metoda w przypadku przypadkowego znaczącego zbilansowania wyspy nie jest w stanie wykryć, że doszło do pracy wyspowej.

Metody aktywne [1] są skuteczne nawet w przypadku przypadkowego zbilansowania wyspy, jednak w ich stosowaniu pojawiają się inne problemy:

- metody te wprowadzają do sieci zakłócenia, które kumulują się wraz ze wzrostem ilości źródeł generacji;
- kolejne źródła sygnałów zakłócających wpuszczanych do sieci przez kolejne falowniki mogą się wzajemnie zakłócać.

Z tego powodu, zdaniem autora, metody aktywne można traktować bardziej jako ciekawostkę teoretyczną niż stosowane w praktyce rozwiązanie.

Co gorsze, wzrost nasycenia źródłami generacji rozproszonej powoduje ograniczenie skuteczności zarówno metod

pasywnych, jak i aktywnych. W przypadku metod pasywnych wzrost ilości generacji rozproszonej zwiększa szansę przypadkowego zbilansowania się wyspy. W przypadku metod aktywnych wzrost ilości generacji rozproszonej zwiększa ilość zakłóceń wprowadzanych do systemu przez falowniki, do poziomu, w którym metody te tracą rację bytu.

Biorąc pod uwagę, że spodziewany kierunek rozwoju sieci będzie szedł jeszcze dalej w stronę zwiększenia nasycenia generacji rozproszonej, konieczne jest wprowadzenie nowych, pewniejszych metod wykrywania pracy wyspowej, nieobciążanych wadami metod klasycznych.

Takim rozwiązaniem są metody obszarowe, oparte na porównywaniu z wykorzystaniem łączności różnych parametrów między punktem przyłączenia generacji a punktem/punktami w sieci nadrzędnej.

Najbardziej precyzyjną i efektywną techniką obszarową umożliwiającą precyzyjną identyfikację pracy wyspowej jest technika synchronofazorów.

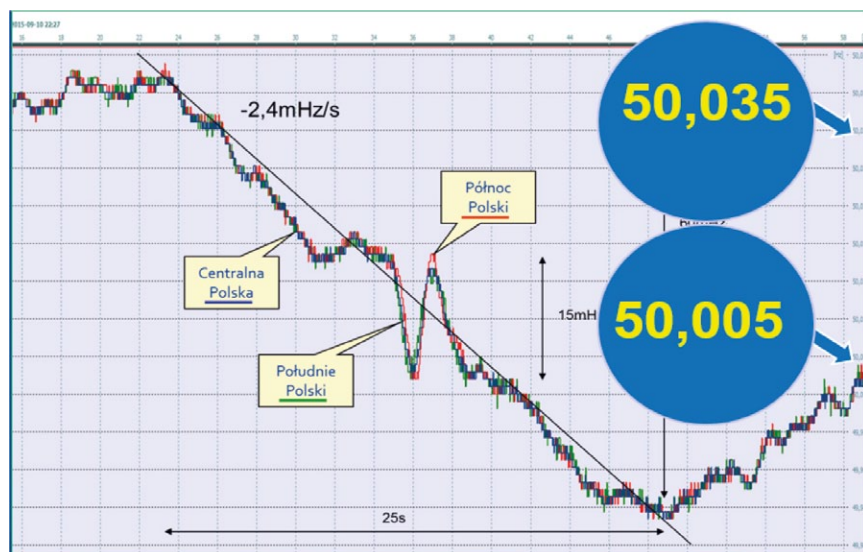
### 7. Synchronofazorowe zabezpieczenie od pracy wyspowej

Podstawowym kryterium wykrywania pracy wyspowej w synchronofazorowym zabezpieczeniu LOM jest wykrywanie minimalnych różnic częstotliwości pomiędzy co najmniej dwoma punktami pomiaru.

Warto w tym miejscu przypomnieć, że zintegrowany system elektroenergetyczny posiada jeden parametr identyczny globalnie – tym parametrem jest częstotliwość. Parametr ten zachowany jest na każdym poziomie napięcia bez względu na odległość fizyczną. Innymi słowy, w zintegrowanym europejskim systemie elektroenergetycznym częstotliwość na zaciskach generatora przykładowej odległej elektrowni w Hiszpanii jest identyczna, jak częstotliwość w dowolnym gniazdku na napięciu 230 AC w dowolnym domu w Polsce.

Wynika z tego prosty wniosek, że wykrycie nawet minimalnej różnicy częstotliwości między dwoma punktami jest jednoznacznym wskazaniem, że te dwa punkty pracują w rozdzielonych systemach elektroenergetycznych.

Im mniejszą różnicę częstotliwości jesteśmy w stanie zidentyfikować, tym



Wykres 1. Trzy niezależne pomiary częstotliwości zrealizowane w 3 lokalizacjach w Polsce przez jednostki PMU [4]

precyzyjniej wykrywamy zjawisko nieintencjonalnej pracy wyspowej nawet dla przypadkowo zbilansowanych wysp.

W tym momencie naszym głównym ograniczeniem jest precyzja pomiaru. Urządzenia PMU produkcji Energotestu posiadają błąd pomiaru 0,001 Hz dla stanów ustalonych oraz 0,002 Hz dla stanów dynamicznych, gdzie  $df/dt = 1 \text{ Hz/s}$ . Szczególnie ważna jest w tym przypadku wysoka precyzja pomiaru dla stanów dynamicznych oraz odporność pomiaru na skokową zmianę kąta. Występującym błędem w mniej precyzyjnych urządzeniach pomiarowych jest identyfikowanie skokowej zmiany kąta jako zmiany częstotliwości. Biorąc pod uwagę różnego rodzaju stany dynamiczne, w przypadku pomiarów PMU realizowanych przez urządzenie produkcji Energotestu gwarantowane jest wykrycie różnicy częstotliwości między dwoma punktami na poziomie 0,01 Hz.

Dokładność pomiaru PMU bardzo dobrze ilustruje załączony powyżej wykres. Przedstawione są na nim pomiary częstotliwości zrealizowane przez 3 niezależne jednostki PMU produkcji Energotestu, zainstalowane w 3 różnych lokalizacjach. Pomiary te nałożone są na siebie.

Jak widać, trzy przeprowadzone niezależnie pomiary praktycznie pokrywają się. Na osi Y widać precyzję pomiaru – poszczególne odcięcia na tej osi wynoszą 0,005 Hz.

### 8. Przewagi zabezpieczenia LOM opartego na różnicy częstotliwości w 2 punktach w stosunku do kryterium $df/dt$

Należy w tym momencie zwrócić uwagę, jak wielkie przewagi ma kryterium różnicy częstotliwości nad kryterium  $df/dt$ .

#### Odstrojenie od globalnego spadku częstotliwości

Po pierwsze, kryterium różnicy częstotliwości między punktami – w przeciwieństwie do kryterium  $df/dt$  – jest odstrojone od zjawiska globalnego spadku częstotliwości, które występuje w przypadku deficytu mocy generowanej w zintegrowanym systemie. Tak więc jeżeli źródło rozproszone będzie pracować w systemie, który cały czas jest integralny, ale dochodzi w nim do globalnego spadku częstotliwości, to zabezpieczenie nie zinterpretuje tego jako pracy wyspowej generacji rozproszonej i nie odłączy jej, przez co nie przyczyni się do jeszcze większego pogłębiania się awarii związanej z niedoborem mocy.

#### Precyzja w wykrywaniu prawie zbilansowanych wysp

W kryterium różnicy częstotliwości jedynym ograniczeniem jest uzyskiwana precyzja pomiaru. Biorąc pod uwagę, że w urządzeniach PMU produkcji Energotestu precyzja wykrycia różnicy  $f$  w dwóch punktach jest na

poziomie 0,01 Hz, to taka wartość jest znacznie precyzyjniejsza w wykrywaniu przypadkowo zbilansowanych wysp od powszechnie stosowanego kryterium  $df/dt$ .

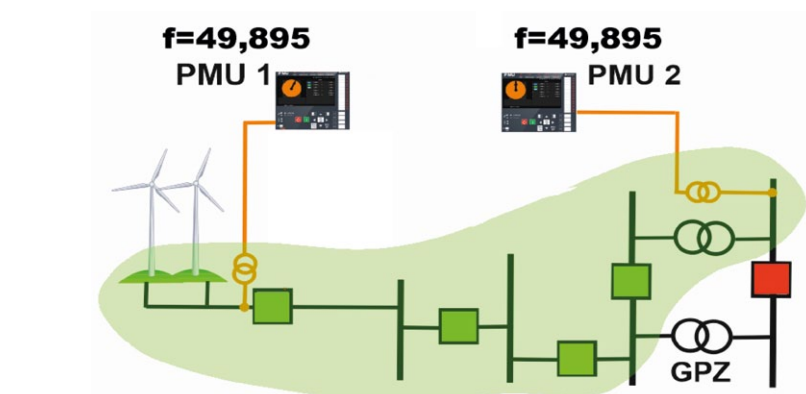
W uproszczeniu można przyjąć, że pojawienie się różnicy  $f$  pomiędzy dwoma punktami na poziomie 0,01 Hz mogłoby być następstwem chwilowej (trwającej sekundę) zmiany częstotliwości w jednym z tych punktów z szybkością na poziomie 0,01 Hz/s. Jest to wartość 200 razy mniejsza od tradycyjnej nastawy LOM  $df/dt$ , wynoszącej 2 Hz/s. Oczywiście scenariusze w tym przypadku mogłyby być różne i zarówno długość zmiany częstotliwości, jak i jej szybkość mogłyby rozłożyć się inaczej. Mimo wszystko można zauważyć, że stosując kryterium różnicy częstotliwości w dwóch punktach, uzyskujemy zabezpieczenie kilkaset razy precyzyjniejsze.

Naturalnym wnioskiem jest, że kryterium różnicy częstotliwości w dwóch punktach jest znacznie lepsze do wykrywania nieintencjonalnej pracy wyspowej generacji rozproszonej niż stosowane aktualnie kryterium  $df/dt$ .

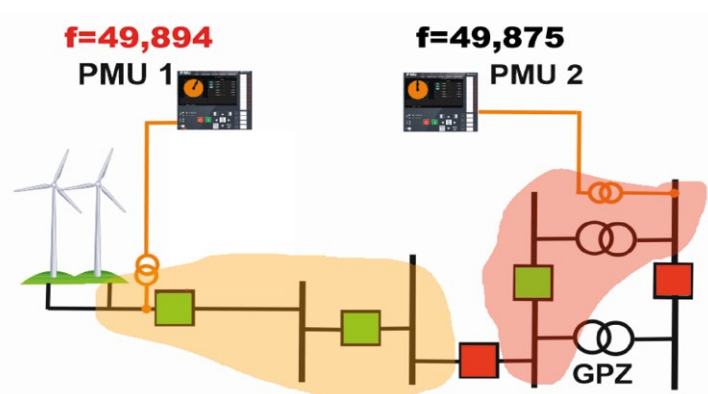
### 9. SmartGuard – synchrofazorowy układ detekcji nieintencjonalnej pracy wyspowej generacji rozproszonej oferowany przez Energotest

Układ SmartGuard jest zbudowany z minimum dwóch jednostek PMU (z angielskiego *Phasor Measurement Unit*) służących do pomiarów fazorów napięć w punktach: bezpośrednio przy generacji rozproszonej oraz w GPZ zasilającym dany fragment sieci. Jednostki PMU produkcji Energotestu spełniają normę C37.118.1.2011, która stawia restrykcyjne wymagania w zakresie precyzji pomiarów w stanach statycznych i dynamicznych.

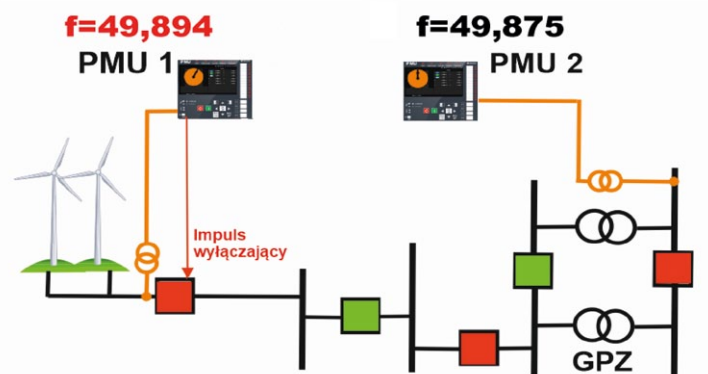
Stwierdzenie różnicy częstotliwości pomiędzy punktami na poziomie 0,01 Hz jest jednoznacznym kryterium, że doszło do pracy wyspowej generacji rozproszonej (bez względu na to, który wyłącznik po drodze do GPZ został otwarty). Poza podstawowym kryterium detekcji pracy wyspowej w uzupełnieniu może być stosowane kryterium różnicy kąta między punktami pomiaru (dokładność 0,5 stopnia). Dzięki temu kryterium



Rys. 1. Budowa układu SmartGuard – opracowanie własne



Rys. 2. Wykrycie pracy wyspowej w układzie SmartGuard – opracowanie własne



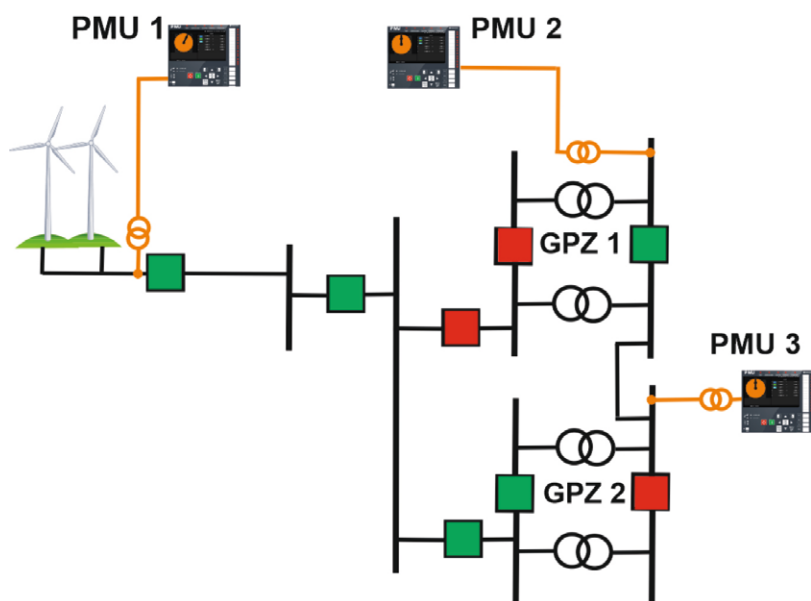
Rys. 3. Odłączenie generacji rozproszonej w układzie SmartGuard – opracowanie własne

można uzyskać jeszcze większą precyzję w identyfikowaniu naprawdę bardzo zbilansowanych wysp.

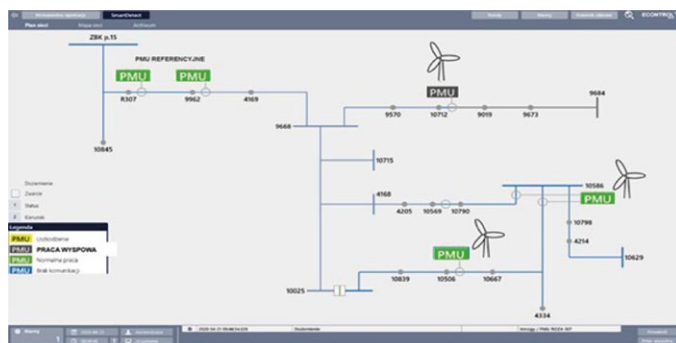
W takim wypadku jednostka PMU zainstalowana w punkcie przyłączenia generacji wystawia impuls wyłączający. Jednostka PMU zainstalowana po stronie źródła generacji rozproszonej dokonuje odłączenia od sieci. Jednostka PMU zainstalowana po stronie operatora przesyła informacje do SCADA (zarówno

stykowo, jak i w protokole komunikacyjnym). Istnieje możliwość wprowadzenia do systemu SCADA danych ze źródła generacji rozproszonej następującą drogą: PMU przy generacji rozproszonej > GPRS > PMU operatora > wybrany protokół komunikacyjny > SCADA.

Możliwe jest również stworzenie dwustopniowego obszarowego systemu detekcji zaburzeń pracy systemu.



Rys. 4. Zaawansowany układ SmartGuard



Rys. 5. Zrzut ekranu z aplikacji ECONTROL PMU do zarządzania funkcjonalnościami opartymi o pomiary PMU, w tym o detekcję nieintencjonalnej pracy wyspowej

W takim wypadku w pierwszym stopniu jednostki PMU w poszczególnych GPZ-tach weryfikują integrację całego systemu dystrybucyjnego. W drugim stopniu sprawdzana jest integracja generacji rozproszonej z systemem nadrzędnym.

Warunkiem pracy układu jest odpowiednia synchronizacja czasu na poziomie 1  $\mu$ s. Każda lokalna jednostka powinna być wyposażona w odbiornik sygnału GPS lub powinna być spięta przez sieć synchroniczną z protokołem PTP.

Urządzenia PMU wymieniają dane pomiarów bezpośrednio między sobą za pomocą modemów GSM (w przypadku 2 jednostek nie jest potrzebna jednostka centralna). Do prawidłowego funkcjonowania układu wystarczające jest zachowanie opóźnień w przesyle danych w sieci GSM poniżej 100 ms.

Warto również zwrócić uwagę, że zastosowanie jednostek PMU umożliwia aktywowanie dodatkowych opcji, jakimi mogą być:

- permanentna rejestracja parametrów generacji rozproszonej (przez cały okres życia tego źródła);
- regulacja napięcia generacji rozproszonej (bilansowanie mocy biernej);
- element większego, obszarowego systemu detekcji pracy wyspowej.

### 10. Podsumowanie

Aktualnie w polskiej energetyce powszechnie jako zabezpieczenie od nieintencjonalnej pracy wyspowej stosuje się lokalny pomiar  $df/dt$  z nastawą 2 Hz/s. Takie podejście ma dwie poważne wady:

- kryterium  $df/dt$  może przyczynić się do pogłębiania zapaści KSE w przypadku zaistnienia niedoboru mocy;

- kryterium  $df/dt$  posiada strefę martwą w przypadku, gdy utworzona wyspa jest na tyle zbilansowana, że  $df/dt$  jest mniejsze niż 2 Hz/s.

Inne teoretyczne rozwiązania detekcji pracy wyspowej, jak np. metody aktywne, również posiadają wady, głównie w postaci wprowadzania zakłóceń jakości energii do sieci. Metodą, która jest wolna od wymienionych powyżej wad, jest pomiar częstotliwości w dwóch punktach, w oparciu o technologię PMU. Zaprezentowany w referacie układ SmartGuard produkcji Energotestu, oparty o technikę synchronizacji, szybko i pewnie dokonuje detekcji pracy wyspowej generacji rozproszonej oraz odcina ją w przypadku stwierdzenia takiej pracy. Układem mogą być objęte różnego rodzaju mikrosieci, farmy wiatrowe, fotowoltaika lub generatory na dowolne paliwo przyłączane w głębi sieci SN. Biorąc pod uwagę rosnące nasycenie sieci dystrybucyjnej w generację rozproszoną oraz poważne następstwa związane z nieintencjonalną pracą wyspową takiej generacji, układ SmartGuard stanowi optymalne rozwiązanie i przyszłość dla operatorów systemów dystrybucyjnych.

### Literatura

- [1] KUMPULAINEN L., KAUHANIEMI K.: *Loss-of-Mains Protection – Still an Issue with Distributed Generation*. University of Vaasa, 2007.
- [2] Rozporządzenie Komisji UE 2016/631 z 14.04.2016 ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączania jednostek wytwórczych do sieci.
- [3] KIMPEL A.: *Automatyka zapobiegająca pracy wyspowej generacji rozproszonej*. „Wiadomości Elektrotechniczne”, 9/2016.
- [4] TALAGA M.: *Doświadczenia eksploatacyjne Energotestu, związane z wdrażaniem aplikacji wykorzystujących pomiary synchroniczne*. Konferencja Energotestu 2017 r.



# Prostota w parze z niezawodnością, czyli gama serwonapędów Unitronics

Rosnące zapotrzebowania konsumentów stawiają przemysł w sytuacji, w której wymagana jest ciągła, szybka i tania produkcja z coraz częstszą potrzebą spełniania indywidualnych preferencji klientów. Czasy masowej, jednolitej produkcji powoli odchodzą w zapomnienie, a co za tym idzie – zwiększają się wymagania wobec dokładności sterowania procesami, czego podstawą są elastyczne systemy produkcji. Naprzeciw przedsiębiorcom oraz integratorom wychodzi Unitronics ze swoją linią serwośilników i serwo sterowników.

## Czasochłonna integracja widmem przeszłości

Unitronics ceni czas klientów, a także rozumie, jak kosztowne są przerwy produkcyjne związane z wdrożeniem nowych rozwiązań. Nauczeni doświadczeniem, opracowaliśmy gamę produktów, które skracają do minimum czas poświęcony wdrożeniu serwonapędów do procesu technologicznego. Oferta oprócz serwonapędów w zakresie mocy 50–5000 W i serwo sterowników zawiera wszystkie komponenty niezbędne do sterowania ruchem, od wielokrotnie nagradzanych sterowników PLC, paneli HMI, intuicyjnego i darmowego środowiska programistycznego UniLogic, po szeroką gamę protokołów komunikacyjnych zgodnych z zamysłem Przemysłu 4.0 (m.in. CANOpen, EtherCAT, MQTT, OPC UA). Umożliwia to kod „Ready-Made Motion” dostarczany przy każdym zakupie. Unitronics daje klientom możliwość przetestowania kompletnego systemu, kod ten można otworzyć i dostosować do innych aplikacji za pomocą standardowych funkcji PLC. Konfiguracja serwonapędów nie wymaga zewnętrznego oprogramowania, wszystkie potrzebne narzędzia zostały wbudowane w oprogramowanie UniLogic, co dotychczasowym odbiorcom pozwoli poruszać się w znanym środowisku. Dzięki intuicyjnemu interfejsowi nowi użytkownicy błyskawicznie zaznajomią się z dostępnymi możliwościami. Napisanie programu sterującego sprowadza się do przeciągnięcia i upuszczenia odpowiednich funkcji sterujących, a oprogramowanie zostało wyposażone w skrupulatnie opracowaną sekcję pomocy.

O prostocie integracji przekonała się firma Stratays, która wdrożyła serwonapędy Unitronics w procesie automatyzacji czyszczenia wyłazarki. Jak zauważył inżynier odpowiedzialny za projekt:

– W UniLogic wszystko, co musieliśmy zrobić, to wybrać model sterownika PLC, serwa i napędu, a program automatycznie nawiązał komunikację z urządzeniami i zasugerował parametry pracy na podstawie właściwości mechanicznych komponentów.

## Diagnostyka zwiększająca żywotność serwonapędu

Źle dobrane parametry pracy mogą znacząco wpłynąć na zużycie wewnętrznych elementów serwośilnika, a co za tym idzie – spowodować konieczność częstszej konserwacji.

Oprogramowanie UniLogic automatycznie analizuje właściwości mechaniczne oraz zaleca bezpieczne wartości dla aplikacji użytkownika. Dodatkowo zawiera wbudowane szybkie narzędzie diagnostyczne do sprawdzania wydajności serwomechanizmu w czasie wykonywania ruchu. Wysokiej jakości 20-bitowe enkodery inkrementalne minimalizują problem gubienia kroku. Dla wymagających klientów w ofercie dostępne są również serwonapędy wyposażone w 23-bitowe enkodery absolutne, zachowujące pozycję nawet w przypadku przerw w zasilaniu. Do prostszych aplikacji serwonapędy zostały wyposażone we wbudowane narzędzia diagnostyczne niewymagające komputera. Za pomocą panelu HMI lub wirtualnego ekranu HMI na urządzeniu mobilnym użytkownicy mogą ustawić parametry ruchu, monitorować zachowanie osi i I/O, wykonywać ruchy, takie jak Point-to-Point, Jog i Homing.

ELMARK Automatyka S.A.

reklama

## Precyzyjne Sterowanie Ruchem

### Unitronics AC Servo: Napędy i Silniki

- ✓ Bezproblemowe sterowanie
- ✓ Łatwa konfiguracja oraz integracja

NOWOŚĆ



[www.elmark.com.pl](http://www.elmark.com.pl)

ELMARK Automatyka S.A.  
tel. 22 541 84 60  
sterowniki@elmark.com.pl



## Wywiad z Prezesem Zarządu Tobiaszem Witorem z okazji Jubileuszu firmy Lenze Polska

# 25 lat minęło...

Katarzyna Zajac



**K**atarzyna Zajac: – Firma Lenze na polskim rynku branżowym istnieje już 25 lat. O ile w Niemczech kojarzy się z postacią Hansa Lenze, o tyle w Polsce z osobą Jerzego i Tobiasza Witorów. Jakie były początki działalności firmy Lenze w Polsce?

**Tobiasz Witor:** – W 1995 roku Jerzy Witor założył firmę Rotiw Sp. z o.o., która działała w Polsce południowej jako przedstawiciel Lenze. W 2002 roku Rotiw Sp. z o.o. przejęła drugiego przedstawiciela Lenze w Polsce, firmę Lenze Systemy Automatyki z Torunia. I tak od tego czasu w Polsce działa jedna firma – Lenze Polska Sp. z o.o. Z dzisiejszej perspektywy można powiedzieć, że początki działalności były „interesujące”. Lata 90. to dynamiczny rozwój naszej firmy. Nikogo nie dziwiły wzrosty kilkudziesięcioprocentowe. Zaczynaliśmy z pięcioma pracownikami i z kilkuset tysięcy obrotu. Dziś jest nas już 43, a zeszły rok był dla nas rekordowy. Osiągnęliśmy 83 mln PLN sprzedaży!

**K.Z.:** – Wspomniane 25 lat na rynku to ważny okres dla rozwijającej się firmy w Polsce. Które momenty zasługują na szczególne wyróżnienie?

**T.W.:** – Można wyróżnić tu kilka momentów. Wspomniane już przejęcie firmy z Torunia. Założenie spółek córek na Litwie (obsługującej kraje Bałtyckie) oraz w Mińsku na Białorusi. W 2012 roku wprowadziliśmy się do nowej siedziby w Katowicach oraz zintegrowaliśmy się z Lenze w środowisku SAP, co ułatwiło logistykę dostaw. W roku 2015 nastąpiła zmiana w fotelu Prezesa Zarządu. Jerzy Witor przeszedł na emeryturę. Fotel Prezesa Zarządu przejął Tobiasz Witor.

**K.Z.:** – W jaki sposób obsługują Państwo teren Polski teraz, po 25 latach? Proszę powiedzieć, na jakich sektorach polskiego rynku Państwo się koncentrują?

**T.W.:** – Tak jak już wspominałem, jesteśmy coraz więksi, a co za tym idzie – jesteśmy bliżej klienta. Polskę mamy podzieloną na regiony tak, by

szybko reagować w momencie akcji serwisowej lub po prostu spotkania handlowego. Jesteśmy częścią globalnej marki i w związku z tym realizujemy cele strategiczne, koncentrując się na branżach takich, jak automotive, intralogistyka, maszyny drukarskie, tekstylne i w końcu najszybciej rozwijające się maszyny dla przemysłu spożywczego i opakowań.

**K.Z.:** – Na Targach SyMas/Maintenance mieliśmy okazję zobaczyć, nowy przemiennik częstotliwości do ekstremalnych zastosowań – i550 Protec. Urządzenie zachowuje znany wygląd, elastyczność, funkcjonalność i skalowalność tej serii. Jak wygląda zainteresowanie rynku tym rozwiązaniem?

**T.W.:** – Biorąc pod uwagę przemiennik i550, wersja IP66 to nowość. Niemniej jednak falowniki w tak wysokim stopniu ochrony są już produkowane w Lenze



od dawna, wspominając choćby serię przemienników smv. Przeziennik i550 w wersji protec będzie następcą wersji smv IP65 w przyszłości. Co warto zauważyć, to wyposażenie wersji i550 w komunikację I/O link, która robi obecnie furorę szczególnie na rynku intralogistyki.

**K.Z.:** – Dziś w dziedzinie automatyki wiele się mówi o „Przemysle 4.0”. Zgodnie z cytatem dyrektora zarządzającego Lenze SE, Pana Christiana Wendlera: „Jesteśmy przede wszystkim partnerem w zakresie automatyzacji dla naszych klientów z całego świata i tworzymy podstawy pod Smart Factory”. Czy również w polskiej gospodarce te słowa nabierają znaczenia? Biorą Państwo udział w kompleksowych rozwiązaniach projektowych, doradczych i wykonawczych dla wysoko zautomatyzowanych gałęzi polskiej gospodarki?

**T.W.:** – Industry 4.0 nie jest u nas traktowane jak rewolucja, raczej ewolucja w kierunku daleko posuniętej digitalizacji, która przecież otacza nas zewsząd. Oto Lenze już od lat jest w tym nurcie, oferując choćby zdalny dostęp do maszyny, rozwiązania *plug&play*, monitorowanie stanu urządzeń czy chociażby indywidualizację rozwiązań.

**K.Z.:** – Mijający rok jest trudny dla wielu firm. Epidemia koronawirusa sprawiła, że nic w gospodarce nie jest takie jak kiedyś. I nie będzie. Niektóre branże tracą, inne zyskają. Jak to wygląda u Was? Na jakich sektorach koncentrują się Państwo w obecnej sytuacji?

**T.W.:** – W Lenze rok obrotowy kończy się w kwietniu. Nałożyło się na pierwszą falę epidemii. Zakończyliśmy zatem z „przypadem” nasz rok finansowy, bijąc wszelkie rekordy, i nadszedł maj, który zaskoczył wszystkich. Na początku wybieraliśmy zaległe urlopy, niektórzy byli na opiece nad dziećmi, wprowadziliśmy zdalną pracę. Pierwsza fala to był szok, lecz dziś zdalna praca czy kontakty z klientami w formie e-wizyt to już standard. Oczywiście zauważyliśmy zmienność nastrojów w poszczególnych branżach. Podczas pierwszej fali praktycznie zamroziła się branża



automotive, w lecie natomiast wróciła na swoje tory. Inni dopiero dziś przeżywają kłopoty. Znamienne jest jednak to, że im większy klient, tym większe ma turbulencje. Średni i mniejsi klienci wykazują się większą elastycznością. Nie możemy się jednak oszukiwać – zeszłoroczny wynik sprzedaży będzie trudny do osiągnięcia. Pandemia nie zmieniła naszej strategii, nadal operujemy w naszych strategicznych branżach. Dla Lenze Polska najważniejszym celem na ten rok jest utrzymanie poziomu zatrudnienia. W naszej branży proces szkolenia nowych pracowników jest długotrwały. Wierzmy, że z nadejściem wiosny 2021 roku sytuacja wróci do normy i wtedy wykorzystamy potencjał naszych pracowników w 100%.

**K.Z.:** – Obecna sytuacja związana z epidemią COVID-19 wymaga organizacji i kontaktów z klientami za pomocą technologii webcast. Jak odnajdujecie się w tej rzeczywistości oraz jak sprawdzają się organizowane przez Państwa Webinary Lenze? Czy szkolenia online Lenze spotkały się z pozytywnym odbiorem u klientów?

**T.W.:** – Umieściliśmy już 19 webinarów na Youtube. Mam tu na myśli naszą produkcję w języku polskim. Prócz tego centrala w Niemczech oraz inne kraje umieszczają takie materiały w języku angielskim i niemieckim. Materiał taki, pod warunkiem, że jest zrobiony dobrze,

jest świetną formą szkolenia i komunikacji z klientem. Tu oczywiście zasada jest taka: im młodszy oglądający, tym bardziej entuzjastycznie do tego podchodzi. Nie ma odwrotu! Pandemia tylko przyspieszyła cyfrową rewolucję w sprzedaży. Zabawne, ale prawdziwe. Dla mnie jako pracodawcy ważne jest dziś również to, czy mój pracownik w swoim miejscu zamieszkania ma dostęp do szybkiego internetu!

**K.Z.:** – Jakie miejsce w całej grupie Lenze zajmuje polski oddział? Które kraje europejskie są obsługiwane przez oddział w Polsce?

**T.W.:** – Biorąc pod uwagę naszą sprzedaż, to tylko lub aż 2,5% globalnego obrotu Lenze. Niemniej jednak nie możemy zapominać o firmie Lenze Tarnów Sp. z o.o. Wytwarzane są tam komponenty do budowy naszych przekładni. Od maja 2021 roku to właśnie Lenze Tarnów Sp. z o.o. będzie głównym wytwórcą tych komponentów w grupie Lenze. Wiąże się to również z postępującym wzrostem zatrudnienia w Tarnowie, jak i z rozbudową infrastruktury. Odpowiadając na drugą część pytania: nasz polski oddział obsługuje wyłącznie klientów z terenów Polski.

**K.Z.:** – W ostatnim czasie dynamicznie w Polsce rozwija się sektor elektromobilności oraz energii odnawialnej OZE. Jak wygląda to z Waszej perspektywy?

**Czy w Polsce również będzie rozwijany obszar bazujący na Lenze Schmidhauser oraz rozwiązaniach typu Mobile Drives?**

**T.W.:** – Elektromobilność to domena spółki Lenze Schmidhauser. To ten podmiot ma wyłączność na obsługę klientów z branży *electromobility* na całym świecie. Miło mi poinformować, że mamy już kilku klientów, którzy się w Lenze zaopatrują. Wśród nich jest jeden uznany producent autobusów oraz producent pojazdów specjalnych. Jeśli chodzi o OZE, to branża ta nie jest w polu naszego zainteresowania.

**K.Z.:** – W przyszłym roku wchodzi od 1 lipca nowa Dyrektywa Europejska w sprawie poprawy efektywności energetycznej, znana jako Dyrektywa Ecodesign, ErP lub potocznie Ekoprojekt. Nakłada ona nowe minimalne poziomy efektywności dla silników elektrycznych i ogranicza poprzednie wyjątki. Jak przygotowali się Państwo do tej sytuacji?

**T.W.:** – Lenze przygotowywało się do tej zmiany od dawna. Począwszy od opracowania nowej serii silników elektrycznych, spełniających normę IE3 i wyższe. Projekt ten potocznie nazywany jest NeMo. Najbardziej jednak znamieną była inwestycja w postaci budowy całkiem nowego zakładu produkcyjnego wytwarzającego silniki elektryczne w Weronie we Włoszech. Zakład ten ruszył w 2020 roku. Swoją pełną zdolność produkcyjną osiągnie na początku 2021 roku, tak byśmy byli w stanie zaspokoić zapotrzebowanie rynku na nowy typ silników.

**K.Z.:** – Zawsze Lenze kojarzone było z firmą napędową. Teraz w swoim zakresie posiadacie kompetencje w zakresie rozwiązań systemowych, projektujecie wysokiej jakości produkty mechatroniczne, wydajne systemy składające się ze sprzętu i oprogramowania do pomyślnej automatyzacji oraz usługi digitalizacji w zakresie zarządzania dużymi ilościami danych, rozwiązań opartych na chmurze lub rozwiązań mobilnych, jak również tworzenia Internetu Rzeczy



**(IoT). Czy napędy to nadal Państwa siła napędowa przy tak szerokiej gamie rozwiązań?**

**T.W.:** – Faktycznie Lenze znane jest na rynku głównie z przemienników częstotliwości i motoreduktorów. Oczywiście ze względu na produkcję tych urządzeń w milionach egzemplarzy! Tajemnicą poliszynela jest to, że Lenze produkuje swoje świetne przemienniki również dla wielu innych uznanych marek. Według danych naszej centrali jesteśmy 8 na świecie producentem falowników. Nasza oferta oprogramowania i sterowników PLC ma już jednak swoje lata. Jesteśmy w stanie zaopatrzyć klienta, począwszy od akcesoriów napędowych, poprzez motoreduktory, przemienniki, technologię serwo, skończywszy na sterowaniu PLC i webowej wizualizacji. Platforma X4 remote to nowość w naszej ofercie, będąca odpowiedzią na rozwijające się rozwiązania chmurowe.

**K.Z.:** – Jak wygląda w Polsce usługa posprzedażowa? Czy klienci korzystają z Państwa usług serwisowych? Jak wygląda w Polsce sieć dystrybucji i punktów serwisowych?

**T.W.:** – Jedną z funkcji, jakie pełni Lenze Polska Sp. z o.o., jest zapewnienie


serwisu gwarancyjnego i pogwarancyjnego na terenie Polski. Wraz ze wzrostem naszej sprzedaży przybywa oczywiście napraw i wyjazdów serwisowych. Nasi pracownicy działu naprawiają, regenerują, świadczą pomoc przy uruchomieniu wszystkich wyprodukowanych przez Lenze komponentów napędowych. Fizycznie posiadamy dwa punkty serwisowe: jeden w naszej siedzibie głównej w Katowicach, drugi w biurze regionalnym w Toruniu. Nawiązując do dystrybucji sprzedaży, to jest ona maksymalnie uproszczona. 80% dostaw odbywa się bezpośrednio z centrów logistyczno-produkcyjnych. W wypadku Europy mamy trzy takie centra: w Niemczech, Austrii i we Francji. System analizuje, gdzie dany towar zostanie najszybciej wyprodukowany dla naszego klienta. Dostawa odbywa się bez

pośrednio na koszt Lenze na terenie całej Unii Europejskiej. Mamy również dodatkowy magazyn w Katowicach. Jego znaczenie jednak z roku na rok maleje. W przyszłości tę powierzchnię (500 m<sup>2</sup>) chcemy przeznaczyć na Show-Room z prawdziwego zdarzenia. Analogiczny Show-Room jest już w fazie budowy w Monachium.

**K.Z.:** – Jak widzą Państwo obecność firmy Lenze w Polsce i na świecie za kolejne 25 lat? Jakie Państwo planują premiery na najbliższe lata i czym nas zechcą zaskoczyć?

**T.W.:** – Trzeba mieć odwagę, by dziś zapatrywać taką perspektywę czasową. Ale tak na poważnie, to szykuje się w najbliższym czasie nowa generacja sterowników PLC, zaraz będzie dostępna wizualizacja webowa. Nasze portfolio będzie rozwijać się w taki sposób, by przekonywać do siebie klienta w sposób kompleksowy – systemowy. W myśli zasady: komponenty automatyki i napędy z jednej ręki – z Lenze!

**K.Z.:** – Dziękujemy za rozmowę i życzymy kolejnych sukcesów w Państwa działalności. ■

 Katarzyna Zając

# Obsługa maszyn z pomocą cobota Universal Robots

Roboty przemysłowe stosowane do obsługi wtryskarek czy też innych maszyn CNC to rozwiązanie, które pomaga zakładom w optymalizacji pracy, a także zwalnia moce przerobowe swoich operatorów. Coraz częściej jednak przy obsłudze tego typu urządzeń pojawia się cobot – czyli robot współpracujący – w miejsce klasycznego robota przemysłowego. Z danych na 2020 r. duńska firma Universal Robots (pionier oraz autor pierwszego robota współpracującego) przekroczyła liczbę 42 000 sprzedanych oraz wdrożonych cobotów swojej produkcji, a także posiada około 50% udziału w rynku sprzedaży cobotów na całym świecie. Na stronie producenta możemy zobaczyć imponującą liczbę referencji w postaci materiałów video Case Study, z czego duża część to właśnie obsługa maszyn. Dlaczego Klienci z całego świata wybierają właśnie rozwiązania Universal Robots?



## Szybka i łatwa nauka programowania

Jedną z głównych zalet cobotów Universal Robots jest łatwość programowania. Cały język skryptowy robota został ubrany w przejrzysty oraz bardzo intuicyjny interfejs graficzny, dzięki czemu osoby, które nie posiadają wiedzy z zakresu robotyki czy też programowania, po krótkim szkoleniu są w stanie same napisać swoją pierwszą aplikację. Dużą zaletą są dostępne na stronie producenta materiały czy szkolenia w postaci akademii online, gdzie m.in. jedna z lekcji jest w całości poświęcona obsłudze maszyn. W tym module możemy zobaczyć jak skomunikować maszynę z robotem, jak prawidłowo ustawić punkt TCP w przypadku podwójnego chwytaka, a także jak napisać elastyczny program (jednoczesne rozładowywanie i ładowanie maszyny, ładowanie maszyny bez uprzedniego rozładowania gotowej części lub rozładowywanie maszyny, tylko jeśli nie ma nowej części, która ma być załadowana do maszyny).

## Szeroki zakres dodatkowego osprzętu i możliwych kombinacji

Coboty zostały stworzone głównie z myślą o tym, by zastępować człowieka w prostych, powtarzalnych czynnościach. Proces taki, jak załadunek i rozładunek maszyn to zadanie stworzone dla robota współpracującego. Robot sam w sobie jest maszyną nieukończoną, jednak z pomocą spieszą producenci dodatkowego osprzętu, którzy do swoich produktów bardzo często oferują również gotową wtyczkę, oprogramowanie URcaps, dzięki któremu w łatwy sposób możemy obsługiwać nasze dodatkowe wyposażenie. Na platformie UR+ znajdziemy szeroki wybór rozwiązań: chwytaki dwuszcękowe, trójszcękowe, elektryczne,

pneumatyczne, podwójne chwytaki, kolumny podnoszące, suwnice, czujniki bezpieczeństwa, mobilne stacje z magazynkami. Posiadając dostęp do takiego asortymentu, możemy np. wykorzystać robota do obsługi 2 maszyn (lub więcej) jednocześnie poprzez zastosowanie suwnicy czy też skrócić czas załadunku/rozładunku poprzez podwójny chwytak. Co jeszcze możemy zyskać? Większe bezpieczeństwo poprzez zastosowanie czujników czy też dowolne przemieszczanie robota wraz z całym osprzętem na podstawie mobilnej.

## Dodatkowe wartości

Coboty UR to produkt, który rozwiązuje wiele problemów we współczesnych zakładach przemysłowych, m.in. braki kadrowe, redukcja odrzutów, zwiększenie wydajności, poprawienie jakości wyrobów, optymalizacja pracy. Decydując się na zakup robota do konkretnego stanowiska, w przypadku jego małego obłożenia czy też likwidacji, nadal posiadamy maszynę na tyle uniwersalną, łatwą do zaprogramowania, by obsłużyć inny proces w naszym zakładzie, dzięki czemu niwelujemy ryzyko straty takiej inwestycji.

reklama




### Preferowany Dystrybutor i Autoryzowane Centrum Szkoleniowe Universal Robots w Polsce





**Naszym klientom oferujemy:**

- > Pełne i bezpłatne wsparcie techniczne
- > Serwis gwarancyjny i pogwarancyjny
- > Certyfikowane szkolenia

**Inwestycja w cobota to:**

- > Zwiększenie wydajności, produktywności
- > Poprawa jakości
- > Zapewnienie płynności produkcji
- > Uzupelnienie braków kadrowych
- > Zwiększenie bezpieczeństwa
- > Elastyczność produkcji

Pick&Place | Pakowanie | Paletyzacja | Spawanie | Obsługa maszyn  
Obsługa CNC | Polerowanie | Wkręcanie i obsługa narzędzi | Kontrola jakości

**roboty.elmark.com.pl | roboty@elmark.com.pl | tel 22 541-84-60**

Nowa seria DPI 705E zapewnia dokładne i niezawodne monitorowanie ciśnienia i temperatury w środowiskach przemysłowych

# RS Components oferuje szereg ulepszonych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck

RS Components (RS) – marka handlowa spółki Electrocomponents plc (LSE: ECM), globalny partner w zakresie rozwiązań wielokanałowych dla klientów przemysłowych i dostawców – teraz oferuje nową rodzinę DPI 705E, ręcznych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck, światowego lidera w dziedzinie czujników piezorezystancyjnych oraz przyrządów do testów i kalibracji.

Asortyment obejmuje dwie wersje – DPI 705E do użytku w strefach bezpiecznych i DPI 705E-IS (iskrobezpieczny) do użytku w strefach niebezpiecznych. Modele te łączą w sobie mocną, trwałą konstrukcję oraz stanowią rozwinięcie i zastępują cenioną rodzinę DPI 705. Przyrządy są zaprojektowane do obsługi jedną ręką i wprowadzają nowe i ulepszone funkcje, aby zapewnić jeszcze większą dokładność i niezawodne monitorowanie ciśnienia lub temperatury podczas uruchamiania, wykrywania usterek i testowania systemu, w tym testowania szczelności.

Główną zaletą rodziny DPI 705E jest zwiększona dokładność, zapewniająca 12-miesięczną niepewność do 0,05% pełnej skali (FS) w zakresie temperatur od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ . Obejmuje szeroki zakres ciśnień – od 25 mbarów do 1400 barów w konfiguracjach bezwzględnych lub różnicowych.

DPI 705E i DPI 705E-IS mają zintegrowane czujniki ciśnienia i są zaprojektowane do bezpośredniego połączenia z zewnętrznym zdalnym ciśnieniem lub opcjonalnymi zdalnymi czujnikami rezystancyjnego czujnika temperatury (RTD) typu *plug-and-play*, zapewniając jeszcze większą elastyczność podczas pracy w terenie. Każdy czujnik ciśnienia zawiera zintegrowane dane kalibracyjne, co oznacza, że jeden DPI 705E może być używany z wieloma zdalnymi czujnikami, co pozwala na pomiar różnych zakresów w kilka sekund. Czujniki przechowują



zapis daty kalibracji, która jest przekazywana operatorowi przez odliczanie „wymaganej kalibracji”, pokazane na wyświetlaczu wskaźnika ciśnienia.

Funkcję testu szczelności można szybko skonfigurować w ciągu jednej, trzech lub pięciu minut. Energooszczędna konstrukcja oznacza, że wskaźniki mogą być używane przez osiem godzin dziennie, sześć dni w tygodniu przez rok przy użyciu jednego zestawu baterii.

Produkty DPI 705E są wytrzymałe, proste w użyciu i nadają się do powszechnych zastosowań w branżach takich, jak media, HVAC, sprzęt medyczny, laboratoria metrologiczne i pomieszczenia sterylne, a także do obsługi i konserwacji.

Wskaźniki ciśnienia i temperatury DPI 705E i DPI 705E-IS są teraz wysyłane z RS w regionie EMEA oraz Azji i Pacyfiku.



RS Components Sp. z o.o.

ul. Domaniewska 48

02-672 Warszawa

tel. 22 223 11 11

fax 22 223 11 00

e-mail: bok@rspland.com

pl.rs-online.com

# BRANŻA PRZEMYSŁOWA IIOT

PRODUKTY I ROZWIĄZANIA  
DLA NOWOCZESNYCH  
ŚRODOWISK PRZEMYSŁOWYCH

SKORZYSTAJ Z NASZEJ WIEDZY I SZEROKIEJ OFERTY

Dzięki prawie milionowi członków na całym świecie, którzy łączą się teraz za pośrednictwem społeczności DesignSpark, jego wartość jako globalnego źródła innowacji inżynierskich stale rośnie

## RS Components świętuje 10-lecie DesignSpark nowymi zasobami

RS Components (RS) – marka handlowa spółki Electrocomponents plc (LSE: ECM), globalny partner w zakresie rozwiązań wielokanałowych dla klientów przemysłowych i dostawców – świętuje 10-lecie DesignSpark, internetowej platformy inżynierskiej firmy, wprowadzając zupełnie nowe funkcje i nowy design, aby odzwierciedlić użyteczność i wymagania funkcjonalne ponad 970 000 członków społeczności. Aby uczcić dziesięciolecie, RS będzie gospodarzem wielu inicjatyw przez resztę 2020 roku.

**N**owa strona internetowa DesignSpark, która ma zlokalizowane wersje dostępne w Chinach, Francji, Niemczech, Japonii, Ameryce Północnej i Wielkiej Brytanii, została opracowana z pomocą opinii użytkowników, aby stworzyć bardziej przejrzysty i prostszy interfejs do wyszukiwania i używania treści. Ulepszone narzędzia wyszukiwania i filtrowania oraz sekcje oznaczone kolorami również ułatwią nawigację i poprawią komfort korzystania z witryny przez użytkownika.

Od momentu wprowadzenia na rynek w 2010 r. DesignSpark zyskał uznanie w globalnej społeczności inżynierów jako zasób o wysokiej wartości, zapewniający rozwiązania projektowe i wsparcie dzięki szybkiemu prototypowaniu. Ogólnodostępny profesjonalny pakiet oprogramowania DesignSpark, obejmujący PCB, narzędzia mechaniczne i elektryczne, zapewnia dostępność, która umożliwiła realizację milionów projektów na całym świecie, w których rolę odgrywają profesjonaliści inżynierowie, twórcy technologii i studenci.

Ponieważ co dwie minuty na platformie DesignSpark rejestruje się nowy inżynier, społeczność DesignSpark szybko zbliża się do miliona członków. Niektóre statystyki pokazują bardzo wysoki poziom zaangażowania i popularności DesignSpark w internecie, na przykład: co 20 sekund inżynier otwiera swoje profesjonalne oprogramowanie do projektowania; zasoby wspomagające

projektowanie, takie jak modele neutralne dla CAD i ślady, są pobierane co 12 sekund; fragment treści udostępniany przez społeczność inżynierów jest wyświetlany co 4 sekundy.

Oprócz oferowania 24-godzinnego wsparcia projektowania online, DesignSpark był gospodarzem wielu inicjatyw w ciągu dekady, w tym wystrzelenie figurki Supermana w przestrzeń kosmiczną za pomocą modułu Raspberry Pi i we współpracy z przedsiębiorcą technologicznym Richardem Browningiem, aby zaprezentować swoją innowację – ludzki kombinezon lotniczy z napędem. Seria podcastów DesignSpark ze swobodnym podejściem do technologii okazała się tak popularna, że osiągnęła wysokie 4 miejsce na liście technologii Apple Podcasts.

DesignSpark to także platforma edukacyjna, na której odbywają się projekty i konkursy, które mają zainspirować młodsze pokolenie do zaangażowania się w działania STEM. W ciągu roku, w ramach obchodów 10-lecia, zostanie uruchomionych szereg konkursów na nowej stronie DesignSpark oraz w kanałach mediów społecznościowych DesignSpark, oferujących interaktywne wyzwania projektowe dla inżynierów w każdym wieku.

Mike Bray, wiceprezes grupy ds. Innowacji i DesignSpark, powiedział:

– Kiedy uruchomiliśmy DesignSpark w 2010 roku, miał on wspierać inżynierów i projektantów na każdym poziomie,



od studentów i hobbystów po profesjonalistów, którzy musieli stawić czoła wyzwaniom ograniczonych zespołów projektowych i potrzebie szybszego ukończenia projektów w warunkach rosnącej konkurencji. Te podstawy są nadal aktualne, a dzięki aktywnemu i ciągłemu zaangażowaniu w naszą społeczność oraz działając na podstawie opinii naszych członków, poszliśmy dalej, aby stworzyć DesignSpark jako zaufane miejsce wsparcia online dla inżynierów na całym świecie.

Nowa witryna DesignSpark:  
[www.rs-online.com/designspark](http://www.rs-online.com/designspark) ■



RS Components Sp. z o.o.  
ul. Domaniewska 48  
02-672 Warszawa  
tel. 22 223 11 11  
fax 22 223 11 00  
e-mail: bok@rspland.com  
pl.rs-online.com



Wstępnie zmontowane sygnalizatory kaskadowe LED RS PRO zapewniają szybką i ekonomiczną sygnalizację stanu sprzętu

# RS Components prezentuje modułowe wieże sygnalizacyjne LED

RS Components (RS) – marka handlowa Electrocomponents plc (LSE: ECM), globalnego dystrybutora wielokanałowego produktów i rozwiązań przemysłowych i elektronicznych – wzbogaciła swoją ofertę o wstępnie zmontowane i okablowane modułowe wieże sygnalizacyjne LED serii RS PRO, które zapewnią inżynierom automatyki OEM i nabywcom usług konserwacyjnych ekonomiczne rozwiązanie do wizualnej sygnalizacji awarii urządzeń i innych stanów maszyn. Oprócz wstępnie zmontowanych kolumn sygnalizacyjnych gama produktów RS PRO obejmuje blisko 120 pojedynczych elementów świetlnych LED, sygnalizatory akustyczne oraz wstępnie okablowane podstawy wieży, które można zamontować zgodnie z indywidualnymi wymaganiami.

Wstępnie zmontowane i okablowane wieże sygnalizacyjne RS PRO, dostępne w eliptycznej kopułkowej oraz cylindrycznej wieżowej wersji, zwiększają bezpieczeństwo i wydajność urządzeń sterujących i automatyki. W zestawie znajdują się dwa (czerwone i zielone) lub trzy (czerwone, pomarańczowe i zielone) moduły świetlne LED, które można szybko zamontować na podstawach o średnicy 100 mm, 70 mm lub 50 mm. Wstępne okablowanie ułatwia przypisanie kolorów do funkcji i przełączanie sygnałów wyjściowych poszczególnych kolorowych modułów. Opcje elementów świetlnych obejmują ustawienia świecenia w trybie ciągłym lub przerywanym oraz różne efekty świetlne.

Wstępnie zmontowane moduły wieży sygnalizacyjnej można szybko zdemonstrować i ponownie zamontować bez użycia narzędzi lub odłączania zasilania – np. w celu dodania lub wymiany modułów LED. Wszystkie one są ergonomicznie zaprojektowane i zabezpieczone przed wnikaniem wody zgodnie z wymogami klasy IP66.

Poszczególne elementy świetlne są dostępne w wersjach z niebieskimi, pomarańczowymi, czerwonymi, zielonymi, żółtymi lub białymi diodami LED. Dostępne są również piezoelektryczne moduły alarmu akustycznego, które oferują do 16 opcji ciągłego lub przerywanego sygnału dźwiękowego, oraz czerwone słupki ostrzegawcze LED.

Wstępnie okablowane moduły podstawy RS PRO są wyposażone w siedem styków elektrycznych, dzięki czemu każdy może obsługiwać do siedmiu modułów LED lub sześć modułów LED i moduł sygnalizatora akustycznego. Połączenie elektryczne zapewnia zabezpieczone złącze klasy IP20. Szeroka gama akcesoriów montażowych obejmuje podstawy do montażu powierzchniowego na płaskich powierzchniach, wsporniki do montażu ściennego oraz wysięgniki masztowe o różnych długościach.

Dostępne są opcje zasilania 12–24 V AC/DC oraz 120/240 V AC.

Modułowe wieże sygnalizacyjne LED RS PRO są obecnie dostępne w ofercie firmy RS w regionach EMEA oraz Azji i Pacyfiku.

## Informacje o RS Components

RS Components to marka handlowa spółki Electrocomponents plc. Oferujemy ponad 500 000 produktów przemysłowych i elektronicznych pochodzących od ponad 2500 wiodących dostawców oraz świadczymy szeroką gamę usług na najwyższym poziomie ponad milionowi klientów. Działamy w 32 krajach i wysyłamy ponad 50 000 przesyłek dziennie.

Wspieramy klienta przez cały cykl życia produktu, oferując innowacje i wsparcie techniczne na etapie projek-

owania, skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek i zwiększenie wydajności w fazie realizacji oraz zmniejszenie kosztów zakupu i optymalizację stanów magazynowych w fazie utrzymania. Oferujemy naszym klientom dostosowane produkty i usługi niezbędne dla pomyślnego funkcjonowania ich działalności oraz pomagamy im oszczędzać czas i pieniądze.

Spółka Electrocomponents jest notowana na Londyńskiej Giełdzie Papierów Wartościowych i w zeszłym roku finansowym, na dzień 31 marca 2019 roku, osiągnęła przychody rzędu 1,88 mld funtów brytyjskich. Electrocomponents posiada siedem marek: RS Components, Allied Electronics & Automation, RS PRO, OKdo, DesignSpark, IESA i Monition.



RS Components Sp. z o.o.  
ul. Domaniewska 48  
02-672 Warszawa  
tel. 22 223 11 11  
fax 22 223 11 00  
e-mail: bok@rspoland.com  
pl.rs-online.com

# Zdecentralizowana lub centralna topologia sterowania: obie powiązane z modularyzacją

Obecnie większość nowych maszyn i urządzeń w przemyśle produkcyjnym konstruowana jest w oparciu o modułową koncepcję. Rosnąca automatyzacja technologii i znormalizowane standardy komunikacyjne sprzyjają temu trendowi. W przeszłości producenci maszyn borykali się z problemem stosowania centralnego sterowania w maszynach lub instalacjach zawierających kilka lub kilkanaście modułów. Powodowało to złożoność struktury oprogramowania, która sprawiała, że jego utrzymanie, ewentualne modyfikacje oraz diagnostyka były czasochłonne i trudne.

Lenze wyeliminowało ten problem, dodając do systemu automatyki nowy serwonapęd ze zintegrowanym sterowaniem. Konsekwentnie skalowalne rozwiązania są teraz dostępne zarówno dla najmniejszych jednoosiowych modułów maszyn, jak i dla złożonych układów wieloosiowych. Dzięki spójności systemów w naszym portfolio, we wszystkich modułach maszyn można stosować to samo oprogramowanie aplikacyjne. Dzięki temu producenci maszyn mogą teraz elastycznie reagować na każdą potrzebę zmian w aplikacji w najprostszym sposobie, bez ingerencji w cały system.

Przez dziesięciolecia producenci maszyn koncentrowali się na trzech aspektach: wydajności, dostępności i jakości. Jednakże w ostatnim czasie kluczowym zagadnieniem stał się czas, w jakim nowo projektowana maszyna zostanie oddana do pracy. Zasadnicze pytanie to: jak szybko maszyna może rozpocząć pracę u użytkownika końcowego? A kolejne: na ile proponowane rozwiązanie producenta maszyny jest elastyczne w odniesieniu do potrzeby wdrożenia niestandardowego i specyficznego rozwiązania klienta? Ponadto, biorąc pod uwagę obecne szybkie tempo zmian technologicznych, kryteria decyzyjne użytkowników obejmują również

szybką realizację innowacji technicznych oraz kontrolę nakładu czasu i kosztów.

Trendy pojawiające się w następstwie Przemysłu 4.0 dają producentom maszyn szansę wyróżnienia się z tłumu i poprawienia swojej pozycji na rynku. Kluczowe wymagania, przed którymi stoją producenci maszyn, obejmują pełną cyfryzację do poziomu czujników/urządzeń wykonawczych, połączenia z infrastrukturą IT i chmurami, spójną integrację pojedynczych maszyn na liniach produkcyjnych oraz integrację systemów ERP i MES. Nie wspominając o rosnącej złożoności kinematyczno-mechanicznej maszyn. Niezbędna elastyczność produkcji wymaga lepszej kontroli ruchu i większej liczby użytych osi, na przykład gdy elastyczna kinematyka robota ma przejąć zadania stosunkowo sztywnych zespołów mechanicznych.

Wielu producentów maszyn przy projektowaniu stosuje modularyzację, opracowując odpowiednio znormalizowane jednostki funkcjonalne, które można ponownie wykorzystać. Daje to duże oszczędności w czasie. Chociaż funkcjonalności można szybko zaprojektować na papierze, w praktyce wymaga to ingerencji w wiele samodzielnych jednostek funkcyjnych, zamiast dostosowywania istniejących modułów.

Modularyzacja może zatem odnieść sukces tylko wtedy, gdy podejście do projektowania mechaniki, elektroniki i oprogramowania jest takie samo. Znaczącą różnicę w sterowaniu i inżynierii napędów może powodować fakt, czy moduł maszyny ma jedną czy kilka zsynchronizowanych osi lub nawet złożoną strukturę napędową z kilkoma osiami. W zależności od zastosowania, każdy pojedynczy moduł może wymagać innego doboru napędów. Kolejnym pytaniem jest: czy zdecentralizowane sterowanie zintegrowane z napędem jest bardziej skuteczne niż moduł kontrolowany przez centralny sterownik.



## Skalowalność dla każdego zastosowania

Skalowalne portfolio Lenze z systemami sterowania oznacza, że w ramach niego oferujemy różne poziomy wydajności, a jednak te same funkcje, zaprojektowane w tej samej formie, które mogą być wykorzystane w różnych modułach. Lenze, jako specjalista od automatyzacji, od dawna używa zarówno centralnych, jak i zdecentralizowanych systemów zintegrowanych z napędem. Nowy przemiennik częstotliwości i950 – serwonapęd ze zintegrowanym sterowaniem – łączy w sobie zarówno topologię centralną, jak i zdecentralizowaną, używając tego samego oprogramowania aplikacyjnego i narzędzi inżynierskich.

Lenze pokazuje, jak można wdrożyć koncepcję elastycznej budowy maszyn za pomocą skalowalnego modułowego systemu automatyki i modułów oprogramowania specyficznych dla aplikacji technologicznych oraz jak znacząco wpływa to na nakład pracy. Lenze używa otwartych standardów oraz nowoczesnych interfejsów komunikacyjnych, aby zapewnić łatwe i synchroniczne działanie modułów. Na warstwie poziomej wdrożone są EtherCAT, ProfiNet, EtherNet/IP, jak również standardy OMAC AutomationML i PackML. W przypadku integracji pionowej z wyższym poziomem zarządzania procesami stosowane są takie standardy, jak OPC UA lub MQTT.

Dodanie nowego serwonapędu ze zintegrowanym sterowaniem do systemu automatyki oznacza, że po raz pierwszy konsekwentnie skalowalne rozwiązania są dostępne od najmniejszych modułów

maszyny z jedną osią ruchu do złożonych systemów wieloosiowych. Lenze bezproblemowo zaspokaja wszystkie wymagania klientów dotyczące sterowania i napędu.

### Centralny czy zdecentralizowany?

#### Miejsce dla dwóch światów

Przełącznik częstotliwości i950 tworzy połączenie między zdecentralizowanymi jednostkami oraz inteligentnymi centrami sterowniczymi. Umożliwia to opcjonalne kontrolowanie modułów w maszynie, zarówno w zdecentralizowanych, jak i scentralizowanych systemach – więc pytanie „Centralny czy zdecentralizowany?” nigdy nie powstanie. W zależności od aplikacji, konstruktor maszyny może elastycznie reagować na wymagania klienta, ponieważ korzysta ze spójnego portfolio produktów sprzętowych i programowych, które daje mu dostęp do obu topologii pracy napędu.

Przełącznik i950 może zatem działać jako zdecentralizowana inteligentna jednostka, którą podobnie jak inne sterowniki Lenze można programować za pomocą FAST Application Software Toolbox, i może być skoncentrowana tylko na kontrolowaniu modułu, do którego jest przypisana. W razie potrzeby może zostać wprowadzona synchronizacja między modułami całej maszyny, a to wszystko bez przeprogramowania – wcześniejsza aplikacja zaimplementowana na centralnym sterowniku może nadal działać bez zmian na platformie i950. Złożoność aplikacji może zostać zmniejszona, a wdrożenie uproszczone w szczególności, gdy maszyny są skalowalne, a liczba kontrolowanych modułów i osi może zostać zwiększona lub zmniejszona.

### Modułowy system dla sprzętu i oprogramowania

Application Software Toolbox FAST dostarcza modułowy system dla typowych zastosowań. Predefiniowane moduły technologiczne zawierają standardowe funkcje, takie jak pozycjonowanie, podnoszenie, nawijanie, cięcie lub zgrzewanie dla maszyn w przemyśle motoryzacyjnym, intralogistyce, dóbr konsumpcyjnych, druku, przetwórstwa oraz tekstyliów. Użytkownicy nie muszą już programować funkcji sterowania i ruchu dla poszczególnych technologii, a jedynie ustawić specyficzne parametry dla danej aplikacji. Moduły FAST są testowane i wypróbowane w wielu aplikacjach i jako takie są gotowe do natychmiastowego wdrożenia. Pozwala to znacząco zredukować czas potrzebny do zapewnienia podstawowej funkcjonalności maszyny – aż o 80%.

### Wniosek

Lenze oferuje spójny system automatyzacji dla precyzyjnego i elastycznego sterowania ruchem. Rozwiązania te dostępne są w takiej samej formie zarówno dla maszyn o jednej osi, jak również dla systemów wieloosiowych z centralnym wysoko wydajnym systemem sterowania. Skalowalne, modułowe rozwiązania automatyzacji pozwalają konstruktorom maszyn stosować podejście modułowe do rozwoju maszyn i wprowadzać wysoce elastyczne inteligentne, a co ważniejsze, spersonalizowane maszyny na rynek tak szybko, jak to możliwe. Urządzenia oraz oprogramowanie Lenze znajdują zastosowanie niezależnie od branży, zgodnie z ideą „Lenze. To takie proste.” ■

Lenze Polska Sp. z o.o.

# Gotowy na wyzwania przyszłości



Serwonapęd, który **integruje się z absolutną łatwością**. Wykorzystuje najnowocześniejsze środowiska programistyczne oraz modułowe oprogramowanie **FAST Application Software Toolbox**, którego **można używać od razu**.

Inteligentna komunikacja pozwala na **wymianę danych w czasie rzeczywistym**.

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

**Lenze**  
To takie proste.

K1500

# Trzpień rozprężne stalowe z dźwignią mimośrodową

Za pomocą opatentowanych systemów mocowania pozycjonuje się kształtowo dwa elementy bez użycia narzędzi i tworzy między nimi połączenie siłowe. Zakres mocowania i siła mocująca są ustawialne.

## Materiał

- Rękojeść – odlew aluminiowy EN AC-46200.
- Podkładka dociskowa – tworzywo sztuczne wzmocnione włóknem szklanym PA 66 GF 35-X.
- Sworznie ze stali nierdzewnej.
- Kotwa, podkładka, trzpień rozprężny, sprężyna talerzowa ze stali.

## Wersja

- Rękojeść powlekana proszkowo, czarna o drobnej strukturze lub czerwona RAL 3003 o drobnej strukturze.
- Podkładka dociskowa – czarna.
- Podkładka pasywowana na niebiesko.
- Kotwa i trzpień rozprężny oksydowane.

## Wskazówka

Siłę mocującą można ustawiać indywidualnie na kotwach za pomocą śrubokrętu. Jako ustawienie wstępne zalecane jest ustawienie dźwigni mimośrodowej pionowo, z trzpieniem rozprężnym w otworze.

Działanie systemu mocującego przetestowano w otworach o tolerancji H7. Wszystkie wartości siły mocującej są wartościami orientacyjnymi podanymi bez współczynnika bezpieczeństwa.

Właściwość do danego zastosowania musi zweryfikować użytkownik.

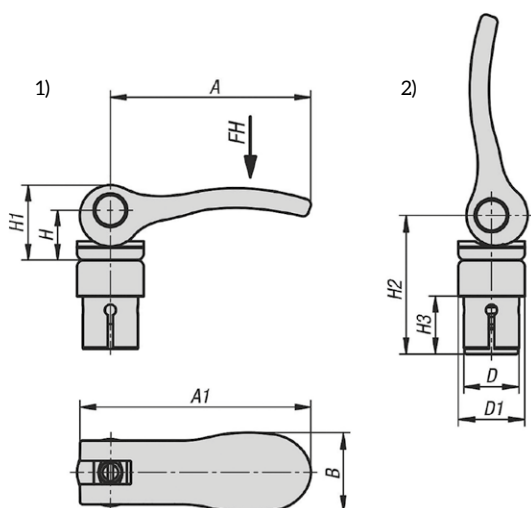


## Zalety

Łączenie dwóch części jest możliwe bez użycia narzędzi. Komponenty są optymalnie wycentrowane w położeniu zamocowanym. Dzięki kompaktowej formie trzpień rozprężny z dźwignią mimośrodową można stosować również w otworach nieprzelotowych. Nie istnieją szczególne wymagania dotyczące wymiarów otworów. Również powierzchnia i forma nie muszą wykazywać szczególnych właściwości.

## Zasada działania

System mocowania jest wprowadzany w otwór w stanie otwartym. Na początku procesu zamykania trzpień rozpręża się i mocuje w dolnym elemencie. Dzięki zintegrowanemu pakietowi sprężyn talerzowych uzyskiwany jest efekt docisku dolnego, który na koniec procesu zamykania łączy ze sobą oba elementy.



1) Plan aktywowany; 2) Plan nieaktywowany



KIPP POLSKA Sp. z o.o.

ul. Ostrowskiego 7

53-238 Wrocław

tel. 71 339 21 44

fax 71 336 22 63

polska@kipp.pl

www.kipp.pl

Wykonania nastawne i produkty z blokadą ła

# Nowe trzpienie montażowe

**S**zybkie mocowanie i łączenie elementów: do tego celu służą trzpienie montażowe, których dwie nowe wersje oferuje teraz swoim klientom firma HEINRICH KIPP WERK. Modele z blokadą ła umożliwiają tworzenie połączeń nawet na duże odległości, podczas gdy regulowane trzpienie montażowe przeznaczone są do elementów o zmiennej grubości.

W przypadku trzpieni montażowych z blokadą ła praktyczny mechanizm blokujący znajduje się nie na końcu trzpienia, lecz bezpośrednio pod uchwytem. Ponieważ długość trzpienia nie musi być dokładnie dopasowana do szerokości lub wysokości elementu, modele te są niezwykle uniwersalne i umożliwiają także tworzenie połączeń na dłuższe odległości. Trzpienie montażowe z blokadą ła produkowane są ze

stali nierdzewnej i dostępne są w średnicach od 5 do 16 mm oraz długościach standardowych do 250 mm. Specjalne wielkości indywidualne dostępne są na życzenie. Dostępne są także tuleje ze stali nierdzewnej umożliwiające szybki montaż tych komponentów.

Kolejną nowością w ofercie KIPP są trzpienie montażowe z możliwością bezstopniowej regulacji zakresu długości między powierzchnią kontaktową a kulką. Dzięki temu mechanizmowi nastawczemu stanowią one idealny wybór w przypadku zmiennej grubości elementów. Ten wariant produktu również wykonany jest w całości ze stali nierdzewnej. Średnica trzpieni wynosi od 5 do 16 mm, a zakres regulacji umożliwia uzyskanie długości od 2 do 80 mm.

Asortyment produktów KIPP obejmuje około 1200 różnorodnych trzpieni



montażowych do najróżniejszych zastosowań i potrzeb. Sposób działania tych komponentów jest prosty, lecz skuteczny. Po naciśnięciu przycisku następuje odblokowanie obu kulek i zwolnienie połączonych ze sobą części. Po zwolnieniu przycisku kule bezpiecznie blokują połączenie. ■

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

reklama

Technologia Mocująca | Standardowe Elementy Maszyn | Elementy Manipulacyjne

HEINRICH KIPP WERK



Firma HEINRICH KIPP WERK jest producentem i dostawcą produktów z zakresu technologii mocującej, standardowych elementów maszyn oraz elementów manipulacyjnych.

Nasza oferta obejmuje ponad 36 000 komponentów.



Ponad **4 000** nowości

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

# Energooszczędne motoreduktory do napędu podajników kotłowych

Andrzej Wieczorek

Zapotrzebowanie na energię na świecie ciągle rośnie. Wynika to z rosnących potrzeb w krajach rozwijających się oraz nieracjonalnego wykorzystania energii w krajach uprzemysłowionych. W celu ograniczenia niekorzystnego wpływu drugiego z wymienionych powodów na światowy bilans energetyczny konieczna jest optymalizacja zużycia energii przez odbiorniki. Unia Europejska, zgadzając się z tą koniecznością, wprowadza nowe Dyrektywy, które wraz z normami zharmonizowanymi wymuszają racjonalizację, a co za tym idzie – mniejsze zużycie energii elektrycznej.

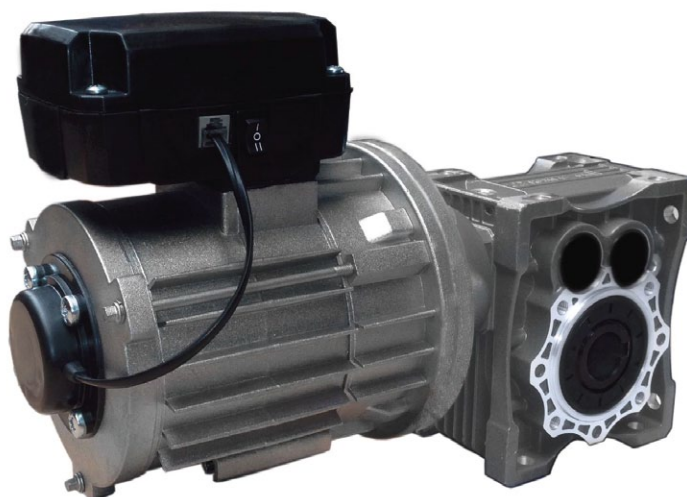
Przykładem ww. działań mogą być między innymi następujące regulacje: Rozporządzenie UE 640/2009 oraz 4/2014, określające minimalne poziomy sprawności trójfazowych silników elektrycznych o mocach powyżej 0,75 kW.

Wzrost świadomości w tym zakresie zarówno użytkowników, jak i producentów urządzeń elektrycznych powoduje wychodzenie naprzeciw problemowi optymalizacji zużycia energii elektrycznej. W związku z tym, że w gospodarstwie domowym zaopatrzenie w ciepło ma znaczący udział w bilansie energetycznym, obszar ten stanowi duży potencjał do modernizacji.

Przykładem racjonalizacji zużycia energii w ww. obszarze może być nowy **zestaw silnika 1-fazowego SSKh71-8A1 produkcji BESEL SA** (firma należy do Grupy Cantoni) wraz z wysokosprawną przekładnią hipoidalno-walcową typu ENH 050 produkcji EWMAR Sosnowiec, stosowaną do podajników paliwa stałego do kotłów CO.

Motoreduktor ten posiada następujące parametry użytkowe:

- prędkość obrotowa na wyjściu:  $n_{wyj} = 2,2$  obr./min;
- moc na wale silnika: 30 W;
- moment obrotowy na wale zdawczym:  $M_{wyj} = 145$  Nm;
- moc pobierana ok. 50% niższa w porównaniu do najczęściej stosowanego zestawu z dwiema przekładniami ślimakowymi;
- napięcie zasilania:  $U_N = 1 \times 230$  V 50 Hz;
- prędkość obrotowa silnika:  $n = 670$  obr./min.



Zestaw SSKh71-8A1 + ENH050



Zestaw SEMKh63-4A2 + JWG50

## DRIVING YOUR BUSINESS

Kolejnym przykładem jest energooszczędny motoreduktor o prędkości wyjściowej  $n_{wyj} = 1,1$  obr./min ze **specjalnym silnikiem SEMKh63-4A2**, zasilanie  $1 \times 230$  V 50 Hz o mocy pobieranej  $P_1 = 110$  W, mocy na wale silnika  $P_2 = 40$  W, prędkość obrotowa silnika 1400 obr./min, moment wyjściowy zestawu  $M_{wyj} = 180$  Nm.

Zestaw ma specjalną przekładnię ślimakowo-walcową typ JWG50 o przełożeniu  $i = 1200$  produkcji firmy EWMAR Sosnowiec.

Jak wynika z powyższego zestawienia, motoreduktory charakteryzują się wysokim momentem obrotowym na wyjściu przy stosunkowo niskim poborze mocy (wysoka sprawność), co stanowi bardzo istotną zaletę w porównaniu z najczęściej stosowanymi zestawami z dwiema przekładniami ślimakowymi.

Dodatkowymi istotnymi zaletami tego motoreduktora, docenianymi przez użytkowników, są: bardzo niski poziom hałasu  $L_{dB(A)} = 40^{+3}$  dB(A) oraz niski poziom drgań, co znacząco zwiększa komfort użytkowania w gospodarstwach domowych. W czasie pracy motoreduktor nagrzewa się do niezbyt wysokich temperatur: na kadłubie silnika ok.  $+50^{\circ}\text{C}$ , a na przekładni ok.  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Motoreduktory mogą być również wyposażone w:

- czujnik Halla (praca – zatrzymanie motoreduktora);
- kabel zasilający (o dowolnej długości) z wtyczką (dowolnego typu);
- wyłącznik załącz – wyłącz;
- czujnik bimetalowy w uzwojeniu silnika itp.

Andrzej Wieczorek

Główny Konstruktor w Fabryce Silników Elektrycznych  
BESEL SA (Grupa Cantoni)



Cantoni<sup>®</sup>  
GROUP

CANTONI MOTOR SA

ul. 3 Maja 28

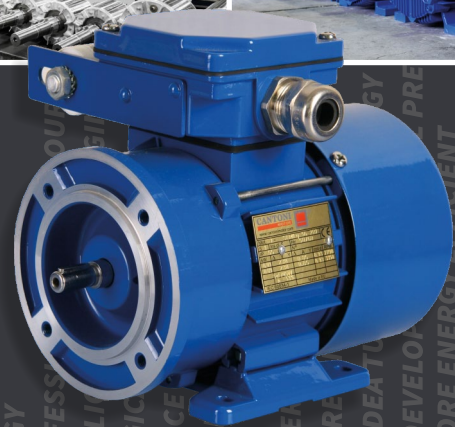
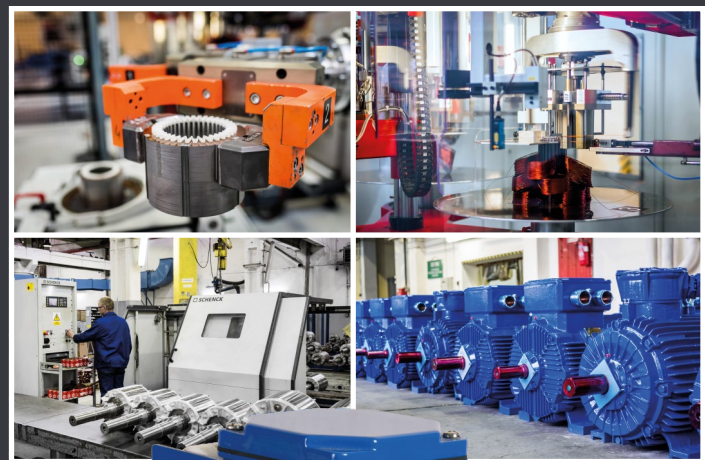
43-400 Cieszyn

tel. 33 813 87 00

fax 33 813 87 01

e-mail: motor@cantonigroup.com

www.cantonigroup.com



Oferujemy silniki indukcyjne  
w zakresie mocy  
od 0,04 kW do 6000 kW  
dla różnych gałęzi przemysłu



www.cantonigroup.com

# Wszystko, czego potrzebujesz, czyli nowa seria serwonapędów od Trio Motion

Zestawy serwonapędów składających się z serwowzmacniaczy DX4 oraz serwośilników serii MXL i MXM są zoptymalizowane pod względem funkcjonalności i wydajności tak, aby zapewnić skalowane rozwiązanie w automatyzowanych maszynach, w których ruch i jego kontrola odgrywają centralną rolę.

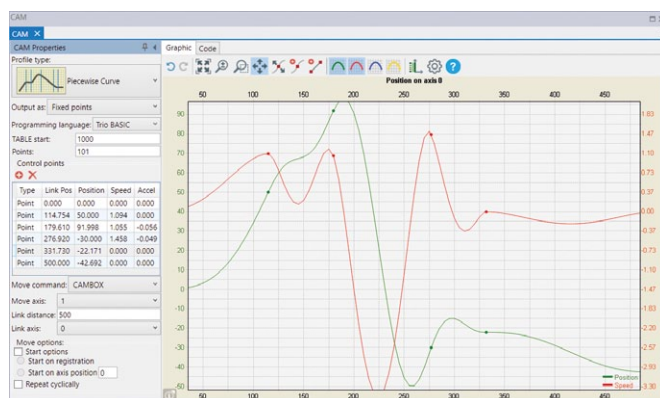
## Serwowzmacniacze serii DX4

DX4 to nowo opracowany jednoosiowy serwowzmacniacz, zaprojektowany do płynnej pracy z kontrolerami Trio. DX4 ma moc znamionową od 50 W do 3000 W. Silniki EM3A gwarantują wysoką prędkość oraz małą bezwładność, dzięki czemu są stosowane w maszynach o wysokiej precyzji i dokładności. Integracja kontrolera z serwonapędem pozwala na kompletną konfigurację podzespołów za pomocą jednego narzędzia programistycznego poprzez uruchomienie, diagnostykę i programowanie. Koncentrując się na łatwości użytkowania oraz konfiguracji, serwowzmacniacz DX4 minimalizuje czas instalacji i wdrożenia, pozwalając skupić się na swojej aplikacji.

## Główne cechy serwowzmacniaczy DX4:

- zintegrowany serwonapęd z oprogramowaniem Motion Perfect;
- obsługa EtherCAT, czas cyklu do 125 µs;
- kompaktowy rozmiar;
- normy bezpieczeństwa STO (SIL3, PLc);
- napięcie zasilania 1 × 230 V AC napędów od 50 W do 1500 W;
- napięcie zasilania 3 × 230 V AC napędów od 2000 W do 3000 W;
- silniki o małej bezwładności;
- enkoder absolutny 20-bitowy lub 23-bitowy;
- możliwość przeciążenia do 350%;
- wspólna szyna DC dla równoważenia obciążenia;
- funkcje wewnętrznej ochrony napędu;

- 7 wejść cyfrowych, 2 dedykowane wejścia do czujników krańcowych;
- 4 wyjścia cyfrowe;
- możliwość podłączenia zewnętrznego enkodera;
- autotuning czasu rzeczywistego z funkcjami tłumienia drgań i kompensacji tarcia.



## Jeden interfejs dla Twojej aplikacji

Napędy DX4 są w pełni zintegrowane z oprogramowaniem Motion Perfect, zestawem narzędzi dla planowania systemu, konfiguracji i programowania maszyn. Nowa wersja została ulepszona, tak aby konfiguracja, diagnostyka i uruchomienie stały się jeszcze prostsze. Zbudowany w oparciu o technologię Trio Motion-ix, zapewnia użytkownikowi łatwy do zrozumienia, zaprojektowany od nowa interfejs, który doskonale sprawdzi się w szybkim tworzeniu aplikacji, konfigurowaniu kontrolera i napędu oraz monitorowaniu funkcji.

## Serwośilniki serii MXL

MXL to seria serwośilników o wysokiej prędkości obrotowej i niskiej bezwładności, przeznaczona do współpracy z napędami serwo serii DX4 o mocach z zakresu 50 W – 1 kW. Rodzina serwośilników MXL zawiera rozwiązania z enkoderami absolutnymi jedno- oraz wieloobrotowymi, jest przeznaczona do aplikacji o prędkości do 6000 obr./min i uwzględnia warianty ze zintegrowanym hamulcem. Niska bezwładność zapewnia szybki czas reakcji, a silniki pomimo swoich niewielkich







rozmiarów osiągają bardzo wysoki moment obrotowy. W połączeniu z serwonapędami od Trio Motion idealnie wpasowują się w zastosowania o szybkiej odpowiedzi dynamicznej oraz szybkim i precyzyjnym pozycjonowaniu. Dzięki wysokiej wydajności, dostępnemu zakresowi mocy i niewielkim rozmiarom serwonapędy te mają szerokie zastosowanie.

#### Serwosilnik serii MXM

MXM to seria serwosilników o średniej prędkości i bezwładności, przeznaczona do współpracy z napędami serwo serii DX4 o mocach z zakresu 1 kW – 3 kW. Rodzina serwosilników MXM zawiera rozwiązania z enkoderami absolutnymi jedno- oraz wieloobrotowymi, jest przeznaczona do aplikacji o prędkości do 3000 obr./min i uwzględnia warianty ze zintegrowanym hamulcem. Średnia bezwładność zapewnia szybki czas reakcji, a silniki pomimo swoich niewielkich rozmiarów osiągają

bardzo wysoki moment obrotowy. W połączeniu z serwonapędami od Trio Motion idealnie pasują do zastosowań o szybkiej odpowiedzi dynamicznej oraz szybkim i precyzyjnym pozycjonowaniu. Dzięki wysokiej wydajności, dostępnemu zakresowi mocy i niewielkim rozmiarom serwonapędy te mają szerokie zastosowanie.

#### Główne cechy serii MXL i MXM:

- enkoder absolutny 20-bitowy lub 23-bitowy;
- stopień ochrony IP65;
- wyposażone w uszczelnienie olejowe;
- opcjonalnie hamulec.

**MultiProjekt**

Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.

ul. Cystersów 20 A

I Piętro

31-553 Kraków

tel. 12 413 90 58

fax 12 376 48 94

e-mail: [info@multiprojekt.pl](mailto:info@multiprojekt.pl)

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

reklama

**NOWOŚĆ!**

**SERWOWZMACNIACZE**

**DX4**

**TRIO**  
MOTION TECHNOLOGY



Kupuj tylko u oficjalnego dystrybutora:

**MultiProjekt**

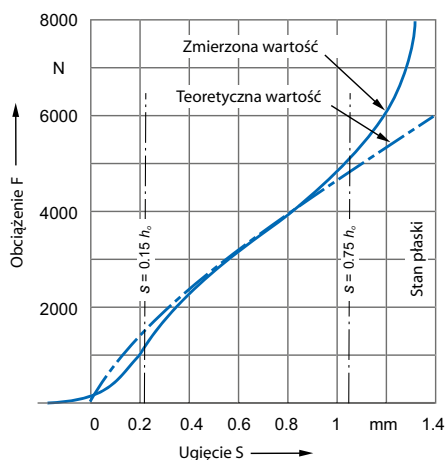
# Jak zakres ugięcia sprężyn krążkowych wpływa na ich wydajność

John Leckfor

Sprężyny krążkowe są podkładkami w kształcie stożka zaprojektowanymi tak, aby działały w przewidywalny i powtarzalny sposób. Można stosować je do przykładania obciążenia statycznego, gdy jest ono niemal stałe, lub w sytuacjach dynamicznych, gdy jest do nich wielokrotnie przykładane i usuwane. Zrozumienie, w jaki sposób charakterystyka obciążenia wpływa na ich działanie, jest kluczowe dla prawidłowego zaprojektowania systemu wykorzystującego sprężyny krążkowe.

Sprężyny, w odróżnieniu od innych elementów montażowych, mają za zadanie uginać się i magazynować energię mechaniczną. Ugięcie sprężyny krążkowej jest przewidywalne, co pozwala na oszacowanie jej cyklu życia po zamontowaniu jej w zespole.

Optymalną wydajność sprężyny krążkowej uzyskuje się, gdy stopień ugięcia roboczego utrzymywany jest na poziomie 15–75% pełnego ugięcia. To właśnie w tym zakresie zmierzone wyniki najdokładniej odpowiadają teoretycznej charakterystyce sprężyn krążkowych (patrz rys. 1).



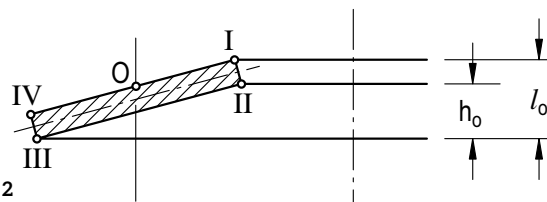
**Rys. 1.**  
Norma EN  
16983, Grupa 2,  
Seria B 50 x 25,4  
x 2 (dawniej DIN  
2093)

Zmierzona krzywa charakterystyki w dolnym zakresie (poniżej 15% pełnego ugięcia) odbiega od krzywej teoretycznej z powodu obecności naprężeń resztkowych. W środkowym zakresie krzywej, odpowiadającym zakresowi normalnej pracy sprężyny krążkowej, wartość zmierzona i teoretyczna są bardzo podobne. W miarę wzrastania wartości ugięcia powyżej 75% pełnego ugięcia ramię momentu siły spada, a odchylenie od wartości teoretycznej gwałtownie wzrasta. Z tego powodu przewidywalność siły/ugięcia jest ograniczona do zakresu normalnej pracy sprężyny krążkowej.

## Żywotność krążka

### Obciążenie statyczne

Obciążenie statyczne definiuje się jako przenoszenie stałego obciążenia lub obciążenia zmieniającego się w stosunkowo długich odstępach czasu, nie częściej niż co 10 000 cykli



Rys. 2

w założonym okresie eksploatacji. W zastosowaniach statycznych najwyższą obliczoną wartość naprężenia w połowie rozpiętości górnej powierzchni sprężyny krążkowej jest krytyczna (patrz punkt 0 na rys. 2). W tym punkcie najwyższą obliczoną wartość naprężenia nie powinna przekraczać przybliżonej wytrzymałości na rozciąganie materiału (1400–1600 N/mm<sup>2</sup>), gdy sprężyna znajduje się w pozycji płaskiej. Standardowych sprężyn krążkowych można używać przy obciążeniu statycznym bez wykonywania obliczeń teoretycznych, jeśli stopień ugięcia jest utrzymywany poniżej 75% całkowitego ugięcia.

### Obciążenie dynamiczne

Obciążane dynamicznie sprężyny krążkowe można podzielić na dwie ogólne kategorie:

1. Ograniczona trwałość zmęczeniowa, w przypadku której sprężyny krążkowe wytrzymują od 10 000 do 2 000 000 cykli.
2. Wysoka trwałość zmęczeniowa, w przypadku której sprężyny krążkowe są w stanie wytrzymać ponad 2 000 000 cykli.

W celu zwiększenia trwałości zmęczeniowej sprężyn krążkowych można stosować procesy takie, jak kulkowanie. Kulkowanie indukuje korzystne naprężenia ściskające na powierzchni krążka, zmniejszając rozprzestrzenianie się pęknięć.

Resztkowe naprężenia rozciągające, wynikające z produkcji, występują na górnej krawędzi wewnętrznej średnicy krążka (patrz punkt 1 na rys. 2).

W trakcie pracy to naprężenie rozciągające przechodzi w naprężenie ściskające. Poprzez to odwrócenie naprężeń trwałość zmęczeniowa drastycznie spada. Utrzymywanie sprężyny krążkowej pod stałym obciążeniem wstępnym przy minimum 15% ugięciu eliminuje to odwrócenie naprężeń i wydłuża żywotność sprężyny krążkowej.



### Znaczenie obciążenia wstępnego i końcowego

#### Obciążenie wstępne

Wstępne obciążenie sprężyny krążkowej pełni dwie role:

1. W sprężynach krążkowych bez przyłożonego obciążenia szczątkowe naprężenie rozciągające z produkcji występuje w pokazanym na rys. 2 punkcie I. Wstępne obciążenie krążka zmienia naprężenie rozciągające w punkcie I na naprężenie

ściskające. Utrzymanie górnej części krążka pod naprężeniem ściskającym zmniejsza ryzyko rozprzestrzeniania się pęknięć. Wahania pomiędzy naprężeniem rozciągającym a ściskającym znacznie ograniczają trwałość zmęczeniową sprężyny krążkowej. Sprężyna krążkowa musi zostać wstępnie obciążona do minimum 15% całkowitego ugięcia w celu wyeliminowania naprężeń rozciągających.

2. Sprężyna krążkowa osiada, gdy początkowo przyłożona siła równomiernie rozłoży się na jej obwodzie. Sprężyny krążkowe nie są w 100% symetryczne, więc w momencie osadzenia podczas obciążenia wstępnego występuje niewielki wzrost siły. Chociaż ten wzrost siły można przewidzieć, nie jest on uwzględniany w obliczeniach siły/ugięcia.

#### Obciążenie końcowe

Zwiększenie obciążenia końcowego skutkuje zwiększeniem naprężenia w sprężynie krążkowej, powodując mniejszą trwałość zmęczeniową. Jak w przypadku każdego elementu konstrukcyjnego, mniejsze ugięcie skutkuje mniejszym naprężeniem i dłuższą żywotnością. Obciążenie sprężyny krążkowej powyżej 75% całkowitej wartości ugięcia powoduje przekroczenie odcinka liniowego krzywej wydajności (patrz rys. 1), a naprężenia mogą wzrastać w sposób nieliniowy, prowadząc do szybkiej utraty odporności zmęczeniowej. Im mniejsze obciążenie końcowe spełniające wymagania konstrukcji, tym większa trwałość zmęczeniowa.

reklama


Trwałość zmęczeniową można zwiększyć poprzez zmniejszenie ugięcia sprężyny krążkowej. Jeśli wymagany jest dodatkowy przesuw, sprężyny krążkowe można organizować w stosy, aby zapewnić większe ugięcie bez zwiększania naprężeń na każdym z krążków, co prowadzi do zwiększenia trwałości zmęczeniowej.

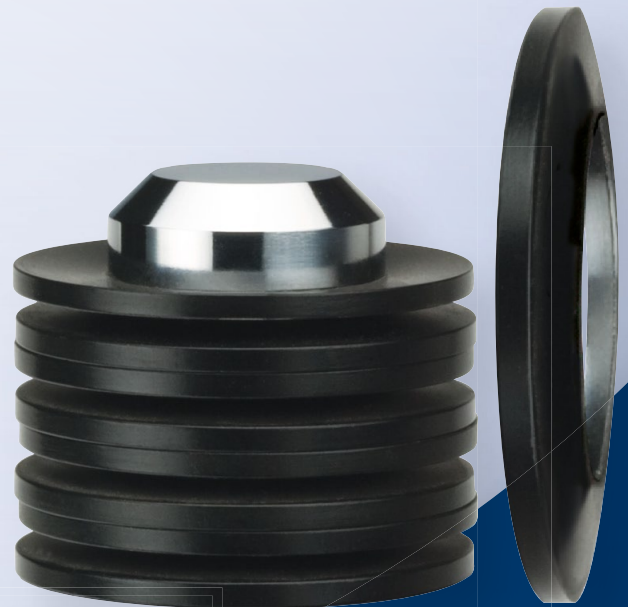
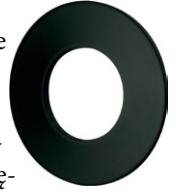
#### Podsumowanie

Zakres ugięcia sprężyny krążkowej determinuje przewidywalność jej działania i wytrzymałość.

W przypadku obciążenia statycznego nie jest konieczne wykonywanie teoretycznych kalkulacji naprężenia, pod warunkiem, że stopień ugięcia nie przekracza 75% pełnego ugięcia sprężyny krążkowej. Ugięcia o wyższych wartościach powodują duże naprężenia, które prowadzą do utraty siły sprężyny. Zrozumienie wpływu zakresu ugięcia na żywotność sprężyny krążkowej jest kluczem do określenia jej trwałości zmęczeniowej.

Wytyczne zawarte w niniejszym dokumencie mają charakter ogólny, dlatego też w celu spełnienia wymagań wydajnościowych w przypadku każdego konkretnego zespołu zalecamy konsultować się z inżynierami ds. wdrożeń, którzy specjalizują się w projektowaniu i opracowywaniu specyfikacji dla sprężyn krążkowych.

 John Leckfor, inżynier ds. wdrożeń  
SPIROL International Corporation, USA



# SPIROL®

Od 1948!

## SPRĘŻYNY DYSKOWE ZGODNE Z DIN 16983 (wcześniej DIN 2093)

### Dostępne od ręki!

- **Jeszcze dłuższa trwałość**
- **Wysokie obciążenia przy małych średnicach – oszczędność miejsca**
- **Łączenie w pakiety umożliwia szeroki wybór stosunku obciążenia do ugięcia**
- **Stała wydajność przy obciążeniu obliczeniowym**
- **Różnorodność pakietów, by sprostać wymaganiom twojej aplikacji**

Inżynierowie **SPIROL** pomogą Ci w stworzeniu niezawodnych rozwiązań łączenia i montażu.  
Skontaktuj się z nami już dziś!

Zgodne z:  
IATF 16949  
ISO 9001

**SPIROL.com**  
info-pl@spirol.com  
+48 510 039 345

# NORDAC PRO SK 500P: Najnowsza generacja przetwornic częstotliwości do szaf sterowniczych

Przetwornice częstotliwości NORDAC PRO SK 500P firmy NORD DRIVESYSTEMS zostały wyposażone w zintegrowany, wieloprotokołowy interfejs Ethernet, uniwersalny interfejs dla enkoderów do obsługi wielu osi napędowych oraz interfejs USB do parametryzacji bez zewnętrznego zasilania, stanowiąc w ten sposób doskonały wybór do każdej aplikacji.

**N**owe przetwornice częstotliwości do zabudowy w szafach sterowniczych są dostępne w zakresie mocy od 0,25 do 5,5 kW i zapewniają najwyższy poziom funkcjonalności, komunikacji sieciowej oraz modułowości. Dzięki wielu wersjom produktów NORDAC PRO można je optymalnie dopasować do szerokiego zakresu wymagań aplikacji. Zewnętrzne moduły sterownicze, bezpieczeństwa i dodatkowych opcji gwarantują maksymalną elastyczność, a wyjątkowo zwarta konstrukcja urządzeń formatu książki oszczędza miejsce w szafie sterowniczej.

## Zintegrowany interfejs Ethernet do obsługi wielu protokołów

NORDAC PRO SK 500P to nowa generacja przetwornic do szaf sterowniczych. Produkty zostały wyposażone w zintegrowany, uniwersalny interfejs Ethernet, który umożliwia korzystanie z głównych standardów sieci Ethernet czasu rzeczywistego za pośrednictwem jednego interfejsu. Niezależnie od tego, czy chodzi o Profinet, EtherNet/IP, Powerlink czy EtherCAT, wymagany protokół można łatwo skonfigurować za pomocą parametrów.

## Parametryzacja za pomocą portu USB bez zewnętrznego zasilania

Przyszłościowy charakter nowej serii przejawia się w nowoczesnych rozwiązaniach komunikacyjnych, takich jak użycie karty pamięci SD jako nośnika pamięci dla parametrów oraz wykorzystanie interfejsu USB, który umożliwia parametryzację falownika «w pudełku», gdy zasilanie jest wyłączone. Ponadto dostępny jest interfejs CANopen i pięć lub sześć wejść cyfrowych oraz dwa analogowe, a także dwa wyjścia cyfrowe i jedno analogowe, dwa bezpotencjałowe przekaźniki wielofunkcyjne, interfejs enkodera inkrementalnego HTL/TTL, a także uniwersalny interfejs enkodera umożliwiający podłączenie enkoderów SIN/COS, BiSS SSI, Hiperface i EnDat.



## Uniwersalny interfejs dla enkoderów do obsługi wielu osi napędowych

Przetwornica NORDAC PRO SK 500P jest w stanie odczytywać sygnały jednocześnie z czterech systemów enkoderów, dzięki czemu może sterować kilkoma napędami w trybie pozycjonowania. Nowe przetwornice to prawdziwie uniwersalne rozwiązanie, wykorzystujące zintegrowane sterowniki PLC dla realizacji zadań napędowych i sterowania logicznego, 200% rezerwę przeciążeniową dla optymalnego momentu obrotowego i prędkości przy różnych poziomach obciążenia oraz bezczujnikowe sterowanie wektorem prądu dla silników synchronicznych i asynchronicznych (w systemie pętli otwartej i zamkniętej). Zintegrowany moduł hamujący dla pracy 4-kwadrantowej stanowi część podstawowego wyposażenia całej serii, podobnie jak

zarządzanie hamulcem elektromechanicznym, które jest istotne dla aplikacji podnoszenia. Firma NORD wyposaża przetwornice w zintegrowane funkcje wyłączenia momentu STO oraz bezpiecznego zatrzymania SS1.

### Gotowe na Przemysł 4.0!

Zintegrowany sterownik PLC przetwarza dane z czujników oraz elementów uruchamiających i może inicjować sekwencje sterujące, jak również przysyłać dane z napędów i aplikacji do centrum sterowania, podłączonych do sieci komponentów czy magazynu w chmurze obliczeniowej. Pozwala to na ciągłe monitorowanie stanu wyposażenia i tym samym tworzy podstawę dla rozwiązań konserwacji predykcyjnej, jak również optymalnego wymiarowania instalacji.

Inteligentne, komunikatywne i łatwe do podłączenia: dzięki serii NORDAC PRO SK 500P firma NORD DRIVESYSTEMS posiada w ofercie przyszłościowe i przyjazne dla użytkownika falowniki do zabudowy w szafie sterowniczej. Zmieniono ogólną koncepcję, tak aby seria przetwornic stanowiła nową,

przyszłościową platformę, która zapewni wiele lat nieprzerwanej mocy i wydajności od firmy NORD. Nowa seria jest oczywiście wstecznie kompatybilna z obecną serią SK 500E. ■



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



## MOJA MOBILNA USŁUGA SERWISOWA

## JEST PRODUKCJI NORD!

## NOWA APLIKACJA NORDCON APP

- bezprzewodowe programowanie
- przenoszenie kopii parametrów 1 przyciskiem
- diagnostyka i podgląd parametrów online

**REDUKTOR + SILNIK + FALOWNIK = NOWOCZESNY NAPĘD**



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

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

# Rozwój w trakcie pandemii. Dotacje UE – co zostało

Anna Szymczak

Wraz z pogorszeniem się sytuacji w gospodarce na skutek wybuchu pandemii COVID-19 nie maleje zainteresowanie dotacjami dla przedsiębiorstw. W tych trudnych czasach zwrot poniesionych nakładów nawet do 85% wartości jest tym bardziej atrakcyjny, że pozwala zredukować obciążenie finansowe.

Dotacje unijne i krajowe na stałe wpisały się w świadomość polskich przedsiębiorstw jako dodatkowe źródło finansowania. Co więcej, to zainteresowanie jest podsycane działaniami promocyjnymi, w tym nie zawsze uczciwych doradców oferujących różnego typu pomoc przy pozyskaniu dotacji w programach, które nie istnieją lub nie ma już w nich środków do rozdysponowania, bo zostały wykorzystane.

Do końca roku 2020 do dyspozycji zostały tylko dotacje w ramach programów krajowych. Są to środki:

- w ramach projektów badawczych: Szybka ścieżka – Koronawirusy lub Bon na innowacje;
- w ramach projektów inwestycyjnych: Kredyt na innowacje technologiczne.

Szybka ścieżka to sztandarowy program Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020. Zakres tematyczny dotyczy przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się wirusów, ze szczególnym uwzględnieniem pandemii koronawirusa SARS-CoV-2.

Nabór wniosków trwa do 31.12.2020 roku. Budżet do podziału to 200 mln zł. Maksymalne dofinansowanie to do 90% dla przedsiębiorstw oraz 100% dla jednostek naukowych. Przedmiotem projektu muszą być badania przemysłowe i/lub eksperymentalne prace rozwojowe (ewentualnie uzupełnione o prace przedwdrożeniowe), których efektem jest opracowanie innowacyjnego rozwiązania możliwego do wdrożenia

w działalności gospodarczej. Wnioskodawcą może być przedsiębiorstwo, konsorcjum przedsiębiorstw lub konsorcjum naukowo-przemysłowe (składające się z max. 3 podmiotów, w tym min. 1 przedsiębiorstwa i min. 1 jednostki naukowej). Liderem jest zawsze przedsiębiorstwo.

Projekty realizowane samodzielnie przez MŚP (małe i średnie przedsiębiorstwa) powinny mieć wartość od 1 mln PLN do 50 mln euro, a pozostałe projekty – od 2 mln PLN do 50 mln euro.

To typowy program dotacji, który powstał w odpowiedzi na aktualną sytuację zdrowotną na świecie.

Drugim programem związanym z badaniami jest program prowadzony przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, tzw. Bon na innowacje dla MŚP – usługowy (POIR 2.3.2). Nabór wniosków trwa do 30.12.2020 roku. Projekt polega na zakupie od jednostki naukowej usługi polegającej na opracowaniu nowego lub znacząco ulepszanego wyrobu, usługi, technologii lub nowego projektu wzorniczego. Zakres nie jest sprofilowany, jak w przypadku Szybkiej ścieżki, dotyczyć może niemal każdej branży – opakowań z tworzyw, automatyzacji, przemysłu spożywczego itd. Do podziału jest 130 mln zł. Minimalna wartość nabywanej usługi to 60 tys. zł, a maksymalne koszty kwalifikowane to 400 tys. zł. Poziom dotacji to 85% kosztów. W tym programie wnioskować o środki mogą tylko mikro, małe lub średnie przedsiębiorstwa.

Jedynym programem inwestycyjnym, jaki pozostał w 2020 roku, jest program w ramach Banku Gospodarstwa Krajowego – Kredyt na innowacje technologiczne (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 towarów,


procesów lub usług oraz zapewnienie warunków dla prowadzenia produkcji tych produktów, procesów lub usług.

Technologia będąca przedmiotem wdrożenia musi mieć postać prawa własności przemysłowej lub wyników prac rozwojowych, lub wyników badań aplikacyjnych, lub nieopatentowanej wiedzy technicznej. Kredyt technologiczny nie może być udzielany na zakup środka trwałego, w którym została wdrożona nowa technologia, będąca przedmiotem inwestycji technologicznej. Nabór wniosków potrwa do 30.12.2020 roku. Do podziału jest 350 mln zł. Kosztami w ramach projektu inwestycyjnego mogą być:

- zakup nieruchomości niezabudowanej lub zabudowanej;
- zakup, wytworzenie, a także koszty transportu, montażu i uruchomienia środków trwałych;
- zakup robót i materiałów budowlanych w celu budowy lub rozbudowy budynków, budowli lub ich części;
- zakup wartości niematerialnych i prawnych w formie patentów, licencji, *know-how* oraz nieopatentowanej wiedzy technicznej;
- wykonane przez doradców zewnętrznych studia, ekspertyzy, koncepcje i projekty techniczne, niezbędne do realizacji inwestycji technologicznej;
- inne.

Maksymalna wartość projektu to 50 mln EUR. Poziom dotacji uzależniony jest od wielkości przedsiębiorstwa będącego wnioskodawcą oraz lokalizacji inwestycji. Może wynieść max. 70%. Ten program jest adresowany tylko do MŚP, podobnie jak Bon na innowacje.

Aktualnie nie ma na rynku innych programów krajowych do wspierania przedsiębiorstw. Instytucje zbierające wnioski mają na swoich stronach opublikowane szczegółowe warunki naborów i udzielają odpowiedzi na pytania ([www.ncbr.gov.pl](http://www.ncbr.gov.pl), [www.parp.gov.pl](http://www.parp.gov.pl), [www.bgk.pl](http://www.bgk.pl)). Rok 2020 to końcówka perspektywy budżetowej, więc wybór nie jest duży. Przedsiębiorcy powinni być ostrożni w nabywaniu publikacji za cenę 200–300 zł netto, płacąc za coś, co jest dostępne za darmo. Szukając środków na rozwój, należy być aktualnie szczególnie ostrożnym. ■

 Anna Szymczak – MS-CONSULTING

# Energooszczędny falownik serii SXA1000 w obudowie IP65, o mocy do 2,2 kW, do montażu na silniku

Jerzy Sobczak

Firma Sanyu Sobczak Sp. j. 2 lata temu wprowadziła na rynek falownik serii SXS1000 w obudowie IP56/65. Został on bardzo dobrze przyjęty przez naszych klientów. Przemiennek ten szczególnie chętnie wykorzystywany jest w branży klimatyzacji i wentylacji (HVAC). Jest obecnie produkowany do mocy 22 kW. Falownik ten stał się rozpoznawalną marką firmy Sanyu Sobczak Sp. j. w Polsce i na świecie.



Jego wersja dedykowana do zabudowy na silniku asynchronicznym to falownik serii **SXA1000**. Reprezentuje on nową generację wysokiej jakości wielofunkcyjnych, ekonomicznych i wydajnych przemienników częstotliwości. Przemiennek częstotliwości SXA1000 jest energooszczędnym falownikiem skalarnym, zasilany dzisiaj jedno, a w

najbliższej przyszłości trójfazowo, produkowanym obecnie do mocy 2,2 kW, zamkniętym w obudowie o stopniu ochrony **IP65**. Falownik ten jest wyposażony w całym swoim zakresie w filtry wejściowe. Jest energooszczędny (funkcja *energy-saving*), prosty w obsłudze i tani. Falownik serii SXA1000 posiada następujące cechy:

- sterowanie U/f;
- zabudowany filtr sieciowy;
- wyświetlacz LED;
- przystosowany do montażu na silniku;
- posiada RS485 (protokół komunikacyjny Modbus RTU lub ASCII);
- wbudowany prosty sterownik PLC;
- regulator PID;
- posiada funkcję „lotny start”;
- posiada zegar czasu;
- *Multi speed* – technologia zadawania do 9 prędkości;



reklama



**kupuj on-line**  
sanyu.eu/sklep

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



**SANYU.eu**  
falowniki • softstarty



Testowane i Serwisowane w Polsce  
+48 606 945 936



OSZCZĘDŹ ŚRODOWISKO I TWOJE PIENIĄDZE  
ECO-MONEY SAVING



od 2013 r.  
**SANYU.eu**  
na polskim rynku  
★★★★



Typ	Moc	Nap.	Cena zł
SXA1000-00R5G2	0,55	220	536,00
SXA100-00R7G2	0,75	220	545,00
SXA1000-01R1G2	1,1	220	602,00
SXA1000-01R5G2	1,5	220	612,00
SXA1000-02R2G2	2,2	220	644,00

\*oferta do wyczerpania zapasów

- 18 rodzajów zabezpieczeń;
- 3 wejścia cyfrowe;
- 2 wyjścia przekaźnikowe;
- wejście analogowe 0–10 V, 0/4–20 mA;
- zasilacz 24 V / 100 mA;
- funkcja *Emergency Stop*;
- funkcja inteligentnego sterowania pompami;
- zewnętrzny wyświetlacz LED.

Przebiegiem częstotliwości SXA1000 został tak zaprojektowany, aby przy możliwościach opisanych powyżej posiadał rozsądną cenę (patrz tabela). Stosowanie falowników o stopniu ochrony IP65 pozwala znacznie ograniczyć koszty instalacji. Ogranicza wielkość szaf sterujących oraz eliminuje wentylatory do ich przewietrzania. Przy zastosowaniu

odpowiednich adapterów można montować go bezpośrednio na silniku.

Kompaktowa obudowa, system montażu falowników serii SXA1000 nawiązują do obecnych na rynku produktów. Więcej informacji uzyskają Państwo na naszej stronie [www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu).

 Jerzy Sobczak

**SANYU.eu**<sup>®</sup>  
falowniki • softstarty

SANYU Sobczak Sp. j.  
[www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu)

## Robotyzacja i automatyzacja w Sosnowcu podczas ROBOTshow

Strefa Robotyzacji i Automatyzacji ROBOTshow oraz Międzynarodowe Targi Spawalnicze ExpoWELDING odbyły się zgodnie z planem mimo niesprzyjających okoliczności. W Expo Silesia zaprezentowały się firmy, które w swojej ofercie posiadają roboty przemysłowe i manipulatory, automatyzację procesów przemysłowych, systemy sterowania i nadzoru i – co najważniejsze – urządzenia i sprzęt niezbędny przy wykonywaniu procesów spawalniczych.

Tegoroczna edycja Targów, mimo iż zorganizowana w znacznie mniejszej niż dotychczas skali, była doskonałą okazją do spotkań po miesiącach izolacji. Targom pomimo przeciwności towarzyszył również ciekawy program wydarzeń towarzyszących. Podczas Targów miała miejsce 62. Międzynarodowa Konferencja Spawalnicza pod hasłem „Nowoczesne spawalnictwo – nowoczesna przyszłość” organizowana przez Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut



Spawalnictwa. Wydarzenie miało status Międzynarodowego Kongresu MIS w Polsce.

Organizacja Targów w tak niecodziennych warunkach wymagała zastosowania zasad bezpieczeństwa, aby obiekt i wydarzenia, które się w nim odbywają, były w pełni bezpieczne dla pracowników i uczestników. Wprowadzono nowe rozwiązania w zakresie organizacji przestrzeni wystawienniczej dla zwiedzających i wystawców, strefy wejścia, strefy gastronomicznej oraz zaostrezenia i utrzymania na wysokim poziomie środków bezpieczeństwa w zakresie higieny i dezynfekcji.

Wszystkim, którzy przyczynili się do tego, aby wydarzenie doszło do skutku, serdecznie dziękujemy. Udział w targach zawsze był i będzie kluczowym elementem realizacji planów sprzedażowych. Dlatego też, jako organizatorzy,



dołożymy wszelkich starań, aby kolejna edycja stworzyła szansę na nawiązanie nowych kontaktów i powrót do stabilności finansowej.



# FM Systeme – rodzina profili 40 ma nowe rodzeństwo

**S**trzelanie do wróbla z armat, nadprodukcja. Istnieje wiele sposobów na to, co opóźni rozwiązanie Twojego problemu lub doprowadzi go do granicy ceny. Czy tak musi być? Nie z naszego punktu widzenia.

Od teraz dostępny jest jeszcze szerszy zakres przekrojów w naszej serii 40 o bardzo lekkich profilach EL i normalnym N. Wszystkie dodatkowe konstruktywne wymagania mogą być teraz realizowane w ramach serii profili w zamkniętym projekcie.

Korzyści dla Ciebie:

- skrócenie czasu budowy dzięki kompleksowej serii profili;
- uniknięcie nadmiernej ingerencji dzięki dużej liczbie wariantów w ramach serii superlekkich profili 40;
- jednolity wygląd dzięki zastosowaniu tych samych przekrojów profili;
- zapobieganie gromadzeniu się kurzu przez zamknięte rowki;
- mniejsze straty materiału na osłony rowków.

W serii profili pojawiły się 2 nowe: Aluprofil 40 EL i 40 N.

FM Systeme to wiodący dostawca profili aluminiowych, obok ITEM i Bosch Rexroth, a właściwie w jednym rzędzie z nimi, gdyż profile FM są kompatybilne i z jedną, i z drugą marką. Oprócz tego FM Systeme dostarcza rurki 28 mm do konstrukcji pozwalających na odpowiednie gospodarowanie materiałem: od systemów regałowych po kanbanowe i shootery.

Zapraszamy do kontaktu. Po otrzymaniu maila prześlemy odpowiednie dane i doradzimy w doborze elementów w odniesieniu do specyfiki projektu.



KONTAKT: 5sAUTOMATE.com, info@5sAUTOMATE.com

reklama

## O firmie MASZCZYK

**F**irma MASZCZYK jest wiodącym polskim producentem obudów z tworzyw sztucznych do urządzeń elektronicznych oraz dostawcą systemów dla elektroniki. Od blisko 40 lat dostarczamy nasze produkty krajowym i zagranicznym odbiorcom.

Ofertujemy szeroką gamę gotowych obudów, klawiatur membranowych, elektroniki. Wciąż rozszerzamy naszą ofertę o kolejne ciekawe projekty.

Produkujemy również obudowy według specyfikacji technicznych klientów. Ponieważ kontrolujemy cały cykl wykonawstwa – począwszy od projektowania, tworzenia prototypów 3D, formy wtryskowej, poprzez obrabianie, produkcję klawiatury

membranowej, na malowaniu lub tworzeniu nadruków skończony – dajemy pewność, że produkt zostanie wykonany solidnie i na czas.

Zapraszamy do współpracy i odwiedzenia naszej strony [www.maszczyk.pl](http://www.maszczyk.pl).

reklama

**OFERUJEMY:**

- gotowe wzory obudów z plastiku i metalu;
- projektowanie;
- realizacja form wtryskowych;
- klawiatury membranowe;
- elektronika;
- frezowanie;
- sitodruk;
- malowanie;
- transfer wodny;
- gotowe urządzenia.

MASZCZYK • ul. Graniczna 24 • 05-252 Małopole  
tel. 22-783 45 20 • tel. kom. 602 726 086  
e-mail: maszczyk@maszczyk.pl • www.maszczyk.pl

# Przemysł potrzebuje spotkań – takich jak Targi STOM

Mniejsze niż zazwyczaj, ale tak samo efektywne wystawy przemysłowego cyklu spod znaku STOM w roku pandemii udowodniły, że biznesowe spotkania każdej branży są niezbędne.

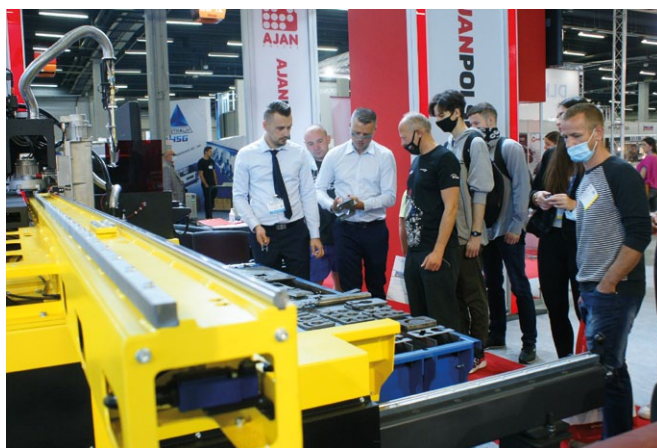
Kielecki Salon Technologii Obróbki Metali STOM, EXPO-SURFACE, CONTROL-STOM, KIELCE FLUID POWER, WIRTOPROCESY, SPAWALNICTWO, Targi TEiA oraz DNI DRUKU 3D zgromadziły przez 3 targowe dni blisko kilka tysięcy zwiedzających. Wystawcy zgodnie podkreślali, że mimo iż nie była to liczba imponująca jak zazwyczaj, to rozmowy na stoiskach przyniosły zamierzone efekty: niektórym udało się sprzedać maszyny, inni intratne kontrakty pozyskane w Targach Kielce podpiszą niebawem.

– Jesteśmy na Dniach Druku 3D, które są częścią Targów STOM, i jesteśmy tutaj po raz dziesiąty. Od samego początku, kiedy te Dni Druku pojawiły się na Targach STOM, my na nich jesteśmy. Nie wyobrażaliśmy sobie, żeby nie być w kolejnym roku, to dla nas jest oczywiste. W tym roku jesteśmy sponsorem głównym naszego wydarzenia towarzyszącego. Ostatni raz byliśmy na targach w lutym, teraz mamy wrzesień i to dopiero nasze kolejne targi. Nie wiedzieliśmy, jak będzie, ale zaryzykowaliśmy i jesteśmy mega zadowoleni – podsumował udział w wydarzeniu Andrzej Burgs z firmy Signis.

Na Targach prezentowały się najważniejsze firmy oferujące narzędzia skrawające i oprzyrządowanie technologiczne obrabiarek, pojawili się producenci maszyn do obróbki blach oferujący najwyższej klasy maszyny i urządzenia. Można było także zobaczyć wiodących producentów maszyn do cięcia. Licznie reprezentowana była branża poświęcona technologii szlifowania. W ofercie prezentowane były także maszyny, urządzenia i akcesoria spawalnicze, nie zabrakło również przemysłowych robotów. Stoiska poświęcone technologiom antykorozyjnym oraz ochronie powierzchni w tym roku również obfitowały w ciekawe produkty. Bogatą ofertę prezentowali wystawcy z zakresu pneumatyki, hydrauliki, napędów, sterowań i przemysłu pomiarowego. Większość maszyn i urządzeń prezentowana była podczas pracy, co jest ogromnym atutem kieleckich targów. Na zainteresowanie swoją ofertą nie mogli narzekać także wystawcy wydarzenia poświęconego robotom przemysłowym – STOM-ROBOTICS.

## Udany debiut Targów STOM-FIX

W trudnym czasie pandemii do przemysłowego cyklu dołączyły Targi Technologii i Komponentów Łącznych i Mocujących STOM-FIX. Rynek elementów złącznych daje w Polsce pracę dziesiątkom tysięcy ludzi w handlu i co najmniej kilku tysiącom w produkcji. Wartość rodzimej produkcji branży (w kraju działa



około 120 wytwórców) przekroczyła w 2019 r. 2 mld zł. Dodatkowo polskie łączniki w ciągu kilkunastu lat osiągnęły status hitu eksportowego, zwiększając przychód z eksportu ponad trzykrotnie. Jak się okazuje, wyodrębnienie kolejnej wystawy było strzałem w dziesiątkę

– Cienka blacha to jest to, czym tak naprawdę się zajmujemy. Większość tych elementów, które oferujemy, znajduje zastosowanie w przyłączeniu cienkich blach. Są tutaj potencjalni klienci zarówno wśród wystawców, jak i zwiedzających. Można na pewno nawiązać różne, ciekawe kontakty – mówił Piotr Hutny z H&S Technik.

## Przemysłowa Wiosna z nagrodami

Podczas uroczystej gali, która odbyła się pierwszego dnia Targów, nagrodzono najlepsze produkty prezentowane podczas wyjątkowej, jesiennej „Przemysłowej Wiosny”. O przyznaniu nagród decydowały komisje konkursowe. W czasie uroczystości wręczono także wyróżnienia i medale Targów Kielce za oryginalny i nowoczesny styl prezentacji targowej. ■

# TOOLEX – targi napędzające gospodarkę

Kolejne edycje Międzynarodowych Targów Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX oraz Targów OILexpo, poświęconych tematyce olejów, smarów i płynów technologicznych dla przemysłu, odbyły się zgodnie z planem mimo niesprzyjających okoliczności. W Expo Silesia zaprezentowały się firmy zajmujące się produkcją lub dystrybucją maszyn do obróbki czy narzędzi skrawających. Tegoroczna edycja Targów odbyła się pod hasłem „TOOLEX – wspólnie napędzamy gospodarkę” i mimo iż zorganizowana w znacznie mniejszej niż dotychczas skali, była doskonałą okazją do spotkań po miesiącach izolacji.

Wystawcy zaprezentowali urządzenia i rozwiązania technologiczne, których głównym celem jest skuteczne usprawnienie produkcji i obniżenie jej kosztów. Zakres branżowy uzupełniła oferta olejów i smarów stosowanych w przemyśle oraz chłodziwa wykorzystywane w procesach obróbki metali. Nie zabrakło prezentacji systemów pomiarowych i akcesoriów wspomagających pomiary oraz oprogramowania dla branży inżynierskiej.

Pomimo przeciwności zrealizowano również ciekawy program wydarzeń towarzyszących Targom. Po raz kolejny

gościliśmy Polskie Towarzystwo Tribologiczne Oddział Śląski, który zaprosił na XLI ŚRODOWISKOWE SEMINARIUM TRIBOLOGÓW nt. współczesnych problemów smarowania maszyn i urządzeń. Tematem przewodnim seminarium były problemy tribologiczne w obróbce ubytkowej przy wykorzystaniu cieczy smarująco-chłodzącej. Wiedzę z zakresu zastosowania innowacyjnych technologii i metod badawczych w kompleksowej optymalizacji procesu obróbki skrawaniem można było poszerzyć podczas seminarium zorganizowanego przez firmę ZPT.

Organizacja targów w tak niecodziennych warunkach wymagała zastosowania zasad bezpieczeństwa, aby obiekt i wydarzenia, które się w nim odbywają, były w pełni bezpieczne dla pracowników i uczestników. Wprowadzono nowe rozwiązania w zakresie organizacji przestrzeni wystawienniczej dla zwiedzających i wystawców, strefy wejścia, strefy gastronomicznej oraz zaostrożenia i utrzymania na wysokim poziomie środków bezpieczeństwa w zakresie higieny i dezynfekcji.

Wszystkim, którzy przyczynili się do tego, aby wydarzenie doszło do skutku, serdecznie dziękujemy i już dziś przypominamy, że prace nad TOOLEX 2021 zostały rozpoczęte i mamy nadzieję, że spotkamy się tym razem w bardziej sprzyjających okolicznościach podczas przyszłorocznej edycji – nie zwalniamy tempa! Zdajemy sobie sprawę, że pandemia pokrzyżowała plany rozwoju wielu firmom. Udział w Targach TOOLEX zawsze był i będzie jednak kluczowym elementem realizacji planów sprzedażowych. Dlatego też jako organizatorzy dołożymy wszelkich starań, aby kolejna edycja Targów TOOLEX stworzyła



szansę na nawiązanie nowych kontaktów i powrót do stabilności finansowej.

Zapraszamy na kolejną edycję Targów TOOLEX od 28 do 30 września 2021 roku!



# Razem możemy więcej – podsumowanie Targów SYMAS® i MAINTENANCE

Targi Obróbki, Magazynowania i Transportu Materiałów Sypkich i Masowych SYMAS® oraz Targi Utrzymania Ruchu, Planowania i Optymalizacji Produkcji MAINTENANCE organizowane przez Targi w Krakowie, które w dniach 14–15 października odbyły się w EXPO Kraków, są kolejnym dowodem na to, że przy zachowaniu restrykcyjnych obostrzeń sanitarnych możliwe jest przygotowanie targów na wysokim poziomie.

## Bezpieczeństwo było priorytetem

Dwa dni targów przemysłowych w Krakowie pokazały, że Organizatorzy są gotowi na realizację wydarzeń w najbardziej wymagających warunkach. Wszystkie spotkania odbyły się w skrupulatnie przestrzeganym reżimie sanitarnym. Każda osoba wchodząca na teren targów była zobligowana do wypełnienia ankiety epidemiologicznej. Wszyscy uczestnicy przechodzili przez tunel dekontaminacyjny i mieli mierzoną temperaturę. Ponadto nosili maseczki ochronne lub przyłbice i zachowywali dystans społeczny. Dozowniki z płynami do dezynfekcji rąk udostępniono zarówno na stoiskach wystawców, jak i w przestrzeniach wspólnych. Wszystko to sprawiło, że uczestnicy czuli się bezpiecznie, co podkreśla opinia Małgorzaty Lautenbach z firmy Dancop International GmbH:

– Pod względem organizacyjnym wykonana została doskonała praca, za którą należą się Targom w Krakowie



gratulacje. Przed przyjazdem do Krakowa nie wiedziałam, czego się spodziewać, jak rzeczywiście będą wyglądać targi. Tymczasem czuliśmy się bardzo bezpiecznie – już na wejściu zmierzono nam temperaturę, po chwili zostaliśmy od stóp do głów zdezynfekowani w specjalnej komorze. Na każdym kroku dostępne były płyny do dezynfekcji, na wszystkich klamkach umieszczono specjalne uchwyty do otwierania drzwi bez dotykania ich dłońmi. Uczestnicy zachowywali się odpowiedzialnie i przestrzegali wszystkich zasad sanitarno-epidemiologicznych. Klientów było oczywiście mniej niż rok temu, ale ci, którzy odwiedzili nasze stoisko, przeprowadzili z nami wartościowe rozmowy, dobrze rokujące na przyszłość. Organizatorzy udowodnili, że na targach jest bezpiecznie.

## Konkretne rozmowy z konkretnymi gośćmi

Wydarzenie umożliwiło nawiązanie nowych i utrwalenie dotychczasowych kontaktów, co w obecnych czasach jest szczególnie istotne. Przedsiębiorcy, którzy zaprezentowali swoją ofertę na Targach SYMAS® i MAINTENANCE, są w pełni świadomi, jak ważną rolę pełnią dzisiaj spotkania biznesowe. Podkreślają często, że korzyści płynące z udziału bywają dostrzegane przez cały rok. Konkurencja na rynku jest bowiem ogromna, a targi są przykładem na to, jak z roku na rok zmienia się branża.

– To, co wyróżnia Targi SYMAS®, to rewelacyjna organizacja, stały kontakt z Organizatorami i rozwiązywanie wszystkich problemów i niejasności na bieżąco. Doskonale zdajemy sobie sprawę, że wydarzenie ma ogromny



potencjał, dlatego na pewno weźmiemy udział w przyszłorocznej edycji, wierząc, że odbędzie się już w normalnych i spokojnych okolicznościach, przyciągając tłumy zainteresowanych odwiedzających. Tegoroczne rozmowy z klientami, choć było ich mniej, były bardzo konkretne i liczymy na to, że przyniosą oczekiwany rezultat. W tych szalonych i nieprzewidywalnych czasach organizacja targów w formie stacjonarnej okazuje się niesamowitym wyzwaniem zarówno dla Wystawców, jak i Organizatorów.

Zapewnienie najwyższych standardów bezpieczeństwa to temat, przed którym stanęli Organizatorzy i poradzili sobie z tym doskonale – mówi Edyta Godziek, Specjalista ds. Marketingu w Grupie MARAT.

### Duża dawka branżowej wiedzy

Coroczne spotkania w strefie *workshops* przyniosły uczestnikom wiele cennej branżowej wiedzy. Tematyka wykładów dotyczyła aktualnych trendów w oświetleniu przemysłowym, systemów oświetleniowych w dobie transformacji przemysłowej 4.0, ale także optymalnego zabezpieczenia zakładów poprzez systemy odpylania i wykorzystania symulacji komputerowej w modelowaniu transportu materiałów sypkich. Prelekcje poprowadzili m.in. Lesław Nokielski z firmy Polstage, Tomasz Balcerzak z NESTRO PPHU, Piotr Jagiełło ze Smart Lighting oraz Jakub Chłodek z Ecol Sp. z o.o.



### Prawdopodobnie najbezpieczniejsze Targi w Polsce

Wspólnie z Targami SYMAS® i MAINTENANCE odbyły się Targi Elementów Złącznych i Technik Łączenia FASTER POLAND® oraz Targi Rozwiązań Zwiększających Bezpieczeństwo Sanitarno-Epidemiologiczne ANTYCOVID EXPO. Na szczególną uwagę zasługuje ta druga impreza, która była pierwszym tego typu spotkaniem w Polsce. Zainteresowanie ofertą Wystawców i Odwiedzających przekroczyło najśmielsze oczekiwania Organizatorów. W Targach

wzięło udział 163 Wystawców prezentujących m.in. środki ochrony osobistej, technologie oczyszczania i dezynfekcji powierzchni, środki i sprzęt do dezynfekcji, systemy kontroli dostępu, akcesoria ochronne, osłony antywirusowe. Dzięki wydarzeniu uczestnicy mieli możliwość przetestowania licznych rozwiązań dostępnych na rynku. Targi ANTYCOVID EXPO pokazały, jak jeszcze wiele można, a nawet trzeba zrobić w kwestii bezpieczeństwa.

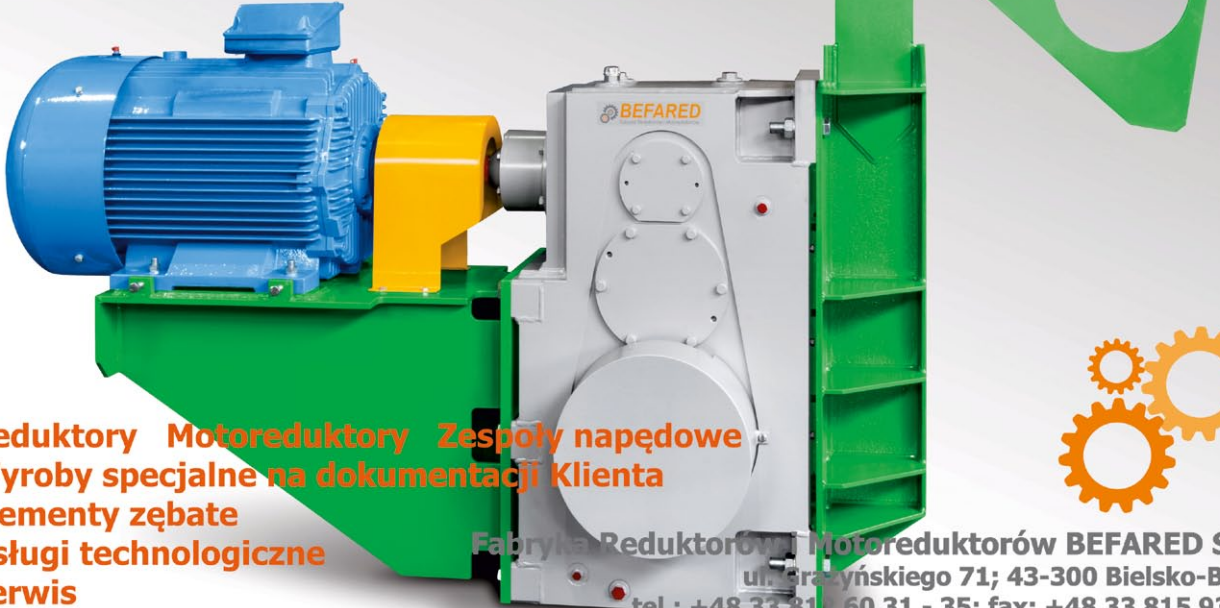
Więcej na stronach [www.symas.krakow.pl](http://www.symas.krakow.pl), [www.mtc.krakow.pl](http://www.mtc.krakow.pl) ■

reklama



# BEFARED

Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów



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

**www.befared.pl**

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



# Kierunek zmian w górnictwie – Konferencja KOMTECH-IMTech 2020

21. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna KOMTECH-IMTech i pierwsza w formule online odbywała się w dniach 4–6 listopada br. Organizatorami Konferencji oprócz Instytutu Techniki Górniczej KOMAG były również: Jastrzębska Spółka Węglowa SA, JSW Szkolenie i Górnictwo Sp. z o.o. oraz Instytut Badawczy IHP z Rumunii. Patronami Honorowymi Konferencji byli Minister Aktywów Państwowych oraz Prezes Wyższego Urzędu Górniczego.

W ciągu trzech dni trwania Konferencji odbyło się 12 sesji tematycznych, podczas których zaprezentowano 48 referatów. Referaty dotyczyły bezpieczeństwa pod ziemią, górnictwa przyszłości, cyberbezpieczeństwa, nowoczesnych systemów sterowania i monitoringu, systemów wydobywczych, nowych rozwiązań w układach hydraulicznych, systemów przerobczych oraz internacjonalizacji polskiego sektora okołogórniczego. Specjalna sesja była poświęcona technologii

drążenia z zastosowaniem kombajnu urabiająco-kotwiącego Bolter Miner, który od roku pracuje w Kopalni BUDRYK należącej do JSW SA. Swoimi doświadczeniami z ekspertami i praktykami górnictwa podzielili się uczestnicy przedsięwzięcia. Dodatkowo jedna z sesji poświęcona była projektowi finansowanemu przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nt. nowej generacji systemów posuwu wysoko wydajnych kompleksów ścianowych KOMTRACK, który ma na celu opracowanie i wdrożenie nowej generacji podatnego systemu posuwu kombajnu ścianowego samodostosowującego się do zmiennych nachyleń trasy przenośnika ścianowego wywołanych warunkami górnictwo-geologicznymi oraz prowadzonym procesem technologicznym z zastosowaniem wysoko wydajnych kompleksów ścianowych.

Ogromnym zainteresowaniem cieszyły się dwie debaty, dotyczyły górnictwa przyszłości oraz miejsca firm okołogórnicznych w świetle przemian w górnictwie. Moderatorem pierwszej debaty był Dariusz Prostański, Dyrektor Instytutu KOMAG, a gośćmi:

- Artur Dyczko – JSW SA;
- Artur Wasil – LW BOGDANKA SA;
- Tomasz Cudny – Tauron WYDOBYCIE SA;
- Waldemar Stachura – JSW SA;
- Stanisław Prusek, Główny Instytut Górnictwa.

Moderatorem drugiej debaty był Bartosz Polnik, Zastępca Dyrektora ds. Rozwojowych ITG KOMAG, a gośćmi:

- Zygmunt Łukaszczyk – CKU, Politechnika Śląska;
- Tomasz Grzyśka – FAMUR SA;
- Kamil Korzepa – CARBOAUTOMATYKA SA;
- Iwona Gramatyka – PTG SA;
- Aleksander Sobolewski – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla.

Konferencja zakończyła się spontanicznie zorganizowaną debatą podsumowującą, w której wzięli udział: Artur Dyczko, Wiceprezes Zarządu JSW SA, Artur Wasil, Prezes Zarządu LW BOGDANKA SA, Dariusz Prostański, Dyrektor ITG KOMAG oraz Stanisław Prusek, Dyrektor Głównego Instytutu Górnictwa. Tematem debaty była ponownie technologia drążenia z zastosowaniem kombajnu urabiająco-kotwiącego Bolter Miner. Temat ten stał się niejako kłamrą Konferencji, ponieważ rozpoczął ją i zakończył.





Konferencja, realizowana w trybie online, miała charakter otwarty i była bezpłatna. Statystyki pokazują, że trzy dni

Konferencji miały niemal 5 tys. wyświetleń, z czego 800 to wyświetlenia anglojęzycznego streamingu. Konferencja była oglądana m.in. w Indiach, Chile, Słowenii oraz oczywiście w kraju współorganizatorów, Rumunii.

Uczestnicy, oprócz wysłuchania referatów czy debat, mieli możliwość zadawania pytań poprzez dedykowany adres e-mail, z uwagi na formułę online w związku z sytuacją epidemiologiczną w naszym kraju.

W Konferencji wzięli udział przedstawiciele wszystkich polskich górniczych spółek, przedstawiciele uczelni technicznych oraz współpracujące z górnictwem przedsiębiorstwa oraz instytucje, m.in. Wyższy Urząd Górniczy. Konferencja została zorganizowana przy wsparciu technicznym Spółki JSW IT Systems.

Z komentarzy wynika, że Konferencja spotkała się z powszechnym uznaniem słuchaczy co do zaproponowanej formuły, a przedstawiona tematyka okazała się interesująca i wzbudzająca konstruktywną dyskusję. ■

#### WYDARZENIA

##### ● Czy Polska Chemia sprosta unijnym celom redukcji emisji CO<sub>2</sub>?

Polska Chemia podejmuje wiele działań, aby być jeszcze bardziej zieloną. Unijne cele redukcji emisji dwutlenku węgla do 2030 roku, związane z osiągnięciem neutralności klimatycznej do 2050 roku, są jednak bardzo ambitne i coraz częściej z Brukseli dochodzą głosy, że ich wartości mogą wzrosnąć. Niesie to dla firm z branży chemicznej szereg wyzwań i dodatkowych obciążeń. Sektor musi wdrożyć wiele innowacyjnych, kosztownych technologii, co bez odpowiednich instrumentów wsparcia ze strony administracji unijnej i krajowej może się nie udać. Ten ważny dla polskiej gospodarki temat podjęli eksperci w trakcie Debaty „Unijne cele redukcji emisji – jak Polska Chemia ma im sprostać?”, która zrealizowana została przez Polską Izbę Przemysłu Chemicznego (PIPC) w ramach Kampanii „Polska Chemia”.

Według Komisji Europejskiej założenia Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) są w zasadzie nową strategią rozwojową. Jest to podejście holistyczne i międzysektorowe. KE nie łączy EZŁ tylko z energią i klimatem, ale z całym przemysłem. Propozycja zwiększenia celów redukcji emisji do co najmniej 55 proc. w 2030 r. wymaga opracowania nowych regulacji na poziomie unijnym. KE dąży do tego,

aby „zielone” źródła energii były tańsze niż konwencjonalne. Wprowadzono w tym celu m.in. odpowiednie systemy certyfikacyjne.

Zdaniem Adama Guibourgé-Czetwyńskiego, Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Klimatu i Środowiska, unijne cele zmniejszenia emisji dwutlenku węgla już są bardzo ambitne. Ich realizacja wymaga szeregu narzędzi wsparcia dla firm. Polski rząd zaprezentował w Brukseli propozycje zwiększenia pomocy dla przemysłu. Oprócz kwestii związanych z dofinansowaniem, niezbędne dla osiągnięcia redukcji emisji nie tylko w Europie, ale w ogóle na świecie jest wprowadzenie granicznego podatku węglowego. Podatek ten to kluczowe narzędzie skutecznej polityki klimatycznej.

Zdaniem eksperta z WiseEuropa, Polska Chemia ma przed sobą trudną drogę i czeka ją wiele wyzwań. Sam skok technologiczny nie wystarczy. Polityka klimatyczna UE zmierza do tego, aby wyeliminować emisję dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych. Chemia to jeden z tych sektorów, w których najtrudniej zredukować emisję. Wszyscy muszą być przygotowani, że ceny emisji dwutlenku węgla nadal będą wysokie. Natomiast Bartosz Krzemiński, Kierownik Działu Zrównoważonego Rozwoju Biznesu w PKN ORLEN SA, uważa, że

wyzwaniem są nie tylko wysokie, ale przede wszystkim zmienne ceny w EU ETS, które koncern stale monitoruje. Ostatnio pojawiły się prognozy, że cena za tonę dwutlenku węgla w 2030 roku może wynieść nawet 70 euro. Każdy wzrost ceny motywuje firmę do tego, aby wdrożyć odpowiednie technologie. Oczywiście jest to także limitowane możliwościami inwestycyjnymi. Wprowadzenie mechanizmów ułatwiających przewidywanie cen w EU ETS zdecydowanie pomogłoby w realizacji niezbędnych działań przez firmy nie tylko z sektora chemicznego. Koncern paliwowy jednak bardziej niż progów kosztowych w EU ETS obawia się zmian w popycie na paliwa tradycyjne.

W trakcie debaty eksperci poświęcili także czas na dyskusję na temat wodoru. Komisja Europejska nie patrzy na ten gaz tylko jak na paliwo. Traktuje wodór jako nośnik energii, który chce jak najbardziej wkomponować w obecne strategie dotyczące całości OZE. Ministerstwo Klimatu i Środowiska także nawiązało współpracę z przemysłem w kwestii strategii wodorowej. Technologia wodorowa będzie miała kluczowe znaczenie dla rozwoju gospodarki. MKiŚ planuje w Polsce rozwijać strategię wodorową, która dodatkowo bardzo dobrze łączy się z działaniami związanymi z offshore.

[www.pipc.org.pl](http://www.pipc.org.pl)

## Ulga na robotyzację – nowe ułatwienie od 1 stycznia 2021 roku

Więcej robotów w produkcji przemysłowej, zwiększenie wydajności produkcji i obniżenie jej kosztów, a także utrzymanie światowych trendów w polskiej gospodarce – takie m.in. mają być efekty ulgi na robotyzację, którą przygotowują Ministerstwo Finansów i Ministerstwo Rozwoju. Przedsiębiorcy będą mogli dodatkowo odliczyć 50% kosztów poniesionych na inwestycje w robotyzację, niezależnie od wielkości i rodzaju branży. Odliczenie dotyczyć będzie także leasingu oraz szkoleń dla pracowników obsługujących roboty. Projekt ustawy w tej sprawie już jesienią trafi do Sejmu i powinien wejść w życie 1 stycznia 2021 roku.

– Chcemy zwiększenia poziomu robotyzacji polskiej gospodarki. Przyczyni się to do jej modernizacji i polepszenia jakości i elastyczności produkcji oraz komfortu pracy. Zwiększenie produkcji przemysłowej przy pomocy robotów podnosi wydajność i zyskowność, a tym samym konkurencyjność firm. W dłuższej perspektywie ułatwia ekspansję eksportową – mówi wicepremier, minister rozwoju Jadwiga Emilewicz.

– Zapewniamy podatkowe wsparcie dla wzrostu produktywności polskich firm. Chcemy uzupełnić ekosystem działających w Polsce preferencji podatkowych o rozwiązania wspierające otwieranie nowych linii produkcyjnych. Ulga obejmie przede wszystkim zakupy nowych robotów przemysłowych i oprogramowania potrzebnego do ich funkcjonowania. To jest kluczowy krok dla budowy w Polsce nowoczesnego, kompletnego ekosystemu ulg podatkowych – działających synergicznie, na każdym etapie procesu produkcyjnego. Będą do niego należeć ulga badawczo-rozwojowa, wspierająca prace koncepcyjne nad nowym produktem, ulga na prototyp, wspomagająca przeniesienie pomysłu na język praktyki i produkcji. Kolejnymi są ulga na inwestycje w aplikację robotyczną zawierającą robota i wszystkie elementy, dzięki którym może on pracować i – co równie ważne – współpracować z ludźmi i innymi maszynami,

oraz IP-Box, zmniejszający obciążenie na etapie komercjalizacji, czyli sprzedaży produktów – zaznacza wiceminister finansów Jan Sarnowski.

### Ulga na robotyzację – katalog kosztów podlegających uldze

Odliczenie od podstawy opodatkowania 50% kosztów kwalifikowanych związanych z inwestycjami w robotyzację dotyczyć ma:

- zakupu lub leasingowania nowych robotów i kobotów;
- zakupu oprogramowania;
- zakupu osprzętu (np. torów jezdnych, obrotników, sterowników, czujników ruchu, efektorów końcowych);
- zakupu urządzeń bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP);
- szkoleń dla pracowników, którzy będą obsługiwali nowy sprzęt.

### Ulga na robotyzację – dla kogo, od kiedy

- Odliczenie 50 proc. kosztów uzyskania przychodów poniesionych na inwestycje w robotyzację ma obowiązywać od 1 stycznia 2021 roku.
- Ulga ma być dla wszystkich firm, bez względu na wielkość lub branżę.
- Ulga obejmie płatników PIT i CIT.
- Koszty na robotyzację przedsiębiorcy będą mogli odliczyć w ciągu roku podatkowego, a w momencie składania rocznego zeznania podatkowego dokonają dodatkowego odpisu (tak jak przy uldze na prace badawczo-rozwojowe).
- Ulga będzie obowiązywać przez pięć lat – do końca 2025 roku.

### Koszty budżetowe ulgi na robotyzację

Z szacunków Ministerstwa Rozwoju wynika, że łączne koszty ulgi na robotyzację zamkną się w kwocie 1,1 miliarda zł w ciągu pięciu lat.

Wprowadzenie ulgi będzie kosztować budżet państwa ok. 150 milionów zł w pierwszym roku jej obowiązywania.

Wg szacunków koszty ulgi wraz z popularyzacją inwestycji robotycznych będą wzrastać, a w ostatnim roku

funkcjonowania ulgi wyniosą ok. 315 milionów zł.

### Co zyska gospodarka dzięki uldze na robotyzację?

Szacuje się, że dzięki uldze zwiększy się – dwuipółkrotnie – liczba robotów w Polsce (z 13,6 tys. na koniec 2018 roku).

Wzrośnie wydajność produkcji, obniżą się jej koszty oraz poprawi się jakość i elastyczność produkcji, a w efekcie jej konkurencyjność.

Robotyzacja pozwoli na wyeliminowanie ciężkiej i monotonnej fizycznej pracy ludzkiej.

### Ulga na robotyzację, tak jak ulga na B+R, IP Box

Konstrukcja ulgi (sposób dokonania dodatkowego odliczenia, stworzenie katalogu konkretnych wydatków, na które będzie obowiązywać ulga na robotyzację) została przygotowana na podstawie doświadczeń ulgi na badania i rozwój.

Z danych Ministerstwa Finansów wynika, że z ulgi na B+R korzysta coraz więcej firm – w 2019 roku aż o 34% wzrosła liczba podmiotów, które wykzystały ulgę na prace badawczo-rozwojowe (w porównaniu z 2018 rokiem).

Z ulgi B+R na prace badawczo-rozwojowe skorzystało w ubiegłym roku 1 tys. 277 podatników CIT oraz 1 tys. 192 podatników PIT.

Ze wstępnych danych Ministerstwa Finansów wynika, że podatnicy CIT odliczyli w 2019 roku od podstawy opodatkowania 2162 mln zł (wzrost o 29%), a podatnicy PIT – 275 mln zł i było to więcej o 54%.

W 2019 roku można było po raz pierwszy skorzystać z ulgi IP Box, przeznaczonej dla przedsiębiorców, którzy komercjalizują prawa własności intelektualnej (IP) pozyskane z własnej działalności badawczo-rozwojowej.

W 2019 roku było 1 tys. 650 podatników IP Boxa, a kwota zapłaconego przez nich „IP podatku” wyniosła 44 mln zł.

Źródło: gov.pl



## Nowy wymiar ochrony budynków w czasie epidemii

**T**rwający kryzys związany z epidemią koronawirusa SARS-CoV-2 stawia przed branżą ochrony nowe wyzwania. Wartością stało się wychwytywanie symptomów zakażenia patogenem na poziomie wejścia do budynku. Przedsiębiorcy zatrudniający wielu pracowników powinni mieć świadomość, że dziś na rynku dostępne są systemy zabezpieczenia obiektu wyposażone w inteligentne kamery ze zdolnością rejestracji temperatury ciała z odległości nawet do 5 metrów.

Kamera z przetwornikiem termicznym i czujnikiem optycznym umożliwia detekcję twarzy i sylwetki, nawet gdyby w polu monitoringu znalazło się jednocześnie aż 16 osób, a także przypisuje temperaturę do sylwetki każdej z osób w polu monitoringu wizyjnego. Pomiar jest dokonywany szybko, charakteryzuje się precyzją. Ponadto integracja z systemem PSIM+ przy wystąpieniu nieprawidłowego pomiaru umożliwia wyświetlenie na monitorze sugerowanej procedury postępowania, np. zablokowanie bramki.

Ta funkcja systemu przyciąga szczególną uwagę w dobie walki z koronawirusem. Pracownicy ochrony nadal odgrywają kluczową rolę w zabezpieczeniu obiektów. Ich pozycję wzmacnia to, że wiele naruszeń procedur i bezpieczeństwa pociąga za sobą konieczność ich interwencji. Jednak rosnąca rola technologii powoduje, że pracowników ochrony stopniowo ubywa, a mimo to poziom zabezpieczeń wzrasta.

### Zintegrowane bezpieczeństwo

Rozwój techniki sprawia, że system stworzony przez oprogramowanie, łączność i zarządzanie danymi zapewnia lepszy nadzór nad bezpieczeństwem miejsc

niż człowiek. Już w 2021 roku wartość rynku ochrony osób i mienia w Polsce przekroczy kwotę 11 mld zł. Jednym z trendów w branży security będzie profesjonalizacja usług w oparciu o nowoczesne technologie. Postępujący rozwój oprogramowania, szczególnie w dziedzinie sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego, stwarza zupełnie nowe możliwości, które z chęcią są adaptowane przez branżę zabezpieczeń. Jednym z takich rozwiązań są systemy klasy PSIM (ang. *Physical Security Information Management*), czyli uniwersalne systemy integrujące wszystkie elementy odpowiedzialne za ochronę budynku.

W początkowych założeniach systemy zarządzania bezpieczeństwem obiektów klasy PSIM nie miały wyręczać pracowników ochrony, lecz ich wspierać. Jednak lata rozwoju i ciągłego poszerzania funkcji doprowadziły do sytuacji, w której systemy te w praktyce zapewniają obiektom skuteczniejszy monitoring i bezpieczeństwo niż człowiek. Jako przykład takiego systemu może posłużyć rozwiązanie WinGuard X4.

Nowoczesne technologie umożliwiają monitoring oraz regulowanie przepływu osób w obiekcie czy wjazdu samochodów na jego teren. Poziom bezpieczeństwa zwiększają takie funkcje, jak choćby zdalna obsługa bram wjazdowych i szlabanów, automatyczna kontrola wjazdu na podstawie uprawnionych tablic rejestracyjnych, koloru lub marki pojazdu czy zdalna obsługa systemu sygnalizacji włamania i napadu, łącznie z powiadomieniem grupy interwencyjnej. System ma zdolność raportowania zdarzeń, także na urządzenia mobilne, a także daje użytkownikom możliwość centralnego zarządzania wieloma obiektami

oraz porządkowania obowiązujących tam procedur.

### Odpowiedzialność przejmują maszyny

Dla użytkowników równie istotna jest możliwość zarządzania bieżącą eksploatacją obiektów, a także kontrola klimatyzacji realizowana na podstawie z góry określonego harmonogramu czy zarządzanie kalendarzem konserwacji i przeglądów, np. gaśnic. Zastosowanie wszystkich powyższych funkcji skutkuje ograniczeniem odpowiedzialności, którą dotychczas powierzano i wciąż na dużą skalę powierza się ludziom. To duże ułatwienie pracy dla pracowników ochrony. Warto zaznaczyć, że jakość wdrożeń systemu jest dziś gwarantowana przez certyfikowanych partnerów technologicznych, którzy potrafią dopasować rozwiązania do indywidualnych potrzeb nabywcy.

Celem jest coraz wyższy poziom bezpieczeństwa obiektów. Skuteczniejsza ochrona jest możliwa obecnie przez centralizację zarządzania informacjami pozyskiwanymi ze wszystkich systemów zabezpieczeń technicznych zainstalowanych na chronionym obiekcie. Nowoczesna technologia monitoringu wizyjnego i detekcji niepożądanych zdarzeń podwyższa skuteczność zdalnej kontroli obiektu i zarazem umożliwia natychmiastową reakcję ze strony kontrolerów systemu, pracujących w trybie 24/7. System PSIM+ nie tylko uniemożliwia wejście na obiekt niepowołanych osób, lecz także ogranicza koszty ochrony, których zdecydowaną większość pochłania stała obecność w obiektach wyspecjalizowanych pracowników ochrony. ■

Źródło: C&C Partners

reklama



Preferujesz internet?

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

# Diagnostyka online procesów przemysłowych dużej skali

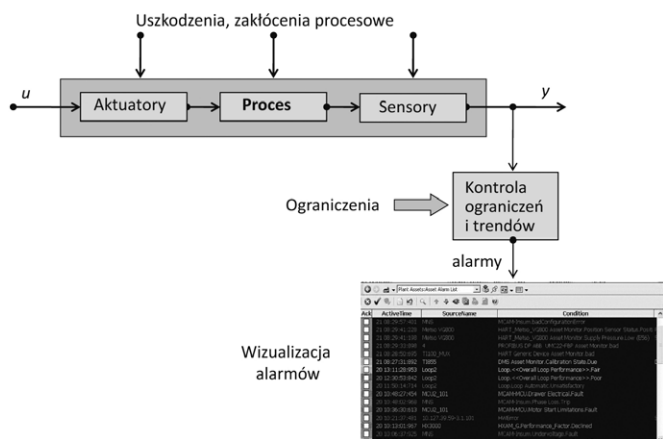
Jan Maciej Kościelny

## 1. Wprowadzenie. Stan wiedzy a praktyka diagnostyki online złożonych procesów przemysłowych

W okresie ostatnich ponad trzydziestu lat prowadzono na świecie badania w zakresie metod detekcji i lokalizacji uszkodzeń, wywodzących się z teorii modelowania i identyfikacji oraz technik sztucznej inteligencji. Wyniki tych badań zostały zaprezentowane w opracowaniach książkowych [1–3, 9, 16, 17, 20, 24–27, 35, 65, 90] oraz w bardzo licznych artykułach, w tym pracach przeglądowych [7, 14, 15, 19, 21, 23, 62, 87, 88, 89]. Ważnym źródłem wiedzy w tym zakresie są także materiały różnorodnych konferencji naukowych, a szczególnie cyklicznych konferencji specjalistycznych: IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes – SAFEPROCESS, International Conference on Diagnostics of Processes and Systems – DPS, International Workshop on Principles of Diagnosis DX, Workshop on Advanced Control and Diagnosis, Conference on Control and Fault-Tolerant Systems – SysTol.

Wyróżnić można dwa podejścia do diagnostyki procesów przemysłowych: klasyczne oraz zaawansowane. W podejściu klasycznym (rys. 1), które jest wciąż dominujące w praktyce przemysłowej, do detekcji uszkodzeń są głównie stosowane proste metody kontroli ograniczeń. Lokalizacja uszkodzeń jest prowadzona zazwyczaj przez operatora. W nielicznych rozwiązaniach operator jest wspierany przez system wnioskujący o przyczynach alarmów na podstawie reguł lub funkcji logicznych. Zaawansowana diagnostyka jest natomiast oparta na wykorzystaniu modeli procesów do detekcji uszkodzeń, a do lokalizacji uszkodzeń są stosowane metody wnioskowania.

W rozwiązaniach klasycznych rolę systemu diagnostycznego procesu odgrywa system alarmowy, będący integralną



Rys. 1. Schemat diagnostowania na podstawie alarmów

**Streszczenie:** Porównano stan wiedzy i stan techniki w zakresie diagnostyki online procesów przemysłowych dużej skali. Scharakteryzowano podstawowe problemy diagnostyki online procesów złożonych i metody prowadzące do ich rozwiązania, koncentrując się na wynikach uzyskanych w zakresie lokalizacji uszkodzeń. Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom: różnorodności uszkodzeń, rozpoznawania uszkodzeń wielokrotnych, metod wnioskowania w warunkach niepewności obserwowanych symptomów, dekompozycji obiektu i diagnozowania w strukturach zdecentralizowanych oraz zastosowania grafowych modeli w projektowaniu systemów diagnostyki procesów przemysłowych. Omówiono efektywne i odporne algorytmy diagnozowania złożonych obiektów dynamicznych dużej skali oraz ich implementację w zrealizowanych systemach diagnostycznych. W podsumowaniu podkreślono znaczenie diagnostyki online w zapewnieniu bezpieczeństwa procesów.

częścią współczesnych systemów sterowania i monitorowania procesów (DCS, SCADA). Systemy alarmowe mają wiele wad [48]. Podstawową wadą jest występowanie w stanach awaryjnych bardzo dużej liczby alarmów. Typowe są przypadki, gdy liczba alarmów w okresie minuty przekracza 100, a nawet 500. Z danych EEMUA (*The Engineering Equipment and Materials Users' Association*) wynika, że średnia dobowo liczba alarmów w przemyśle petrochemicznym wynosi ok. 1500, a w przemyśle energetycznym 2000, podczas gdy według zaleceń nie powinna przekraczać 144. Nadmiar alarmów stanowi dla operatorów poważny problem, był m.in. przyczyną eksplozji w rafinerii Texaco's Milford Haven w 1994 r. „Lawina alarmów” powoduje zjawisko przeciążenia informacyjnego, a w jego następstwie stres. Może to prowadzić do powstawania dodatkowych błędów obsługi operatorskiej, które kumulując się z wcześniej zaistniałymi uszkodzeniami, powodują poważne awarie [33]. Innymi istotnymi wadami systemów alarmowych są: brak możliwości detekcji niektórych uszkodzeń ze względu na maskowanie ich symptomów przez układy regulacji oraz opóźnienia detekcji.

Pomimo tych wad podejście klasyczne jest powszechnie stosowane w praktyce. Systemy alarmowe są stale ulepszane, wprowadzane są różne mechanizmy zarządzania alarmami (głównie w systemach sterowania klasy DCS), ale nie ulega zmianie podstawowa przyczyna ich słabości, którą jest stosowanie kontroli ograniczeń do detekcji uszkodzeń.

Systemy diagnostyczne (SD) dla procesów przemysłowych są oparte na zaawansowanych metodach detekcji i lokalizacji

# SENOMA

SENOMA Sp. z o.o., 40-153 Katowice, Al. Korfantego 191  
 tel. +48 32/730 30 30, tel. +48 32/730 30 31, fax +48 32 /730 23 23  
 e-mail: senoma@senoma.pl, www.senoma.pl

H  
A  
M  
U  
L  
C  
E

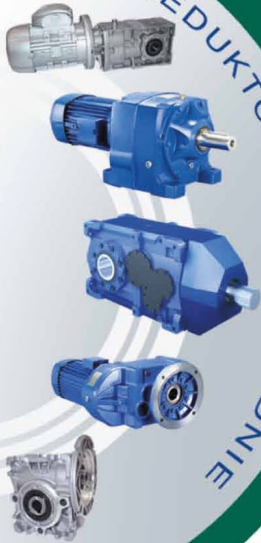


S  
I  
L  
N  
I  
K  
I,  
F  
A  
L  
O  
W  
N  
I  
K  
I,  
S  
O  
F  
T  
S  
T  
A  
R  
T  
Y



www.senoma.pl  
 T  
E  
C  
H  
N  
I  
K  
A  
N  
A  
P  
Ę  
D  
O  
W  
A

M  
O  
T  
O  
R  
E  
D  
U  
K  
T  
O  
R  
Y,  
P  
R  
E  
K  
Ł  
A  
D  
N  
I  
E



W  
A  
Ł  
Y  
C  
A  
R  
D  
A  
N  
A



Ł  
A  
Ń  
C  
U  
C  
H  
Y,  
F  
L  
A  
T  
T  
O  
P  
Y



P  
I  
E  
R  
Ś  
C  
I  
E  
N  
I  
E



www.senoma.pl  
 T  
E  
C  
H  
N  
I  
K  
A  
N  
A  
P  
Ę  
D  
O  
W  
A

**REXNORD**

Viva  
Omega  
Wrapflex  
Thomas  
Addax  
Steelflex  
Liflign  
Orange Peel Guard

**TOP-Distributor 2011**

The company  
Senoma Sp. z o.o.  
is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2010**

The company  
Senoma  
is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in DACH+ sales

By excellent product knowledge focus, Senoma distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2012**

The company  
Senoma Sp. z o.o.  
is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Lubomir Vlk Area Sales Mng'r Mechelen, June 2013  
Rodrigo Madiedo Coupling Marketing Mng'r Mechelen, June 2013

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

The company  
Senoma  
is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in English speaking areas.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma has distinguished himself in outstanding consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Uwe Palm Key-Account-Manager Mechelen, May 2010  
Eric Bickley General Manager Mechelen, May 2010

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

The company  
Senoma  
is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in English speaking areas.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma has distinguished himself in outstanding consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Uwe Palm Key-Account-Manager Mechelen, May 2010  
Eric Bickley General Manager Mechelen, May 2010

S  
P  
R  
Z  
E  
G  
Ł  
A

uszkodzeń i wykorzystują różnego rodzaju modele. Automatyka diagnostyka z zastosowaniem modeli cząstkowych procesu i zaawansowanych algorytmów lokalizacji (rys. 2) pozwala na precyzyjne wskazywanie zaistniałych uszkodzeń oraz znaczne skrócenie czasu wykrycia i lokalizacji awarii w stosunku do diagnostyki realizowanej przez system alarmowy i operatora. Jednak SD, pomimo swoich zalet, dotychczas nie są powszechnie stosowane. Znane aplikacje, o charakterze wdrożeń pilotażowych oraz badań przemysłowych, były realizowane głównie przez ośrodki naukowe. Wiodące firmy w branży automatyki nie oferują jeszcze właściwych rozwiązań SD dla procesów przemysłowych. Przyczynami tego stanu rzeczy są wrażliwość modeli na niestacjonarność obiektu, a także skutki prac remontowych, które powodują zmiany wartości parametrów obiektu. Konieczne jest zatem dostrajanie modeli, co utrudnia eksploatację SD. Inną przyczyną braku aplikacji SD w przemyśle jest niedostateczna odporność stosowanych metod lokalizacji uszkodzeń na różnego rodzaju zmiany zachodzące w diagnozowanym obiekcie [51]. Brak jest także dostatecznej liczby specjalistów zatrudnionych w przemyśle.

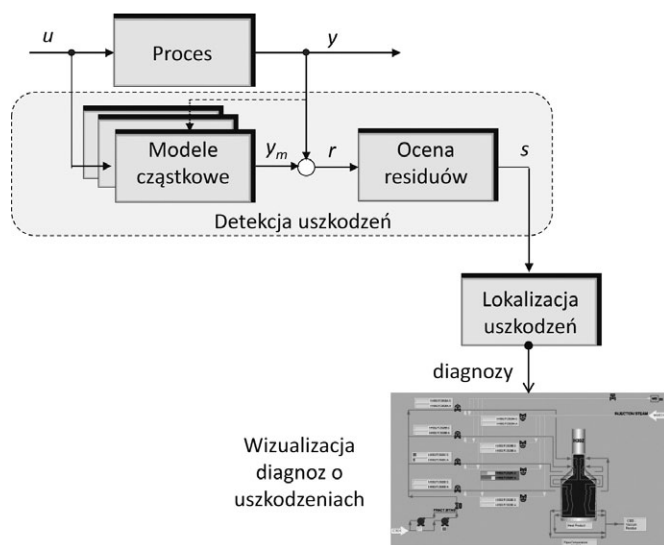
Można stwierdzić, że między poziomem teorii diagnostyki układów dynamicznych a stanem techniki jest jeszcze wielka przepaść, która powinna zostać w najbliższych latach zniwelowana ze względu na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa.

## 2. Podstawowe problemy diagnostyki online procesów złożonych

W Instytucie Automatyki i Robotyki PW (IAiR PW) od ok. 30 lat są prowadzone badania w zakresie diagnostyki online procesów przemysłowych. Celem naukowym tych badań jest opracowanie metod rozwiązania podstawowych problemów rozpoznawania uszkodzeń w złożonych obiektach dynamicznych oraz opracowanie efektywnych i odpornych algorytmów automatycznego diagnozowania procesów przemysłowych w czasie rzeczywistym.

Problemy diagnostyki online procesów złożonych dotyczą zarówno metod projektowania systemu diagnostycznego dla procesów złożonych, jak i algorytmów diagnozowania w czasie rzeczywistym. Wiązą się one przede wszystkim ze skalą diagnozowanych obiektów, a także z indywidualnym charakterem wielu rozwiązań technicznych stosowanych w bardzo złożonych instalacjach petrochemicznych, chemicznych, energetycznych i innych. Powoduje to trudność przenoszenia doświadczeń na nowe obiekty.

Czynnikiem utrudniającym diagnozowanie procesów przemysłowych jest brak danych pomiarowych reprezentujących stany awaryjne. Praktycznie niemożliwe jest pozyskanie danych uczących dla stanów awaryjnych (np. procesów chemicznych), a tym bardziej dla stanów z uszkodzeniami wielokrotnymi. Natomiast system diagnostyczny powinien być zdolny do rozpoznania stanów awaryjnych, które wystąpią pierwszy raz. To sprawia, że metody klasyfikacji wymagające znajomości wzorców dla poszczególnych stanów nie są przydatne do rozpoznawania stanów z uszkodzeniami. Lokalizacja uszkodzeń może być prowadzona jedynie metodami wnioskowania automatycznego, a określenie związku między uszkodzeniami a wartościami sygnałów diagnostycznych jest możliwe na podstawie



**Rys. 2.** Schemat diagnostowania na podstawie modeli cząstkowych i wnioskowania automatycznego

wiedzy eksperckiej. Budowa modeli matematycznych procesu, uwzględniających wpływ uszkodzeń na wartości residuów, jest bardzo trudna i kosztowna, a w wielu przypadkach niemożliwa.

W diagnostyce złożonych obiektów do detekcji uszkodzeń są stosowane modele cząstkowe reprezentujące stan normalny danej części procesu [48]. Ze względu na nieliniowości przemysłowych obiektów oraz zmienność punktów pracy do detekcji nie mogą być stosowane modele liniowe. Najkorzystniej jest stosować modele analityczne opisujące zjawiska fizyczne zachodzące w procesie. Modele takie odzwierciedlają właściwości obiektu w całym zakresie jego punktów pracy. Jednak opracowanie modeli opartych na opisie zjawisk fizycznych jest dla wielu obiektów bardzo trudne lub wręcz niemożliwe, gdyż natura niektórych zjawisk występujących w procesach przemysłowych nie jest do końca znana. Ze względu na te trudności i ograniczenia często wykorzystywane są modele aproksymacyjne tworzone na podstawie danych pomiarowych oraz wiedzy eksperckiej o strukturze modelu. Są to modele neuronowe różnych typów [27, rozdz. 9], modele rozmyte typu TSK lub Wanga i Mendela [35; 27, rozdz. 11], a także modele addytywne [64]. Zakres użyteczności tego typu modeli ogranicza się do zakresu zmienności sygnałów wejściowych i wyjściowych, na podstawie których model był uczony. Ważnym zagadnieniem jest odporność detekcji uszkodzeń. Zagadnienie to było tematem wielu publikacji [24, podrozdz. 6.3] i nie będzie w niniejszej pracy rozważane.

Główne problemy diagnozowania obiektów dużej skali dotyczą m.in.: zapewnienia wysokiej rozróżnialności uszkodzeń, rozpoznawania uszkodzeń wielokrotnych, wnioskowania w warunkach niepewności symptomów i sygnatur uszkodzeń, wnioskowania przy zmienności struktury obiektu i systemu diagnostycznego, opóźnień powstawania symptomów.

Do najważniejszych problemów projektowych należą: dobór zbioru urządzeń pomiarowych do diagnozowania (szczególnie dla nowych instalacji technologicznych), dobór zbioru modeli do detekcji uszkodzeń, stanowiących podstawę testów diagnostycznych, określenie związku między uszkodzeniami

a wartościami sygnałów diagnostycznych, dekompozycja obiektu na części diagnozowane przez odrębne jednostki (komputery) diagnozujące.

Metody detekcji i lokalizacji uszkodzeń powinny zapewnić odporność systemu diagnostycznego, aby na skutek wymienionych problemów nie dochodziło do generowania fałszywych diagnoz. W niniejszym rozdziale scharakteryzowano powyższe zagadnienia badawcze, z naświetleniem własnych osiągnięć oraz publikacji w tym zakresie. Skoncentrowano się przy tym na problemach lokalizacji uszkodzeń.

## 2.1. Rozróżnialność uszkodzeń

Celem diagnozowania jest wczesne wykrycie oraz precyzyjne (dokładne) wskazanie zaistniałego uszkodzenia. Dokładność uzyskiwanych diagnoz jest określona liczbą uszkodzeń wskazywanych w diagnozie [35]. Im liczba ta jest mniejsza, tym diagnoza jest bardziej dokładna. Dokładność diagnozowania zależy zatem od osiąganego w systemie rozróżnialności uszkodzeń. Rozróżnialność uszkodzeń jest rozumiana jako zdolność do odróżniania od siebie (wyodrębniania) uszkodzeń w wyniku realizacji testów i wnioskowania. Uszkodzenia nierozróżnialne charakteryzują się tym, że interpretowane objawy są dla nich jednakowe. Dwa uszkodzenia są rozróżnialne (bezw warunkowo) wtedy, gdy wartości przynajmniej jednego z objawów są różne dla obu tych uszkodzeń. Rozróżnialność uszkodzeń zależy zatem od uwzględnianych przy diagnozowaniu objawów.

Dąży się zwykle do uzyskania rozróżnialności wszystkich uszkodzeń. Nie zawsze jednak rozróżnianie wszystkich uszkodzeń jest niezbędne. Wystarczającym rozwiązaniem może być zdolność rozróżniania uszkodzeń, których skutki są szczególnie groźne. Innym stawianym wymaganiem może być rozróżnianie tych uszkodzeń, dla których wymagane są różne procedury zabezpieczenia obiektu.

Na uzyskiwaną wykrywalność i rozróżnialność uszkodzeń kluczowy wpływ ma zbiór mierzonych zmiennych procesowych, a tym samym zbiór realizowanych testów. Im więcej sygnałów jest mierzonych, tym więcej można zbudować modeli do realizacji poszczególnych testów. Metody zwiększenia rozróżnialności uszkodzeń były tematem wielu prac prowadzonych w IAI R PW.

W początkowych pracach [33, 37] do analizy rozróżnialności uszkodzeń przy binarnej ocenie residuów były stosowane zbiory ilorazowe. Wprowadzono relację nierozdzielnej kontroli zdarzeń awaryjnych (uszkodzeń) oraz relację nierozróżnialności stanów awaryjnych (uszkodzeń), która pozwala na określenie podzbiorów uszkodzeń nierozróżnialnych. W pracy [35] wykazano możliwość podwyższenia rozróżnialności uszkodzeń przez zastosowanie wielowartościowej oceny residuów. Przeprowadzenie analizy umożliwia zaproponowany *Fault Isolation System* (FIS), który jest adaptacją systemu informacyjnego zdefiniowanego przez Pawlaka [67, 68]. FIS stanowi uogólnienie binarnej macierzy diagnostycznej. Istotne rozszerzenia FIS w stosunku do binarnej macierzy diagnostycznej są następujące:

- dla każdego sygnału diagnostycznego może istnieć indywidualny (skończony) zbiór jego wartości;
- dowolny element FIS może zawierać zarówno jedną wartość sygnału diagnostycznego, jak i ich podzbiór.

W przypadku wielowartościowej klasyfikacji sygnałów diagnostycznych nie można określić rozróżnialności w sposób jednoznaczny. Zależy ona od kombinacji uzyskanych wyników testów.

W pracach [35, 39, 46] zdefiniowano pojęcia bezwarunkowej i warunkowej nierozróżnialności uszkodzeń w FIS.

**Definicja 1.** Uszkodzenia  $f_k, f_m \in F$ ,  $k, m \in [1, K]$ ;  $k \neq m$  są nierozróżnialne (bezw warunkowo nierozróżnialne – tzn. pozostają w relacji  $R_N$ ) w FIS ze względu na sygnały diagnostyczne  $S_j \in S$  wtedy i tylko wtedy, gdy ich sygnatury są jednakowe:

$$f_k R_N f_m \Leftrightarrow \forall_{s_j \in S} V_{j,k} = V_{j,m} \quad (1)$$

Sygnatury uszkodzeń bezwarunkowo nierozróżnialnych są jednakowe.

**Definicja 2.** Uszkodzenia  $f_k, f_m \in F$  są warunkowo nierozróżnialne (pozostają w relacji  $R_{WN}$ ) w FIS ze względu na sygnały diagnostyczne  $S_j \in S$  wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdego sygnału podzbiory jego wartości odpowiadające uszkodzeniom  $f_k$  i  $f_m$  mają część wspólną i uszkodzenia te nie są bezwarunkowo nierozróżnialne:

$$f_k R_{WN} f_m \Leftrightarrow \forall_{s_j \in S} V_{j,k} \cap V_{j,m} \neq \emptyset \wedge \exists_{s_j \in S} V_{j,k} \neq V_{j,m} \quad (2)$$

Warunkowa nierozróżnialność uszkodzeń oznacza, że mogą wystąpić wartości  $v_j$  sygnałów diagnostycznych spełniające warunek:

$$\forall_{s_j \in S} v_j \in V_{j,k} \cap V_{j,m} \quad (3)$$

przy którym dane dwa uszkodzenia są nierozróżnialne. Jednak możliwe są inne wartości sygnałów diagnostycznych, przy których te same uszkodzenia są rozróżnialne. Spełniony jest wtedy następujący warunek:

$$\exists_{s_j \in S} [v_j \in V_{j,k} \wedge v_j \notin V_{j,m}] \vee [v_j \notin V_{j,k} \wedge v_j \in V_{j,m}] \quad (4)$$

Uszkodzenia  $f_k, f_m \in F$  są w FIS (bezw warunkowo) rozróżnialne, jeśli istnieje sygnał diagnostyczny, dla którego podzbiory wartości odpowiadające tym uszkodzeniom są rozłączne:

$$f_k R_R f_m \Leftrightarrow \exists_{s_j \in S} V_{j,k} \cap V_{j,m} = \emptyset \quad (5)$$

Podczas wnioskowania jako objawy uszkodzeń są zwykle interpretowane wartości sygnałów diagnostycznych, ale mogą być brane pod uwagę także sekwencje pojawiających się symptomów. Obiekt diagnozowania jest układem dynamicznym, a zatem to samo uszkodzenie jest wykrywane po niejednakowym czasie przez różne testy diagnostyczne. Kolejność powstawania symptomów stanowi ważną informację, którą wykorzystuje się w procesie diagnozowania do podwyższenia rozróżnialności uszkodzeń [59, 80], przy założeniu, że znana jest wyłącznie postać obliczeniowa residuów.

Oznaczmy przez  $es_{j,p}(f_k)$  sekwencję elementarną, tj. sekwencję dwóch symptomów  $j$  oraz  $p$  dla uszkodzenia  $f_k$ . Do rozróżnienia



Podsumowanie wyników prac dotyczących rozróżnialności uszkodzeń przedstawiono w monografii [53].

## 2.2. Uszkodzenia wielokrotne

W procesach przemysłowych dużej skali liczba możliwych uszkodzeń jest bardzo duża (tysiące – dziesiątki tysięcy). Bardzo duża jest także liczba wykorzystywanych sygnałów pomiarowych i realizowanych algorytmów detekcyjnych. Z tego względu jednocześnie istnienie wielu uszkodzonych elementów obiektu jest sytuacją wręcz normalną, a uszkodzenia wielokrotne mogą stanowić poważny problem. Algorytmy diagnozowania procesów przemysłowych powinny zatem być zdolne do rozpoznawania nie tylko uszkodzeń pojedynczych, ale także wielokrotnych.

Zdecydowana większość uszkodzeń powstaje jednak kolejno w różnych odstępach czasu. W przypadku diagnostyki online diagnoza DGN w chwili  $n$  powinna wskazywać podzbiór uszkodzeń, które wystąpiły od chwili wygenerowania poprzedniej diagnozy [33, 35]. Prawdopodobieństwo wystąpienia w krótkim odcinku czasu więcej niż jednego uszkodzenia jest małe. W pracach [33, 36] zaproponowano stosowanie w algorytmach diagnozowania procesów złożonych metody dynamicznej dekompozycji obiektu diagnozowanego. Polega ona na dynamicznym wyodrębnianiu podsystemu, w którym poszukiwane jest uszkodzenie, na podstawie pierwszego obserwowanego symptomu od chwili sformułowania poprzedniej diagnozy. Każdy podsystem jest określony przez: podzbiór uszkodzeń, podzbiór testów oraz relację diagnostyczną określoną na iloczynie kartezjańskim tych podzbiorów. Zakładając brak fałszywych wartości sygnałów diagnostycznych przy binarnej ocenie wartości reszduów, wykazano, że stosowanie metody dynamicznej dekompozycji systemu prowadzi do poprawnych diagnoz generowanych przy założeniu występowania uszkodzeń pojedynczych, gdy:

a) uszkodzenia występują kolejno w odstępach większych niż czas formułowania kolejnych diagnoz;

b) uszkodzenia występują jednocześnie, a dynamicznie wyodrębnione podsystemy im odpowiadające są rozłączne (uszkodzenia w tym przypadku są lokalizowane równolegle w odrębnych procesach wnioskowania prowadzonych przy założeniu uszkodzeń pojedynczych).

Należy jednak podkreślić, że po każdej diagnozie zbiór dostępnych sygnałów diagnostycznych powinien być pomniejszany o te sygnały, które są wrażliwe na wykryte uszkodzenie. Mogą one być ponownie włączone do zbioru dostępnych sygnałów diagnostycznych po przywróceniu stanu zdadności uszkodzonego elementu [33, 35, 36, 41].

Wnioskowanie diagnostyczne przy założeniu uszkodzeń pojedynczych jest zawodne tylko wtedy, gdy dwa lub więcej uszkodzeń wystąpią w krótszym okresie niż czas formułowania diagnozy, a wyodrębnione podsystemy nie są rozłączne. Dla tego przypadku podano efektywny algorytm wnioskowania zawierający dwie części: lokalizację zgrubną i dokładną uszkodzeń wielokrotnych [41]. Diagnoza zgrubna wskazuje podzbiór możliwych uszkodzeń zawierający uszkodzenia, dla których zaobserwowano wszystkie charakteryzujące je symptomy. Diagnoza precyzyjna wskazuje stany z uszkodzeniami wielokrotnymi, dla których sygnatura jest zgodna z uzyskanymi wartościami sygnałów diagnostycznych. Przedstawione w pracy [41] algorytmy diagnozowania dla uszkodzeń wielokrotnych pozwalają w sposób bardzo znaczący zredukować nakłady obliczeniowe na diagnozowanie. Połączenie obu tych algorytmów daje efektywny mechanizm wnioskowania dla uszkodzeń dwukrotnych, a także uszkodzeń o większej krotności.

Odmienne podejście do diagnostyki uszkodzeń wielokrotnych przedstawiono w pracy [63]. Wykorzystuje ono związki między binarną macierzą diagnostyczną oraz regułami typu OR i AND. Zaproponowano rozszerzenie podstawowego, jednopozoomowego modelu opartego na binarnej macierzy diagnostycznej na dwupozoomowy. Podano podejście do diagnozy uszkodzeń wielokrotnych oparte na analizie niespójności.

reklama



Udźwig do 120 t  
Modułowość  
Plug and Play  
Synchronizacja  
Łagodny rozruch

**ABUS**  
CRANE SYSTEMS POLSKA

### 2.3. Niepewności diagnozowania

Podczas wnioskowania diagnostycznego występują niepewności, które mogą doprowadzić do generowania fałszywych diagnoz. Większość danych w praktyce wykorzystywanych do diagnozowania zawiera w sobie niepewności [26, 49]. Przyczyną niepewności są: zakłócenia i szумы pomiarowe, niedokładność modeli oraz trudności określenia wartości progowych w algorytmach decyzyjnych. Prowadzą one do niepewności sygnałów diagnostycznych stanowiących wyjścia algorytmów detekcji uszkodzeń oraz wejścia algorytmu lokalizacji uszkodzeń. Na diagnozy generowane w algorytmach lokalizacji uszkodzeń mają wpływ także niepewności relacji uszkodzenia – symptomy, definiowanej przez ekspertów na etapie projektowania systemu diagnostycznego. Ponadto w rzeczywistości nigdy nie ma pewności, czy w fazie projektowania uwzględniono wszystkie możliwe uszkodzenia. Wystąpienie uszkodzeń pominiętych prowadzi albo do wskazywania innych uszkodzeń (nierozróżnialnych z pominiętymi), albo do występowania kombinacji wyników testów różnych od sygnatur uszkodzeń uwzględnionych w bazie wiedzy, co skutkuje brakiem możliwości sformułowania diagnozy.

Znanymi metodami uwzględnienia niepewności i braku precyzji we wnioskowaniu diagnostycznym są: teoria Bayesa [69], logika rozmyta [93], teoria Dempstera-Shafera [12, 74], zbiory przybliżone (ang. *rough sets*) [67] oraz współczynniki pewności [6, 76].

Teoria Bayesa pozwala na uwzględnienie niepewności związanej z niemożnością określenia prawdziwości/fałszywości diagnozy. W przypadku wzoru Bayesa formułujemy diagnozy jako hipotezy o stanie systemu na podstawie obserwacji (wartości sygnałów diagnostycznych), uwzględniając prawdopodobieństwa *a priori* poszczególnych stanów oraz prawdopodobieństwa warunkowe wyników testów w poszczególnych stanach systemu. Odpowiada to regule wnioskowania typu: IF obserwacje THEN hipoteza. W podrozdziale 3.7 monografii [35] sformułowano zasady formułowania diagnoz na podstawie tej teorii. Założono, że wnioskowanie diagnostyczne jest prowadzone na podstawie binarnych sygnałów diagnostycznych, generowanych przy progowej ocenie bezwzględnej wartości residuów.

Prawdopodobieństwa poszczególnych stanów obiektu  $z_i$  pod warunkiem wystąpienia zaobserwowanych binarnych wartości sygnałów diagnostycznych  $V$  są zależne od prawdopodobieństw warunkowych  $P(V|z_i)$  binarnych sygnałów diagnostycznych w poszczególnych stanach diagnozowanego obiektu oraz prawdopodobieństwa *a priori*  $P(z_i)$  tych stanów:

$$P(z_i|V) = \frac{P(z_i)P(V|z_i)}{\sum_{i:z_i \in Z} P(z_i)P(V|z_i)} \quad (9)$$

W diagnostyce o stanie obiektu wnioskuje się na podstawie wielu obserwacji (sygnałów diagnostycznych). Łączenie obserwacji jest istotnym problemem przy wnioskowaniu na podstawie wzoru Bayesa. Problem upraszcza się, jeśli słuszne jest założenie o niezależności obserwacji. W praktyce tylko w tym przypadku możliwe jest efektywne wykorzystanie twierdzenia Bayesa. W rzeczywistości założenie to nie jest ściśle spełnione,

gdyż podzbiory pomiarów wykorzystywanych do obliczenia poszczególnych sygnałów diagnostycznych nie zawsze są rozłączne, a i w takich przypadkach są zależne od tych samych zakłóceń i sumów pomiarowych.

Znajomość powyższych prawdopodobieństw umożliwia sformułowanie diagnozy probabilistycznej. Diagnoza wskazuje parę: stan obiektu oraz prawdopodobieństwo jego wystąpienia pod warunkiem wystąpienia uzyskanych wartości sygnałów diagnostycznych, dla których to prawdopodobieństwo przekracza przyjętą wartość progową.

$$DGN(P) = \{ \langle z_i, P(z_i|V) \rangle : P(z_i|V) \geq K \} \quad (10)$$

Zaletą podejścia bayesowskiego jest wykorzystanie ugruntowanej teorii prawdopodobieństwa oraz wiedzy o prawdopodobieństwach *a priori* poszczególnych uszkodzeń. Wiedza o intensywności uszkodzeń poszczególnych elementów jest coraz częściej dostępna, m.in. jest ona niezbędna do szacowania ryzyka w analizach bezpieczeństwa obiektów technicznych, a szczególnie obiektów wysokiego i podwyższonego ryzyka. Umożliwia to wykorzystanie danych niezawodnościowych dla elementów obiektu do wnioskowania diagnostycznego.

Wadami powyższego sposobu wnioskowania jest zwykle brak spełnienia założenia dotyczącego niezależności obserwacji oraz duże trudności określenia prawdopodobieństw warunkowych  $P(V|z_i)$  zarówno w sposób eksperymentalny, jak i teoretyczny. Do ich wyznaczenia potrzebne są albo częstości występowania wartości 0 i 1 sygnałów diagnostycznych w poszczególnych stanach obiektu, albo rozkłady gęstości prawdopodobieństwa wartości residuów w poszczególnych stanach obiektu. W praktyce dla procesów przemysłowych uzyskanie takich danych eksperymentalnych jest niemożliwe (poza stanem pełnej zdatności).

Istnieje jeszcze jedno ograniczenie zastosowania wzoru (9) do formułowania diagnoz. W procesach przemysłowych liczba możliwych uszkodzeń  $K$  jest duża, co prowadzi do liczby stanów obiektu  $|Z| = 2^K$  tak olbrzymiej, że nie ma możliwości uwzględnienia ich wszystkich podczas wnioskowania diagnostycznego. Jeśli zbiór stanów obiektu ograniczymy do stanu pełnej zdatności oraz stanów z uszkodzeniami pojedynczymi, to liczba analizowanych stanów wynosi  $K + 1$ , a procedura diagnozowania się znacznie upraszcza. Nie jest celowe eliminowanie z tego zbioru stanu pełnej zdatności, nawet jeśli zaobserwowano symptomy uszkodzeń, zakładamy bowiem możliwość pojawienia się symptomów fałszywych. Jednak nawet w tym przypadku zarówno teoretyczne, jak i eksperymentalne określenie prawdopodobieństw  $P(V|z_i)$  nawet dla uszkodzeń pojedynczych jest w praktyce niemożliwe. Pozostaje jedynie arbitralne przyjęcie tych wartości z uwzględnieniem przyjętych wartości progowych dla poszczególnych residuów.

W przypadku systemów dużej skali nie mogą być też stosowane do lokalizacji uszkodzeń sieci bayesowskie, przydatne w diagnostyce obiektów stosunkowo prostych. Powodem jest eksplozja kombinatoryczna związana z analizą wszystkich możliwych stanów wejść sieci [10] oraz omówione powyżej trudności określenia prawdopodobieństw warunkowych.

Logika rozmyta jest skutecznym narzędziem do uwzględnienia braku precyzji wartości zmiennych wykorzystywanych we



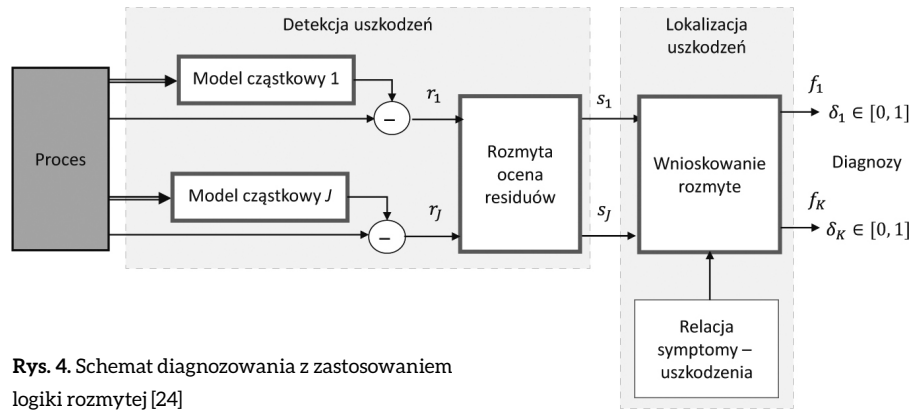
wnioskowaniu. Podstawy teoretyczne zbiorów rozmytych można znaleźć między innymi w pracach [92, 70], a przykłady ich zastosowania w diagnostyce są podane w pracach [28, 29, 35, 49, 50, 60].

Rozmyta ocena wartości residuów umożliwia uwzględnienie nieprecyzyjnych wartości sygnałów diagnostycznych. Diagnoza jest wyznaczana przez określenie stopnia aktywacji reguł o uszkodzeniach (ewentualnie stanów systemu z uszkodzeniami wielokrotnymi) na podstawie stopnia zgodności wartości sygnałów diagnostycznych z wartościami podanymi w przesłankach reguł. Stopnie aktywacji reguł są interpretowane jako stopień pewności wystąpienia danego uszkodzenia lub stanu z określonym podzbiorem uszkodzeń. Stosując zbiory rozmyte, uwzględniamy zatem brak precyzji obserwacji prowadzący do niepewności symptomów, a częstość występowania poszczególnych uszkodzeń jest pomijana.

Należy zwrócić uwagę, że nieprecyzyjne wartości sygnałów diagnostycznych przy wnioskowaniu na podstawie logiki klasycznej przekładają się na niepewną diagnozę, która może być prawdziwa lub fałszywa. Logika rozmyta umożliwia wyrażenie niepewności dotyczących wystąpienia poszczególnych uszkodzeń.

Zastosowanie logiki rozmytej do wnioskowania diagnostycznego zostało przedstawione w pracach [28, 35, 60]. Jest ono oparte na połączeniu rozmytej oceny residuów oraz wnioskowania rozmytego prowadzonego przy założeniu uszkodzeń pojedynczych na podstawie reguł otrzymanych z binarnej macierzy diagnostycznej lub systemu informacyjnego FIS [26, 35, 60]. Schemat takiego podejścia ilustruje rys. 4.

Diagnozy wskazują w tym przypadku uszkodzenia  $f_k$  wraz ze współczynnikami pewności ich wystąpienia  $\delta_k$ . Mają one postać:



Rys. 4. Schemat diagnostowania z zastosowaniem logiki rozmytej [24]

$$DGN(\delta) = \{ \{ \delta_k, f_k \} : \delta_k \geq G \} \quad (11)$$

przy czym  $\delta_k$  jest stopniem aktywacji reguły o wystąpieniu uszkodzenia  $f_k$ , a  $G$  jest pewną progową wartością stopnia aktywacji reguły, przy której uszkodzenie jest wskazywane w diagnozie (np.  $G = 0,1$ ). Charakterystyczne jest, że system rozmyty w tym przypadku obejmuje jedynie etapy rozmywania i wnioskowania, a brak jest etapu wyostrzania.

Rozwinięcie metody przedstawiono w publikacji [49], w której podano także sposoby uwzględnienia niepewności relacji uszkodzenia – symptomu definiowanej przez człowieka na etapie projektowania SD. Niepewność ta może zostać określona w różny sposób przez eksperta, projektanta systemu diagnostycznego. Najprostszy sposób polega na przyporządkowaniu każdej sygnaturze współczynnika pewności (*signature certainty factor*). Innym rozwiązaniem jest definiowanie współczynników pewności wiedzy o każdej parze związku uszkodzenie – wartość sygnału diagnostycznego w FIS. Powstaje w ten sposób rozmyty system informacyjny (*Fuzzy Fault Information System*) [35, 73]. Rozszerzone formy zapisu tej niepewności zaproponowano w pracach [49, 78].

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** – Dławice 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



Wykorzystywana w danym procesie wnioskowania baza reguł nie jest zwykle kompletna. Nie zawiera reguł dla wszystkich możliwych kombinacji wartości sygnałów diagnostycznych, gdyż w praktyce nie wszystkie takie kombinacje są możliwe. Jednak nigdy nie można mieć pewności, że wyspecyfikowany zbiór uszkodzeń zawiera wszystkie możliwe uszkodzenia. Może zatem brakować także reguł odpowiadających tym uszkodzeniom.

Dlatego w algorytmie wnioskowania celowe jest wyliczenie nie tylko pewności wystąpienia poszczególnych uszkodzeń, ale także pewności wypracowanej diagnozy. Jest to możliwe w przypadku, gdy we wnioskowaniu stosowany jest operator PROD oraz uszkodzenia nierozróżnialne łączone są w bloki elementarne [35, 49]. W tym przypadku w bazie reguł nie występują reguły sprzeczne (tzn. takie, które przy tych samych przesłankach mają różne konkluzje). Wartość  $\mu_S$  sumy stopni aktywacji wszystkich reguł w bazie wiedzy obliczonej z zastosowaniem operatora PROD wynosi 1, jeśli baza reguł jest kompletna [70], oraz należy do przedziału  $[0, 1]$  w przypadku bazy niekompletnej. Różnica  $\mu_{US} = 1 - \mu_S$  stanowi miarę niepewności uzyskanej diagnozy. Im wartość  $\mu_S$  jest bliższa 0, tym pewniejsza diagnoza. Wysoka wartość tego wskaźnika może świadczyć o nieuwzględnieniu w bazie wszystkich uszkodzeń lub też powstaniu fałszywych wartości sygnałów diagnostycznych. Wartość wskaźnika  $\mu_{US}$  jest zatem miarą przekonania o wystąpieniu innego, nieznanego stanu obiektu.

Nową metodę formułowania diagnoz w warunkach niepewności, stanowiącą połączenie wnioskowania na podstawie teorii Dempstera-Shafera i logiki rozmytej, przedstawiono w pracy [85]. Rozwijane jest też podejście będące połączeniem wnioskowania rozmytego z teorią Bayesa [56]. Zaproponowany algorytm stanowi fuzję wzoru Bayesa przy subiektywnej interpretacji prawdopodobieństw warunkowych oraz wnioskowania rozmytego. Wykorzystuje on wiedzę o prawdopodobieństwach *a priori* stanu zdadności i uszkodzeń oraz zamiast prawdopodobieństw warunkowych obserwacji bierze pod uwagę stopnie spełnienia przesłanek występujące w regułach wnioskowania rozmytego.

### 2.4. Dekompozycja obiektu i diagnozowanie w strukturach zdecentralizowanych

W przypadku diagnozowania złożonych instalacji przemysłowych zachodzi potrzeba dekompozycji takich obiektów na mniejsze części diagnozowane równolegle przez odrębne jednostki diagnozujące. Problemy dekompozycji podejmował m.in. Siljak [77]. Dekompozycja systemu i diagnozowanie zdecentralizowane mają wiele zalet [4, 18, 32, 33, 35, 47, 71, 91], takich jak: zrównoleglenie zadań diagnostycznych, zmniejszenie nakładów obliczeniowych, lepsze dostosowanie informacji diagnostycznej do potrzeb różnych użytkowników, możliwość uruchamiania systemu diagnozującego etapami, kolejno dla poszczególnych podobiektów.

Dekompozycja obiektu może być realizowana w trybie online lub w trybie offline na etapie projektowania systemu diagnostycznego. Dekompozycja realizowana w trybie online jest stosowana we wszystkich algorytmach lokalizacji uszkodzeń przeznaczonych dla procesów dużej skali opracowanych

w IAIr PW. Poniżej omówiono zagadnienia dekompozycji złożonych obiektów występujące na etapie projektowania systemu diagnostycznego.

Dekompozycja obejmuje wydzielenie części procesu, które będą diagnozowane przez odrębne jednostki komputerowe, oraz przyporządkowanie tym jednostkom zadań diagnostycznych. Rozwiązanie problemu dekompozycji systemu diagnozowania dla procesu dużej skali wiąże się ze znalezieniem odpowiedzi na następujące dwa pytania:

- Jakie części (obszary) procesu powinny obejmować poszczególne podsystemy diagnozujące?
- W jaki sposób poszczególnym podsystemom przyporządkować podzbiory testów diagnostycznych, mając na uwadze powiązania pomiędzy tymi podsystemami?

Wyodrębnienie całkowicie niezależnych części procesu jest zwykle niemożliwe. Każdy podział powinien być przeprowadzony w sposób optymalny lub przynajmniej racjonalny. W przypadku podziałów optymalnych powinien być minimalizowany wskaźnik powiązań między poszczególnymi podsystemami. Rozmiary podsystemów muszą być zwykle ograniczone, m.in. ze względu na moce obliczeniowe jednostek diagnozujących. Podział racjonalny polega na wyodrębnieniu podsystemów odpowiadających węzłom technologicznym procesu. Takie podejście nie gwarantuje minimalizacji powiązań między podsystemami, ale jest wygodne dla obsługi technicznej procesu, a często prowadzi także do małych wartości wskaźników powiązań między wydzielonymi częściami. Jednak w przypadku węzłów technologicznych o dużych rozmiarach potrzebny staje się ich dalszy podział. Rozmiary podsystemów są określone przez liczbę przetwarzanych zmiennych procesowych, tj. liczby sygnałów pomiarowych i sygnałów sterujących wykorzystywanych w diagnostyce, oraz liczbę możliwych uszkodzeń w podsystemie.

Do dokonania dekompozycji potrzebna jest znajomość modelu procesu i systemu diagnostycznego. Istnieją dwie zasadnicze grupy podejść do dekompozycji obiektu i systemu diagnozowania. Pierwsza jest oparta na wykorzystaniu modeli analitycznych procesu [4]. Druga wykorzystuje różne postacie grafowego opisu systemu diagnozowania [32, 35, 47, 57, 91]. W przypadku procesów dużej skali pozyskanie modelu ilościowego jest bardzo trudne i kosztowne, dlatego prace autora koncentrowały się na wykorzystaniu modeli jakościowych.

Dla celów dekompozycji obiektu diagnozowania stosowano w pracach [33, 35, 47] sieć reprezentującą powiązania pomiędzy elementami zbioru sygnałów diagnostycznych  $S$ . Sieć jest zdefiniowana przez graf  $G_S$  wiążący elementy zbioru sygnałów diagnostycznych  $S$  oraz funkcję  $\psi$  określoną na zbiorze łuków grafu, przyporządkowującą każdemu łukowi liczbę  $e$  równą liczbie uszkodzeń wykrywanych wspólnie przez daną parę sygnałów diagnostycznych. Podano zasady wydzielenia niezależnych części obiektu i sposób wyodrębnienia podsystemów odpowiadających węzłom technologicznym procesu oraz sformułowano problem podziału minimalizującego wskaźniki powiązania między podsystemami. Do rozwiązania tego problemu stosowano [33, 47] heurystyczny algorytm Kernighana i Lina [22], a także algorytm genetyczny [91].

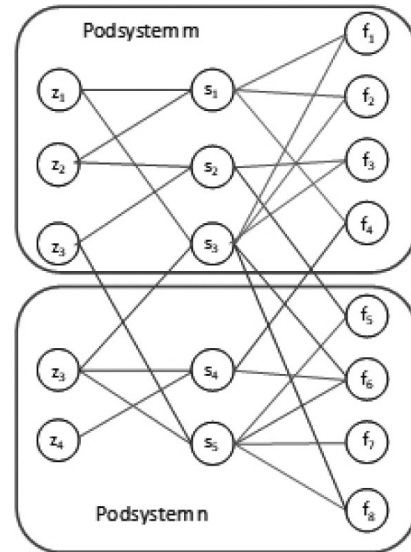
W pracy [57] wykorzystano model procesu w postaci grafu GP do podziału obiektu na określoną liczbę podsystemów o ograniczonych rozmiarach (określonych liczbą zmiennych procesowych i uszkodzeń). Do przyporządkowania wyodrębnionym podsystemom diagnostycznym podzbiorów testów, a tym samym podzbiorów sygnałów diagnostycznych, w taki sposób, aby zminimalizować powiązania między nimi, zastosowano trójdzielny graf systemu diagnostycznego GSD. Wierzchołki grafu odpowiadają zbiorom zmiennych procesowych  $Z$ , sygnałów diagnostycznych  $S$  oraz uszkodzeń  $F$ , a łuki reprezentują relacje określone na iloczynach kartezjańskich zbiorów  $Z \times S$  oraz  $S \times F$ . Stopień powiązania między dwoma podsystemami o indeksach  $m$  i  $n$ , przy czym  $m \neq n$ , zależy od liczby łuków w grafie GSD łączących te podsystemy. Na rysunku 5 przedstawiono ideę zaproponowanej dekompozycji.

Dekompozycja zapewnia minimalizację współzależności pomiędzy podsystemami, ogranicza m.in. potrzebę wzajemnej wymiany informacji pomiędzy nimi. Zasadnicza różnica tego rozwiązania w stosunku do wcześniejszych polega na tym, że dekompozycji podlega pierwotnie graf procesu, podczas gdy w rozwiązaniach wcześniejszych był to odpowiednio przekształcony graf systemu diagnostycznego. Wadą wcześniejszych rozwiązań była potrzeba zaprojektowania systemu diagnostycznego dla całego złożonego procesu, a następnie jego dekompozycja.

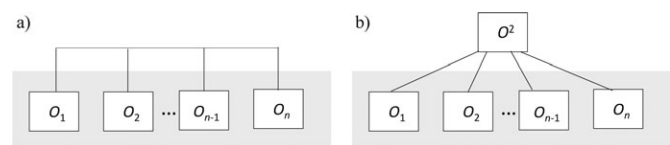
Struktury współczesnych systemów automatyki są zdecentralizowane, przestrzennie rozproszone. Celowe jest, aby funkcje diagnostyczne stanowiące integralną część zadań sterowania i zabezpieczenia obiektu były realizowane również w strukturach zdecentralizowanych. Główny problem wnioskowania diagnostycznego w takiej strukturze jest związany z powiązaniami między podsystemami. Symptomy uszkodzeń powstałych w jednym podobiekcie mogą być obserwowane także w innych podobiektach. Istnieje zatem potrzeba uwzględnienia takich symptomów przy formułowaniu diagnoz przez wszystkie jednostki diagnozujące.

Metody diagnozowania w strukturach zdecentralizowanych (rys. 6) jednopoziomowych i hierarchicznych (głównie dwupoziomowych), wykorzystujące logikę klasyczną, zostały przedstawione w pracach [26 rozdz. 19, 32, 33, 35]. Struktura jednopoziomowa charakteryzuje się tym, że poszczególne części obiektu są diagnozowane przez przyporządkowane im komputerowe jednostki diagnozujące. Jednostki te są sprzężone siecią i mogą wymieniać między sobą dane w celu uwzględnienia symptomów obserwowalnych w innych podsystemach. Brak jest nadrzędnej jednostki diagnozującej.

Diagnozowanie może być także prowadzone w strukturze hierarchicznej. Jednostki komputerowe pierwszego poziomu diagnozują wyłącznie przyporządkowane im podobiekty. Przy odpowiedniej dekompozycji obiektu podsystemy pierwszego poziomu są niezależne, tzn. podzbiory wykrywanych uszkodzeń i podzbiory testów są rozłączne. Nadrzędne jednostki w systemie wykrywają i lokalizują uszkodzenia, których objawy są obserwowane w różnych podsystemach niższego poziomu. Na podstawie diagnoz powiązanych z nimi jednostek pierwszego poziomu oraz wyników testów realizowanych lokalnie jednostki wyższych poziomów formułują diagnozy ogólniejsze,



Rys. 5. Przykład dekompozycji systemu diagnostycznego określonego przez graf GSD na dwa podsystemy [57]



Rys. 6. Struktury diagnozowania zdecentralizowanego: (a) jednopoziomowa i (b) dwupoziomowa [81, 79]

obejmujące swym zasięgiem wszystkie przyporządkowane im podobiekty. W pracach [33, 35] przedstawiono metodę hierarchicznego opisu złożonych obiektów diagnozowania wykorzystywaną do diagnozowania w strukturze hierarchicznej oraz podano zasady wnioskowania diagnostycznego.

Szczególnym przypadkiem struktury hierarchicznej jest struktura dwupoziomowa. W strukturze dwupoziomowej jednostki komputerowe pierwszego poziomu diagnozują przyporządkowane im podobiekty bez uwzględnienia symptomów powstających w innych podobiektach [40]. Wszystkie testy wykrywające uszkodzenia w więcej niż jednym podsystemie realizuje jednostka nadrzędna. Formułuje ona właściwą diagnozę oraz uściśla diagnozy wypracowane na niższym poziomie.

Uogólnieniem metod wnioskowania w strukturach zdecentralizowanych na podstawie logiki klasycznej są metody wnioskowania rozmytego przeznaczone do diagnozowania w strukturze jednopoziomowej [81] oraz w strukturze dwupoziomowej [79].

## 2.5. Zastosowanie grafowych modeli w projektowaniu systemów diagnostyki procesów przemysłowych

Do rozwiązania wymienionych w podrozdziale 2 problemów projektowania systemów diagnostycznych opracowano oryginalne metody wykorzystujące grafowy model procesu (graf GP) oraz graf systemu diagnostycznego GSD. Przedstawiony m.in. w pracach [44, 53, 86] graf GP (GP – graf procesu) jest modelem jakościowym opisującym zależności

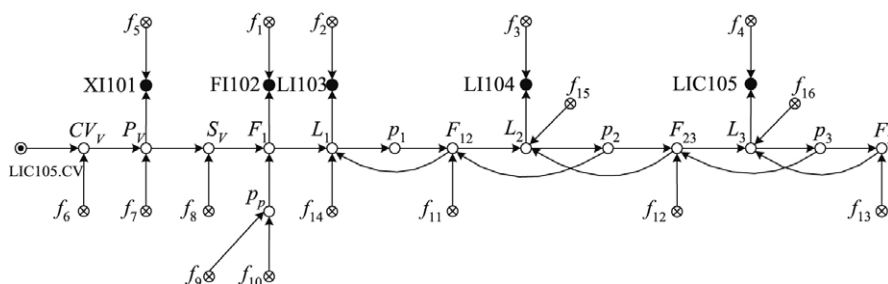
przyczynowo-skutkowe między zmiennymi w procesie z uwzględnieniem wpływu uszkodzeń. Skierowany graf GP stanowi rozszerzenie znanych grafów SDG – *Signed Directed Graph*, które są wykorzystywane do reprezentacji związków przyczynowo-skutkowych między zmiennymi lub alarmami w instalacji technologicznej. Rozszerzenie polega m.in. na bezpośrednim uwzględnieniu uszkodzeń w opisie grafu.

Na rysunku 7 jest pokazany przykład grafu dla prostego obiektu laboratoryjnego – zespołu trzech zbiorników połączonych szeregowo [86].

Ważnym zastosowaniem grafu GP przy projektowaniu systemów diagnostycznych dla złożonych procesów jest wykorzystanie go do automatycznej generacji wszystkich struktur modeli do detekcji uszkodzeń przy założeniu, że zbiór urządzeń pomiarowych jest znany. Przez strukturę modelu jest rozumiana para: zmienna modelowana i zbiór zmiennych na nią oddziałujących. Takie podejście jest dedykowane do projektowania modeli przeznaczonych do detekcji uszkodzeń z wykorzystaniem rejestrowanych danych pomiarowych i sterujących. Mogą to być modele rozmyte, neuronowe, neuronowo-rozmyte, addytywne lub parametryczne. Każda struktura modelu wyznacza podgraf w grafie GP. Taki podgraf zawiera węzły wszystkich uszkodzeń, na które wrażliwe jest residuum obliczane z modelu. Dla tych uszkodzeń istnieją skierowane ścieżki od uszkodzenia do zmiennej modelowanej. Na podstawie grafu GP możliwe jest zatem określenie binarnej macierzy diagnostycznej potrzebnej do lokalizacji uszkodzeń.

Utworzony zbiór struktur modeli umożliwia ocenę uzyskiwanej wykrywalności i rozróżnialności uszkodzeń, a także projektowanie zbioru modeli (residuów) zapewniającego maksymalną wykrywalność i rozróżnialność uszkodzeń przy danym zbiorze sygnałów sterujących i mierzonych [84, 86]. W pracy [84] sformułowano warunki konieczne i dostateczne, jakie musi spełniać zbiór urządzeń pomiarowych, aby zapewnić wykrywalność i rozróżnialność uszkodzeń. Graf GP może zostać użyty do określenia, jakie pomiary powinny być zastosowane w systemie, aby uzyskać zakładaną rozróżnialność i wykrywalność uszkodzeń. Graf GP jest stosowany także do dekompozycji systemu diagnostowania dla procesów dużej skali [57]. Problem ten został przedstawiony w punkcie 2.4.

Zastosowania grafu GP nie ograniczają się tylko do diagnostyki procesów. Może on być wykorzystany także jako pierwszy etap budowy symulatorów procesu, a także do analizy i redukcji zbioru alarmów w systemach sterowania [58] oraz do wspomagania analiz bezpieczeństwa. W artykule [30] przedstawiono nowe podejście do prowadzenia analizy bezpieczeństwa metodą HAZOP przy wykorzystaniu grafu GP. W metodzie HAZOP nie została określona metodologia zapewnienia kompletności wyszczególnianych zagrożeń. W pracy pokazano, że kompletność tej analizy może zostać zwiększona przez zastosowanie modelu jakościowego procesu w postaci grafu GP. Graf GP jest wykorzystany do określania przyczyn odchylenia parametrów. W klasycznej analizie HAZOP mogą nie zostać zauważone



Rys. 7. Przykładowy graf fragmentu procesu [86]

powiązania między wydzielanymi węzłami, szczególnie w przypadku istnienia wewnętrznych sprzężeń zwrotnych w procesie. Zastosowanie grafu GP zwiększa prawdopodobieństwo uwzględnienia wszystkich zagrożeń ze względu na ich systematyczne modelowanie w grafie oraz jawnie określone powiązania między wydzielanymi węzłami. W przypadku wspomagania analizy HAZOP dla danego odchylenia parametru procesu możliwe jest pokazanie podgrafu obejmującego wszystkie możliwe zagrożenia (uszkodzenia).

Zaproponowana procedura wspomagania analizy HAZOP z zastosowaniem grafu GP procesu umożliwia:

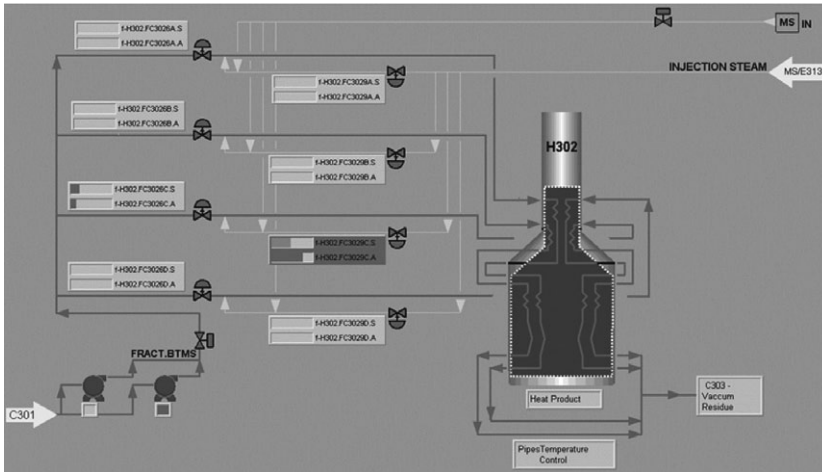
- wizualizację za pomocą grafu zależności przyczynowo-skutkowych występujących w procesie;
- uzupełnienie analizy przez identyfikowanie potencjalnych zależności pomiędzy węzłami;
- zwiększenie stopnia kompletności wykonanej analizy.

Model jakościowy procesu w postaci grafu GP ma wiele zalet. Do jego utworzenia nie jest potrzebny matematyczny model obiektu diagnozowania, wystarczająca jest wiedza ekspercka. Wpływ uszkodzeń analizowany jest jakościowo, nie ma zatem potrzeby tworzenia złożonego analitycznego opisu wpływu uszkodzeń na zmienne modelowane, co w przypadku procesów złożonych jest praktycznie niemożliwe do realizacji. Model ten pozwala rozwiązać podstawowe problemy projektowania systemów diagnostycznych dotyczące doboru zbioru sygnałów pomiarowych, zbioru algorytmów detekcyjnych oraz przeprowadzić analizę wykrywalności i rozróżnialności uszkodzeń. Zaproponowane metody są, zdaniem autora, alternatywnym, ale bardziej intuicyjnym podejściem w stosunku do innych metod wykorzystujących modele jakościowe: grafy SDG [8, 61, 75], bond grafy [5, 72] oraz model strukturalny [3, 11, 13].

### 3. Metody i systemy diagnostowania procesów dużej skali

Rozwiązanie powyższych problemów diagnostowania obiektów dynamicznych umożliwiło opracowanie efektywnych i odpornych algorytmów diagnostowania złożonych obiektów dynamicznych dużej skali oraz ich implementację w zrealizowanych systemach diagnostycznych.

Podstawą wszystkich algorytmów diagnostowania w trybie online złożonych procesów przemysłowych przedstawionych w pracach [27, 33–36, 41, 59, 60] jest wykorzystanie metody DDS – dynamicznej dekompozycji systemu diagnostowanego. Dekompozycja ta polega na tym, że po każdym wykryciu symptomu jest wydzielany odpowiedni podsystem, określony przez podzbiory możliwych uszkodzeń i sygnałów diagnostycznych



reklama

## Kamień milowy w HMI CANE0 series10 wyznacza nowe standardy.



 IO-Link



[series10.captron.pl](https://series10.captron.pl)



Rys. 8. Wizualizacje uszkodzeń zaworów regulacyjnych oraz torów pomiarowych przepływu mazutu i pary w piecu. Na schematach synoptycznych są rozmieszczone wskaźniki odpowiadające poszczególnym uszkodzeniom, na których wyświetlana jest wartość wskaźnika pewności istnienia danego uszkodzenia w zakresie 0–1. Niewidoczny na rysunku kolor słupka na wskaźniku (żółty, fioletowy, czerwony) jest zależny od stopnia pewności uszkodzenia [52]

wykrywających te uszkodzenia. Dla tak wydzielonego podsystemu jest prowadzone dalsze diagnozowanie.

Zastosowanie metody DDS redukuje znacząco nakłady obliczeniowe na formułowanie diagnoz zarówno dla uszkodzeń pojedynczych, jak i wielokrotnych. Zabezpiecza też przed błędami wnioskowania prowadzonego przy założeniu uszkodzeń pojedynczych w przypadkach występowania uszkodzeń wielokrotnych [41]. Uszkodzenia wielokrotne występujące jednocześnie lub w krótkich odstępach czasu są prawidłowo lokalizowane przy założeniu uszkodzeń pojedynczych, jeśli dynamicznie określone podzbiory sygnałów diagnostycznych przydatnych do ich rozpoznania są rozłączne.

Prawdopodobnie pierwszą opisaną w publikacjach metodą diagnozowania przeznaczoną do diagnozowania w czasie rzeczywistym procesów przemysłowych dużej skali była metoda DTS – dynamicznych tablic stanu [33, 34, 36]. Metoda ta wykorzystywała reguły wnioskowania odpowiadające wierszom binarnej macierzy diagnostycznej, logikę klasyczną oraz koncepcję dynamicznej dekompozycji diagnozowanego obiektu. Metoda została zaimplementowana w systemie monitorowania procesów OSA. System OSA (opracowany w 1986 r.) był pierwszym w kraju i jednym z pierwszych na świecie, który realizował zaawansowane

funkcje diagnostyczne w czasie rzeczywistym. Został on wdrożony do eksploatacji w Cukrowni Lublin [33, 45].

W kolejnych wersjach metody rozszerzenia polegały na:

- wykorzystaniu reguł wynikających z systemu informacyjnego FIS do zapisu wiedzy o relacji uszkodzenia – symptomy, wprowadzenie wielowartościowej rozmytej oceny residuów i zastosowanie logiki rozmytej do wnioskowania – metoda F-DTS [60];
- uwzględnieniu wiedzy o opóźnieniach powstawania symptomów do zabezpieczenia przed fałszywymi diagnozami i podwyższenia osiągniętej rozróżnialności uszkodzeń – metoda T-DTS [35, 59, 80].

Wszystkie warianty metody DTS zostały zaprezentowane także w monografiach [26, 27, 35]. Te i dalsze rozwinięcia algorytmów diagnozowania procesów przemysłowych były implementowane w kolejnych, coraz bardziej zaawansowanych systemach diagnostycznych: DIAG [26, 27], AMandD [31, 42, 52, 82] oraz DiaSter [24, 25, 83]. Systemy te przeszły badania przemysłowe i były wdrażane pilotażowo m.in. w Cukrowni Lublin, Zakładach Azotowych Puławy, EC Siekierki, PKN Orlen oraz w laboratorium Universite des Sciences et Technologies de Lille. Przykład wizualizacji diagnoz w systemie AMandD jest pokazany na rys. 8.

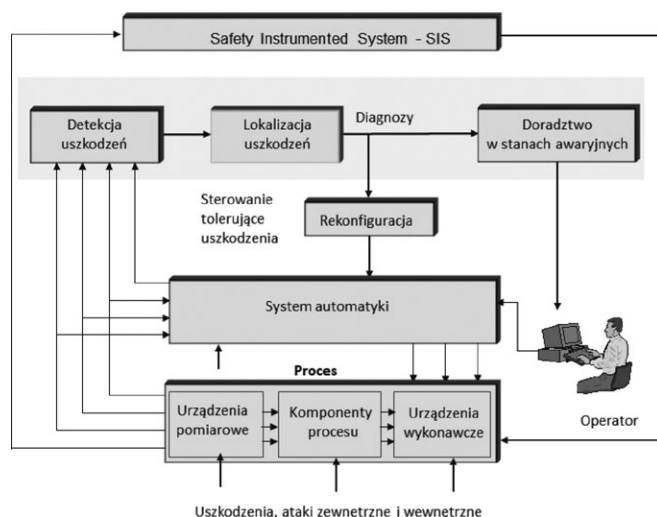
#### 4. Podsumowanie – znaczenie diagnostyki online w zapewnieniu bezpieczeństwa procesów

Jednym z najsilniej rozwijanych aktualnie kierunków badań w dziedzinie automatyki przemysłowej jest bezpieczeństwo i cyberbezpieczeństwo oraz niezawodność przemysłowych systemów sterowania (*Industrial Control Systems, ICS*). Tematami badań są: metody detekcji, lokalizacji i identyfikacji uszkodzeń, systemy automatycznej diagnostyki procesów przemysłowych, układy sterowania tolerujące uszkodzenia, techniki modelowania procesów z uwzględnieniem scenariuszy awaryjnych na potrzeby budowy symulatorów procesów do szkolenia operatorów, metody detekcji cyberataków, metody oceny i redukcji ryzyka itp. Zagadnienia te nabierają coraz większego znaczenia szczególnie dla procesów dużej skali występujących w przemyśle energetycznym, petrochemicznym, chemicznym, hutniczym czy spożywczym, z których wiele to obiekty krytyczne. W przypadku takich instalacji wszelkie awarie nie tylko prowadzą do dużych strat ekonomicznych, ale mogą stanowić zagrożenie dla życia ludzi oraz powodować skażenie środowiska naturalnego.

Bezpieczeństwo techniczne (ang. *safety*) jest rozpatrywane jako problem zapobiegania poważnym awariom przemysłowym spowodowanym zawodnością komponentów instalacji technologicznej (np. pęknięcia rurociągów), uszkodzeniami elementów systemu sterowania oraz błędami ludzkimi. Innym aspektem jest bezpieczeństwo (ang. *security*) rozumiane jako zagrożenie ochrony przed celowymi nieprzyjaznymi atakami z zewnątrz (np. ataki hakerskie na systemy sterowania) oraz działaniami sabotażowymi prowadzonymi od wewnątrz. Mimo różnych przyczyn skutki groźnych uszkodzeń, błędów ludzkich i ataków mogą być takie same, np. pożar, eksplozja, skażenie środowiska, zniszczenie instalacji, zatrzymanie procesu.

W niniejszej pracy omówiono problemy diagnostyki online procesów przemysłowych dużej skali, realizowanej przez system sterujący lub zintegrowany z nim system doradczy. Automatycznie realizowana diagnostyka aparatów technologicznych, urządzeń pomiarowych i wykonawczych ma bezpośredni wpływ zarówno na bezpieczeństwo, jak i wskaźniki niezawodnościowe systemu. Powoduje podwyższenie takich wskaźników, jak pokrycie diagnostyczne DC (*Diagnostics Coverage*) oraz SFF (*Safe Failure Fraction*) zdefiniowanych w normach dotyczących bezpieczeństwa funkcjonalnego (PN-EN 61508, PN-EN 61511), co ma bezpośrednie przełożenie na redukcję ryzyka [66]. Skrócenie czasu diagnostyki prowadzi także do zmniejszenia wartości wskaźnika MTTR (*Mean Time To Repair*), a tym samym podwyższenia wskaźnika dyspozycyjności (gotowości technicznej) systemu.

Wymogi zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa są określone przez istniejące uregulowania prawne i normy techniczne. Podstawowym sposobem redukcji ryzyka do poziomu akceptowalnego jest stosowanie systemów bezpieczeństwa SIS (*Safety Instrumented Systems*), które realizują tzw. funkcje bezpieczeństwa, tzn. algorytmy blokad i zabezpieczeń automatycznych. Działania SIS wiążą się z zatrzymaniem całego lub części procesu, co prowadzi do strat ekonomicznych. Diagnostyka online zapewnia wczesne rozpoznawanie uszkodzeń. Diagnozy wspomagają operatorów procesu (rys. 9), co umożliwia im podejmowanie odpowiednich działań zabezpieczających.



Rys. 9. System diagnostyczny w strukturze systemu sterowania i zabezpieczenia procesu [53]

Są także wykorzystywane przez układy sterowania tolerujące uszkodzenia (*Fault Tolerant Control Systems, FTC*) do realizacji automatycznych rekonfiguracji struktury układów w stanach z uszkodzeniami. Nie dochodzi w takich przypadkach do zadziałania SIS i odstawienia procesu, co oznacza redukcję strat ekonomicznych w stanach awaryjnych. System diagnostyczny tworzy nową warstwę zabezpieczeniowo-ochronną [38].

Innym celem zaawansowanej diagnostyki online jest prowadzenie nowoczesnej strategii utrzymania ruchu opartej na ocenie stanu technicznego instalacji technologicznej. Oprócz uszkodzeń nagłych w aparaturze procesów technologicznych zachodzą często wolnozmiennie zmiany destrukcyjne, zmieniające ich charakterystyki i pogarszające właściwości eksploatacyjne. Przyczyną tych zmian są procesy zużycia materiałów, osadzanie się różnych substancji na elementach urządzeń itp. Racjonalną drogą postępowania jest zastąpienie okresowych przeglądów i remontów przez strategię przeprowadzania remontów na podstawie bieżącej oceny stanu technicznego obiektu i szacowaniu czasu do wystąpienia stanu krytycznego. Ta strategia utrzymania ruchu jest określana jako predykcyjna (*Predictive Maintenance*).

Zaawansowana diagnostyka online jest skutecznym sposobem rozpoznawania nie tylko uszkodzeń, ale także cyberataków [55]. Pozwala rozpoznać cyberataki w sytuacji, gdy inne warstwy zabezpieczenia przed cyberzagrożeniami okażą się nieskuteczne. ■

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

Fragment pochodzi z książki:

*Automatyka, robotyka i przetwarzanie informacji*,  
Piotr Kulczycki, Józef Korbic, Janusz Kacprzyk,  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020

# Zastosowanie agentów upostaciowionych do projektowania systemów robotycznych

Cezary Zieliński

## 1. Motywacja

Pod pojęciem systemu robotycznego rozumie się system, w którego skład wchodzi co najmniej jeden robot oraz ewentualnie dodatkowe urządzenia współpracujące. Istotną częścią takiego systemu jest oprogramowanie sterujące. Wielką różnorodność robotów, a w szczególności rodzajów efektorów i receptorów wchodzących w ich skład, a ponadto wielość zadań, które te urządzenia mają realizować, powoduje, że ich oprogramowanie sterujące musi być dostosowane do tej różnorodności. Pytaniem jest, czy pomimo tej wielkości zarówno struktura, jak i metoda tworzenia tego oprogramowania podlega jakimś ogólnym regułom czy wzorcom. Ponieważ robotycy nie są pierwszymi twórcami oprogramowania, warto się przyjrzeć, jak ten problem był rozwiązywany przez prekursorów – w tym przypadku informatyków. Inżynieria oprogramowania wyróżnia dwie zasadnicze fazy tworzenia oprogramowania: określenie wymagań oraz wytworzenie systemu. Celem pierwszej fazy jest określenie, co użytkownik chciałby uzyskać. Druga faza ma za zadanie wytworzenie oprogramowania, które w wyniku realizacji fazy wdrożeniowej będzie przekazane użytkownikowi do eksploatacji [92]. Określenie wymagań obejmuje zdefiniowanie potrzeb w wyniku negocjacji z użytkownikiem oraz studium wykonalności. Wytworzenie systemu rozpoczyna się od analizy wymagań określonych w pierwszej fazie, która w konsekwencji prowadzi do projektu systemu, w wyniku czego powstaje specyfikacja systemu, która następnie służy do implementacji oprogramowania, jego integracji i testowania. Analiza wymagań stanowi wstęp do projektu oprogramowania, czyli stworzenia modelu analitycznego systemu. Wspomniany proces tworzenia oprogramowania ogólnego przeznaczenia nie różni się zasadniczo od stosowanego do wytwarzania systemów czasu rzeczywistego [49], a więc powinien być wykorzystywany także w robotyce. Projektowanie oprogramowania rozumiane jest również jako proces trójfazowy, złożony ze: zrozumienia dziedziny, której oprogramowanie dotyczy, opracowania architektury projektowanego oprogramowania oraz wyboru języka programowania [55]. Na podkreślenie zasługuje tu konieczność wykorzystania wiedzy o dziedzinie zastosowań oraz konieczność określenia architektury systemu. Te wymagania wskazują na potrzebę operowania modelem strukturalnym tworzonego systemu. Taki model powinien być wyrażony w postaci w miarę szczegółowej i ścisłej specyfikacji. Na podstawie tej specyfikacji dokonuje się implementacji systemu. Błędy w specyfikacji mają najdalej idące konsekwencje dla tworzonego systemu, gdyż zazwyczaj powodują konieczność wprowadzenia rozległych zmian w tworzonego oprogramowaniu, a przez to pociągają za

**Streszczenie:** Projekt oprogramowania systemu robotycznego wymaga stworzenia jego modelu analitycznego. Model jest wykorzystywany do późniejszej implementacji oprogramowania. Pojęcie agenta upostaciowionego jest poręcznym narzędziem modelowania systemów robotycznych. W strukturze agenta upostaciowionego wyróżniono takie podsystemy, jak: efekторы rzeczywiste i wirtualne, receptory rzeczywiste i wirtualne oraz podsystem sterowania. Sposób działania tych podsystemów jest określany hierarchicznie za pomocą: automatów skończonych, zachowań oraz funkcji przejścia. Wyróżniono osiem podtypów agenta upostaciowionego. Przetawiono przykłady architektur systemów robotycznych utworzonych z agentów tych typów. Rozważono systemy o zmiennej i nieziennej strukturze. Wzięto również pod uwagę systemy z zadaniami wymienianymi i niewymienianymi przez użytkownika. Przedstawiona metoda specyfikacji systemów robotycznych służy podejmowaniu decyzji dotyczących zarówno struktury, jak i sposobu działania systemu.

sobą znaczne koszty. Dlatego nie jest obojętne, jaki aparat pojęciowy zostanie wykorzystany do stworzenia specyfikacji. Przy tworzeniu systemów robotycznych niewątpliwie jest istotne, aby, z jednej strony, użyć wskazówek dostarczanych przez inżynierię oprogramowania, ale, z drugiej strony, wiedzy dziedzinowej zakorzenionej w robotyce. Systemy robotyczne są tworzone przez robotyków, więc wykorzystywany do stworzenia modelu aparat pojęciowy powinien być przez nich dobrze rozumiany. Motywacją do prowadzonych badań było opracowanie takiego właśnie aparatu. Celem było określenie sformalizowanego sposobu specyfikacji systemów robotycznych, z jednej strony operującego językiem pojęć powszechnie stosowanych w robotyce, a z drugiej strony łatwych do przełożenia na terminy powszechnie stosowane w inżynierii oprogramowania, co gwarantuje łatwość transformacji specyfikacji w implementację systemu. W dalszej części pracy zostanie przedstawiona metoda specyfikacji systemów robotycznych oparta na pojęciu agenta upostaciowionego oraz przykłady architektur systemów stworzonych przy wykorzystaniu zaprezentowanej metody.

## 2. Rys historyczny

Większość prac poświęconych tworzeniu oprogramowania robotów koncentruje się na zagadnieniach implementacyjnych. Dotyczą one m.in.: metod programowania robotów

przemysłowych, języków programowania robotów, bibliotek wspomagających programowanie robotów, programowych struktur ramowych, języków zorientowanych na dziedzinę, architektur systemów robotycznych oraz automatycznej generacji kodu. Niewiele jest prac poświęconych wskazówkom, jak stworzyć model analityczny systemu robotycznego. Ponadto w tych nielicznych pracach poświęconych specyfikacji oprogramowania dla robotów w większości stosuje się podejście wykorzystywane do tworzenia systemów informatycznych, w niewielkim stopniu odnosząc się do specyfiki związanej z robotyką. Niemniej jednak, ponieważ specyfikacja powinna ułatwiać implementację, zapoznanie się z bogactwem wspomnianej literatury jest pożyteczne, gdyż wskazuje, na jakie zagadnienia należy zwrócić szczególną uwagę przy określaniu metody specyfikacji systemów robotycznych.

### 2.1. Metody programowania robotów przemysłowych

W czasach, gdy nie istniały mikroprocesory, roboty przemysłowe były programowane z wykorzystaniem macryc diodowych i wyłączników krańcowych [76]. Z rozwojem techniki mikroprocesorowej możliwości sprzętu sterującego wzrosły, więc wprowadzono uczenie w dwóch odmianach: PTP (*Point to Point*) i CP (*Continuous Path*). W pierwszym przypadku operator za pomocą panelu programowania doprowadzał ramię robota do wybranych punktów przestrzeni roboczej w celu ich zapamiętania. Następnie robot odtwarzał zapamiętaną trajektorię, stosując interpolację. W drugim przypadku operator przeprowadzał ramię przez pożądaną trajektorię, a układ sterowania zapamiętywał jej punkty z krótkim okresem. Zaletą tych metod była łatwość ich nauczenia się przez operatorów, natomiast wadami było to, że drobna modyfikacja trajektorii wymagała przeprowadzenia uczenia od początku, nie istniała dokumentacja programu, a wykorzystanie czujników było niemożliwe. Dlatego zwrócono uwagę na tekstowe formy programowania robotów. Ta postać programowania niwelowała wady uczenia, ale wymagała wyższych kwalifikacji programisty, a ponadto trzeba było kalibrować program dla każdej konkretnej jednostki. Dlatego obecnie stosuje się hybrydowe metody programowania. Program jest tworzony tekstowo, ale nieliczne specyficzne pozycje są programowane za pomocą uczenia – to zastępuje kalibrację. Obecne sterowniki robotów przemysłowych, oprócz sterowania urządzeniami elektronicznymi wchodzącymi w skład robota, mają interpreter specjalizowanego języka programowania robotów. Każda z firm produkująca takie urządzenia ma swój język [122], np.: RAPID dla robotów ABB [8], KRL dla robotów Kuka [6], PDL2 dla robotów Comau [7], Melfa-Basic dla robotów Mitsubishi [3], AS dla robotów Kawasaki [2], VAL3 dla robotów Stafilbi [1], URscript dla robotów Universal Robots [9], SCOL dla robotów Toshiba [4], FTL dla robotów Festo [5]. Wszystkie te języki, aczkolwiek różniące się syntaktycznie, mają wspólne cechy. Sterowanie wykonaniem programu wykorzystuje standardowe instrukcje warunkowe i iteracyjne oparte na języku BASIC albo Pascal. Elementarne typy danych oraz funkcje matematyczne są tożsame z tymi zdefiniowanymi w komputerowych językach programowania. Typy danych specyficzne dla robotów to wektory, obroty oraz układy odniesienia. Ruch ramienia jest określany dwufazowo.

Oddzielnie są specyfikowane takie parametry, jak prędkość, czas, konfiguracja endogeniczna czy obciążenie, a oddzielnie inicjowanie ruchu, cel oraz zastosowany sposób interpolacji. Interpolacja dotyczy albo przestrzeni konfiguracyjnej, albo operacyjnej. Stosowane są interpolacje liniowe i kołowe. Ponadto instrukcje umożliwiają sterowanie narzędziem. Pomimo że duża część języka dotyczy specyfikacji ruchu, brakuje innych form interpolacji. Języki te mogłyby być znacznie uproszczone, gdyby wprowadzić parametryczne generatory trajektorii [109], ale konserwatyzm przemysłu spowodował, że tego rozwiązania nie przyjęto. Obecne badania w tej dziedzinie koncentrują się na rozszerzeniu uczenia na programowanie przez demonstrację. Polega ono na obserwacji przez robota tego, co robi człowiek. Wykorzystując kamery, mikrofony oraz inne czujniki, robot przygląda się i jest instruowany przez człowieka, jak ma wykonać zadanie [15, 16]. Osiągnięcie takiej formy programowania jest bardzo trudne, więc proponowane są rozwiązania prostsze. Bada się zastosowanie czujników sił i dotyku oraz kamer do wspomagania uczenia [79]. Próbuje się też stosować rozszerzoną rzeczywistość w trakcie programowania robota. Ponadto próbuje się definicji zadań poprzez ograniczony zestaw sparametryzowanych umiejętności [95], określonych na podstawie standardowych procedur operacyjnych dla robotników produkcyjnych [83].

### 2.2. Języki programowania robotów

Języki programowania robotów przemysłowych odziedziczyły wiele cech języków opracowanych w ośrodkach badawczych. Jednym z pierwszych takich języków był WAVE [81, 82], zaimplementowany w Stanford Artificial Intelligence Laboratory w latach 70. XX wieku. Był on protoplastą wielu późniejszych języków. Wprowadzono w nim transformacje jednorodne, by reprezentować układy współrzędnych, oraz możliwość akwizycji danych ze środowiska za pomocą kamer i mechanizmy wykorzystania czucia siły. Bardziej rozwiniętą formą tego języka był AL [73]. Argumenty instrukcji ruchu języka WAVE dotyczyły manipulatora, podczas gdy w języku AL odnosiły się do przemieszczanych obiektów, co uczyniło reprezentację środowiska robota nieodzowną. Ta modyfikacja pociągnęła za sobą konieczność odzwierciedlania w modelu zmian zachodzących w rzeczywistym środowisku, będących wynikiem przenoszenia obiektów znajdujących się w otoczeniu robota. AL był z kolei inspiracją dla SRL [18]. Języki te koncentrowały się na wprowadzeniu do sterowania robotem informacji uzyskanej dzięki czujnikom, ale ignorowały fakt, że oddzielne instrukcje modyfikujące aktualny stan modelu środowiska i sterujące ruchem manipulatora mogą prowadzić, w razie pomyłki programisty, do rozbieżności między faktycznym stanem otoczenia a rzeczywistym stanem środowiska. To niedomaganie zostało zlikwidowane w języku TORBOL [106]. Wspomniane języki do reprezentacji manipulatora bądź obiektów otoczenia wykorzystywały transformację jednorodną. Język RAPT [11, 85] wykorzystywał do tego celu zestawy kształtów podstawowych, takie jak: proste, okręgi, płaszczyzny, walce czy sfery. Takie geometryczne kształty ułatwiały symulację graficzną działań robota. Modelowanie środowiska było konieczne, by automatycznie planować działania robotów, ale podstawowym problemem



było postrzeganie środowiska w celu ustalenia jego faktycznego stanu. Różnorodność czujników czyniła uciążliwym modyfikowanie tych specjalizowanych języków programowania. To spowodowało powrót do języków programowania ogólnego przeznaczenia oraz rozwój bibliotek wspomagających programowanie robotów.

### 2.3. Biblioteki wspomagające programowanie robotów

Biblioteki zawierają funkcje, procedury, obiekty lub komponenty stworzone w uniwersalnym języku programowania, takim jak C, C++ lub Pascal, sterujące ruchem efektorów, wykonujące operacje na modelu środowiska i przeprowadzające agregację danych z czujników. Sterowanie wykonaniem programu i transformacje matematyczne są bezpośrednio kodowane w języku uniwersalnym. Biblioteki nie wymagają innego kompilatora niż tego związanego z językiem uniwersalnym. Modyfikacja lub dodawanie funkcji wiąże się z programowaniem w języku uniwersalnym.

Wczesne biblioteki były tworzone na bazie takich języków, jak: Pascal, np. PASRO (*Pascal for Robots*) [17, 18], lub C, np. RCCL (*Robot Control C Library*) [52]. Biblioteka RCCL była później inspiracją dla ARCL (*Advanced Robot Control Library*) [36], RCI (*Robot Control Interface*) [63] i KALI [14, 50, 51, 77]. Biblioteki przyspieszyły badania robotów, ale nie dawały użytkownikom wskazówek, jaka jest pożądana struktura projektowanych systemów. Zalety powtórnego użycia oprogramowania oraz poszukiwanie wzorców doprowadziły do powstania programowych struktur ramowych.

### 2.4. Programowe struktury ramowe dla robotów

W monografii [55] wyróżniono trzy klasy wzorców: architektoniczne, projektowe i idiomy. Pierwsze dotyczą ogólnej struktury systemu, określając sposób dekompozycji na podsystemy oraz wskazując, jak się one komunikują i działają. Drugie definiują wewnętrzną strukturę podsystemów i ich współzależności. Idiomy to wzorce wynikające ze specyfiki konkretnego języka programowania. Większość programowych struktur ramowych odnosi się do idiomów. Bardziej znane struktury ramowe to: Player [35, 47, 102], OROCOS (*Open Robot Control Software*) [31,32], ROS (*Robot Operating System*) [87], YARP (*Yet Another Robot Platform*) [42, 70], ORCA [22, 23], ROS (*Robot Operating System*) [88], MRROC++ (*Multi-Robot Research Oriented Controller based on C++*) [107, 110–112, 127; patrz też: 121]. Większość struktur ramowych ma za zadanie rozwiązanie następujących problemów [30]:

- ułatwienie obsługi sprzętu (czujników i siłowników);
- stworzenie wysokopoziomowego wzorca komunikacji między podsystemami;
- umożliwienie dopasowania (opakowanie) istniejącego już oprogramowania służącego do tworzenia specjalizowanych podsystemów, takich jak podsystemy wizyjne, np. DisCODE [94] czy OpenCV [21]);
- umożliwienie rozwoju systemu opracowanego na podstawie starszych technologii.

Niektóre rozwiązują komplet wymienionych problemów, a inne tylko niektóre, ale wszystkie zajmują się dwoma pierwszymi. Obecnie programowe struktury ramowe ewoluują

w kierunku opracowywania zestawów narzędzi programistycznych służących do budowy oprogramowania (*toolchain*) [20, 44].

### 2.5. Języki zorientowane dziedzinowo

Języki zorientowane na konkretną dziedzinę (*Domain-Specific Language* – DSL) wywodzą się z ogólnego podejścia do projektowania, zwanego inżynierią opartą na modelu (*Model Driven Engineering*, MDE) [28]. Tworząc model, koncentrujemy się na najistotniejszych właściwościach systemu, pomijając szczegóły implementacyjne. Zastosowanie MDE do tworzenia oprogramowania jest związane z automatyczną generacją kodu. W robotyce stosuje się zarówno języki modelowania ogólnego przeznaczenia, takie jak UML [84], jak i języki specjalnie opracowane do modelowania systemów robotycznych [28].

### 2.6. Automatyczna generacja kodu

Przykładem automatycznego generatora kodu jest G<sup>en</sup>oM (*Generator of Modules*) [10, 43]. Narzędzie to na podstawie specyfikacji systemu tworzy jego warstwę reaktywną. Automatyczna generacja kodu wymaga standaryzacji architektury, co jest także jednym z wymagań MDE. Niestety ustalenie jednego standardu architektonicznego w robotyce jest bardzo trudne, ponieważ roboty są wykorzystywane do bardzo różnych celów i są strukturalnie bardzo zróżnicowane [29]. W celu stworzenia architektury dostosowanej do dziedziny zastosowań postuluje się zwrócenie uwagi na te elementy systemów, które nie ulegają zmianie przy modyfikacji sprzętu i zadań tych systemów [27]. Ponadto należy odseparować oprogramowanie sterujące sprzętem od tego odpowiedzialnego za interakcję robota z otoczeniem. Istotnym zagadnieniem jest poziom abstrakcji języka zorientowanego dziedzinowo [58]. Sugeruje się wyrażenie metamodelu za pomocą diagramów UML [84], a następnie użycie konkretyzacji (instancji) metamodelu do generacji kodu.

### 2.7. Architektury systemów robotycznych

Najpopularniejszą formą architektoniczną w robotyce jest struktura warstwowa. Podział na warstwy jest tworzony albo na podstawie częstotliwości powtarzania zachowania komponentów systemu [40], albo poprzez dekompozycję zadania na podzadania. Dominują architektury dwu- [74] i trójwarstwowe, np.: czuj – planuj – działaj (*sense – plan – act*, SPA), reaktywna uogólniająca (*subsumption*) [24–26], hybrydowe planująco-reaktywne [12], hierarchiczne [10, 46]), inspirowane biologicznie [66, 67, 97], wykorzystujące przeświadczenie – pragnienie – intencję (*belief – desire – intension*, BDI) [78, 93].

Pomimo liczności opracowywanych systemów robotycznych nie istnieje jedna metoda ani przedstawiania ich architektur, ani klasyfikacji ich struktur (np. [33, 34, 38, 39, 41, 68, 69, 80, 104]). W pracach [37, 60], opisujących różne architektury systemów robotycznych, wyróżniono:

- strukturę architektoniczną, czyli prezentację podsystemów i ich połączeń;
- styl architektoniczny, czyli opis wykorzystywanych koncepcji obliczeniowych i komunikacyjnych.

Niemniej jednak praca [60] wskazuje, że dla większości stworzonych systemów trudno określić zarówno ich strukturę, jak

i styl. Pomimo prowadzenia prac dotyczących formalnej specyfikacji oprogramowania sterującego robotami [13, 66, 67, 108, 119] i jego formalną weryfikacją [56, 57] niestety to podejście nie uzyskało szerszej akceptacji środowiska robotyków. Zazwyczaj architektury są przedstawiane za pomocą nieformalnych opisów tekstowych oraz diagramów blokowych o bardzo zróżnicowanym poziomie szczegółowości, przy zastosowaniu różnych środków graficznych. Prowadzi to do poważnych problemów w implementacji i dokumentacji tak opisanych systemów.

### 3. Specyfikacja

Szczegółowość specyfikacji zależy od kompetencji projektantów systemu oraz potrzeb dokumentacyjnych. W tym względzie metodyka tutaj stosowana jest elastyczna. Specyfikacja może być bardzo szczegółowa, ale wtedy jest obszerna, albo bardzo powierzchowna, jednak może być wieloznaczna. Zapewne optimum tkwi gdzieś między tymi ekstremami. W każdym razie tworzenie takiej specyfikacji umożliwia przeprowadzenie dyskusji dotyczącej adekwatności nie tylko przyjętej struktury układu, ale również wymaganych zachowań tych podsystemów. Ta dyskusja może być przeprowadzona przed napisaniem pierwszego wiersza kodu sterownika, a więc koszt modyfikacji jest nieduży. Jeżeli do tworzenia systemu korzysta się z gotowych modułów, co do których żyjemy przekonanie, że są poprawne i niezawodne, to właśnie wtedy możemy zmniejszyć szczegółowość specyfikacji, ograniczając się do traktowania takich modułów jako czarnych skrzynek określonych przez ich interfejs.

Obecnie często oprogramowanie buduje się z komponentów. Podejście komponentowe abstrahuje od dziedziny, której oprogramowanie dotyczy. Koncentruje się na interfejsach i komunikacji między komponentami, a nie na strukturze systemu, która musi zależeć od dziedziny zastosowań, a w szczególności od klasy zadań, które system ma realizować. Prezentowane tu podejście jest osadzone w dziedzinie, jaką jest robotyka, i abstrahuje od sposobu implementacji. Tak wyspecyfikowany system może być zaimplementowany z zastosowaniem dowolnego podejścia (niektórzy lubią mówić o paradygmacie): proceduralnego, obiektowego, komponentowego etc. Oczywiście zaletą jest to, że systemy robotyczne są i będą konstruowane przede wszystkim przez robotyków, a więc sposób projektowania musi wykorzystywać pojęcia z dziedziny robotyki, a struktura wynikowego systemu musi być adekwatna do zadań systemu, a nie do sposobu implementacji. Wiele struktur ramowych nie narzuca architektury, ale to zrzuca konieczność opracowania architektury na programistę, bez żadnych wskazówek, jak to zrobić. Nie ułatwia to zadania projektantowi, a w szczególności, przy braku doświadczenia, może prowadzić do wadliwej struktury systemu. Jak wiadomo, naprawa błędnej struktury jest najbardziej kosztownym sposobem przekształcania oprogramowania. Przy zastosowaniu tu prezentowanego podejścia dyskusja struktury odbywa się jeszcze przed napisaniem pierwszego wiersza kodu – jest to istotną zaletą.

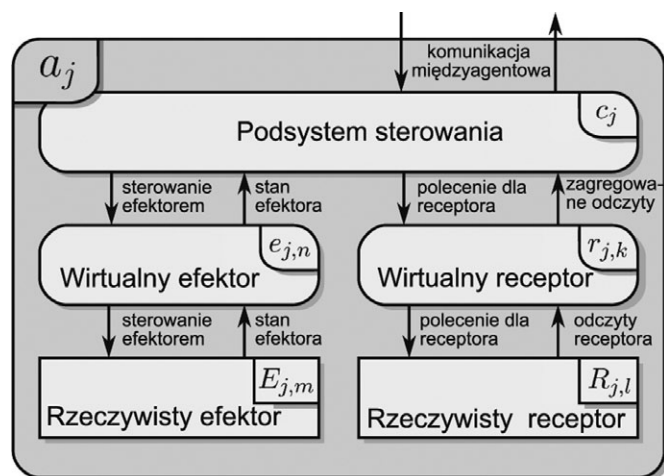
### 4. Agent upostaciowiony

W klasycznym już podręczniku dotyczącym sztucznej inteligencji [91] agent został zdefiniowany jako coś, co działa.

Niemniej jednak podkreślono tam, że agenty komputerowe mają dodatkowe cechy odróżniające je od innych programów. Agent działa autonomicznie, postrzega swoje środowisko, ma charakter trwały, dostosowuje się do zmian i jest w stanie podjąć cel innego agenta. Większość autorów definiuje agenta poprzez wymienienie cech, które powinien mieć, lub tych, których mieć nie powinien. Tutaj zostanie przyjęta dość ogólna, lecz zwięzła definicja agenta. Tak więc jest to twór dążący do realizacji zadania w swoim środowisku, postrzegając je i wpływając na nie. W robotyce to środowisko ma charakter fizyczny, więc agent oddziałuje na nie poprzez swoje efekторы i postrzega je za pomocą swoich receptorów. Agent działający w fizycznym otoczeniu musi mieć fizyczną powłokę (postać), by na nie oddziaływać – stąd agent upostaciowiony.

#### 4.1. Struktura wewnętrzna agenta upostaciowionego

Agent  $a_j$ , gdzie  $j$  jest jego oznaczeniem, składa się z: efektorów rzeczywistych  $E_j$  oddziałujących na środowisko (czyli fizycznych urządzeń wykonawczych), rzeczywistych receptorów<sup>1</sup>  $R_j$  zbierających dane o stanie otoczenia (czyli czujników) oraz systemu sterowania  $C_j$  realizującego zadanie przez wpływanie na efekторы na podstawie odczytów uzyskiwanych z receptorów. System sterowania  $C_j$  agenta  $a_j$  składa się z trzech typów podsystemów: wirtualnych efektorów  $e_j$ , wirtualnych receptorów  $r_j$  oraz podsystemu sterowania  $c_j$ . Agent może zawierać wiele receptorów rzeczywistych  $R_{j,l}$  i wiele receptorów wirtualnych  $r_{j,k}$  gdzie  $l$  i  $k$  są ich oznaczeniami. Podobnie w jego skład może wchodzić wiele efektorów rzeczywistych  $E_{j,m}$  i wiele efektorów wirtualnych  $e_{j,n}$ , gdzie  $m$  i  $n$  są ich oznaczeniami. Wirtualne efekторы  $e_{j,n}$  i receptory  $r_{j,k}$  prezentują podsystemowi sterowania  $c_j$  urządzenia wykonawcze i środowisko w postaci właściwej do określenia sposobu realizacji zadania. Innymi słowy, dokonują zastąpienia elementarnych rozkazów sterujących oraz pierwotnych odczytów z czujników abstrakcyjnymi pojęciami niezbędnymi do zwięzłego wyrażenia realizowanego zadania. Dokonują transformacji ontologii. Agenty mogą się również komunikować między sobą. Na rysunku 1 jest pokazany schemat wewnętrznej struktury agenta upostaciowionego [59, 119, 125, 131].



Rys. 1. Ogólna struktura agenta upostaciowionego  $a_j$

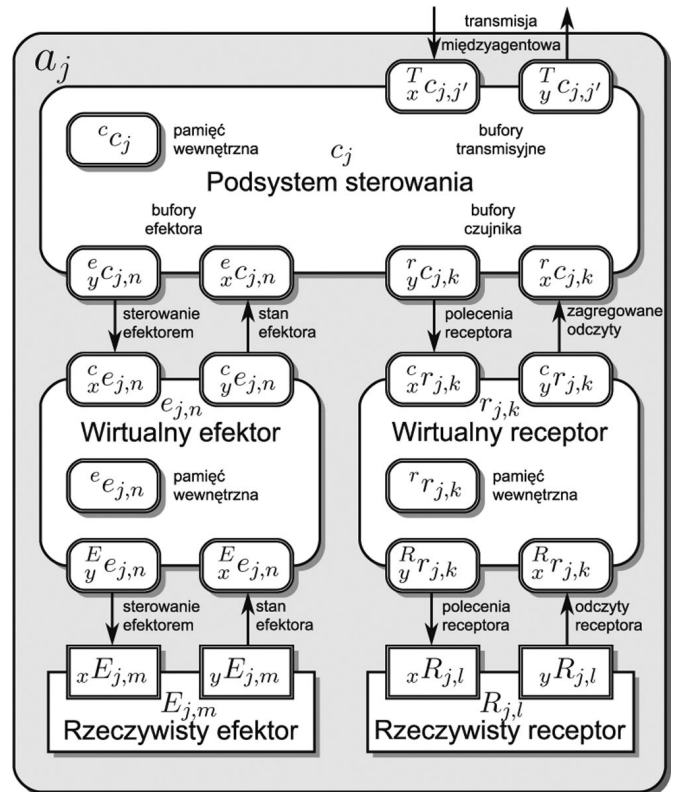
Podsystemy przekazują sobie informacje poprzez bufor. Mają ponadto swoje pamięci wewnętrzne. Przyjęto jednolitą konwencję notacyjną dla oznaczania buforów. Symbol centralny określa typ właściciela bufora ( $c, e, r, E, R$ ), lewy górny indeks wskazuje typ podsystemu, z którym właściciel się kontaktuje, lewy dolny indeks określa, czy jest to bufor wejściowy ( $x$ ), wyjściowy ( $y$ ) lub pamięć wewnętrzna (brak tego indeksu), górny prawy indeks determinuje czas dyskretny, w którym pojawiła się zawartość (np. chwila bieżąca  $i$ ) lub w której zostanie wysłana ( $i+1$ ), dolny prawy indeks jest zarezerwowany na wskazanie nazwy konkretnego agenta i podsystemu, do którego należy bufor. Przykładowo,  $x^i e_{robot,lm}$  jest zawartością bufora wejściowego efektora wirtualnego o nazwie  $lm$  (skrót od „lewy manipulator”) w bieżącej chwili  $i$  uzyskaną od podsystemu sterowania agenta o nazwie ‘robot’. Strukturę wewnętrzną agenta upostaciowionego wraz z buforami podsystemów przedstawia rys. 2. Bufory i pamięć mają swoją strukturę wewnętrzną (zawierają zmienne). Aby się do nich odwołać, ich nazwy należy wpisać w nawiasach kwadratowych umieszczonych po symbolu bufora. Projektant, decydując o zawartości poszczególnych buforów, podejmuje dwie decyzje. Po pierwsze, określa ontologie, z których korzystają komunikujące się podsystemy lub agenty, a po drugie, decyduje, jakie transformacje ontologiczne będą dokonywane przez poszczególne podsystemy w celu dopasowania do siebie tych podsystemów. Wirtualne receptory mają za zadanie zamienić dane bezpośrednio otrzymywane z czujników na pojęcia wykorzystywane przez podsystem sterowania do realizacji zadania, a wirtualne efektory muszą transformować abstrakcyjne pojęcia otrzymane od podsystemu sterowania na rozkazy bezpośrednio sterujące sprzętem. Najczęściej taki agent korzysta z pojęć opisujących robota, a więc operuje ontologią bezpośrednio związaną z robotem. Jeżeli zadanie ma być wyrażone za pomocą pojęć związanych z obiektami znajdującymi się w środowisku robota, to zazwyczaj niezbędne są dodatkowe agenty potrafiące korzystać z takiej złożonej ontologii [120].

**4.2. Sposób działania agenta upostaciowionego**

Każdy typ podsystemu  $s \in \{c, e, r\}$  działa w taki sam sposób. Podsystem  $s$ , o nazwie własnej  $v$ , agenta  $a_j$ , oblicza wartość swojej funkcji przejścia  $f_{j,v,\omega}$ , pobierając argumenty ze swych buforów wejściowych oraz pamięci wewnętrznej, a następnie deponuje wyniki obliczeń w swych buforach wyjściowych i pamięci wewnętrznej.

$$\left[ \begin{matrix} s \\ s_{j,v}^{i+1} \end{matrix}, y^i s_{j,v}^{i+1} \right] := f_{j,v,\omega} \left( \begin{matrix} s \\ s_{j,v}^i, x^i s_{j,v}^i \end{matrix} \right) \quad (1)$$

Każdy z podsystemów może dysponować wieloma takimi funkcjami przejścia, stąd indeks  $\omega$  wskazujący nazwę konkretnej funkcji. Wartości argumentów są zawsze brane z chwili bieżącej  $i$ , a wyniki obliczeń będą rozesłane do innych podsystemów dopiero w chwili  $i + 1$ . Funkcje przejścia  $f_{j,v,\omega}$  mogą być definiowane monolitycznie, ale w większości przypadków są dekomponowane. Dekompozycja kanoniczna polega na wyznaczeniu odrębnej funkcji przejścia dla każdego z wyjściowych buforów oraz pamięci wewnętrznej podsystemu. Jest ona ortogonalna w tym względzie, że wyniki obliczeń są deponowane w niezależnych zmiennych różnych buforów.



Rys. 2. Struktura wewnętrzna agenta upostaciowionego  $a_j$

Możliwe są również dekompozycje, w których różne funkcje obliczają wartości dotyczące tych samych zmiennych. Wtedy potrzebna jest kompozycja wartości ostatecznej. Dwie skrajne formy kompozycji to kompozycja antagonistyczna lub kooperatywna. W pierwszym przypadku spośród obliczonych wartości przez różne funkcje częściowe wybierana jest jedna – zazwyczaj ekstremalna. W drugim przypadku wykorzystuje się którąś z postaci superpozycji wartości [110], np. obliczenie średniej ważonej. Oczywiście można wymyślić także formy pośrednie, np. pogrupowanie wyników obliczeń, wyznaczenie średniej dla każdej z grup oraz przyjęcie jako wyniku ostatecznego ekstremalnej średniej. Można też zbudować funkcję przejścia, stosując logikę rozmytą do jej argumentów [113]. Zazwyczaj funkcje przejścia są deterministyczne, ale jeżeli pewne ich argumenty będą oparte na zmiennych o wartościach losowych, można konstruować funkcje niedeterministyczne [110].

- Każdy podsystem wykonuje następujące czynności cyklicznie:
- pobiera dane od innych podsystemów do buforów wejściowych  $x_{j,v}$ ;
  - oblicza funkcję przejścia  $f_{j,v,\omega}$  i wstawia wyniki do buforów wyjściowych  $y_{j,v}$  i pamięci wewnętrznej  $s_{j,v}$ ;
  - wysyła dane z buforów wyjściowych  $y_{j,v}$  do innych podsystemów.

Ten cykl pracy można opisać automatem skończonym  $S_{j,v,\omega}^B$  przedstawionym na rys. 3. Wielokrotne powtarzanie tego cyklu stanowi pewne zachowanie  $S_{j,v,\omega}$  podsystemu  $s_{j,v}$ , gdzie  $\omega$  jest nazwą tego zachowania. Przejścia ze stanu  $S_{j,v,\omega}^2$  do stanu  $S_{j,v,\omega}^3$  oraz ze stanu  $S_{j,v,\omega}^4$  do stanu  $S_{j,v,\omega}^5$  są związane ze spełnieniem warunków, odpowiednio,  $f_{j,v,\omega}^{out}$  i  $f_{j,v,\omega}^{in}$ . Predykaty te wykorzystują

zmienne booléowskie zawarte w buforach  $x_{s_{j,v}}$  i  $y_{s_{j,v}}$ , które wskazują odpowiednio, czy nowe dane zostały przysłane bądź czy wysłane dane zostały odebrane. To, czy w buforze  $x_{s_{j,v}}$  dane są świeże, ma istotne znaczenie dla definicji funkcji przejścia [99]. Funkcje przejścia muszą zawsze działać na nowych danych, więc w zależności od tego, które dane są świeże, w danym momencie będą wykorzystywane różne warianty danej funkcji.

Predykaty  $sf_{j,v,\omega}^{out}$  i  $sf_{j,v,\omega}^{in}$  określają typ komunikacji między podsystemami: albo blokujący, albo nieblokujący działanie podsystemu  $s_{j,v}$ . Do organizacji blokującej komunikacji można wykorzystać powyżej wspomniane zmienne booléowskie umieszczone w buforach  $x_{s_{j,v}}$  i  $y_{s_{j,v}}$ . Jeżeli podsystem  $s_{j,v}$  w oczekiwaniu na odbiór informacji od podsystemu  $s_{j,h}$  ma się zawieszać, to do predykatu  $sf_{j,v,\omega}^{in}$  należy wstawić zmienną logiczną, np.  $b$ , znajdującą się w buforze  $x_{s_{j,v}}$ . Zmienna ta określa, czy nowe dane zostały przesłane. Jest to zmienna logiczna ustawiana przez podsystem  $s_{j,h}$  i zerowana przez rozpatrywany podsystem  $s_{j,v}$ . Jeżeli podsystem  $s_{j,v}$  ma czekać na dane od wielu podsystemów, to z takich zmiennych logicznych (tu oznaczonych dodatkowymi primami dla ich rozróżnienia) tworzona jest koniunkcja.

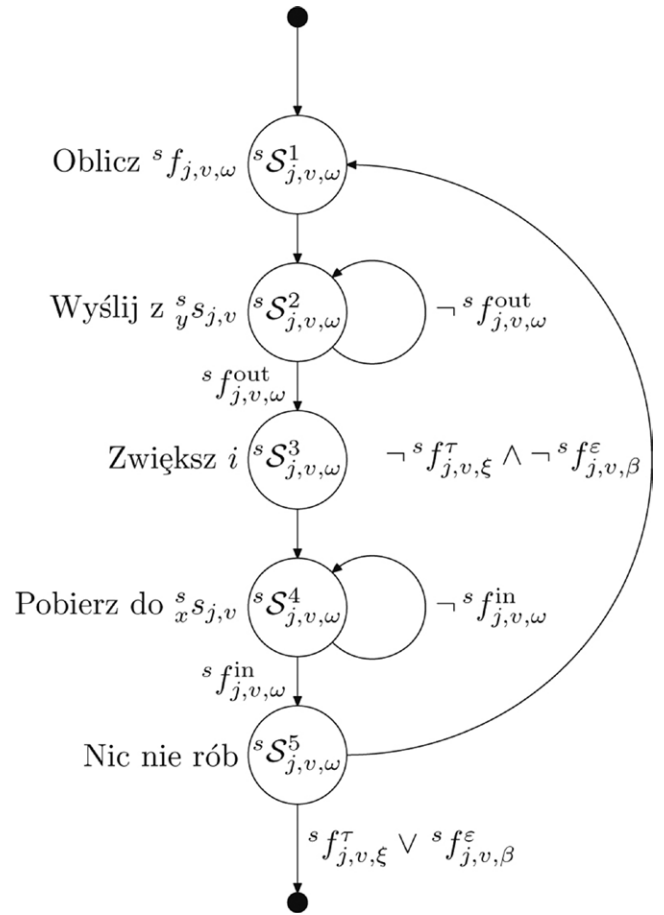
$$sf_{j,v,\omega}^{in} = x_{s_{j,v}}[b'] \wedge x_{s_{j,v}}[b''] \quad (2)$$

Aby zapobiec nieskończonemu oczekiwaniu na dane, można dodać do predykatu alternatywę tej koniunkcji ze zmienną logiczną (np.  $b^*$ ), która po określonym czasie staje się prawdziwa, a więc wprowadzić ograniczenie czasu (*timeout*).

$$sf_{j,v,\omega}^{in} = x_{s_{j,v}}[b'] \wedge x_{s_{j,v}}[b''] \vee x_{s_{j,v}}[b^*] \quad (3)$$

Predykat  $sf_{j,v,\omega}^{out}$  określa zachowanie podsystemu  $s_{j,v}$  w trakcie wysyłania danych. Jeżeli podsystem  $s_{j,v}$  musi czekać na potwierdzenie odebrania danych przez podsystem  $s_{j,h}$ , to do bufora  $y_{s_{j,v}}$  należy wstawić zmienną logiczną (niech to znów będzie  $b$ ), a następnie wykorzystać ją w predykatie  $sf_{j,v,\omega}^{out}$ . Jeżeli oczekiwanie na otrzymywane dane bądź na potwierdzenie odebrania danych nie jest konieczne, to do odpowiednich predykatów wspomniane zmienne logiczne nie są wstawiane.

Jak widać z rys. 3, dyskretny czas  $i$  można również traktować jak numer cyklu zachowania. W ten sposób powtarzanie cyklu nie musi implikować okresowości, niemniej jednak w zdecydowanej większości podsystemy działają ze stałym okresem związanym z czasem próbkowania urządzeń, z którymi współpracują. Po każdym cyklu są sprawdzane dwa predykaty: warunek końcowy  $sf_{j,v,\xi}^T$  i warunek błędu  $sf_{j,v,\beta}^E$  (gdzie  $\xi$  i  $\beta$  są nazwami własnymi tych predykatów). Spełnienie dowolnego z tych warunków przerywa dane zachowanie. Podsystem jednak musi pracować dalej, a więc musi zostać wybrane do realizacji kolejne zachowanie. Ten wybór dokonywany jest przez automat skończony FSM  ${}^sF_{j,v}$ , zarządzający pracą podsystemu  $s_{j,v}$ . Każdy węzeł jego grafu reprezentuje stan  ${}^sS_{j,v}^\gamma$ , gdzie  $\gamma$  jest desygnatorem konkretnego stanu (węzła grafu). Z każdym węzłem tego grafu jest skojarzone pewne zachowanie  ${}^sB_{j,v,\omega}$  podsystemu  $s_{j,v}$ . Ponieważ zachowania też są reprezentowane automatami skończonymi  ${}^sF_{j,v,\omega}^B$ , powstały automat  ${}^sF_{j,v}$  jest hierarchiczny. Łuki skierowane jego grafu są etykietowane warunkami



Rys. 3. Graf stanów automatu skończonego  ${}^sF_{j,v,\omega}^B$ , realizującego zachowanie  ${}^sB_{j,v,\omega}$   $v$ -tego podsystemu agenta  $a_j$

początkowymi  $sf_{j,v,\zeta}^\sigma$ , które są predykatami. Automat  ${}^sF_{j,v}$  w stanie  ${}^sS_{j,v}^\gamma$  wybiera swój stan następny  ${}^sS_{j,v}^\delta$ , wykorzystując spełniony warunek początkowy  $sf_{j,v,\zeta}^\sigma$ , etykietujący łuk skierowany prowadzący od stanu aktualnego  ${}^sS_{j,v}^\gamma$  do stanu następnego  ${}^sS_{j,v}^\delta$ . Predykaty  $sf_{j,v,\gamma}^\sigma$ , etykietujące łuki wychodzące ze stanu  ${}^sS_{j,v}^\gamma$  automatu deterministycznego, muszą spełniać następujące warunki [114]:

- muszą być parami rozłączne, czyli  $\forall k \neq l \quad sf_{j,v,\gamma_k}^\sigma \wedge sf_{j,v,\gamma_l}^\sigma = \text{False}$ ;
- ich suma logiczna musi być prawdziwa w chwili zakończenia zachowania, czyli  $\forall k \quad sf_{j,v,\gamma_k}^\sigma = \text{True}$ ,

gdzie  $\gamma_k$  i  $\gamma_l$  są numerami/nazwami warunków początkowych etykietujących łuki skierowane wychodzące ze stanu  ${}^sS_{j,v}^\gamma$ . Automat pozostaje w stanie aktualnym do chwili spełnienia albo warunku terminalnego, albo błędu ( $sf_{j,v,\xi}^T$ ,  $sf_{j,v,\beta}^E$ ) zachowania  ${}^sB_{j,v,\omega}$  przypisanego temu stanowi. Dopiero po spełnieniu jednego z tych warunków są badane predykaty etykietujące łuki skierowane wychodzące z węzła reprezentującego stan  ${}^sS_{j,v}^\gamma$ . Przy tym założeniu działanie automatu  ${}^sF_{j,v}$  może być opisane jego funkcją przejścia  ${}^s\Theta_{j,v}$ .<sup>2</sup>

Zastosowanie zmiennych losowych w warunkach początkowych prowadzi do losowego wyboru stanu następnego [113]. Oznacza to, że automat w tych samych warunkach zewnętrznych będzie podejmował decyzję o wyborze różnych zachowań. Porównanie wyników działania systemu dla różnych zachowań stanowi wskazówkę, które z działań było bardziej skuteczne w danych warunkach. Zwiększając prawdopodobieństwo

wyboru lepszego zachowania, system stopniowo uczy się podejmowania właściwych decyzji.

## 5. Typy agentów

Z funkcjonalnego punktu widzenia w strukturze wewnętrznej agenta  $a_j$  można wyróżnić cztery typy elementów składowych: C, E, R i T, gdzie C reprezentuje podsystem sterowania  $c_j$ , E – rzeczywiste i wirtualne efektory ( $E_{j,m}$  i  $e_{j,n}$ ), R – rzeczywiste i wirtualne receptory ( $R_{j,l}$  i  $r_{j,k}$ ), a T – środki techniczne umożliwiające nawiązanie komunikacji (transmisji) międzyagentowej. Aby zrealizować swoje zadanie, agent musi mieć podsystem sterowania, a więc składnik C. Pozostałe trzy elementy nie są niezbędne do funkcjonowania agenta – mogą być potrzebne do realizacji zadania lub nie. W rezultacie można wyróżnić osiem typów agentów [129] (tabela 1). Aby określić typ agenta, wystarczy wskazać, które składniki występują w jego strukturze wewnętrznej.

Tablica 1. Typy agentów

(• – czwórka uporządkowana CERT nie ma danego składnika)

Typ	Składniki	Standardowa funkcja agenta
CERT	C, E, R, T	pełny agent upostaciowiony
CET	C, E, •, T	agent teleoperowany
CRT	C, •, R, T	zdalny czujnik
CER	C, E, R, •	autonomiczny agent
CT	C, •, •, T	agent obliczeniowy, nadzorca
CR	C, •, R, •	monitorujący agent – czarna skrzynka
CE	C, E, •, •	ślepy agent – podajnik
C	C, •, •, •	zombi

Pełny agent upostaciowiony jest typu CERT, a więc zawiera wszystkie elementy struktury przedstawionej na rys. 1 i w związku z tym ma największe możliwości. Pozostałe struktury stanowią jedynie jego uboższe wersje. Dlatego w ogólnych rozważaniach wystarczy odnosić się do tego agenta, a konstruując systemy wieloagentowe, warto wskazać, z jakich typów agentów są one tworzone. Najprostszym agentem jest agent typu C, czyli bez efektorów, receptorów oraz możliwości kontaktowania się z innymi agentami – w konsekwencji twórcy raczej mało użyteczny. Agent typu CE, mając efektory, może oddziaływać na środowisko, ale przy braku receptorów i zdolności do komunikowania się z innymi agentami nie ma możliwości zbierania danych o stanie otoczenia. Taki agent może jedynie działać na ślepo, a więc co najwyżej pełnić funkcję prostego podajnika. Tworem, który monitoruje środowisko dzięki receptorom, ale nie ma możliwości wpływania na środowisko i komunikowania się z innymi agentami, jest agent typu CR, przypominający czarną skrzynkę w samolocie – jedynie gromadzi dane. Agenty typu C, CE i CR nie nadają się do tworzenia większych systemów, bo nie mogą się kontaktować z innymi agentami. Natomiast agent typu CT może odgrywać dwie bardzo istotne role. Dzięki zdolności do porozumiewania się z innymi agentami może wchodzić w skład większych systemów, gdzie może pełnić funkcje agenta obliczeniowego świadczącego usługi na rzecz innych agentów, bądź stać się koordynatorem lub nadzorcą

pracy innych agentów. W tej drugiej roli umożliwia tworzenie systemów hierarchicznych. Agent typu CER jest w pełni autonomiczny. Może zarówno postrzegać środowisko, jak i wpływać na nie, a przy braku zdolności komunikacyjnych jest zdany na siebie. Oczywiście nie wyklucza to pośredniego porozumiewania się z innymi agentami poprzez środowisko, w którym intencjonalnie są zostawiane znaki. Taką pośrednią komunikację nazywa się stygmergią [19]. Pozostałe agenty z literką T w nazwie typu stanowią rozszerzenie typu CT. Agenty typu CRT zasadniczo mogą stanowić zdalne czujniki, podczas gdy agenty typu CET zazwyczaj są teleoperowane przez inne agenty.

Na gruncie tej klasyfikacji można rozstrzygnąć, jaka jest relacja pomiędzy agentami, robotami i efektorami. Efektorowi (E) brak jest wiedzy o zadaniu, które ma być zrealizowane, a więc nie stanowi samodzielnego bytu – jest jedynie częścią składową agenta lub robota. Robot musi mieć podsystem sterowania (C) oraz co najmniej jeden efektor (E). Efektor może się składać z wielu urządzeń, jak np. manipulator składający się z wielu członów napędzanych siłownikami. Wieloeffektorowy robot powstaje wtedy, gdy więcej niż jeden efektor wchodzi w skład jego struktury mechanicznej. Tak więc o liczbie efektorów robota rozstrzyga liczba  $n$  jego wirtualnych efektorów  $e_{j,n}$ , np. robota składającego się z manipulatora i chwytaka wielopalczastego można reprezentować oddzielnymi efektorami wirtualnymi. Ponieważ te wirtualne efektory nie muszą być składnikami tego samego agenta, więc możliwe są zarówno roboty jednoagentowe wieloeffektorowe, jak i roboty wieloagentowe jednoeffektorowe. Te ostatnie składają się z wielu agentów, ale tylko jeden z nich w swym typie będzie miał symbol E. Możliwe są też roboty wieloagentowe wieloeffektorowe, natomiast nie istnieją systemy jednoagentowe wielorobotowe, gdyż musiałyby być reprezentowane agentem o wielu podsystemach sterowania, a takich nie przewidujemy. Systemy wielorobotowe muszą oczywiście być wieloagentowe. Jak widać, przed projektantem systemu stoi wiele możliwości co do określenia struktury projektowanego systemu. Zazwyczaj decyzja dotycząca tej struktury jest podyktowana rodzajem zadania, które system ma realizować, mocą obliczeniową sprzętu, na którym ma być zaimplementowany system, oraz prędkością transmisji łącz komunikacyjnych. Niestety wynika z tego, że struktura systemu określana w początkowej fazie jego projektowania nie może abstrahować od kwestii implementacyjnych. Konsekwencją tego jest iteracyjny sposób dochodzenia do wynikowego systemu.

## 6. Procedura projektowa

Ponieważ projekt złożonego systemu powstaje w sposób iteracyjny, gdzie kolejność kroków projektowych często jest dowolna, poniżej zostanie określony jedynie zestaw czynności projektowych, które muszą być wykonane [114]. Wymagania narzucone na projektowany system robotyczny determinowane są zadaniami, które ten system ma wykonywać.

Następujące kroki prowadzą do stworzenia projektu systemu:

- wybór środków technicznych niezbędnych do realizacji zadania – określenie efektorów i receptorów rzeczywistych;
- podział systemu na agenty wraz z określeniem ich typów (ogólna architektura systemu);

- przydział efektorów i receptorów agentom;
- podział agentów na podsystemy (z uwzględnieniem ich okresów próbkowania);
- określenie zawartości buforów i pamięci wewnętrznych podsystemów agentów (ustalenie ontologii wykorzystywanych przez podsystemy);
- określenie automatów sterujących podsystemami;
- określenie zachowań;
- definicja funkcji przejścia (można je wyrazić matematycznie [59, 131, 132] lub za pomocą pseudokodu [54], albo diagramów przepływu danych (DFD) [59]), warunków końcowych i błędu oraz predykatów określających sposób komunikacji podsystemów.

### 7. Struktura systemów robotycznych

Możliwe jest projektowanie systemów robotycznych zarówno o strukturze niezmiennej, jak i zmiennej. Ponieważ klasa zadań, które wykonuje dany system robotyczny, jest zazwyczaj niezmienna, zatem większość systemów robotycznych ma niezmienną strukturę. Jeżeli zarówno agenty wchodzące w skład systemu, jak i ich struktura wewnętrzna oraz połączenia komunikacyjne pomiędzy agentami są niezmiennie, to mówimy, że system ma strukturę niezmienną. Jeżeli co najmniej jeden z tych elementów ulega modyfikacji w trakcie pracy systemu, to taki system ma strukturę zmienną.

Klasa zadań, które system ma wykonywać, determinuje jego działanie. Zadanie może być zdefiniowane na etapie projektowania systemu albo może być określone w trakcie jego pracy. W tym pierwszym przypadku mamy do czynienia z zadaniem niewymiennym, natomiast w tym drugim – z zadaniem wymiennym. Jeżeli zadanie jest zawsze takie samo, to nie ma powodu, by tworzyć system o strukturze zmiennej. Natomiast jeżeli zadanie ulega zmianie, to można rozpatrywać stworzenie zarówno systemu o strukturze niezmiennej, jak i zmiennej. Jeżeli pomimo zmienności zadania struktura systemu ma być niezmienna, to jeden z agentów musi mieć zdolność wczytania treści zlecanego zadania. Zazwyczaj treść zadania jest wyrażana albo w języku programowania robotów, albo w postaci strukturyzowanych danych, zapisanych np. w XML-u, a w związku z tym wspomniany agent musi mieć interpreter języka strukturyzowanych danych. Agent ten albo wykonuje zadanie, interpretując poszczególne rozkazy programu, albo czeka na załadowanie nowego zadania przez operatora, albo ładuje wskazane przez operatora zadanie. W takim przypadku nowe zadanie nie jest konsekwencją poprzednio realizowanego, ale decyzji operatora systemu, a więc istotny jest tu udział operatora w wyborze kolejnego zlecenia. Jeżeli jednak wymiana zadania musi być automatyczna i powinna wynikać z oddziaływania robota z otoczeniem w trakcie realizacji bieżącego zlecenia, to warto rozważyć zmienną strukturę systemu. Wtedy najłatwiej wymienić agenta odpowiedzialnego za wykonanie zadania, ponieważ to jego czynności określają, co system ma robić. Należy zwrócić uwagę, że to wymieniany agent musi przejąć nadzór nad wykonaniem tego zadania, bo tylko on zna jego treść. Nie tylko struktura systemu się zmienia, ale również umiejscowienie funkcji nadzorczych ulega relokacji [126].

### 8. Systemy o strukturze niezmiennej

#### 8.1. Systemy jednoagentowe jednorobotowe

Często tworzone są systemy z pojedynczym efektorom stanowiącym część pojedynczego robota reprezentowanego pojedynczym agentem. Zazwyczaj realizują one pojedyncze niewymienne zadanie. Ewentualna wymiana zadania pociąga za sobą ponowną kompilację zmodyfikowanego oprogramowania systemu. Robot opracowany do badań nad wykorzystaniem sterowania pozycyjno-siłowego jest przykładem takiego systemu [128]. Efektorom jest manipulator zmodyfikowanego robota IRp-6. Wyposażono go w czujnik sił i momentów sił potraktowany jako proprioreceptor, a więc korzysta z niego wirtualny efektor. Agent typu CE wykonywał zadania polegające na kręceniu korbą lub śledzeniu konturów.

Otwieranie drzwi zazwyczaj nie sprawia trudności człowiekowi, ale jest trudne do wykonania dla robota. Roboty wspomagające ludzi będą musiały współdzielić z nimi pomieszczenia zarówno domowe, jak i biurowe. Nie przewiduje się przystosowywania tych pomieszczeń do potrzeb robotów, więc roboty będą musiały wykonywać czynności, które obecnie wykonują ludzie, używając te pomieszczenia. System, na którym badano otwieranie drzwi, składał się z: manipulatora Kuka LWR4+ sterowanego impedancyjnie, trójpalczystego chwytaka BarrettHand sterowanego pozycyjnie oraz kamery RGB [103]. Dwa pierwsze z wymienionych urządzeń uzyskały własne efekторы wirtualne, a kamera – receptor wirtualny. System był reprezentowany pojedynczym agentem typu CER. Kamera służyła do zgrubej lokalizacji klamek, dzięki czemu można było zaplanować trajektorię przemieszczenia chwytaka w pobliże klamki. Czujniki dotyku zamontowane w chwytaku, traktowane jako proprioreceptory, wykrywały kontakt z drzwiami oraz klamką. Manipulator, poprzez chwytak zahaczony o uchwyt, wywierał na niego siłę, tak aby drzwi zaczęły się poruszać. Czujniki sił manipulatora, także traktowane jako proprioreceptory, umożliwiały określenie odległości klamki od zawiasów, a w konsekwencji wyznaczenie promienia łuku, po którym powinien się poruszać chwytak, by otworzyć drzwi.

Do badań nad komunikacją między automatami skończonymi organizującymi pracę podsystemów wykorzystano prostego robota mobilnego zbierającego piłeczki pingpongowe w umeblowanym pomieszczeniu [115, 116]. Pojedynczy agent typu CER, oprócz podsystemu sterowania, miał dwa wirtualne efekторы i dwa wirtualne receptory. Jeden z wirtualnych efektorów był odpowiedzialny za sterowanie platformą mobilną, a drugi sterował odkurzaczem, który wysysał piłeczki do pojemnika. Pierwszy wirtualny receptor służył do przetwarzania obrazów z kamery, dzięki czemu można było lokalizować piłeczki, a drugi wirtualny receptor obsługiwał sonary, umożliwiając wykrywanie przeszkód na drodze robota.

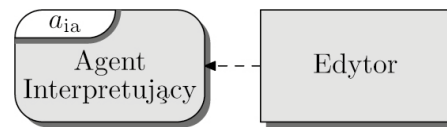
Powyższe systemy były reprezentowane pojedynczymi agentami. Co więcej, były one przeznaczone do realizacji pojedynczych zadań określonych w momencie projektowania systemu. Zadania determinowały struktury tych systemów. Można także opracować robota bardziej uniwersalnego, którego zadanie nie jest znane w momencie jego projektowania. Wtedy podsystem sterowania musi zawierać interpreter języka programowania robota. Język ten służy do definiowania zadań,

które zleca się robotowi do realizacji. Treść zadania jest przekazywana robotowi za pomocą pliku tekstowego tworzono edytorem tekstowym. Polecenia zawarte w pliku są interpretowane przez podsystem sterowania Agent Interpretującego  $a_{ia}$  (rys. 4). Zmiana wykonywanego zadania sprowadza się do wczytania przez agenta  $a_{ia}$  kolejnego pliku. W opisywanym tu systemie [118] zadania robota zapisywano w języku Python [64]. Programy napisane w tym języku były interpretowane przez podsystem sterowania, który wykorzystywał bibliotekę funkcji służących do komunikacji z pozostałymi podsystemami agenta.

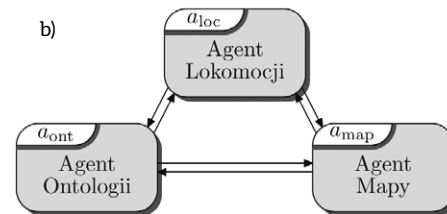
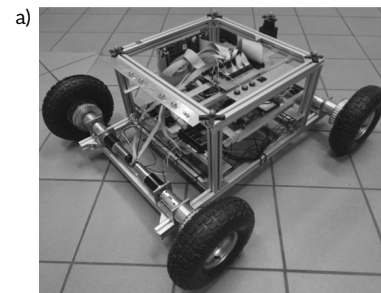
## 8.2. Systemy wieloagentowe jednorobotowe

Na Politechnice Wrocławskiej zaprojektowano robota Rex (rys. 5 a) [53, 54]. Wykorzystuje on trzy agenty. Są to agenty typu: CERT, CT oraz CRT (rys. 5 b). Agent Lokomocji  $a_{loc}$  jest typu CERT. Steruje on platformą jezdnią – jedynym efektorom systemu. Agent ten dysponuje receptorem wirtualnym reprezentującym stereoparę kamer służących do wizyjnej odometrii oraz wykrywania przeszkód, które nie są zaznaczone na mapie, np. przemieszczających się ludzi. Wykorzystując tę informację, podsystem sterowania agenta  $a_{loc}$  modyfikuje zaplanowaną trajektorię przekazywaną do realizacji swemu wirtualnemu efektorowi. Agent Ontologiczny  $a_{ont}$  jest typu CT. Wykorzystuje on swoją bazę wiedzy, której strukturę wyznacza ontologia opisująca środowisko, do generowania planów ruchu przekazywanych do realizacji przez agenta  $a_{loc}$ . Plan reprezentowany jest listą punktów, przez które platforma mobilna powinna się przemieścić. Agent mapy  $a_{map}$  jest typu CRT. Dysponuje on mapą środowiska oraz receptorem umożliwiającym określenie aktualnego położenia robota względem niej. Wirtualny receptor tego agenta korzysta z zestawu kamer obserwujących ruch robota (*motion capture system*). Agent  $a_{loc}$  uzyskuje estymatę pozycji robota od agenta  $a_{map}$ . Podsystem sterowania agenta  $a_{loc}$  na tej podstawie oraz planu ruchów otrzymanego od  $a_{ont}$  steruje poprzez swój efektor wirtualny czterema silnikami napędzającymi niezależnie cztery koła platformy. Ze względu na konieczność szybkich reakcji ten wirtualny efektor traktuje jednostkę inercyjną (IMU), czujniki dotykowe umieszczone w zderzakach oraz cztery enkodery zintegrowane z osiami silników jako proprioreceptory. Sygnały sterujące silnikami są wytwarzane na podstawie modelu platformy. Do tego celu jest wykorzystywany estymator stanu platformy. Ostateczne generowanie trajektorii odbywa się w przestrzeni endogenicznej [98].

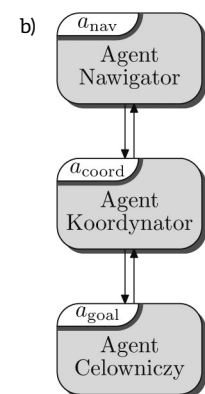
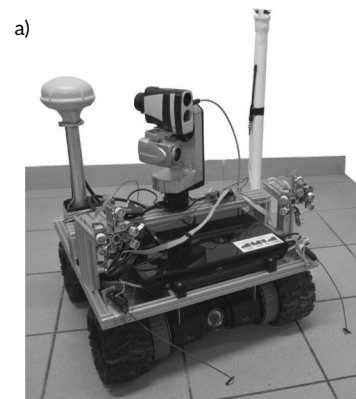
Trójagentowa struktura systemu została podyktowana następującymi przesłankami. Planowanie ruchów jest zadaniem obliczeniochłonnym. Przewidziano, że oprogramowanie realizujące to zadanie będzie rezydować na oddzielnym komputerze – stąd jest logiczne jego wydzielenie jako agenta. System *motion capture* może lokalizować platformę jedynie w swym wnętrzu, a więc w pomieszczeniu, w którym został zamontowany. Roboty mobilne często muszą pracować poza budynkami. W takim przypadku system ten, po zakończeniu badań, będzie musiał być zastąpiony innym czujnikiem, dlatego wyodrębniono oddzielnego agenta, łatwego do wymiany. Planowanie ruchu i lokalizację platformy na mapie wydzielono z  $a_{loc}$ , tworząc oddzielne agenty.



Rys. 4. Struktura systemu interpretującego programy użytkownika



Rys. 5. a) Robot REX (PWR); b) struktura systemu



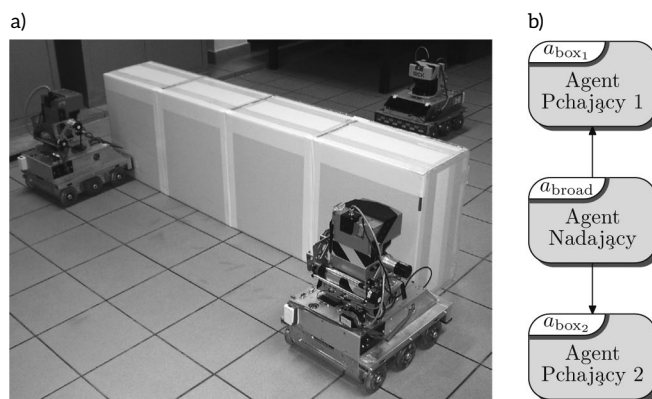
Rys. 6. a) Robot SCOUT (PIAP); b) struktura systemu

Innym przykładem robota złożonego z wielu agentów jest telemanipulowany łazik przeznaczony do eksploracji [123]. Jego bazę mobilną stanowi pojazd SCOUT skonstruowany przez PIAP (rys. 6 a). Tego rodzaju robot bywa wykorzystywany przez służby specjalne do sprawdzania, czy nie ukryto gdzieś ładunku wybuchowego. Do sterowania robotem jest używany dżojstik. Ze względu na duży promień rażenia ładunków wybuchowych odległość do obszaru eksploracji zazwyczaj jest znaczna. Przy niewielkiej prędkości pojazdu czas potrzebny na dojechanie do celu jest znaczny. Długotrwałe prowadzenie robota za pomocą

dżojstika męczy operatora, który powinien być maksymalnie skoncentrowany w trakcie realizacji podstawowego zadania. Stąd konieczność obdarzenia pojazdu autonomią działania w trakcie dojazdu do obszaru eksploracji. Przystosowanie robota do jazdy autonomicznej wymaga podziału wykonania zadania na dwie fazy. W pierwszej operator wskazuje cel (miejsce, do którego ma dotrzeć robot), a w drugiej pojazd autonomicznie podąża do wyznaczonego celu, omijając przeszkody. Prototypowego robota wyposażono w kamerę i dalmierz laserowy, które zamontowano na głowicy pochylająco-obracającej (*pan-tilt*), napędzanej silnikami elektrycznymi z enkoderami, czujniki ultradźwiękowe, czujniki dotykowe w zderzakach, inklinometry, kompas, moduł GPS oraz panel operatorski, w skład którego wchodziła klawiatura (zamiast dżojstika) oraz monitor ekranowy. Na ekranie monitora wyświetlano obraz uzyskany z kamery oraz krzyż, którego środek wskazuje cel ruchu. Dalmierz laserowy zamontowany wspólnie z kamerą na głowicy pochylająco-obracającej służy do określenia odległości do celu. Poruszając głowicą, można wskazać dowolny widoczny cel. Jego współrzędne są wyznaczane na podstawie odczytów z enkoderów silników, traktowanych jako proprioreceptory, oraz dalmierza. Dysponując kompasem oraz modułem GPS, można współrzędne wyznaczone względem korpusu pojazdu przeliczyć na współrzędne geograficzne. Do poruszania głowicy operator wykorzystuje klawiaturę.

Po określeniu celu ruchu robot na polecenie operatora rozpoczyna autonomiczną jazdę do niego. Podczas przemieszczania się pojazd wykrywa i omija przeszkody. Do tego celu wykorzystuje czujniki ultradźwiękowe, kamerę oraz czujniki dotykowe. Moduł GPS oraz kompas są używane do ustalania aktualnego położenia i orientacji platformy mobilnej, a inklinometry – do ostrzegania przed nadmiernymi przechyłami pojazdu. Zachowano również możliwość bezpośredniego sterowania ruchem pojazdu przez operatora.

System sterowania realizuje trzy zdania: wyznacza cel ruchu, przemieszcza pojazd do tego celu oraz komunikuje się z operatorem. Każde z tych zadań może być zrealizowane przez oddzielnego agenta (rys. 6 b): Celowniczego  $a_{goal}$  – wyznaczającego cel, Nawigującego  $a_{nav}$  pojazdem do celu oraz Koordynującego  $a_{coord}$  – komunikującego się z operatorem. Taka dekompozycja systemu wynika z obserwacji, że agenty  $a_{nav}$  oraz  $a_{goal}$  nigdy nie działają jednocześnie – ustalenie celu ruchu i nawigacja do tego celu są zawsze realizowane rozdzielnie, stąd agent  $a_{coord}$  naprzemiennie współdziała z tymi agentami. Wszystkie trzy agenty są typu CERT. Każdy z nich ma swoje własne efektory i receptory. Agent  $a_{nav}$  zawiera moduł GPS i kompas oraz do samolokalizacji enkodery silników napędzających koła platformy, a ponadto czujniki dotykowe oraz ultradźwiękowe do wykrywania przeszkód i inklinometry, by wykryć nadmierny przechył. Agent  $a_{coord}$  przekazuje mu współrzędne celu ruchu. Po osiągnięciu celu ruchu agent  $a_{nav}$  wykonuje rozkazy sterowania ręcznego otrzymywane od agenta  $a_{coord}$ . Agent  $a_{coord}$  koordynuje pracę systemu, komunikując się z agentami  $a_{goal}$  i  $a_{nav}$  w zależności od aktualnie realizowanego zadania. Operator wydaje polecenia agentowi  $a_{coord}$  za pomocą klawiatury, traktowanej jako receptor, oraz wyświetla obraz na monitorze, traktowanym jako efektor. Obraz jest otrzymany z kamery, stanowiącej kolejny receptor.



Rys. 7. a) Roboty pchające pudło; b) struktura systemu

W trakcie wyznaczania celu  $a_{coord}$  przesyła do  $a_{goal}$  rozkazy sterujące głowicą pochylająco-obracającą, wyświetla obraz z kamery na monitorze i zapamiętuje współrzędne celu otrzymane od  $a_{goal}$ . Ponieważ agent  $a_{coord}$  jest jedynym właścicielem kamery, zatem w trakcie autonomicznej jazdy informuje agenta  $a_{nav}$  o wykrytych przeszkodach.

### 8.3. Systemy wieloagentowe wielorobotowe

Istotnym problemem badawczym jest sposób porozumiewania się robotów. Mogą się one komunikować bezpośrednio, poprzez technicznie zorganizowany kanał komunikacyjny, albo pośrednio, obserwując zmiany w środowisku spowodowane działaniami innych robotów. Ta druga metoda jest nazwana stygmergią (pozostawianiem znaków w środowisku) [19]. Jej zaletą jest to, że sposób organizacji komunikacji nie jest związany z liczbą komunikujących się robotów. Dodawanie robotów do systemu lub ich ubytek nie pociągają za sobą konieczności reorganizacji komunikacji. Ponadto taki system można zorganizować tak, aby był odporny na awarie robotów. Utrata pewnej liczby robotów powoduje jedynie zmniejszenie efektywności realizacji zadania, a nie uniemożliwienie osiągnięcia celu. Stąd duże zainteresowanie badaniami tego typu systemów.

Jednym z zadań referencyjnych w takich badaniach jest zbiorowe pchanie pudła. Odzworowuje ono jeden ze sposobów współdziałania owadów społecznych, np. mrówek [48], szczególnie przy przemieszczaniu obiektów o dużych rozmiarach [19]. W tym celu zaprojektowano system zawierający trzy roboty mobilne: dwa pchające pudło i jeden określający cel ruchu pudła oraz jego chwilową orientację (rys. 7 a) [129, 130]. Każdy z robotów był reprezentowany pojedynczym agentem typu CERT. Struktura agentów pchających była taka sama. Składały się z podsystemu sterowania, wirtualnego efektoru sterującego ruchem platformy mobilnej oraz wirtualnego receptora agregującego dane ze skanera laserowego. Agent Nadający  $a_{broad}$  określał cel ruchu oraz bieżącą orientację pudła, wysyłając stosowne informacje do Agentów Pchających  $a_{box1}$  i  $a_{box2}$ . Agenty Pchające pudło biernie odbierały informacje od  $a_{broad}$  ani nie odpowiadając temu agentowi, ani nie inicjując z nim dialogu. Agenty te też nie porozumiewały się ze sobą bezpośrednio.

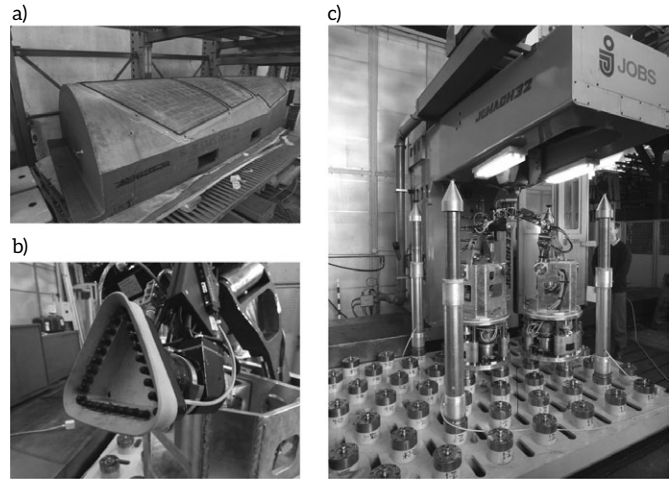
Struktura systemu jest przedstawiona na rys. 7 b. Ani struktura Agentów Pchających, ani ich zachowania nie zmieniają się przy dodawaniu do systemu nowych robotów. Wirtualny



efektor każdego z agentów sterował dwoma silnikami napędzającymi sprzężone koła, znajdujące się po każdej ze stron platformy. Był on odpowiedzialny za rozwiązanie prostego i odwrotnego zagadnienia kinematyki. Wirtualny receptor każdego z agentów agregował dane ze skanera laserowego, określając aktualną orientację pudła względem robota oraz położenie najbliższego narożnika pudła. Podsystemy sterowania Agentów Pchających  $a_{box}$  obliczały wartości czterech funkcji sprzężenia zwrotnego, wyznaczających: właściwy kierunek ruchu pudła, prawidłową orientację robota pchającego względem kierunku pchania, pożądane położenie robota względem rogu pudła oraz wymaganą prędkość ruchu. Każda z tych funkcji częściowych wyznaczała sugerowaną translacyjną i rotacyjną prędkość zadaną platformy, a ostateczna prędkość była wyliczana poprzez ważoną superpozycję tych prędkości sugerowanych i dopiero ona była przekazywana wirtualnemu efektorowi do realizacji. Tak więc funkcja przejścia była obliczana jako superpozycja czterech funkcji częściowych. W wyniku uzyskano złożone zachowanie robotów, które powodowało, że pudło docierało do celu, choć roboty pchające nie były bezpośrednio informowane o swych działaniach. Obserwowały jedynie zachowanie się pudła, a więc elementu otoczenia – jest to klasyczny przypadek stygmergii. Powstał system wielorobotowy, wieloagentowy, przy czym zarówno każdy z agentów, jak i robotów był jednoefektorowy.

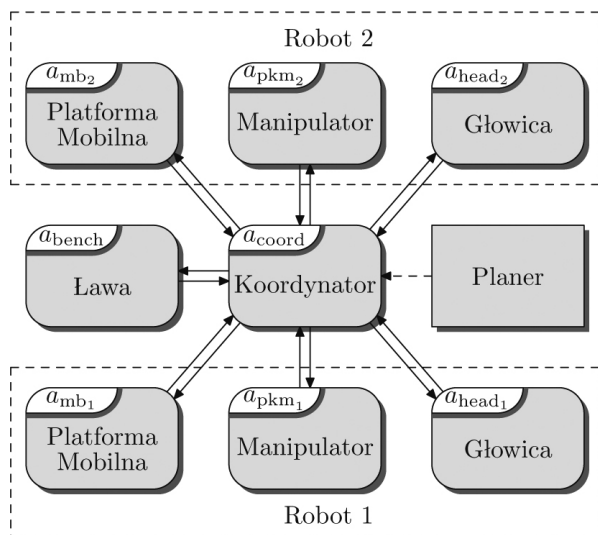
Innym systemem wieloagentowym wielorobotowym jest zrobotyzowana forma mocująca SwarmItFIX (*Self Reconfigurable Intelligent Swarm Fixtures*). Kadłuby i skrzydła samolotów oraz karoserie samochodów są konstruowane z cienkich blach o złożonych kształtach. Ich obróbka mechaniczna najczęściej wiąże się z frezowaniem oraz wierceniem otworów. Operacje te muszą być wykonywane na ukształtowanych finalnie blachach. W przeciwnym razie przy kształtowaniu blach otwory zostałyby zniekształcone – te okrągłe staną się eliptyczne. Wiotkość blach powoduje konieczność ich podparcia w trakcie obróbki, by zapobiec odkształceniu detalu. Każdy typ detalu wymaga dostosowanej do siebie podpory mocującej (rys. 8 a). W rezultacie potrzebny jest duży magazyn zawierający sztywne i ciężkie podpory mocujące, które muszą być transportowane i montowane na liniach produkcyjnych. Koszt tych podpór oraz uciążliwość ich użytkowania spowodowały poszukiwanie alternatywnych rozwiązań. Jednym z obiecujących pomysłów jest zastosowanie robotów do podpierania detali. W trakcie obróbki blacha musi być sztywna jedynie w miejscu wykonywania operacji mechanicznej [62, 72]. Roboty, przemieszczając się pod przytwierdzonym w czterech punktach lekko zwisającym detalem, mogą go zarówno unieść do prawidłowej pozycji, jak i usztywnić w celu wykonania obróbki mechanicznej. Znając trajektorię ruchu narzędzia obrabiającego, można zaplanować trajektorie ruchu robotów, tak by zawsze nieco wyprzedzały usztywnianie blachy przed nadejściem narzędzia skrawającego. Zaprojektowany system zakładał wykorzystanie kilku robotów, ale w prototypowej wersji testowano pracę dwóch robotów (rys. 8 c).

Współpracujące roboty przemieszczają się na trzech nogach w pobliżu obrabianego miejsca. Do zadanej pozycji elastyczna głowica [45] jest podnoszona przez manipulator o strukturze równoległo-szeregową, zamontowany na trójnożnej platformie



Rys. 8. a) Przykładowa standardowa forma mocująca; b) głowica magnetoologiczna; c) system SwarmItFIX

mobilnej. Po umieszczeniu głowicy we właściwej pozycji, tak by podpierała detal, włączane jest podciśnienie przysysające blachę do głowicy, a następnie głowica jest usztywniana. W ten sposób blacha jest przytwierdzona do głowicy i unieruchomiona. Siły wywierane przez narzędzie obrabiające na detal nie są w stanie oderwać go od głowicy. Zarówno przy wierceniu otworów, jak i przy frezowaniu narzędzie przechodzi na wylot przez blachę. Głowica nie może być umieszczona w zbyt dużej odległości od miejsca obróbki, bo w przeciwnym razie blacha nie będzie trzymana sztywno. Oba te czynniki powodują, że precyzja ustawienia głowicy względem trajektorii ruchu narzędzia obróbczego ma fundamentalne znaczenie. Gdyby roboty przemieszczały się w sposób swobodny pod blachą, to nie osiągnięto by wymaganej precyzji pozycjonowania głowicy. Dlatego roboty przemieszczają się po ławie, z której wystają elementy dokujące rozmieszczone w wierzchołkach sieci przylegających do siebie trójkątów równobocznych (rys. 8 c) [61]. Trzy nogi każdej z baz mobilnych rozmieszczone są dokładnie tak samo, jak elementy dokujące tworzące pojedynczy trójkąt równoboczny. W pozycji spoczynkowej robot stał na trzech nogach przytwierdzonych do elementów dokujących ławy – w takim stanie był przygotowany do podpierania obrabianego detalu. Robot, aby się przemieścić, podnosił dwie nogi, a na trzeciej się obracał o wielokrotność kąta  $60^\circ$ . Po opuszczeniu uniesionych nóg w nowym miejscu szczęki zamontowane wewnątrz nóg na sztywno przytwierdzały nogi do elementów dokujących. To powodowało, że robot zawsze był precyzyjnie umocowany względem ławy. Precyzja ruchów manipulatora gwarantowała dużą dokładność lokalizacji głowicy. Sztywność manipulatora równoległego [75] dodatkowo zwiększała precyzję lokalizacji głowicy. Elementy dokujące miały jeszcze dodatkowe funkcje. W szczególności dostarczały do robota zarówno energię elektryczną, jak i sprzężone powietrze. Sprężone powietrze napędzało silniki pneumatyczne unoszące nogi oraz było wykorzystywane do wytwarzania podciśnienia. Zawory sprężonego powietrza były otwierane i zamykane mechanicznie przy przytwierdzaniu nogi do elementu dokującego lub jej



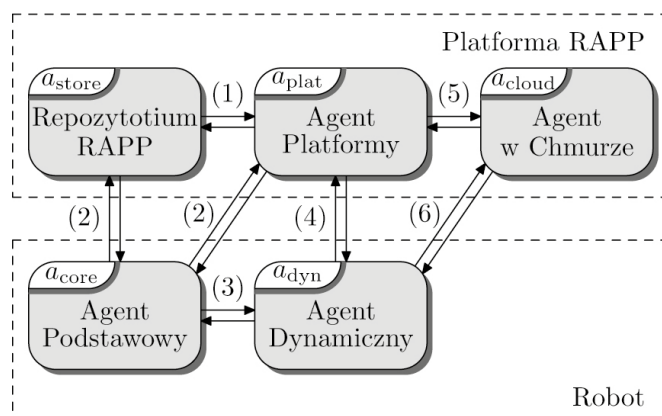
Rys. 9. Struktura wielorobotowej rekonfigurowalnej formy mocującej

uwalnianiu, natomiast włączanie i wyłączanie napięcia było sterowane elektronicznie. Testowane były dwa typy głowic. Jednym typem był szczelny worek z piaskiem. Pompa próżniowa, usuwając powietrze spomiędzy ziarenek piasku, powodowała utwardzenie głowicy. Druga stanowiła wianuszek igieł, których końce z jednej strony zanurzone były w płynie magnetoreologicznym (rys. 8 b). Elektromagnes wytwarzający pole magnetyczne powodował tężenie płynu, który unieruchamiał igielki, wskutek czego powstawało sztywne podparcie dla obrabianej blachy.

Powstał system wielorobotowy. Ponieważ każdy robot miał trzy wyróżnione części: platformę mobilną (*mb*), manipulator stanowiący równoległą maszynę kinematyczną (*pkm*) oraz głowicę (*head*), każda z tych części reprezentowana była oddzielnym agentem:  $a_{mb}$ ,  $a_{pkm}$  i  $a_{head}$  (rys. 9) [117, 124]. Na tę decyzję dodatkowo wpłynął fakt, iż każdy z efektorów robota był projektowany i testowany oddzielnie. Każdy z wymienionych agentów sterował jednym efekтором robota. Wszystkie agenty były typu CET. Plan ruchu poszczególnych części robotów powstawał offline na podstawie danych CAD oraz CAM dotyczących obrabianego detalu [96, 105]. Przed rozpoczęciem wykonania zadania plan ten był przekazywany agentowi  $a_{coord}$  koordynującemu pracę systemu. Agent  $a_{coord}$  (typu CT) interpretował ten plan, zlecając wykonanie odpowiednich czynności poszczególnym agentom składowym robotów. Ponadto nadzorował on działanie agenta sterującego ławą  $a_{bench}$  (typu CET). Ponieważ w urządzeniu prototypowym zainstalowano dwa roboty, system składał się łącznie z ośmiu agentów.

## 9. Systemy o zmiennej strukturze

W systemach o zmiennej strukturze najczęściej to sieć komunikacyjna pomiędzy agentami ulega zmianie. Połączenia komunikacyjne pomiędzy agentami powstają i znikają. Rzadziej pojawiają się i znikają agenty, stanowiące węzły takiej sieci. Oczywiście w ustalonej chwili struktura systemu jest stała, a więc może być opisywana za pomocą metody przedstawionej



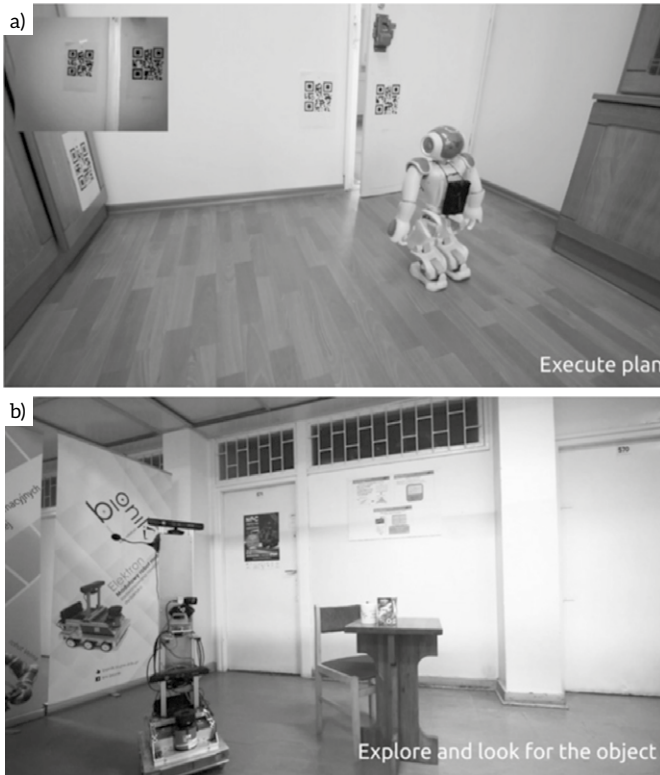
Rys. 10. Struktura i etapy tworzenia systemu RAPP

w podrozdziale 7. W przedstawionym systemie nie tylko połączenia międzyagentowe ulegają zmianie, ale zmienia się również zestaw agentów tworzących system. Jest to system zawierający jednego robota o wielu efektorach, sterowany za pośrednictwem wielu agentów.

Populacja większości wysoko rozwiniętych krajów się starzeje [65]. Upływ lat zazwyczaj prowadzi do upośledzenia nie tylko sił fizycznych człowieka, ale również jego możliwości mentalnych, co prowadzi do co najmniej częściowego wykluczenia ze społeczeństwa. Aby zapobiec problemom tego typu, albo rodzina, albo pracownicy socjalni muszą się zająć upośledzoną osobą. Niestety obecnie stosunek liczby osób pracujących do liczby tych, którzy wymagają opieki, się zmniejsza, a co więcej, ten trend się nasila. Poszukuje się więc alternatywnych rozwiązań. Jednym z nich jest zastosowanie do opieki robotów kompanów [71, 89, 90, 101].

Robot kompan powinien potrafić realizować dowolne zadania zlecone przez swego właściciela, a więc zarówno jego struktura mechaniczna, jak i jego układ sterujący powinny być przygotowane do wielkiej różnorodności zadań. Ponieważ potrzeby właściciela mogą być potencjalnie nieograniczone, a zasoby tradycyjnych układów sterowania o niezmienniej strukturze są ograniczone, układy tej kategorii nie mogą być zastosowane do rozwiązania tego problemu. Jego rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu praktycznie nieograniczonych zasobów chmury obliczeniowej oraz systemu o zmiennej strukturze. Chmura może świadczyć usługi obliczeniowe na rzecz robota, ale również może zawierać repozytorium oprogramowania, które będzie pozyskiwane przez robota i uruchamiane na jego zasobach obliczeniowych. Pozyskane oprogramowanie wykonuje zadanie zlecone przez właściciela robota. Informacja zawarta w tym oprogramowaniu jest jedynym źródłem informacji o tym, jak sterować robotem, by wykonać zadanie.

W konsekwencji pozyskane oprogramowanie musi przejść nadzór nad całością systemu. Z tego wynika, że przy realizacji kolejnych zadań nie tylko kompozycja systemu musi ulegać



Rys. 11. a) Robot Nao; b) robot Elektron

zmianie, ale również nadzór nad nim musi być przekazywany między jego modułami. W tym celu opracowano architekturę RAPP (*Robotic Applications for Delivering Smart User Empowering Applications*) o zmiennej strukturze i zastosowano ją do konstrukcji systemu sterującego robotem kompanem [86, 100, 126].

Struktura systemu RAPP ewoluuje w czasie (rys. 11). Początkowo w skład tej struktury wchodzi Platforma RAPP rezydująca w chmurze oraz jeden lub więcej robotów (dla uproszczenia przedstawiono jednorobotową wersję systemu). Platforma RAPP powoływana jest do życia w formie dwuagentowej. Na początku składa się z repozytorium RAPP  $a_{store}$  (agenta typu CT) skomunikowanego z agentem platformy  $a_{plat}$  (także typu CT) łączami (1). Każdy robot jest reprezentowany agentem podstawowym  $a_{core}$  (typu CERT). Jest on właścicielem efektorów i receptorów robota. Uruchomienie robota powoduje nawiązanie komunikacji pomiędzy  $a_{core}$  a  $a_{store}$  i  $a_{plat}$  – tworzone są połączenia (2). Następnie  $a_{core}$  czeka na polecenia wydawane głosem przez człowieka. Krótkie polecenia są rozpoznawane przez  $a_{core}$ , natomiast długie są wysyłane do  $a_{plat}$  w celu ich interpretacji. W obu przypadkach wybierany jest Agent Dynamiczny  $a_{dyn}$  (typu CT), który jest pozyskiwany przez  $a_{core}$  od  $a_{store}$  i jest przez niego inicjowany – tworzone są łącza (3). Zazwyczaj  $a_{dyn}$  jest w stanie wykonać polecenie bez pomocy, ale jeżeli tak nie jest, to musi skorzystać z usług agenta  $a_{plat}$ . Aby móc to zrobić,  $a_{core}$  nawiązuje komunikację z  $a_{plat}$ , tworząc łącza (4). Jeżeli potrzebna jest pewna sekwencja usług, to  $a_{plat}$  może utworzyć Agenta w Chmurze  $a_{cloud}$  (typu CT), nawiązując łączność poprzez łącza (5). W tej sytuacji łączność  $a_{dyn}$  z  $a_{cloud}$  jest pośrednia – poprzez  $a_{plat}$ . Zaletą tego rozwiązania jest to, że

$a_{dyn}$ , zamiast komunikować się z agentem  $a_{plat}$  w celu wykonania każdej usługi, komunikuje się z nim tylko raz, a następnie za pośrednictwem  $a_{plat}$  otrzymuje ostateczny wynik wytworzony przez  $a_{cloud}$ . Można też zrezygnować z pośrednictwa agenta  $a_{plat}$ . Wtedy tworzone jest bezpośrednie łącza (6). Na rysunku 11 jest przedstawiona wersja systemu z pojedynczym agentem w chmurze, ale w ogólności można stworzyć ich wiele. Po zrealizowaniu zadania zbędne agenty i łącza są likwidowane – w kolejności odwrotnej do wyżej przedstawionej. Należy podkreślić, że agenty  $a_{dyn}$  i  $a_{cloud}$  reprezentują tu swoje klasy. Do wykonania różnych poleceń są wybierane agenty konkretne  $a_{dyn}$  i  $a_{cloud}$  z odpowiednich klas, różniące się kodem wewnętrznym, tak aby wykonać zlecone polecenie.

Do chwili powołania do życia agenta  $a_{dyn}$  nadzór nad systemem sprawuje agent  $a_{core}$ . Po uaktywnieniu agenta  $a_{dyn}$  on przejmuje nadzór nad systemem, ponieważ został dobrany dokładnie do realizacji polecenia wydanego przez człowieka. Gdy  $a_{dyn}$  poinformuje  $a_{core}$  o zakończeniu realizacji zadania,  $a_{core}$  likwiduje agenta  $a_{dyn}$  i ponownie przejmuje nadzór nad systemem. Tak więc nie tylko liczba aktywnych agentów w systemie ulega zmianie, ale również łącza komunikacyjne pojawiają się i znikają, a ponadto sprawowanie nadzoru nad systemem jest przenoszone między agentami  $a_{core}$  i  $a_{dyn}$ . Opisany tu system korzystał z dwóch różnych typów robotów: Nao (rys. 11 a) i Elektron (rys. 11 b), a więc powstały dwa różne agenty  $a_{core}$ .

## 10. Podsumowanie

W artykule przedstawiono struktury systemów robotycznych w postaci sieci agentów. Wyróżniono osiem typów agentów. Agent typu CERT jest formą najogólniejszą. Pozostałe typy są jego szczególnymi postaciami. Można tworzyć roboty jednoefektorowe lub wieloefektorowe. Pojedynczy robot może być reprezentowany pojedynczym agentem albo strukturą wieloagentową. Systemy wielorobotowe wymagają wieloagentowej reprezentacji. Dekompozycja systemu na agenty wynika z zadań, które system ma realizować, a często także z formy organizacyjnej projektu. Systemy mogą być dekomponowane na wiele sposobów. Forma dekompozycji wynika z doświadczenia projektanta, a więc jest poniekąd sztuką.

## Przypisy

1. Ścisłe mówiąc, chodzi o eksteroreceptory, gdyż proprioreceptory są bezpośrednio sprzężone z efektorami.
2. Nie należy mylić funkcji przejścia automatu, czyli  ${}^s\Theta_{j,v}$ , z funkcjami przejścia podsystemu, czyli  ${}^s f_{j,v,\omega}$ .

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

Fragment pochodzi z książki:


*Automatyka, robotyka i przetwarzanie informacji*,  
Piotr Kulczycki, Józef Korbicz, Janusz Kacprzyk,  
Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020

# Innowacyjny typoszereg ognioszczelnych baterii litowo-jonowych typu SBS-4Lion do zasilania lokomotyw akumulatorowych w podziemnych zakładach górniczych o energii zmagazynowanej 105 kWh i 150 kWh

Alojzy Kuczera, Jarosław Kuczera, Rafał Smuga, Jarosław Mrozek, Łukasz Grzonka

## Wprowadzenie

W podziemnych zakładach górniczych w transporcie poziomym stosowane są lokomotywy akumulatorowe oraz z napędem Diesla. W ostatnich latach wprowadzono do transportu lokomotywy spalinowe Diesla, co na obecną chwilę okazało się z kilku względów fiaskiem: duże spalanie oleju napędowego, mała trwałość silników oraz zanieczyszczenie powietrza w wyrobiskach kopalnianych. W obecnej chwili z punktu widzenia ekonomicznego oraz ekologicznego bardziej efektywne są lokomotywy akumulatorowe. W oparciu o powyższe Firma P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. zrealizowała projekt dofinansowany ze środków UE, opracowując i realizując fizycznie projekt wymienionego w tytule artykułu typoszeregu baterii typu SBS-4Lion o pojemności energetycznej 105 kWh i 150 kWh.

 **Introduction:** Battery and diesel locomotives are used in horizontal transport in Polish underground mining plants. At the moment, diesel locomotives have proved to be economically expensive: high diesel fuel consumption, low durability of drive engines and pollution of the workings atmosphere. Battery locomotives have become more economical and ecological again. Based on the above, the P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. company implemented a project co-financed by the EU, developing and implementing a physically innovative solution for a series of battery type SBS-4Lion in lithium-ion technology with a capacity of 105 kWh and 150 kWh.



Rys. 1. Bateria typu SBS-4Lion/2G-150 kWh

## 1. Przeznaczenie i budowa baterii typu SBS-4Lion

Baterie typu SBS-4Lion przeznaczone są do zasilania lokomotyw akumulatorowych typu Lea-BM12 oraz ELA-44-1/2/3. Mogą być również wykorzystywane do zasilania innych maszyn w podziemnych zakładach górniczych.

Obudowa baterii jest w wykonaniu ognioszczelnym w postaci prostopadłościanu podzielonego na komory. Komory podzielone są 4 rzędami rur przelotowych, służących do chłodzenia pasywnego ogniw baterii. W komorach zabudowano ogniwa o pojemności 1000 Ah dla baterii 150 kWh, natomiast dla baterii 105 kWh również ogniwa o pojemności 700 Ah.

W jednej z komór zabudowano kontroler baterii nadzorujący pracę baterii w czasie ładowania, jak i w trakcie jej eksploatacji. KONTROLER spełnia następujące funkcje:

- nie dopuszcza do przeladowania oraz zbyt głębokiego rozładowania ogniw;
- w trakcie ładowania nadzoruje równomiernie ładowanie ogniw;
- kontroluje temperaturę ogniw;
- mierzy w czasie rzeczywistym napięcia na baterii oraz prąd ładowania/rozładowania;
- odcina zasilanie ładowania baterii lub jej eksploatację w stacjach awaryjnych oraz w przypadkach zamierzonych przez operatora baterii poprzez zewnętrzne przyciski sterownicze;
- obwód iskrobezpieczny nadzorujący ładowanie baterii czuwa nad właściwym włączaniem wtyczek baterii do gniazd baterii, jak i prostownika ładującego, jak również przerywa ładowanie w przypadku naruszenia odłącznika gniazd przyłączowych lub poszczególnych wtyczki.

Do połączenia baterii z prostownikiem ładującym oraz z lokomotywą zostało zaprojektowane specjalne gniazdo wtykowe typu OGB-500 wyposażone w odłącznik prądu oraz zespół styków pracujących w obwodzie iskrobezpiecznym, nadzorującym proces ładowania z prostownika.

Wtyczka gniazda przyłączeniowego jest kompatybilna z wtyczkami dotychczas pracującymi na lokomotywach Lea-BM12 oraz ELA-44/1/2/3.

Aby lokomotywę przystosować do współpracy z baterią typu SBS-4Lion, wyposażoną w gniazda OGB-500 we wtyczkach gniazd A+ i B-, muszą zostać wymienione bezpieczniki zabezpieczające z bezpiecznika BPS-350 na BPS-350/II.

## 2. Prostownik OPB-500

Do ładowania baterii typu SBS-4Lion dedykowany jest przez P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. prostownik w wykonaniu ognioszczelnym typu OPB-500, z chłodzeniem pasywnym i wymuszonym obudowy ognioszczelnej. Prostownik zasilany musi być z sieci IT 3 × 500 V z wyłącznika kopalnianego.

Parametry prostownika:

- zasilanie – 3 × 500 V;
- moc – 50 kW;
- prąd ład. max. – 350 A;
- masa – 550 kg;
- poziom hałasu – 50 db;
- chłodzenie pasywne + wymuszone płynem chłodzącym (Borygo).

## 3. Ładowanie baterii

Ładowanie baterii typu SBS-4Lion dokonywane będzie z dedykowanego przez producenta prostownika typu OPB-500.

Ładowanie baterii może być wykonywane na lokomotywie w dowolnym wyrobisku z transportem kołowym zaliczonym do stopnia a, b, c zagrożenia wybuchem metanu oraz stopnia A i B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Stanowisko do ładowania baterii typu SBS-4Lion powinno być wyposażone w:

- wyłącznik kopalniany ognioszczelny zasilany z sieci IT 500 V i prądzie 100 A;
- prostownik ognioszczelny OPB-500;
- wciągnik na szynie poprzecznej do osi wyrobiska o udźwigu 6 t zasilany elektrycznie lub sprężonym powietrzem;
- stanowisko dla odstawienia baterii w czasie kontroli i serwisu podwozia lokomotywy;
- doprowadzoną sieć SUPO do wyłącznika i prostownika;
- w czasie ładowania baterii typu SBS-4Lion obudowa baterii musi zostać uziemiona do kopalnianej sieci SUPO.

## 4. Eksploatacja baterii

Baterie typu SBS-4Lion są bateriami bezobsługowymi. Ogniwa baterii są całkowicie szczelne, nie posiadają żadnych korków wlewowych ani zaworów upustowych. W czasie eksploatacji, jak również ładowania z ogniw nie wydzielają się żadne gazy.

Baterie w trakcie eksploatacji powinny być okresowo sprawdzane na okoliczność właściwego dokręcania łączników międzyogniwowych. Kontrola powinna być wykonywana najlepiej przez firmę specjalistyczną, np. co 6 miesięcy. Całość pracy baterii w czasie eksploatacji oraz ładowania nadzoruje zabudowany w obudowie ognioszczelnej KONTROLER.

## 5. Efekty ekonomiczne i ekologiczne

Zastosowanie w lokomotywach akumulatorowych wymienionych w punkcie 1 da zakładom górniczym następujące efekty:

- pozwoli na prawie bezobsługową eksploatację baterii, w związku z tym, że ogniwa w technologii *li-ion* są całkowicie bezobsługowe. Do ogniw nie dolewa się żadnych elektrolitów ani wody demineralizowanej. Ogniwa nie wydzielają żadnych gazów;
- pozwoli dla każdej lokomotywy zastosować tylko 1 baterię *li-ion*. Nie jest potrzebna rezerwowa. W trakcie eksploatacji w każdej chwili można baterię doładować w czasie krótkich okresów przerwy np. na międzymianie;
- silniki elektryczne są proste w budowie, o długim okresie eksploatacji, szczególnie gdy chodzi o lokomotywę ELA-44, gdzie zostały zastosowane najbardziej niezawodne 3-fazowe silniki asynchroniczne;
- pozwoli zrezygnować z obsługi ładowni akumulatorów, która ze względu na szkodliwą atmosferę pracuje w skróconym czasie;
- przy budowie nowych poziomów wydobywczych pozwoli zrezygnować z konieczności budowy bardzo kosztownych pomieszczeń ładowni akumulatorów;
- zmniejszy koszty remontów baterii akumulatorowych, ponieważ baterie *li-ion* mają co najmniej 5-krotnie wyższą dopuszczalną liczbę cykli pracy.

## 6. Drugie życie baterii *li-ion*

Jak już wyżej podano, baterie *li-ion* posiadają około 5-krotnie wyższą liczbę cykli pracy niż baterie klasyczne z elektrolitem lub żelowe.

Baterie *li-ion* po 10-letniej eksploatacji zachowują jeszcze 70% pojemności.

W związku z tym ogniwa wyeksploatowanej baterii mogą uzyskać tzw. drugie życie.

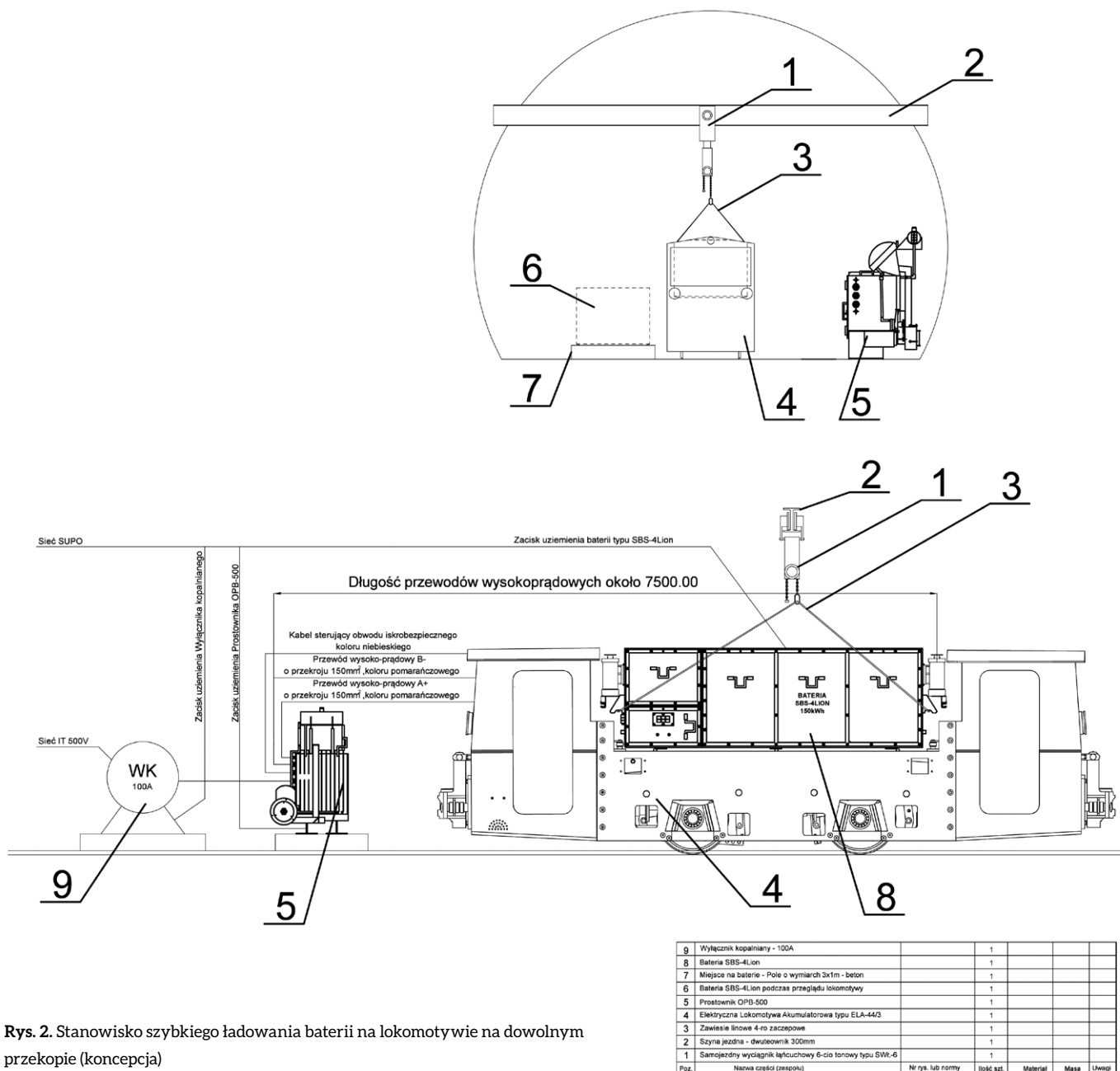
Mogą zostać wykorzystane do budowy magazynów energii, np. w szeroko pojętych instalacjach fotowoltaicznych, gdzie mogą służyć kolejne 10 lat.

## 7. Utylizacja ogniw *li-ion*

Wyeksploatowane ogniwa baterii *li-ion* mogą być również utylizowane. Producent baterii *li-ion* dla górnictwa Firma P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. może przyjąć zużyte ogniwa do utylizacji, ponieważ zna na terenie kraju firmy, które tym się zajmują, ale na obecnym etapie nie wybrała jeszcze konkretnego odbiorcy. W trakcie utylizacji uzyskuje się recykling w wysokości 80% wykorzystanych do produkcji materiałów, a głównie kobaltu, niklu i litu. Wymienione metale posiadają obecnie na rynkach światowych wysokie ceny, w związku z zapotrzebowaniem ich do stale rosnącej produkcji baterii *li-ion*.

## 8. Podsumowanie projektu

Firma P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. w trakcie opracowywania i wdrożenia produkcji typoszeregu baterii *li-ion* w obudowach ognioszczelnych posiada technologię budowy dowolnych baterii, które mogą być stosowane w innych gałęziach przemysłu,



Rys. 2. Stanowisko szybkiego ładowania baterii na lokomotywie na dowolnym przekopie (koncepcja)

9	Wyłącznik kopaniarny - 100A	1			
8	Bateria SBS-4Lion	1			
7	Miejsce na baterie - Pole o wymiarach 3x1m - beton	1			
6	Bateria SBS-4Lion podczas przejazdu lokomotywy	1			
5	Prostownik OPB-500	1			
4	Elektryczna Lokomotywa Akumulatorowa typu ELA-44/3	1			
3	Zawiesie linowe 4-ro zaczepowe	1			
2	Sztyna jezdna - dwuteownik 300mm	1			
1	Samozjezdny wyciągnik łączuchowy 6-cio tonowy typu SWR-6	1			
Poz.	Nazwa części (zespołu)	Nr rys. lub normy	Ilość szt.	Materiał	Masa Uwagi

transportu, w instalacjach szeroko pojętego magazynowania energii. Stosownie do powyższego, zainteresowanych zachęcamy do współpracy.

### Literatura

- [1] POLNIK B.: *Rozwój układów napędowych Górniczych Lokomotyw Akumulatorowych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 1/2016.
- [2] PHPU „Izol-Plast” Sp. z o.o. Rogów – Dokumentacja techniczna Typoszeręgu ognioszczelnych baterii litowo-jonowych typu SBS-4Lion o pojemności energetycznej 105 kWh i 150 kWh.
- [3] Opis patentowy – Ognioszczelna przeciwybuchowa skrzynia baterii akumulatorowej do zasilania górniczej lokomotywy akumulatorowej.
- [4] Opis patentowy – Zespół ognioszczelnego gniazda bezpiecznikowego typu OGB-500 wraz z wtyczką przyłączeniową.

- [5] Opis patentowy – Pasywno-wymuszone chłodzenie obudów ognioszczelnych dla podziemnych zakładów górniczych.
- [6] Opis patentowy – Eksploatacja lokomotyw akumulatorowych w transporcie poziomym bez ładowni baterii akumulatorowych.
- [7] Li-ion Battery – Raport badania ogni w normy EN-62133-2:2017.
- [8] IGLIŃSKI H.: *Drugie życie baterii samochodów elektrycznych*. [http://www.flota.com.pl/we\\_flocie/4420/drugie-zycie-baterii-samochodow-elektrycznych.html](http://www.flota.com.pl/we_flocie/4420/drugie-zycie-baterii-samochodow-elektrycznych.html).
- [9] Stena Recycling – Projekt badawczy: Recykling akumulatorów litowo-jonowych.

✉ Alojzy Kuczera, Jarosław Kuczera, Rafał Smuga, Jarosław Mrozek, Łukasz Grzonka

## WYDARZENIA

- **Autonomiczny bus na ulicach Grecji**

Wyprodukowany w Estonii samojezdny inteligentny autobus Iseauto, który latem ubiegłego roku obsługiwał pasażerów w Tallinie, zaczął obecnie kursować w greckim mieście Lamia.

W ramach projektu pilotażowego dotyczącego autonomicznego transportu publicznego prowadzonego przez Estończyków po raz pierwszy w historii w Grecji będzie kursował samojezdny pojazd uliczny. Estonia, znana ze swoich osiągnięć w zakresie zaawansowanych technologii, ma szansę zyskać międzynarodową pozycję, oferując swój zaawansowany technologicznie pojazd.

Samojezdny minibus wyprodukowany przez Auve Tech jest pierwszym autonomicznym pojazdem czwartej kategorii w Grecji, który został dopuszczony do ruchu ulicznego. Grecy wyciągnęli wnioski z praktyki estońskiego

Zarządu Dróg przy wydawaniu zezwolenia, dlatego Estończycy oprócz transferu technologii przyczynili się również do rozwoju przepisów dotyczących usług transportu publicznego opartego na autobusach autonomicznych.

Ambasador Estonii w Grecji, Priit Palum, z zadowoleniem przyjął perspektywiczną współpracę pomiędzy Estonią a Grecją w ramach uruchomienia projektu Iseauto w Lamii. Burmistrz miasta, Thymios Karaiskos, powiedział podczas ceremonii otwarcia, że doświadczenie zdobyte podczas tego typu testów daje możliwość zapoznania się z nowymi technologiami, a badania i rozwój stworzą bardziej dostępne usługi, które poprawią codzienne życie wszystkich obywateli.

Za rozwój i testowanie części naukowej projektu oraz innowacyjnych rozwiązań odpowiada Politechnika



w Tallinie (TalTech), we współpracy z którą kilka lat temu powstał pierwszy prototyp Iseauto. Grupa badawcza ds. autonomicznych pojazdów TalTech, kierowana przez Raivo Sell, stała się znana na całym świecie za sprawą swoich wyjątkowych osiągnięć, szybkiego procesu projektowania i udanej współpracy z prywatnymi firmami.

Źródło: intellinews

reklama



Oferujemy innowacyjny typoszereg baterii litowo-jonowych typu SBS-4Lion do zasilania lokomotyw typu Lea-BM12 oraz ELA-44-1/2/3 o pojemności energetycznej 105 kWh i 150 kWh.

Do ładowania tych baterii oferujemy ognioszczelny prostownik typu OPB-500. Zastosowanie ww. urządzenia pozwala na ładowanie i doładowywanie baterii zabudowanej na lokomotywie w miejscu zabudowy prostownika w podziemnym wyrobisku. Baterie typu SBS-4Lion są całkowicie bezobsługowe.



Bateria SBS-4Lion 150 kWh zabudowa na lokomotywie typu ELA-44



Prostownik OPB-500

Zapraszamy Państwa do zapoznania się ze szczegółami rozwiązania oraz do współpracy.

Dane kontaktowe: P.H.P.U. „Izol-Plast” Sp. z o.o. • ul. Raciborska 79 • 44-362 Rogów

Telefon: 32 451 24 44, 32 451 20 10 • Fax: 32 451 25 23 • e-mail: poczta@izol-plast.rogow.pl

strona www: www.izol-plast.rogow.pl • facebook: www.facebook.com/izolplast

# Implementacja algorytmów regulacji silnika PMSM rowerowego napędu elektrycznego

Karol Tatar

## 1. Wstęp

Rower ze wspomaganiami elektrycznym posiada wiele zalet, które sprawiają, że staje się coraz popularniejszy. Jest niezwykle pożyteczny dla osób starszych, którym sprawia ogromny kłopot pokonywanie na zwykłym rowerze nawet niewielkich wzniesień. Dla ludzi młodszych „e-bike” przedstawia sobą zupełnie inną wartość – daje poczucie bycia nowoczesnym, lepszym od innych. Starsi oczekują przede wszystkim prostoty użytkowania i niezawodności. Młodzież lepiej odbiera urządzenia, które dają się indywidualizować, dostosowywać do potrzeb i posiadają maksymalnie dużą ilość gadżetów. Obie wymienione grupy klientów łączy właściwie tylko jedna wspólna cecha: rower powinien być dla nich dostępny cenowo. Oczekiwania tych grup klientów spełniają często rowery używane, przywożone zza zachodniej granicy oraz tanie „chińczyki”, które nie są zbyt dobrej jakości. Stworzenie konkurencji dla tych dwu dróg nabywania rowerów, czyli wyprodukowanie porównywalnego cenowo produktu pochodzącego od polskiego producenta, nie jest łatwe. Jedną z istotnych barier jest wielkość grupy potencjalnych klientów, która ma zasadnicze znaczenie dla zastosowanych rozwiązań technologicznych. Nie jest na przykład opłacalne produkowanie czujników, wyświetlaczy czy drobnych elementów oprzyrządowania, jeśli ich wolumen nie przekracza kilkudziesięciu lub często kilkuset tysięcy sztuk rocznie. Na naszym rynku te wielkości są na razie nieosiągalne. Sprostanie konkurencji w przypadku silników i ich sterowników nie jest już takie trudne. Zarówno najpopularniejsze tanie silniki, jak i sterowniki nie są wykonywane w niedostępnych u nas technologiach.

## 2. Budowa rowerowego napędu elektrycznego

Typowy rowerowy napęd elektryczny składa się z następujących podzespołów:

- trójfazowego silnika z magnesami trwałymi;
- baterii wraz z systemem BMS (z ang. *Battery Management System*);
- czujników, zadajników wyświetlacza;
- modułu sterująco-wykonawczego zawierającego mikrokontroler wraz z falownikiem 6T.

Ideowy schemat takiego rozwiązania prezentuje rysunek 1.

Szczegółowe informacje dotyczące budowy systemu rowerowego napędu elektrycznego zawarto w pracach [6, 7, 8].

## 3. Ograniczenia technologiczne rowerowych silników elektrycznych

Wymaganie stosunkowo niskiej ceny całego roweru elektrycznego sprawia, że jego silnik musi być budowany w oparciu o tanie rozwiązania materiałowe i technologiczne.

Schemat części silnopędowej rowerowego napędu elektrycznego przedstawiono na rysunku 2.

W porównaniu z kilkudziesięciokilowatowymi silnikami skuterów czy gokartów, motor e-bike wygląda bardzo kiepsko pod względem gęstości mocy czy osiąganych prędkości. Silnik rowerowy wcale nie musi się jednak tym martwić, ponieważ w rowerze elektrycznym istnieje ograniczenie mocy wynikające z uregulowań prawnych, które obecnie jest na poziomie 250 W. Ograniczona jest również prędkość maksymalna, przy której rower może być wspomagany elektrycznie. Zgodnie z przepisami powyżej 25 km/h sterownik nie ma prawa napędzać silnika. Tak niskie wymagania spełnia się więc za pomocą tanich rdzeni, wykonanych z pakietowanej blachy

**Streszczenie:** W artykule została przedstawiona koncepcja oraz implementacja struktur regulacji silnika PMSM umieszczonego w rowerze o napędzie elektrycznym. Autorzy zaprezentowali struktury układów napędowych, urządzenie pomocnicze, układy pomiarowe sygnałów analogowych oraz zastosowane algorytmy sterowania. W pracy zostały zamieszczone wyniki pomiarów napięć i prądów płynących w elementach układu napędowego.

Słowa kluczowe: silniki PMSM, silniki BLDC, algorytmy sterowania napędami elektrycznymi

## 🇬🇧 CONTROL ALGORITHM IMPLEMENTATION OF PMSM INVERTER FED E-BIKE DRIVE

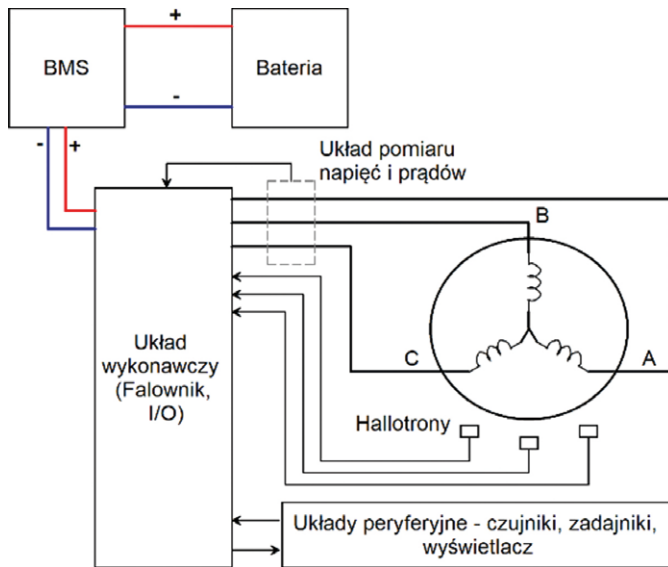
**Abstract:** The following article depicts the concept and implementation of control algorithm dedicated to PMSM drive of e-bike. Authors presented the structures of drive systems, auxiliary devices, analog signal measurement circuits, and the control algorithms used. The paper presents results of measurements of currents and voltages going through the drive system elements.

Keywords: PMSM drive, BLDC drive, e-bike, electrical drive control algorithms

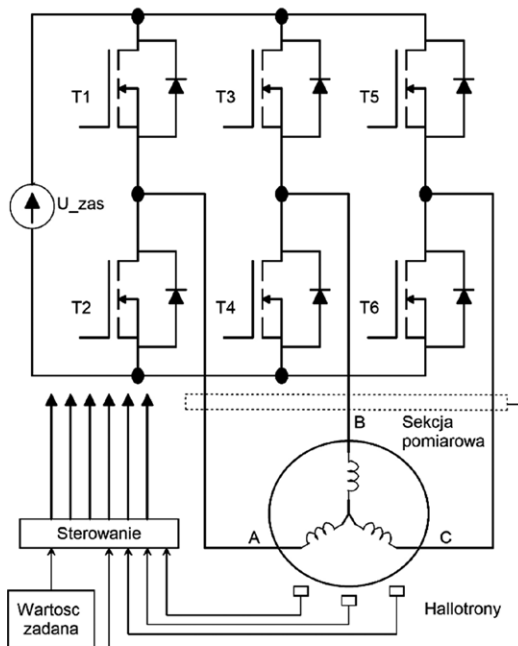
i stosunkowo tanich, masowo produkowanych magnesów neodymowych, które przykleja się do obudowy silnika z ograniczoną precyzją. Konsekwencją niskiego poziomu stosowanych technologii są:

- niedokładność zamontowania czujników Halla;





Rys. 1. Ideowy schemat rowerowego napędu elektrycznego



Rys. 2. Schemat części silnoprądowej rowerowego napędu elektrycznego

- odbiegający od ideału kształt siły elektromotorycznej i niesymetria obwodu magnetycznego dla kolejnych biegów tej samej fazy;
- występowanie znacznego momentu zaczepowego.  
Każde z tych zjawisk niekorzystnie wpływa na działanie napędu.

### 3.1. Montaż czujników Halla

Innym z podstawowych problemów technologicznych związanych z produkcją napędów elektrycznych dla e-bików

jest niedokładność związania zarówno z umiejscowieniem (wklejeniem, zamocowaniem), jak i samą budową czujników Halla. Ich funkcja związana jest bezpośrednio z procesem sterowania napędami, tak więc każda niedokładność związana z informacją o aktualnym kącie elektrycznym przekłada się bezpośrednio na kulturę pracy napędu oraz komfort użytkownika końcowego roweru. Do najczęstszych niedogodności związanych z nieprecyzyjnym oszacowaniem kąta elektrycznego należy zaliczyć

reklama



### Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania



Systemy Pomiarowe



Technika Filtracji



Diagtronics



Akcesoria Hydrauliczne



Zawory Kulowe



Złącza Hydrauliczne



**NOWOŚĆ!**  
STAUFF  
Connect

Technologia Złączy Rurowych od STAUFF



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

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

tętnienia momentu i skrócenie czasu pracy napędu na jednym cyklu ładowania. Należy przy tym zauważyć, że niedogodności te występują niezależnie od wybranej strategii sterowania.

Rysunek 3 prezentuje przebieg siły elektromotorycznej jednej z faz oraz przebieg sygnału pochodzącego z jednego z czujników Halla. Powiększone fragmenty ilustrują niedokładność pomiaru kąta elektrycznego maszyny.

**3.2. Niesinusoidalny kształt siły elektromotorycznej**

Równie często spotykanym problemem technologicznym – związanym zarówno z projektowaniem, jak i z procesem produkcji – jest uzyskanie odpowiedniego kształtu siły elektromotorycznej. Problem ten ilustrują rysunki 4 oraz 5.

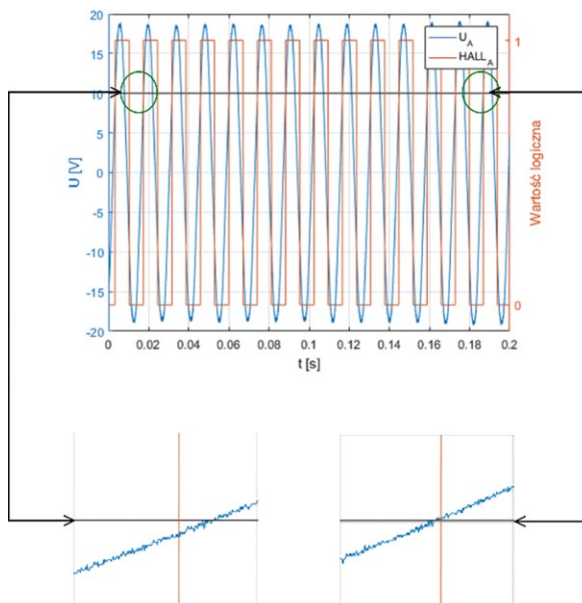
**3.3. Moment zaczepowy**

W najpopularniejszych silnikach dla koła przedniego, ze względu na to, że muszą osiągać odpowiednią moc, a nie mogą być zbyt ciężkie, niezbędne jest stosowanie przekładni planetarnej. Wysokoobrotowy silnik po redukcji prędkości obraca kołem i napędza pojazd z właściwym, bo przemnożonym przez przekładnię momentem. O wiele gorzej ma się sprawa z jazdą bez wspomagania. Występujący moment zaczepowy, po przemnożeniu przez przekładnię, ma wartość nieakceptowalną przez rowerzystę. Niezbędne jest więc zastosowanie „wolnego koła” dla jazdy bez wspomagania. Silnik tego typu całkowicie uniemożliwia więc oddawanie energii do baterii podczas hamowania. Szczególnie odczuwa się brak takiej funkcji podczas długich zjazdów.

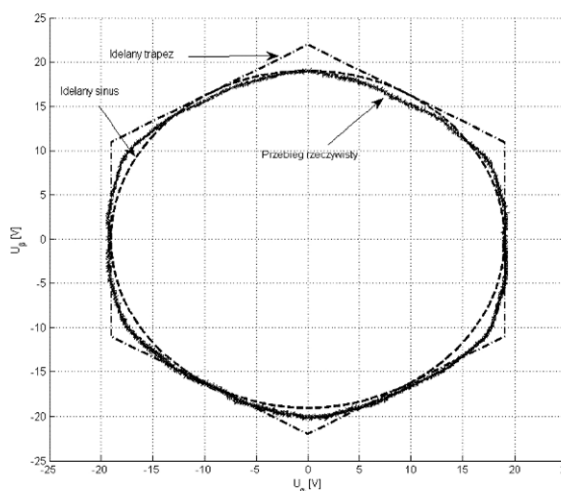
**4. Implementacja wybranych algorytmów sterowania**

Literatura przedstawia kilka kryteriów podziału metod sterowania silnikami z magnesami trwałymi [4, 6].

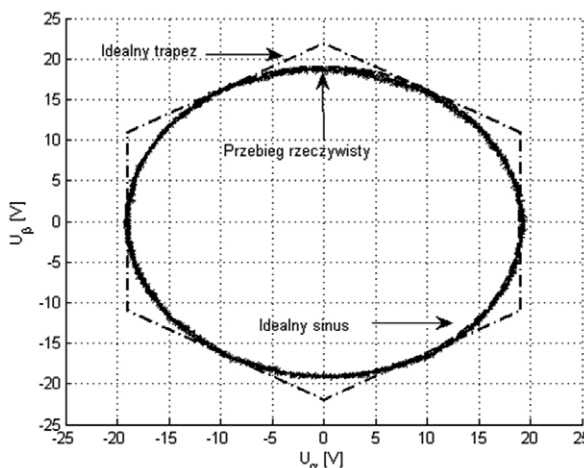
Najbardziej podstawową metodą podziału jest podział na metody klasyczne, w których nie kontrolujemy położenia wektora strumienia i prądu, oraz metody połowo zorientowane (FOC z ang. *Field Oriented Control*). Kolejnym kryterium podziału jest dywersyfikacja metod ze względu na sposób, w jaki uzyskujemy informację o aktualnym



Rys. 3. Przebieg siły elektromotorycznej jednej z faz oraz sygnału pochodzącego z czujnika Halla

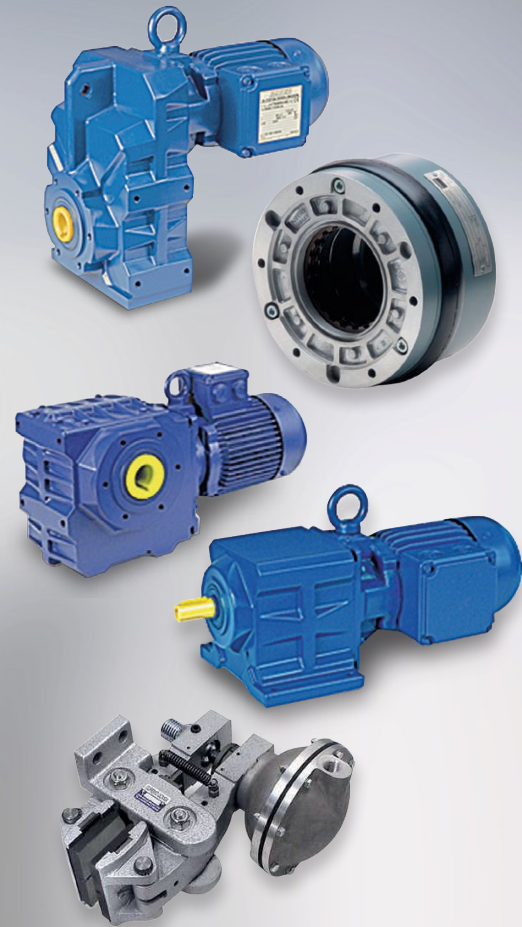


Rys. 4. Przebieg sinusoidalnej, trapezoidalnej oraz rzeczywistej siły elektromotorycznej w układzie α-β dla rowerowego silnika bezprzekładniowego



Rys. 5. Przebieg sinusoidalnej, trapezoidalnej oraz rzeczywistej siły elektromotorycznej w układzie α-β dla rowerowego silnika przekładniowego

## Razem możemy osiągnąć więcej!



**Oferujemy sprzedaż oraz serwis dla:**

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

**Nowość w ofercie**

- POMIARY WIBROAKUSTYCZNE
- POMIARY TERMOWIZYJNE
- POMIARY OCHRONNE



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

kącie elektrycznym. Najbardziej ogólnie można przyjąć, że rozróżniamy metody sterowania oparte o czujnikowy pomiar kąta (czujniki Halla, enkodery) oraz metody bezczujnikowe, w których wykorzystuje się BEMF (z ang. *Back Electromotive Force*) lub obserwatory kąta elektrycznego [9].

#### 4.1. Sterowanie trapezoidalne z czujnikami Halla

Najbardziej trywialnym sposobem sterowania rowerowego napędu elektrycznego z silnikiem trójfazowym z magnesami trwałymi jest sterowanie trapezoidalne. W tej metodzie sterowania kombinacja załączenia kluczy falownika 6T ulega zmianie co 60° stopni elektrycznych. W każdym z sześciu cykli, na które możemy podzielić proces sterowania, przewodzi zawsze tylko jeden tranzystor górny oraz jeden tranzystor dolny. Klucze w obrębie jednego sektora mogą być załączane na stałe, lecz zdecydowanie częściej spotykamy się ze strategią sterowania, w której chociaż jeden z kluczy jest modulowany poprzez PWM. Rysunek 6 prezentuje przebieg napięcia i prądu jednej fazy na tle prądu pobieranego z baterii.

#### 4.2. Sterowanie polowo zorientowane

Jednymi z bardziej zaawansowanych metod sterowania napędami elektrycznymi z silnikami z magnesami trwałymi są metody polowo zorientowane. W metodach tych wymagana jest precyzyjna informacja o aktualnym kącie elektrycznym.

W przypadku wykorzystania enkoderów, w napędach przemysłowych, precyzję zapewnia duża rozdzielczość enkodera. W przypadku urządzeń, w których wykorzystuje się czujniki Halla, jakim są rowerowe napędy elektryczne, informacja o kącie uzyskujemy co 60° elektrycznych. Niestety dla sterowania polowo zorientowanego wymagana jest ciągła informacja o aktualnym kącie. Dlatego wartość kąta pomiędzy sektorami jest zwykle aproksymowana na podstawie szybkości zmian kąta w poprzedzającym sektorze. Taki sposób aproksymacji kąta odwzorowuje rzeczywisty kąt w sposób idealny tylko w przypadku stanów statycznych. W przypadku dynamicznych zmian prędkości kąt wyliczony za pomocą aproksymacji poprzednich sektorów może się różnić od rzeczywistego, co obrazuje rysunek 7.

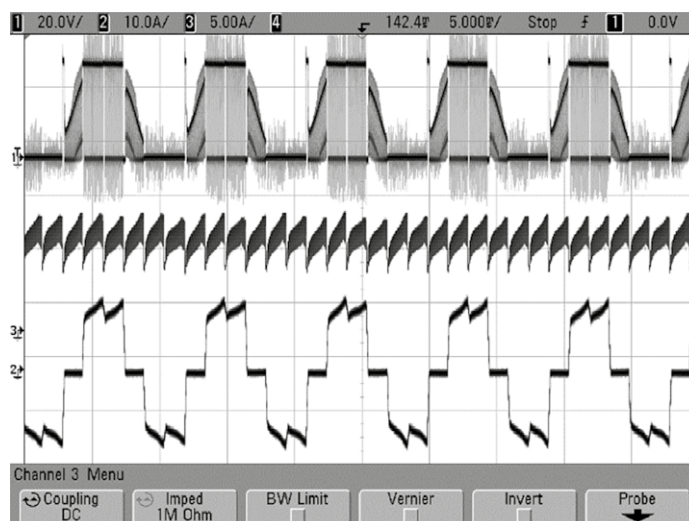
Schemat polowo zorientowanego układu regulacji silnikiem PMSM prezentuje rysunek 8.

Przebieg prądu oraz napięcia jednej fazy silnika PMSM sterowanego polowo rowerowego napędu elektrycznego prezentuje rysunek 9.

#### 5. Podsumowanie

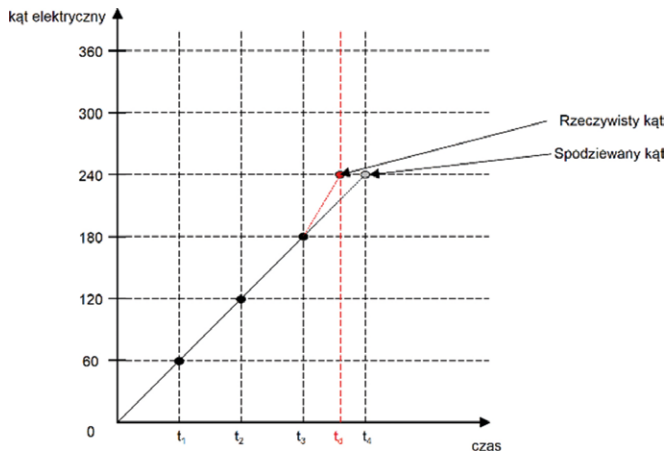
Tanie, przeznaczone dla masowego odbiorcy silniki do rowerów elektrycznych nie prezentują sobą wysokich walorów technologicznych. Producenci rowerów muszą więc podejmować próby eliminacji niekorzystnych zjawisk za pomocą odpowiednich algorytmów regulacji, implementowanych w sterownikach silników. Niektóre z tych zjawisk

**Rys. 6.** Przebieg napięcia prądu jednej fazy silnika rowerowego napędu elektrycznego na tle prądu pobieranego z baterii. Sterowanie trapezoidalne ze stałym współczynnikiem modulacji w obrębie sektora

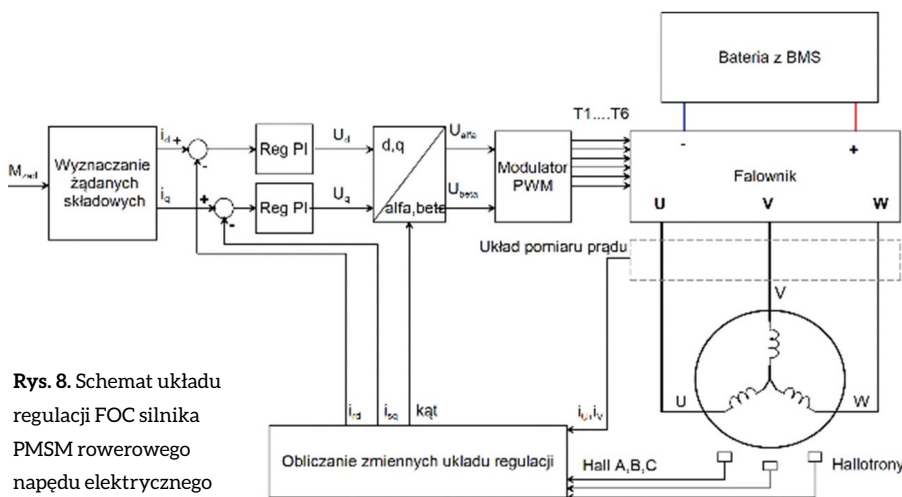


(niewłaściwy kształt siły elektromotorycznej, brak precyzji montażu czy niesymetrii obwodu magnetycznego) dają się

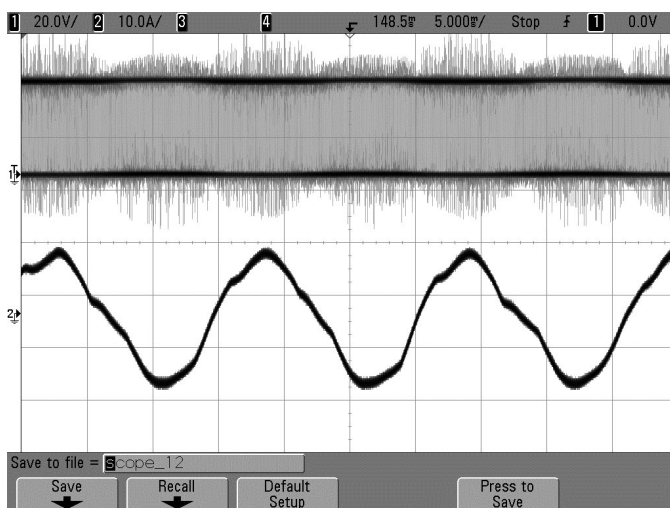
z powodzeniem ograniczać. Inne, takie jak moment zaczepowy, są niestety niezależne od sterownika.



**Rys. 7.** Aproxymacja kąta na podstawie poprzednich sektorów. Przedziały czasowe  $t_1, t_2, t_3$  – stan statyczny;  $t_4$  – stan dynamiczny



**Rys. 8.** Schemat układu regulacji FOC silnika PMSM rowerowego napędu elektrycznego



**Rys. 9.** Przebieg napięcia i prądu fazy silnika sterowanego metodą polowo zorientowaną

**Literatura**

- [1] ADAMCZYK D., MICHNA M.: *Przegląd i analiza układów napędowych stosowanych w rowerach elektrycznych.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 88(114)/2010.
- [2] DUKALSKI P.: *Silnik BLDC z magnesami trwałymi jako napęd wózka inwalidzkiego.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 86/2010.
- [3] DOMARACKI A., KRYKOWSKI K.: *Silniki BLDC – klasyczne metody sterowania.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 72/2005.
- [4] NOWAK R.: *Wybrane algorytmy sterowania silnikami z magnesami trwałymi.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2(114)/2017.
- [5] RUDNICKI T., CZERWIŃSKI R., FRĘCHOWICZ A.: *Układy sterowania silnikiem PMSM.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 90/2011.
- [6] TATAR K., CHUDZIK P.: *Algorytmy sterowania rowerowych napędów elektrycznych.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2(114)/2017.
- [7] TATAR K., CHUDZIK P., NOWAK R., LISOWSKI G.: *Projekt wielomodułowego sterownika elektrycznego napędu rowerowego – układ napędowy.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 3(118)/2018.
- [8] TATAR K., CHUDZIK P., NOWAK R., LISOWSKI G.: *Projekt wielomodułowego sterownika elektrycznego napędu rowerowego – moduł komunikacyjny.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 3(118)/2018.
- [9] ZHAWEI QIAO, TINGNA SHI, YINDONG WANG, YAN YAN, CHANGLIANG XIA, XIANGING HE: *New Sliding-Mode Observer for Position Sensorless Control of Permanent-Magnet Synchronous Motor,* IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 2, Luty 2013.

dr inż. Karol Tatar – Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki Elektroniki Informatyki i Automatyki, Instytut Automatyki, Zakład Techniki Sterowania, e-mail: karol.tatar@p.lodz.pl

artykuł recenzowany

# Projektowanie i eksploatacja systemów przeznaczonych do autobusów z napędem alternatywnym

Michał Sierszyński, Łukasz Chełchowski, Michał Pikuła, Dariusz Michalak, Franciszek Sidorski

## 1. Wstęp

### 1.1. Trendy w komunikacji miejskiej

W ostatnich latach obserwuje się zauważalny wzrost zainteresowania ekologiczną komunikacją miejską. Szczególną uwagę przywiązuje się do ograniczenia lub całkowitego wyeliminowania emisji środowiskowej gazów spalinyowych w miejscu eksploatacji pojazdu oraz obniżenie poziomu wytwarzanego hałasu. W trend ten wyraźnie wpisują się pojazdy napędzane silnikiem elektrycznym, do których zaliczyć można pojazdy bateryjne, wodorowe, trolejbusy oraz hybrydy *plug-in*. Ich sprzedaż na rynku europejskim przedstawiono na rysunku 1.

### 1.2. Przyczyny rozwoju komunikacji bazującej na pojazdach elektrycznych

Trend wzrostowy szczególnie wzmógł się w 2016 roku ze względu na coraz dojrzalszą technologię pojazdu elektrycznego. Dalszy wzrost sprzedaży autobusów elektrycznych wzmocniony jest bardzo dużą efektywnością energetyczną i środowiskową pojazdów oraz wprowadzanymi regulacjami prawnymi [2, 5]. W Polsce zaliczyć można do nich ustawę o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Nakłada ona udziały procentowe pojazdów z napędem alternatywnym we flocie autobusów na terenie jednostki terytorialnej, której liczba mieszkańców przekracza pięćdziesiąt tysięcy [3]. Wymagane udziały w poszczególnych latach przedstawiono na rysunku 2.

Warto podkreślić, że niektóre miasta już teraz spełniają wymagania nałożone przez ustawę. Zaliczyć do nich można Jaworzno, w którym obecnie eksploatowane są 24 autobusy elektryczne, co stanowi 40% floty [4].

**Streszczenie:** Doświadczenia zdobyte podczas eksploatacji wzrastającej liczby autobusów z napędem alternatywnym na rynku europejskim umożliwiają doskonalenie produktu, budując równocześnie jego przewagę technologiczną nad tradycyjnymi rozwiązaniami, jakimi są pojazdy komunikacji miejskiej wyposażone w silnik Diesla. Zasadniczym celem autorów niniejszej publikacji, aktywnie uczestniczących w procesie projektowania autobusu nagrodzonego tytułem „Bus of the Year 2017”, jest zebranie i przedstawienie zagadnień z zakresu projektowania i eksploatacji systemów przeznaczonych do autobusów miejskich z napędem elektrycznym. Ze szczególną uwagą zostanie omówiona architektura nadzorczo-sterująca odpowiedzialna za koordynację prac poszczególnych układów pojazdu oraz napęd elektryczny wspierany przez systemy zapewniające

bezpieczeństwo użytkownika. W artykule przedstawiony zostanie dobór kluczowych elementów systemów napędowego oraz sterującego, umożliwiający realizację specyficznych dla rynku autobusowego funkcji. Analiza pozostałych układów, takich jak źródła i magazyny energii, przyczyni się do zobrazowania konieczności kompleksowego podejścia związanego z projektowaniem autobusów elektrycznych. Odpowiedni dobór podzespołów oraz algorytmy sterowania, które mają znaczący wpływ na zużycie energii przez pojazd, poddawane są procesom optymalizującym, co bezpośrednio przekłada się na redukcję kosztów eksploatacji oraz decyzje klientów dotyczące zakupu pojazdów.

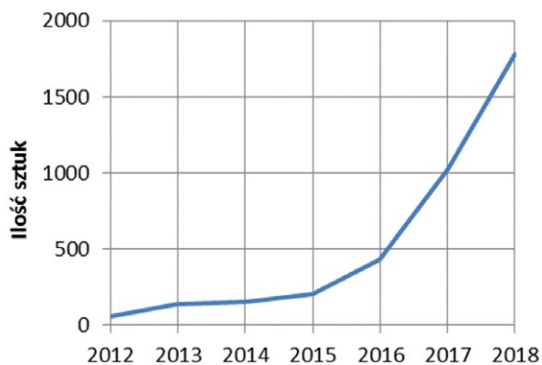
Słowa kluczowe: elektromobilność, autobusy elektryczne, napęd elektryczny, ogniwo paliwowe, architektura nadzorczo-sterująca

## DESIGN AND OPERATION OF SYSTEMS FOR BUSES WITH AN ALTERNATIVE DRIVETRAIN

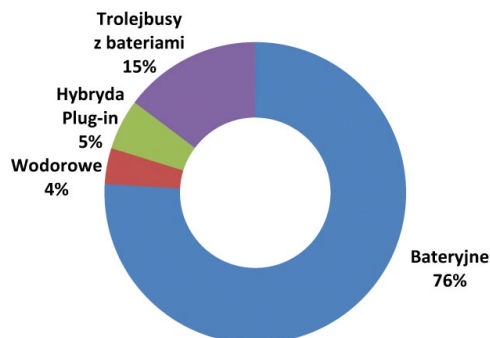
**Abstract:** *The experience gained during operation of emerging number of buses equipped with alternative propulsion on the European market leads to the product development and technical advantage over the traditional public transport vehicles fitted out with internal combustion engines. The main goal of the authors, engaged in designing vehicle awarded with title „Bus of the Year 2017”, is to gather and present issues regarding designing and operating systems constructed for urban buses equipped with electric propulsion purposes. Special attention will be paid to the supervisory and control architecture responsible for coordinating the work of individual vehicle systems and the electric drive supported by systems ensuring safety of*

*use. The article presents the selection of key elements of drive and control systems, enabling the implementation of bus-specific functions. Other systems, such as energy sources and energy storage, subject to analysis, will help to illustrate the need for a comprehensive approach related to the design of electric buses. Appropriate selection of components and control algorithms that have a significant impact on the energy consumption of the vehicle are subjected to optimization processes, which directly translates into a reduction in operating costs and customer decisions regarding the purchase of vehicles.*

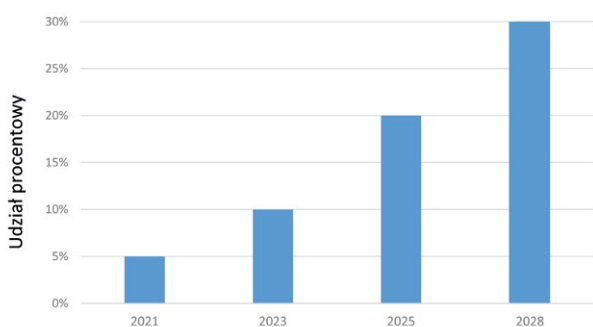
*Keywords: electromobility, electric buses, electric drive, fuel cell, supervision and control architecture*



**Rys. 1.** Liczba autobusów napędzanych silnikiem elektrycznym dostarczonych do klientów w Europie w latach 2012 – listopad 2018 [1]



**Rys. 3.** Udział procentowy rodzajów pojazdów elektrycznych z napędem alternatywnym – zamówienia oraz dostarczenia do Unii Europejskiej oraz Szwajcarii i Norwegii do stycznia 2019 [1]



**Rys. 2.** Udział procentowy pojazdów z napędem alternatywnym we flotach autobusowych [3]

### 1.3. Autobusy elektryczne w Europie

Wiele miast europejskich już teraz planuje wprowadzenie całkowicie bezemisyjnego transportu publicznego opartego wyłącznie na pojazdach napędzanych silnikiem elektrycznym. Zaliczyć do nich można między innymi Milan, Amsterdam, Brukselę, Oslo, Kopenhagę, jak również Londyn [1]. Rozwój europejskiego rynku autobusów elektrycznych jest bardzo dynamiczny i ma fundamentalny wpływ na rozwój technologii pojazdów zeroemisyjnych. Podział ze względu na typ pojazdu elektrycznego w Europie przedstawiono na rysunku 3.

Z rysunku 3 wynika, że przeważającą część stanowią autobusy bateryjne, które wraz z trolejbusami wyposażonymi w baterie trakcyjne stanowią aż 91% rynku.

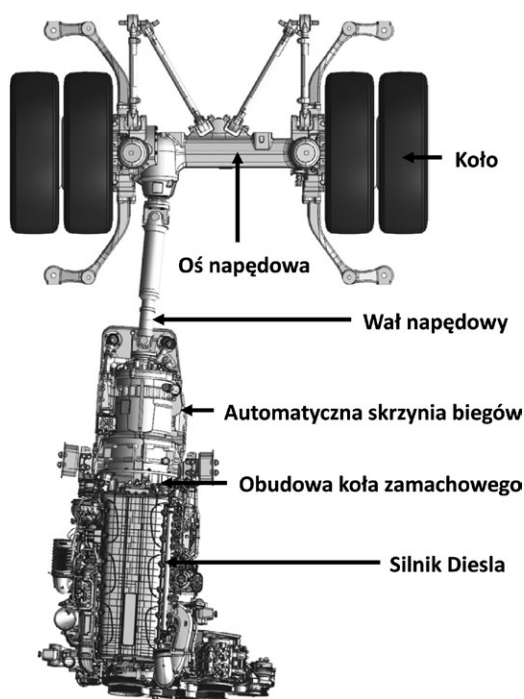
## 2. Autobus z napędem konwencjonalnym

### 2.1. Struktura pojazdów z napędem konwencjonalnym

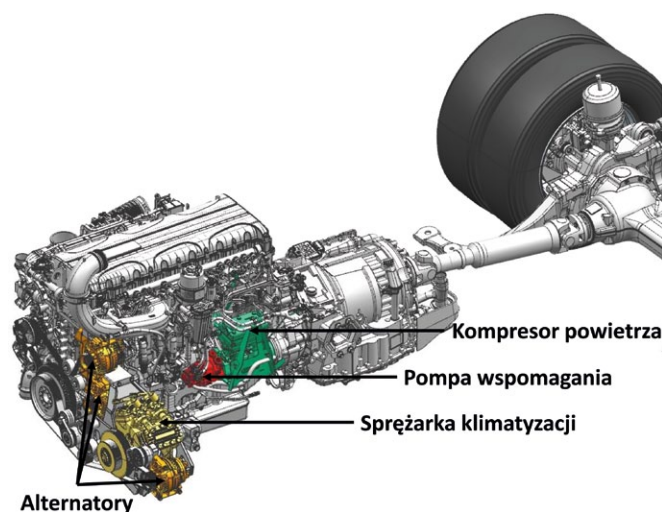
Układ oparty na silniku Diesla połączonym poprzez koło zamachowe z automatyczną skrzynią biegów, w przypadku autobusów miejskich, nazywany jest napędem konwencjonalnym. Ta przekazuje moc przez wał i oś napędową do kół. Architektura systemu napędowego wraz ze wskazaniem głównych komponentów została przedstawiona na rys. 4.

Autobus do prawidłowego funkcjonowania wymaga również akcesoriów, które przedstawiono na rysunku 5.

Takie umieszczenie akcesoriów ogranicza możliwość sterowania niezależnego od pracy silnika spalinowego.



**Rys. 4.** Architektura systemu napędowego – napęd konwencjonalny [1]



**Rys. 5.** Akcesoria zasilane z silnika spalinowego [1]

## 2.2. Architektura nadzorczo-sterująca autobusu z napędem konwencjonalnym

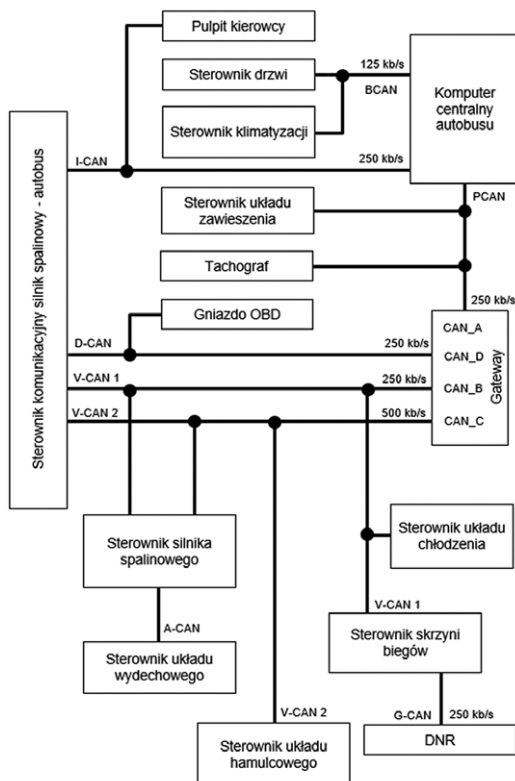
Do poprawnego działania systemów zainstalowanych w autobusie wymagane jest zapewnienie pomiędzy nimi komunikacji przy użyciu magistrali CAN. W aktualnie produkowanych autobusach ilość danych w przypadku linii CAN jest tak duża, że przy podłączeniu wszystkich urządzeń do jednej magistrali o prędkości 250 kb/s obciążenie jej przekracza 70%. W takiej sytuacji zaczynają się pojawiać problemy z nieregularnym wysyłaniem ramek informacji o niższym priorytecie. Przy obciążeniu CAN dochodzącym do 100% dochodzi do awarii autobusu w wyniku braku możliwości wymiany istotnych informacji pomiędzy systemami. W celu przeciwdziałania wspomnianemu problemowi w miarę dokładania do systemu nowych urządzeń konieczne są modyfikacje architektury. Przykładowe rozwiązanie zaprezentowano na rysunku 6.

## 3. Autobus bateryjny

### 3.1. Struktura pojazdów z napędem elektrycznym

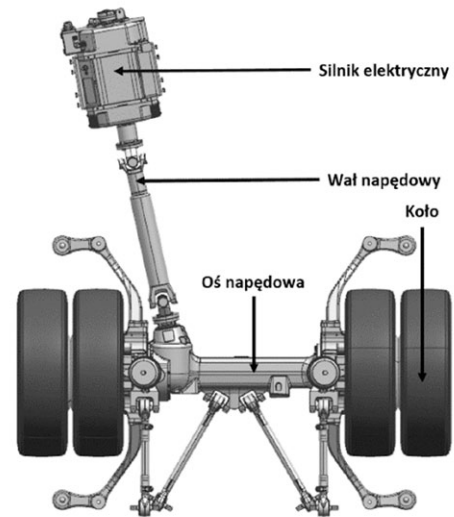
Klasyczna definicja napędu elektrycznego w pojazdach bateryjnych rozumiana jest jako zespół elementów zawierający układ zasilający, silnik elektryczny, wał napędowy, oś napędową i urządzenia sterowania i automatyki. Na rysunku 7 pokazano fragment mechaniczny tego napędu.

W artykule rozszerzono definicję napędu elektrycznego w autobusie bateryjnym o układ energoelektroniczny zasilany pierwotnie z obwodu napięcia stałego (ze źródła i/lub magazynu energii) wraz z komponentami pomocniczymi. Strukturę rozszerzonego układu napędowego wraz ze schematem ideowym połączeń przedstawiono na rysunku 8.

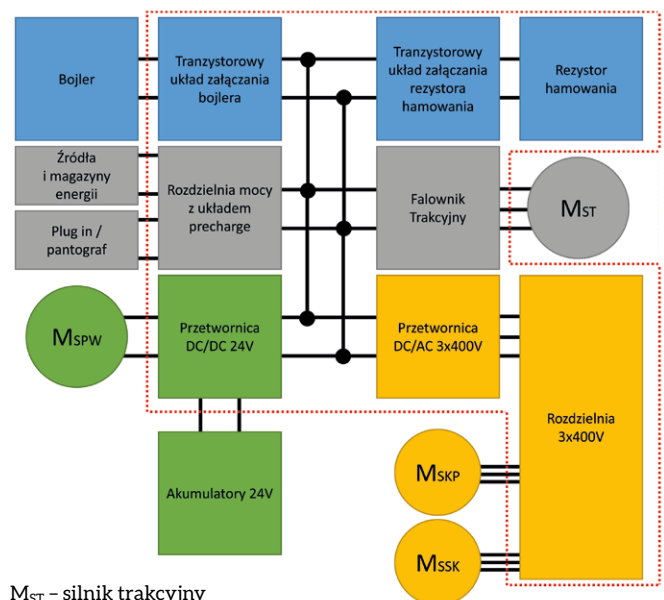


Rys. 6. Architektura magistrali komunikacyjnej CAN systemu nadzorczo-sterującego autobusu z napędem konwencjonalnym [1]

W skład układu energoelektronicznego wchodzi komponenty oznaczone na rysunku 8 czerwoną linią przerywaną. W autobusach do układu napędowego zaliczono dodatkowo przetwornicę DC/DC 24 V, przetwornicę DC/AC 3 × 400 V oraz tranzystorowy układ załączania bojlera, ponieważ stanowią one źródło zasilania akcesoriów dodatkowych, które to w przypadku pojazdów z napędem konwencjonalnym montowane są na silniku Diesla lub z nim połączone.



Rys. 7. Architektura systemu napędowego - napęd elektryczny [1]



M<sub>ST</sub> - silnik trakcyjny

M<sub>SPW</sub> - silnik pompy wspomaganie

M<sub>SKP</sub> - silnik kompresora powietrza

M<sub>SSK</sub> - silnik sprężarki klimatyzacji

... układ energoelektroniczny w autobusie bateryjnym

■ obwód instalacji zasilanej napięciem 24 V DC

■ obwód instalacji zasilanej napięciem 3 × 400 V AC

■ układ napędowy według definicji klasycznej

Rys. 8. Struktura rozszerzonego układu napędowego - schemat ideowy połączeń [1]

**3.2. Architektura nadzorczo-sterująca autobusu bateryjnego**

Autobusy bateryjne wyróżniają się prostą strukturą magistrali CAN, w której główna linia komunikacyjna o prędkości 250 kb/s odpowiedzialna jest za wymianę informacji pomiędzy głównymi sterownikami pojazdu. Układy bateryjny oraz napędowy w celu prawidłowego sterowania wymieniają wewnątrz systemów wiele informacji. Posiadają więc niezależne wewnętrzne magistrale CAN o prędkości 500 kb/s. Przykładowe rozwiązanie przedstawiono na rysunku 9.

**4. Główne różnice w strukturze pojazdów z napędem konwencjonalnym i bateryjnym**

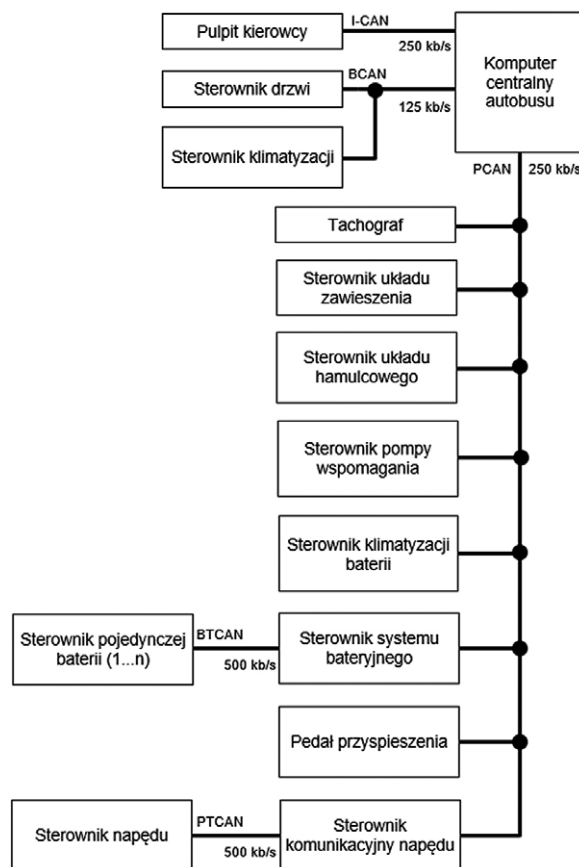
W przypadku autobusów komunikacji miejskiej przewidywane warunki eksploatacji mają kluczowy wpływ na dobór podzespołów i mechanizmów, decydując również o strukturze i konstrukcji pojazdu. Zasadniczą różnicą w przypadku pojazdów z napędem konwencjonalnym w porównaniu do pojazdów bateryjnych jest układ napędowy wraz z akcesoriami. W niniejszym rozdziale przedstawiono różnice pomiędzy akcesoriami, ich sterowaniem oraz źródłem energii wykorzystywanej do ich zasilania.

W przypadku instalacji pokładowej (24 V) autobus z napędem konwencjonalnym wyposażony jest w alternatory, które mają jedną poważną wadę. Jest nią uzależnienie wydajności prądowej od obrotów silnika Diesla. Maksymalny prąd z alternatorów na biegu jałowym silnika jest o około połowę niższy od znamionowego prądu ładowania. W autobusie bateryjnym zastosowano przetwornicę DC/DC 24 V, dzięki której istnieje możliwość kontrolowania maksymalnego prądu ładowania akumulatorów pokładowych poprzez takie nastawienie napięcia dla instalacji 24 V autobusu, aby prąd ładowania nie przekraczał wartości zalecanej przez producenta akumulatorów. Dodatkowo istnieje możliwość ładowania akumulatorów bez trybu jazdy, np. podczas nocnego ładowania baterii trakcyjnych. Funkcjonalności zaimplementowane w autobusie bateryjnym znacząco podnoszą niezawodność i wydłużają życie akumulatorów w instalacji 24 V. Podstawowe różnice systemów ładowania przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Systemy ładowania akumulatorów pokładowych [1]

Autobus z napędem konwencjonalnym	Autobus bateryjny
Źródło napięcia: alternator	Źródło napięcia: przetwornica DC/DC 24 V
Prąd ładowania uzależniony od obrotów silnika Diesla	Regulowany prąd ładowania
Alternator napędzany z silnika Diesla za pomocą paska klinowego	Przetwornica zasilana z baterii trakcyjnych

W przypadku autobusów miejskich bardzo ważny dla podróży jest komfort klimatyczny przestrzeni pasażerskiej. Silnik Diesla w porównaniu do silnika elektrycznego ma niską sprawność. Spora część energii tracona jest na ciepło. Ten niepożądany efekt uboczny w warunkach zimowych w przypadku autobusu zostaje spożytkowany do ogrzania kabiny kierowcy i przestrzeni pasażerskiej. Dzięki temu całkowita sprawność systemu zostaje znacząco podniesiona. Latem jednak energia



**Rys. 9.** Architektura magistrali komunikacyjnej CAN systemu nadzorczo-sterującego autobusu bateryjnego [1]

ciepła jest tracona w chłodnicy i sprawność systemu spada. Zużycie paliwa pozostaje na podobnym poziomie jak zimą. W przypadku autobusu bateryjnego zimą ciecz w układzie ogrzewania podgrzewana jest za pomocą bojlera sterowanego tranzystorowym układem załączania. W temperaturach ujemnych ogrzewanie pojazdu stanowi ponad 50% całkowitego zużycia energii. Latem możemy wyłączyć ogrzewanie, dzięki czemu spada zużycie energii. Co prawda, bywa załączany klimatyzator, aczkolwiek zużywa on mniej energii niż bojler zimą. Dzięki temu, że klimatyzator zasilany jest z niezależnej przetwornicy DC/AC 3 × 400 V, pojazd może być prekondycjonowany termicznie np. przy podłączonej ładowarce. Podstawowe różnice w systemach sprężarki klimatyzacji przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Sprężarka klimatyzacji [1]

Autobus z napędem konwencjonalnym	Autobus bateryjny
Sprężarka klimatyzacji napędzana z silnika Diesla za pomocą paska klinowego	Sprężarka klimatyzacji napędzana silnikiem elektrycznym zasilanym z przetwornicy DC/AC 3×400 V AC
Sprężarka klimatyzacji może zostać rozłączona poprzez użycie elektro-sprzęgła	Sterowany silnik sprężarki klimatyzacji

Komponentem, który nie tylko ułatwia kierowanie pojazdem, ale również wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa czynnego, jest wspomaganie układu kierowniczego. Wprowadzono je w pojazdach w latach dwudziestych XX wieku i do czasów



obecnych jest rozwijane. Najważniejszym jego elementem w autobusach jest pompa, która w przypadku autobusów bateryjnych dla zwiększenia poziomu bezpieczeństwa zasilana jest z obwodu 24 V. Takie rozwiązanie powoduje, że nawet w sytuacji awaryjnej, kiedy dochodzi do rozłączenia baterii trakcyjnych, a więc gdy przetwornice DC/AC 3 × 400 AC oraz DC/DC 24 V nie są zasilane, wspomaganie układu kierowniczego pozostaje nadal aktywne, ponieważ silnik pompy zasilany jest z akumulatorów pokładowych. Elektryczne zasilanie umożliwia dowolne sterowanie układem wspomagania kierownicy. Komputer centralny reguluje wydajność pompy, obniżając siłę wspomagania wraz ze wzrostem prędkości pojazdu oraz wyłącza ją podczas postoju. To sterowanie odbywa się poprzez wysłanie za pomocą magistrali CAN żądania prędkości obrotowej do sterownika silnika pompy wspomagania. Taki algorytm znacznie obniża zużycie energii przez pojazd przy jednoczesnym zachowaniu pełnej funkcjonalności układu wspomagania [1]. Podstawowe różnice pomiędzy pompą wspomagania w przypadku napędu konwencjonalnego i baterijnego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Pompa wspomagania [1]

Autobus z napędem konwencjonalnym	Autobus bateryjny
Pompa wspomagania napędzana z silnika Diesla poprzez koło zębate	Pompa wspomagania napędzana za pomocą silnika elektrycznego
Brak możliwości całkowitego rozłączenia pompy oraz możliwości jej sterowania	Pompa zasilana z instalacji pokładowej 24 V z możliwością sterowania obrotami

Aktualnie produkowane autobusy wyposażone są w wiele systemów, które wykorzystują powietrze. Są to np. układ regulacji poziomu zawieszenia, układ hamulcowy czy system sterowania drzwiami. W zbiornikach akumulowane jest powietrze o określonym ciśnieniu roboczym, do wytworzenia którego służy kompresor. W przypadku autobusów bateryjnych uruchamiany jest on tylko wtedy, gdy jest taka konieczność. W przypadku autobusów bateryjnych firmy Solaris Bus & Coach Sp. z o.o. algorytm zaszyty w komputerze centralnym weryfikuje, czy:

- pojazd ma włączone zasilanie z baterii trakcyjnej lub ładowarki zewnętrznej;
- ciśnienie powietrza zasilania w obwodzie pneumatycznym jest poniżej dolnej granicy;
- zasilanie powietrza z zewnątrz nie jest podłączone;
- sprężarka powietrza nie jest przegrzana.

Dopiero gdy wszystkie te 4 warunki są prawdziwe, następuje aktywowanie żądania załączenia zasilania dla sprężarki powietrza. Po osiągnięciu wymaganego poziomu ciśnienia powietrza

Tabela 4. Kompresor powietrza 3×400 V AC [1]

Autobus z napędem konwencjonalnym	Autobus bateryjny
Kompresor powietrza napędzany z silnika poprzez koło zębate	Kompresor powietrza napędzany za pomocą silnika elektrycznego zasilanego z przetwornicy DC/AC 3×400 V
Brak możliwości całkowitego rozłączenia kompresora	Możliwość wyłączenia kompresora
Brak możliwości załączenia kompresora niezależnie od pracy silnika spalinowego	Możliwość dowolnego sterowania kompresorem

lub w sytuacji wyłączenia zasilania pojazdu sprężarka zostaje wyłączona. Takie sterowanie jest bardziej optymalne z punktu widzenia zużycia energii samej sprężarki w porównaniu do rozwiązania z silnikiem Diesla. W tabeli 4 przedstawiono podstawowe różnice pomiędzy kompresorem powietrza zamontowanym w autobusie baterijnym i w autobusie wyposażonym w napęd konwencjonalny.

## 5. Dobór kluczowych elementów systemów napędowego oraz sterującego dla autobusu baterijnego

### 5.1. Wymagania rynku komunikacji miejskiej a ograniczenia prawne i konstrukcyjne

Warto zauważyć, że ze względu na różną specyfikę pracy pojazdu z silnikiem Diesla w odniesieniu do pojazdu baterijnego obydwa autobusy charakteryzują różne wymagania rynkowe. Autobusy z napędem Diesla umożliwiają jazdę na pojedynczym tankowaniu przez cały dzień. Nikt nie zwraca więc uwagi na ten aspekt przy wyborze nowego pojazdu. Weryfikowane jest jedynie zużycie paliwa, które znacząco wpływa na koszty utrzymania. W przypadku autobusów elektrycznych ograniczony zasięg na pojedynczym ładowaniu, niewystarczający do całodziennego operacyjności, przekłada się na konieczność inwestowania w infrastrukturę. W przypadku instalowania dużych pojemności baterii znacznie zwiększamy ich masę zainstalowaną w pojeździe, co wpływa na znaczne zmniejszenie pojemności pasażerskiej oraz wzrost ceny samego pojazdu. Aby nie zwiększać pojemności baterii, należy obniżyć zużycie energii. Wszelkiego rodzaju optymalizacje, opisane również w poprzednich rozdziałach artykułu, implikują obniżenie kosztów pojazdu, eksploatacji, a także wpływają na zwiększenie zasięgu autobusu. W celu obiektywnej oceny zużycia energii przez autobus miejski stworzono dedykowane dla branży procedury pomiaru e-Sort. Sort 1 odwzorowuje ciężkie warunki miejskie przy średniej prędkości 12,1 km/h, Sort 2 – transport miejski przy średniej prędkości 18 km/h, natomiast Sort 3 – transport podmiejski przy średniej prędkości 25,3 km/h. W trakcie testów wykonywane są trzy przyspieszenia do różnych prędkości. Na ich podstawie wyznaczane jest zużycie energii w określonych procedurach warunkach [8]. Warto jednak podkreślić, że w realnych warunkach eksploatacji na końcową wartość zużycia energii mają również wpływ inne czynniki, takie jak topografia terenu czy klimat, w jakim eksploatowany jest autobus [6].

W celu realizacji powyższych wymagań klientów trzeba stawić czoła wielu wyzwaniom ze względu na ograniczenia prawne i konstrukcyjne. Utrzymanie odpowiedniego rozkładu mas pomiędzy osiami, tak aby nie przekroczyć wymagań prawnych i technicznych nacisków na pojedynczą oś, a jednocześnie określając maksymalną liczbę pasażerów, skorzystać z całej dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu, jest kluczową trudnością do pokonania. Zgodnie z Regulaminem 107 EKG ONZ oraz Regulaminem UE 1230/2012 w autobusach klasy I jako masę jednego pasażera przyjmuje się 68 kg. Maksymalną liczbę pasażerów wyznacza się jako różnicę dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu i masy własnej pojazdu podzieloną przez 68. Ta maksymalna liczba pasażerów może jeszcze zostać ograniczona




baterii trakcyjnych przekłada się również na redukcję kosztów eksploatacji oraz decyzje klientów dotyczące zakupu pojazdów. Ponadto uwzględnienie bezpieczeństwa funkcjonalnego bezpośrednio przekłada się na bezpieczeństwo pasażerów i obsługi.

## Literatura

- [1] Opracowanie własne Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.
- [2] PIKUŁA M., SIERSZYŃSKI M., PIOTROWSKI A., SIDORSKI F.: *Autobusy napędzane silnikiem elektrycznym w zeroemisyjnym transporcie publicznym*. Poznan University of Technology Academic Journals, „Electrical Engineering” 95/2018.
- [3] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, Ustawa o Elektromobilności i Paliwach Alternatywnych, Warszawa 2018.
- [4] Polski Fundusz Rozwoju, Elektromobilność w Transporcie Publicznym, Warszawa 2018.
- [5] DYR T., ABRAMOWICZ A.: *Projekt eBus jako instrument rozwoju transportu*. „Autobusy” 7–8/2016.
- [6] SIDORSKI F.: *Charakterystyka pracy stacji ładowania autobusów elektrycznych*. „Przegląd Elektrotechniczny” 10/2018.

- [7] PROCHOWSKI L.: *Pojazdy samochodowe. Mechanika ruchu*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
- [8] UITP project „E-SORT” – Standardised On Road Test Cycles for electric buses.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 1/2019.

 Michał Sierszyński – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.;  
Łukasz Chełchowski – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.;  
Michał Pikuła – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.;  
dr inż. Dariusz Michalak – Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.;  
Franciszek Sidorski – Politechnika Poznańska, Solaris Bus & Coach Sp. z o.o.

artykuł recenzowany

## WYDARZENIA

### ● Politechnika Wrocławska ze zintegrowanym systemem kontroli dostępu

Politechnika Wrocławska może cieszyć się najwyższym stopniem bezpieczeństwa dzięki rozwiązaniom dostarczonym przez firmę C&C Partners. W ramach zastosowanego rozwiązania zostały zintegrowane systemy: kontroli dostępu, sygnalizacji włamania i napadu, monitoringu wizyjnego, komunikacji interkomowej oraz depozytora kluczy. System zarządzania obiektami rozproszonymi zastosowany na terenie uczelni pozwoli objąć ochroną elektroniczną zarówno kompleks budynków uczelni, jak i uczelniane parkingi.

Kontrola przepływu niepożądanych osób w strefach administracyjnych, bibliotecznych, archiwalnych, a także zapobieganie dostępu do miejsc newralgicznych, takich jak np. serwerownie i informatyczne punkty węzłowe, to kluczowe wyzwania stawiane przed wdrożeniowcami z C&C Partners. Celem było maksymalne ułatwienie zarządzania bezpieczeństwem w obiekcie, przejrzysty i szybki sposób nadawania uprawnień oraz dostępu dla 55 tys. użytkowników.

– Głównym założeniem realizowanego projektu było poszerzenie funkcjonalności legitymacji studenckiej oraz karty pracowniczej. Dzięki zastosowaniu naszych systemów i zintegrowaniu ich z bazą uczelnianą karty oraz legitymacje zaczęły stanowić kartę dostępu do różnych miejsc. Dzięki tak globalnemu połączeniu zaproponowanych rozwiązań użytkownik może z jednego miejsca zarządzać nie tylko uczelnianym parkingiem, lecz także całą uczelnią. Bez wątpienia zastosowane w tym projekcie rozwiązanie stawia Politechnikę Wrocławską w czołówce najbezpieczniejszych uczelni w Polsce – mówi Leszek Schmidt, kierownik działu wsparcia technicznego, C&C Partners.

Do najważniejszych korzyści płynących z zastosowania ww. technologii można zaliczyć podwójną weryfikację uprawnień dostępu do określonych miejsc, realizowaną dzięki

karcie dostępu oraz systemowi analizy twarzy, wprowadzenie modułu automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych, kontrolę przepływu niepożądanych osób w poszczególnych pomieszczeniach, włączenie do systemu bezpieczeństwa parkingów uczelnianych czy kompatybilność systemu z uczelnianą bazą studentów i pracowników.

Modułowość projektu zapewnia możliwość rozbudowy systemu w czasie i poszerzenie go o kolejne funkcjonalności według potrzeb inwestora. Ogromne znaczenie ma także cykliczna aktualizacja, która gwarantuje poprawę funkcjonalności oprogramowania. Przekłada się także na wyższy poziom bezpieczeństwa IT uczelni.

Legitymacja studencka czy karta pracownicza, którą posiadają użytkownicy, stanowi jednocześnie kartę dostępu do różnych miejsc. System sygnalizacji włamania i napadu aktywowany jest w godzinach nocnych, a alarmy przez niego generowane zbiegają się w jednym centrum nadzoru, gdzie podejmowane są decyzje co do dalszych kroków. System monitoringu wizyjnego weryfikuje niepożądane zdarzenia, a także wspomaga decyzje podejmowane przez pracowników ochrony obiektów. Monitoringowi podlegają miejsca newralgiczne, ciągi komunikacyjne oraz teren zewnętrzny.

W przypadku zabrudzenia tablicy bądź przyjazdu innym samochodem użytkownik może użyć legitymacji studenckiej lub pracowniczej jako karty kontroli dostępu. Kierowcy samochodów niezarejestrowanych w bazie, czyli np. dostawy kurierskie lub goście, mogą użyć interkomu. Ochrona weryfikuje ich uprawnienia wjazdowe. Dodatkowo system ten podaje liczbę dostępnych miejsc parkingowych. Co najważniejsze, baza systemu wymienia informacje z uczelnianą bazą studentów i pracowników, a także z portalem uczelni. Nadanie uprawnień danej osobie w systemie uczelnianym automatycznie umożliwi dostęp do określonych zasobów w systemie bezpieczeństwa.

Źródło: C&C Partners

# Generator do konkursu „Wielkie wyzwanie: Energia”

Zbigniew Gorzyca

## 1. Wstęp

Rozwinięte społeczeństwa przykładają coraz większą wagę do rozwoju odnawialnych, ekologicznie czystych źródeł energii [8]. Ostatnim działaniem NCBiR w tym zakresie było ogłoszenie konkursu „Wielkie wyzwanie: Energia”. Na grudniowym spotkaniu jego uczestników NCBiR ogłosiło wstępne założenia konkursu dotyczącego budowy małej elektrowni wiatrowej, przeznaczonej do indywidualnych zastosowań. Budowana elektrownia ma wykorzystywać wiatry o małej prędkości, charakteryzujące się dużą zmiennością i wiejące na niewielkich wysokościach. Elektrownia ma magazynować wytworzoną energię w akumulatorze i zasilac ją pompę wody. W założeniach konkurs ma wygrać to rozwiązanie, które zapewni maksymalną ilość przepompowanej wody. Określono wymiary całkowite elektrowni –  $2 \times 2 \times 2$  m, jej masę – 100 kg i poziom głośności – 45 dB. Niestety nie określono wielu niezbędnych do projektu danych, takich jak: typ i pojemność akumulatora, moc i charakterystyka pompy, zakres napięć wyjściowych generatora, zakres napięć zasilania pompy, a przede wszystkim charakterystyka wiatru (wykres zmienności w czasie) niezbędnych przy sprawdzaniu opracowanego prototypu elektrowni. Na obecnym etapie konkursu możliwe jest przyjęcie określonego rodzaju turbiny wiatrowej i określenie mocy i konstrukcji generatora współpracującego z turbiną.

## 2. Konstrukcja generatora

Podstawowym problemem przy projektowaniu takiej elektrowni jest wybór typu turbiny wiatrowej. Turbiny VAWT charakteryzują się cichą pracą, nie trzeba w nich stosować mechanizmów naprowadzających na wiatr i nie trzeba stosować pierścieni ślizgowych do odprowadzania energii elektrycznej. Ich podstawową wadą jest jednak mały współczynnik wykorzystania wiatru – praktycznie dwukrotnie mniejszy niż w turbinach HAWT – i mniejsza prędkość obrotowa, co wiąże się bezpośrednio ze zwiększeniem wymiarów i masy generatorów współpracujących z turbinami VAWT. Przy „rozliczaniu” elektrowni z ilości uzyskanej energii jedynym sensownym rozwiązaniem jest zastosowanie turbiny wiatrowej HAWT. Doświadczenia autora zdobyte przy budowie elektrowni HAWT o średnicy 2,5 m wskazują, że prędkość obrotowa turbiny o średnicy 2 m przy wietrze o prędkości 12 m/s (dla takiej prędkości definiuje się moc małych elektrowni wiatrowych) może wynosić 600 obr./min. Zatem moc generatora zastosowanego do współpracy z taką turbiną wyniesie:

$$P = \frac{1}{2} c_p \rho S V^3$$

**Streszczenie:** W pracy pokazano podstawowe obliczenia i konstrukcję generatora przeznaczonego do małej elektrowni wiatrowej, będącej przedmiotem konkursu NCBiR „Wielkie wyzwanie: Energia”. Ograniczenia wymiarowe elektrowni narzucone w tym konkursie definiują moc generatora, zaś przyjęte rozwiązanie turbiny wiatrowej określa znamionową prędkość obrotową generatora. Napięcie wyjściowe generatora może być różne i zależy od typu ładowarki użytej do ładowania akumulatora i do zasilania pompy wody. Z uwagi na to, że NCBiR nie określił jeszcze szczegółowych danych dotyczących typu i pojemności akumulatora oraz typu, mocy i charakterystyki pompy do obliczeń uzwojenia, przyjęto, że generator osiąga napięcie 24 V przy prędkości obrotowej 600 obr./min.

Słowa kluczowe: generator, elektrownia wiatrowa

### GENERATOR FOR THE „GREAT CHALLENGE: ENERGY”

**Abstract:** The paper presents the basic calculations and design of a generator for a small wind power plant which is the subject of the National Centre's for Research and Development competition, „Great Challenge: Energy”. The dimensions of the power plant specified in the competition define the generator power, and the adopted solution of the wind turbine determines the rated rotational speed of the generator. The output voltage of the generator may have different values. It depends on the type of charger used to charge the battery and supply the water pump. Since the National Centre for Research and Development has not yet provided detailed data on the type and capacity of the battery and the type, power and characteristics of the pump, the winding was calculated for the generator reaching 24 V at 600 rpm.

Keywords: generator, wind power plant

gdzie:

$P$  – moc turbiny w W;

$c_p$  – współczynnik wykorzystania wiatru;

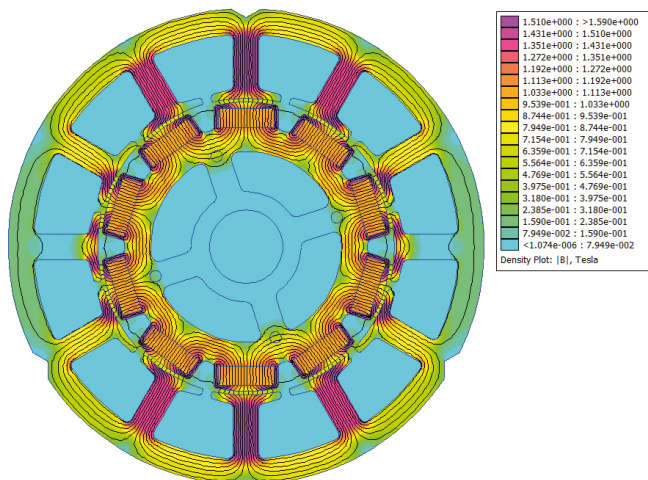
$\rho$  – gęstość powietrza  $\text{kg/m}^3$ ;

$S$  – powierzchnia turbiny wystawiana na wiatr  $\text{m}^2$ ;

$V$  – prędkość wiatru  $\text{m/s}$ .

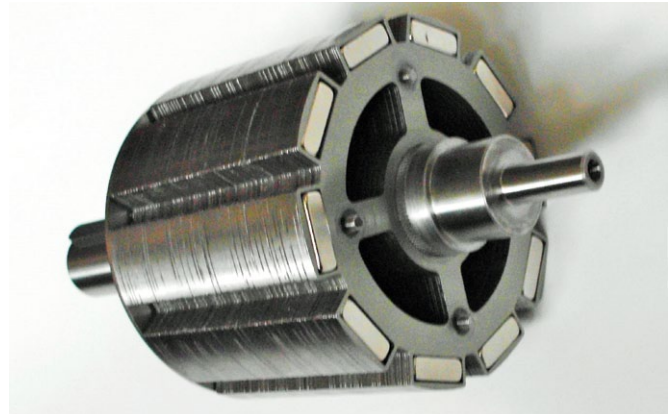
Dla dobrze zaprojektowanej turbiny wiatrowej o poziomej osi obrotu współczynnik wykorzystania wiatru może wynosić 0,35. Dla tej wartości i wiatru o prędkości 12 m/s moc turbiny o średnicy 2 m wynosi około 2 kW. Z uwagi na niezwykle

rzadkie występowanie tak silnych wiatrów na małej wysokości i możliwość chwilowego przeciążenia do obliczeń przyjęto moc 1 kW. Ta wartość oraz prędkość obrotowa na poziomie 600 obr./min i napięcie wyjściowe na poziomie 20 V są wielkościami wyjściowymi do obliczeń generatora. W przypadku generatorów współpracujących z turbinami wiatrowymi istotnym parametrem jest wartość momentu zaczepowego decydująca o starcie turbiny. Wprawdzie energia uzyskiwana z wiatrów o niskiej prędkości jest niewielka, ale turbina rozpoczynająca pracę przy słabych wiatrach ma duże znaczenie psychologiczne, często decydujące przy zakupie elektrowni określonego typu. Literatura dotycząca momentu zaczepowego jest bogata [2, 4, 5, 6, 7] i corocznie wzrasta liczba publikacji dotyczących tego parametru maszyn wzbudanych magnesami trwałymi. Obliczenia obwodu magnetycznego generatora można przeprowadzać klasycznymi metodami [1, 2, 3, 12] lub w oparciu o metody elementów skończonych [9, 10, 11]. Przy projektowaniu generatora do wspomnianego projektu wykorzystano ogólnodostępny program FEMM 4.2. Obliczono w nim rozkład indukcji, moment zaczepowy i moment elektromagnetyczny maszyny. Na rys. 1 pokazano obwód magnetyczny zaprojektowanego generatora i przykładowy rozkład pola magnetycznego w wybranym położeniu wirnika.



Rys. 1. Obwód magnetyczny generatora i przykładowy rozkład pola magnetycznego

Największa wartość indukcji występuje w zębach stojana i wartość ta nie przekracza 1,6 T. Jarzmo stojana można jeszcze zmniejszyć, lecz pozostawiono je bez zmian ze względów wytrzymałościowych. W wirniku generatora przyjęto rozwiązanie z prostopadłościennymi, neodymowymi magnesami zagłębionymi. Ułatwia to znakomicie montaż magnesów i zmniejsza koszt wykonania wirnika, gdyż standardowe magnesy prostopadłościenne są około dwa razy tańsze od magnesów kształtowych przyklejanych do wirników w wielu rozwiązaniach. Dodatkowym atutem takiej konstrukcji wirnika jest brak możliwości odklejenia magnesów i związanych z tym awarii generatora. Główne elementy wykonanego prototypu generatora pokazane są na poniższych rysunkach. Blachy stojana i wirnika wykonane były metodą cięcia laserowego (laser FIBER).



Rys. 2. Wirnik generatora z zagłębionymi magnesami trwałymi

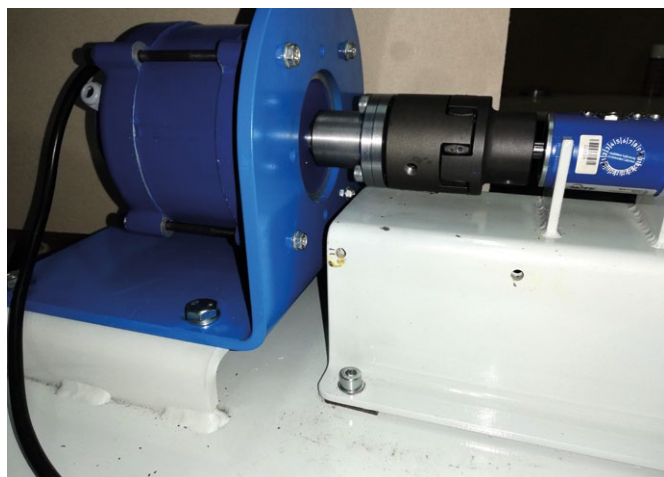


Rys. 3. Stojan generatora z cewkami skupionymi

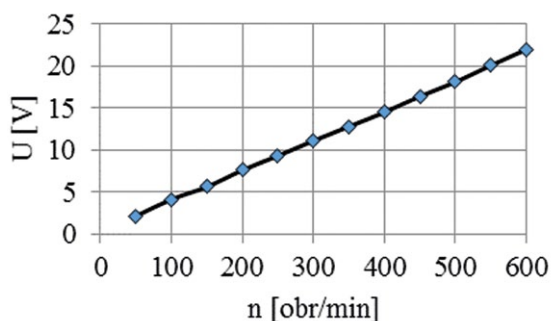
### 3. Badania układu

Przeprowadzono podstawowe badania laboratoryjne prototypowego generatora – obejmowały one pomiary: momentu zaczepowego, napięcia biegu jałowego w funkcji prędkości obrotowej oraz napięcia wyjściowego w funkcji obciążenia przy prędkości znamionowej. Badany generator napędzany był przez przekładnię asynchronicznym silnikiem klatkowym zasilanym z falownika. Wartość maksymalną momentu zaczepowego zmierzono przy pomocy zrównoważonej dźwigni i precyzyjnych odważników. Dokonano 12 pomiarów w różnych położeniach wirnika i wyciągnięto średnią arytmetyczną. Jak wspomniano wcześniej, średnia wartość momentu zaczepowego jest jak na maszynę wielobiegunową niewielka i wynosi 0,24 Nm, co stanowi 1,5% momentu znamionowego. Zasilanie silnika napędowego przez falownik umożliwiło regulację prędkości obrotowej i wyznaczenie charakterystyki biegu jałowego generatora.

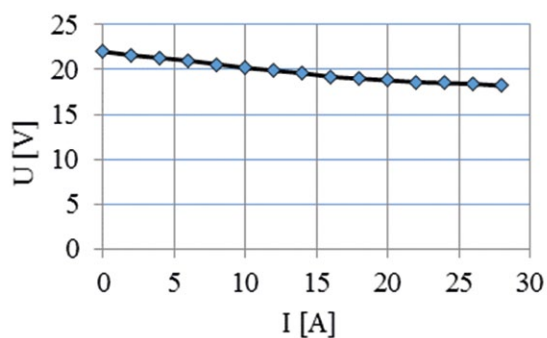
Charakterystyka obciążenia najlepiej obrazuje właściwości energetyczne generatora. Podczas jej wyznaczania badany generator obciążony był rezystancyjnie, symetrycznie w każdej fazie. Podczas tej próby ustalono prędkość obrotową 600 obr./min i stopniowo obciążano generator. Wyniki pomiarów pokazane są na rys. 6, na rys. 7 pokazano kształt napięcia wyjściowego generatora.



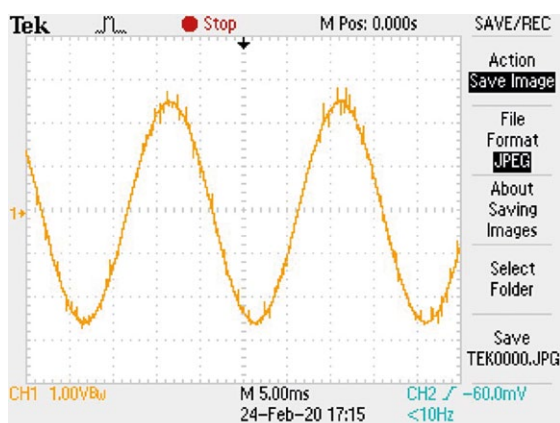
Rys. 4. Generator na stanowisku badawczym



Rys. 5. Zależność napięcia wyjściowego od prędkości obrotowej



Rys. 6. Zależność napięcia wyjściowego od prądu obciążenia



Rys. 7. Kształt napięcia wyjściowego generatora

#### 4. Wnioski

Przedstawiony w pracy generator przeznaczony jest do współpracy z turbiną wiatrową o poziomej osi obrotu, a jego łożyskowanie umożliwia umocowanie turbiny wiatrowej bezpośrednio na wale generatora. Mała elektrownia wiatrowa z tym generatorem może mieć zastosowanie np. w prosumenckich rozliczeniach energii pobieranej przez dom jednorodzinny. Opracowany generator ma mały moment zaczepowy przy prostych żłobkach stojana i prostych magnesach. Dzięki temu elektrownia wiatrowa startować będzie już przy słabych wiatrach. Kształt napięcia wyjściowego praktycznie nie odbiega od sinusoidy.

#### Literatura

- [1] BINDER A., SCHNEIDER T.: *Permanent magnet synchronous generators for regenerative energy conversion – asurvey*. 11th European Conference on Power Electronics and Applications proceedings, Dresden 2005.
- [2] CHAPMAN S.J.: *Electric machinery Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [3] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [4] GIERAS J., WING M.: *Permanent Magnet Motor Technology. Design and applications*. Marcel Dekker 2002.
- [5] GORYCA Z., MALINOWSKI M., PAKOSZ A.: *Wielobiegunowa maszyna z magnesami trwałymi o zredukowanym momencie zaczepowym*, Patent nr 218930.
- [6] GORYCA Z., KWOLEK W.: *Wolnoobrotowy generator do małej elektrowni wodnej*. „Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych”, Ryto 28–30 maja 2014 r., „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 101/2014.
- [7] GORYCA Z., RÓŻOWICZ S.: *Generator zwłaszcza do mikroelektrowni wodnej, wzór użytkowy nr W.127027*.
- [8] MAŁKO J.: *Mała hydroenergetyka w perspektywicznej strukturze energii Unii Europejskiej*. „Energetyka”, Oficyna Wydawnicza ENERGIA, Katowice, luty 2009.
- [9] MAZGAJ W., SZULAR Z., WĘGIEL T., SOBCZYK T.: *Small Hydro-power Plant with variable speed PM generator*. „Przegląd Elektrotechniczny” 5/2011.
- [10] ROSSA R., KRÓL E.: *Modern electric machines with permanent magnet*. „Przegląd Elektrotechniczny” 12/2008.
- [11] CHUN-YU H., SHENG-NIAN Y., JONQ-CHIN H.: *Design of High Performance Permanent-Magnet Synchronous Wind Generators*, „Energies” 7 (11):7105-7124, November 2014.
- [12] KOSTRO G., MICHNA M., KUTT F., RONKOWSKI M.: *Low speed permanent magnet synchronous generator for vertical axis wind turbine*. Sympozjum Maszyn Elektrycznych SME 2017.

dr hab. inż. Zbigniew Goryca prof. PŚK

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Inżynierii Budowli i Energii Odnawialnych, e-mail: tgoryca@kki.net.pl

# Metodologia badania skrzyni biegów z wykorzystaniem układu hydraulicznego jako hamowni

Marcin Bąk, Piotr Patrosz

## 1. Wstęp

Skrzynie biegów pojazdów wolnobieżnych należą do najintensywniej rozwijanych podzespołów tych maszyn. Rosnące wykorzystanie maszyn roboczych, takich jak ładowarki przegubowe i teleskopowe czy ciągniki, na przykład w pracach budowlanych oraz rolniczych, stwarza potrzebę prac ukierunkowanych ku udoskonaleniu ich konstrukcji, komfortu pracy operatora i osiągnięciu coraz wyższych sprawności, skutkujących mniejszym zużyciem paliwa [1, 3–4]. Od wielu lat w skład układów jazdy maszyn tego typu wchodzi przekładnie: mechaniczne, hydrauliczne oraz np. CVT, wykorzystywane m.in. przez markę CNH [1–4]. Przeniesienie napędu z zastosowaniem przekładni hydraulicznej umożliwia uzyskanie niskich prędkości jazdy oraz bezstopniowej zmiany przełożenia. Dzięki temu operator pojazdu ma szansę dopasowania optymalnej prędkości ruchu do wykonywanej pracy. Natomiast przekładnia mechaniczna zapewnia wyższe sprawności w stosunku do przekładni hydraulicznych, nie wymagając przy tym drogich podzespołów układu hydraulicznego, takich jak pompy i silniki [4, 7]. Wadą tych przekładni jest ściśle określona wartość przełożenia między współpracującymi kołami zębatymi, wynikająca z liczby zębów tych kół. W ramach projektu LIDER na Politechnice Gdańskiej opracowano projekt hybrydowej skrzyni biegów łączącej w sobie przedstawione zalety zarówno przekładni hydraulicznej, jak i mechanicznej.

Do określenia sprawności w dowolnym punkcie pracy skrzyni biegów niezbędne jest opracowanie kompleksowych charakterystyk. Uzyskane wykresy umożliwią określenie wpływu momentu obrotowego na wale wyjściowym przekładni oraz prędkości obrotowej na sprawność. W celu stworzenia omawianych charakterystyk opracowano metodologię prowadzenia testów na stanowisku wykorzystującym układ hydrauliczny jako hamownię. Poszczególne etapy testów zostały przedstawione na przykładzie badań prototypu skrzyni biegów. Stanowisko badawcze Zespołu Hydrauliki i Pneumatyki Politechniki Gdańskiej przystosowano do przeprowadzenia badań przekładni mechanicznej w pełnym zakresie jej docelowych parametrów pracy, zgodnie z opracowaną procedurą.

## 2. Budowa badanej skrzyni biegów

Schemat kinematyczny skrzyni biegów będącej obiektem badań pokazany został na rys. 1 a, natomiast na rys. 1 b pokazano jej widok. Przekładnia składa się z sześciu kół zębatych, pompy hydraulicznej głównej o zmiennej wydajności oraz pompy dopełniającej, silnika hydraulicznego o zmiennej

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono metodologię prowadzenia badań mechanicznej skrzyni biegów. Sposób prowadzenia pomiarów zaprezentowano na przykładzie badań wybranej przekładni. Przedstawiono i opisano różne konfiguracje stanowiska badawczego wykorzystującego układ hydrauliczny, który pełnił funkcję hamowni. Zawarto opis konstrukcji prototypowej przekładni będącej obiektem badań. Ponadto omówiono przykładowe charakterystyki uzyskane w ramach przeprowadzonych testów.

### 🇬🇧 METHODOLOGY OF MECHANICAL GEARBOX TESTS WITH HYDRAULIC SYSTEM AS A LOADING UNIT

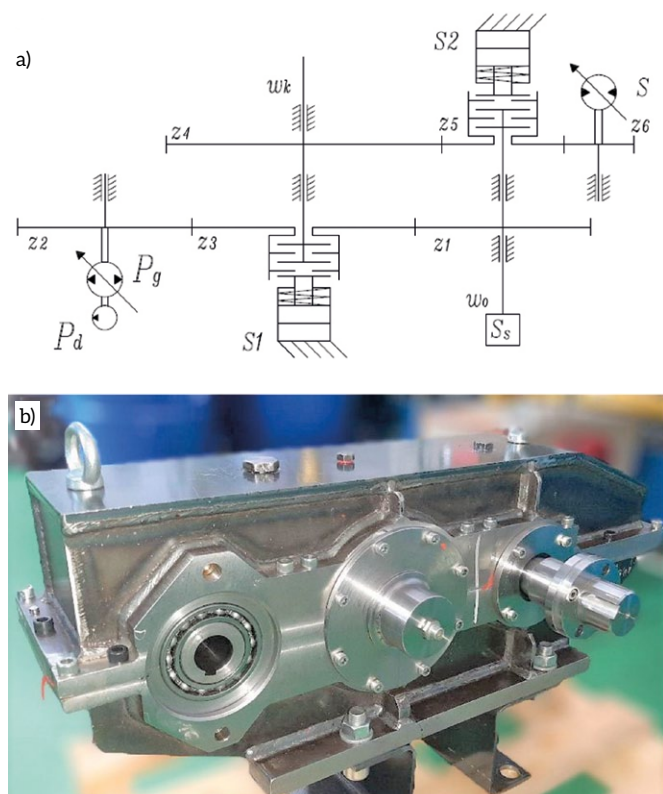
**Abstract:** Methodology of experimental tests on mechanical gearbox is presented in the article. The algorithm of conducting tests is outlined. Performed tests of a selected gearbox are presented as an example of an application of the algorithm. Various combinations of test stand used to conduct experiments are presented and described. Design of a prototype gearbox, which is an object of the tests is described. Also examples of characteristics obtained from the experimental tests are presented.

chłonności oraz dwóch sprzęgieł ciernych [5]. Niezbędne jest, by wykorzystany silnik hydrauliczny posiadał możliwość pracy w tzw. wolnym kole, tj. umożliwiał obrót wału bez wywoływania ruchu elementów roboczych powodujących tłoczenie cieczy wypełniającej komory robocze. Alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie sprzęgła umożliwiającego rozłączenie przeniesienia momentu obrotowego między silnikiem hydraulicznym a przekładnią.

Przedstawiona skrzynia biegów umożliwia uzyskanie jednego z czterech przełożeń. Wybrane przełożenie wynika z:

- załączenia odpowiednich sprzęgieł;
- określonych objętości roboczych maszyn hydraulicznych – pompy głównej i silnika hydraulicznego.

Przełożenie w czasie jazdy na biegu I i II wynika z pracującej w obiegu zamkniętym przekładni hydraulicznej i dodatkowego przełożenia mechanicznego między kołem z6 połączonym z silnikiem hydraulicznym a kołem z4 umieszczonym na wale wyjściowym przekładni. Dla obu tych biegów wydajność jednostkowa pompy głównej może zmieniać się płynnie od

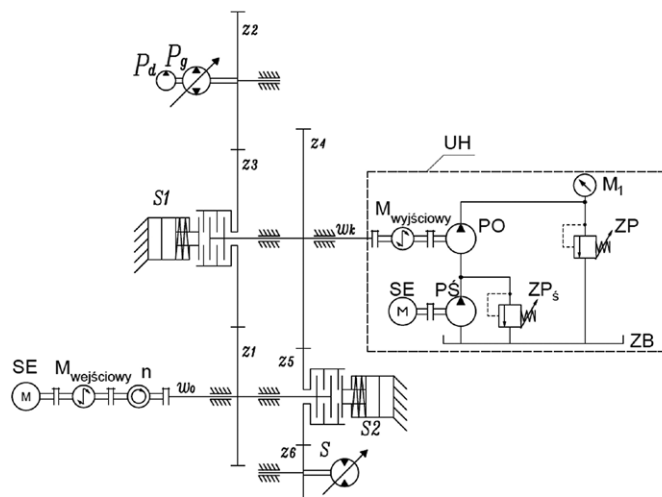


Rys. 1. Skrzynia biegów: a) ideowy schemat kinematyczny; b) widok przekładni.  $S_s$  – silnik spalinowy;  $S1$  i  $S2$  – sprzęgła;  $P_g$  – pompa główna;  $P_d$  – pompa dopełniająca;  $S$  – silnik hydrauliczny;  $Z$  – koła zębate;  $w_0$  – wał wejściowy;  $w_k$  – wał wyjściowy [5]

wartości minimalnej równej zero do maksymalnej objętości jednostkowej  $q_{pmax}$ , dzięki czemu możliwa jest płynna zmiana prędkości jazdy pojazdu. Bieg I realizowany jest w przypadku, gdy silnik hydrauliczny ma maksymalną chłonność  $q_{smax}$ , natomiast dla biegu II objętość robocza silnika jest zmniejszona, oznaczona jako  $q_{smin}$ . Natomiast przeniesienie napędu na biegach III i IV odbywa się jedynie z wykorzystaniem przekładni mechanicznej, dla biegów tych wydajność pompy głównej nastawiona jest na wartość minimalną  $q_{pmin}$ . Wybór przełożenia III lub IV zależy od załączonego sprzęgła  $S1$  lub  $S2$ . Sprzęgło cierne  $S1$  odpowiada za sprzęgnięcie koła  $z3$  z wałem wyjściowym  $w_k$ , tj. przeniesienie napędu na biegu III, natomiast sprzęgło  $S2$  sprzęga koło  $z5$  z wałem wejściowym  $w_0$  połączonym z wałem silnika spalinowego, oznaczającym przeniesienie energii na biegu IV [5]. Przekładnia została skonstruowana tak, by możliwe było stałe sprzęgnięcie wałów z odpowiednim kołem zębatym tworzące sprzęgło sztywne. Zabieg ten został wykorzystany w czasie badań biegów III oraz IV, dzięki czemu wyeliminowano wpływ zjawisk występujących w sprzęgłach ciernych na przenoszenie napędu.

### 3. Stanowisko badawcze i wykorzystana aparatura pomiarowa

Wyznaczenie kompletnych charakterystyk skrzyni biegów będącej obiektem testów wymagało różnych konfiguracji stanowiska badawczego w związku z tym, iż skrzynia



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego przekładni w warunkach ustalonych:  $M$  – przetwornik momentu na wale wejściowym i wyjściowym;  $PO$  – pompa obciążająca;  $M_1$  – manometr;  $n$  – przetwornik prędkości obrotowej;  $ZP$  – zawory przelewowe;  $ZB$  – zbiornik ciecży;  $SE$  – silniki elektryczne;  $PS$  – pompa śrubowa;  $UH$  – hydrauliczny układ obciążający;  $S1$ - $S2$  – sprzęgła,  $Z1$ - $Z6$  – koła zębate

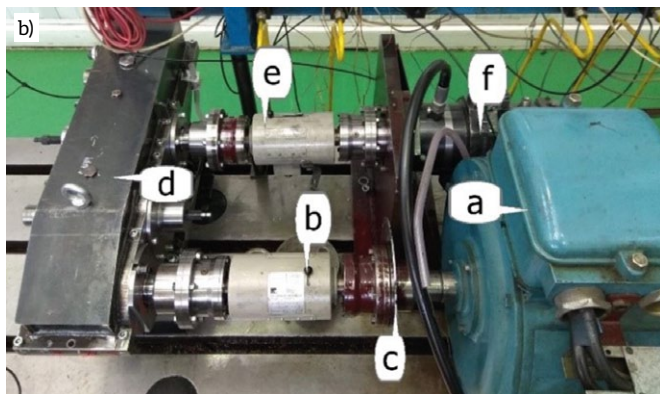
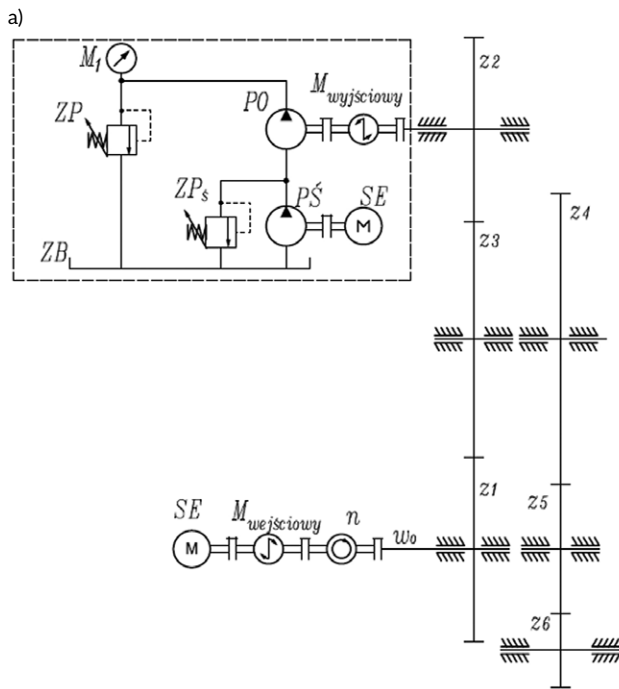
ta umożliwiła wybranie jednego z czterech biegów. Schemat hydrauliczno-kinematyczny przykładowej konfiguracji stanowiska do badania sprawności przekładni na biegach III i IV według metodologii przedstawionej w 4 rozdziale ukazano na rysunku 2. Obciążenie zewnętrzne zadawane było przez układ hydrauliczny pełniący rolę hamowni. Moment występujący na wale wyjściowym zależał od ciśnienia tłoczenia pompy obciążającej  $PO$ , nastawianego za pomocą zaworu przelewowego  $ZP$  i odczytywanego za pomocą manometru  $M_1$ .

W czasie badań zarówno silnik elektryczny, jak i hydrauliczny układ obciążający połączone były z różnymi kołami zębatymi przekładni, tak by wyznaczane zależności przenoszonego napędu odpowiadały występującym w docelowym zespole kierunkom przenoszenia energii dla poszczególnych biegów. Widoki oraz schematy połączonych stanowisk pokazano na rysunkach 3–5. Na rys. 3 i 4 przedstawiono stanowiska i odpowiadające im schematy do badania przekładni mechanicznej dla przełożeń I i II. Dla biegów tych wymagane były znajomości sprawności przeniesienia napędu zarówno między kołem  $z1$  połączonym z wałem wejściowym  $w_0$  i kołem  $z2$  połączonym z wałem pomp, jak i między kołem  $z6$  połączonym z wałem silnika hydraulicznego i kołem wyjściowym  $z4$  połączonym z wałem wyjściowym  $w_k$ .

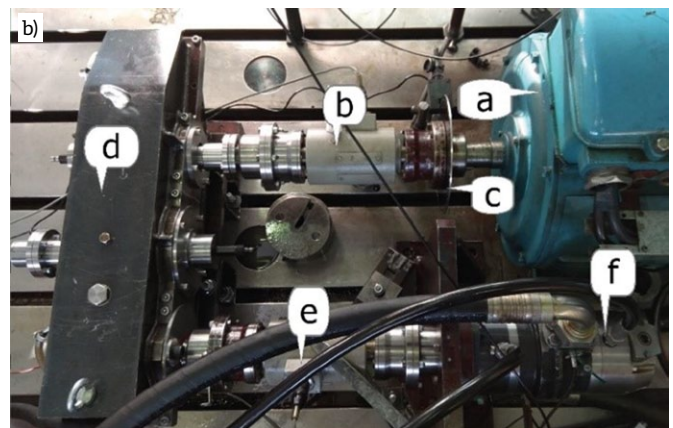
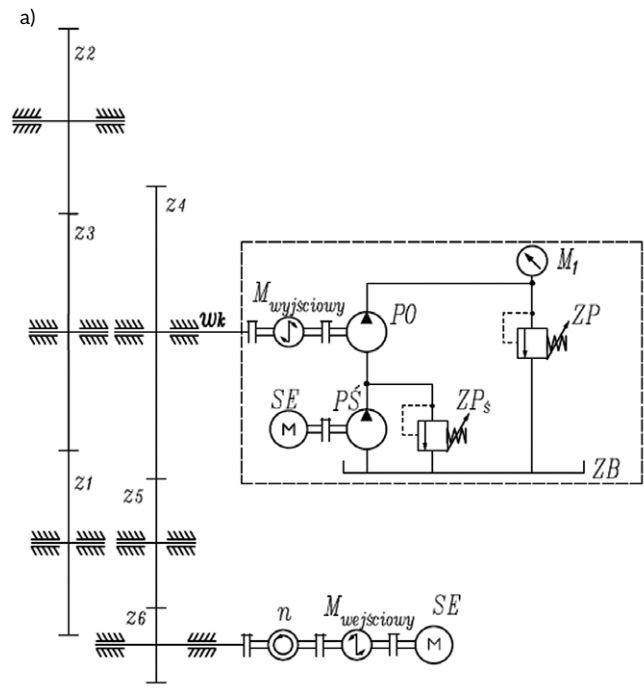
Natomiast stanowisko na rysunku 5 przedstawia połączenie podzespołów dla biegów III i IV, w zależności od załączonego sprzęgła  $S1$  lub  $S2$ , co zostało opisane w rozdziale 2.

Badania przykładowej przekładni wykonane zostały w laboratorium Zespołu Hydrauliki i Pneumatyki Politechniki Gdańskiej. Stanowisko wyposażone jest w silnik elektryczny prądu stałego o mocy 70 kW z płynną regulacją prędkości obrotowej. Większa moc danego silnika w stosunku do planowanej mocy silnika spalinowego przyjętego w obliczeniach wytrzymałościowych przykładowej przekładni umożliwiały utrzymanie stałej,





Rys. 3. Stanowisko badawcze do zbadania przeniesienia napędu między wałem wejściowym  $w_0$  a kołem z2 pompy: a) schemat układu; b) widok stanowiska: a - silnik elektryczny; b, e - momentomierze; c - przetwornik prędkości obrotowej; d - badana przekładnia; f - pompa obciążająca



Rys. 4. Stanowisko badawcze do zbadania przeniesienia napędu między wałem silnika hydraulicznego a wałem wyjściowym: a) schemat układu; b) widok stanowiska: a - silnik elektryczny; b, e - momentomierze; c - tarcza do pomiaru prędkości obrotowej; d - badana przekładnia; f - pompa obciążająca

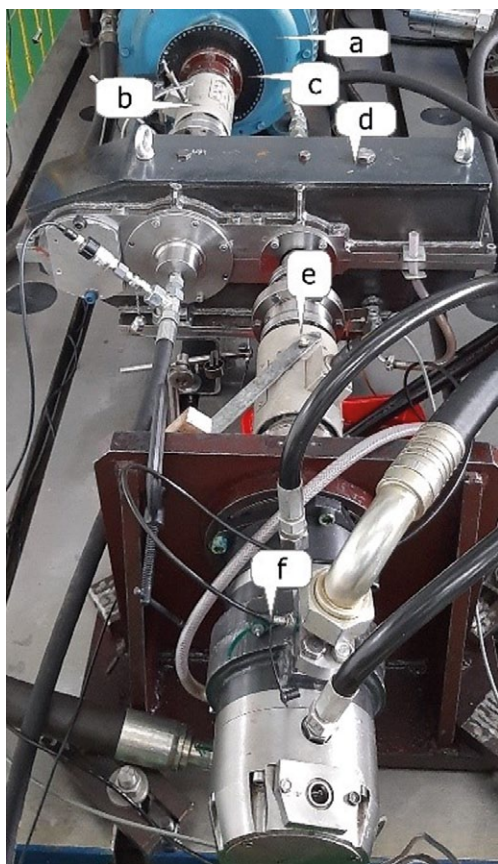
nastawionej prędkości obrotowej wału wejściowego w czasie badań. W czasie badań eksperymentalnych wykorzystanych zostało kilka różnych przetworników w celu rejestracji wielkości fizycznych, takich jak: prędkość obrotowa wałów maszyn, moment obrotowy na wale wejściowym, moment obrotowy na wale wyjściowym, temperatura cieczy smarującej i ciśnienie tłoczenia pompy obciążającej. W tabeli 1 wymieniono stosowane przyrządy pomiarowe wraz z klasą pomiarową i zakresami. W ramach badań wykorzystywano dwa momentomierze – jeden łączący silnik elektryczny z przekładnią, drugi łączący pompę obciążającą z przekładnią.

#### 4. Metodologia i przykładowe wyniki badań

Metodologia prowadzenia badań skrzyń biegów z wykorzystaniem hamowni hydraulicznej opracowana została dla uniwersalnego zastosowania w czasie testów z zachowaniem

Tabela 1. Wykaz przyrządów pomiarowych wykorzystanych w czasie badań laboratoryjnych

Lp.	Wielkość mierzona	Przyrząd	Klasa	Zakres
1	Ciśnienie tłoczenia pompy obciążającej	Manometr z rurką Bourdona	0,5	400 barów
2	Moment obrotowy	Momentomierz HBM	0,2	500 Nm
3	Prędkość obrotowa	Enkoder inkrementalny	-	3000 obr./min
4	Prędkość obrotowa	Indukcyjny czujnik zbliżeniowy	-	4000 Hz
5	Temperatura cieczy	PT100	-	od -50°C do 400°C



**Rys. 5.** Stanowisko badawcze do zbadania przeniesienia napędu na biegach III i IV: a – silnik elektryczny; b, e – momentomierze; c – tarcza do pomiaru prędkości obrotowej; d – badana przekładnia; f – pompa obciążająca

warunków pracy oraz zakresu parametrów przekładni odpowiadających docelowej maszynie. Badania przekładni pracującej pod obciążeniem prowadzono dla różnych prędkości obrotowych. Rejestracja pomiarów w danej serii pomiarowej następowała dla ustalonej wartości momentu obrotowego na wale wyjściowym. Sposób przeprowadzania testów przedstawiono poniżej:

1. Ustalenie minimalnej prędkości obrotowej wału wejściowego przekładni.
2. Ustalenie ciśnienia tłoczenia pompy obciążającej.
3. Skorygowanie prędkości obrotowej wału wejściowego.
4. Zapis wartości mierzonych.
5. Zwiększenie prędkości obrotowej wału oraz regulacja nastawy ciśnienia tłoczenia pompy, tak by moment wyjściowy był taki sam dla wszystkich pomiarów w danej serii.
6. Ponowny zapis wartości mierzonych.
7. Powtarzanie kroków 5–6.

Zalecane jest zwiększanie momentu obciążającego w kolejnych seriach prób. Wynika to z większego ryzyka awarii w przypadku większego momentu obrotowego dla poszczególnych elementów hamowni hydraulicznej czy też skrzyni biegów, np. łożysk obciążanych większymi siłami reakcji. Ponadto dla niewielkich wartości momentu obciążającego zalecane jest wykonanie zwiększonej liczby serii pomiarowych. Wynika to

z występujących znacznych zmian sprawności w tym zakresie. Zmiany te spowodowane są tym, iż rosnący moment obrotowy na wale wyjściowym przekładni powoduje zmniejszanie się proporcji momentu strat do wyjściowego momentu obrotowego.

Przed przystąpieniem do testów przekładni przeprowadzono proces docierania przekładni ze skrzynią zesprężloną na biegu IV, to jest w przypadku sprzęgnięcia koła z5 z kołem z4. W celu zminimalizowania wpływu działania sprzęgieł ciernych mokrych na sprawność przekładni wykorzystano tuleję sprzęgającą wał wejściowy i koło z5. Docieranie przekładni złożone było z trzech etapów:

1. Docieranie przy niskiej prędkości wału wejściowego  $n = 500 \frac{\text{obr.}}{\text{min}}$ , bez obciążenia zewnętrznego.
2. Docieranie przy niskiej prędkości wału wejściowego  $n = 500 \frac{\text{obr.}}{\text{min}}$ , moment na wale wyjściowym równy  $M_{\text{wyjściowy}} = 70 \text{ Nm}$ .
3. Docieranie przy niskiej prędkości wału wejściowego  $n = 1500 \frac{\text{obr.}}{\text{min}}$ , moment na wale wyjściowym równy  $M_{\text{wyjściowy}} = 70 \text{ Nm}$ .

W przekładni zastosowano olej przekładniowy 10W-40. Na skutek procesu docierania moment obrotowy związany m.in. z tarciami w łożyskach, poślizgiem na styku kół zębatych zmniejszył się z 14 Nm do 11 Nm. W obu sytuacjach moment obrotowy mierzony był bez obciążenia dla prędkości obrotowej równej  $n = 500 \frac{\text{obr.}}{\text{min}}$ .

Przenoszenie napędu badane było dla następujących wartości prędkości obrotowych wału wejściowego: 200, 400, 500, 700, 800, 1000, 1500 oraz 2000  $\frac{\text{obr.}}{\text{min}}$ . Większa liczba serii pomiarowych dla prędkości mniejszych od 1000 wynikała z możliwych większych zmian sprawności w tym zakresie. Różnice te mogą być spowodowane np. występowaniem większych sił tarcia, a co za tym idzie – większego momentu oporów m.in. w łożyskach i zazębieniu kół zębatych. Spowodowane jest to zmniejszeniem ilości mgły olejowej wewnątrz przekładni, będącym skutkiem niższych prędkości obrotowych kół, co wpływa na występowanie tarcia mieszanego lub granicznego na styku współpracujących elementów. Punkty pomiarowe dla prędkości większych niż 2000  $\frac{\text{obr.}}{\text{min}}$  zostały określone na podstawie ekstrapolacji zmierzonych wartości. Wynika to z ograniczeń silnika prądu stałego znajdującego się na stanowisku. W czasie badań każdego z przełożeń wykonywano co najmniej 6 serii pomiarowych, dla różnych momentów obciążających. Maksymalne momenty obrotowe dla każdej z serii wyznaczone zostały przez uwzględnienie maksymalnego momentu obrotowego silnika spalinowego John Deere, jak i występujących przełożeń [6]. Silnik John Deere jest silnikiem, którego wykorzystanie założono jako potencjalnego napędu dla zaprojektowanej przekładni.

Na podstawie zmierzonych w czasie badań wartości przygotowano wykresy sprawności w funkcji momentu obrotowego przy stałej prędkości obrotowej wału napędzającego oraz sprawności w zależności od prędkości obrotowej dla stałych momentów obciążających. Sprawność obliczano według wzoru (1), zgodnie z którym sprawność  $\eta$  jest stosunkiem mocy uzyskanej do mocy doprowadzonej. W związku z zazębieniem się kół zębatych stosunek prędkości obrotowych kół jest równy przełożeniu przedstawionemu za pomocą wzoru (1). Zależność ta została wykorzystana we wzorze (2).

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1)$$

gdzie:

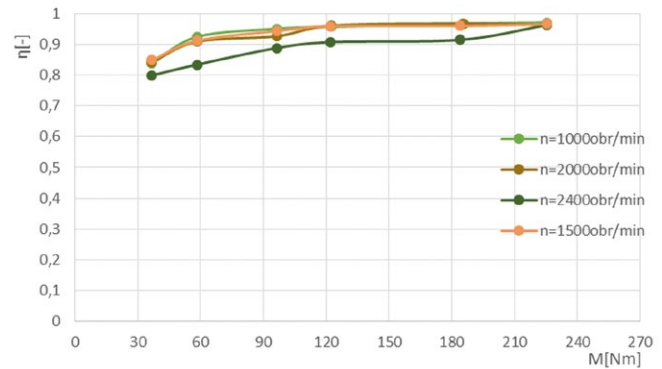
- $\omega_1$  – prędkość kątowna wału napędowego;
- $\omega_2$  – prędkość kątowna wału napędzanego;
- $z_1$  – liczba zębów koła napędowego;
- $z_2$  – liczba zębów koła napędzanego.

$$\eta = \frac{N_{\text{efektywna}}}{N_{\text{doprowadzona}}} = \frac{M_{\text{wyjściowy}} * \omega_2}{M_{\text{wejściowy}} * \omega_1} = \frac{M_{\text{wyjściowy}}}{M_{\text{wejściowy}} * i} \quad (2)$$

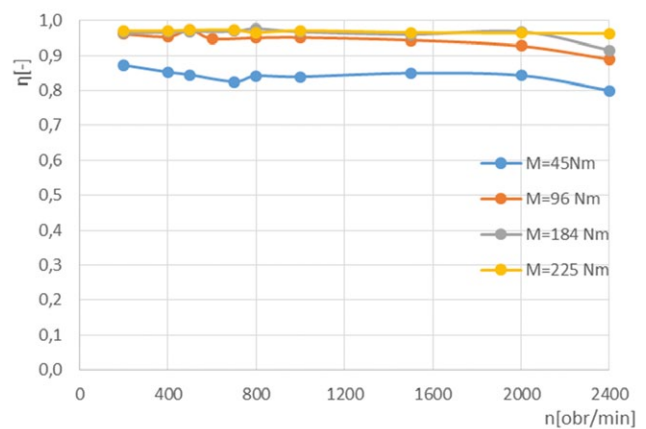
gdzie:

- $N_{\text{efektywna}}$  – moc efektywna mierzona na wale wyjściowym;
- $N_{\text{doprowadzona}}$  – moc na wale silnika napędowego;
- $M_{\text{wyjściowy}}$  – moment obrotowy na wale wyjściowym;
- $M_{\text{wejściowy}}$  – moment obrotowy na wale wejściowym;
- $i$  – przełożenie kinematyczne definiowane zgodnie ze wzorem (1).

Pierwszym badaniem były pomiary sprawności przeniesienia napędu między wałem wejściowym a zespołem pompowym składającym się z pompy głównej i dopełniającej. Układ został połączony zgodnie z rysunkiem 3. Przekładnia w czasie tych badań była przekładnią dwustopniową, o pierwszym stopniu między kołami  $z_1$  i  $z_3$  oraz drugim między  $z_3$  a  $z_2$ . Płytki cierne tworzące sprzęgła  $S_1$  i  $S_2$  zostały wyjęte z przekładni, by nie występował moment szczytkowy w tych sprzęgłach. Wykres na rysunku 6 przedstawia przebieg sprawności obliczonej na podstawie uzyskanych wyników testów w funkcji momentu obrotowego dla omawianego wariantu przeniesienia napędu tj. między kołami  $z_1$  i  $z_2$ . Przedstawione krzywe odpowiadają zakresowi prędkości osiąganych na wale silnika spalinowego. Widoczne jest, iż krzywe sprawności dla prędkości 1000  $\frac{\text{obr.}}{\text{min}}$  osiągają największe wartości, przekraczające 97%. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej sprawność przekładni spada dla danych momentów. Dla prędkości 1000, 1500, 2000  $\frac{\text{obr.}}{\text{min}}$  różnice te nie przekraczają 2%, jednak dla prędkości 2400  $\frac{\text{obr.}}{\text{min}}$  różnice te sięgają 5%. Dla momentów obrotowych większych od około 120 Nm dla badanego przełożenia sprawność dla całego zakresu prędkości obrotowych przekracza 0,9. Wraz ze wzrostem momentu obrotowego na wale wyjściowym różnice między wartościami sprawności są mniejsze, co wynika z proporcji momentu obrotowego strat do momentu obrotowego na wale wyjściowym. Na rys. 7 przedstawione zostały przebiegi sprawności dla wybranych momentów obrotowych w funkcji prędkości obrotowej. Na ich podstawie uzasadnione jest stwierdzenie, iż wraz ze wzrostem prędkości obrotowej sprawność przekładni maleje, co ma związek ze zmieniającym się rodzajem tarcia na styku kół zębatych. Ponadto na wykresie tym widoczne jest, iż krzywa sprawności dla momentu obrotowego  $M = 46$  Nm jest o ok. 0,1 niższa od pozostałych przebiegów, co wynika z wpływu omówionego stosunku momentu tarcia do wyjściowego momentu obrotowego.



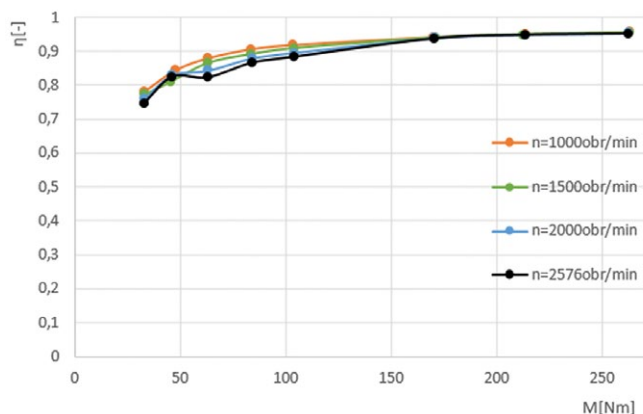
Rys. 6. Wykres sprawności przekładni między wałem wejściowym a kołem  $z_2$



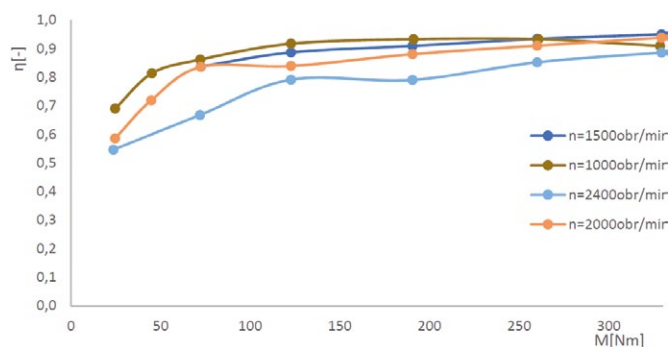
Rys. 7. Wykres sprawności w funkcji prędkości obrotowej wału napędowego, dla wybranych momentów na wale odbiornika

Drugim etapem badań było zbadanie przeniesienia napędu między kołem  $z_6$  połączonym z silnikiem hydraulicznym a kołem  $z_4$  połączonym z wałem wyjściowym. Przekładnia w danej konfiguracji również jest przekładnią dwustopniową, o pierwszym stopniu między kołami  $z_6$  i  $z_5$  oraz drugim między  $z_5$  a  $z_4$ , połączoną z silnikiem elektrycznym i pompą obciążającą zgodnie z rysunkiem 4. Dla danej konfiguracji wpływ sprzęgieł był wyeliminowany, podobnie jak dla poprzednio opisanego kroku. Na rys. 8 przedstawiono przebiegi sprawności w funkcji momentu obciążającego. Sprawność przekładni przy maksymalnym momencie obrotowym przekracza 0,98, co jest wynikiem powyżej wartości przedstawianych w literaturze dla przekładni dwustopniowych [7, 8]. Ponadto przy momencie obrotowym przekraczającym 150 Nm wpływ prędkości obrotowej na sprawność zanika. Natomiast wykres na rysunku 9 przedstawia niekorzystny wpływ wyższych prędkości obrotowych na sprawność przekładni.

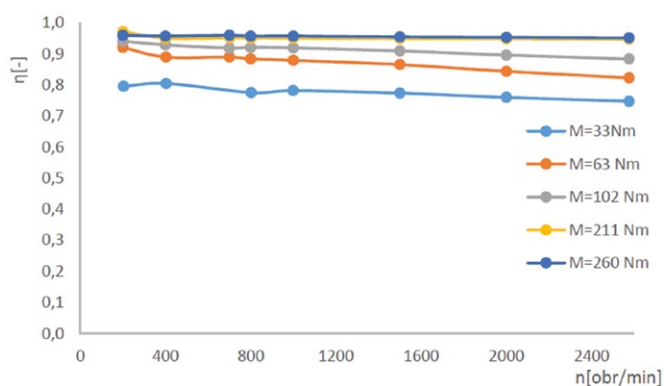
W celu wyznaczenia sprawności przeniesienia napędu na biegach I i II niezbędnym jest wiedza na temat zarówno sprawności przekładni hydraulicznej, jak i wyznaczonych powyżej charakterystyk przedstawiających składowe sprawności przekładni mechanicznej pracującej na jednym z omawianych biegów. Wynikowa sprawność dla tych przełożeń byłaby iloczynem sprawności wszystkich trzech czynników składowych.



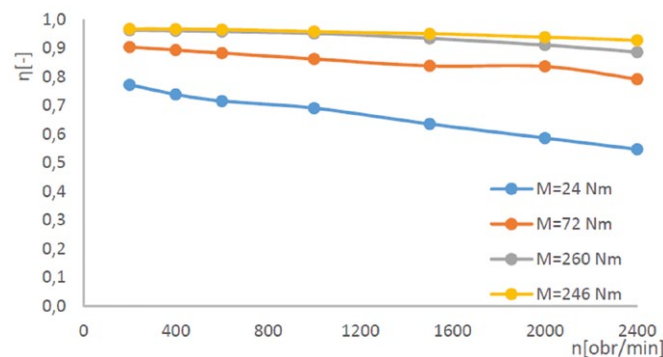
**Rys. 8.** Wykres sprawności w funkcji momentu obrotowego przekładni między kołami z6 a z4



**Rys. 10.** Wykres sprawności w funkcji momentu obrotowego przekładni między kołem z1 a wałem wyjściowym dla biegu III



**Rys. 9.** Wykres sprawności w funkcji prędkości obrotowej wału napędowego między kołami z6 i z4, dla wybranych momentów na wale odbiornika



**Rys. 11.** Wykres sprawności w funkcji prędkości obrotowej przekładni między kołem z1 a wałem wyjściowym dla biegu III, dla wybranych momentów na wale odbiornika

Zgodnie z przedstawioną metodyką wykonano badania przekładni dla biegu III, dla którego stanowisko było skonfigurowane zgodnie z rysunkami 2 i 5. Dla wybranego biegu przekładnię obciążono maksymalnym momentem obrotowym, przekraczającym 320 Nm. W sprzęgłach przekładni w miejscu płytek ciernych umieszczono wkładkę sprzęgającą. Uzyskane wyniki badań zostały przedstawione na rysunkach 10 i 11. Na podstawie analizy przebiegów przedstawionych na rysunku 10 widocznym jest, iż dla maksymalnej prędkości obrotowej wału wejściowego równej  $n = 2400 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$  sprawności są najniższe. Natomiast przebiegi przedstawione na rysunku 11 pokazują znaczący wpływ momentu na wale wyjściowym przekładni na sprawność przeniesienia napędu. Dla momentów obrotowych na wale wyjściowym równych  $M_{\text{wyjściowy}} = 246 \text{ Nm}$  oraz  $M_{\text{wyjściowy}} = 260 \text{ Nm}$  sprawności przekraczają 0,9 w pełnym zakresie prędkości obrotowych, dla których przeprowadzono pomiary.

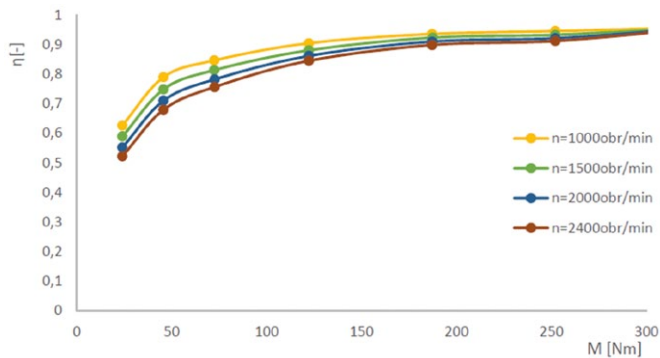
Ostatnim etapem badań było zbadanie sprawności przeniesienia napędu na biegu IV. Stanowisko laboratoryjne skonfigurowane było podobnie jak dla biegu III, z różnicą polegającą na sprzęgnięciu koła z5 z wałem  $w_6$ . Przedstawione krzywe na rysunkach 12 i 13 wyznaczono analogicznie, jak dla biegów I, II, III. Na podstawie wykresu na rysunku 12 widoczne jest, iż dla maksymalnej prędkości obrotowej równej  $n = 2400 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$

sprawności są najniższe. natomiast dla obciążeń większych od około 100 Nm wszystkie sprawności są większe od wartości 0,8. Dla momentu obciążającego przekraczającego 200 Nm w całym zakresie prędkości obrotowej wału wejściowego sprawność przekładni jest większa od 0,9. Sprawność przekładni osiąga wartości maksymalne równe 0,96. Natomiast krzywe sprawności w funkcji prędkości obrotowej wału wejściowego dla różnych momentów, pokazane na rys. 13, przedstawiają istotny wpływ momentu obciążającego przekładnię na jej sprawność.

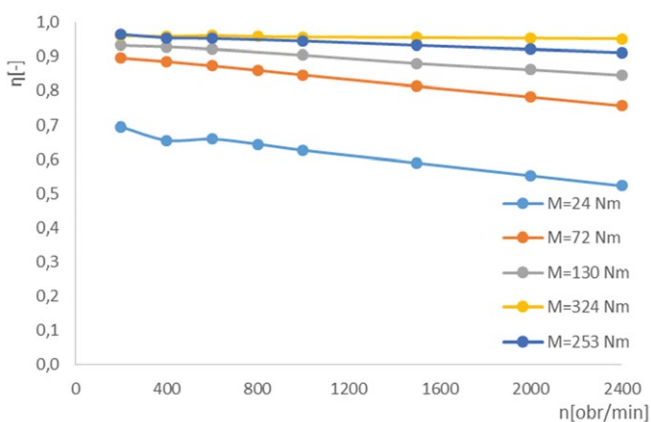
## 5. Wnioski

W artykule przedstawiono opracowaną metodologię prowadzenia badań przekładni mechanicznych, z wykorzystaniem hamowni hydraulicznej. Omówiony algorytm działania zapewnia możliwość prowadzenia badań w szerokim zakresie parametrów z wykorzystaniem typowych podzespołów hydrauliki siłowej. Pokazane stanowisko wykorzystujące hamownię hydrauliczną umożliwia prowadzenie badań podzespołów podobnych do przedstawionej przekładni, której rezultaty badań zostały przedstawione w artykule.

Jako przykład wykorzystania opracowanej metodologii przedstawiono badania oraz uzyskane wyniki prototypowej skrzyni biegów. Wartości sprawności uzyskanych w czasie



Rys. 12. Wykres sprawności w funkcji momentu obrotowego przekładni między kołem z1 a wałem wyjściowym dla biegu IV



Rys. 13. Wykres sprawności w funkcji prędkości obrotowej przekładni między kołem z1 a wałem wyjściowym dla biegu IV, dla wybranych momentów na wale odbiornika

badania przekładni mieszczą się w zakresach przedstawianych w literaturze, a dla przeniesienia napędu między kołami z1 i z2 oraz z6 i z4 przekraczają te wartości [7, 8]. W związku z tym, że dla wykonanych pomiarów sprawności mają podobny przebieg do siebie, zasadnym jest przyjęcie, iż dla dowolnych prędkości obrotowych przekładni, sprawności będą miały analogiczny charakter do przebiegów wykreślonych na podstawie zarejestrowanych wyników testów. Przedstawione na rysunkach 7, 9, 11 oraz 13 charakterystyki sprawności w funkcji prędkości obrotowej świadczą, iż wzrost prędkości obrotowej niekorzystnie wpływa na sprawność przekładni. Wpływ ten jest bardziej intensywny dla mniejszych wartości momentów obciążających, co wynika z stosunku przedstawionego w wzorach (1, 2). Wiąże się to z większego wpływu momentów strat w odniesieniu do całego momentu. Negatywny wpływ wysokich prędkości obrotowych spowodowany jest m.in. gorszymi warunkami

pracy łożysk i kół zębatach, utrudnionym i niewystarczającym ich smarowaniem. Cząsteczki oleju na skutek sił bezwładności odpływają z powierzchni zębów, na skutek czego w styku zębów nie zostaje wytworzony klin smarny. Występujące tarcie mieszane lub graniczne charakteryzuje się większą wartością współczynnika tarcia niż tarcie płynne. Ograniczenie tego zjawiska można osiągnąć przez zastosowanie smarowania natryskowego [8]. W czasie trwania pomiarów dla przedstawionych konfiguracji przekładni temperatura oleju wewnątrz przekładni stabilizowała się na poziomie 41°C.

Z wykorzystaniem przedstawionej metodologii i stanowiska przeprowadzono testy opisanej przekładni, w której założono sprzęgła cierne. Jednak z uwagi na objętość artykułu rezultaty tych badań nie zostały przedstawione w niniejszym tekście.

Artykuł powstał w ramach projektu LIDER pt. „Hydrauliczno-mechaniczna automatyczna skrzynia biegów dla pojazdów rolniczych i maszyn roboczych”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

## Literatura

- [1] SOMA A.: *Trends and Hybridization Factor for Heavy-Duty Working Vehicles*. Hybrid Electric Vehicles, 2017.
- [2] Broszura maszyn Case IH Maxxum CVT 110-131 HP Tractors.
- [3] Case IH: *New Case IH CVT Transmissions*, Farm Forum, Fall 2009.
- [4] XIONG S., WILFONG G., LUMKES J.: *Components Sizing and Performance Analysis of Hydro-Mechanical Power Split Transmission Applied to a Wheel Loader*. Energies, 2019.
- [5] Zgłoszenie patentowe P.435040.
- [6] Karta katalogowa silników John Deere PowerTech MTM 4.5 L Engine Model: 4045TF280
- [7] SIKORA J., MACIAKOWSKI R.: *Wykład z podstaw konstrukcji maszyn z ćwiczeniami rachunkowymi. Przekładnie zębate. Geometria i kinetyka zazębienia*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1999.
- [8] OCHĘDUSZKO K.: *Koła zębate*. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa 1954.

dr inż. Piotr Patrosz – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej;  
mgr inż. Marcin Bąk – asystent na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej

artykuł recenzowany

reklama



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



# Zestawienie firm – automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Napędy</b>	
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: <a href="mailto:krakow@multiprojekt.pl">krakow@multiprojekt.pl</a> <a href="http://www.multiprojekt.pl">www.multiprojekt.pl</a>  Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów	tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 <a href="mailto:marketing@steinlenpolska.pl">marketing@steinlenpolska.pl</a>  Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgła.
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b> ul. Graniczna 105 54-530 Wrocław	tel. 664 381 356 <a href="mailto:info@5sAUTOMATE.com">info@5sAUTOMATE.com</a> <a href="http://www.5sautomate.com">www.5sautomate.com</a>  5sAUTOMATE jest wyłącznym dystrybutorem FM Systeme, którego produkty pozwalają na dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań, takich jak stanowiska pracy ręcznej i zautomatyzowanej, rolki, transportery, profile aluminiowe lub rurki 28 mm.
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="121 1117 432 1234">  </div> <div data-bbox="432 1117 804 1234">  </div> <div data-bbox="804 1117 1477 1234"> <p style="text-align: center;">we drive automation...  <a href="mailto:info@5sAUTOMATE.com">info@5sAUTOMATE.com</a></p>  </div> </div>	
<b>COMPARTA Zajdel Sp. j.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: <a href="mailto:comparta@comparta.pl">comparta@comparta.pl</a> <a href="http://www.comparta.pl">www.comparta.pl</a>  Oferuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zdalny dostęp SECOMEA – najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie dla zakładów przemysłowych i producentów maszyn, umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych;</li> <li>• switchy przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC – PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER.</li> </ul>
<b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Mierzeja Wiślana 6 30-732 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: <a href="mailto:info@fatekpolska.pl">info@fatekpolska.pl</a> <a href="http://www.fatek.pl">www.fatek.pl</a>  Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek. Oferujemy kompleksowe wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, doboru komponentów oraz pełnego wsparcia dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia.
<b>Lenze Polska Sp. z o.o.</b> ul. Rożdżeńskiego 188 b 40-203 Katowice	tel. 32 203 97 73 e-mail: <a href="mailto:biuro.pl@lenze.com">biuro.pl@lenze.com</a> <a href="http://www.lenze.com">www.lenze.com</a>  LENZE jest światowym specjalistą w dziedzinie automatyki przemysłowej oraz techniki napędowej. Od ponad 70 lat wspieramy producentów maszyn, przygotowując indywidualne rozwiązania w oparciu o produkty Lenze: silniki, przekładnie, motoreduktory, przemienniki częstotliwości, sterowniki, panele sterujące, sprzęgła, hamulce, technologie serwo oraz software.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: <a href="mailto:krakow@multiprojekt.pl">krakow@multiprojekt.pl</a> <a href="http://www.multiprojekt.pl">www.multiprojekt.pl</a>  Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.

Automatyka przemysłowa (cd.)		
<b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Arctowskiego 2 02-784 Warszawa	tel. 22 855 18 30 fax 22 855 18 32 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl	Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwignów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.
<b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów	tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl	Automatyka przemysłowa, pomiary, robotyka – (projektowanie, programowanie, montaż, rozruch, serwis, prefabrykacja). Pomiary punktu rosy, wilgotności względnej i zawartości tlenu. Poprawa efektywności energetycznej. Systemy monitoringu energii. Odnawialne źródła energii. Audyty, opracowania, ekspertyzy specjalistyczne (audyty energetyczne, efektywności energetycznej – białe certyfikaty, audyty bezpieczeństwa, opracowanie instrukcji eksploatacji urządzeń energetycznych itp.).
<b>TWT AUTOMATYKA</b> ul. Wafłowa 1 02-971 Warszawa	tel./fax 22 648 20 89 e-mail: twt@twt.com.pl www.twt.com.pl	TWT to polski producent indukcyjnych czujników zbliżeniowych i czujników optycznych, obecny na rynku od 1999 r. Nasze wyroby charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technicznego, dużą niezawodnością i wytrzymałością. Zapraszamy na naszą stronę www.twt.com.pl i do sklepu internetowego.
Energoelektronika		
<b>Zakład Usługowo-Produkcyjny EMITER Spółka Jawna, Stanisław Bieda, Piotr Lis</b> ul. Skrudlak 3 34-600 Limanowa	tel./fax 18 337 00 90 e-mail: limanowa@emiter.com www.emiter.com	Od blisko 30 lat produkujemy rozdzielnice elektryczne i obudowy. Oferujemy obudowy poliestrowe i metalowe, rozdzielnice elektryczne czy przewodniki prądowe nN. Dostarczamy kompletne rozwiązania dla klientów we wszystkich segmentach: projektantom, instalatorom oraz przedsiębiorstwom i zakładom energetycznym.
Aparatura kontrolno-pomiarowa		
<b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b> ul. Graniczna 105 54-530 Wrocław	tel. 664 381 356 info@5sAUTOMATE.com www.5sautomate.com	5sAUTOMATE jest dystrybutorem Universal Robots – producenta robotów współpracujących, którego łatwe programowanie, w połączeniu z urządzeniami naszych partnerów 3DInfotech, NSR oraz dhs GmbH, daje nowe możliwości zautomatyzowania procesów kontrolnych w firmach produkcyjnych.
<b>EMD Laboratorium Pomiarowe i Wzorcujące, Systemy Pomiarowe</b> ul. Polska 14 60-595 Poznań	tel. 695 667 893 e-mail: emd@emd.net.pl www.emd.net.pl	Profesjonalna działalność metrologiczna oraz handlowa, przedstawicielska: <ul style="list-style-type: none"> <li>• laboratorium oferuje wzorcowania, sprawdzenia i kwalifikacje przyrządów wielkości nieelektrycznych oraz sprzętu laboratoryjnego;</li> <li>• sprzedaż przyrządów pomiarowych, przetworników i sprzętu laboratoryjnego producentów europejskich.</li> </ul>
Mechatronika		
<b>WROPOL Engineering Sp. z o.o.</b> Lutynia, ul. Wróblowicka 3 55-330 Miękinia	tel. 71 317 12 18 e-mail: hydraulika@wropol.pl	Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórow AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.

<b>Hydraulika</b>		
<p><b>WROPOL Engineering Sp. z o.o.</b> Lutynia, ul. Wróblowicka 3 55-330 Miękinia</p>	<p>tel. 71 317 12 18 e-mail: hydraulika@wropol.pl</p>	<p>Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.</p>
<b>Robotyka</b>		
<p><b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b> ul. Graniczna 105 54-530 Wrocław</p>	<p>tel. 664 381 356 info@5sAUTOMATE.com www.5sautomate.com</p>	<p>5sAUTOMATE jest preferowanym dystrybutorem Universal Robots – duńskiego producenta robotów współpracujących, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów i dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań: stanowiska pracy zautomatyzowanej, kamery, chwytaki, stojaki, wózki AGV/AMR.</p>
<p><b>Automatyka Spawalnictwo Serwis Sp. z o.o.</b> ul. Wróblewskiego 90 A 94-103 Łódź</p>	<p>tel. 42 636 15 15 tel. kom. 793 385 191 e-mail: lodz@ass.info.pl www.ass.info.pl</p>	<p>Zajmujemy się automatyzacją i robotyzacją procesów produkcyjnych, w szczególności procesów spawalniczych. Jesteśmy integratorem robotów Hyundai, projektujemy oraz uruchamiamy nowe zrobotyzowane cele, integrujemy z liniami produkcyjnymi, oferujemy szkolenia z programowania oraz przeglądy i wsparcie techniczne.</p>
<b>Systemy transportowe</b>		
<p><b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b> ul. Graniczna 105 54-530 Wrocław</p>	<p>tel. 664 381 356 info@5sAUTOMATE.com www.5sautomate.com</p>	<p>5sAUTOMATE jest dystrybutorem firmy Robotize – duńskiego producenta mobilnych robotów autonomicznych, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów produkcyjnych i intralogistycznych. W powiązaniu z produktami FM Systeme dostarczamy kompletne rozwiązania.</p>
<b>Utrzymanie ruchu</b>		
<p><b>Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. (CBiDGP)</b> ul. Łędzińska 8 43-143 Łędziny</p>	<p>tel. 32 32 42 200 fax 32 32 42 205 e-mail: cbidgp@cbidgp.pl www.cbidgp.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badania rzeczoznawcze maszyn i urządzeń górniczych, w tym urządzeń budowy przeciwwybuchowej.</li> <li>• Badania zagrożeń metanowych.</li> <li>• Pomiary i badania maszyn i urządzeń mechanicznych i elektroenergetycznych.</li> <li>• Badania diagnostyczne.</li> <li>• Pomiary i badania środowiska pracy.</li> <li>• Pomiary i badania czynników środowiska naturalnego.</li> </ul>
<p><b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o.</b> Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry</p>	<p>tel. 32 381 05 20 tel. 32 381 05 21 e-mail: noram@noram.com.pl www.noram.com.pl</p>	<p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego, zakres średnic od Ø30 do Ø650 mm. Oferujemy również dostawy odlewów żeliwnych i stalowych jako części maszyn w stanie surowym lub obrobionym, wraz z omodelowaniem.</p>
<p><b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>





Bogdan Szymański  
**Instalacje fotowoltaiczne. Poradnik**  
 Wydawnictwo: Globenergia  
 Rok wydania: 2020

Książka dedykowana jest świadomym inwestorom, monterom i handlowcom, którzy zamierzają rozpocząć swoją przygodę z fotowoltaiką lub już są na początku tej drogi. Poszczególne rozdziały prowadzą czytelnika od doboru i wyboru optymalnych modułów fotowoltaicznych, przez dobór falownika aż do konfiguracji całej instalacji.

W książce przedstawiono szereg najczęściej popełnianych błędów instalacyjnych oraz rady, których należy się trzymać, aby planowana instalacja działała poprawnie i wydajnie przez długie lata.

W najnowszym wydaniu zostały szczegółowo omówione kwestie bezpieczeństwa pożarowego instalacji PV, w tym: projektowanie instalacji PV w kontekście ochrony przeciwpożarowej, wykonanie instalacji fotowoltaicznej.

Oprócz tego zostało omówione aktualne prawo oraz najnowsze technologie.

Poza tym czytelnik znajdzie w książce: możliwości połączenia instalacji fotowoltaicznej z pompami ciepła; możliwości połączenia instalacji fotowoltaicznej z akumulatorami energii; przydatne wzory obliczeniowe; przykłady z życia; popularne błędy wykonawcze; przykłady poprawnie wykonanych systemów; cenne uwagi i komentarze; dobre rady; przekrojowe grafiki i schematy; wzory protokołów.

Poradnik *Instalacje fotowoltaiczne* to wszystkie informacje na temat fotowoltaiki, dostosowane do polskich warunków i osadzone w polskich ramach prawnych!



Roman V. Yampolskiy  
**Sztuczna inteligencja.  
 Bezpieczeństwo i zabezpieczenia**  
 Wydawnictwo Naukowe PWN  
 Rok wydania: 2020

Historia robotyki i sztucznej inteligencji to pod pewnymi względami także historia prób kontrolowania takich technologii przez ludzkość. Od praskiego Golema po nowoczesne roboty wojskowe trwa debata na temat tego, jaki stopień niezależności powinny mieć takie podmioty i jak upewnić się, że nie zwrócą się przeciwko swym wynalazcom. Liczne ostatnie postępy we wszystkich aspektach badań, rozwoju i wdrażania inteligentnych systemów są dobrze nagłaśniane, aczkolwiek kwestie bezpieczeństwa i ochrony związane z SI są podejmowane rzadko.

Książka *Sztuczna inteligencja. Bezpieczeństwo i zabezpieczenia*, której redaktorem jest Roman V. Yampolskiy, jako pierwsza praca na ten temat ma na celu złagodzenie tego fundamentalnego problemu. Książka składa się z rozdziałów autorstwa wiodących badaczy zajmujących się bezpieczeństwem SI, dotyczących różnych aspektów

problemu kontroli SI oraz związanych z rozwojem bezpiecznej sztucznej inteligencji.

Część I składa się z 11 przełomowych artykułów przedstawiających różne problemy dotyczące kontroli SI autorstwa wiodących uczonych z różnych dziedzin: filozofów, naukowców, pisarzy i ludzi biznesu.

Część II składa się z 17 rozdziałów zawierających teoretyczne i praktyczne rozwiązania problemów poruszonych w części I.

Rozdziały różnią się długością i treścią techniczną – od opiniotwórczych esejów o szerokiej tematyce po artykuły przedstawiające wysoce sformalizowane algorytmiczne podejścia do konkretnych problemów. Wszystkie rozdziały są samodzielne i można je czytać w dowolnej kolejności lub pomijać bez utraty zrozumienia.

Książka nie jest ostatnim słowem na temat bezpieczeństwa sztucznej inteligencji, lecz jednym z pierwszych kroków w kierunku właściwego zrozumienia tego tematu.



Andrzej Jaskulski  
**AutoCAD 2021 PL/EN/LT.  
 Metodyka efektywnego projektowania  
 parametrycznego i nieparametrycznego 2D i 3D**  
 Wydawnictwo: Helion  
 Data wydania: 2020

AutoCAD to bez wątpienia najpopularniejszy na świecie system projektowania wspomaganego komputerowo. Jednak nawet najlepsze narzędzie nie jest w stanie zmienić niedoświadczonego użytkownika w profesjonalistę. To można osiągnąć wyłącznie dzięki solidnej nauce popartej praktyką.

Jeśli chcesz rozwinąć umiejętności projektowania za pomocą programu AutoCAD, sięgnij po tę książkę! Wprowadzi Cię ona w tajniki parametrycznego i nieparametrycznego projektowania 2D i 3D przy użyciu dowolnej wersji systemu, zademonstruje najskuteczniejsze narzędzia i efektywne sposoby ich używania. Dzięki niej, poprzez wykonywanie odpowiednio dobranych ćwiczeń, nauczysz się samodzielnie rozwiązywać praktyczne problemy i zdobędziesz niezbędne minimum wiedzy teoretycznej. Poznasz metody tworzenia projektów łatwych do rozbudowy i modyfikacji. Nabierzesz nawyków, które sprawią, że praca stanie się naprawdę wydajna. Bez konieczności uczęszczania na specjalistyczne szkolenia zdobędziesz wiedzę i umiejętności niezbędne do zdania egzaminu Autodesk Certified Professional: AutoCAD.

Autor książki, profesor Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, dzieli się swoją ogromną wiedzą i bogatym doświadczeniem wynikającym z pracy na kierowniczych stanowiskach technicznych w przemyśle, jak również z wielu lat kształcenia studentów i uczestników kursów CAD. Dzięki odpowiedniemu przygotowaniu dydaktycznemu autora podręcznik sprawdzi się doskonale zarówno w przypadku samodzielnej nauki, jak i zajęć uniwersyteckich czy przygotowania do egzaminów certyfikacyjnych firmy Autodesk. Wiedzę i umiejętności profesora Andrzeja Jaskulskiego od lat docenia firma Autodesk. Od 2008 roku bierze on udział w opracowywaniu nowych wersji programu AutoCAD jako Subject Matter Expert.

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 1 (261)**

Rok XXIII  
Styczeń 2021

- Przemysł 4.0
- Technologie 3D
- Efektywność w górnictwie
- Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne
- Systemy mechatroniczne
- Monitoring i systemy sterowania
- Utrzymanie ruchu
- Automatyzacja transportu szynowego
- Efektywność w energetyce
- Napędy
- Oleje, środki smarne



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

1/2021 (261)

2/2021 (262)

3/2021 (263)

4/2021 (264)

5/2021 (265)

6/2021 (266)

7-8/2021 (267-268)

9/2021 (269)

10/2021 (270)

11/2021 (271)

12/2021 (272)

## 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.

XV edycja Konkursu miesięcznika

**napędy** miesięcznik  
**i sterowanie** naukowo-  
-techniczny

# PRODUKT ROKU 2020

## KATEGORIE:

- Nowe maszyny i technologie
- Poprawa bezpieczeństwa
- Napędy i silniki
- Systemy sterowania procesami i układami
- Urządzenia pomiarowe i czujniki



Ogłoszenie wyników konkursu oraz wręczenie nagród i wyróżnień odbędzie się podczas Międzynarodowych Targów AUTOMATICON 2021, w Warszawskim Centrum EXPO XXI, ul. Prądyńskiego 12/14, w dniu 17.03.2021 r. o godz. 10:00, w Sali Konferencyjnej B-1.

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

# Certyfikat Instytutu Energetyki w Warszawie



# EPROTECT

Zabezpieczenie i sterownik pól SN w dobie energetyki rozproszonej



Do 10 lat gwarancji



4 banki nastaw



3 mln H MTBF zasilacz (320 lat)



Kompaktowe rozmiary obudowy



Styki mocne 1A (bezpośrednie sterowanie cewką wyłączającą)



Gotowy do współpracy z generacją rozproszoną

