

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

Nr 11 (295)

Rok XXV

Listopad 2023

ISSN 1507-7764  
Indeks 36018X

Cena: 21,60 zł  
(w tym 8% VAT)

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

Organizator:

PTAK  
WARSAW  
EXPO



## M WARSAW METALTECH

Międzynarodowe Branżowe Targi  
Technologii, Maszyn i Narzędzi  
do Obróbki Metalu

23-25 STYCZNIA 2024

ZAREJESTRUJ SIĘ



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

WYSTAWCY 2024:



# Niezależnie od kombinacji – wygrywasz!

Indywidualne rozwiązania napędu w 48 godzin - zamówienia od 1 sztuki wzwyż.

Idealne rozwiązanie dla każdego zastosowania - dzięki konstrukcji modułowej.

- Różne konfiguracje silników w zakresie mocy od 10 do 750 W
- Możliwość zastosowania w dowolnej kombinacji z głowicami przekładniowymi, hamulcami, enkoderami i elektroniką
- Elektronika do pracy z regulacją prędkości, momentu obrotowego i położenia

Preferowane typy gotowe do wysyłki w 48 godzin.  
Więcej informacji istotnych dla Państwa aplikacji: [ebmpapst.com/idt-configurator](http://ebmpapst.com/idt-configurator)

**ebmpapst**

engineering a better life



Enkoder

Hamulec

Elektronika

Silnik

Przekładnia

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

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

Redaguje zespół: Katarzyna Zajac, Ludmiła Urbińska,  
Ryszard Klencz

Redaktor statystyczny: Ludmiła Urbińska  
tel. 32 755 23 23 • e-mail: nis@drukart.pl

Redakcja techniczna: Grzegorz Drobny

Marketing:

- Aleksandra Misiewicz  
tel. 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl
- Patrycja Hoszycka  
tel. 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

Dział prenumerat: Norbert Klencz  
tel. 502 132 515 • e-mail: prenumerata@drukart.pl

Podstawowa korekta tekstu: Ewa Halewska-Karaśkiewicz

Rada Programowa:

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

Redaktor tematyczny: prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek

Wydawca: Wydawnictwo Druk-Art SC  
47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

Patronat honorowy:



Instytut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Łódzkiej

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

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

## Szanowni Państwo!

**W**kroczyliśmy w ostatni kwartał 2023 r., w okres ciekawy szczególnie dla naszego wydawnictwa, albowiem tradycyjnie w październiku braliśmy udział w dużej liczbie targów i wydarzeń branżowych.

Z pewnością jednak żadne z wydarzeń branżowych nie było w stanie przyćmić ważnych zmian na arenie politycznej. Wybory – choć z pewnością dla wielu były dużym zaskoczeniem – potwierdziły, że nadal świadomość społeczną bardziej od spraw gospodarczych zaprzątają problemy natury socjalnej. Sprawdzianem wyborczych nastrojów były z pewnością wyniki wyborcze, którym nie pozostawały obojętne rynki finansowe, reagujące kursami złotego, walut i obligacji. Reakcje te były jednak – jak należało się spodziewać chwilowe, mimo że w polityczne szranki stawali ludzie, których więcej dzieli niż łączy. Najważniejsze, żeby polityczne zmiany nie miały negatywnego wpływu na polską gospodarkę, bowiem według najnowszych danych PMI opublikowanych przez S&P Global, w październiku warunki prowadzenia działalności gospodarczej przez polskich producentów nadal gwałtownie się pogarszały. Drugi miesiąc z rzędu ogólny spadek koniunktury był jednak łagodniejszy, co wynikało przede wszystkim z mniej ostrego spadku liczby nowych zamówień oraz zatrudnienia.

Według raportu kontrastowało to z szybszym spadkiem produkcji, zaległościami w realizacji zamówień i zakupów wynikającymi z dążenia firm do ograniczenia działalności i zmniejszenia zapasów. Najnowsze dane wskazują na dalszą poprawę kondycji łańcuchów dostaw i niższe ceny zakupu środków produkcji, co przełożyło się na kolejną obniżkę cen produkcji, ponieważ firmy konkurowały o kurczącą się pulę zamówień. Październikowy odczyt PMI daje jednak nadzieję, że obecne spowolnienie w przemyśle osiągnęło już swój najniższy punkt.

Tymczasem – pomimo licznych politycznych zawirowań – przede wszystkim zapraszamy na nasze łamy. W listopadowym wydaniu przeczytać można o innowacyjnych rozwiązaniach technicznych.

Publikacje te tylko potwierdzają, że liczne osiągnięcia w tak ważnej sferze jaką jest przemysł stały się faktem.

Życzę miłej lektury  
Katarzyna Zajac  
Redaktor naczelna





**Str. 10**

Jeden system modułowy firmy SEW-EURODRIVE, który zmienia wszystko. Modułowy system automatyki MOVI-C®



**Str. 14**

WARSAW METALTECH - wydarzenie, w którym innowacje i inwestycje są na pierwszym miejscu



**Str. 16**

Rozwiązania napędowe dla systemów załadunku towarów

## CO W NUMERZE

- 6 Nowości techniczne
- 60 Zestawienie firm
- 64 Biblioteka

## Nauka

- 22 **Badania stanu izolacji uzwojeń silników elektrycznych**  
S. Szymaniec, M. Kacperak
- 32 **Bezpieczeństwo aplikacji robotów z wykorzystaniem ROS**  
D. Portugal, M. A. Santos, S. Pereira i M. S. Couceiro
- 46 **Produkcja 4.0. Praktyki firm w Polsce**
- 50 **Realizacja układu SZR na bazie sterownika PLC WAGO PFC200**  
A. Augusiak, R. Izbaner, J. Labudda
- 54 **Kierunki rozwoju druku 3D**  
H. Dodziuk

## Technologie i produkty

- 7 **Wyświetlacze matrycowe LED z komunikacją Modbus RTU/TCP**  
SEM
- 10 **Jeden system modułowy firmy SEW-EURODRIVE, który zmienia wszystko. Modułowy system automatyki MOVI-C®**  
SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 14 **WARSAW METALTECH - wydarzenie, w którym innowacje i inwestycje są na pierwszym miejscu**
- 16 **Rozwiązania napędowe dla systemów załadunku towarów**  
NORD Napędy Sp. z o.o.
- 18 **Zrealizowane projekty modernizacyjne potwierdzają, że napędy o zmiennej prędkości obrotowej Sytronix zmniejszają zużycie energii przez urządzenia nawet o 80%. Zielona hydraulika dla klimatu**  
Bosch Rexroth Sp. z o.o.
- 19 **5G i Przemysł 4.0 - idealna para od Orange**  
ORANGE

## Informacje branżowe

- 45 **Czy zakładanie firmy w celu pozyskania dotacji ma sens?**  
A. Szymczak - MS-Consulting
- 58 **Nowoczesne roboty i najciekawsze rozwiązania technologiczne. Warsaw Industry Week za nami**  
K. Zając

## Indeks reklam

- ▷ ABUS .....35, 63
- ▷ B&R Automatyka Przemysłowa .....7, 67
- ▷ BOPLAST .....31
- ▷ Bosch Rexroth .....18
- ▷ Cantoni Group .....23

- ▷ ebm - papst Polska .....2
- ▷ ELEKTRONAPĘDY Grzegorz Zając .....62
- ▷ MS-Consulting .....45
- ▷ NORD Napędy .....17
- ▷ Nowimex .....33
- ▷ Orange .....19
- ▷ Robotyka.pl .....28
- ▷ SAP-WELD .....67
- ▷ SEM .....6, 7
- ▷ SEW Eurodrive .....68
- ▷ Sieć Badawcza Łukasiewicz -  
Górnośląski Instytut Technologiczny .....25
- ▷ Spirol .....37
- ▷ Technokabel .....6, 8, 9
- ▷ WARSAW METALTECH .....1



- ▶ Aparatura kontrolno-pomiarowa
- ▶ Automatyka przemysłowa
- ▶ CAD/CAM/CAE
- ▶ Elementy i systemy hydrauliczne
- ▶ Elementy i systemy pneumatyczne
- ▶ Energoelektronika
- ▶ Napędy
- ▶ Oleje przemysłowe
- ▶ Oprogramowanie
- ▶ Robotyka
- ▶ Systemy zasilające
- ▶ Utrzymanie ruchu

Płacisz raz,  
promujesz się  
cały rok

# NAPĘDY I STEROWANIE – KATALOG BRANŻOWY 2024

WYDANIE DWUDZIESTE



Więcej informacji: [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

**napędy** miesięcznik  
**i sterowanie** naukowo-  
techniczny

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Kable sygnalizacyjne o izolacji z polietylenu usieciowanego i powłoce z materiału bezhalogenowego



Kable TECHNOPOWER N2XH-O B2ca 0,6/1 kV i TECHNOPOWER N2XH-J B2ca 0,6/1 kV przeznaczone są do przesyłania energii elektrycznej oraz do pracy w energetycznych urządzeniach kontrolnych, zabezpieczeniowych i sterowniczych.

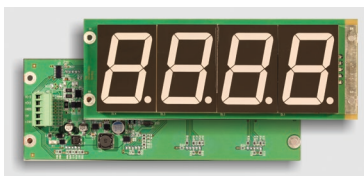
Wykorzystywane są do ułożenia na stałe w urządzeniach przemysłowych, w liniach produkcyjnych, urządzeniach klimatyzacji i innych pracujących w suchych i wilgotnych pomieszczeniach oraz na zewnątrz. Kable mogą być układane w betonie. Przy zastosowaniu dodatkowego zabezpieczenia kable mogą być układane w wodzie i w ziemi.

Kable powinny być instalowane w obiektach o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych, gdzie niezbędne jest większe bezpieczeństwo ludzi i kosztownych urządzeń elektronicznych. W przypadku pożaru kable te nie rozprzestrzeniają płomienia, emisja dymu jest bardzo niska, a emitowane gazy nie są korozyjne.

Technokabel  
[www.technokabel.com.pl](http://www.technokabel.com.pl)

### Moduły wyświetlaczy do urządzeń automatyki

Firma SEM oferuje moduły wyświetlaczy LED do urządzeń pomiarowych i automatyki przemysłowej, które mogą być wbudowane w drzwi szaf



sterowniczych lub obudowy maszyn i urządzeń. Moduły wyświetlają informacje cyfrowe, a także, w wersji z matrycą LED, teksty i symbole graficzne. Duże, jasne znaki LED o wysokości 6 centymetrów są czytelne z odległości do 25 metrów. Moduły mają typowe interfejsy szeregowy i obsługują protokół Modbus RTU, dzięki czemu mogą współpracować z dowolnymi sterownikami PLC

reklama

i komputerami przemysłowymi. Producent zapewnia też wsparcie techniczne i adaptację protokołów komunikacyjnych dla różnych platform programistycznych i niestandardowych protokołów. Są przeznaczone do zasilania napięciem stałym 24 V. Zastosowano w nich zabezpieczenia przepięciowe interfejsu i obwodu zasilania. Na zamówienie są wykonywane w innych wielkościach, w pełni dostosowane do koncepcji zamawiającego. Znajdują zastosowanie jako liczniki sztuk, wyświetlacze prędkości i wydajności maszyn. Są także stosowane w myjniach samochodowych.

Producent: SEM  
[www.sem.pl](http://www.sem.pl)

### Kable światłowodowe, ognioodporne jednomodowe typu FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30 9/125 SM i wielomodowe typu FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30-E60 50/125 OM2



Technokabel S.A. jest pierwszym krajowym producentem certyfikowanych kabli światłowodowych ognioodpornych i uzyskał:

- Krajowy Certyfikat Stałości Właściwości Użytkowych Certyfikat 063-UWB-0253
- Świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie nr 3990/2020, wydane przez Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony przeciwpożarowej PIB

Kable zapewniają transmisję sygnałów przez 120 minut w temperaturze ponad 800°C.

Kable posiadają wysoką klasę reakcji na ogień – B2ca-s1a,d0,a1.

Kable są odporne na oddziaływanie wody zgodnie z normą PN-EN 50200 Annex E i mogą być stosowane w pomieszczeniach chronionych stałymi wodnymi urządzeniami gaśniczymi (strefach tryskaczowych).

Kable przeznaczone są do instalacji na stałe wewnątrz i na zewnątrz budynków.

Technokabel  
[www.technokabel.com.pl](http://www.technokabel.com.pl)



Preferujesz internet?

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

## NOWOŚCI TECHNICZNE

## Większa produktywność dzięki robotom Delta

Firma B&R zintegrowała roboty Codian D2, D4 i D5 ze swoim systemem automatyzacji. W rezultacie bardzo precyzyjne aplikacje pick-and-place mogą być teraz wdrażane w krótkim czasie.



Adaptacyjne i elastyczne koncepcje produkcji i logistyki oraz małe wielkości partii sprawiają, że konieczne jest szybkie reagowanie na zmieniające się wymagania. Rozszerzenie automatyzacji o roboty ma zatem sens. Aby zminimalizować nakład pracy producenta maszyn, firma B&R zintegrowała w swoim systemie automatyzacji siedem serii robotów Codian Delta. Dzięki temu klient ma jednego dostawcę sterowników i środowiska programistycznego, a także robotów. Ponieważ jeden sterownik może kontrolować

zarówno maszynę, jak i robota, często nie ma potrzeby stosowania szafy sterowniczej robota. Zmniejsza to powierzchnię zajmowaną przez system.

## Szybkość i wszechstronność

Roboty Codian umożliwiają sortowanie, montaż lub układanie produktów na przenośnikach taśmowych z prędkością do 60 m/min. Spektrum obejmuje zarówno bardzo małe roboty o udźwigu do 1,5 kg i minimalnym zakresie roboczym od 500 mm do 2100 mm, które nadają się również do ograniczonych warunków instalacji, jak i większe modele o udźwigu do 35 kg, a nawet 125 kg. Umożliwiają to wykonywanie zadań pick-and-place nawet z ciężkimi produktami. Dostępne są specjalne wersje higieniczne do pakowania podstawowego w przemyśle spożywczym i napojów.

**B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.**  
A member of the ABB Group  
[br-automation.com](http://br-automation.com)

# Wyświetlacze matrycowe LED z komunikacją Modbus RTU/TCP

Wyświetlacze serii LD z wielokolorowymi matrycami LED są przeznaczone do wizualizacji stanu procesów przemysłowych. Pozwalają wyświetlać na jednym ekranie wiele wierszy tekstu, z podziałem na sektory o różnej wielkości. Podział na sektory jest sterowany protokołem. Ekran może dynamicznie zmieniać swój wygląd: liczbę sektorów, kolory i wielkość znaków. Można też zapisać konfigurację ekranu w pamięci wyświetlacza i przesyłać do niego tylko dane robocze. W serii LD dostępne są różne wykonania: od małych wyświetlaczy kilkunastowierszowych ze znakami o wysokości od 28 mm w formacie 5×7 pikseli, aż po tablice wyświetlające znaki o wysokości 240 mm w formacie 20×32 piksele. Stosowane są matryce diodowe z rastrem 4 lub 8 mm, z adaptacyjną regulacją jasności zapewniającą dobrą czytelność przy zmiennym oświetleniu zewnętrznym. Do komunikacji przewidziano interfejsy RS485 i Ethernet. Podstawowe protokoły to Modbus RTU i Modbus TCP. Wyświetlacze są oferowane wyłącznie w wykonaniu przemysłowym, do pracy wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń, ze stopniem ochrony



IP-54 i IP-65, również w obudowach ze stali kwasoodpornej, z przeznaczeniem dla przemysłu chemicznego i spożywczego. Uniwersalne uchwyty pozwalają na montaż w różnych konfiguracjach, z możliwością regulowania kąta nachylenia. ■

Producent: SEM, [www.sem.pl](http://www.sem.pl)

reklama

Swobodnie programowalne  
Tablice LED Wyświetlacze

Liczniki produkcyjne  
Mierniki

www.sem.pl

SEM

# Kable o klasie reakcji na ogień - B2ca

## KABLE ELEKTROENERGETYCZNE, BEZHALOGENOWE, OGNIOODPORNE

### KABLE W IZOLACJI MIKOWEJ - odporne na działanie wody

NHXH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **NHXH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**

NHXHX FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **NHXHX FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**  
- w powłoce usieciowanej do ziemi

NHXCH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **NHXCH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**  
- z żyłą koncentryczną

NHXHRHX-J FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **NHXHRHX-J FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**  
- opancerzony drutami stalowymi (odporny na gryzonie, do ziemi)

### KABLE W IZOLACJI SILIKONOWEJ

(N)HXH-J FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **(N)HXH-J FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**

(N)HXCH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **(N)HXCH FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**  
- z żyłą koncentryczną

(N)HXCH-J-SERVO FE180 PH90/E90 0,6/1 kV

The image shows a cross-section of a cable with an orange outer jacket. Inside, there are three insulated conductors (brown, green, and blue) and a central copper conductor. A white sleeve is visible at the end of the jacket.

Budowa kabla **(N)HXCH-J-SERVO FE180 PH90/E90 0,6/1 kV**  
- ekranowany do falowników - odporny na wodę

**TECHNOKABEL**

®

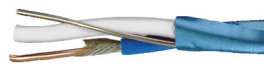
łączy i przewodzi

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



**TECHNOKABEL**<sup>®</sup>

łączy i przewodzi

**BEZHALOGENOWE KABLE OGNIODPORNE STACYJNE  
DO INSTALACJI PRZECIWPOŻAROWYCH TYPU  
HTKSH FE180 PH90/E30-E90 I HTKSHekw FE180 PH90/E30-E90****TECHNOKABEL HTKSH FE180 PH90/E30-E90**Budowa kabla **HTKSH FE180 PH90/E30-E90**  
- kable nieekranowane w izolacji mikowej - odporne na działanie wody**TECHNOKABEL HTKSHekw FE180 PH90/E30-E90**Budowa kabla ekranowanego **HTKSHekw FE180 PH90/E30-E90**  
- kable ekranowane w izolacji mikowej - odporne na działanie wody**BEZHALOGENOWE KABLE STACYJNE DO INSTALACJI  
PRZECIWPOŻAROWYCH TYPU HTKSH I HTKSHekw****TECHNOKABEL HTKSH**Budowa kabla **HTKSH****TECHNOKABEL HTKSHekw**Budowa kabla ekranowanego **HTKSHekw****PRZEWODY ELEKTROENERGETYCZNE OGNIODPORNE,  
BEZHALOGENOWE, EKRAKOWANE I NIEEKRAKOWANE NA NAPIĘCIE  
ZNAMIONOWE 300/500 V TYPY: HDGs FE180 PH90/E30-E90  
300/500 V, HDGsekw FE180 PH90/E30-E90 300/500 V****HDGs FE180 PH90/E30-E90 300/500 V**Budowa kabla **HDGs FE180 PH90/E30-E90 300/500 V****HDGsekw FE180 PH90/E30-E90 300/500 V**Budowa kabla ekranowanego **HDGsekw FE180 PH90/E30-E90 300/500 V****KABLE ŚWIATŁOWODOWE OGNIODPORNE, BEZHALOGENOWE  
- WIELOMODOWE****FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30-E60 4x50/125 OM2**Budowa kabla **FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30-E60****KABLE ŚWIATŁOWODOWE OGNIODPORNE BEZHALOGENOWE  
- JEDNOMODOWE****FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30 4x9/125 SM**Budowa kabla **FOC-2-SLT-HFFR PH120/E30****KABLE ELEKTROENERGETYCZNE, BEZHALOGENOWE, N2XH-O B2ca 0,6/1 kV  
i N2XH-J B2ca 0,6/1 kV – JEDNOŻYŁOWE I WIELOŻYŁOWE****TECHNOKABEL N2XH-O B2ca 0,6/1 kV**Budowa kabla **N2XH-O B2ca 0,6/1 kV**

Jeden system modułowy firmy SEW-EURODRIVE,  
który zmienia wszystko

# Modułowy system automatyki MOVI-C®

Jako lider techniki napędowej i rozwiązań do automatyzacji uważamy, że innowacyjność jest decydującym czynnikiem stanowiącym podstawę naszego zrównoważonego podejścia do opracowywania produktów, procesów i usług. Na każdym etapie działalności niezmiennie staramy się uwzględniać potrzeby i wymagania naszych Klientów. Co więcej, jedynym sposobem, w jaki możemy osiągnąć cele środowiskowe i klimatyczne przy jednoczesnym zwiększeniu wartości naszej firmy jest zapewnienie oszczędnego wykorzystania zasobów w całym łańcuchu wartości.

**D**o dzisiejszych wyzwań należy coraz wyższy poziom automatyzacji oraz dynamiczne, cyfrowe modele biznesowe. Firmy zmagają się z rosnącymi wymaganiami dotyczącymi zrównoważonego rozwoju i aspektami ekonomicznymi. Jednocześnie rosną wymagania Klientów, a zakłady produkcyjne w coraz większym stopniu odczuwają brak wykwalifikowanych pracowników. **Czy to powód do zmartwień?** W żadnym wypadku! **Modułowy system automatyki MOVI-C®** to dowód na to, że nie jesteśmy skazani na skomplikowane rozwiązania. Zapewniamy prostotę, elastyczność oraz szerokie spektrum funkcjonalności, a przy tym wszechstronne rozwiązania, które sprawdzają się zarówno w zastosowaniach decentralnych, jak również w szafach sterowniczych. To pewność i bezpieczeństwo dziś oraz w przyszłości.

## **MOVI-C®** znaczy kompleksowość

Idea modułowego systemu automatyki MOVI-C® polega na tym, że wszystkie komponenty pochodzą od jednego producenta. Dotyczy to wszystkich możliwych urządzeń: od inteligentnych silników i falowników po zintegrowane napędy, sterowniki, oprogramowanie oraz intuicyjne narzędzia do projektowania. Wszystkie te komponenty stanowią doskonale zgrany zespół – niezależnie od tego, czy będą zintegrowane



z silnikiem w instalacji decentralnej, montowane przysilnikowo czy instalowane w szafie sterowniczej. W każdym z tych zastosowań MOVI-C® oferuje identyczne warunki eksploatacji. Przy niepowtarzalnie dużym wyborze możliwych wariantów nasz system modułowy upraszcza i usprawnia Państwa procesy planistyczne i projektowe.

**Niezależnie od Państwa potrzeb czy wymagań:** MOVI-C® daje większą ela-

styczność i gwarantuje prostotę. Zapewnia przy tym więcej możliwości konstrukcyjnych i szybkie, przyszłościowe rozwiązania.

## **Gotowe do zastosowania na całym świecie**

Od sterowania binarnego po komunikację opartą na sieci Ethernet – nasze systemy MOVI-C® można stosować we wszystkich nowoczesnych topologiach instalacji oraz komunikacji. Ponadto

mogą być używane na całym świecie, niezależnie od branży czy gałęzi przemysłu. Tak samo produkty MOVI-C® zostały zaprojektowane do zastosowań w różnych zakresach napięć i częstotliwości oraz w różnych układach sieci. Całość uzupełnia duża liczba lokalnych certyfikacji dla różnych krajów przeznaczenia. Tym samym nasz system modułowy znajduje uniwersalne zastosowanie na całym świecie, a Państwo nie muszą się martwić o lokalne przepisy czy ograniczenia obowiązujące w miejscu przeznaczenia.

### Od razu gotowe do eksploatacji, a przy tym łatwe w konserwacji

Od uruchomienia po utrzymanie maszyn – MOVI-C® zapewnia nowy rodzaj odciążania Państwa hali produkcyjnej. Naszym celem jest realizacja koncepcji Plug & Produce. Dzięki niej uruchomienie naszych systemów nigdy nie było łatwiejsze. I tak na przykład za sprawą cyfrowej integracji silników, która udostępnia wszystkie istotne dane, uruchomienie trwa kilka sekund. Ta technologia ułatwia nie tylko procedurę uruchamiania. Również podczas wymiany urządzenia sprawdza, czy podłączony został prawidłowy silnik.

**Na marginesie:** w przyszłości nie będą Państwo potrzebować tylu wariantów napędowych. Jest to możliwe dzięki uniwersalnej pozycji pracy, ustandaryzowanym wariantom, wysokiej obciążalności i szerokiemu zakresowi nastawczemu prędkości obrotowej. Dzięki temu już nie będą potrzebne duże magazyny na części zamienne, a personel odpowiedzialny za utrzymanie maszyn będzie miał mniej pracy. Jeszcze większe odciążenie zapewnią zoptymalizowane pakiety napędowe przeznaczone do stref mokrych lub opcjonalne pakiety ochronne PREMIUM przedłużające gwarancję.

**Mają Państwo obawy o konserwację i naprawy?** Tym już nie trzeba się dziś przejmować!

Gdy wszystkie komponenty do siebie pasują, wszystko staje się o wiele prostsze! To właśnie MOVI-C®!



### MOVI-C® rozszerza cyfrowe możliwości

Wszystkie komponenty modułowego systemu automatyki MOVI-C® zostały zaprojektowane w taki sposób, aby ułatwić cyfryzację Państwa maszyn i gładko zintegrować produkcję z nowoczesnymi architekturami komunikacyjnymi. Każdy napęd dostarcza wszystkich niezbędnych informacji, zapewniając monitorowanie zmian.

Dane udostępniane są przy tym nie tylko przez falownik, ale pochodzą również bezpośrednio z motoreduktora. Jest to możliwe dzięki cyfrowej integracji silnika. W kontekście sprzętu i łączności MOVI-C® stanowi idealną podstawę dla naszych rozwiązań DriveRadar® w zakresie konserwacji prewencyjnej oraz monitorowania stanu. Aby zapewnić optymalne wsparcie wynikające ze współdziałania urządzeń z oprogramowaniem, stale rozwijamy nasze rozwiązania w tym zakresie.

### Rezultat?

DriveRadar® pomaga zwiększyć dostępność, osiągnąć większą efektywność kosztową i stworzyć solidne podstawy dla przyszłościowych modeli biznesowych bazujących na analizie danych.

Dzięki MOVI-C® silniki są bardziej ekologiczne, a praca przyjemniejsza

### Chcą Państwo oszczędzać więcej energii i redukować koszty jej zakupu? I to nie tylko na papierze, ale także w rzeczywistości?

Nasz system modułowy umożliwi osiągnięcie najwyższej efektywności energetycznej systemu, zapewniając osiągnięcie prawdziwego, zrównoważonego rozwoju i faktycznych oszczędności.

MOVI-C® stanowi nieocenione wsparcie również w zakresie bezpieczeństwa pracy. Od zintegrowanych z produktem funkcji bezpieczeństwa (np. STO lub SLS), przez uproszczenie instalacji

dzięki bezpiecznej komunikacji lub podłączeniu elementów zatrzymania awaryjnego bezpośrednio do falownika, po profesjonalne doradztwo w zakresie bezpieczeństwa.

### Dzięki MOVI-C® możemy zaoferować Państwu skalowalne rozwiązania, które idealnie spełniają oczekiwania.

Ponadto MOVI-C® sprawia, że codzienna praca Państwa personelu jest bardziej przyjemna. Nasze urządzenia są bowiem o 50% cichsze niż porównywalne, standardowe napędy. A dzięki ich kompaktowej konstrukcji montaż, wymiana oraz konserwacja są znacznie wygodniejsze i bardziej ergonomiczne.

### Prostota dzięki kompatybilności

Sercem naszego systemu modułowego jest falownik decentralny

### Spójne zastosowanie identycznej elektroniki w czterech rodzinach produktów:

- jednolita integracja z rozwiązaniem w zakresie automatyzacji
- prosta wymiana między produktami
- zmniejszona liczba części zamiennych
- inteligentne zabezpieczenie danych na potrzeby wymiany w razie awarii

Nasze systemy napędowe ze zintegrowanym falownikiem lub falownikiem montowanym przy silniku

### Kompleksowo – decentralnie lub w szafie sterowniczej

Nie poprzestajemy na zdecentralizowanej technice napędowej. Nasi Klienci mogą korzystać z jej zalet w obrębie całej linii produkcyjnej. Platforma MOVI-C® gwarantuje również kompleksowość zarówno przy instalacji w szafie sterowniczej, jak również decentralnie. Dzięki temu istnieje możliwość wykorzystywania zalet każdego dostępnego rodzaju instalacji. Oczywiście z uwzględnieniem pełnej kompatybilności oprogramowania, uruchamiania oraz diagnostyki – od wspólnego panelu operatorskiego po pojedyncze parametry.

### Uprościliśmy również planowanie maszyn:

- zastosowanie tych samych modułów oprogramowania MOVIKIT® obsługujących standardowe funkcje zapewnia większą prostotę
- zarówno w instalacji decentralnej, jak również w szafie sterowniczej – identyczna integracja z MOVISUITE® oraz z narzędziami do projektowania nowoczesnych systemów sterowania

- duża elastyczność w planowaniu maszyn dzięki jednolitej możliwości połączenia wszystkich produktów za pośrednictwem decentralnego falownika

### Decentralna technika napędowa MOVI-C®

Jednostka napędowa MOVIMOT® advanced. Inteligentna, elastyczna oraz oszczędna

Jednostka napędowa MOVIMOT® advanced to nasze uniwersalne urządzenie, które można optymalnie dostosować do indywidualnych potrzeb. Składa się z falownika decentralnego, energooszczędnego silnika asynchronicznego serii DRN... oraz opcjonalnej przekładni z naszego modułowego systemu przekładni.

### Jednostka napędowa MOVIMOT® performance

Najnowsza technologia silników zapewniająca większą dynamikę i lepszą wydajność

Jednostka napędowa MOVIMOT® performance składa się z falownika decentralnego, silnika synchronicznego z magnesem trwałym serii CM3C... oraz opcjonalnej przekładni z naszego modułowego systemu przekładni.

- wysoka dynamika przy niezwykle kompaktowych rozmiarach
- duży potencjał oszczędności energii dzięki silnikowi wykonanemu w technologii IE5

### Jednostka napędowa MOVIGEAR® performance

Jednostka napędowa MOVIGEAR® performance łączy w sobie falownik decentralny, silnik synchroniczny z magnesem trwałym oraz przekładnię walcową – wszystko zamknięte w jednej, bardzo kompaktowej obudowie.

- lider kompaktowości oraz najwyższej wydajności systemowej urządzeń 3. generacji
- niedościgniony pod względem wydajności systemowej
- znacznie przewyższa wymagania klasy IE5 i zmniejsza straty nawet o 50% w porównaniu do specyfikacji normatywnych





### Oszczędność energii

Na co zwrócić uwagę, aby była faktycznie możliwa?

Około dwie trzecie zapotrzebowania na energię w przemyśle pobierają maszyny wyposażone w napędy elektryczne. Nie bez powodu więc efektywność energetyczna jest priorytetową kwestią dla pracowników zajmujących się kwestiami zrównoważonego rozwoju. Osoby odpowiedzialne za finanse również interesują się tym tematem, ponieważ potencjalne oszczędności w tym zakresie są znaczne. Ale jaki jest najlepszy sposób osiągnięcia oszczędności energetycznych? Poniżej przedstawiamy krótki przewodnik po tym, na co szczególnie zwrócić uwagę.

### Sprawność silnika (zgodnie z IEC 60034-30-1/2)

Efektywność energetyczna najmniejszej jednostki w maszynie: podział na klasy energooszczędności od IE1 (Standard Efficiency) do IE5 (Super Premium Efficiency) na podstawie znanych norm. MOVI-C® oferuje silniki spełniające wszystkie wymagania. Począwszy od nowoczesnych standardowych silników asynchronicznych serii DRN... po wysokowydajne rozwiązania silników w klasie IE5. Wszystkim Klientom, którzy nie tylko chcą spełniać wymagania obowiązujących norm, ale pragną zrobić jeden krok do przodu w kontekście oszczędzania energii, zalecamy MOVIGEAR® performance.

Obniża on bowiem wymagane przez normę maksymalne straty o kolejne 50%.

### Sprawność systemu PDS (zgodnie z IEC 61800-9-2)

Zużycie energii nie zależy tylko i wyłącznie od silnika – na bilans wpływa również praca falownika i współdziałanie obu tych komponentów. Norma IEC 61800-9-2 ocenia efektywność energetyczną układów składających się z silników oraz elektroniki (PDS = Power Drive Systems). Napędy z modułowego systemu automatyki MOVI-C® już dziś spełniają wymagania najwyższej klasy energooszczędności IES2. Wszystkie komponenty są idealnie dopasowane, a dzięki temu nasze układy napędowe osiągają straty niższe niż wymaga tego norma. Na przykład MOVIGEAR® oferuje straty mniejsze niż 50% maksymalnych dopuszczalnych strat wynikających z klasy IES2.

Korzyści płynące z MOVI-C® są tak wszechstronne, jak nasze portfolio produktów. Przy czym cyfryzacja idzie ramię w ramię z inteligentnymi koncepcjami wymiany elektroniki. MOVI-C® nie ustępuje również w zakresie efektywności energetycznej. Przewyższa wszystkie wymagania rozpowszechnionych wytycznych dotyczących wydajności energetycznej i pozwala długofalowo obniżyć rachunki za prąd. Do dodatkowych zalet należą niższe koszty, mniejsze stany magazynowe części zamiennych, krótsze czasy przestojów

i mniejsza podatność na błędy podczas prac konserwacyjnych.

### Łatwa konserwacja

- solidna koncepcja ogólna – mniej uszkodzeń spowodowanych niewłaściwą obsługą
- dłuższe interwały serwisowe i naprawy dzięki specjalnym pakietom napędowym zapewniającym dłuższy okres eksploatacji, także w trudnych warunkach
- zmniejszenie zapasów części zamiennej oraz redukcja wariantów napędów dzięki standaryzacji komponentów
- prosta koncepcja wymiany elektroniki
- ergonomiczna wymiana napędu dzięki zintegrowanym, kompaktowym i lekkim systemom napędowym
- cyfrowa integracja silnika – automatycznie sprawdza, czy podczas wymiany zainstalowano właściwy silnik

### Efektywność energetyczna – zrównoważony rozwój, który redukuje koszty

- stopień sprawności silnika od IE3 do IE5
- MOVIGEAR® uwalnia maksymalny potencjał oszczędności energii w rzeczywistej eksploatacji

### Cyfrowe monitorowanie techniki napędowej

- MOVISUITE®
- Web Server
- rozwiązania DriveRadar®

**Drive.**  
**Automation.**  
Beyond.

**SEW**  
**EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.  
ul. Techniczna 5  
92-518 Łódź  
tel.: 42 270 90 00  
e-mail: sew@sew-eurodrive.pl  
www.sew-eurodrive.pl

# WARSAW METALTECH - wydarzenie, w którym innowacje i inwestycje są na pierwszym miejscu

Targi technologii, maszyn i narzędzi do obróbki metalu WARSAW METALTECH to wydarzenie, w którym innowacje i inwestycje są na pierwszym miejscu. Nowoczesna formuła, kontraktacyjne warunki i otwartość na nowe technologie są gwarantem satysfakcji odwiedzających. Event odbędzie się w dniach 23–25 stycznia 2024 roku w Ptak Warsaw Expo.

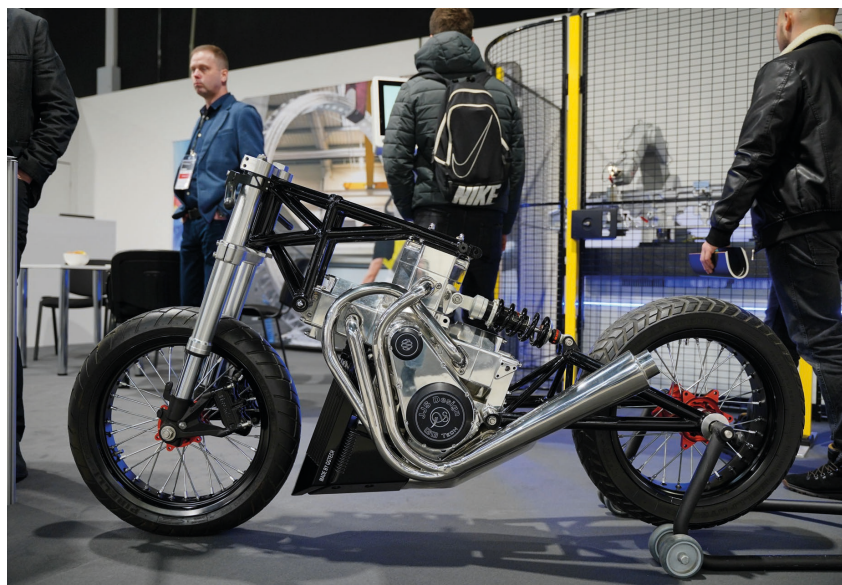
**A**utomatyzacja to klucz do rozwoju w branży obróbki metalu w ostatnich latach. Duża część przedsiębiorców działająca w sektorze decyduje się na inwestycje w optymalizujące rozwiązania mimo spowolnienia gospodarczego. Co więcej, według analiz jedna czwarta firm w kolejnych miesiącach chce zwiększyć wkład finansowy w rozwój, a 66 procent pozostałej grupy planuje utrzymać go na porównywalnym szczeblu.

To otwiera spore pole do kontraktacji, nawiązywania nowych relacji biznesowych i szukania możliwości rozbudowy bazy klientów. Wydarzeniem temu dedykowanym będzie WARSAW METALTECH, które odbędzie się w Ptak Warsaw Expo.



## Największe marki potwierdziły swoją rolę na WARSAW METALTECH

Choć do wydarzenia zostało jeszcze kilka miesięcy, najważniejsze marki działające w branży obróbki metali już potwierdziły swoją rolę w styczniowej edycji WARSAW METALTECH. W tym gronie znaleźli się Machine Tools International, Polska Grupa CNC, KMA Maszyny, Sturmer, ARCO, HAFEN, Jorgensen Easy Tech, WOLFGRIFF, INTER POLER, AI LAB, GG Tech, GudePol, AUER, OBERON, HandyFix, FIN, STM, Euro-Box oraz Hautec. Liczba wystawców nadchodzącej edycji stale się powiększa.



## WARSAW METALTECH okazją do otwarcia się na nowe rynki

Jednym z najważniejszych aspektów wydarzeń organizowanych w Ptak Warsaw Expo jest ich otwarcie na zagranicznych odwiedzających. Międzynarodowe grono przedsiębiorców przyciąga nie tylko korzystna lokalizacja obiektów położonych w centrum Europy, ale również jakość, którą od lat cechują się eventy.

To właśnie dlatego pierwszą edycję WARSAW METALTECH odwiedzili uczestnicy z ośmiu krajów poza Polską: z Finlandii, Litwy, Łotwy, Ukrainy, Niemiec, Czech, Włoch i Portugalii. Stworzyło to dogodne warunki kontraktacyjne dla polskich przedsiębiorców i umożliwiło im wejście na nowe rynki zbytu. Jednocześnie zagwarantowało to większą stabilizację łańcuchów dostaw i umocniło biznesowe kontakty.

W kolejnej edycji zostanie postawiony jeszcze wyraźniejszy akcent na łączenie biznesu ponad granicami. Warto więc skorzystać z szansy i sprawdzić, jak wiele można otrzymać dzięki obecności podczas WARSAW METALTECH.

## Co jeszcze zyskasz na WARSAW METALTECH?

WARSAW METALTECH nastawione jest na networking, ale nie tylko. Poza wymianą handlowych informacji odwiedzający otwierają się na nowe możliwości inwestycyjne. Dzięki okazji do poznania pełnej gamy ofert najważniejszych firm działających w sektorze, można będzie dobrać partnera wpisującego się w potrzeby przedsiębiorstwa. Jednocześnie event stanie się branżową stolicą innowacji. Podczas niego bowiem będą miały miejsce istotne premiery i pokazy, które pozwolą odwiedzającym w pełni poznać nowe rozwiązania.

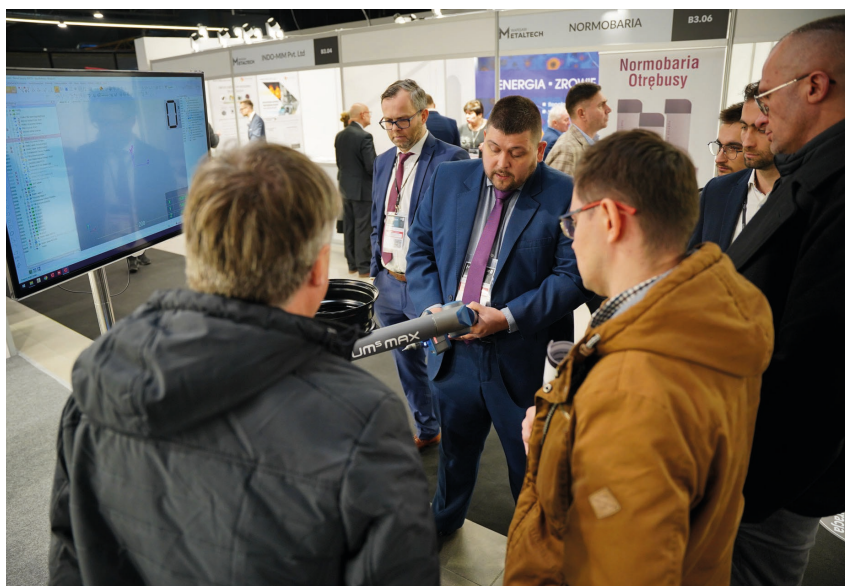
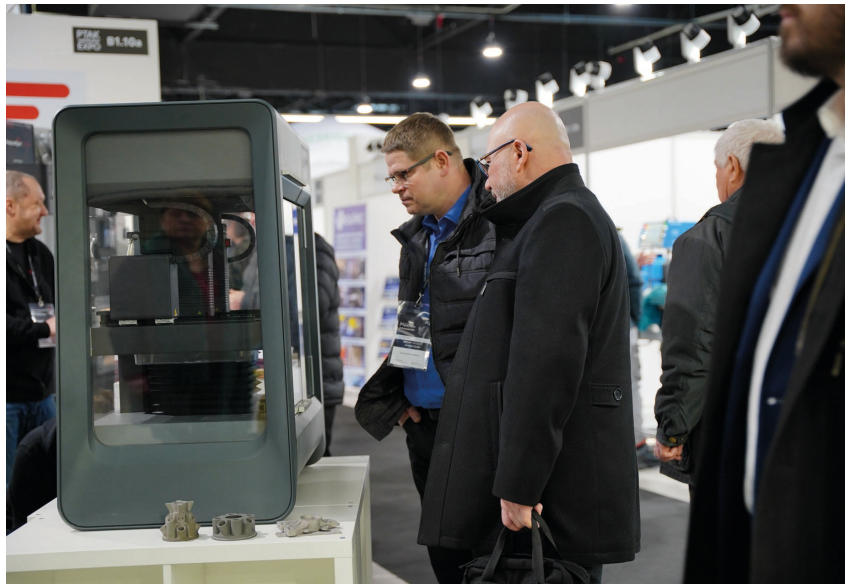
WARSAW METALTECH to wydarzenie, w którym innowacje i inwestycje są na pierwszym miejscu. Zarejestruj się już dziś!

Zostań wystawcą:

<https://warsawmetaltech.pl/zostan-wystawca/>

Odbierz bezpłatny bilet:

<https://warsawmetaltech.pl/rejestracja/>



# Rozwiązania napędowe dla systemów załadunku towarów

Wyobraźmy sobie, że stadion piłkarski jest wypełniony pszenicą do głębokości 3 metrów. To około 13 440 ton, co wystarczy na wyprodukowanie 19 550 000 bochenków chleba. Teraz wyobraźmy sobie, że całe to zboże jest ładowane na statek w czasie jednej godziny. W takim tempie codziennie ładuje się i rozładowuje niezliczone statki ze zbożem w terminalach w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie.

Tak ogromne prędkości nie byłyby możliwe, gdyby nie praca takich firm jak JPM Inc. z Północnego Michigan, firmy specjalizującej się w projektowaniu zaawansowanych systemów transportu produktów i bezpyłowego załadunku dla ILS/Innovative Loading Systems. Jim McCready jest prezesem i właścicielem tej firmy. Za ożywianie projektów Jima, cięcie, spawanie i montaż różnych komponentów używanych w systemach JPM/ILS odpowiedzialny jest partner biznesowy Chuck Esson z warsztatu mechanicznego KFM and Swan Engineering.

Najważniejsze komponenty i serce systemu pochodzą od NORD Drivesystems, wiodącego dostawcy kompletnych, innowacyjnych rozwiązań napędowych. Te specjalne systemy wciągarek z napędem dwubębnowym stanowią „serce, mózg i siłę” teleskopowych, bezpyłowych urządzeń załadunkowych. Jim McCready, od 2006 roku używa motoreduktorów i reduktorów NORD nie bez powodu.

– Ukończyłem ponad 30 projektów z produktami NORD i nigdy nie miałem problemu. Właściwie był taki raz, że nowy operator oszalał na punkcie joysticka i przegrzał hamulce w jednej z maszyn, ale nie była to wina NORD.

Joystick, o którym mowa, służy do podnoszenia, opuszczania i ustawiania przegubowych ładowarek wahadłowych



i teleskopowych zespołów wyładunkowych do ziarna, które JPM wykorzystuje w wielu swoich systemach. Jak wspomniano wcześniej, systemy te są odpowiedzialne za załadunek zboża na statki Panamax do transportu zboża, które codziennie dokują w portach w Destrehan w Los Angeles, Vancouver w Kolumbii Brytyjskiej i innych lokalizacjach w całych Stanach Zjednoczonych i za granicą. Fakt, że projekty Jima McCready zapewniają niezawodną dyspozycyjność, pomógł firmie JPM/ILS stać się liderem w tej branży.

– Opłaty za przestój w przypadku tych statków są niezwykle wysokie i po prostu nie może dojść do nieplanowanych przestoju. Z radością mogę powiedzieć, że nasze systemy w wielu przypadkach przez wiele lat zapewniały całodobową pracę przy maksymalnym obciążeniu – w rzeczywistości jeden ze znanych obiektów niedawno poinformował, że osiągnęliśmy ich bazową wydajność w zakresie niezawodności i konserwacji od czasu instalacji systemu sześć lat temu w Destrehan w Los Angeles. Są bardzo zadowoleni. Inny system w Vancouver w Kolumbii Brytyjskiej, projekt G-3, działa od ponad 4 lat.

Właściciel firmy zwraca uwagę, że motoreduktory NORD Drivesystems, których używa, cieszą się dużym uznaniem.



W podanym przykładzie każda jednostka jest podłączona do kompaktowego, specjalnie zaprojektowanego dwubębnowego napędu NORD/ILS ze zintegrowanym hamulcem, zdolnego do rutynowego podnoszenia ponad 23 ton, 24 godziny na dobę, 365 dni w roku. To czyni wciągarkę „sercem, mózgiem i siłą” systemu załadunku.

– Nasza najnowsza konstrukcja zapewnia znacznie wydajniejsze i większe tempo ładowania ziarna niż dotychczasowy system, z którego korzystali. Działa także znacznie lepiej w zakresie zatrzymywania i kontroli pyłu. Jest to kluczowy aspekt bezpieczeństwa i zdrowia, a jego minimalizacja pomaga również w dalszym obniżeniu kosztów konserwacji.

Handel zbożem jest integralną częścią gospodarki USA. Podobnie jest z cementem, żużlem, węglem, sodą kalcynowaną, gliną i innymi towarami masowymi, które wykorzystują systemy załadunku statków NORD/ILS. Wszystko należy przetransportować na statki towarowe szybko, bezpiecznie, a przede wszystkim niezawodnie. Firma zaprojektowała i dostarczyła systemy transportu materiałów dla każdego z tych produktów oraz dla wielu innych. W każdym przypadku zwracano się do NORD Drivesystems jako wybranego dostawcy motoreduktorów.

Właściciel JPM podkreśla:

– Wszystko, co tutaj robimy, musi być zgodne ze specyfikacjami wciągarek B30.7 Amerykańskiego Stowarzyszenia



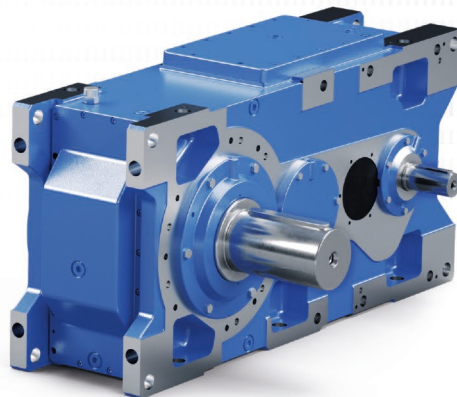
Inżynierów Mechaników (ASME), które są bardzo szczegółowe i wszechstronne. Przypisuję dużą część naszej zdolności do spełnienia tych specyfikacji wysokiej jakości motoreduktorom NORD i wsparciu technicznemu, jakiego udzielali mi przez lata. Każdy z naszych systemów musi działać bezawaryjnie i jeśli nie masz odpowiedniego modułu napędowego, nic nie będzie działać. To w dużej mierze wyjaśnia, dlaczego wszystkie nasze projekty załadunku statków o dużej pojemności realizowane w ciągu ostatnich 17 lat były sukcesem zarówno dla nas, jak i naszych klientów.

NORD Napędy Sp. z o.o.

reklama

## OUR SOLUTION. YOUR SUCCESS.

Szerokie kompetencje specjalistyczne  
na potrzeby każdego zastosowania.



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



Zrealizowane projekty modernizacyjne potwierdzają, że napędy o zmiennej prędkości obrotowej Sytronix zmniejszają zużycie energii przez urządzenia nawet o 80%

# Zielona hydraulika dla klimatu

Inicjatywy mające na celu ochronę wywierają na producentów maszyn coraz większą presję. Oczekuje się od nich, że będą pomagali swoim klientom w osiąganiu celów klimatycznych, oferując im rozwiązania hydrauliczne o dużej sprawności energetycznej. Napędy o zmiennej prędkości obrotowej Sytronix firmy Bosch Rexroth zmniejszają zużycie energii elektrycznej i obniżają jej koszty nawet o 80% w porównaniu z tradycyjnymi technologiami, natomiast inteligentne systemy elektrohydrauliczne w takim samym stopniu pośrednio redukują emisję CO<sub>2</sub>. Firma Bosch Rexroth osiągnęła te wyniki po zrealizowaniu projektów modernizacyjnych.

Inteligentna interakcja między falownikiem, silnikiem elektrycznym oraz pompą hydrauliczną o stałej lub zmiennej objętości geometrycznej umożliwia osiągnięcie dużych oszczędności. Dzięki systemowi sterowania uwzględniającemu obciążenie, rozwiązanie elektrohydrauliczne firmy Bosch Rexroth, zoptymalizowane pod kątem strat energii, zawsze działa w optymalnym punkcie pracy. Gdy zasilanie nie jest potrzebne, system automatycznie przełącza się w stan gotowości.

Dzięki dużej gęstości mocy napędy o zmiennej prędkości obrotowej Sytronix można wykorzystać do modernizowania różnych systemów – od obrabiarek poprzez maszyny dla przemysłu drzewnego i papierniczego po maszyny metalurgiczne, prasy, maszyny odlewnicze i wtryskarki.

Gdy tradycyjne napędy hydrauliczne zastąpimy napędami Sytronix i porównamy oba rozwiązania, okaże się, że zużycie energii spadnie nawet o 80%, w zależności od typu systemu. W takim samym stopniu ulegną zmniejszeniu koszty energii elektrycznej oraz emisja gazów cieplarnianych podczas jej wytwarzania. Takie wnioski płyną z oceny projektów zrealizowanych dla klientów, gdzie napęd tradycyjny został zastąpiony odpowiednim napędem Sytronix.

W trakcie wielu projektów optymalizacyjnych specjaliści ds. systemów hydraulicznych w firmie Bosch Rexroth porównywali rozwiązania początkowe, w tym układy chłodzenia, z nowym rozwiązaniem Sytronix pod względem zużycia energii. Na przykład modernizacja prasy do plastiku umożliwiła zmniejszenie zużycia energii o 87 000 kWh rocznie, tj. o 78% w porównaniu z poprzednim rokiem. Oznacza to, że roczne koszty operacyjne zostały zredukowane o 15 390 EUR.

W niemieckim miksie energetycznym w 2018 roku wytworzenie każdej kilowatogodziny energii elektrycznej powodowało emisję 0,489 kg różnych gazów cieplarnianych. Wielkość tę można przedstawić w formie standardowej, w przeliczeniu na CO<sub>2</sub> (jako tzw. ekwiwalent CO<sub>2</sub>). W wyniku modernizacji opartej na napędzie Sytronix prasa do plastiku wytwarza w ciągu roku o 43,3 ton mniej ekwiwalentu CO<sub>2</sub>.



Napędy o zmiennej prędkości Sytronix zawsze działają w optymalnym punkcie pracy. Gdy zasilanie nie jest potrzebne, automatycznie przełączają się w stan gotowości

Jeszcze większe oszczędności można osiągnąć w przypadku bardziej złożonych systemów, takich jak piece pokroczne. Tu napęd o zmiennej prędkości obrotowej pozwala zmniejszyć emisję o 421 ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub> i obniżyć koszty operacyjne o 152 000 EUR, czyli o ok. 80%. Zużycie mocy przez maszynę odlewniczą spadło o taką samą wielkość. W tym przypadku firma Bosch Rexroth umożliwiła operatorowi zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 30 t ekwiwalentu CO<sub>2</sub> rocznie oraz obniżenie kosztów energii elektrycznej o 11 000 EUR. ■

Więcej informacji można znaleźć pod adresem:

<https://www.boschrexroth.com/pl/pl/connected-hydraulics/produkty/sytronix/>

**rexroth**  
A Bosch Company

Bosch Rexroth Sp. z o.o.  
ul. Jutrzenki 102/104, 02-230 Warszawa  
tel.: (22) 738 18 00, fax: (22) 758 87 35  
e-mail: [info@boschrexroth.pl](mailto:info@boschrexroth.pl)  
[www.boschrexroth.pl](http://www.boschrexroth.pl)

# 5G i Przemysł 4.0 – idealna para od Orange

„Wkrótce będzie możliwe bezprzewodowe wysyłanie informacji na cały świat, tak że każdy człowiek będzie mógł to robić przy pomocy małego urządzenia noszonego przy sobie” (Nikola Tesla, The New York Times: Popular Mechanics). Przemysłena Tesli z 1909 roku stały się zwiastunem odważnych, nowych czasów, w których Internet oraz urządzenia mobilne zaczęły nam towarzyszyć w życiu codziennym.

**W**raz z czwartą rewolucją przemysłową (tzw. Przemysł 4.0), na polskim horyzoncie technologicznym pojawiła się, oczekiwana od dawna, piąta generacja sieci komórkowej 5G. Długo wyczekiwana aukcja na radiowe częstotliwości dla 5G została w Polsce wreszcie rozstrzygnięta niespełna miesiąc temu. Składowe atrybuty relatywnie większej prędkości i większej przepustowości 5G dają w konsekwencji efekt synergii, co jest równoznaczne z większymi możliwościami dla użytkownika. Nowa technologia pozwala podłączać do sieci nawet milion urządzeń na 1 km<sup>2</sup>, a firmy mogą korzystać z wydzielonych warstw sieciowych do świadczenia coraz to bardziej zaawansowanych i bezpiecznych usług. Te możliwości mogą być wykorzystywane na niespotykaną dotąd skalę właśnie w ramach wspomnianego Przemysłu 4.0.

Dynamicznie postępująca rewolucja technologiczna nie pozwala graczom globalnego rynku pozostawać w tyle za konkurencją. Niestety w dzisiejszych czasach firmy stanęły przed takimi problemami jak wysoka inflacja, galopujące ceny energii, coraz większe wymagania związane z kryzysem klimatycznym, czy dostępność komponentów elektronicznych w łańcuchach dostaw. To wszystko wymusiło na przedsiębiorstwach uruchomienie procesów zarządzania kryzysowego, weryfikację planów rozwojowych i ich dostosowanie do nowego, dynamicznie zmieniającego się środowiska gospodarczego. Nowe, długofalowe inwestycje muszą być precyzyjnie



przemysłane. Czy i w co warto zatem inwestować?

Operatorzy telekomunikacyjni wyszli naprzeciw problemom zdywersyfikowanych rynków. Nie bez znaczenia jest tu możliwość dofinansowania projektów z funduszy UE i wsparcie firm technologicznych, które tworzą inteligentne parki maszyn produkcyjnych i robotów. Firmy te już dziś doskonale zdają sobie sprawę, z jakimi wyzwaniami przyjdzie im się mierzyć za kilka lat. Rośnie zatem świadomość w obszarze kreowania usług serwisowych opartych na nowych technologiach. Również niedawny kryzys pandemiczny przyczynił się do powstania nowej jakości świadczenia usług na odległość. A to z kolei będzie wspierać rozwój sieci 5G z wszelkimi hybrydami,

które zapewnią kompatybilność z siecią przyszłości.

Transformacja cyfrowa i zrównoważona gospodarka idą w parze z wyzwaniami energetycznymi i środowiskowymi. Firmy, poza czerpaniem zysków z działalności podstawowej, chcą również chronić środowisko naturalne, w którym przebywają. Nie da się jednak kreować innowacji zmieniających rzeczywistość stosując przestarzałe technologie telekomunikacyjne. Orange Polska zachęca do korzystania z prywatnych sieci kampusowych 5G. Warto podkreślić, że obecnie uzyskiwana kompatybilność urządzeń przy budowie sieci kampusowych gwarantuje możliwość wykorzystania zarówno technologii 4G, jak i 5G. Projekty i procesy obejmujące swoim

zakresem komunikację bezprzewodową zdecydowanie powinny uwzględniać wykorzystanie technologii przyszłości, która jest już dostępna komercyjnie w Orange.

Firma przyszłości – Smart Industry, czyli zintegrowane, inteligentne przedsiębiorstwo to technologiczny owoc ogólnoświatowego trendu Smart. Wykorzystuje ona sieć czujników podłączonych do sieci 5G. Takie czujniki korzystają z kart M2M, a liderem rynku M2M w Polsce z ponad 3 mln kart jest Orange. Już dzisiaj istnieją czujniki, które mogą działać w warunkach polowych przez 10 lat bez potrzeby wymiany baterii zasilających. Przekazują one do centralnego systemu informacyjnego np. cyfrowe dane o poziomie wilgotności w określonym punkcie – dotyczy to m.in. zakładów rolnych, leśnictwa, gospodarki wodnej czy jakości powietrza. W celu pełnej kompatybilności, sam interfejs 5G jednak nie wystarczy. Konieczne jest wsparcie sieci teleinformatycznej, która pozwoli na obróbkę dużej liczby informacji.

5G nie jest jedynie ewolucyjną metaforą koła w dziejach techniki. To także wydajne koło zamachowe dla Przemysłu 4.0.

Czego potrzeba mojej firmie, by ulepszyć jej funkcjonowanie? Gdzie chcę, aby moja firma była za kilka lat? Jakie rozwiązania będą najlepszą inwestycją? Jak powinienem (powinnam) rozplanować proces inicjowania cyfryzacji? Jeśli zadajesz sobie takie pytania, to



Przemysł 4.0 może dostarczyć na nie odpowiedzi. To nie tylko nowe rozwiązania technologiczne, ale odpowiednie modele biznesowe a także zaangażowanie i świadomość w strukturach organizacji. Porozmawiamy o tym z Tobą w Orange i dobierzemy najlepsze dla Ciebie rozwiązanie.

Żeby przeprowadzić swoje przedsiębiorstwo przez proces cyfryzacji, i skutecznie dotrzeć do celu, można skorzystać z programu funduszy UE. Niezależnie od Krajowego Planu Odbudowy, równolegle ruszają programy z dofinansowaniami dla przedsiębiorców, z których można już korzystać. W tym też pomożemy.

W ramach KPO na cyfrową transformację przeznaczonych jest 12,5 mld zł, a na preferencyjne pożyczki

blisko 9,4 mld zł. Środki te pomogą poprawić dostęp do szybkiego Internetu, zwiększyć poziom cyberbezpieczeństwa, przyspieszyć rozwój usług chmurowych i kompetencji cyfrowych. Są też środki, w wysokości 2 mld euro, z komplementarnego programu Fundusze Europejskie na Rozwój Cyfrowy (FERC) obejmującego okres do 2027 roku. Celem tego programu jest między innymi budowa społeczeństwa gigabitowego, udostępnienie zaawansowanych e-usług obywatelom i przedsiębiorcom oraz zwiększenie poziomu cyberbezpieczeństwa.

Jeśli chcesz porozmawiać o dofinansowaniach unijnych i przeprowadzeniu swojego przedsiębiorstwa przez proces cyfryzacji napisz na skrzynkę: [industry4\\_0@orange.com](mailto:industry4_0@orange.com).

– Rozwój IoT będzie wspierany przez 5G. To ogromna szansa cywilizacyjna na zbudowanie nowoczesnych usług i technologii. 5G i Internet rzeczy to coś, czym będziemy się zajmować i co będziemy rozwijać w ciągu najbliższej dekady. Kampusy 5G i Industry 4.0 to przyszłość, w którą innowacyjność bezboleśnie i z wielką przyjemnością wejdiesz z Orange. Pomożemy też w zdobyciu odpowiedniego dofinansowania – mówi Grzegorz Klimczyk – dyrektor sprzedaży i rozwoju biznesu M2M/IoT/5G.

W jaki sposób uzyskać dostęp do najnowszych technologii? Zapraszamy do 5G Lab w Orange Polska przy Alejach Jerozolimskich 160. ■



# Nowe centrum szkoleniowo-pokazowe Bosch Rexroth – Mobile & Industrial World

W ramach sieci innowacyjnych ośrodków szkoleniowych CU.BE, firma Bosch Rexroth posiada lokalne centrum doświadczeń klienta CU.BE w centrali w Warszawie. W skład centrum wchodzi dwie sale pokazowe, w tym nowo powstała część – Mobile & Industrial World. CU.BE nie oznacza dla nas kostki lecz CUSTOMER BENEFIT – czyli wszystko to, co możesz zyskać stosując nasze produkty i rozwiązania.

**S**ala szkoleniowo-pokazowa Mobile & Industrial World oferuje przegląd naszych najnowszych technologii z zakresu elektryfikacji i elektronifikacji. Odwiedzając nas przekonasz się o korzyściach płynących z zastosowania m.in. nowoczesnych napędów elektrycznych, elektroniki i sterowań nowej generacji, systemów wizyjnych, radarowych i ultradźwiękowych. Zapoznasz się również z zasilaczami hydraulicznymi w technologii i4.0, a także rozwiązaniami zapewniającymi energooszczędność w hydraulice przemysłowej.

Obiekt można zwiedzać zarówno stacjonarnie, jak i wirtualnie. Na uwagę zasługuje między innymi najnowsze portfolio marki eLion, czyli wysokonapięciowe silniki elektryczne typu EMS1 i falowniki typu EDS1 wraz z przekładniami mechanicznymi, tworzące różne konfiguracje i koncepcje układów napędowych, stosowanych w maszynach i pojazdach roboczych. Wyjątkowe w tych produktach jest połączenie wysokiej efektywności z możliwością pracy w bardzo ciężkich warunkach środowiskowych.

Kolejnym z elementów naszej sali szkoleniowo-pokazowej jest unikalny demonstrator systemu wizyjnego Bosch OFF-HIGHWAY. Integruje on pracę radaru, systemu ultradźwiękowego oraz systemu wizyjnego w jedną całość. Systemy wspierają codzienną pracę operatorów maszyn. Dzięki temu maszyny stają się bezpieczne, bardziej wydajne i przyjazne dla użytkownika. Jest to kolejny krok do autonomii maszyn i pojazdów.

Nawiązując do autonomii na jednym ze stanowisk przetestować można integrację systemów wspierających operatora. Dzięki zastosowaniu czujników inercyjnych MM7, elektroniki oraz odpowiedniego oprogramowania, możliwe jest automatyczne sterowanie odpowiednimi ruchami koparki oraz zwiększenie dokładności sterowania wysięgnikiem. Ze względów bezpieczeństwa można wprowadzić ograniczenia ruchów układu roboczego maszyny, poprzez ustawienie tzw. wirtualnej ściany. Dodatkowo można wprowadzić automatyczne ruchy realizowane przez asystenta pracy. Obsługa maszyny realizowana jest nową serią joysticków Sense+ ze specjalnie zaprojektowaną ergonomiczną rękojęcią, zwiększającą komfort i precyzję pracy.

Mobile & Industrial World daje również możliwość poznania świata internetu rzeczy. Pokazujemy, że można sterować

konkretnym ruchem i odczytać jego położenie, nie tylko stacjonarnie za pomocą interfejsu HMI – w tym wypadku wyświetlaczem DI5 – ale również za pomocą naszego rozwiązania IoT – BODAS Connect. Dzięki niemu nasze urządzenia są widoczne w sieci. Za pomocą BODAS Connect możemy monitorować i kontrolować pracę maszyn, śledzić ich bieżące położenie oraz sprawdzić kody błędów. Dzięki zdalnej diagnostyce komponentów hydraulicznych możliwe jest bieżące sprawdzanie stanu technicznego pojazdu.

Aby dana maszyna działała, sprawne muszą być wszystkie układy, w tym układ jazdy, który jest jednym z kluczowych elementów pojazdu. Dlatego jednym z modułów, z którym będziesz mógł się zapoznać, jest napęd eDA. Jest on gotowym do użycia, skalowanym układem napędu jazdy, realizowanym za pomocą przekładni hydrostatycznej. W skład tego układu wchodzi zarówno komponenty hydrauliczne, takie jak pompa i silnik jazdy, jak również elektroniczne, takie jak czujniki i sterowniki, wraz z oprogramowaniem. Rozwiązanie to jest dedykowane dla pojazdów kołowych, takich jak ładowarki, wózki widłowe czy maszyny komunalne. Układ eDA posiada wiele funkcji bezpieczeństwa, a algorytmy automatycznie definiują większość parametrów maszyny, optymalizując pracę układu. Rozwiązanie eDA idealnie wpisuje się w trendy elektronifikacji maszyn oraz internetu rzeczy.

Kolejnym segmentem naszej sali pokazowej są mechaniczne i elektromagnetyczne zawory nabożowe, zawory w korpusach, hydrauliczne układy zintegrowane, kompaktowe rozdzielacze i agregaty hydrauliczne, które są konfigurowane za pomocą łatwego w użyciu narzędzia CHOOSE. Jest ono dostępne do bezpłatnego pobrania na naszej stronie internetowej. Jednym z ciekawych zaworów jest E-motion Plus, który pozwala elektronicznie sterować wysięgnikiem w dowolnej konfiguracji, celem uzyskania precyzyjnej kontroli ruchu i dostosowania do każdej maszyny. Technika kompaktowa z powrotem może być stosowana zarówno w układach pomocniczych i roboczych, jak również w układach jazdy.

Ciekawym elementem naszej sali szkoleniowo-pokazowej są również świetnie wyposażone stanowiska naszej platformy BODAS z najnowszą elektroniką oraz wyświetlaczami DI5.

W Mobile & Industrial World zobaczyć można także elementy hydrauliki przemysłowej w zupełnie nowym wydaniu, gdzie hydraulika przemysłowa stanowi połączenie siły klasycznych układów hydraulicznych oraz precyzji i łatwości sterowania napędów elektrycznych. Cytrabox jest przykładem nowej generacji zasilaczy hydraulicznych, zaś stanowisko, które napędza, pokazuje możliwości współczesnych napędów stosowanych w aplikacjach przemysłowych. Rozwiązanie zapewnia mniejsze zużycie energii elektrycznej, obniża koszty eksploatacji i wspiera zrównoważony rozwój. ■

Źródło: Bosch Rexroth Sp. z o.o.

# Badania stanu izolacji uzwojeń silników elektrycznych

Sławomir Szymaniec, Marek Kacperak

Badania izolacji uzwojeń silników elektrycznych są badaniami podstawowymi. Wyniki badań decydują o dopuszczeniu silnika do eksploatacji, a na etapie produkcji silnika umożliwiają ocenę jakości uzwojenia.

## 1. Próba napięciowa izolacji

Maszyny nowe oraz całkowicie przezwojone powinny być badane pełnym napięciem probierczym  $U_p$  [185], które dla maszyn o  $U_N = 6$  kV wynosi  $U_p = 13$  kV, zgodnie ze wzorem:

$$U_p = 2U_N + 1 \text{ [kV]} \quad (1)$$

Silniki z uzwojeniem częściowo przezwojonym należy badać napięciem  $0,75U_p$ , wcześniej należy stare uzwojenie starannie wyczyścić i wysuszyć [185].

Rezystancja izolacji przy napięciu znamionowym, zmierzona bezpośrednio po próbie napięciowej nie powinna być mniejsza niż 80% wartości zmierzonej przed próbą [185].

Przeprowadzając próby napięciowe izolacji, sprawdza się minimalną wytrzymałość elektryczną izolacji uzwojeń. Próby te obejmują wszystkie elementy izolacji głównej (doziemnej). Jeżeli próba przeprowadzona jest osobno dla każdego uzwojenia fazowego, przy pozostałych uzwojeniach połączonych z kadłubem silnika, to obejmuje również izolację międzyfazową. Przyłożone napięcie probiercze powinno być wystarczające do wykrycia ewentualnego osłabienia izolacji, co mogłoby w przyszłości skutkować awarią silnika. Ewentualne osłabienie może się pojawić np. w czasie uzwajania stojana, przy montażu cewki w żłobku. Elementy układu izolacyjnego są poddawane działaniom sił, które mogą stanowić tzw. narażenia mechaniczne obniżające wytrzymałość elektryczną (zagadnienia te są przedstawione w literaturze [247, 248, 266]). Skutkuje to koniecznością obniżenia napięcia probierczego w badaniach kontrolnych uzwojenia w czasie produkcji silnika. Napięcie probiercze dla kolejnego etapu prób również powinno być obniżone. Właściwy dobór napięcia próby napięciowej decyduje o celowości i zasadności próby. Celem próby powinno być wskazanie osłabionych miejsc układów izolacyjnych bez niepotrzebnego narażenia izolacji elementów uzwojeń mającej w chwili próby dostateczny zapas wytrzymałości elektrycznej.

Z praktyki znane są liczne przypadki, gdy próba napięciowa izolacji silnika została przeprowadzona z wynikiem pozytywnym, a wkrótce po oddaniu do eksploatacji doszło do uszkodzenia izolacji silników, najczęściej na czołach uzwojenia. Oto jeden z przykładów. Użytkownik kilkunastoletniego silnika o mocy 4,4 MW w trakcie kampanii remontowej w zakładzie poddał silnik przeglądowi. Przegląd obejmował między innymi



Rys. 1. Co „zostało z uzwojenia” silnika o mocy 4,4 MW po próbie napięciowej

oczyszczenie uzwojenia oraz suszenie. Następnie, działając zgodnie z wytycznymi normy [185], wstępnie sprawdził stan izolacji i poddał silnik próbie napięciowej napięciem probierczym  $U_p = 1,5U_N$ . Wynik próby okazał się negatywny – rys. 1. Izolacja silnika uległa uszkodzeniu. Silnik przezwojono, uzwojenie sprowadzono od zagranicznego producenta silnika. Przypadków takich lub podobnych praktyka zna wiele. Stawia to pod znakiem zapytania zasadność stosowania próby napięciowej na silnikach z izolacją częściowo zużytą, ale sprawną i w dobrym stanie technicznym.

Próba napięciowa daje jedynie możliwość stwierdzenia, czy właściwości izolacji silnika w stanie statycznym (beZRUCHOWYM) osiągają pewien poziom, nie daje natomiast informacji o skali zagrożenia izolacji z powodu występujących w niej zjawisk elektrycznych. Próba napięciowa prowadzona zgodnie z wytycznymi normy [185] w starszych silnikach, z izolacją częściowo zużytą, w sposób zasadniczy pogłębia to zagrożenie. Praktyka dowodzi, że w interesie właściciela silnika w silnikach z izolacją częściowo zużytą nie należy wykonywać prób napięciowych izolacji prądem zmiennym, napięciem probierczym określonym przez normę [185]. Wyjątkiem są odbiory poremontowe [76÷79, 266].

## 2. Próba izolacji zwojów

Próba izolacji zwojów nie jest uważana za konieczną, ale może być wykonana. Wykonuje się ją w ramach badań pełnych. Zgodnie z normą izolacja zwojów powinna wytrzymać przez 3 min napięcie probiercze  $1,3 U_N$ . Szczegóły i warunki pomiarów przedstawiono w normie [185].

## 2.1. Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń off-line (poza eksploatacją)

Badanie stanu izolacji uzwojeń silników, w szczególności WN, prowadzone poza miejscem eksploatacji (off-line) jest podstawowym badaniem określającym stan izolacji. Obserwując od wielu lat sposoby oceny izolacji uzwojeń silników w przemyśle krajowym i śledząc literaturę techniczną poświęconą temu zagadnieniu [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155÷160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315], autorzy usystematyzowali rodzaje technik stosowanych przez oceniających stan izolacji uzwojeń silników indukcyjnych.

### 2.1.1. Metody opisywane w literaturze

W literaturze [1÷9, 17÷23, 25, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 56÷73, 75÷82, 84, 89÷96, 105÷108, 112, 114÷128, 130, 138÷141, 145, 147, 148, 153, 154, 158, 159, 164÷173, 179÷189, 194÷197, 199÷210, 235÷238, 243÷248, 251÷269, 275÷290, 293, 295÷305, 309÷313, 315] są opisywane następujące metody:

- ocena na podstawie pomiarów wg norm krajowych, zaleceń branżowych i zakładowych;
- metody prof. Tadeusza Glinki na podstawie pomiarów napięciem stałym;
- wieloparametrowa metoda Wojciecha Wiły;
- metoda na podstawie pomiaru PI, C, SV, DD – test Meggera;
- metoda udarów napięciowych – test Bakera;
- metoda rampy wysokonapięciowej;
- metoda spektroskopii niskoczęstotliwościowej;
- ocena na podstawie pomiarów wyładowań niezupełnych.

### 2.1.2. Ocena na podstawie pomiarów wg norm krajowych, zaleceń branżowych i zakładowych

Spora grupa użytkowników silników indukcyjnych WN w kraju do oceny stanu izolacji tych silników stosuje tylko wskazania norm krajowych i ewentualnie zalecenia branżowe i zakładowe [130, 189, 197, 266]. Pomiar izolacji powinien być poprzedzony pomiarem rezystancji uzwojeń stojana, który jest podstawowym pomiarem w maszynach elektrycznych i transformatorach. Szczegóły i warunki tych pomiarów są omówione w literaturze [76÷79].

Norma [186, 190] nakazuje, aby rezystancje uzwojeń stojana były zgodne z danymi wytwórcy, a w przypadku braku tych danych rezystancje faz uzwojeń nie powinny różnić się między sobą więcej niż o 2% największej wartości zmierzonej. Jest to kryterium symetrii uzwojeń silnika.

Norma [185, 189] określa wymagania w zakresie rezystancji izolacji uzwojeń stojana. Najważniejszym wymaganiem jest konieczność wykonania pomiarów rezystancji izolacji uzwojeń w warunkach określonych normą. Pomiar powinien być wykonany napięciem stałym, przy niezawilgoconych i niezabrudzonych izolatorach, miernikiem izolacji – megaomierzem o napięciu:

$$U = 500 \text{ V dla maszyn o } U_N < 1 \text{ kV,} \quad (1)$$

DEMANDING APPLICATIONS  
OUR MOTORS – YOUR SUCCESS  
POWER OF EXPERIENCE  
DEMANDING APPLICATIONS  
CHALLENGING PROJECTS

**Cantoni**®  
**GROUP**



Poznaj nową serię  
przeciwwybuchowych silników  
budowy wzmocnionej  
w klasie sprawności IE3 (PREMIUM)

Ex II 2G Ex eb IIC T3 Gb

Ex II 2D Ex tb IIIC T125°C Db



OUR MOTORS – YOUR SUCCESS  
DRIVING MOST DEMANDING  
INTO YOUR ENERGY GLOBAL  
ENERGY BUSINESS POWER  
WWW.CANTONIGROUP.COM

$U = 1 \text{ kV}$  (wskazane  $U = 2,5 \text{ kV}$ ) dla maszyn o  $U_N \geq 1 \text{ kV}$ . (2)

Pomiar należy wykonać w stosunku do kadłuba silnika i między uzwojenia – mi, kolejno dla każdego niezależnego obwodu elektrycznego. Oznacza to, że pomiar należy wykonać dla każdej fazy oddzielnie lub dla połączonych uzwojeń wszystkich faz, jeżeli punkt zerowy nie jest rozłączalny od kadłuba. Jeżeli punkt zerowy jest rozłączalny, pomiary należy wykonać również pomiędzy fazami. Obwody elektryczne, które nie biorą udziału w pomiarze, należy połączyć z kadłubem.

Pomiary należy wykonać w stanie zimnym maszyny, a następnie w stanie nagrzanym. W warunkach przemysłowych przy badaniach niepełnych pomiary wykonuje się tylko w stanie zimnym [185, 189].

Wymagania co do wartości rezystancji powinien określić wytwórca [185, 189]. Jeżeli takowych nie ma, rezystancja izolacji w  $M\Omega$ , w temperaturze uzwojenia  $t_u$ , mierzona po 60 s od momentu przyłożenia napięcia nie powinna być mniejsza od wartości określonych przez wzory [185, 189]:

$$R_{iz,t} = R_{iz,75} k_t, \quad (3)$$

$$R_{iz,75} = \frac{U_N}{1000 + 10S_N}. \quad (4)$$

gdzie:  $U_N$  – napięcie znamionowe uzwojenia w [V],  $S_N$  – moc znamionowa pozorna maszyny w [MVA],  $k_t$  – współczynnik temperaturowy izolacji (podany np. w normie PN-98/E-04700; tabela 1) [189].

Uwzględnienie temperatury uzwojeń maszyny jest sprawą niezmiernie ważną. Rezystancję należy przeliczyć na daną temperaturę, ponieważ bardzo mocno zależy od temperatury. Współczynnik  $k_t$  ulega zmianie. Przykładowo, dla przedziału temperatur izolacji podczas pomiaru od  $85^\circ\text{C}$  do  $10^\circ\text{C}$ :

$$k_t = 0,7 \quad \text{dla} \quad t_u = 85^\circ\text{C}, \quad (5)$$

$$k_t = 1,0 \quad \text{dla} \quad t_u = 75^\circ\text{C}, \quad (6)$$

$$k_t = 1,0 \quad \text{dla} \quad t_u = 75^\circ\text{C}, \quad (7)$$

W celu wyznaczenia stopnia zawilgocenia uzwojenia maszyny należy mierzyć rezystancję izolacji po upływie 15 i 60 s od momentu przyłożenia napięcia,  $R_{15}$  i  $R_{60}$ . Miarą stopnia zawilgocenia jest stosunek  $R_{60}/R_{15}$  nazywany współczynnikiem absorpcji. Dla maszyn dobrze wysuszonych wg normy [189] powinny być spełnione zależności:

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} > \begin{cases} 1,5 \text{ w temperaturze } 20^\circ\text{C}, \\ 1,4 \text{ w temperaturze } 40^\circ\text{C}, \\ 1,3 \text{ w temperaturze } 60^\circ\text{C}. \end{cases} \quad (8)$$

W literaturze [266] można spotkać również parametr  $DA$  (*dielectric absorption*) definiowany jako  $R_{60}/R_{30}$ , którego wartość

$DA \geq 1,25$  jest nieakceptowalna, a  $DA \geq 1,5$  – akceptowalna. Według wiedzy autorów parametr  $DA$  jest rzadko stosowany w praktyce przemysłowej.

Autorzy podzielają opinię T. Glinki [76÷78], że kryterium (8) jest tylko wskaźnikiem zawilgocenia izolacji i informuje, czy dany silnik należy suszyć przed włączeniem do pracy. Nie jest to kryterium określające stopień zużycia izolacji i porównywanie wartości współczynnika absorpcji przy kolejnych pomiarach nie może świadczyć o stopniu degradacji izolacji. W praktyce zdarza się, że kryterium (8) jest spełnione, izolacja sucha wręcz przesuszona, a jednocześnie całkowicie zużyta i silnik nie nadaje się do eksploatacji. Współczynnik absorpcji należy mierzyć przed uruchomieniem silnika po dłuższym postoju, w szczególności gdy zmieniły się warunki klimatyczne.

W literaturze [266] można spotkać wskazania odnośnie do wartości  $R_{60}$ . Jest tam stwierdzenie, że wartości  $R_{60}$  izolacji poszczególnych faz maszyny wirującej nie powinny się różnić między sobą więcej niż o 30% i nie powinny się różnić od  $R_{60}$  zmierzonych przy poprzedniej próbie więcej niż o 30%. Częstość pomiarów określają najczęściej instrukcje eksploatacji silników lub zalecenia branżowe lub zakładowe [266]. Mówi się bardzo często o obowiązku wykonania pomiarów w czasie przeglądów silników, ma to miejsce np. co 2 lata.

Przedstawione kryteria wydają się być niewystarczające. Mogą one dać jedynie zgrubną ocenę stanu izolacji i poinformować, czy izolacja jest np. zawilgocona. Dla większości silników pracujących w przemyśle są to kryteria dotyczące izolacji głównej. Tylko dla niewielkiej grupy silników (najwyższych mocy), które mają dostępne końce uzwojeń fazowych, pomiary wykonane zgodnie ze wskazaniami normy [189] umożliwiają ocenę izolacji głównej i międzyfazowej.

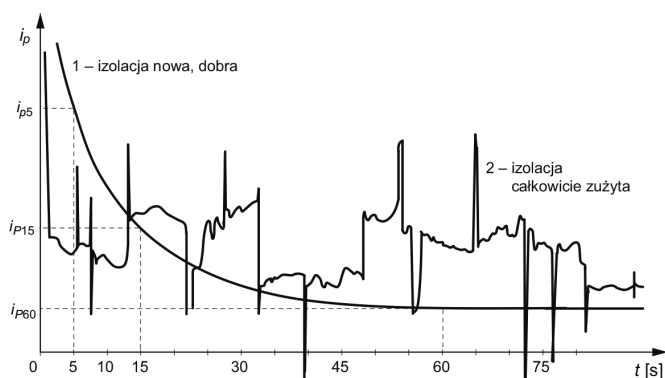
W niektórych zakładach produkujących i remontujących silniki WN w celu oceny stanu ich izolacji wykonuje się pomiary współczynnika stratności  $\text{tg}\delta$  przy napięciu zmiennym o częstotliwości 50 Hz. Z długoletnich doświadczeń w eksploatacji maszyn elektrycznych wynika, że zjawisku starzenia się izolacji towarzyszy zwiększanie się szczelin powietrznych pomiędzy poszczególnymi warstwami izolacji – tzw. spuchnięcie izolacji. Skutkuje to obniżeniem się wartości napięcia, przy którym pojawiają się wyładowania niezupełne. W pracy [138] podano, że izolacja uzwojeń silnika powinna spełniać warunek:

$$\text{tg}\delta_{0,75U_N} - \text{tg}\delta_{0,25U_N} \leq 0,02. \quad (9)$$

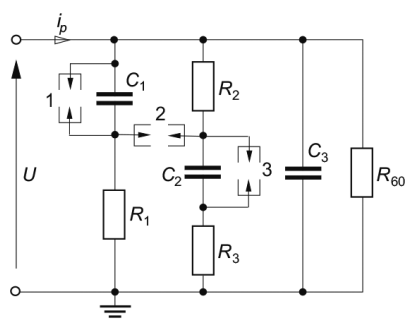
Do oceny przebiegu starzenia się izolacji używa się wskaźnika zmian  $\text{tg}\delta$ , czyli różnicy zmian między wartościami  $\text{tg}\delta$  zmierzonymi przy kolejnych pomiarach. Żąda się, aby zmiany nie przekraczały wartości 0,008 [138]. Pomiary  $\text{tg}\delta$  należy w miarę możliwości wykonać dla każdej fazy oddzielnie. Różnice uzyskanych wartości dla poszczególnych faz mogą świadczyć o istnieniu lokalnych uszkodzeń izolacji. Różnice między  $\text{tg}\delta$  dla poszczególnych faz nie powinny być większe niż 0,004 [138].

Zdaniem autorów pomiar  $\text{tg}\delta$  w istotny sposób wzbogaca informacje o stanie izolacji maszyn elektrycznych uzyskane z pomiarów wskazanych w normie [189]. Należy pamiętać [138], że wartości  $\text{tg}\delta$  izolacji można wyznaczyć tylko w przypadku układu o parametrach stałych. Jeżeli izolacja jest na tyle





Rys. 2. Przebieg czasowy natężenia prądu upływu  $i_p(t)$  układu izolacyjnego po skokowym załączeniu napięcia stałego: 1 – dla nowej izolacji (zdrowej), 2 – dla izolacji całkowicie zużytej [76÷79]



Rys. 3. Schemat zastępczy układu izolacyjnego [76÷79]

zużyta [76 ÷78], że w schemacie zastępczym izolacji następuje ciągle zwieranie i rozwieranie pojemności  $C_1$  i  $C_2$  (rys. 3), układ przestaje być układem o stałych parametrach, a kryterium tgδ do oceny stanu izolacji nie powinno być stosowane.

## 2.2. Metody prof. Tadeusza Glinki wykorzystujące pomiary napięciem stałym

W eksploatacji silników indukcyjnych WN oraz innych maszyn elektrycznych pożądane są jednoznaczne kryteria pozwalające określić stopień zużycia izolacji. Służby utrzymania ruchu elektrycznego muszą mieć bazę odniesienia, na podstawie której można by porównywać proces starzenia się izolacji silników w kolejnych latach ich eksploatacji.

W rezultacie długoletnich badań, diagnozując stan izolacji eksploatowanych w przemyśle krajowym maszyn elektrycznych, prof. Glinka opracował metody oceny stanu izolacji przy wykorzystaniu pomiarów napięciem stałym. Metody przedstawiono w bogatej literaturze [76 ÷79]. Metoda oceny izolacji głównej jest już na tyle uznana, że została wpisana do Polskiej Normy PN-E-04700 jako próba nieobowiązkowa [189].

### 2.2.1. Metoda prof. Tadeusza Glinki oceny izolacji głównej

Zachowanie się układu izolacyjnego o dużym stopniu zużycia przy badaniach metodą prądu stałego w sposób zasadniczy różni się od zachowania dobrego układu izolacyjnego. Ilustruje

# Lider w Badaniach, Rozwoju i Eksploatacji Maszyn Elektrycznych

Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Centrum Napędów i Maszyn Elektrycznych to lider wśród jednostek zajmujących się problematyką maszyn i napędów elektrycznych, rozwojem, projektowaniem, badaniami, eksploatacją oraz diagnostyką.

Zakres prac:

- Badania stosowane, przemysłowe i prace rozwojowe dotyczące napędu elektrycznego i wszelkiego typu maszyn elektrycznych wirujących oraz transformatorów
- Kompleksowe projektowanie i opracowywanie dokumentacji technicznej maszyn elektrycznych wirujących
- Wdrażanie elektrycznych układów napędowych
- Opracowanie oraz wykonanie systemów sterowania elektrycznych układów napędowych
- Wykonywanie modeli fizycznych i prototypów do badań maszyn i napędów elektrycznych
- Badania laboratoryjne modeli fizycznych i prototypów maszyn elektrycznych wirujących



**Łukasiewicz**

Górnośląski Instytut Technologiczny

**Tabela 1.** Kryteria oceny wyników badań izolacji metodą T. Glinki [76÷79]

Lp.	Parametr układu izolacyjnego	Stan techniczny izolacji				
		dobry	dostateczny	niedostateczny		
				izolacja zużyta	izolacja zawilgocona	
1.	Napięcie przebicia $U_p/U_N$	>3	>2	~1,5	≈1	
2.	Rezystancja $R_{60N}$ przy $U_N$	> 10 kW/V	> 3 kW/V	> 3 kW/V	< 1 kW/V	
3a.	Czas zwarcia $t_z$ [s]	dla $U_N = 6$ kV	≥ 30	≈ 10	1	0,1
		dla $U_N < 6$ kV	≥ 10	≈ 5	0,5	0
3b.	Maksymalna wartość napięcia odbudowanego $U_{od\ max}/U_N$	> 0,1	> 0,05	0	0	
3c.	Czas odbudowy napięcia $t_{od}$ [s]	dla $U_N = 6$ kV	> 120	≈ 30	0	0
		dla $U_N < 6$ kV	> 30	≈ 15	0	0
4.	Wahania prądu upływu $\frac{I_{p60max} - I_{p60min}}{I_{p60}}$ przy $U_N$	< 0,5	< 2	> 5	0	
5.	$i_{p15}/i_{p60} = R_{60}/R_{15}$	> 1,5	> 1,2	≈ 1	= 1	

to przykładowo wynik badania przedstawiony na rys. 2, na którym przedstawiono porównanie wyników pomiarów prądu upływu  $i_p$  po skokowym załączeniu napięcia stałego o wartości  $U_0$ . W przypadku nowej izolacji, nieuszkodzonej, natężenie prądu  $i_p$  maleje wykładniczo z upływem czasu do wartości  $U_0/R_{60}$ ,  $U_0/R_{600}$ . Dla izolacji bardzo mocno zużytej natężenie prądu nie ustala się, a charakter jego zmian w funkcji czasu jest stochastyczny, z możliwymi obszarami, w których kierunek prądu zmienia się na przeciwny, co oznacza, że w tych przedziałach czasu prąd płynie od izolacji do źródła zasilania [76÷79]. Autor metody po analizie zjawisk zachodzących w izolacji zużytej zaproponował schemat zastępczy przedstawiony na rys. 3. Jest to schemat inny niż schematy najczęściej spotykane w literaturze [293], które dotyczą nowej izolacji.

Na schemacie z rys. 3  $C_1$  i  $C_2$  to pojemności wewnętrzne izolacji, które przedstawiają rozwarstwienie i popękanie izolacji. W takich miejscach zdarzają się wewnętrzne wyładowania [76÷79]. Odpowiada temu w schemacie zastępczym układu izolacyjnego zwieranie lub rozwieranie pojemności  $C_1$  i  $C_2$  iskiernikami 1, 2 i 3. Przy chwilowym zwarciu iskiernika 2 i rozwartych iskiernikach 1 i 3 prąd upływu  $i_p$  zmienia znak, co odwzorowuje charakter zmian prądu  $i_p$  z rys. 2 dla izolacji całkowicie zużytej [76÷79].  $C_3$  to pojemność powierzchniowa,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  to rezystancje wewnętrzne, a  $R_{60}$  reprezentuje rezystancję zastępczą izolacji zmierzoną prądem stałym po 60 s, czyli w stanie ustalonym [76÷79].

Badanie układu izolacyjnego napięciem stałym metodą prof. Glinki obejmuje następujące próby [76÷79]:

- wyznaczenie charakterystyki  $R_{60} = f(U)$ , o ile to jest możliwe, w przedziale napięcia od 0 do  $2U_N$ ;
- pomiar zmian w czasie prądu upływu  $i_p$  po skokowym załączeniu napięcia stałego o wartości  $U_N$  na całkowicie rozładowany układ izolacyjny;
- naładowanie układu izolacyjnego do napięcia znamionowego, aż do stanu ustalonego, a następnie odłączenie napięcia zasilającego i zwarcie układu izolacyjnego na czas  $t_z$  po czym rozwarcie układu izolacyjnego i pomiar charakterystyki odbudowy napięcia na układzie izolacyjnym  $U_{od}(t)$ .

Pierwsze dwie próby są stosowane w badaniach okresowych izolacji, gdyż są zalecane w instrukcjach eksploatacji maszyn elektrycznych. Jednak zakres tych prób ogranicza się zwykle

do jednej wartości napięcia 2500 V, 1000 V bądź 500 V. W proponowanym programie badań diagnostycznych rozszerza się zakres tych prób na wyznaczenie charakterystyki  $R_{60} = f(U)$ , jeśli jest to możliwe do  $2U_N$  i wyznaczenie  $i_p = f(t)$  przy  $U_N$ .

Próba trzecia jest próbą pomysłu prof. Glinki i jest najważniejszą dla diagnostyki stanu technicznego izolacji i oceny stopnia jej zużycia [76÷79].

T. Glinka w swoich publikacjach [76÷79] bardzo dokładnie opisał układ pomiarowy oraz technikę pomiarów, którą należy stosować przy proponowanej metodzie diagnozowania izolacji maszyn elektrycznych.

Opierając się na przeprowadzonych pomiarach, wyznacza się następujące charakterystyki i parametry układu izolacyjnego:

- wykres rezystancji izolacji  $R_{60} = f(U)$  w zakresie napięcia od 0 do  $2U_N$ , z którego wyznacza się rezystancję  $R_{60}$  dla  $U_N$ ;
- szacuje się wartość spodziewanego napięcia przebicia układu izolacyjnego  $U_p$ , ekstrapolując krzywą  $R_{60} = f(U)$ ;
- wykres odbudowy napięcia  $U_{od}(t)$  na układzie izolacyjnym, z którego wyznacza się czas odbudowy  $t_{od}$  i wartość maksymalną odbudowy napięcia  $U_{od\ max}$ ;
- współczynnik absorpcji układu izolacyjnego  $i_{p15}/i_{p60}$ ,  $R_{60}/R_{15}$ ;
- poziom wahań prądu upływu  $I_{p60max}$  i  $I_{p60min}$  liczony po czasie  $t = 60$  s od chwili załączenia napięcia.

Wyznaczone charakterystyki i parametry określają stan techniczny izolacji. W publikacjach poświęconych temu zagadnieniu, np. [76÷79], podano kryteria oceny stanu izolacji na podstawie wymienionych charakterystyk i parametrów – tabela 1.

Podanym w tabeli ocenom stanu technicznego izolacji prof. Glinka przypisał również ocenę punktową stopnia zużycia, od 5 do 0 punktów. Jest ona następująca:

- 5 – izolacja bardzo dobra (nowa);
- 4 – izolacja dobra (ma obniżone parametry odbudowy napięcia i rezystancji);
- 3 – izolacja dostateczna (małe wartości odbudowy napięcia, co oznacza znaczny stopień jej zużycia lub zabrudzenie);
- 2 – izolacja mniej niż dostateczna (napięcie nie odbudowuje się po czasie zwarcia 1 s, stopień zabrudzenia jest duży);
- 1 – izolacja niedostateczna, w czasie pracy maszyny występuje realne zagrożenie doziemienia uzwojenia;
- 0 – trwałe uszkodzenie izolacji (doziemienia, zwarcia zwojowe), stan awaryjny, zużycie 100%.

Autor metody [76÷79], opierając się na własnym doświadczeniu, określa częstość badań silników napięciem stałym. I tak, powinny one być wykonywane;

- co 5 lat dla silników o dobrym stanie izolacji;
- co 2 lata dla silników o pogorszonym stanie izolacji;
- co 1 rok dla silników o pogorszonym stanie izolacji i pracujących w odpowiedzialnych układach napędowych.

Na podstawie swojego doświadczenia co do eksploatacji prognozuje, że maszyny elektryczne z izolacją ocenianą na 5, 4 i 3 będą pracować niezawodnie co najmniej tyle lat, ile wynosi ocena punktowa.

Metoda T. Glinki w krajowych zakładach przemysłowych jest bardzo często stosowana jako wielokryterialna metoda prądu stałego (WMPS) – rys. 4–6. Przykładem może być Elektrownia

Opole, gdzie od 1992 roku prowadzone są systematyczne pomiary stanu izolacji maszyn elektrycznych napięciem stałym. Wyniki tych prac są zebrane w [147, 148].

Wykorzystując zależność  $R_{60} = f(t)$  i przebiegi czasowe  $I_p = f(t)$ ,  $U_{odb} = f(t)$ , opracowano empiryczny, syntetyczny współczynnik kondycji izolacji DFŁ (Patent nr 203761) opisany wzorem:

$$DF\dot{L} = \frac{I_{pu} U_n}{t_{od} \frac{U_p}{U_n}} \left[ \frac{\mu AV}{s} \right], \quad (10)$$

Maszyna o dobrym stanie izolacji powinna spełniać warunek [148, 149]:

$$DF\dot{L} < DF\dot{L}_{WZ}. \quad (11)$$

Wzorcowy wskaźnik izolacji należy wyznaczać na podstawie pomiarów nowej maszyny, wysuszonej, przed jej oddaniem do eksploatacji. Granice wartości liczbowych współczynnika DFŁ są różne dla różnych rodzajów maszyn elektrycznych i różnych poziomów napięć pracy.

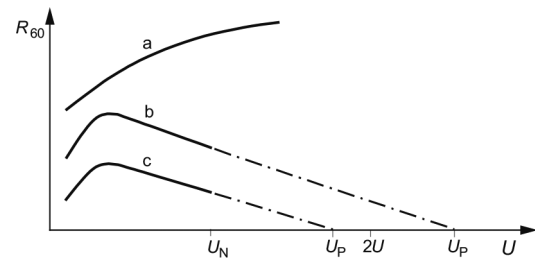
### 2.3. Metoda prof. Tadeusza Glinki i zespołu do oceny izolacji zwojowej

W 2009 roku w pracy doktorskiej pt. „Badania diagnostyczne stopnia zużycia izolacji głównej i zwojowej w maszynach elektrycznych” autorstwa Adama Decnera przedstawiono nowe zastosowanie metody prądu stałego do oceny diagnostycznej izolacji zwojowej [45÷49]. Metoda polega na badaniu przebiegu napięcia na uzwojeniu po przerwaniu prądu stałego płynącego w uzwojeniu. Metoda w ocenie jej twórców dobrze się sprawdza jako metoda porównawcza jakości izolacji zwojowej w poszczególnych fazach uzwojenia maszyny 3-fazowej. Twórcy przeprowadzili badania zarówno na pojedynczych cewkach maszyn elektrycznych o różnym stopniu zużycia izolacji, jak i na uzwojeniach zabudowanych w maszynach. Symulacje komputerowe i badania eksperymentalne wykazały, że po przerwaniu prądu stałego płynącego w uzwojeniu [45÷49]:

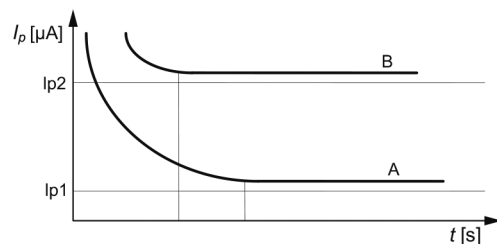
- fala napięciowa generowana w uzwojeniu indukuje się w każdym zezwoju, a więc rozkłada się równomiernie na zezwojach;
- częstotliwość oscylacji zależy wyłącznie od indukcyjności uzwojenia  $L_{Cu}$  i pojemności układu izolacyjnego  $C_{iz}$ , a współczynnik tłumienia – od rezystancji uzwojenia i rezystancji izolacji zwojowej  $R_{Cu}$ ,  $R_{iz}$ .

Proponowany przez autorów metody sposób pomiaru jest następujący:

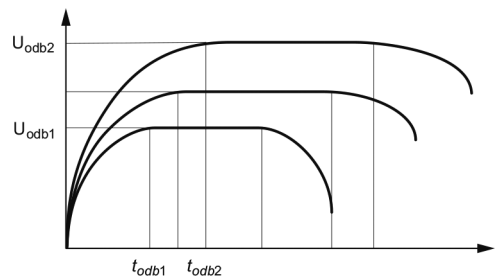
- Mając dostęp do końcówek uzwojenia każdej fazy należy wymusić przepływ prądu stałego w danej fazie na poziomie kilku procent prądu znamionowego badanej maszyny (np. 5%). Prąd ten jest bezpieczny dla układu izolacyjnego maszyny. Ponadto jest możliwe wymuszenie zawsze tej samej wartości prądu dla kolejnych badań.
- Kryterium oceny jest częstotliwość napięcia indukowanego i obwiednia przebiegu napięcia po przerwaniu prądu probierczego. Różnice w częstotliwości, już na poziomie 5%, i zmiana kształtu obwiedni dla faz uzwojenia świadczą o pogorszeniu się izolacji zwojowej uzwojenia [45÷49].



Rys. 4. Charakterystyka rezystancji izolacji  $R_{60} = f(U)$ : a – niewyznaczalne hipotetyczne napięcie przebicia, b – napięcie przebicia  $U_p > 2U_N$ , c – napięcie przebicia  $U_p < 2U_N$  [147, 148]



Rys. 5. Uogólniony obszar przebiegów czasowych  $I_p(t)$  w układzie izolacyjnym silników [147, 148]

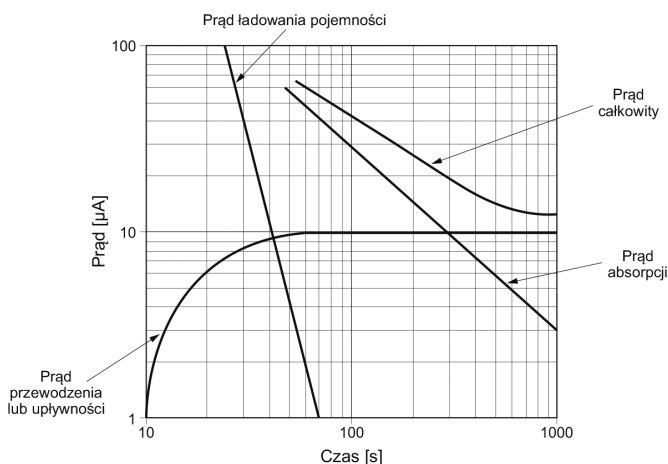


Rys. 6. Uogólniony obszar charakterystyk  $U_{odb} = f(t)$  [147, 148]

### 3. Metoda na podstawie pomiarów PI, C, SV, DD – test Meggera

Oceniając stan izolacji maszyn elektrycznych na podstawie wartości  $R_{15}$ ,  $R_{60}$ , a w ogólności na podstawie pomiarów rezystancji wykonanych w krótkim odstępie czasu, zauważono [130, 153, 154], że ze względu na charakter zmian prądu w czasie pomiaru można popełnić duże błędy. Charakter zmian prądu w izolacji podczas pomiaru stanu izolacji silnika prądem stałym przedstawiono na rys. 7. W szczególności pomiar  $R_{15}$  ma miejsce na stromym odcinku charakterystyki  $i(t)$ , co może skutkować błędami w pomiarze [130, 153, 154]. Powstał pomysł pomiarów stanu izolacji na podstawie pomiarów w długim przedziale czasu. W firmach Megger, Fluke, Adwel, Vanquard Instruments Company oraz AEMC Instruments [130, 153, 154, 266] opracowano aparaturę i metodę do oceny stanu izolacji maszyn elektrycznych, w tym silników WN na podstawie pomiarów wykonanych w przedziale 10–30 minut i dłuższym.

Metoda nazywana testem Meggera (od nazwy firmy Megger) opiera się na pomiarze [130, 153, 154]:



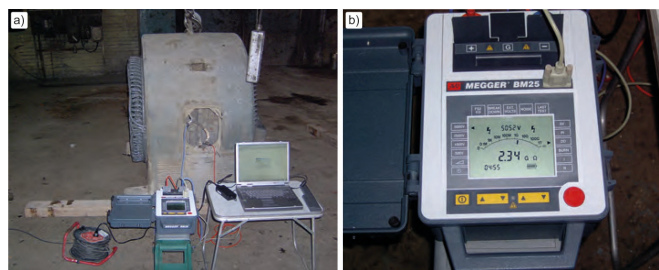
Rys. 7. Prąd w izolacji podczas pomiaru jej stanu [130, 153, 154]

- (a) wskaźnika polaryzacji PI (*Polarization Index*):  $PI = R_{10\ min} / R_1$ , czyli  $R$  zmierzone po 10 minutach do  $R$  zmierzonego po 1 minucie od podania napięcia pomiarowego (dla stojana silnika indukcyjnego WN zalecane jest  $U = 5\ kV$ );
- (b) pojemności układu izolacji  $C$ ;
- (c) pomiary rozładowania dielektryka DD (*Dielectric Discharge*).

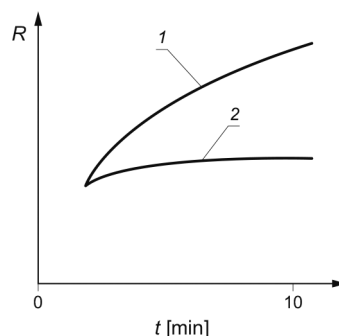
Na rysunku 8 przedstawiono zdjęcie z testu Meggera wykonywanego na przykładowym silniku w cementowni „ODRA” S.A.

W czasie pomiarów stanu izolacji stwierdzono doświadczalnie, że w maszynie elektrycznej, która ma dobrą izolację, wzrost rezystancji izolacji ma miejsce w długim przedziale czasu, natomiast dla maszyny, która ma izolację zawilgoconą lub zabrudzoną, wartość rezystancji ustala się bardzo szybko – krzywa  $R$  w funkcji czasu jest płaska (w ciągu 10 minut, co zilustrowano na rys. 9). Pomiar izolacji w dłuższym przedziale czasu stał się w pomiarach diagnostycznych izolacji standardem. Wszystkie mierniki do oceny stanu izolacji renomowanych firm produkujących sprzęt diagnostyczny są przystosowane do takich pomiarów, producenci sprzętu nawet nie przewidują w opcji podstawowej pomiaru  $R_{60}/R_{15}$ .

Obecność trzech składowych prądu podczas pomiarów stanu izolacji – prądu ładowania pojemności, prądu absorpcji i prądu upływu – powoduje, że pomiar prądu polaryzacji jest trudny. W fazie rozładowania pomiar ten jest znacznie prostszy. Podczas pomiaru parametru DD pojemność izolacji jest ładowana przez długi czas – zalecane 30 min. Po tak długim czasie proces ładowania i polaryzacji jest zakończony. W izolacji płynie tylko prąd upływu. Następnie izolacja jest rozładowywana. Prąd jest mierzony po upływie 1 min, aby wyeliminować składową rozładowania pojemności. Oprócz prądu mierzona jest pojemność  $C$  badanego układu izolacji i napięcie pomiarowe, probiercze,



Rys. 8. Zdjęcie układu pomiarowego do testu Meggera wykonywanego na przykładowym silniku w cementowni „ODRA” S.A.: a) pomiar na silniku, b) widok miernika Meggera



Rys. 9. Zmiany rezystancji izolacji w funkcji czasu próby: krzywa 1 – dla silnika z izolacją dobrą, krzywa 2 – dla silnika z izolacją wadliwą [130, 153, 154]

Tabela 2. Wielkości określające stan izolacji silników [153]

Stan izolacji	PI	$R_{60}/R_{15}$	DD
Słaby	< 1	< 1	> 4
Niejasny	1÷2	1÷1,4	2÷4
Dobry	2÷4	1,4÷1,6	< 2

$U$  cyklu ładowania. Wartość wskaźnika DD jest obliczona ze wzoru

$$DD = \frac{I_{1\ min}}{U \cdot C} \left[ \frac{mA}{V \cdot F} \right]. \quad (12)$$

Wskaźnik DD jest zależny od temperatury [130, 153, 154]. Porównania wartości DD należy przeprowadzać dla zbliżonych warunków termicznych. W tabeli 2 przedstawiono omawiane wielkości określające stan izolacji silników WN. Wskaźnik DD dla złego stanu izolacji przyjmuje wartości większe od 7.

Na rysunku 10 przedstawiono charakter zmian prądu w izolacji podczas rozładowania dielektryka. Pomiar wskaźnika

reklama



**ROBOTYKA.PL**

centrum polskiej robotyki

DD jest szczególnie przydatny przy pomiarach stanu izolacji maszyn elektrycznych WN mających izolację wielowarstwową [130, 153, 154]. Ten typ izolacji jest obecnie dominujący.

### 3.1. Badanie napięciem narastającym schodkowo – SV (Step Voltage)

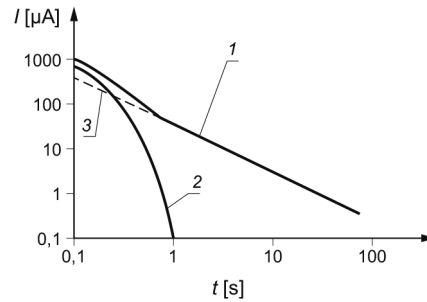
Idealna izolacja ma jednakową rezystancję niezależnie od napięcia probierczego [130, 153, 154]. Izolacja zużyta, izolacja z wadami, ma rezystancję wyraźnie zmniejszającą się przy wyższych napięciach. Zilustrowano to na rys. 11 i 12. Na rysunku 11 jest pokazana zależność rezystancji od napięcia probierczego dla izolacji dobrej, natomiast na rys. 12 – przypadek tej samej izolacji po częściowym jej zużyciu. Technicznie ten rodzaj pomiaru jest wykonywany przy napięciu narastającym schodkowo – SV. Przykładowo, przy użyciu miernika firmy Megger BM 25 pomiar rezystancji wykonuje się w czasie 5 min. Napięcie probiercze w czasie pomiaru wzrasta o 1 kV co 1 min. Aparatura diagnostyczna czołowych, światowych firm produkujących aparaturę do oceny stanu izolacji maszyn elektrycznych umożliwia pomiary wielkości wymienionych w punktach (a)÷(c) [130, 153, 154].

### 3.2. Metoda udarów napięciowych, test Bakera

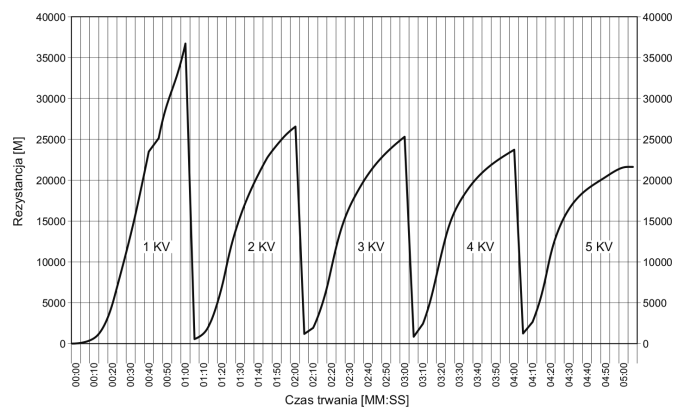
Uszkodzenia izolacji uzwojenia lub zwarcie w uzwojeniu powodują zmianę pojemności  $C_b$  i indukcyjności  $L$ , a tym samym częstotliwości oscylacji  $f$  [232, 304, 305]. Przykładowe wyniki pomiarów charakterystyk napięciowo-czasowych przykładowych uzwojeń pokazano na rys. 9.13÷9.15. W pamięci urządzenia pomiarowego przechowuje się przebiegi referencyjne uzyskane dla uzwojeń wzorcowych – wyniki pomiarów uzyskane przy odbiorze silnika dla nowej izolacji. W celu oceny stanu izolacji przeprowadza się porównania wyników otrzymanych na bieżąco z wynikami wcześniejszymi. Porównuje się również między sobą tłumione oscylacyjne przebiegi napięcia na badanych uzwojeniach silnika (na poszczególnych uzwojeniach fazowych) i porównuje się wyniki dla badań międzyfazowych. Określa się różnice pomiędzy wynikami. Obliczenia wykonuje komputer i podaje różnice w procentach. Zmieniający się kształt napięcia jest charakterystyczny przy osłabieniu izolacji zwojowej. Przebiegi czasowe odpowiedzi dla takich uzwojeń „przesuwają” się w lewo. Duża asymetria indukcyjności może również być skutkiem błędnego połączenia cewek uzwojenia w czasie montażu.

Najnowsze testery izolacji firmy SKF BAKER (obecnie Megger) trudno nazywać testerami impulsowymi. Producent wyposażył je w panel pomiaru małych rezystancji (do pomiaru rezystancji uzwojeń) oraz w panel do pomiaru najważniejszych wielkości z testu Meggera (do oceny izolacji głównej). Oczywiście oprócz tych paneli znajduje się panel do badań impulsowych na coraz to wyższe napięcia i na coraz to większe moce. Do obsługi testerów dedykowane jest specjalistyczne oprogramowanie, umożliwiające również archiwizację wyników pomiarów.

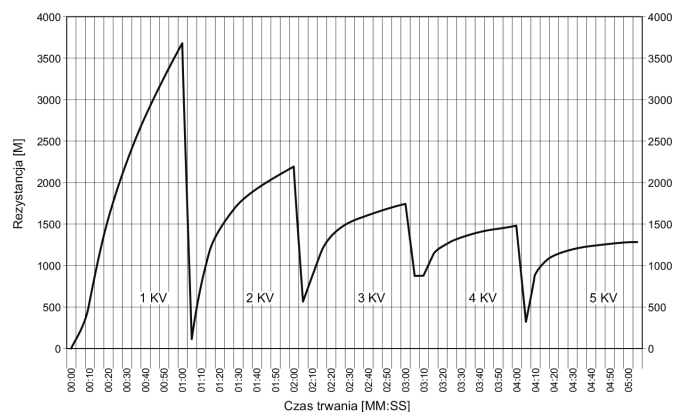
Metoda udarów napięciowych jest coraz częściej stosowana do diagnostyki stanu izolacji silników. Zdjęcia z pomiarów diagnostycznych izolacji uzwojeń przyrządem SKF BAKER



Rys. 10. Prąd płynący w izolacji podczas rozładowania dielektryka: 1 – prąd całkowity, 2 – prąd pojemnościowy, 3 – prąd reabsorpcji [130, 153, 154]



Rys. 11. Zmiany rezystancji izolacji w funkcji napięcia probierczego – izolacja w dobrym stanie technicznym, pomiar metodą SV

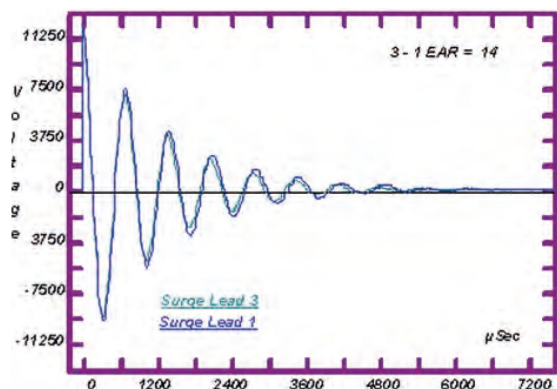


Rys. 12. Zmiany rezystancji izolacji w funkcji napięcia probierczego – izolacja częściowo zużyta, pomiar metodą SV

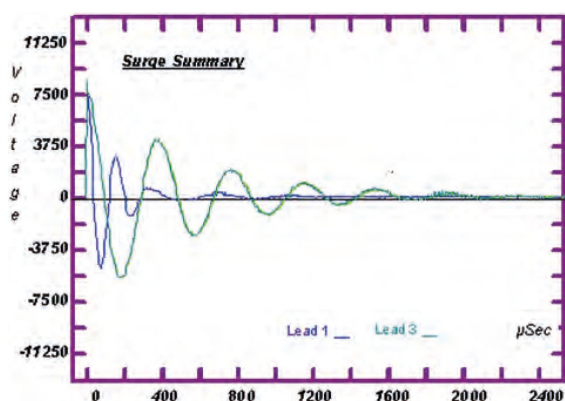
przykładowego silnika w cementowni „ODRA” S.A. przedstawiono na rys. 16.

### 3.3. Ocena stanu izolacji na podstawie pomiarów wyładowań niezupełnych

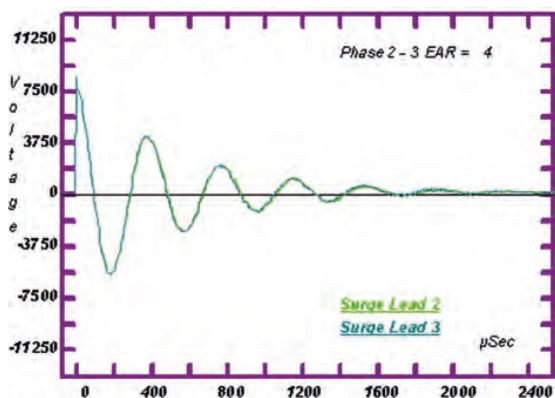
Złożona struktura materiałów izolacyjnych stosowanych w silnikach indukcyjnych WN i specyfika procesu technologicznego



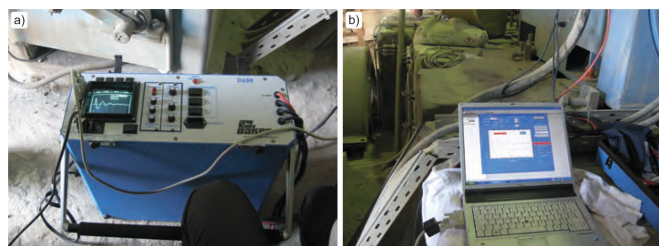
Rys. 13. Charakterystyka napięciowo-czasowa uzwojenia silnika z osłabioną izolacją zwojową [232]: Voltage - napięcie, µSec - mikrosekundy, 3 - 1 EAR = 14 - 3 i 1 różnica = 14%, Surge Lead 3 - oscylacja dla cewki 3, Surge Lead 1 - oscylacja dla cewki 1



Rys. 14. Charakterystyka napięciowo-czasowa błędnie połączonego uzwojenia silnika [232]: Voltage - napięcie, µSec - mikrosekundy, 3 - 1 EAR = 14 - 3 i 1 różnica = 14%, Surge Summary - oscylacja dla wszystkich cewek, Lead 1 - cewka 1, Lead 2 - cewka 2, Lead 3 - cewka 3



Rys. 15. Charakterystyka napięciowo-czasowa uzwojenia z dobrą izolacją zwojową [232]: Voltage - napięcie, µSec - mikrosekundy, Phase 2 - 3 EAR = 4 - uzwojenie fazowe 2 i 3 różnica = 4%, Surge Lead 2 - oscylacja dla cewki 2, Surge Lead 3 - oscylacja dla cewki 3



Rys. 16. Zdjęcie z testu BAKERA wykonywanego na przykładowym silniku w cementowni „ODRA” S.A.: a) pomiar na silniku, b) widok na komputer pomiarowy

ich układu izolacyjnego mogą być przyczynami powstania wewnętrznych defektów – najczęściej w postaci: wtrącin powietrznych, obszarów o zmiennej przenikalności dielektrycznej, ostrych mikronierówności powierzchniowych itp. [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷249, 250÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315].

Jak już wspomniano, układy izolacyjne silników WN pracują w warunkach wieloczynnikowego narażenia, co powoduje, że w czasie eksploatacji maszyn powiększają się defekty już istniejące oraz powstają nowe. Procesowi starzenia się izolacji towarzyszy zjawisko wyładowań niezupełnych – *wnz* (ang. *Partial Discharge* – PD). Wyładowania niezupełne są wyładowaniami występującymi wewnątrz zaizolowanego układu, który tylko częściowo zwiera izolację między przewodnikami, a izolacje te mogą przylegać do przewodnika lub do niego nie przylegać [84]. Są one ogólnie uważane za wyładowania lokalne w izolacji i w wielu przypadkach ze znacznym wyprzedzeniem poprzedzają całkowite przebicie izolacji [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315]. W ogólności *wnz* stanowią skutek miejscowej koncentracji napiężeń w izolacji lub na jej powierzchni. Mają zwykle postać impulsów o czasie trwania krótszym od 1 ms [84]. Jeżeli lokalne pole elektryczne przekroczy określoną granicę inicjacji wyładowania (np. dla powietrza  $E = 3 \text{ kV/mm}$  [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315]), to w obecności elektronu startowego formuje się lawina elektronów. Zjawisko to jest ograniczone w przestrzeni i ma charakter przejściowy [84]. Skutkiem występowania tego typu zjawisk w układzie jest stopniowe osłabienie izolacji, w szczególności w wyniku kumulowania się uszkodzeń przy niegasnących *wnz* [84]. Jest to jedna z przyczyn starzenia eksploatacyjnego izolacji. Jak wynika z badań [84], *wnz* są głównym objawem uszkodzenia izolacji wywołanego jej zestarzeniem. Z tego powodu detekcja *wnz* izolacji jest ważnym elementem oceny jej stanu

[84]. Energia elektronów w *wnz* może osiągać poziom 10–20 eV (energia jonizacji) [84]. Zależnie od rodzaju wiązań w materiale izolacyjnym energia ta może powodować przerwanie wiązań chemicznych (np. w polimerach przerwanie następują powyżej 5 eV). Skutkiem tego jest prosta ablacja lub erozja materiału narażonego na *wnz*, zmiana jego właściwości i struktury chemicznej, a w końcowym etapie nawet zwęglenie [84]. Zagadnienie to jest przedstawione w literaturze [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷249, 250÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315].

Na izolację uzwojeń maszyn elektrycznych dobiera się materiały, które cechuje duża odporność na *wnz*. Materiałem takim jest np. mika. Jak wykazują badania [84], maszyny elektryczne, w tym silniki WN, mające izolację na bazie miki, mogą pracować przy ładunku *wnz* rzędu tysięcy pC.

Pomimo swej lokalnej natury *wnz* są zjawiskiem niezwykle złożonym, wykazują zachowania chaotyczne, niestacjonarne [84]. Złożoność tego zjawiska wynika z dużej liczby i różnorodności warunków geometrycznych i materiałowych, w których *wnz* mogą zaistnieć.

W ostatnich kilku latach obserwuje się coraz częściej wykorzystywanie *wnz* do diagnostyki stanu izolacji maszyn elektrycznych WN, głównie dzięki szybkiemu rozwojowi techniki cyfrowej, która umożliwia przetwarzanie i analizę informacji z pomiarów *wnz* [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷249, 250÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315]. Zagadnienie wykorzystania *wnz* do diagnostyki stanu izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych off-line jest przedstawione w literaturze [1÷9, 17÷23, 25, 33, 34, 37, 40÷42, 45÷49, 57÷73, 75÷82, 84, 88÷97, 105÷109, 112, 113, 115÷129, 131, 140÷142, 145, 148, 149, 154, 155, 159, 160, 162, 163, 165÷174, 180÷190, 193, 195÷198, 200÷211, 233, 236÷239, 244÷249, 250÷270, 275÷291, 293, 296÷306, 309÷314, 315]. ■

Artykuł pochodzi z książki:

„Utrzymanie ruchu w przemyśle”, S.Szymaniec, M.Kacperak.

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2020

reklama



## Producent izolatorów



Zapraszamy do współpracy • [www.boplast.pl](http://www.boplast.pl)

# Bezpieczeństwo aplikacji robotów z wykorzystaniem ROS

David Portugal, Miguel A. Santos, Samuel Pereira i Micael S. Couceiro

## Wprowadzenie

Roboty stają się częścią naszego codziennego życia w społeczeństwie. Oprócz szerokiego zastosowania w przemyśle, obecnie roboty odgrywają ważną rolę w zastosowaniach domowych, medycznych, kosmicznych i wojskowych. Ostatnie badania zaprezentowały znaczące innowacje również w innych dziedzinach, takich jak robotyka społeczna, robotyka polowa czy inteligentne pojazdy. Powszechne zastosowanie robotów w tych dziedzinach zostało znacznie przyspieszone ze względu na ostatnie postępy w dziedzinie kontroli, sztucznej inteligencji (SI), podejmowania decyzji, uczenia się robotów, lokalizowania i mapowania, planowania ruchu, wizji komputerowej, rozwoju czujników i innych istotnych dziedzin [1].

Oczywiście wraz z rosnącą liczbą robotów w naszym społeczeństwie rodzi się obawa o bezpieczeństwo. Jest to jednak często pomijany problem w systemach robotycznych, ponieważ nacisk kładziony jest na funkcjonalność i innowacje robotów. Nieautoryzowany dostęp do robota lub sieci używanej przez roboty może poważnie zagrozić systemowi, potencjalnie prowadząc do niedopuszczalnych konsekwencji, takich jak narażenie ludzi, którzy dzielą środowisko z robotem lub robotami [2].

Potencjalne zalety robotyki są jasne i szeroko udokumentowane. Wprowadzają jednak nowe obawy dotyczące bezpieczeństwa i prywatności. Systemy zrobotyzowane są budowane na tradycyjnych platformach komputerowych, połączonych z silownikami oraz innymi czujnikami i sprzętem, takim jak kamery. W momencie gdy systemy takie zostają połączone w sieć i łączą się z Internetem, stają się nie tylko narażone na te same cyberataki co tradycyjne

systemy komputerowe, ale także ujawniają zupełnie nowy zestaw problemów bezpieczeństwa związanych z obawami o prywatność w przypadku zhakowania lub co gorsza ze spowodowaniem krzywdy fizycznej.

Masowe wykorzystanie robotów prawdopodobnie zwiększy możliwości takich ataków. Jest to szczególnie problematyczne w obronie, medycynie i innych krytycznych dziedzinach dotyczących ludzi [2]. Jednakże uwzględnienie zagrożeń dla bezpieczeństwa i prywatności najwyraźniej nie było priorytetem dla twórców robotów wywodzących się zarówno ze środowisk akademickich, jak i z przemysłu. Wraz z tym nowym typem zagrożenia, wprowadzonym przez roboty mające dostęp do sieci, obecny moment jest idealny na dokładne przyjrzenie się obecnym praktykom bezpieczeństwa, zanim roboty z poważnymi wadami staną się wszechobecne [3].

Komisja Europejska (KE) na bieżąco śledzi kwestie prawne i etyczne związane z nowymi technologiami i niedawno zaproponowała szereg zaleceń w sprawie przepisów prawa cywilnego dotyczącego robotyki i SI [4]. W trosce o bezpieczeństwo i prywatność KE opracowała kodeks etycznego postępowania dla badaczy i twórców technologii robotycznych. Kodeks jest dobrowolny i służy jako wytyczne dla osób zaangażowanych w rozwój i wykorzystanie robotyki i technologii SI w celu zapewnienia zgodności z ustalonymi standardami. Zaproponowano także utworzenie europejskiej agencji robotyki i SI, której głównym celem byłoby dostarczanie władzom publicznym informacji dotyczących kwestii technicznych, etycznych oraz regulacyjnych w tych dziedzinach.

Pomimo ostatnich postępów, w finansowanych przez KE projektach z zakresu badań i rozwoju robotyki często pomija się kwestie bezpieczeństwa i prywatności. Jest to również powszechna praktyka w badaniach dotyczących robotyki, a nawet w dostępnych komercyjnych rozwiązaniach robotycznych (porównaj część „Kontekst”). Z tego powodu tworzenie bezpiecznych aplikacji robotów w środowiskach programowania ogólnego przeznaczenia jest konieczne. Jest to jeden z motywów trwającego projektu STOP R&D<sup>1</sup>, którego celem jest wdrożenie komercyjnego systemu bezpieczeństwa rozproszonych i współpracujących robotów do roku 2020. Pomimo ukierunkowanej przełomowej aplikacji w świecie rzeczywistym, zespół składający się z podmiotów publicznych i prywatnych, zajmuje się znalezieniem rozwiązania typowych błędów popełnianych podczas projektowania złożonych systemów, takich jak rozwiązania wykorzystujące dużą liczbę robotów [5].

W ostatnich dziesięcioleciach opracowano wiele różnych struktur robotów, jednak bez wątplenia najbardziej popularnym jest Robot Operating System (ROS)<sup>2</sup> [6]. Szereg funkcjonalności tego systemu doprowadziło do wprowadzenia ROS na całym świecie, stając się niemal standardowym oprogramowaniem pośredniczącym, tak wyczekiwany przez społeczność zajmującą się rozwojem robotów. A zatem kilka robotów od dostawców i instytutów badawczych obsługuje ROS. W większości przypadków korzystanie z robotów podłączonych do Internetu pozostaje ograniczone tylko do laboratoriów badawczych, jednak ich szersze zastosowanie w przyszłości wydaje się nieuniknione [7]. W tym rozdziale omówiono zagadnienie



bezpieczeństwa związane z aplikacją robotów, które wykorzystają ROS. Opierając się na wnioskach wyciągniętych z projektu STOP, dokonano przeglądu i omówiono kilka inicjatyw mających na celu zabezpieczenie ROS, a także ogólne środki bezpieczeństwa, które należy wdrożyć, aby uniknąć groźnych dla prywatności i bezpieczeństwa konsekwencji.

W kolejnej części tego rozdziału omówiono przełomowe prace dotyczące promowania bezpieczeństwa i prywatności w robotyce, natomiast w części „Obawy dotyczące bezpieczeństwa ROS” zidentyfikowano znane problemy z zakresu bezpieczeństwa ROS. Następnie, w części „Koncepcje dotyczące zabezpieczania aplikacji robotów bazujących na ROS”, przedstawiono i omówiono kilka ostatnich koncepcji, które podnoszą poziom bezpieczeństwa aplikacji ROS. Dodatkowo opisano ogólne badania i zalecenia mające na celu ochronę danych w projektach robotycznych, a na koniec rozdziału przedstawiono wnioski i perspektywy przyszłych prac.

### Kontekst

Dyskusja na temat bezpieczeństwa i ochrony robotów sięga „Trzech zasad robotyki” Asimova z 1950 roku [8], które stwierdzają, że:

1. Robot nie może zranić człowieka ani w wyniku bezczynności pozwolić, by człowiekowi stała się krzywda.

2. Robot musi być posłuszny rozkazom wydawanym przez ludzi z wyjątkiem przypadków, gdy takie rozkazy byłyby sprzeczne z pierwszym prawem.

3. Robot musi chronić swoje istnienie, o ile taka ochrona nie jest sprzeczna z pierwszym lub drugim prawem.

Jednak wraz z postępowaniem w robotyce naukowcy wykazali, że same te prawa nie są wystarczające do zarządzania zachowaniem robota [3].

Termin Cryptobotics został zaproponowany przez Morante'a i innych [2] jako jednolity termin na badania i zastosowania środków bezpieczeństwa komputerów i mikrokontrolerów w robotyce. W swojej pracy autorzy podkreślają potrzebę implementacji szyfrowanej komunikacji i analizowania wpływu szyfrowania na wydajność w czasie rzeczywistym, podnosząc w ten sposób świadomość programistów na temat opłacalności integrowania tych mechanizmów w zależności od konkretnego przypadku. Finnicum i King [9] scharakteryzowali kluczowe czynniki poprawiające bezpieczeństwo i prywatność w aplikacjach robotów, takie jak identyfikacja użytkownika, prawidłowe ujawnianie uprawnień aplikacji i kontrola nad własną prywatnością. Ponadto autorzy zaproponowali warstwową architekturę oprogramowania opartą na jądrze bezpieczeństwa dla aplikacji robotów. Co

więcej, Adi [10] skoncentrował się na wymaganiach bezpieczeństwa w zakresie projektowania technologii identyfikacji robotów, na zasadzie analogii do ludzkiego społeczeństwa, umożliwiając w ten sposób bezpieczne transakcje między robotami o unikatowej, weryfikowanej tożsamości.

W pracy [11] opisano ulepszenie bezpieczeństwa Interoperable Telesurgery Protocol (ITP). Odnosi się to do czterech kluczowych aspektów bezpieczeństwa: komunikacji, uwierzytelniania, autoryzacji oraz opracowywania i egzekwowania polityki bezpieczeństwa, opartych na opublikowanych standardach dotyczących rygorystycznych wymagań robotyki telechirurgicznej. Pomimo zapewnienia prywatności i integralności informacji w poszczególnych kanałach komunikacyjnych, komunikacja pomiędzy telechirurgiczną jednostką master i jednostką slave wymaga bardzo solidnego, redundantnego i bezpiecznego łącza komunikacyjnego. Autorzy twierdzą, że protokół spełniający te wymagania wciąż nie istnieje.

Z drugiej strony Yong i inni [12] zidentyfikowali zagrożenia dla rodzin z dziećmi podczas korzystania z robotów-zabawek sterowanych bezprzewodowo i zaproponował rozwiązania różnego poziomu zmniejszające ryzyko firmom zabawkarskim oraz konsumentom. Należą do nich: (i) strategie

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.

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

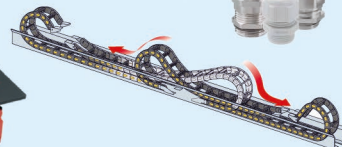
**HUGRO** – Dławice do kabli.

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

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

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

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



ochrony VoIP (kontrola rodzicielska i anonimowość), (ii) bezpieczne połączenia zdalnego sterowania (szyfrowanie i uwierzytelnianie), (iii) połączenia bezprzewodowe (funkcje bezpieczeństwa domowej sieci Wi-Fi), (iv) strategię kontroli rodzicielskiej wbudowane w komercyjne zabawki-roboty, (v) strategię ochrony kamer (efekty dźwiękowe, uwierzytelnianie), (vi) wspólna perspektywa ryzyka (odpowiedzialność rządu i przedsiębiorstwa zabawkarskiego, wymagane są prawne zobowiązania w celu ochrony bezpieczeństwa konsumentów), (vii) ogólne strategię ochrony (silne hasła, wymagana wstępna konfiguracja połączenia przewodowego, unikanie trybu *ad hoc*, używanie zaktualizowanego firmware, unikanie domyślnych portów itp.).

Istnieją również obawy związane z bezpieczeństwem sieci wieloagentowych. Na przykład Caiti i inni [13] opisali metodologię bezpiecznej współpracy w sieci autonomicznych mobilnych podwodnych czujników połączonych siecią akustyczną. Zaproponowany algorytm jest z natury niezawodny: wraz z utratą komunikacji pomiędzy pojazdami stopień pokrycia, czyli cel misji, ulega pogorszeniu, ale nie zostaje utracony. Proponowana forma wdzięcznej degradacji stanowi środek reakcji przeciwko atakowi Denial of Service (DoS). Aby zapewnić wiarygodność dostępnych informacji, zaprojektowano pakiet bezpieczeństwa oparty na paradygmacie komunikacji grupowej, w celu minimalizowania wymiany informacji pomiędzy pojazdami i zmniejszenia narzutu związanego z komunikacją pod względem liczby i rozmiaru wiadomości. Autorzy przedstawili dwie główne usługi bezpieczeństwa danych: Secure Dispatching Service (SDS) i Key Management Service (KMS). SDS dotyczy ochrony poufności i autentyczności wiadomości przez ich szyfrowanie i deszyfrowanie, a także generowania i weryfikacji dowodów ich autentyczności. KMS jest związany z cofaniem bieżącego klucza i dystrybucją nowego klucza, okresowo lub w momencie wyjazdu pojazdu.

Co więcej, wyzwania bezpieczeństwa w robotyce roju zostały zidentyfikowane w pracy [14]. Obejmują one: (i)

ograniczenia zasobów w zakresie przechowywania, przepustowości komunikacji, ograniczenia obliczeniowe i co najważniejsze ograniczenia energii ze względu na małe rozmiary urządzeń, (ii) fizyczne przechwytywanie i manipulowanie robotami, które mogą wpływać na zachowanie roju, (iii) trudną kontrolę podejścia do roju z powodu braku hierarchicznych punktów kontroli i nieodłącznego rozproszonego podejmowania decyzji, (iv) stosowanie różnego rodzaju jawnej i dorozumianej komunikacji, która może być zagłuszana, przechwytywana lub w inny sposób zakłócana, (v) mobilność fizyczną, która ma wpływ na uwierzytelnianie jednostki i dodatkowe kwestie bezpieczeństwa, (vi) tożsamość w roju w celu zagwarantowania i potwierdzenia pochodzenia danych, legalnej komunikacji, poufności, integralności i dostępności, (vii) zarządzanie kluczami kryptograficznymi ze względu na dynamiczny i interaktywny charakter roju, (viii) wykrywanie wtargnięcia ze względu na autonomiczny charakter robotów i zbiorowe zachowanie w sytuacjach awaryjnych, (ix) zarządzanie uczeniem się przez adaptację ze względu na wprowadzanie zmian przez złośliwe jednostki powodujące niepożądane dostosowywanie robotów. Wyzwania zidentyfikowane przez autorów, pomimo że dotyczące robotyki roju, przenoszą się do większości rozproszonych sieci wieloagentowych. Z tego powodu wczesne zajęcie się takimi problemami mogłoby zapobiec niepożądanym konsekwencjom dla wielu zastosowań tego typu technologii.

W innym kontekście, w pracy [15] przedstawiono informacje o licznych lukach, z którymi borykają się użytkownicy inteligentnych urządzeń gospodarstwa domowego. Pokazując tym samym, w jaki sposób narzędzia do monitorowania sieci i regularne techniki ataku DDoS mogą być łatwo wykorzystane do ataku na sieć Internetu rzeczy (IoT, ang. *Internet of Things*), z zamiarem osiągnięcia nielegalnych celów. Dotychczas wdrożono obiecujące, anonimowe podejście do komunikacji oparte na TOR<sup>3</sup>, tak aby pomóc użytkownikom inteligentnego domu chronić ich prywatność i zwiększyć bezpieczeństwo

systemu inteligentnego sprzętu gospodarstwa domowego przed cyberatakami. Wyniki sugerują, że jest to odpowiednie podejście do rozwiązywania ostatnich problemów bezpieczeństwa związanych z inteligentnymi urządzeniami domowymi, które zostały oparte na TCP.

W literaturze przedstawiono także kilka prac identyfikujących luki w architekturze robotów. Naukowcy z University of Washington wykazali możliwość złośliwego sterowania szeroką gamą funkcji robota Raven II wykorzystywanego do zdalnego przeprowadzania operacji chirurgicznych, całkowicie ignorując lub zastępując polecenia wydawane przez chirurga. Odkryli również, że do wykonywania ataków może być także wykorzystywany mechanizm zatrzymania awaryjnego [16]. W podobnym badaniu zhakowano quadkopter AR.Drone 2.0, odsłaniając oczywiste luki w zabezpieczeniach [17]. Przedstawiono kilka scenariuszy ataku pokazujących, w jaki sposób złośliwy atakujący może uzyskać pełną kontrolę nad quadkoptrem. Inne badania wskazały dodatkowe, komercyjnie dostępne platformy, w których występowały krytyczne problemy z cyberbezpieczeństwem [3, 7]. Oprócz zaproponowania w swoich pracach kilku środków zaradczych, wszyscy autorzy stwierdzili, że większości tych ataków można łatwo zapobiec, stosując dobrze ugruntowane i łatwo dostępne mechanizmy bezpieczeństwa, w tym szyfrowanie i uwierzytelnianie.

Wszystkie omówione wyzwania i luki w zabezpieczeniach są przesłankami do tego, że obecni i przyszli właściciele robotów muszą stanąć wobec istotnych wyzwań związanych z bezpieczeństwem, które są bezpośrednią konsekwencją tego, że producenci priorytetowo traktują czas wprowadzenia produktu na rynek, a badacze przyznają większy priorytet funkcjonalności i innowacji niż wdrożeniu i testowaniu bezpieczeństwa. Metodologie projektowania wrażliwego na wartości (VSD, ang. *Value-sensitive design*) [18], które uwzględniają kluczowe wartości ludzkie, są odpowiednim przykładem metod, które dostawcy i badacze powinni uwzględnić na etapie projektowania systemów robotyki i systemów sieciowych.

Warto jednak zauważyć, że pomimo ogólnego braku koncentracji na cyberbezpieczeństwie robotów, robot teleobecności BeamPro jest godnym uwagi wyjątkiem [2]. BeamPro korzysta z bezpiecznych protokołów, szyfrowania symetrycznego i uwierzytelniania danych. Niemniej jednak, pomimo istnienia sterowników ROS dla BeamPro, to technologia ta jest zastrzeżona, a jej replikacja jest ograniczona do innych produktów sprzedawanych przez tę samą firmę. W tym rozdziale skupiono się na standardzie *de facto* w robotyce i ROS, z zamiarem znacznej poprawy wydajności i bezpieczeństwa w tworzeniu oprogramowania dla robotów nie tylko w badaniach, ale także w przypadku start-upów związanych z robotami i większych firm branży robotycznej.

### Obawy dotyczące bezpieczeństwa ROS

ROS jest bardzo popularnym oprogramowaniem pośredniczącym dla robotyki, którego głównymi zastosowaniami jest abstrakcja sprzętu, kontrola urządzeń na niskim poziomie, wdrażanie często używanych funkcjonalności, przekazywanie komunikatów pomiędzy procesami i zarządzanie pakietami [6]. ROS promuje ponowne użycie kodu na innym sprzęcie, zapewniając dużą liczbę dostępnych dla społeczności bibliotek, takich jak laserowe SLAM [19], rozpoznawanie obiektów na podstawie chmury punktów 3D [20], a także narzędzia do wizualizacji, nagrywania eksperymentów i wiele innych. ROS został oparty na systemie

publikowania–subskrybowania i przekazywania wiadomości, które wykorzystuje protokół XML-RPC (ang. *Remote Procedure Call*). Umożliwia to rodzimym klientom z wielu platform i języków wysyłanie i odbieranie danych w trybie *peer-to-peer*.

Pomimo wyraźnych zalet integracji robotów w ROS, nie istnieje żadna domyślna funkcja zapewnienia bezpieczeństwa, co czyni roboty podatnymi na złośliwe ataki. Jest to w rzeczywistości jeden z powodów, dla których ROS jest preferowany w badaniach i nie został jeszcze w pełni wprowadzony do zastosowań przemysłowych. W tej części przeanalizowano znane problemy bezpieczeństwa związane z ROS.

Komunikacja między węzłami w ROS wykorzystuje czysty tekst przesyłany przez TCP/IP i UDP/IP. ROS jest odpowiedzialny tylko za sprawdzenie sumy MD5 struktury wiadomości, tak aby zagwarantować, że strony uzgodnią układ wiadomości. Nieszyfrowany tekst ma zalety związane z łatwością użycia, debugowania i wydajnością. Pozwala to jednak nieautoryzowanemu odbiorcy łatwo przechwycić i zinterpretować formę wiadomości, zebrać informacje i przesłać fałszywe wiadomości do systemu [21].

Modułowość ROS została wysoko oceniona w społeczności. Ma to jednak również wady, takie jak ujawnienie portów TCP, które nie zapewniają uwierzytelnienia. Korzystanie z niezabezpieczonych i niechronionych portów TCP oraz brak mechanizmów uwierzytelniania może

stwarzać możliwości dla złośliwych nadawców wiadomości, którzy mogą manipulować systemem, wstrzykiwać wiadomości (*person-in-the-middle*) i zastępować istniejących nadawców i odbiorców, kierując w ten sposób zewnętrzne pakiety w kierunku portów ROS.

Ponadto ROS ma anonimową semantykę publikowania i subskrybowania. Z tego powodu ogólne węzły nie są świadome tego, z kim się komunikują [2]. System wykorzystuje słabe schematy autoryzacji bez weryfikacji nadawcy, bez sprawdzania integralności i autentyczności danych oraz bez definicji poziomów dostępu. Niektórzy zdalni klienci nie powinni mieć dostępu do całego systemu ROS, ponieważ umożliwia to użytkownikom wysyłanie bezpośrednich poleceń do robotów, które w ten sposób mogą omijać progi bezpieczeństwa. Ze względu na to, że ROS nie zapewnia pomiaru rozdzielczości konfliktu, różne węzły mogą jednocześnie wstrzykiwać szybkie polecenia do bazy mobilnej, sterować siłownikiem, manipulatorem i tak dalej.

Jeśli chodzi o komunikację, ROS wymaga dwukierunkowej sieci pomiędzy wszystkimi komputerami. Z tego powodu ustawienia zapory w używanych węzłach muszą być mniej surowe, stwarzając dodatkowe zagrożenie bezpieczeństwa i powodując dodatkowe obciążenie sieci związane z wymaganiami obliczeniowymi i opóźnieniami.

ROS również nie wspiera jakości usług (QoS). Każdy węzeł odpowiada

reklama



**ABUS**  
CRANE SYSTEMS POLSKA

**OBSŁUGA  
NA NAJWYŻSZYM  
POZIOMIE**

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

za zarządzanie własną komunikacją, podobne komunikaty nie są kompaktowane, ani nie podejmuje się żadnych wysiłków w celu ograniczenia komunikacji sieciowej. Wiadomości tego samego typu mogłyby zostać potencjalnie skompresowane, ponieważ duża ilość komunikacji utrudnia tworzenie rozwiązań w przypadkach, gdy czas ma krytyczne znaczenie.

Nie przeprowadzono żadnych badań dotyczących wydajności ROS z dużą liczbą węzłów. Jednak, ze względu na scentralizowanie w węzle głównym ROS, usługa nazewnictwa ROS prowadzi do problemów ze skalowalnością [22], ponieważ nie została zaprojektowana do obsługi dużej liczby żądań. Efektem tego jest powstanie specyficznego wąskiego gardła, ponieważ system nie jest w stanie wygenerować odpowiedzi w rozsądnym czasie, stając się tym samym narażonym na ataki DoS. Ponadto, z powodu całkowitego braku zabezpieczeń nie jest jasne, czy przeprowadzono analizę w celu wyszukania innych luk w zabezpieczeniach takich jak przepełnienie bufora lub możliwości zdalnego wykonania kodu w systemie ROS.

Według [23] dostępność kodu źródłowego ROS pozwala na dostosowanie go do podejścia opartego na wielu wzorcach, jak na przykład przedstawiono to w [24]. Dzięki tej modyfikacji ROS może obsługiwać większą liczbę urządzeń i poprawiać jego użyteczność w bardziej złożonych instalacjach inteligentnych środowisk, bezprzewodowych sieci czujników i/lub systemów z wieloma robotami. Zidentyfikowano ograniczenie każdego węzła nadrzędnego ROS do utrzymywania pełnej przestrzeni nazw w swojej pamięci oraz przedstawiono system stosowania reguł do przestrzeni nazw oraz zmniejszania zużycia pamięci i przepustowości. Ponadto autor opisał obsługę protokołu IPv6 w ROS<sup>4</sup> i wykazał, że „gadatliwość” i złożoność stosowanego protokołu XML-RPC stanowi duże obciążenie dla węzłów rozproszonych w sieci. Z tego powodu rozszerzenie ROS o obsługę często używanych formatów danych, takich jak JSON lub buforów protokołów sparowane z HTTP, może zwiększyć jego zasięg.

Po uruchomieniu węzła głównego

ROS otwierany jest port, do którego może się podłączyć dowolny komputer sieciowy. Z kolei maszyny te mogą następnie wysłać zapytanie do systemu głównego ROS w celu wykonania kluczowych zadań, takich jak konfigurowanie połączeń ROS TCP/UDP z innymi węzłami ROS, subskrybowanie dowolnego tematu, zamykanie dowolnego węzła w sieci itd. W rezultacie złośliwa jednostka, znajdująca się w tej samej sieci co robot z systemem ROS, najprawdopodobniej będzie miała dostęp do wszystkich danych robota i zarazem wiele możliwości ich wykorzystania, takich jak wysyłanie poleceń, blokiowanie połączeń sieciowych, dostęp do strumieni video kamer i do ogólnego powodowania niepożądanych wydarzeń.

Ostatnio doniesiono o ważnych badaniach mających na celu rozwiązanie problemu niektórych ograniczeń bezpieczeństwa ROS. Na przykład w [25] położono nacisk na uwierzytelnianie i autoryzację (AA) w systemach ROS l.x. Przed transmisją i odbieraniem danych jednostki systemowe muszą się uwierzytelnić przy użyciu pary login i hasło, natomiast w węzle autoryzującym następuje sprawdzenie danych uwierzytelniających, ról i związanych z nimi uprawnień. W węzle AA generowane są wszystkie klucze komunikacyjne, tak aby zagwarantować, że komunikacja jest zawsze analizowana niezależnie od tego, czy pochodzi z zaufanego źródła, czy nie. W pracy [26] autor przeanalizował również luki ROS i wynikające z nich zagrożenia, które mogą być wykorzystane przez atakujących i zaproponował standaryzację formatów dzienników bezpieczeństwa, składnię profilowania dla polityk bezpieczeństwa oraz przedstawił nowe narzędzia do introspekcji zarejestrowanych dzienników bezpieczeństwa. W pracy [27] zaproponowano strukturę weryfikacji środowiska wykonawczego dla aplikacji robotów opartych na ROS. Zapewniają one sposób ciągłej obserwacji wszystkich żądań, komunikatów i wiadomości przez dodanie narzędzia monitorującego do połączenia, przy użyciu techniki man-in-the-middle. Narzędzie takie służy do wykrywania potencjalnie niechcianych wiadomości, egzekwując zasady kontroli dostępu,

takie jak umożliwianie tylko niektórym węzłom ROS publikowania wiadomości na określony temat. Ponadto w 2015 roku rozpoczęto opracowywanie podstawowej struktury oprogramowania środowiska ROS 2.0, a wersja alfa przeznaczona do testów społecznościowych została już udostępniona w momencie pisania tego rozdziału. Poświęcono wiele wysiłków na rzecz zintegrowania DDS (ang. *Data Distribution Service*), standardowej specyfikacji dla komunikacji publikacja-subskrypcja w systemach czasu rzeczywistego i systemach wbudowanych, jako warstwa transportowa dla ROS 2.0. Zgodność ze specyfikacją DDS Security zapewnia uwierzytelnianie, kontrolę dostępu i szyfrowanie danych. Ponadto oczekuje się, że ROS 2.0 zapewni dodatkowe bezpieczeństwo, od razu obsługując IPv6, dzięki czemu skanowanie hosta i identyfikacja będą trudniejsze dla atakujących.

### Propozycje dotyczące zabezpieczania aplikacji robotów bazujących na ROS

Społeczność zajmująca się rozwojem robotów musi poważnie zająć się problemami związanymi z cyberbezpieczeństwem robotów. Oczekuje się, że w dziedzinie SI i robotyki pojawią się problemy bezpieczeństwa podobne do tych, które wynikały z rewolucji komputerowej w czasach boomu internetowego [2]. Oprócz ataków, z którymi obecnie zmagają się systemy komputerowe, na przykład DoS, podsłuchiwanie, fałszowanie, manipulowanie, eskalacja uprawnień, ujawnianie informacji itp., w przypadku robotów występuje dodatkowo czynnik interakcji fizycznej, zwiększający ich podatność na ataki. W związku z tym nieautoryzowany dostęp do robota może mieć katastrofalne konsekwencje, takie jak wyłączenie go, spowodowanie jego nieprawidłowego działania, uszkodzenie samego siebie, uszkodzenie otoczenia lub co gorsza zranienie kogoś w pobliżu.

Co więcej, eksperymenty pokazały, że w robotyce szczególnie trudne może być odróżnienie exploita cyber-fizycznego od błędu sprzętowego lub programowego [21]. Z tego powodu wykrywanie złośliwych włamań może być trudne,

a podczas gdy system będzie faktycznie atakowany, exploity mogą zostać zamaskowane jako proste błędy.

ROS jest wiodącym oprogramowaniem pośredniczącym w dziedzinie badań związanych z robotyką, korzysta z ogromnego wsparcia społeczności, regularnych wydań oprogramowania, powszechnego zastosowania w środowisku akademickim i niektórych sektorach przemysłu, od małych wbudowanych urządzeń po roboty usługowe na dużą skalę. Jednak w systemie opartym na ROS atakujący może łatwo utworzyć węzeł, wysłać zapytanie do mastera o stan systemu i następnie wysłać polecenia w celu zamknięcia dowolnego węzła lub opublikować zafalszowane wiadomości na ważne tematy, na przykład błędne dane czujnika. Co więcej, węzły są jednoznacznie identyfikowane po nazwie, a nowo utworzone węzły zastępują istniejące węzły o tej samej nazwie. Z tego powodu osoba atakująca może łatwo

sfałszować węzeł, tak aby opublikować fałszywe wiadomości na ważne tematy. Na przykład węzeł nawigacyjny w robocie może zostać zamknięty i zastąpiony fałszywym węzłem, który źle pokieruje robota.

Poniżej omówiono pięć różnych, ostatnich propozycji mających na celu zabezpieczenia ROS. W następnej części omówiono rezultaty przeprowadzonych eksperymentów, których zamierzeniem było potwierdzenie i porównanie wydajności każdej z tych propozycji. Skoncentrowano się głównie na kosztach komunikacji tych propozycji, porównując je z niezabezpieczonym systemem ROS.

#### SROS

SROS, które oznacza Zabezpieczenie ROS (ang. *Securing ROS*), zostało zaproponowane jako dodatek do ROS API oraz jako ekosystem do obsługi nowoczesnej kryptografii i środków bezpieczeństwa

w celu usunięcia istniejących luk [28]. Pomimo że nadal jest on wysoce eksperymentalny i jest w trakcie intensywnego rozwoju<sup>5</sup>, to zdaniem autorów SROS obsługuje „natywny Transport Layer Security (TLS) dla całego transportu gniazd w ramach ROS, użycie certyfikatów x.509 zezwala na łańcuch zaufania, definiowalne globalizacje przestrzeni nazw dla ograniczeń węzłów ROS oraz dozwolone role, a także zapewnia wygodne narzędzia przestrzeni użytkownika do automatycznego generowania par kluczy dla węzłów, audytu sieci ROS oraz konstruowania/uczenia zasad kontroli dostępu”.

W SROS korzystanie z TLS pomiędzy dwiema komunikującymi się aplikacjami sprzyja uzyskaniu prywatności, uwierzytelnionej tożsamości i integralności danych. Od momentu uruchomienia SROS zapewnia niezależny od ROS serwer kluczy do generowania i dystrybucji kluczy oraz certyfikatów do węzłów ROS.

reklama

# SPIROL®

Od 1948!

## KOLKI SPREŻYZYSTE SPIROL

- Dostępne w stali węglowej, stali nierdzewnej martenzytycznej oraz austenitycznej
- Gwarantujące najwyższą jakość certyfikaty IATF 16949 oraz ISO 9001
- Produkty standardowe dostępne od ręki!

**Skontaktuj się z nami by dowiedzieć się dlaczego Kołki SPIROL Standard przewyższają zaletami Kołki ISO!**

SPIROL oferuje maszyny instalacyjne - zarówno manualne jak i w pełni zautomatyzowane.



Inżynierowie Aplikacji SPIROL pomogą Ci wybrać optymalne rozwiązanie dla Twojego montażu.

Zgodne z:  
IATF 16949  
ISO 9001

**SPIROL.com**

info-pl@spiro.com

+48 510 039 345

Serwer kluczy upraszcza korzystanie i rozwój systemów obsługujących SROS dla użytkowników końcowych, płynnie integrując się z SROS, generując i dys-trybuując elementy infrastruktury klucza publicznego (PKI), w tym: klucze asymetryczne, urzędy certyfikacji (CA) oraz podpisane certyfikaty, zapewniając zachowawcze domyślne konfiguracje bezpieczeństwa.

W czasie pisania tego rozdziału SROS nie obsługiwał biblioteki ROS C++ (roscpp), obejmując tylko węzły zainstalowane w Pythonie (rospy). W celu uruchomienia SROS konieczne było zainstalowanie go ze źródła i wprowadzenie kilku wstępnych konfiguracji, a mianowicie pozyskanie konfiguracji SROS, uruchomienie trybu uczenia SROS, tak aby niezbędne parametry tematów/usług mogły zostać nauczone podczas sesji ładowania oraz została dokonana zmiana niektórych z konfiguracji wygenerowanych przez serwer kluczy.

### Szyfrowanie ROS-AES

Ostatnie badanie [29] wykazało, że stosowanie szyfrowanej komunikacji w ROS zapewnia minimalny narzut wydajności procesora i obciążenia komunikacyjnego dla systemów bez twardej ograniczeń w czasie rzeczywistym. Opisane prace polegały na szyfrowaniu danych przesyłanych pomiędzy procesami ROS przy użyciu algorytmu 3DES przez dodawanie pary węzłów ROS do zadań szyfrowania i deszyfrowania, bez zmieniania struktury komunikatów ROS i standardowych funkcjonalności ROS związanych z wysyłaniem danych. Autorzy zakodowali węzły w Pythonie (biblioteka rospy) i ocenili wydajność systemu zarówno pod względem obliczeniowym, jak i komunikacyjnym.

Traktując to jako inspirację, zaproponowano bardzo podobne podejście, z dwiema głównymi różnicami projektowymi podyktowanymi kwestią wydajności: węzły szyfrowania oraz deszyfrowania zostały zakodowane w C++ (z roscpp) przy użyciu biblioteki Crypto ++, natomiast w zaproponowanym podejściu wykorzystano Advanced Encryption Standard (AES) [30], o którym wiadomo, że jest szybszy niż 3DES.

Algorytm AES to symetryczny szyfr blokowy, który konwertuje dane w postaci zwykłego tekstu do postaci niezrozumiałej, czyli tekstu zaszyfrowanego. Algorytm AES może wykorzystywać 128-, 192- i 256-bitowe klucze kryptograficzne do szyfrowania i deszyfrowania danych w blokach po 128 bitów.

Przedstawiono niezależne badanie z wykorzystaniem tej strategii szyfrowania, którą nazwano szyfrowaniem ROS-AES. Ze względu na to, że szyfrowanie pakietów ROS, to wszelkie zapytania do wzorca ROS są spełnione, gdyż działający system jest standardowym systemem ROS. Z tego powodu szyfrowanie tylko komunikacji nie jest całkowicie bezpiecznym rozwiązaniem, co zostało przedstawione w części „Wyniki i dyskusja”.

### Secure ROS autorstwa SRI

Bezpieczny ROS został opracowany przez SRI International i zapewnia alternatywne wersje podstawowych pakietów ROS, które umożliwiają bezpieczną komunikację między węzłami ROS [31]. Głównym celem Secure ROS jest umożliwienie bezpiecznej komunikacji zwykłym użytkownikom ROS. W tym celu autorzy zintegrowali rozszerzenie IP z zabezpieczeniami (IPSec) w systemie ROS. IPSec jest używany w trybie transportowym, szyfrując i uwierzytelniając ładunek wymienianych wiadomości. Ponadto warstwy transportowe i aplikacyjne są zawsze zabezpieczone skrótem, tak więc nie można ich w żaden sposób modyfikować.

Użytkownik może określić autoryzowanych subskrybentów i wydawców tematów, ustawiających i pobierających parametry, a także dostawców (serwery) i żądających (klientów) usług w pliku konfiguracyjnym dla nadrzędnego ROS w czasie wykonywania. Z tego względu Bezpieczny ROS zezwala autoryzowanym węzłom łączyć się tylko z określonymi tematami, usługami i parametrami wymienionymi w określonym pliku konfiguracyjnym.

Biorąc pod uwagę wdrożenie, Secure ROS ma pewne podobieństwa do SROS. Proces instalacji jest jednak szybszy, ponieważ dostępne są kompilacje

Debiana. Ponadto Secure ROS obsługuje zarówno rospy, jak i roscpp, można go więc łatwo skonfigurować, by był prosty i przejrzysty dla zwykłego użytkownika, który musi tylko dostarczyć wymagany plik konfiguracyjny z regułami dostępu do każdej jednostki ROS. Wadą Secure ROS jest to, że nie zapewnia formalnych środków weryfikacji gwarantujących, że pożądane właściwości są zgodne ze specyfikacjami.

### Secure-ROS-transport

Dieber i inni zaproponowali architekturę bezpieczeństwa ROS do uruchomienia na poziomie aplikacji [32]. Korzystając z dedykowanego serwera uwierzytelniania, umożliwili bezpieczną komunikację pomiędzy węzłami ROS, wykorzystując metody kryptograficzne zapewniające poufność i integralność danych oraz unikające niektórych najpoważniejszych problemów związanych z bezpieczeństwem ROS. Jednakże zaproponowana architektura bezpieczeństwa przeznaczona była tylko do użycia z ROS. W związku z tym nadal występowały niektóre kluczowe luki, których nie można było rozwiązać na poziomie aplikacji, takie jak arbitralna subskrypcja danych pomimo ich szyfrowania oraz podatność na ataki DoS związaną z wysoką częstotliwością publikowania fałszywych danych w tematach. W rezultacie autorzy przeprowadzili modyfikację podstawowych pakietów ROS w celu zwiększenia bezpieczeństwa ROS, tak jak opisano to w [33] i [34]. Doprowadziło to do powstania bezpiecznego kanału komunikacji, oznaczonego jako *secure-ros-transport*, umożliwiającego węzłom ROS autentyczną i poufną komunikację na zasadzie *peer-to-peer*. Autorzy wykorzystali TLS dla TCP i Datagram TLS (DTLS) dla UDP, aby zabezpieczyć komunikację pomiędzy węzłami i urządzeniem głównym ROS, dodając dodatkowy krok uzgadniania i wykonując szczegółową autoryzację dla poszczególnych tematów. Takie podejście zmniejsza prawdopodobieństwo ataków DoS oraz arbitralnej subskrypcji i publikacji wiadomości w tematach ROS. Jednak, jak wskazali autorzy, nadrzędny ROS nie pozostaje bezpieczny, ponieważ ciągle przekazuje informacje o węzłach

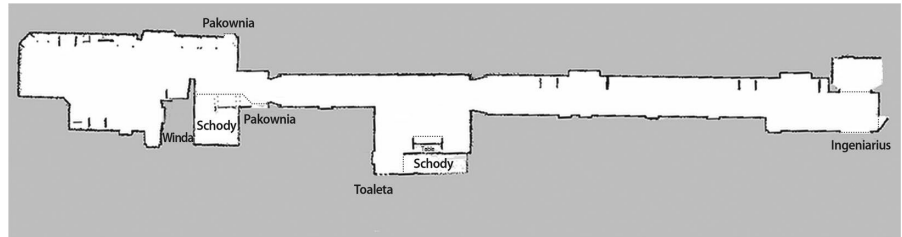
i tematach do dowolnego podmiotu, który go prosi (lista rosnode, lista rostopic itp.) i zezwala na specjalne wywołanie XMLRPC umożliwiające zewnętrzne wyłączenie dowolnego działającego węzła (*rosgode kill <node>*).

Konieczna była instalacja źródłowa *secure-ros-transport*, ponieważ modyfikacje zostały zintegrowane z ROS. Dla użytkownika oznacza to, że nie ma potrzeby ponownej kompilacji węzłów w celu korzystania z *secure-ros-transport*. Warto również zauważyć, że autorzy nie skupili się na obsłudze certyfikatów i zwracają uwagę na potrzebę właściwego zarządzania kluczami. Również w przypadku dostępnej wersji używana biblioteka Botan Crypto (v1.11) była już nieaktualna. Pomimo że studium przypadku zostało omówione w pracy [33], skupiając się głównie na powstałych wymaganiach wynikających z zabezpieczenia kanału komunikacyjnego, to dalszą szczegółową analizę przedstawiono w części „Wyniki i dyskusja”.

## Rosauth

Prace społeczności o nazwie *rosbridge* zyskują coraz większą uwagę. Koncentrują się one głównie na rozwiązaniach w chmurze i są skierowane na połączenie pomiędzy nienatywnymi klientami z systemami ROS, takimi jak roboty z obsługą ROS [35]. Kierując się koniecznością rozważenia krytycznego problemu bezpieczeństwa w tych systemach, w pracy [36] zaproponowano mechanizm uwierzytelniania *rosbridge* pod nazwą *rosauth*, który ma na celu osiągnięcie bezpiecznego uwierzytelnienia dla zdalnych, nienatywnych klientów w szeroko używanym oprogramowaniu pośredniczącym ROS.

*Rosauth* wykorzystuje tokeny uwierzytelniające do weryfikacji zdalnych klientów za pomocą dowolnego zewnętrznego systemu zarządzania użytkownikami, który jest zintegrowany jako część protokołu *rosbridge*. Zainspirowane kodami uwierzytelniania wiadomości (MAC, ang. Message Authentication Codes) są skracane za pomocą zdefiniowanego klucza i znanego algorytmu, który umożliwia uwierzytelnianie wiadomości. Serwer przechowuje kilka kluczy i jeśli otrzyma komunikat, to porównuje odebraną



Rys. 1. Mapa rozkładu pomieszczeń transmitowana podczas eksperymentów (1187 × 296, z rozdzielczością 0,05 m/komórkę)

Tabela 1. Schemat badań przeprowadzonych dla każdej propozycji zabezpieczeń

Typ wiadomości	Łączny # wiadomości @ częstotliwość publikowania		
Ciąg znaków „Hello World!” z nagłówkiem (27 B)	600 tys. @ 1 kHz	600 tys. @ 10 kHz	600 tys. @ 30 kHz
Mapa rozkładu pomieszczeń (343 kB)	150 tys. @ 250 Hz	150 tys. @ 2,5 kHz	150 tys. @ 7,5 kHz

wiadomość zaszyfrowaną z wynikiem funkcji skrótu. Jeśli są one zgodne, to serwer zaakceptuje wiadomość. W przeciwnym razie będzie to oznaczało, że wiadomość pochodzi z niezaufanego źródła i zostanie zignorowana.

Protokół SSL służy do zapewnienia poufności, integralności i autentyczności poszczególnych pakietów. Używając certyfikatów wydanych przez zaufane urzędy certyfikacji, wykorzystując SSL, można zapewnić klientom zewnętrznym, że każdy system ROS, w tym zewnętrzny wystawca uwierzytelnienia, jest legalny. Opracowany schemat tokenu zabezpieczającego zapewnia, że tylko klienci, którzy zostali uwierzytelnieni przez niektóre zaufane i zewnętrzne źródła uwierzytelnienia, mają dostęp do systemu ROS. Pomimo rozwiązania problemu z uwierzytelnianiem *rosauth* nie zapewnia poziomów autoryzacji. Zatem po uwierzytelnieniu każdy zdalny klient oraz każdy natywny podmiot uruchamiający ROS w tej samej sieci mogą uzyskać dostęp do całego systemu ROS, na przykład wysyłając bez ograniczeń bezpośrednio polecenia do robotów. Z tego powodu konieczne jest przeprowadzenie dalszych prac przez twórców *rosauth* związanych z rozszerzeniem mechanizmu uwzględniającego poziomy autoryzacji.

## Wyniki i dyskusja

W tej części przedstawiono wyniki badań różnych propozycji zwiększenia bezpieczeństwa, które zostały opisane

w poprzedniej części. Platforma testowa składała się z: procesora Intel i5-4590 (3,30 GHz), 8 GB pamięci RAM oraz 64-bitowej wersji systemu operacyjnego Ubuntu Linux 16.04 z systemem ROS Kinetic Kame. Wyniki w tej części koncentrują się na wydajności komunikacji każdego rozwiązania podczas przesyłania danych pomiędzy publikującym a węzłem subskrybenta działającym na tym samym komputerze. Pozwoliło to porównać opóźnienie w komunikacji, liczbę utraconych wiadomości, zdolność do nadążania za zamierzonymi prędkościami publikacji, poziomy dostęp z nieautoryzowanych węzłów w sieci ROS oraz ogólnie ocenić kompromis pomiędzy bezpieczeństwem a płynnością działania każdego podejścia.

W każdej z prób zdefiniowano dwa typy wiadomości, które mają być publikowane i subskrybowane przez dwa osobne węzły ROS: (i) „Hello World!” ciąg znaków z nagłówkiem zawierającym znacznik czasu publikacji, numer w sekwencji komunikatów i opcjonalny ciąg *frame\_id* (który ustawiono na „0”), (ii) mapa siatki *nav\_msgs/Occupancy* zilustrowana na rysunku 1, która również zawierała przydatne informacje nagłówka. W tabeli 1 przedstawiono schemat przeprowadzonych eksperymentów. Dla każdego testowanego rozwiązania opublikowano 600 000 razy w trzech różnych zamierzonych szybkościach publikacji (1, 10 i 30 kHz) 27-bajtowy ciąg znaków z komunikatem

nałówek. Mapa rozkładu pomieszczeń, składająca się z 343 kB danych, została opublikowana 150 000 razy, również w trzech różnych planowanych szybkościach publikacji (250 Hz, 2,5 kHz i 7,5 kHz). W dalszej części wiadomość „Hello World!” oznaczano po prostu jako ciąg znaków, a siatkę rozkładu pomieszczeń jako mapę. Poniżej przedstawiono przykłady ciągu znaków i komunikatu mapy opublikowanych podczas eksperymentów (rysunek 2).

W przeprowadzonych eksperymentach częstotliwość publikowania została zdefiniowana w taki sposób, aby umożliwić analizę na trzech różnych poziomach: umiarkowanym, szybkim i przytłaczającym, w wyniku czego każda z propozycji została przetestowana do granic możliwości. Ze względu na to, że ROS nie jest systemem czasu rzeczywistego, nie można było zagwarantować docelowej częstotliwości publikowania, a także możliwe było wystąpienie utraty pakietów. We wszystkich eksperymentach zdefiniowano rozmiar kolejki jako 1 dla każdego publikującego i każdego subskrybenta. Przetestowano także oficjalne „niezabezpieczone” wydanie ROS Kinetic Kame, tak aby umożliwić porównanie opóźnień wynikłych z zastosowania różnych propozycji zapewnienia bezpieczeństwa.

**Wyniki i dyskusja**

```
(a) header:
  seq: 1
  stamp:
    secs: 1500660269
    nsecs: 676667209
  frame_id: 0
  text: Hello World!

(b) header:
  seq: 1
  stamp:
    secs: 1500660269
    nsecs: 676667209
  frame_id: map
info:
  map_load_time:
    secs: 1500654640
    nsecs: 559560440
  resolution: 0.0500000007451
  width: 1187
  height: 296
  origin:
    position:
      x: -29.675
      y: -7.4
      z: 0.0
    orientation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 0.0
      w: 1.0
  data: [...] # An int8 array with size: 1187x296=351352
```

**Rys. 2.** Pola i format wiadomości ROS, które były używane w eksperymentach, (a) komunikat w postaci ciągu znaków, (b) komunikat w postaci mapy

W tabeli 2 przedstawiono ogólne wyniki eksperymentów z ciągiem znaków. Jak można zauważyć, większość podejść miała porównywalną wydajność z oficjalną wersją ROS do transmisji małych

wiadomości złożonych z ciągu znaków, przy czym wartości opóźnień były bardzo podobne pomimo ogólnie lepszej wydajności systemu ROS bez jakiegokolwiek warstwy bezpieczeństwa. Można

**Tabela 2.** Wyniki eksperymentów z ciągiem znaków. Dla każdej linii publikowano i subskrybowano 600 tys. znaków o wielkości 27 bajtów (P/S)

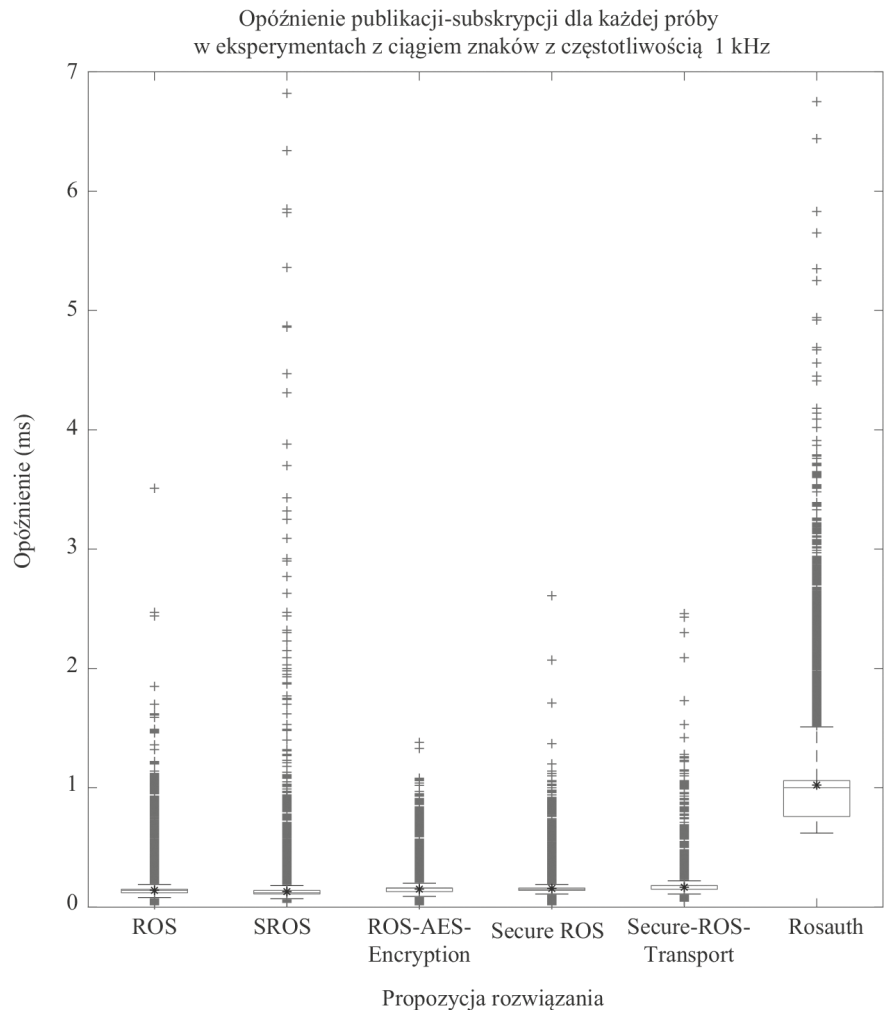
	Częstotliwość publikacji (Hz)	Rzeczywista częstotliwość publikacji (Hz)	Utrata pakietu (absolutna/%)	Średnie opóźnienie P/S (ms)	Odchylenie standardowe opóźnienia P/S (ms)	Mediana opóźnienia P/S (ms)
ROS (C++)	1000	999,924	290 (0,048%)	0,141	0,044	0,144
	10 000	9990,432	868 (0,145%)	0,023	0,016	0,020
	30 000	29 951,33	122,659 (20,443%)	0,022	0,007	0,021
SROS (Python)	1000	999,955	85 (0,00014%)	0,131	0,047	0,117
	10 000	9985,279	37,068 (6,178%)	0,061	0,024	0,059
	30 000	20 898,611	358,330 (59,721%)	0,079	0,098	0,083
ROS-AES-Encryption (C++)	1000	999,992	98 (0,016%)	0,150	0,038	0,157
	10 000	9992,973	882 (0,147%)	0,025	0,012	0,023
	30 000	29 962,872	125 337 (20,889%)	0,023	0,006	0,022
Secure ROS (C++)	1000	999,998	54 (0,009%)	0,156	0,047	0,145
	10 000	9996,984	518 (0,086%)	0,023	0,010	0,019
	30 000	29 929,231	156 039 (26,006%)	0,022	0,012	0,021
Secure-ROS-Transport (Python)	1000	999,982	99 (0,016%)	0,167	0,028	0,179
	10 000	9987,499	752 (0,125%)	0,105	1,236	0,054
	30 000	29 683,69	7890 (1,315%)	0,071	0,420	0,066
Rosauth (HTML5/Javascript)	1000	249,929	76 (0,013%)	1,024	2,589	1,006



jednak zauważyć, że w SROS nie można było utrzymać zamierzonej częstotliwości publikowania wynoszącej 30 kHz, osiągając maksimum  $\approx 21$  kHz przy bardzo dużej utracie pakietów (59,72%).

Rosauth był oczywiście szczególnym przypadkiem, ponieważ jednostka publikująca nie była rodzimym węzłem ROS, lecz klientem www HTML5/Javascript. Ten klient łączył się z ROS za pośrednictwem rosbridge przy użyciu websockets, dostarczając komunikat JSON, który był parsowany po stronie ROS i następnie publikowany w sieci ROS. W pętli publikowania javascript funkcja setInterval nakładała dolny limit 4 ms, co skutkowało maksymalną częstotliwością publikacji wynoszącą 250 Hz, jak pokazano w tabeli 2. Z tego powodu testy dla 10 i 30 kHz nie zostały wykonane dla rosauth, ponieważ wyniki byłyby podobne do tych prezentowanych dla częstotliwości 1 kHz. Oczywiście powyższy mechanizm przesyłania wiadomości od nienatycznych klientów do ROS miał wpływ na opóźnienie publikacji/subskrypcji.

Na wykresach pudełkowych z rys. 3 przedstawiono opóźnienie w dostarczeniu wiadomości dla każdej z testowanych propozycji w eksperymencie z ciągiem znaków przy częstotliwości 1 kHz. Śred-



Rys. 3. Przegląd opóźnień P/S dla eksperymentów z ciągiem znaków przy 1 kHz

reklama

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



Prenumerata  
drukowana



Prenumerata  
elektroniczna



Pakiet

**Tabela 3.** Wyniki eksperymentów z mapami. Dla każdej linii publikowano i subskrybowano 150 tysięcy map, każda o wielkości 343 kB

	Częstotliwość publikacji (Hz)	Rzeczywista częstotliwość publikacji (Hz)	Utrata pakietu (absolutna/%)	Średnie opóźnienie P/S (ms)	Odchylenie standardowe opóźnienia P/S (ms)	Mediana opóźnienia P/S (ms)
ROS (C++)	250	250,0	0 (0,0%)	0,366	0,155	0,283
	2500	2499,776	71 (0,047%)	0,171	0,065	0,151
	7500	7496,412	235 (0,157%)	0,126	0,049	0,122
SROS (Python)	250	81,801	75 818 (50,545%)	16,248	3,594	15,286
	2500	81,316	74 376 (49,584%)	16,293	3,593	15,342
	7500	81,859	73 354 (48,903%)	16,173	3,499	15,263
ROS-AES-Encryption (C++)	250	186,923	0 (0,0%)	5,516	0,182	5,451
	2500	186,112	0 (0,0%)	5,544	0,194	5,468
	7500	178,87	0 (0,0%)	5,768	0,288	5,661
Secure ROS (C++)	250	250,0	1 (0,0006%)	0,351	0,143	0,277
	2500	2499,634	72 (0,048%)	0,172	0,065	0,154
	7500	7496,05	184 (0,123%)	0,126	0,041	0,122
Secure-ROS-Transport (Python)	250	80,308	74 855 (49,903%)	16,096	3,678	15,096
	2500	79,938	78 000 (52,0%)	16,286	3,899	15,090
	7500	80,275	79 547 (53,031%)	16,284	3,817	15,162
Rosauth (HTML5/ Javascript)	250	1,613	1 (0,0006%)	125 048,519	88 037,17	133 328,971

nia wartość dla transmisji 600 tysięcy ciągów znaków została oznaczona czarną gwiazdką. Granice pudełka oraz linia w jego wnętrzu odpowiadają odpowiednio pierwszemu i trzeciemu kwartyłowi oraz medianie wartości opóźnienia.

Analiza wykresów pudełkowych potwierdziła większe opóźnienia występujące w przypadku testu rosauth i podobne opóźnienia dla wszystkich innych propozycji, podczas przesyłania mniejszych wiadomości. Ze względu na duży rozmiar każdego zestawu danych zaobserwowano pewne wartości odstające, szczególnie o wysokich wartości ekstremalnych, co sugeruje, że czasami opóźnienia były znacznie większe, niż oczekiwano, być może z powodu wystąpienia szczytów obliczeniowych lub opóźnienia sieci.

Z drugiej strony, w tabeli 3 przedstawiono ogólne wyniki eksperymentów wykonanych podczas przesyłania mapy. Ze względu na duży rozmiar wiadomości wynoszący 343 kB wyniki były znacząco różne w porównaniu eksperymentu z ciągiem znaków. Testy wykonane z ROS i z Secure ROS wyróżniały się spośród pozostałych proponowanych rozwiązań, ponieważ w ich przypadku możliwe było zapewnienie zamierzonych

częstotliwości publikowania oraz niskiego procentu utraty pakietów (< 0,2%). Potwierdza to, że Secure ROS jest jedną z najbardziej obiecujących propozycji zabezpieczenia ROS niewpływającą na obniżenie wydajności transmisji.

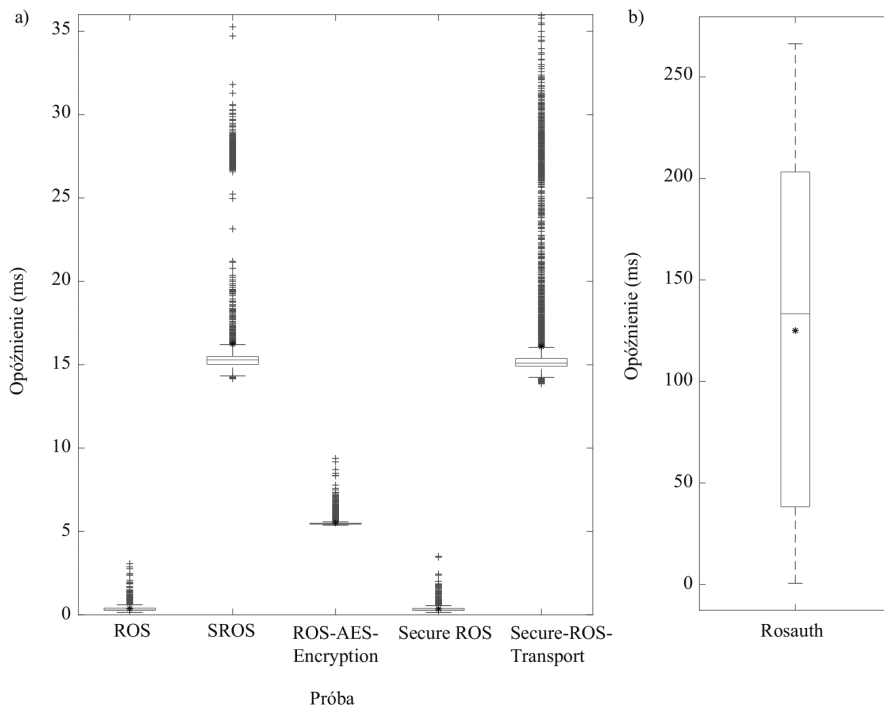
W przypadku wykorzystania algorytmu szyfrowania ROS-AES możliwe było publikowanie mapy tylko z częstotliwością wynoszącą około 186 Hz. Oczywiście szyfrowanie dużych bloków danych powodowało opóźnienia w szybkości publikowania. Interesujące było jednak to, że żaden pakiet nie został utracony podczas eksperymentów z szyfrowaniem ROS-AES, co oznacza, że krok szyfrowania i publikowania zawsze trwał dłużej niż etap subskrypcji i deszyfrowania. Średnie opóźnienie w dostarczaniu wiadomości do szyfrowania ROS-AES mieściło się w przedziale (5,5 ms, 5,8 ms), który był około 15–45 razy większy niż w przypadku zwykłej transmisji ROS.

W przypadku rozwiązań SROS i Secure-ROS-Transport obserwowano bardzo podobne wyniki. Oba podejścia osiągnęły limit częstotliwości publikacji przy około 80–82 Hz, przy utracie pakietów wynoszącej od około 48% do 53%. Średnie opóźnienie w dostarczaniu wiadomości mieściło się w przedziale

(16,0 ms, 16,3 ms), który był od 44 do 129 razy większy niż w przypadku zwykłej transmisji ROS. Fakt, że testy obu rozwiązań zostały przeprowadzone na węzłach ROS napisanych przy użyciu biblioteki Pythona rospy (w przeciwieństwie do C++ w przypadku ROS, Secure ROS i ROSAES-Encryption) również mogło mieć wpływ na te otrzymane wyniki.

Podobnie jak poprzednio, w przypadku rosauth obserwowano najniższą częstotliwość publikowania wynoszącą 1,6 Hz i wyjątkowo wysokie średnie opóźnienie wynoszące 125 sekund (od  $340 \cdot 103$  do  $990 \cdot 103$  razy większe niż w przypadku zwykłej transmisji ROS), co było wynikiem w przybliżeniu stałego wzrostu opóźnienia dostarczania wiadomości w czasie trwania eksperymentu, który rozpoczął się z opóźnieniami wynoszącymi 0,7 s, podczas gdy na jego zakończeniu opóźnienia wynosiły 266,2 s. Z tego samego powodu co poprzednio testy dla 2,5 kHz i 7,5 kHz zostały pominięte dla rosauth.

Na wykresach pudełkowych przedstawionych na rysunku 4 zilustrowano opóźnienie w dostarczeniu wiadomości dla każdej z testowanych propozycji w eksperymencie z przesyłaniem



Rys. 4. Przegląd opóźnień P/S dla eksperymentów z mapami przy 250 Hz: a) opóźnienia publikacji - subskrypcji dla każdej próby w eksperymentach z przesyłaniem map z częstotliwością 250 Hz, b) opóźnienie publikacji-subskrypcji dla Rosauth w eksperymencie z przesyłaniem map z częstotliwością 250 Hz

map przy częstotliwości 250 Hz. Tak jak poprzednio, średnia wartość dla 150 tysięcy transmisji została oznaczona czarną gwiazdką. Opóźnienia dla rosauth przedstawiono na osobnym wykresie ze względu na wyraźną różnicę w rzędzie wielkości.

Dla wszystkich inicjatyw, z wyjątkiem rozwiązania rosauth, średnie opóźnienie było nieco większe niż mediany. Oznacza to, że wartości opóźnień były prawostronnie skośne, to znaczy większość wartości była niższa od średniej i w konsekwencji obserwowano wartości odstające większe od górnego kwartyła dla każdego wykresu pudełkowego. Na podstawie analizy wykresów pudełkowych można było wywnioskować, że najmniejsze opóźnienia przesyłania wiadomości obserwowano w przypadku Secure ROS, potem dla szyfrowania ROS-AES i następnie w przypadku SROS wraz z Secure-ROS-Transport.

Opóźnienia transmisji pakietów, utraty i maksymalne osiągalne częstotliwości publikowania nie były jedynymi istotnymi kwestiami w analizie propozycji zapewnienia bezpieczeństwa dla

ROS. Przeprowadzono jakościową analizę aspektów bezpieczeństwa każdego rozwiązania, głównie sprawdzając stopień, w jakim dostęp do danych został uniemożliwiony przez nieupoważnione podmioty z dostępem do sieci ROS, w której przesyłane były wiadomości. ROS udostępniła kilka narzędzi wiersza polecenia, które pozwalają anonimowo pobrać listę używanych tematów (*listarostopic*), listę używanych węzłów (*rosnodelist*), listę używanych usług (*listaroservice*), umożliwiając zamykanie działających węzłów (*rosnode kill <node>*), wyświetlanie wiadomości przesyłanych w temacie (*rostopic echo <topic>*) i wiele innych. W związku z tym wykorzystano wyżej wymienione polecenia w sieci ROS i sprawdzono poziomy dostęp przyznawane przez każdą z propozycji zapewnienia bezpieczeństwa.

W tabeli 4 przedstawiono dane zwrocane dla każdej z propozycji na żądanie złożone w sieci ROS przez nieautoryzowane węzły. W przypadku SROS można stwierdzić, że jest to podejście zapewniające wyższy poziom bezpieczeństwa, gdzie zapytania do nadrzędnego ROS

z nieautoryzowanych węzłów pozostawały bez odpowiedzi. Secure ROS zapewniał także odpowiedni poziom bezpieczeństwa, nie pozwalając na nieupoważniony dostęp do listy i przeglądania jakichkolwiek wiadomości w jakimkolwiek temacie ROS. Ponadto zabezpieczenie Secure ROS nie pozwalało na zamykanie węzłów. Zaskakujące było to, że z nieznanymi przyczyni można było pobrać listę węzłów i usług używanych przez ROS. Należy również zauważyć, że SROS zapewnia konfigurację dostępu na poziomie węzła, natomiast Secure ROS zapewnia konfigurację dostępu na poziomie komputera (filtrowanie adresów IP). Z tego powodu każde wywołane zapytanie, na przykład przez SSH z maszyny, na której uruchomiona jest bezpieczna transmisja, zwróci dane w przypadku Secure ROS, ale już nie w przypadku użycia SROS.

W przeciwieństwie do SROS i Secure ROS inne rozwiązania nie stanowiły odpowiedniego zabezpieczenia nadrzędnego ROS, zapewniając w ten sposób nieodpowiednie poziomy autoryzacji. Wszystkie pozwalały na wyświetlanie tematów, węzłów i usług z poziomu ROS, a także na zamykanie węzłów bez autoryzacji. Jednakże wywołanie *rostopic echo* w przypadku rozwiązania Secure-ROS-transport nie dawało dostępu do wymienianych wiadomości, a w przypadku szyfrowania ROS-AES został wyświetlony niezrozumiały zaszyfrowany tekst.

W przypadku rozwiązania rosauth zakłada się, że sieć ROS jest zaufana i zabezpieczane jest tylko połączenie pomiędzy nienatynym klientem a interfejsem ROS, który następnie przekazuje niezabezpieczone wiadomości przez ROS. Tak więc, z punktu widzenia niniejszej analizy po stronie ROS, rosauth działa tak jak każda sieć ROS bez zabezpieczeń.

Ogólnie biorąc pod uwagę wszystkie przetestowane rozwiązania, Secure ROS i SROS są obecnie tymi, które mają największy potencjał do zwiększenia bezpieczeństwa ROS. Secure ROS zapewnia imponującą wydajność transmisji przy nieznanym obciążeniu i w sposób zadowalający uniemożliwia dostęp do danych osobom nieupoważnionym.

**Tabela 4.** Dane zwracane przez każdą próbę na żądanie złożone w sieci ROS

	ROS	SROS	Szyfrowanie ROS-AES	Secure ROS	Secure-ROS-Transport	Rasauth
rostopic list	+	-	+	-	+	+
rostopic node list	+	-	+	+	+	+
rosservice list	+	-	+	+	+	+
rostopic kill	+	-	+	-	+	+
rostopic echo	+	-	-	-	-	+

SROS jest bez wątpienia najbezpieczniejszą przetestowaną inicjatywą, zapewniającą zadowalającą wydajność transmisji o dużej przepustowości. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę, że wciąż obie są w fazie rozwoju, to ciągle istnieje miejsce na ulepszenia. Secure ROS może zapobiegać nieautoryzowanemu dostępowi do listy węzłów i usług używanych przez ROS oraz umożliwić autoryzację na poziomie węzłów, podczas gdy SROS może obsługiwać bibliotekę roscpp ROS C++ oraz zapewniać łatwiejszą instalację i wdrażanie funkcjonalności.

Cyberbezpieczeństwo robotów należy rozwiązać na kilku różnych poziomach. W tej pracy skupiono się na bezpieczeństwie systemu operacyjnego robota (ROS). Oprócz zapewnienia bezpiecznej komunikacji komponentów ROS ważne jest również zabezpieczenie innych komponentów całego systemu robotycznego. Na przykład sieć, w której działa robot(y) powinna być nieprzenikalna, wykorzystując zabezpieczenia WPA2 + AES, ukrywanie SSID, filtrowanie adresów MAC, statyczne adresy IP i wszelkie inne szeroko udokumentowane środki bezpieczeństwa.

Jakikolwiek dostęp nienatycznych klientów ROS powinien korzystać z bezpiecznych połączeń i uwierzytelniania SSL/HTTPS w celu weryfikacji tożsamości klienta. Sieć ROS można wdrożyć w ramach sieci VPN, aby zachować bezpieczeństwo i prywatność w komunikacji sieciowej. Należy zdefiniować reguły zapory zezwalające na ruch tylko na określonych, a nie na domyślnych portach z określonych adresów IP, logowanie roota przez SSH powinno zostać wyłączone, powinno zostać wymuszone używanie silnych haseł uwierzytelniania na poziomie użytkownika, a także zapewnione szyfrowanie przechowywanych

danych. Ponadto należy stosować metody starannej ochrony i wymiany kluczy kryptograficznych oraz utrzymania certyfikatów, obowiązkowych podpisów cyfrowych i poziomów dostępu, umożliwiających ich bezpieczne przechowywanie [37].

### Podsumowanie i przyszłe perspektywy

Pomimo że ogólna poprawa cyberbezpieczeństwa robota nie jest prostym zadaniem, to ważne jest uwzględnienie od samego początku takich zaleceń jak: bezpieczne cykle życia oprogramowania, szyfrowanie komunikacji robota, aktualizowanie oprogramowania, udzielenie dostępu tylko autoryzowanym użytkownikom, dostarczanie metod przywracania robota do bezpiecznego stanu fabrycznego, wdrażanie najlepszych praktyk w zakresie bezpieczeństwa cybernetycznego, edukowanie osób zajmujących się rozwojem robotów i kadry kierowniczej w zakresie cyberbezpieczeństwa, zapewnianie użytkownikom możliwości wyrażania opinii na temat potencjalnych luk w zabezpieczeniach oraz promowanie audytów bezpieczeństwa przed fazą produkcji. W tym celu niezbędne jest egzekwowanie wczesnych i zapobiegawczych zasad bezpiecznego projektowania dla aplikacji robotów.

Celem tego rozdziału była identyfikacja potencjalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa i prywatności w powszechnie stosowanym ROS, podnosząc w ten sposób świadomość na temat cyberbezpieczeństwa robotów i potrzebę dopracowania branżowych zasad bezpieczeństwa, tak aby uniknąć konsekwentnego wprowadzenia niepewnych robotów na rynek.

Oprócz dogłębnej analizy literatury dotyczącej bezpieczeństwa danych w robotyce ujawniono kilka błędów

bezpieczeństwa w powszechnie przyjętym rozwiązaniu ROS oraz przedstawiono analizę propozycji mających na celu zabezpieczenie aplikacji robotów bazujących na ROS. Podano również ogólne zalecenia i środki bezpieczeństwa na różnych poziomach do kierowania wdrażaniem i rozłokowaniem systemów bazujących na jednym lub wielu robotach. W przyszłości planowane jest opracowanie komercyjnie użytecznego systemu opartego na ROS dla wielu robotów, który byłby przeznaczony do monitorowania infrastruktury obejmującej kluczowe środki bezpieczeństwa cybernetycznego i prywatności, w ramach trwającego projektu R&D STOP.

### Podziękowania

Prace te były wspierane przez projekt badawczy Seguranças robóticos coOPERativos (STOP) (ref. CENTRO-01-0247-FEDER-017562), współfinansowany przez „Agência Nacional de Inovação” w ramach programu Portugal2020.

Autorzy dziękują Bernhardowi Dieberowi z Joanneum Research, Institute for Robotics and Mechatronics, za dostarczenie kodu źródłowego secure-ros-transport oraz Ruffin White z University of California w San Diego za pomoc w zainstalowaniu SROS.

### Przypisy

- 1 <http://stop.ingeniarius.pt>
- 2 <http://www.ros.org/>
- 3 TOR oznacza The Onion Router, światową sieć serwerów, które umożliwiają anonimowe przeglądanie Internetu.
- 4 [http://wiki.ros.org/ros\\_comm6](http://wiki.ros.org/ros_comm6)
- 5 <http://wiki.ros.org/sros>

Artykuł pochodzi z książki:

„Sztuczna inteligencja. Bezpieczeństwo i zabezpieczenia”, R V. Yampolskiy. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2022

# Czy zakładanie firmy w celu pozyskania dotacji ma sens?

Anna Szymczak

Czasami przedsiębiorcy rozważają założenie nowego podmiotu pod kątem pozyskania dotacji unijnej na rozwój działalności. Zakładanie firm jest proste, ale czy faktycznie pomaga w pozyskaniu dotacji? Jakie są wady i zalety takiej drogi?

Co do zasady instytucje udzielające wsparcia zainteresowane są udzielaniem dotacji wiarygodnym podmiotom, które planują realizować dobre projekty. „Wiarygodny podmiot” to ten, który ma stabilną kondycję i nie ma ryzyka bankructwa. „Dobry projekt” to ten, który wpisuje się w cele i kryteria programowe. Nowo utworzone podmioty, które planują inwestycje – np. budowę zakładu, zakup maszyn, urządzeń – mają zazwyczaj problemy w kilkoma aspektami.

## ASPEKT FINANSOWY

W wieloletniej historii udzielania dotacji znane są historie, gdzie dotacje były udzielane zaliczkowo, tzn. na poczet przyszłych wydatków (środki przelewane na konto beneficjenta, a on płacił z tych środków dostawcom, wykonawcom). Przysporzyło to instytucjom udzielającym wsparcia wielu problemów. Zdarzały się sytuacje, gdzie wypłacono zaliczkowo dotację, a ona była wykorzystywana niezgodnie z przeznaczeniem, np. na pokrycie bieżących kosztów działalności. Finalnie – nie było ani zaliczki ani zakupionego sprzętu, ani firmy. W związku z tym aktualnie widać w wielu programach dotacyjnych położenie nacisku na kondycję finansową firmy oraz możliwość sfinansowania wydatków w projekcie do czasu wypłacenia dotacji. Preferowane są projekty, gdzie wnioskodawca w chwili składania wniosku posiada promesę kredytową.

Takie warunki eliminują z rynku wiele nowo powstałych podmiotów, bo banki nie udzielają im kredytów bez właściwego zabezpieczenia. Nacisk na dobrą kondycję finansową powoduje, że nowo utworzone podmioty mają ograniczone szanse na pozyskanie większych środków na rozwój, a tym samym na pozyskanie dotacji unijnych.

## GOTOWOŚĆ DO REALIZACJI

Innym aspektem, który może mieć znaczenie przy ubieganiu się o środki unijne jest wykazanie gotowości do realizacji projektu. Mowa tutaj o posiadaniu różnych zgód i decyzji administracyjnych, jak decyzja środowiskowa, pozwolenia zintegrowane czy pozwolenia na budowę. Specyfika urzędniczych procedur, a dokładniej ich czasochłonność – także bywa czasami przeszkodą w możliwości pozyskania dotacji. Nowy podmiot, który startuje od przysłowiowego „zera” nie może

czasami wykazać się wymaganą gotowością administracyjną w tym zakresie.

## POTENCJAŁ ORGANIZACYJNY, KADROWY

Innym obszarem, który ma znaczenie dla pozyskania środków unijnych jest konieczność wykazania tzw. potencjału organizacyjnego. Pod tym pojęciem kryje się zazwyczaj wskazanie posiadanej kadry do realizacji projektu, doświadczenia w realizacji podobnych przedsięwzięć w przeszłości, posiadania zasobów (hale, biura, kadra zarządzająca i rozliczająca) itp.

Brak pracowników etatowych, brak dobrze wykształconej kadry, brak dorobku może nie być pozytywnie oceniony i w efekcie projekt może być odrzucony z powodu niewystarczającego potencjału organizacyjnego. Szacuje się, że taki wnioskodawca nie będzie w stanie zrealizować prawidłowo projektu, jak opisuje we wniosku dotację.

## NOWY START / ODCIĘCIE SIĘ OD PRZESZŁOŚCI

Czasami powstanie nowego podmiotu jest nieuniknione, np. tworzenie spółek celowych przez inwestorów. Wtedy należy mieć na względzie, aby spróbować zadbać o jak najlepsze wykazanie się możliwością dostępu do osób z doświadczeniem w branży, realizacji projektów unijnych itp. Ważne tutaj będą różne listy intencyjne, umowy warunkowe jako potwierdzenie dobrego przygotowania do projektu.

Jaka zatem jest zaleta zakładania nowej firmy pod kątem realizacji projektu unijnego? Odpowiedź brzmi: ŻADNA, ale biznes rządzi się własnymi prawami i tworzy się takie podmioty. Zaletą nowego podmiotu jest to, że od podstaw regulowane są kwestie podziału praw do zysków, udziałów, odpowiedzialności. A takie kwestie najlepiej realizować na nowym podmiocie, u podstaw powstawania, szczególnie gdy dotyczy to innowacji i to o wysokim potencjale rynkowym.

Reasumując, ubieganie się o dotacje przez nowy podmiot powoduje, że wnioskodawca – co do zasady – będzie miał trudniejsze zadanie. Nowo powstałe podmioty muszą znacznie więcej uwagi poświęcić na wiarygodne opisanie swoich możliwości niż opisywać fakty z dotychczasowej historii firmy. Innymi słowy – lepszy słaby dorobek niż żaden... Tworzenie nowego podmiotu jest warte rozważenia ale tylko w bardzo wąskiej grupie przypadków, nie jest to sposób na łatwiejsze pozyskanie dotacji, jak czasami się wydaje. ■

 Anna Szymczak

a.szymczak@ms-consulting.pl

**MS-Consulting**  
ul. Warszawska 149/6  
61-047 Poznań

# Produkcja 4.0. Praktyki firm w Polsce

Modernizacja i transformacja w przedsiębiorstwach są owocem działania własnych komórek badawczych lub zakładów B+R grupy, dzielenia się doświadczeniami na poziomie koncernu, jak i efektem pomocy wyspecjalizowanych przedsiębiorstw czy instytucji.

## Prace własne

– Aby być konkurencyjną firmą, musimy wdrażać innowacje technologiczne – i takie podejście reprezentuje zarówno globalnie Grupa Volkswagen, jak i lokalnie Volkswagen Poznań. Nasi pracownicy w poszczególnych jednostkach badawczych opracowują rozwiązania specyficzne dla procesów i technologii w VWP. Niektóre schematy, programy lub procesy są unikatowe dla fabryki i dlatego, rzecz jasna, wymagane są zmiany czy dostosowania – mówi Stefanie Hegels, dyrektor zakładu Volkswagen Poznań we Wrześni.

Nieco inny wariant? Varroc Lighting Systems w miejscowości Niemce nie ma własnego ośrodka B+R, gdyż grupa Varroc otworzyła go wcześniej w Krakowie.

– Wykonuje on świetną pracę, nie tylko na nasze potrzeby, ale całej grupy. Zatrudnia specjalistów z zakresu optyki, mechaniki czy elektroniki, którzy pracują m.in. nad kolejną generacją lamp przednich, pikselowych – zaznacza Grzegorz Stępień, dyrektor fabryki w Niemczech.

Pod koniec 2019 r. w Łodzi otwarto Centrum Badań i Rozwoju spółki BSH Sprzęt Gospodarstwa Domowego, które zatrudnia 150 inżynierów. Współpracuje ono z Politechniką Łódzką.

– Wdrażane w Fabryce Suszarek innowacje pochodzą z różnych źródeł (w naszej grupie), nie staramy się rozwiązywać problemu od zera, a jeśli rozwiązanie już istnieje i jeśli jest to możliwe, staramy się je kopiować i standaryzować – stwierdza Paweł Adamowicz, dyrektor fabryki suszarek do ubrań BSH w Łodzi.

Tak było w przypadku urządzeń do pomiaru temperatury, które fabryka ta „skopiowała” z wrocławskich zakładów BSH, czy konceptu bezpieczeństwa linii produkcyjnych, który jest standardem w grupie. Z kolei inżynierowie fabryki suszarek samodzielnie opracowali rozwiązania zastosowane w procesach testowania pomp ciepła, wykorzystane potem w nowej fabryce BSH w Chinach. Podobna jest praktyka w koncernie Pratt & Whitney.



– Mamy wspólne kierunki, które wyznacza dla nas odgórnie korporacja, jednak charakteryzuje ją duża swoboda w naszej codziennej działalności. Technologie, które rozwijamy, są bezpośrednio związane z naszymi produktami. Jest to zatem miks rozwiązań korporacyjnych z pracą naszych inżynierów w Rzeszowie. Za wiele produktów jesteśmy odpowiedzialni my, jako fabryka – mówi Maciej Samolej, wiceprezes zarządu ds. operacyjnych, dyrektor generalny Pratt & Whitney Rzeszów.

Także polska grupa Wielton stosuje pokrewne działania. Wykorzystuje przy tym doświadczenia i nowe rozwiązania zespołów inżynierskich zarówno niemieckiej spółki Langendorfer, angielskiej Lawrence David czy Fruehauf z Francji (wszystkie te firmy przejęła).

– Dzięki zasięgowi grupy jako spółka Wielton mamy dostęp do unikatowego *know-how* i nowoczesnych technologii innych spółek. Chętnie dzielimy się także naszym doświadczeniem i wiedzą. W Wieluniu mamy także własne zaplecze badawczo-rozwojowe, a zatem przepływ *know-how* odbywa się w obie strony – mówi Piotr Kuś, wiceprezes, dyrektor generalny.

Dział badawczo-rozwojowy w Wieluniu liczy około 70 inżynierów i ma pierwszą w Polsce (a drugą w Europie) stację do całopojazdowego badania naczep. Choć działa niezależnie od podobnych jednostek w swoich zagranicznych spółkach, to nad niektórymi projektami pracuje wspólnie – wybierając lidera, który w danym obszarze ma największe kompetencje.

Zakres tematyczny badań jest szeroki, od nowych naczeł chłodniczych, furgonowych czy specjalistycznych, przez optymalizację produktów (np. redukcja masy naczeł, a co za tym idzie – zmniejszenie spalania pojazdów i emisji gazów cieplarnianych, po elektromobilność i paliwa alternatywne).

### Polska wśród innych

Można rzec, że firmy z ośrodkami B+R lub też czerpiące nowoczesne rozwiązania z osiągnięć grupy – nie wdając się już w ocenę efektów ich pracy – można zaliczyć do elity proinnowacyjnych przedsiębiorstw.

A jak wygląda rzut oka na sytuację (innowacje) wszystkich działających w Polsce przedsiębiorstw? Częściową odpowiedź na to pytanie dają statystyki i rankingi.

W Europejskim Rankingu Innowacyjności 2021 Polska jest krajem określanym mianem „emerging innovator” (ze wskaźnikiem innowacyjności wynoszącym 65,9 proc. średniej UE z roku 2014 – postęp z poziomu 51,3 proc. średniej UE w roku 2014). Analiza poszczególnych obszarów poddanych ocenie w tym zestawieniu wskazuje na niski – względem średniej unijnej – poziom innowacyjności przedsiębiorstw m.in. w dziedzinie wydatków przedsiębiorstw na B+R, nakładów na innowacje na pracownika, innowacji produktowych czy też innowacyjnych MŚP współpracujących z innymi podmiotami.

Jeszcze mniej korzystnie przedstawiają się dane dotyczące poziomu nowoczesności przedsiębiorstw. Odsetek aktywnych innowacyjnych firm pozostaje na podobnym poziomie od wielu lat. Skłonność przedsiębiorstw do prowadzenia działalności innowacyjnej (mierzona jako odsetek firm innowacyjnych) w latach 2010–2019 utrzymywała się na niskim poziomie.



Jednocześnie widoczne są dysproporcje pod względem poziomu aktywności innowacyjnej firm w podziale na kategorie wielkości przedsiębiorstw, sektory oraz poziom techniki. Pouczającą lekturą są tu na przykład „Założenia Programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027” – dokument rządowy przekazany Komisji Europejskiej 16 marca 2022 r.

Idźmy dalej. W 2020 r. (to najnowsze dane GUS) polskie nakłady krajowe brutto na działalność B+R (GERD) miały wartość 32,4 mld zł i wzrosły o 7 proc. w stosunku do roku poprzedniego, a sama wartość GERD urosła do 2,35 proc.

Relacja nakładów wewnętrznych na działalność B+R do PKB – określana jako „wskaźnik intensywności prac B+R” – miała w 2020 r. w Polsce wartość 1,39 proc. i była niższa od wartości średniego tego wskaźnika dla UE (2,32 proc.) o 0,93 punktu proc., co plasowało Polskę na 17. miejscu.

Nasza gospodarka (wraz z przemysłem) pozostaje też daleko za ścisłą czołówką w przemianach cyfrowych (dochodzi tu też społeczny wymiar digitalizacji). Od 2014 r. Komisja Europejska monitoruje postępy państw członkowskich w tej mierze za pomocą wskaźnika gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego – DESI (*Digital Economy and Society Index*). W najnowszym wydaniu tej klasyfikacji znaleźliśmy się w Unii na czwartym miejscu od końca.

W najnowszym rankingu za 2021 r. KE stwierdziła, że choć podczas pandemii „państwa członkowskie poczyniły postępy w wysiłkach na rzecz cyfryzacji, nadal mają trudności z wypełnieniem luk w umiejętnościach cyfrowych, transformacji cyfrowej MŚP i rozwoju zaawansowanych sieci 5G”.

Z różnych zestawień i analiz (np. GUS, NCBR, NIK) wynika jednoznacznie, że działania innowacyjne realizują w Polsce przede wszystkim duże podmioty, gdyż firm z sektora małych i średnich przedsiębiorstw prowadzących działalność innowacyjną jest jeszcze relatywnie niewiele. Dotyczy to szczególnie badań przemysłowych z szybkim, konkretnym zastosowaniem, ale także prac rozwojowych o nieco bardziej perspektywicznym wymiarze (to już bardziej oczywiste, zważając na poziom finansowych i ludzkich zasobów polskich MŚP).

### Wskaźniki służące do oceny interwencji FENG/\* w obszarze dotyczącym rozwoju gospodarczego, innowacyjności oraz B+R

	Nakłady na działalność B+R	Nakłady sektora przedsiębiorstw na działalność B+R	Udział przedsiębiorstw innowacyjnych w ogólnej liczbie przedsiębiorstw przemysłowych w %
	w relacji do PKB, w %		
Wartość w 2020 r. wskazana w SOR/**	1,7	0,8	b.d.
Wartość osiągnięta w 2020 r., wg danych GUS	1,39	0,88	18,9/***
Wartość prognozowana na 2030 r., wg SOR/**	2,5	1,3	35

Źródło: Założenia Programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027, dokument rządowy przekazany Komisji Europejskiej 16.3.2022 r.

\* Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki;

\*\* Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju;

\*\*\* Dane za 2019 r.

**Państwowy impuls. Oczekiwania i realia**

Ekspertki wskazują, że pomoc państwa – zarówno ta finansowej natury, jak i „operacyjna” – jest w naszym kraju wysoce niedostateczna, co rzutuje zwłaszcza na możliwości i decyzje małych i średnich firm.

W Niemczech przed laty zdecydowano się na stworzenie kilkunastu regionalnych centrów kompetencji Industry 4.0 (firmy dostają silne wsparcie, by mogły nadążyć za wymaganiami rynku), a także program „Industrie 4.0 @Mittelstand“. Bez wątplenia taka polityka spopularyzowała tam ideę i przyspieszyła procesy związane z Przemysłem 4.0 – zwłaszcza w MSP, które stanowią dla Niemiec bazę w eksporcie. I w polskim przypadku potrzebna jest edukacja, doradztwo, *know-how* z zarządzania, bo nieprzekonani nigdy nie zdecydują się na rewolucję.

W Polsce nadal nie ma podobnego systemu. Jakim krokiem w tę stronę było stworzenie Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości. Niektóre z przejawów jej działalności zasługują na uwagę, lecz...

– Ta fundacja – chodzi o jej formułę prawną – nie do końca jest usytuowana tak, jak potrzebowaliby tego środowisko biznesowe. Firmy liczyły, że będzie to rządowa agenda i w podobny sposób jak PARP na swoim polu działania wspomocze przedsiębiorstwa. Skromna pula środków finansowych, którą FPPP ma do dyspozycji, służy raczej popularyzacji pewnych treści w Internecie (co oczywiście też jest ważne), a nie realnej pomocy dla firm na szeroką skalę. (...) Fundacja jest odcięta od takiego typu finansowania jak PARP, która prowadzi pewne przedsięwzięcia w ramach środków budżetowych. Notabene: koordynacja aktywności obu instytucji na polu Przemysłu 4.0 też by się przydała – ocenia Tomasz Haiduk, prezes Forum Automatyki i Robotyki Polskiej.

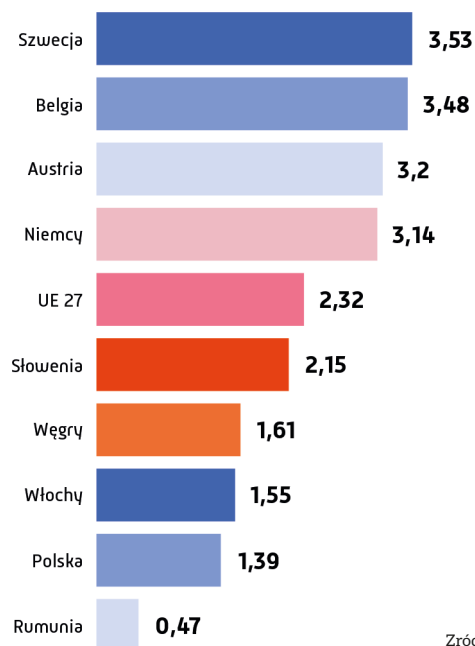
Wspomniane Niemcy to przykład znamieny, ale bynajmniej nie odosobniony. „We Włoszech inwestujący w robotyzację i automatyzację może odliczyć od przychodu od 20 do 40 proc. wartości inwestycji. Ponadto rządy wspierają rozwój Industry 4.0 bezpośrednio lub pośrednio na inne sposoby – np. pomagając start-upom i jednostkom naukowo-badawczym” – przypomina Stefan Życzkowski, przewodniczący rady strategicznej Astora.

Polscy przedsiębiorcy mocno liczyli też na finansowanie nowych przedsięwzięć z zewnątrz – i rzeczywiście, w sporej liczbie przypadków finansowanie unijne odegrało tu istotną rolę.

Wiele nadziei w kwestii skutecznych zachęt związanych z bezpośrednim finansowaniem inwestycji budziła choćby tzw. ulga robotyczna: w deklaracjach rządowych miała mocno przyspieszyć w naszym kraju automatyzację i robotyzację. Specjaliści zwracają jednakże uwagę, że model opracowany przez Ministerstwo Finansów jest tak skomplikowany i mało zachęcający, że widoki iż dużo firm z owej ulgi skorzysta, są zapewne płonne.

– Nie sądzę, że to świadome działanie administracji centralnej – bardziej szkodliwa, asekuracyjna ostrożność we wspieraniu prywatnych przedsiębiorstw, połączona z fatalnym w skutkach niezrozumieniem ich (i gospodarki) potrzeb. I może to jest w tym najbardziej smutne tyle lat po ustrojowej transformacji – zauważa Tomasz Haiduk.

Wskaźnik intensywności prac B+R (GERD/PKB) w krajach Unii Europejskiej w 2020 r.



Zródło: Eurostat, GUS

Także Stefan Życzkowski (Astor) komentuje powstałą sytuację w powątpiewającym tonie:

– W systemie podatkowym tzw. Polskiego Ładu pojawiła się kusząca ulga na robotyzację – do 50 proc. kosztów inwestycji. Miała być rozszerzona na inwestycje Przemysł 4.0. Niestety, stosowna ustawa ciągle nie jest wdrożona, brakuje rozporządzeń wykonawczych.

O innym istotnym zaangażowaniu państwa (dziś raczej wyrwykowym) w tworzenie systemu szkolnictwa zajmującego się kształceniem na poziomie szkoły wyższej, a także propagowaniu i nauczaniu tej idei w młodszych latach (które na razie leży zupełnie) piszemy w innym miejscu naszego raportu (Rozdział III).

**Oznaki ożywienia**

– Rankingi i zestawienia mają swoje zalety, ale także słabości – często opierają się na danych historycznych i trudno z nich wnioskować o tym, co dzieje się w ostatnich dwóch czy trzech latach. Warto pamiętać, że tylko w ciągu 5 ostatnich lat nakłady na projekty badawczo-rozwojowe, czyli m.in. takie, które realizowane są przez Łukasiewicza, wzrosły w 2020 r. o 45 proc., do wartości ponad 32,4 mld zł. Ich udział w PKB w 2020 roku wynosił 1,39 proc., w porównaniu do 1,32 proc. w 2019 roku – stwierdza Piotr Dardziński, prezes dobrze działającej Sieci Badawczej Łukasiewicza.

A jak Piotr Dardziński ocenia pomoc publiczną w kwestii B+R (w szerszym kontekście niż tylko wsparcie rozwoju Przemysłu 4.0)?

– W Polsce są wdrożone, podobnie jak na Zachodzie, formy wsparcia finansowego na działalność B+R i inwestycje rozwojowe w postaci ulg podatkowych oraz różnych strumieni



dofinansowania, czyli dokapitalizowania projektu. Ulga podatkowa umożliwia skrócenie okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych, co jest bardzo silnym argumentem za inwestycją – wskazuje.

Dodaje też, że innym „mocnym argumentem proinwestycyjnym są środki pomocowe, najczęściej dostępne za pomocą NCBR, PARP oraz z Programu Horyzont Europa, którego budżet sięga blisko 100 mld euro. Niski jest z kolei wymagalny udział środków własnych po stronie przedsiębiorcy, bo wynosi tylko 10–15 proc.

I dzieli się ciekawą informacją: „W naszym portfelu ponad połowa projektów jest finansowana samodzielnie przez przedsiębiorców, często bez sięgania po kredyty. (...) W ten sposób można szybciej zrealizować projekt. Dzięki samofinansowaniu unika się procedur przygotowania wniosków o dofinansowanie, oczekiwania na ich ocenę, a później rozliczenia, co może trwać od pół roku do ośmiu miesięcy. A przecież time is money”.

Trudno też przeczyć, że pewne oznaki ożywienia aktywności instytucji państwa we wsparciu rozwoju Industry 4.0 w naszym kraju się pojawiają.

– Będą tworzone centra doradcze wspomagające przygotowanie projektów i wskazujące, skąd można na ten cel pozyskać środki – powiedziała na przykład w czasie debaty „Przemysł 4.0” w ramach XIV Europejskiego Kongresu Gospodarczego dyrektor Departamentu Analiz i Strategii Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości Paulina Zadura.

Inna ilustracja. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości – w porozumieniu z Ministerstwem Funduszy i Polityki Regionalnej – zwiększyła w marcu br. o ponad 5 mln zł pulę środków przeznaczoną na granty programu pilotażowego Przemysł 4.0. Dzięki temu nie 37, a 45 firm otrzymało lub otrzyma wkrótce dofinansowanie na rozpoczęcie transformacji technologicznej. Krok w dobrą stronę.

Ale... Górną kwotę wsparcia dla jednego projektu określono zaledwie na 800 tys. zł, gdyż łączna pula dofinansowania (środki pochodziły z Funduszy Europejskich, z Programu

Inteligentny Rozwój) była skromna i wynosiła tylko 30 mln zł. Był to też program pilotażowy – przy okazji dopiero „rozpoznający bojem”, jakie jest zainteresowanie MSP wdrożeniami Przemysłu 4.0. I co?

– Zainteresowanie pilotażem przerosło nasze oczekiwania, bowiem w konkursie o dotacje wzięło udział aż 481 firm. Wartość złożonych przez nie projektów przekroczyła 300 mln zł, czyli ponad 1200 proc. budżetu pierwotnie przeznaczanego na pilotaż. Widać, jak wiele firm w Polsce ma świadomość, że digitalizacja czy automatyzacja przemysłu jest niezwykle istotna dla rozwoju i konkurencyjności na rynku – skomentował w wypowiedzi dla mediów Dariusz Budrowski, prezes PARP.

Owa opozycja „popyt i podaż” wskazuje też na rozbieżności między realiami i oczekiwaniami.

Kompleksowe dla Polski propozycje dotyczące innowacyjności przedstawione są w „Założeniach Programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027”, które polski rząd przekazał Komisji Europejskiej w połowie marca br. Program ten – w skrócie FENG – ma być odpowiedzią na wyzwania na poziomie UE – z odbiciem w krajowym Programie Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki.

Jego zakres jest szeroki, ambitny, w zamierzeniach wspierze rozwój gospodarczy, innowacyjność, sektor B+R, transfer technologii, ale także cyfryzację i rozwiązania Gospodarki 4.0. Czy jednak wobec tylu projektów i szerokiego grona potencjalnych odbiorców (od przedsiębiorstw, sektora nauki, konsorcjów przedsiębiorców lub z organizacjami badawczymi, po ośrodki przedsiębiorczości i innowacji itp.) ten budżet wieloletni – z pulą ok. 7,9 mld euro – jest wystarczający? Pytanie pozostaje na razie bez odpowiedzi. Podobnie jak kompleksowa ocena, dlaczego relatywnie słabe są efekty wykorzystywania m.in. środków unijnych na tę sferę z niektórych wcześniejszych programów UE.

Można podać jeszcze trochę przykładów, świadczących o pewnym przyroście inicjatyw dopomagających firmom w postępie Industry 4.0. Ale do ustanowienia w Polsce prawdziwego, wszechstronnego megamechanizmu wsparcia państwa dla firm na drodze do Industry 4.0 (finanse, organizacja, doradztwo, edukacja, społeczeństwo i świadomość proinnowacyjna) jeszcze daleko.

Walter Eucken, jeden z twórców ordoliberalizmu – teorii będącej podstawą koncepcji społecznej gospodarki rynkowej – ucieka się w swoich pismach do metafory ogrodnika (państwa); ten tak powinien prowadzić ogród, by w sąsiedztwie wielkich, imponujących drzew, mogły rosnąć także małe, zachwycające i zdrowe kwiaty, czyli MSP, więc o nie troskliwie dba. Ale czy tak jest w przypadku polskiego ogrodu?

Tyle że, owszem, rola państwa jest w stymulowaniu rozwoju Przemysłu 4.0 istotna, ale przecież nie ono podejmuje strategiczne decyzje w przedsiębiorstwach... ■

Fragment raportu „Produkcja 4.0. Praktyki firm w Polsce” przygotowanego przez dziennikarzy mediów Grupy PTWP. Miał on swoją premierę w październiku 2022 r. podczas konferencji Nowy Przemysł 4.0, będącej częścią Międzynarodowych Targów Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki Toolsex.



# Realizacja układu SZR na bazie sterownika PLC WAGO PFC200

Andrzej Augusiak, Remigiusz Izbaner, Jakub Labudda

## Wstęp

Układy Samoczynnego Załączania Rezerwy (układy SZR) służą do automatycznego przełączania podstawowego i rezerwowego źródła zasilania elektrycznego w sytuacji wykrycia zaniku zasilania. W ten sposób zapewniają ciągłość zasilania odbiorców o podwyższonych wymaganiach w zakresie niezawodności dostaw energii elektrycznej. Układy SZR instalowane są zazwyczaj w stacjach i rozdzielniach elektroenergetycznych, w tym w stacjach ważniejszych odbiorców użyteczności publicznej, rozdzielniach potrzeb własnych elektrowni, rozdzielniach przemysłowych itp. [1, 2].

Opisany układ SZR powstał z wykorzystaniem sterownika PLC WAGO PFC200 i umożliwia m.in.:

- automatyczne przełączanie zasilania pomiędzy źródłem podstawowym a dwoma źródłami rezerwowymi,
- automatyczne przełączanie powrotne na zasilanie podstawowe,
- ręczne (miejscowe lub zdalne) sterowanie aparatami w rozdzielni,
- blokady logiczne aparatów przed załączeniem źródeł do pracy równoległej, obsługa wyłączenia pożarowego aparatów za pomocą „głównego wyłącznika prądu”.

Rozwiązanie powstało w ramach pracy dyplomowej inżynierskiej „Budowa układu SZR z wykorzystaniem sterownika PLC i jego uruchomienie w systemie zasilania Laboratorium LINTE<sup>2</sup>”, przygotowywanej aktualnie na Politechnice Gdańskiej.

## Przemysłowe układy SZR w elektroenergetyce

Firmy produkujące sprzęt i urządzenia elektryczne oferują szeroką gamę przemysłowych układów automatyki SZR. Wśród nich na uwagę zasługuje układ SZR typu MAX-1SX oferowany przez firmę Eaton do zapewnienia ciągłości zasilania odbiorców energii elektrycznej w sieciach niskiego napięcia.

Układ SZR z modułem automatyki typu MAX-1SX może być zbudowany z dwóch lub trzech aparatów wykonawczych (wyłączników lub rozłączników) o prądzie znamionowym od 40 A do 6300 A. Automatyka sterownika SZR pozwala na wybór pracy układu według jednego z siedmiu diagramów zasilania.

Układy zasilania zbudowane z wykorzystaniem modułu MAX-1SX działają w wyniku pobudzenia podnapięciowego i realizują przełączenie źródeł zasilania przy przerwach w zasilaniu trwających dłużej niż 1 sekundę, przy czym czas reakcji SZR na zanik napięcia można dopasować do działania urządzeń zasilających i odbiorczych.

Do działania urządzeń zasilających i odbiorczych można również dopasować czas reakcji SZR na powrót napięcia [3].

**Streszczenie:** Artykuł opisuje projekt i wykonanie układu Samoczynnego Załączania Rezerwy (SZR), który został zrealizowany z wykorzystaniem sterownika PLC WAGO PFC200 i jest wdrażany w systemie stacji elektroenergetycznej Laboratorium LINTE<sup>2</sup> na Politechnice Gdańskiej.

Słowa kluczowe: sterowniki PLC, układy SZR, protokoły komunikacyjne, IEC 61850.

**Abstract:** The paper describes the design and implementation of the Automatic Transfer Switch (ATS) system that is implemented using the WAGO PFC200 PLC controller and is going to be applied in system of power substation in the LINTE<sup>2</sup> Laboratory of the Gdańsk University of Technology. (Implementation of the ATS system using the WAGO PFC200 PLC controller).

Keywords: PLC controllers, ATS systems, communication protocols, IEC 61850.

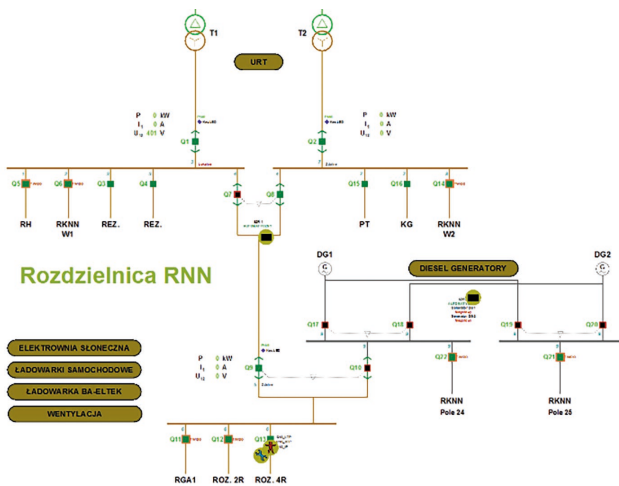
## Istniejący układ SZR w Laboratorium LINTE<sup>2</sup>

Istniejący układ SZR zbudowany jest z dwóch współpracujących ze sobą podukładów: SZR1 i SZR2. Każdy z nich steruje odrębną częścią układu zasilania oraz posiada osobne fizyczne przyciski funkcyjne.

Podukład SZR1 zbudowany jest na bazie sterownika PLC Schneider Electric Twido. SZR1 ma za zadanie przełączanie źródła zasilania elektrycznego Laboratorium LINTE<sup>2</sup> pomiędzy transformatorem T2 (zasilanie podstawowe), transformatorem T1 (zasilanie rezerwowe nr 1) lub jednym z dwóch agregatów prądotwórczych DG1/DG2 o mocy 80 kW każdy (zasilanie rezerwowe nr 2), co realizowane jest za pomocą sterowania parami wyłączników Q7 i Q8 oraz Q9 i Q10.

Struktura układu zasilania laboratorium LINTE<sup>2</sup> została przedstawiona na rys. 1.

Podukład SZR2 zbudowany jest na bazie dwóch sterowników PLC Schneider Electric Twido. SZR2 ma za zadanie przełączenie źródła zasilania rezerwowego nr 2, po wcześniejszym wyborze tego źródła przez podukład SZR1. SZR2 wysyła sygnał elektryczny do sterowników agregatów Woodward easYgen-2500, który uruchamia oba agregaty jednocześnie. Po osiągnięciu przez generatory zadanego napięcia i częstotliwości, sterownik powoduje zamknięcie wyłączników Q17 i Q10 – w takiej sytuacji laboratorium zasilane jest z agregatu DG1, a DG2 pracuje jako „nieobciążona rezerwa”. Jeśli DG1 nie jest w stanie



Rys. 1. Schemat zasilania laboratorium LINTE^2 [4]

zasilic laboratorium, to wówczas otwierany jest wyłącznik Q17, a zamykany Q18 – w takiej sytuacji laboratorium zasilane jest z agregatu DG2.

### Przesłanki przebudowy istniejącego układu SZR

W ramach wieloletniej eksploatacji istniejącego układu SZR zauważono szereg jego nieefektywności, z których do najważniejszych należą:

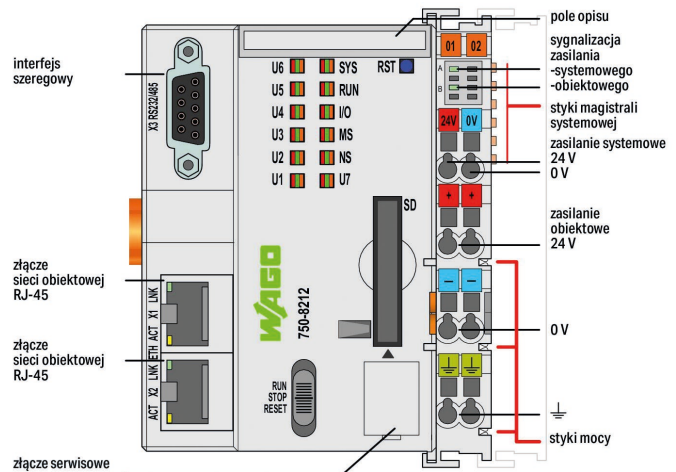
- brak pełnej komunikacji układu SZR z systemem SCADA (brak części sygnałów),
- panel sterownia ręcznego zlokalizowany w dwóch miejscach rozdzielni (dwa podukłady SZR),
- brak kryterium wyboru drugiego źródła rezerwowego (agregat DG1 lub DG2),
- brak możliwości systemowego odłączania instalacji fotowoltaicznej pracującej w laboratorium w sytuacji jego zasilania z agregatu prądotwórczego,
- nieprawidłowe sterowanie częścią aparatów w polach odpiływowych,
- brak dostępu do programu sterownika i możliwości jego dostosowania do potrzeb laboratorium,
- niepoprawne działanie układu na wciśnięcie przycisku przeciwpożarowego – następuje uruchomienie agregatów prądotwórczych,

Dodatkowo producent podukładów SZR (Schneider Electric) w 2023 r. zakończył wsparcie użytych do ich budowy sterowników Twido [3], co w razie ew. awarii sterownika uniemożliwiłoby wsparcie i naprawę układu.

### Sterownik WAGO PFC200

Do budowy nowego układu SZR wykorzystano sterownik programowalny WAGO PFC200 8212/025-001 należący do modularnego systemu WAGO I/O System [4].

Sterownik posiada wbudowane 2 porty Ethernet, 1 złącze RS-232/-485, wspiera moduły dwustanowe i analogowe z serii 750/753 oraz szereg protokołów komunikacyjnych, w tym Modbus RTU/TCP, DNP3, IEC 60870-5-101/-103/-104, IEC



Rys. 2. Sterownik PLC WAGO PFC 200 (2. generacji) [5]

61400-25, IEC 61850-7 – dzięki czemu jest dobrze przystosowany do realizacji wielorakich funkcji rozproszonej automatyki w stacjach elektroenergetycznych.

Do stworzenia algorytmu układu SZR wykorzystano środowisko programistyczne CoDeSys 3.5, które wspiera tworzenie aplikacji we wszystkich językach programowania zgodnych z IEC 61131-3.

Widok sterownika WAGO PFC200 pokazano na rys. 2.

### Panel WAGO TP600

W ramach budowy nowego układu SZR zdecydowano się na wykorzystanie cyfrowego panelu operatorskiego HMI w celu lokalnego odwzorowania stanu pracy układu oraz lokalnego ręcznego sterowania aparatami rozdzielnic.

Do tego celu wykorzystano panel WAGO TP600 w wersji Control, który oprócz funkcji ekranu HMI pełni także rolę sterownika pracującego w środowisku programistycznym CoDeSys 3.5.

Panel posiada 2 porty Ethernet, 2 porty USB, 1 złącze CAN, 1 złącze RS-232/-485, 4 wejścia/wyjścia do odczytu lub sterowania sygnałami dwustanowymi oraz moduł pamięci zabezpieczony przed awarią zasilania. Właściwości panelu HMI umożliwiają stworzenie rozbudowanego sterowania o większym komforcie użytkownika w porównaniu z wykorzystaniem przycisków sterowniczych i lampek sygnalizacyjnych.

Widok panelu WAGO TP600 pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Panel HMI WAGO TP600 (Control) [6]

## Algorytm sterowania układu SZR

Sterownik układu SZR (nazwany WAGO\_SZR) realizuje następujące funkcje w układzie sterowania:

- zapewnia przełączanie zasilania laboratorium między źródłem podstawowym, a źródłami rezerwowymi,
- nadzoruje stan wyłączników oraz poprawność wykonania operacji łączeniowych,
- umożliwia pracę w trybie automatycznym lub ręcznym; w trybie ręcznym sterowanie może być realizowane z panelu HMI lub systemu SCADA,
- podejmuje decyzję o kolejności uruchamiania agregatów prądowców na podstawie poziomu ich paliwa.

Sterownik WAGO\_SZR nadzoruje stan źródeł napięcia na podstawie sygnałów z przekaźników kontroli faz. W trybie pracy automatycznej przełączenia dokonywane są według tabeli przedstawionej poniżej.

**Tabela 1.** Logika działania trybu pracy automatycznej

	Stan źródła zasilania				Stan aparatu					
	T1	T2	DG1	DG2	Q7	Q8	Q9	Q10	Q17	Q18
Podstawowe T2	1/0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Rezerwa T1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Rezerwa DG1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Rezerwa DG2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Brak rezerwy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

W powyższej tabeli przypisuje się wartość 1 do wyłącznika, który ma być zamknięty. Wyłączniki, które mają być otwarte w danym stanie zasilania oznaczone są wartością 0. Wybór stanu zasilania podejmowany jest na podstawie stanu źródeł zasilania – 1 oznacza, że źródło pracuje poprawnie.

Sterownik określa następujące stany kontrolowanych wyłączników:

- położenie: załączony/wyłączony,
- wyzwolenie wyłącznika,
- uszkodzenie wyłącznika (niewykonanie operacji łączeniowej),
- położenie wyłącznika w wózku: wsunięty/wysunięty.

W przypadku stwierdzenia wyzwolenia, niewykonania operacji łączeniowej lub wysunięcia wyłącznika następuje zablokowanie sterowania w trybie automatycznym. Po zablokowaniu sterowania konieczne jest przełączenie układu w tryb ręczny, usunięcie usterki i ponowne przełączenie w tryb automatyczny.

Sterownik kontroluje pracę agregatów prądowców. Jeżeli przy próbie uruchomienia agregatu urządzenie nie zgłosi gotowości w wymaganym czasie lub podczas pracy nie zapewni stabilnego napięcia o wymaganych parametrach, sterownik stwierdzi jego uszkodzenie. Nastąpi wtedy próba załączenia drugiego agregatu prądowcowego. Jeżeli nie nastąpi skasowanie błędu uszkodzenia agregatu, to przy kolejnych sekwencjach przełączania zasilania nie będzie on brany pod uwagę jako źródło rezerwowe. Załączony zostanie drugi dostępny agregat, a jeżeli oba agregaty będą uszkodzone, to układ przejdzie w stan braku dostępnego zasilania rezerwowego, czekając na powrót napięcia na którymś transformatorze.

W układach SZR istotne znaczenie ma czas przerwy beznapięciowej, która występuje podczas przełączania między

źródłami zasilania. Jest to chwila, podczas której nie jest załączone żadne źródło zasilania. Czas ten jest szczególnie istotny, jeżeli odbiornikami są silniki elektryczne, z uwagi na występujące na ich uzwojeniach napięcie szczytowe, które pojawia się po zaniku zasilania. W opracowanym algorytmie przyjęto czas przerwy beznapięciowej wynoszący 0.5 s. Umożliwi on wytlumienie szczytowego napięcia i bezpieczne przełączenie źródła zasilania.

W trybie ręcznym możliwe jest załączenie i wyłączenie agregatów prądowców oraz wykonywanie dowolnych operacji łączeniowych na wyłącznikach, które nie spowodują załączenia dwóch źródeł do pracy równoległej. W celu zapewnienia bezpieczeństwa zastosowano podwójne blokady programowe oraz blokadę elektryczną bierną.

## Sterowanie SZR z wykorzystaniem panelu Wago TP600

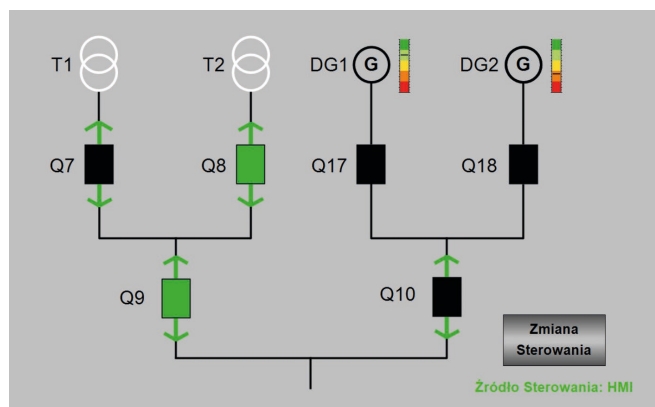
Proces sterowania pozycjami wyłączników oraz uruchomienia agregatów prądowców został zaprojektowany zgodnie z normą IEC 61850 [7]. Po przełączeniu przełącznika do pozycji „Sterowanie ręczne” sterowanie układem polega na wyborze poziomu sterowania na Panelu HMI TP600. Po wyborze poziomu sterowania następuje jego rezerwacja, która gwarantuje możliwość sterowania tylko z jednego poziomu jednocześnie.

Przykładowo użytkownik wybierając tryb sterowania HMI (kategoria użytkownika lokalny) wysyła sterowanie z poziomu panelu do sterownika WAGO\_SZR, a jednocześnie blokuje jakikolwiek sygnał sterowania wysyłany z systemu SCADA (kategoria użytkownika zdalny).

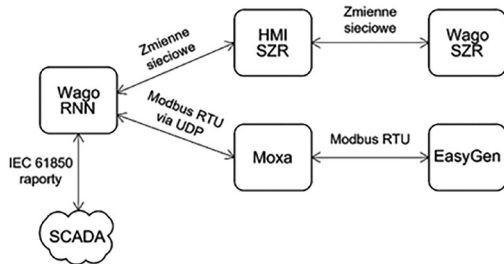
Tryb sterowania manualnego blokuje wykonanie zabronionych sterowań, które mogą źle wpłynąć na działanie układu. Graficzne przedstawienie wizualizacji układu SZR zostało pokazane na rys. 4. Występuje kilka sytuacji, w których konieczne jest blokowanie sterowania:

Blokuje się jednocześnie załączenie obu wyłączników, które załączają dwa wykluczające siebie źródła, np. Q7 i Q8;

Blokuje się sterowanie każdym z wyłączników oraz agregatami prądowcowymi po uprzednim wciśnięciu przycisku bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz po otrzymaniu sygnału, że któryś z wyłączników wyzwolił lub nie wykonał polecenia sterowania;



**Rys. 4.** Wizualizacji działania układu SZR na panelu HMI



Rys. 5. Schemat systemu komunikacyjnego sterownika WAGO\_SZR

Po zamknięciu następuje 5-sekundowe blokowanie wysłania sterowania powodujące jego otwarcie ze względu na czas potrzebny na napięcie sprężyny napędu zdalnego;

Po otwarciu następuje 15-sekundowe blokowanie wysłania sterowania powodujące jego zamknięcie w celu ograniczenia częstotliwości operacji łączeniowych wyłącznika.

### Komunikacja układu z systemem SCADA

Sterownik WAGO\_SZR oraz panel HMI\_SZR nie posiadają wbudowanej możliwości komunikacji za pomocą protokołu zgodnego ze standardem IEC 61850. Wymagałoby to dokupienia dodatkowej licencji. Zdecydowano się na wykorzystanie sterownika WAGO\_RNN jako tłumacza komunikacyjnego, dzięki któremu możliwa jest komunikacja systemu SCADA ze sterownikiem WAGO\_SZR za pomocą protokołu zgodnego ze standardem IEC 61850. Komunikacja między WAGO\_RNN a HMI\_SZR oraz między HMI\_SZR a WAGO\_SZR zrealizowana jest z wykorzystaniem zmiennych sieciowych wykorzystujących protokół UDP. Schemat systemu komunikacyjnego sterownika WAGO\_SZR przedstawiono na rys. 5.

Standard IEC 61850 umożliwia uporządkowanie informacji dot. zainstalowanych urządzeń. Z uwagi na ograniczoną liczbę urządzeń logicznych (ang. *Logical Devices* – LD) możliwych do utworzenia na serwerze sterownika WAGO\_RNN utworzono jeden zbiorczy LD zawierający informacje z układu SZR. LD Wago\_SZR przedstawiono na rys. 6. Węzłom logicznym (ang. *Logical Nodes* – LN) należącym do LD Wago\_SZR przypisano przedrostki wskazujące jakiego fizycznego urządzenia dotyczą. Szczególnym węzłem logicznym jest LLN0 zawierający zbiory danych – DataSets oraz zdefiniowane raporty – Reports przeznaczone do odczytu przez klientów serwera MMS/IEC 61850. Utworzono dwa raporty, zawierające odpowiednio: 1. Pozycje i stany wyłączników, 2. Dane zbiorcze z układu SZR.

Odczyt raportów serwera WAGO\_RNN zawierających informacje z LD WAGO\_SZR zrealizowano za pomocą dodania nowych raportów w istniejącym kliencie protokołu MMS/IEC 61850. Dodanie nowych statycznych raportów zrealizowano przez import pliku ICD wygenerowanego przez konfigurator IEC 61850 sterownika WAGO\_RNN. Fragmenty raportów i sterowań zostały przedstawione na rys. 7 i rys. 8.

### Literatura

- [1] Wiszniewski A., Koselnik Z., Poradnik Inżyniera Elektryka tom 3, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996
- [2] Wiatr J., Orzechowski M., Poradnik Projektanta Elektryka, Dom Wydawniczy MEDIUM, 2008



Rys. 6. Model danych dla układu SZR na serwerze MMS/IEC 61850 sterownika WAGO\_RNN

Indeks urządzenia	Opis	Referencja
0	Q7 - Wzrosty	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_GGIO1551IndststVal
1	Q7 - Załączony	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCBER1551PreststVal
2	Q7 - Wyłączony	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCBER1551PreststVal
3	Q7 - Blokada Otwarcia	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCBER1551BkOpstVal
4	Q7 - Blokada Zamknięcia	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCBER1551BkClstVal

Rys. 7. Odczyt danych z raportu dotyczący wyłącznika Q7

200	WAGO_SZR - Q7 Załącz	✓	✓	✗	✗	WAGO_RNN	WAGO_RNNWago_SZR	1
201	WAGO_SZR - Q7 Wyłącz	✓	✓	✗	✗	WAGO_RNN	WAGO_RNNWago_SZR	2

Rys. 8. Sterowanie dwustanowe wyłącznikiem Q7

- [3] Układ samoczynnego załączania rezerwy zasilania (SZR) z modułami automatyki typu MAX-1S, Dokumentacja techniczno-ruchowa, Eaton Electric, Gdańsk 2011
- [4] Instrukcja eksploatacyjno – ruchowa rozdzielnic RNN. Dokument wewnętrzny Laboratorium LINTE<sup>2</sup>, Politechnika Gdańska, ANDREM 2012
- [5] Product Manual, WAGO I/O System 750-8212 PFC200, WAGO GmbH & Co. KG (2022)
- [6] Product Manual, WAGO Touch Panels 600 Standard Line, WAGO GmbH & Co. KG (2021)
- [7] Norma PN-EN 61850-7-4:2011/A1:2020-11 – wersja angielska

✉ Autorzy: dr inż. Andrzej Augusiak, prof. PG, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: andrzej.augusiak@pg.edu.pl; Remigiusz Izbaner, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: remigiusz.izbaner@pg.edu.pl; Jakub Labudda, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: jakub.labudda@pg.edu.pl

# Kierunki rozwoju druku 3D

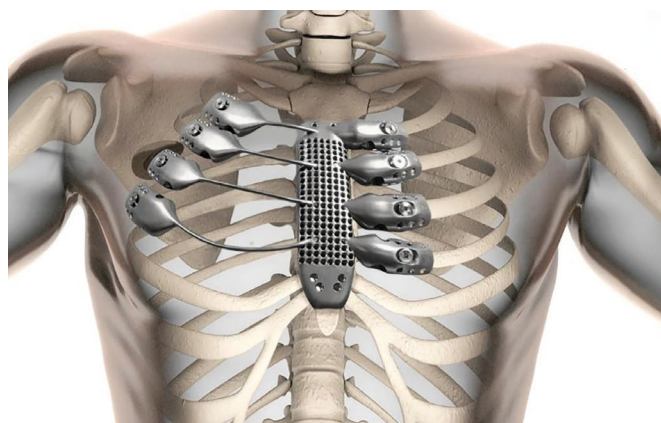
Helena Dodziuk

Przemysł druku 3D, 3DP, [1] znajduje się na ciekawym etapie rozwoju. Z jednej strony pandemia przyczyniła się do jego przyspieszenia [2], wykazując m.in. ważną rolę 3DP w przeciwdziałaniu zrywania łańcuchów dostaw [3]. Z drugiej – odbywają się na tym rynku interesujące przetarasowania, łączenia firm i ich zakupy. Ostatnio dyskutowano nawet o tym, czy legendarna firma 3D Systems „pożre” inną legendę – firmę STRATASYS [4]. Tym zjawiskom towarzyszy burzliwy rozwój 3DP. Główne jego kierunki to adoptowanie tej technologii wytwarzania do produkcji średnio- i wielkoseryjnej, nowe i bardziej efektywne zastosowania w różnych dziedzinach oraz opracowanie nowych materiałów znajdujących zastosowania w coraz to nowych dziedzinach.

**1. Adoptowanie tej technologii wytwarzania do produkcji średnio- i wielkoseryjnej.** Pierwszą jaskółką tej tendencji było wydrukowanie dysz do paliwa w silnikach odrzutowców w 2013 r. i uruchomienie ich wytwarzania na skalę przemysłową przez GE [5]. Uruchamianie średnio- i wielkoseryjnej produkcji przemysłowej z wykorzystaniem 3DP zachodzi już od jakiegoś czasu [6], ale obecnie nabrało ono szybkości ze względu na zwiększenie prędkości drukowania oraz polepszenie dokładności oraz powtarzalności wydruków. Wymagało to wprowadzenia na rynek szybkich drukarek o dużo większej precyzji. Towarzyszył mu rozwój metrologii pozwalającej na ocenę jakości wydruków [7] z jednej strony i rozwój oprogramowania, które pozwala nie tylko zaprojektować produkt [8], ale i scalić kierowanie całym procesem produkcyjnym w jeden pakiet oprogramowania [9].

**2. Burzliwy rozwój zastosowań w bardzo licznych dziedzinach.** Zastosowania medyczne – to już ważny i jeden z najbardziej perspektywicznych segmentów rynku [10]. Projektowanie operacji chirurgicznych (ang. *Virtual Surgical Planning*, VSP) w oparciu o wydrukowane w 3D modele miejsca operacji, np. guza rakowego [11] lub przy rozdzielaniu sióstr syjamskich [12], to już w najlepszych klinikach codzienność [13]. Wiąże się z tym zbliżenie technologii do pacjenta (ang. *Point-of-Care*, PoC), czyli korzystanie z niej w samym szpitalu, a nie wysyłanie wykonywania druków 3D na zewnątrz [14]. Istotnym ograniczeniem jest tutaj koszt zainstalowania drukarek 3D w szpitalu, uruchomienia całego ekosystemu designu i drukowania oraz brak pokrycia tych kosztów przez ubezpieczenie, mimo że wprowadzenie 3DP wpływa na skrócenie czasu leczenia, zwiększenie komfortu pacjentów oraz znaczne obniżenie całkowitych kosztów. Inną szybko rozwijającą się dziedziną zastosowań

medycznych jest produkcja implantów i protez [15]. Można tu zaobserwować następujące kierunki rozwoju. Są to wzrost liczby wydrukowanych implantów i protez biodra (firma GE już w 2018 roku pochwaliła się 100 000 wszczepionych pacjentom wydrukowanych w 3D implantów biodrowych [16]), a także znaczne rozszerzenie rodzajów drukowanych w 3D implantów obejmujące implanty kręgosłupa [17], fragmenty czaszki z metalu lub ceramiki [18], mostki i żebra (rys. 1) [19] itd. Jednym z pierwszych wydrukowanych w 3D implantów był już w 2012 r. wszczepiony 83-letniej pacjentce w Wielkiej Brytanii fragment dolnej szczęki [20].



**Rys. 1.** Mostek i fragmenty żeber wydrukowane w 3D, wszczepione następnie choremu na raka pacjentowi po usunięciu ich  
© Anatomics Pty Ltd [21].

Mogłam tu wymienić jedynie nieliczne inne zastosowania medyczne 3DP, ale nie mogę pominąć fascynującej technologii biodruku, czyli druku 3D komórkami [22]. Znajdują one zastosowania m.in. w drukowaniu narządów i tkanek. Te pierwsze mają w przyszłości zastąpić narządy pozyskiwane od donorów [23], te drugie – zastąpić testowanie leków na zwierzętach [24]. Innym, bardzo perspektywicznym zastosowaniem biodruku jest wytwarzanie modeli raków, co również ma w istotny sposób pomóc w poszukiwaniu nowych terapii antyrakowych [25].

Z innych zastosowań warto wymienić zastosowania w budownictwie, które wykazały swoje liczne zalety i dawno wyszły już z fazy prac eksperymentalnych [26]. Oczekuje się, że znajdą one zastosowanie w tanim budownictwie społecznym [27]. Obecnie 3DP jest również często stosowany w konfliktach zbrojnych, nie tylko w Ukrainie [28].

**3. Opracowywanie nowych materiałów** to temat rzeka. Chodzi o to, by były dostosowane do nowych specyficznych zastosowań oraz nie obciążały środowiska. Wymienimy tu tylko kilka interesujących trendów. Materiały kompozytowe [29] (moją uwagę zwróciła np. nietypowa mieszanka gliny, trocin i grzybni jako materiał budowlany [30]), materiały reagujące na niektóre impulsy, np. pamiętające nadany im kształt (ang. *shape memory materials*) [31], materiały animowane (ang. *animated materials*) [32], np. materiały samonaprawiające się (ang. *self-healing materials*) [33], stopy o zwiększonej odporności na zmęczenie [34], materiały do drukowania elektroniki [35], w przyszłości do nanoelektroniki, drukowane w 3D LEDy [36] itd.

Materiały z pamięcią kształtu, samonaprawiające się materiały i niektóre inne to przykłady materiałów stosowanych do druku 4D [37], gdzie czwartą współrzędną jest czas. Wbrew temu, co podano na portalu Benchmark.pl [38], pojęcie to oznacza nie tylko druk 3D, któremu towarzyszy następnie zmiana kształtu wydruku, ale każdą inną zmianę wydruku po jego wykonaniu. Do materiałów wykorzystywanych w druku 4D należą więc nie tylko materiały z pamięcią kształtu [31], lecz również takie, w których po wydruku zachodzi jakaś istotna zmiana, np. koloru, przewodnictwa, itd., czy też materiały samonaprawiające się [33].

Jak wspomniano uprzednio, nowe materiały dostosowane do zastosowań specjalnych wymagają opracowania nowych metod ich charakteryzowania i testowania [7]. Jako przykład mogą tu służyć badania materiałów do budowy silników naddźwiękowych odrzutowców, które muszą być odporne na bardzo wysokie temperatury i ciśnienie [39].

Reasumując, ciężka wieloletnia praca w dziedzinie druku 3D zaczyna przynosić coraz obfitsze owoce i tę metodę wytwarzania szeroko wprowadza się do produkcji średnio- i wielkoprzemysłowej. Jednocześnie coraz liczniejsze są jego zastosowania, również w oparciu o nowe materiały o fascynujących właściwościach. Jednocześnie coraz istotniejsze są, czasami niedoceniane, skutki społeczne 3DP [1, 40].

Warto dodać, jak na tym tle burzliwego rozwoju 3DP na świecie wygląda ta dziedzina w Polsce. Pominiemy przy tym filie firm zagranicznych, takich jak podwrocławski zakład belgijskiej firmy materialise [41] lub, o czym mniej u nas wiadomo, zastosowania w zagranicznych firmach przemysłu lotniczego w Polsce. Czasy, gdy zdarzały się polskie firmy nadające nie tylko u nas ton w branży, dawno minęły. Umieszczony na pierwszym miejscu w zestawieniu ze stycznia 2022 r. 7 topowych polskich producentów drukarek [42] Zortrax nadal sprzedaje modyfikacje swojego fantastycznego modelu M200 sprzed prawie 10 lat. Jego nowsze modele są niewiele młodsze, zaś wymienianie w 2022 r. nagrody z 2015 w tak intensywnie rozwijającej się dziedzinie, jak drukarki 3D, trąci myszką. Dobre opinie i nagrody zbierają obecnie na świecie produkty firmy Zmorph, które łączą funkcje drukarki 3D i możliwości obróbki CNC oraz grawerowania laserowego; są to tzw. systemy all-in-one [43]. Wydaje się, że produkująca drukarki przemysłowe firma 3D Gence [44] dotrzymuje kroku trendom światowym. Ostatnia, bardzo pozytywna opinia o ich drukarce, którą udało mi się znaleźć

pochodzi z 2018 roku [45]. Obawiam się jednak, że przyszłość przeważającej większości polskich firm już wkrótce będzie zagrożona, bo przemysł w dziedzinie 3DP nam uciekł i nie mamy szans go dogonić. Polskie firmy produkujące drukarki 3D usiłują się ratować sprzedając swoje, nie zawsze najnowocześniejsze wyroby szkołom w ramach specjalnych programów [46], nie mówię tu o firmie Skriware zasłużonej dla wprowadzania 3DP do edukacji w Polsce [47].

Brak perspektyw tym bardziej dotyczy wytwarzania materiałów do drukowania w 3D w Polsce. Włączenie się, obok firm chińskich, wielkich koncernów produkujących materiały chemiczne, takich jak BASF może wkrótce zmieść z rynku naszych wytwórców filamentów. Firma ta utworzyła niedawno spółkę córkę Forward-AM [48], która wykorzystując swoje ogromne możliwości rozwija zarówno wytwarzanie standardowych materiałów do 3DP na skalę przemysłową jak również opracowuje nowatorskie materiały do zastosowań specjalnych 3DP i rozwija usługi. Niestety, również w dziedzinie materiałów do drukowania w 3D nie będziemy konkurencyjni.


## Literatura

- [1] DODZIUK, H., Druk 3D/AM. Zastosowania oraz skutki społeczne i gospodarcze, PWN, Warszawa, 2019.
- [2] GRIFFITHS, L. 20 VIII 2020, Has the COVID-19 pandemic accelerated the adoption of 3D printing? <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/h/as-covid-19-pandemic-accelerate-adoption-of-3d-printing/>, dostęp 20 VII 2023.
- [3] LIPIEC, Ł. How 3D printing can affect your broken supply chain during the crisis caused by the Covid-19 outbreak? 3D printing vs coronavirus. <https://3dgence.com/3dnews/how-3d-printing-can-affect-your-broken-supply-chain-coronavirus/>, dostęp 20 VII 2023.
- [4] MOLITCH-CHOU, M. 6 VII 2023, The battle over 3D printing most valuable company, <https://www.forbes.com/sites/michaelmolitch-hou/2023/07/06/the-battle-over-3d-printings-most-valuable-company/>, dostęp 29 IX 2023.
- [5] KOVNER, A., 19 XI 2018, Transformation In 3D: ow A Walnut-Sized Part Changed The Way GE Aviation Builds Jet Engines, <https://www.ge.com/news/reports/transformation-3d-walnut-sized-part-changed-way-ge-aviation-builds-jet-engines>, dostęp 29 IX 2023.
- [6] ALDRETE, S. 14 VI 2017, Reimagine products, retool manufacturing and rethink business with additive manufacturing. [https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/reimagine-products-retool-manufacturing-and-rethink-business-with-additive-manufacturing/?v=nDy\\_IBYX55I](https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/reimagine-products-retool-manufacturing-and-rethink-business-with-additive-manufacturing/?v=nDy_IBYX55I), obejrzyj video w tym blogu, dostęp 28 VII 2020.
- [7] ELGENDY, M., 23 VIII 2023, How metrology ensures quality in 3D printing, <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=22938>, dostęp 30 IX 2023.
- [8] Best 3D printing software, <https://www.g2.com/categories/3d-printing>, dostęp 30 IX 2023.
- [9] Why integrate factory systems with 3D printing software? <https://markforged.com/resources/blog/why-integrate-factory-systems-with-3d-printing-software>, dostęp 30 IX 2023.

- [10] [https://www.researchandmarkets.com/reports/5696535/3d-printing-in-healthcare-market-size-share?gclid=EAIaIqobChMIoqPV4I\\_QgQMvldwYCh00-Fw66EAAAYAiAAEgWg\\_D\\_BwE](https://www.researchandmarkets.com/reports/5696535/3d-printing-in-healthcare-market-size-share?gclid=EAIaIqobChMIoqPV4I_QgQMvldwYCh00-Fw66EAAAYAiAAEgWg_D_BwE), dostęp 29 IX 2023.
- [11] 5 kwietnia 2021, Druk 3D nadzieją onkologii? <https://www.mp.pl/pacjent/onkologia/aktualnosci/263469,druk-3d-nadzieja-onkologii>, dostęp 29 IX 2023.
- [12] INSERRA, A., BORRO, L., SPADA, M., FREDIANI, S., SECINARO, A., Advanced 3D “Modeling” and “Printing” for the Surgical Planning of a Successful Case of Thoraco-Omphalopagus Conjoined Twins Separation, *Front. Physiol.*, 13 November 2020, Sec. Medical Physics and Imaging, Vol. 11, 2020, <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.566766>.
- [13] <https://www.materialise.com/en/inspiration/articles/3d-printing-hospitals>; Madeleine, P., dostęp 19 IX 2022; The integration of 3D printing in hospitals, <https://www.3dnatives.com/en/the-integration-of-3d-printing-in-hospitals-190920224/>, dostęp 29 IX 2023.
- [14] BESTAWROUS, S., WU, L., LIACOURAS, P. C., LEVIN, D. B., AHMED, M. T., STRZELECKI, B., AMENDOLA, M. F., LEE, J. T., COBURN, J., RIPLEY, B., Establishing 3D printing at the point of care: basic principles and tools for success, *Radiographics*, 4 II 2022. <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.210113>, <https://doi.org/10.1148/rg.210113>, dostęp 29 IX 2023.
- [15] <https://www.gminsights.com/industry-analysis/3d-printed-implants-market>, dostęp 30 IX 2023.
- [16] OLSON, P.D. 100,000 patients later, The 3D-printed hips is a decade old and going strong, <https://www.ge.com/news/reports/100000-patients-later-3d-printed-hip-decade-old-going-strong>, dostęp 28 IX. 2023.
- [17] FIANI, B., NEWHOUSE, A., CATHEL, A., SARHADI, K., SOULA, M., Implications of 3-dimensional printed spinal implants on the outcomes in spine surgery, *J Korean Neurosurg Soc.* 2021 Jul; 64(4): 495–504. doi: 10.3340/jkns.2020.0272, dostęp 28 IX 2023.
- [18] BEJERANO, P.B., Surgeons implant a 3D printed skull in a patient, <https://blogthinkbig.com/3d-printed-skull>, dostęp 4 X 2023.
- [19] Cancer patient receives 3D printed rib cage, <https://www.csiro.au/en/research/health-medical/biomedical/sternum-and-ribs>, dostęp 4 X 2023.
- [20] 8 III 1012, Transplant jaw made by 3D printer claimed first, <https://www.bbc.com/news/technology-16907104>, dostęp 28 IX 2023.
- [21] <https://www.csiro.au/en/News/News-releases/2017/3D-printed-sternum-in-world-first-surgery>, dostęp 2 XI 2023.
- [22] GŁADYSZ, K., SZYDŁOWSKA, J., ŻUCHNIK, O., ET AL., 3D bioprinting as a future of regenerative medicine and hope for transplantation. *J. Educ. Health Sport*, online. 23 November 2022. Vol. 13, no. 1, pp. 38-44 DOI 10.12775/JEHS.2023.13.01.005, dostęp 15 X 2023.
- [23] ROGERS, K., 10 III 2023, When we'll be able to 3D-print organs and who will be able to afford them, [https://www.cnn.com/2022/06/10/health/3d-printed-organs-bioprinting-life-itself-wellness-scn/index.html?utm\\_term=1678704945276f88e-e4b62edd&utm\\_source=cnn\\_Five+Things+for+Monday+%2C+March+13%2C+2023&utm\\_medium=email&bt\\_ee=E0L1o5P4lBKTUKb6TLX2Byd6Xflqy1iRPnamrZhQkp8qegTop1QOIy6OllhgaO1UP&bt\\_ts=1678704945279](https://www.cnn.com/2022/06/10/health/3d-printed-organs-bioprinting-life-itself-wellness-scn/index.html?utm_term=1678704945276f88e-e4b62edd&utm_source=cnn_Five+Things+for+Monday+%2C+March+13%2C+2023&utm_medium=email&bt_ee=E0L1o5P4lBKTUKb6TLX2Byd6Xflqy1iRPnamrZhQkp8qegTop1QOIy6OllhgaO1UP&bt_ts=1678704945279), dostęp 15 X 2023.
- [24] GAO, G., AHN, M., CHO, W.-W., ET AL., 3D printing of Pharmaceutical applications: drug screening and drug delivery, *Pharmaceutics*. 2021 Sep; 13(9): 1373, dostęp 15 X 2023.
- [25] SHARMA, R., PEREZ, M.N., DA SILVA, V.A., ET AL., 3D bioprinting complex models of cancer, *Biomater. Sci.*, 2023,11, 3414-3430, dostęp 15 X 2023.
- [26] J. PEEL, 28 X 2022, Concrete Dreams: A Reevaluation of the Potential in 3D Printed Construction, <https://3dprint.com/294797/concrete-dreams-a-reevaluation-of-the-potential-in-3d-printed-construction/>, dostęp 15 X 2023.
- [27] BELLAMY, C., 4 I 2022, How 3D printing can be the solution to the nation's affordable housing crisis, <https://www.nbcnews.com/news/nbcblk/3d-printing-can-solution-nations-affordable-housing-crisis-rcna10725>, dostęp 15 X 2023.
- [28] DANGWAL, A., 17 IX 2023, US Delivers Industrial-Size 3D Printers To Ukraine; Can Print Crucial Military Parts That Are Difficult To Obtain, <https://www.eurasiantimes.com/us-delivers-industrial-size-3d-printers-to-ukraine-can-print-crucial-military-parts-that-are-difficult-to-produce/>, dostęp 15 X 2023.
- [29] What Can You Do With a Professional 3D Printer, and Why? [https://markforged.com/resources/blog/what-can-you-do-with-a-professional-3d-printer-and-why?utm\\_source=email&utm\\_medium=em&campaign\\_term=2022-07&campaign\\_content=newsletter&mkt\\_tok=ODcxLURJTS03MjMAAAGMpyj5bru00dEEBV2g6mAPIL2P\\_pacawzyiAq\\_iBaz4iIfMWs0bv8-2T2lqK\\_AhVULHgZ-7kynUZotZ7Ln3uCLSVJfLYIZd8xIyU63d-NSHB](https://markforged.com/resources/blog/what-can-you-do-with-a-professional-3d-printer-and-why?utm_source=email&utm_medium=em&campaign_term=2022-07&campaign_content=newsletter&mkt_tok=ODcxLURJTS03MjMAAAGMpyj5bru00dEEBV2g6mAPIL2P_pacawzyiAq_iBaz4iIfMWs0bv8-2T2lqK_AhVULHgZ-7kynUZotZ7Ln3uCLSVJfLYIZd8xIyU63d-NSHB), dostęp 15 X 2023.
- [30] <https://www.youtube.com/watch?v=RMDpGJJPOew>, dostęp 8 X 2023.
- [31] NI, C., CHEN, D., YIN, Y. ET AL. Shape memory polymer with programmable recovery onset. *Nature* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06520-8>.
- [32] GANEWATTA, M.S., WANG, Z. & TANG, C. Chemical syntheses of bioinspired and biomimetic polymers toward biobased materials. *Nat Rev Chem* 5, 753–772 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41570-021-00325-x>. Materiały animowane.
- [33] DAN, C., CUI, Y., WU, Y. ET AL. Achieving ultrahigh fatigue resistance in AlSi10Mg alloy by additive manufacturing. *Nat. Mater.*, 22, 1182–1188 (2023), <https://doi.org/10.1038/s41563-023-01651-9>,
- [34] SANDERS, P. YOUNG, A. J., QIN, Y., ET AL., Stereolithographic 3D printing of extrinsically self-healing composites. *Sci Rep* 9, 388 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36828-9>, dostęp 15 X 2023.
- [35] ESPERA, A.H., JR., DIZON, J.R.C., CHEN, Q., ADVINCULA, R.C., 3D-printing and advanced manufacturing for electronics, *Progr. Additive Manuf.*, 4(3), (2019), mat. do mikro- i nanoelektroniki.
- [36] SEKITANI, T., NAKAJIMA, H. MAEDA, H., ET AL., Stretchable active-matrix organic light-emitting diode display using printable elastic conductors, *Nat. Mater.*, 8, 494–499 (2009).
- [37] KOWAL, A., 29 X 2022, Druk 4D i obiekty, które mogą się przekształcać. Jak działa ta technologia?, <https://www.chip.pl/2022/10/druk-4d-objekty-zmieniajace-sie-po-wydrukowaniu>, dostęp 10 X 2023.
- [38] KULIK, W., 28 I 2016, Druk 4D – co to jest i jak to wygląda, <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/druk-4d-co-to-jest-i-jak-to-wyglada.html>, dostęp 9 X 2023.



- [39] PEEL, J., 7 IX 2023, 3D Printed Ramjet Created by Lockheed Martin and Velo3D, <https://3dprint.com/303146/3d-printed-ramjet-created-by-lockheed-martin-and-velo3d/>, dostęp 9 X 2023.
- [40] DODZIUK, H., Druk 3D zmieni nasze życie, Pauza Akademicka, t. 644, 2023, <http://pauza.krakow.pl/indeks-autorski/d/>, dostęp 15 X 2023.
- [41] <https://www.materialise.com/en/about/locations/poland>, dostęp 17 X 2023.
- [42] 31 I 2022, <https://www.treco.pl/drukarki-3d-top-7-w-rankingu-polskich-producentow/>, dostęp 17 X 2023.
- [43] <https://all3dp.com/1/all-in-one-laser-3d-printer-scanner-cutter-engraver-cnc/>, dostęp 17 X 2023.
- [44] <https://3dgence.com>, dostęp 21 X 2023.
- [45] Petch, M. 1 VII 2028, Review: the 3Dgence industry F340, a powerful peek 3D printing workhorse, <https://3dprintingindustry.com/news/review-the-3dgence-industry-f340-a-powerful-peek-3d-printing-workhorse-137311/>, dostęp 21 X 2023.
- [46] <https://programy.edukacja.gov.pl/czy-wiesz-ze-w-kazdej-szkole-podstawowej-w-polsce-jest-drukarka-3d/>, dostęp 2 XI 2023.
- [47] <https://skriware.com/pl/dla-szkoly/laboratorium-edukacyjne/>, dostęp 2 XI 2023.
- [48] <https://forward-am.com/>, dostęp 19 X 2023.

 Helena Dodziuk - IChF PAN  
e-mail: [hdodziuk@gmail.com](mailto:hdodziuk@gmail.com)

reklama



**Darmowa e-prenumerata!**

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

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny

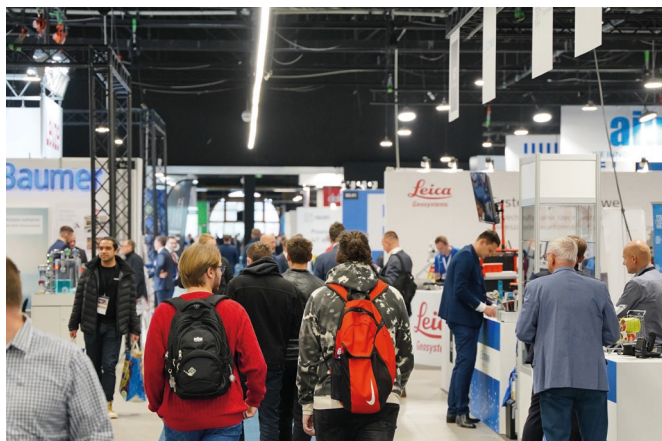


# Nowoczesne roboty i najciekawsze rozwiązania technologiczne. Warsaw Industry Week za nami

Katarzyna Zając



Warsaw Industry Week to flagowe wydarzenie organizowane w Ptak Warsaw Expo. Jego siódma edycja przyciągnęła tysiące odwiedzających biznesowych, spragnionych kontraktacji, networkingu, edukacji i pokazów najnowocześniejszych technologii.



Warsaw Industry Week to miejsce, w którym potrzeby biznesu spotykają się z nowoczesnymi technologiami. To największe i najbardziej kompleksowe targi przemysłowe w Polsce, przedstawiające rozwiązania dla poszczególnych sektorów branży. W Strefie Obróbki Metali zaprezentowano maszyny, urządzenia i technologie do mechanicznej obróbki metali, w Strefie Lasery 4.0 najnowocześniejsze lasery i oprogramowanie używane przy grawerowaniu, a w Strefie Robotyki i Automatyki pokazano metody automatyzacji i robotyzacji procesów przemysłowych. Ponadto odwiedzający mogli poznać innowacje w lakiernictwie, hydraulice, pneumatyce, spawalnictwie, druku 3D, narzędziach, obróbce drewna, oprogramowaniu i usługach dla przemysłu.

Warsaw Industry Week to istotne miejsce dla polskiego przemysłu, ponieważ pomaga w integracji i wzmocnieniu sektora. Zgodnie z analizami Głównego Urzędu Statystycznego, produkcja przemysłowa w kraju systematycznie spada. W lipcu 2023 roku badania wskazywały jej spowolnienie rok do roku o blisko trzy procent. To pokazało, jak istotne dla branży są impulsy do działania i pobudzania koniunktury sektora. Wydarzenie organizowane w Ptak Warsaw Expo było ich gwarantem.

Warsaw Industry Week otworzyło polski sektor na międzynarodowe kontraktacje, gwarantując mu możliwość nawiązania współpracy z wiodącymi producentami, dystrybutorami i usługodawcami z zagranicy. Dzięki temu wkroczenie na nowe rynki stało się łatwiejsze, podobnie jak zagwarantowanie sobie bezpieczniejszej biznesowej przyszłości.

Co więcej, Warsaw Industry Week odpowiedziało na najbardziej istotne dla polskiego przemysłu kwestie. Było to możliwe dzięki konferencjom branży przemysłowej, które odbyły się w trakcie międzynarodowych targów. Instrumenty Przemysłu 4.0 traktowały o lepszej efektywności, zrównoważonym rozwoju, innowacyjności w działalności produkcyjnej poprzez





rozwiązania przemysłu 4.0. Tematem Konferencji PIME podczas Warsaw Industry Week była inteligentna energetyka – technologie, usługi, regulacje.

Wiedzą od specjalistów dla specjalistów był również panel „Prezentacje i trendy wystawców”, podczas którego twórcy innowacyjnych rozwiązań prezentowali swoje pomysły potencjalnym użytkownikom. Mówiono między innymi o planowaniu i finansowaniu innowacyjności, przemysłowej transformacji cyfrowej, nowoczesnych skanerach w służbie kontroli jakości czy też kluczach do automatyzacji bezpieczeństwa.

Tegoroczne targi przemysłowe Warsaw Industry Week były również wyjątkowe m.in. dla firmy Multiprojekt, a to z kilku powodów, albowiem rok 2023 to okres zmian w MultiProjekcie. Podczas targów Warsaw Industry Week w Nadarzynie zaprezentowana została m.in. nowa odsłona stoiska MultiProjektu. Standy i ścianki zastąpione zostały ekspozytorami, na których położone były oferowane komponenty automatyki przemysłowej. Dzięki temu produkty były bardziej dostępne dla każdego uczestnika targów i bardziej przejrzyste. Z okazji 20-lecia MultiProjektu zorganizowano podczas targów konferencje techniczne, w czasie których przeprowadzono szereg wykładów, rozmów oraz atrakcji. Konferencja Techniczna Multiprojekt zagwarantowała wiedzę z zakresu silników liniowych, robotów SCARA, robotów modułowych i potencjału Neura Robotics. W bieżącej edycji firma przygotowała specjalne stoisko



dedykowane panelom operatorskim firmy Weintek. Pojawiły się także roboty współpracujące firmy Neura Robotics, które można było zobaczyć na stoisku podczas targów, a także usłyszeć o nich na konferencji – Multinariach.

Warsaw Industry Week przez lata zapracowało sobie na miano lidera przemysłu i innowacyjności. Odbijające się podczas wydarzenia pokazy rozwiązań robotycznych przekonują o konieczności inwestycji w najnowocześniejsze technologie, a obecność ekspertów i liderów sektora pozytywnie wpływa na wzrost międzynarodowej konkurencyjności dzięki współpracy. ■

# Zestawienie firm

## automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Aparatura kontrolno-pomiarowa</b>	
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com  Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na www.findernet.com.
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<b>COMPARTA Zajdel Sp. z o.o.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl  Oferuje: • switchce przemysłowe COMPARTA; • IDEC - PLC, HMI, bezpieczeństwo; • komputery przemysłowe ASEM; • konwertery protokołów HILSCHER; • zdalny dostęp SECOME - najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych. Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL.
<b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Siwka 11 31-588 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolaska.pl www.fatek.pl  Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn, wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, pomoc w doborze komponentów oraz pełne wsparcie dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek.
<b>Festo Sp. z o.o.</b> Janki k. Warszawy ul. Mszczonowska 7 05-090 Raszyn	Customer Interaction Center tel. 22 711 41 00 fax 22 711 41 02 festo_poland@festo.com www.festo.pl  Festo - lider innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie automatyki przemysłowej i automatyzacji procesów. Oferta Festo obejmuje m.in.: siłowniki i napędy pneumatyczne oraz elektryczne, chwytaki, manipulatory i roboty przemysłowe, zawory, wyspy zaworowe, przygotowanie sprężonego powietrza, technikę podciśnieniową, czujniki, sterowniki elektroniczne, systemy magistral, technikę przyłączeniową.
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com  Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na www.findernet.com.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl  Dystrybuujemy sterowniki PLC FATEK, panele operatorskie WEINTEK, serwonapędy i kontrolery ruchu TRIO, technikę liniową HIWIN, siłowniki liniowe LinMot, falowniki MICNO, silniki krokowe. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.

## Automatyka przemysłowa (cd.)

<p><b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Złoty Potok 10/16 02-699 Warszawa</p>	<p>tel. 22 855 18 30 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl</p>	<p>Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwigów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.</p>
<p><b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów</p>	<p>tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl</p>	<p>SKAMER-ACM to sprawdzony partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie systemów automatyki przemysłowej; programowanie przemysłowych systemów sterownikowych; tworzenie systemów monitoringu i wizualizacji mediów energetycznych, procesów przemysłowych i efektywności produkcji; prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni; montaż, rozruch i serwis instalacji AKPiA; sprzedaż urządzeń i systemów branży AKPiA.</p>
<p><b>Turck Sp. z o.o.</b> ul. Budowlanych 131/4 45-123 Opole</p>	<p>tel./fax 77 443 48 01 e-mail: poland@turck.com www.turck.pl</p>	<p>Firma TURCK to jeden z największych na świecie producentów elementów automatyki przemysłowej. Oferta produktowa: komponenty dla automatyzacji procesów przemysłowych; komponenty dla automatyzacji produkcji; czujniki; komunikacja bezprzewodowa; złącza, przewody i inne komponenty łączeniowe; RFID, systemy Pick to Light, Call for Parts, urządzenia sterujące.</p>

## Energoelektronika

<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na www.findernet.com.</p>
-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Mechatronika

<p><b>WROPOL ENGINEERING</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 O500, 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>
-------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Napędy

<p><b>BTT AUTOMATYKA Sp. z o.o.</b> ul. Generała Józefa Fiszer 14 80-231 Gdańsk</p>	<p>tel. 58 345 49 99 tel. 58 345 44 41 e-mail: btt@bttautomatyka.pl</p>	<p>Naszemu klientom dostarczamy kompletne napędy elektryczne maszyn i urządzeń, falowniki, zasilacze i silniki DC oraz serwonapędy napędzające maszyny i urządzenia przez nich produkowane czy używane, m.in. wentylatory, systemy stałego ciśnienia wody, suwnice, dźwigi, obrabiarki, maszyny masarskie, cukiernicze, urządzenia w przemyśle gumowym, produkcji kabli, folii, opakowań, napędy dużej mocy w kopalniach kruszywa.</p>
<p><b>Cantoni Group</b> ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn</p>	<p>tel. 33 813 87 00 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com</p>	<p>Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 7000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.</p>

**Napędy (cd.)**

<p><b>ELEKTRONAPĘDY</b> Grzegorz Zajac ul. Kościelna 5 56-504 Dziadowa Kłoda</p>	<p>tel. 506 750 427 e-mail: info@elektronapedy.pl www.elektronapedy.pl</p>	<p>Współpracujemy od lat z kilkoma niemieckimi producentami elektrowrzecion standardowych i specjalnych do 24.000 rpm (sprzedaż, dobór, serwis: m.in. Emod, Perske. Oferujemy silniki IE5 Dyneo+ do 500 kW marki Leroy Somer (zamienniki AC i DC) wraz z montażem, serwisem oraz analizą zwrotu kosztów z inwestycji. Silniki Motive z przekładniami i sterowaniem AC IP67, nierdzewne, zanurzeniowe, DC komutatorowe. Obecnie wprowadzamy przemiennik, Sterownik PLC, konektory automatyki.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p><b>Festo Sp. z o.o.</b> Janki k. Warszawy ul. Mszczonowska 7 05-090 Raszyn</p>	<p>Customer Interaction Center tel. 22 711 41 00 fax 22 711 41 02 festo_poland@festo.com www.festo.pl</p>	<p>Festo - lider innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie automatyki przemysłowej i automatyzacji procesów. Oferta Festo obejmuje m.in.: siłowniki i napędy pneumatyczne oraz elektryczne, chwytaki, manipulatory i roboty przemysłowe, zawory, wyspy zaworowe, przygotowanie sprężonego powietrza, technikę podciśnieniową, czujniki, sterowniki elektroniczne, systemy magistral, technikę przyłączeniową.</p>
<p><b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów</p>	<p>tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl</p>	<p>Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.</p>

**Systemy transportowe**

<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



**Systemy zasilające**

<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na www.findernet.com.</p>
-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Układy zabezpieczeń**

<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na www.findernet.com.</p>
-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Utrzymanie ruchu**

<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
 <div style="float: right; text-align: right;">  </div>		
<p><b>Centrum Badań i Dozoru sp. z o.o.</b> ul. Lędzińska 8 43-143 Lędziny</p>	<p>tel.:+48 32 32 42 200 e-mail: cbid@cbid.pl www.cbid.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badania rzeczoznawcze maszyn i urządzeń górniczych, w tym urządzeń budowy przeciwybuchowej;</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>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: • przekaźniki • urządzenia do termoregulacji przemysłowej • zasilacze impulsowe • moduły serwisowe i wiele innych. Więcej na <a href="http://www.findernet.com">www.findernet.com</a>.</p>
<p><b>WYTWÓRNIA SPRZĘTU ELEKTROENERGETYCZNEGO AKTYWIZACJA</b> ul. Stadionowa 24 31-751 Kraków</p>	<p>tel. 12 644 08 92 e-mail: wse@aktywizacja.com.pl www.aktywizacja.com.pl</p>	<p>WSE Aktywizacja produkuje, prowadzi serwis i badania okresowe elektroenergetycznego sprzętu ochronnego. W ofercie: • drążki izolacyjne: uniwersalne, teleskopowe • uzemiacze: przenośne, uszyniacze • wskaźniki: niskiego, średniego i wysokiego napięcia, uzgadniacze faz, detektory pola • wyroby elektroizolacyjne z gumy oraz inny sprzęt ochronny BHP.</p>

reklama



Znajdziesz nas pod adresem  
**[www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)**

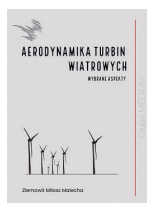
**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny

## BIBLIOTEKA



Zbigniew Hanzelka, Edmund Ciesielka, Paweł Dybowski, Waldemar Milej, Tomasz Drabek, Jakub Wójcik  
**Klaster jako element rynku energii**  
Wydawnictwo: AGH

Klaster energii definiuje się jako porozumienie działających lokalnie podmiotów gospodarczych, zajmujących się wytwarzaniem energii, jej konsumpcją, magazynowaniem, a także obrotem i handlem energią elektryczną, paliwami, ciepłem oraz chłodem. Jest to cywilnoprawne porozumienie, w skład którego mogą wchodzić osoby fizyczne, osoby prawne, jednostki naukowe, instytuty badawcze lub jednostki samorządu terytorialnego, dotyczące wytwarzania energii i równoważenia zapotrzebowania na energię z odnawialnych źródeł lub z innych źródeł czy paliw, jej dystrybucji lub obrotu nią, w ramach sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, na obszarze działania tego klastra, nieprzekraczającym granic jednego powiatu lub pięciu gmin. Celem niniejszego podręcznika jest określenie roli i miejsca klastra na rynku energii oraz zdefiniowanie ról poszczególnych podmiotów na tym rynku, w szczególności w kontekście instalacji źródeł OZE i przynajmniej częściowego uniezależnienia odbiorców od energii elektrycznej dostarczanej przez energetykę zawodową. W pierwszej części podręcznika autorzy przybliżają model funkcjonowania rynku energii elektrycznej, a w drugiej przedstawiają miejsce i sposób funkcjonowania klastra energii w tej strukturze.



Ziemowit Miłosz Malecha  
**Aerodynamika turbin wiatrowych.**  
**Wybrane aspekty**  
Wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

Monografia *Aerodynamika turbin wiatrowych. Wybrane aspekty* jest wprowadzeniem do zagadnień związanych z aerodynamiką turbin oraz farm wiatrowych. Zaprezentowano w niej główne teorie i metody projektowania turbin oraz farm wiatrowych. Przedstawiono także uproszczoną analizę ekonomiczną oraz możliwości wykorzystania algorytmów sztucznej inteligencji do wsparcia w procesie projektowania turbin wiatrowych. W książce omówiono też zagadnienia eksploatacyjne negatywnie wpływające na aerodynamikę turbin wiatrowych, takie jak zabrudzenia, erozja czy oblodzenie. W ostatnim rozdziale omówiony jest wpływ wielkoskalowej energetyki wiatrowej na otoczenie społeczne, środowisko naturalne oraz klimat.

Niniejsza publikacja jest przeznaczona zarówno dla studentów kierunków związanych z energetyką, jak i dla wszystkich osób zainteresowanych poruszaną w niej tematyką.



Tomasz Wieroński  
**Sztuczna inteligencja w strategicznych grach planszowych – czy algorytm może zastąpić człowieka?**  
Wydawnictwo: AGH  
Rok wydania: 2023

Gry planszowe mają zwykle mało skomplikowane zasady, które jednoznacznie określają graczom możliwości ruchu i „granice” symulacji, co czyni je dobrym polem do pojedynku między człowiekiem a sztuczną inteligencją. Na polskim rynku wydawniczym nie ma zwartej publikacji na temat zastosowania sztucznej inteligencji w strategicznych grach planszowych, dlatego książka Tomasza Wierońskiego jest interesującą propozycją wypełniającą tę lukę.

Po ciekawym wprowadzeniu w historię gier, barwnej prezentacji wybranych tytułów (tak historycznych, jak i współczesnych) oraz wskazaniu kierunku, w którym zmiierają dzisiejsze gry, i przyczyn ich coraz większej popularności autor przedstawia tezę, zgodnie z którą w ściśle określonych środowiskach, takich jak gry planszowe, możliwe jest sprawdzenie różnych sposobów rozwiązywania pozornie prostych problemów i przetestowanie zdolności agentów do adaptacji.

Gra Monopoly – mimo niezaprzeczalnych elementów losowości – daje bardzo duże możliwości w tworzeniu różnorodnych sztucznych inteligencji i na potrzeby tej właśnie gry autor opracował sztuczną inteligencję zdolną do podejmowania samodzielnych decyzji podczas rozgrywania partii z innymi agentami, a także z człowiekiem. Punktem wyjścia było przeprowadzenie wśród graczy badania ankietowego, które miało na celu poznanie popularnych strategii stosowanych przez grających w Monopoly. Następnie autor zaprojektował i stworzył prostych agentów działających w sposób losowy oraz agentów wykorzystujących z góry przyjętą strategię. Finalnie opracował samouczącą się sztuczną inteligencję stosującą algorytmy genetyczne i głębokie sieci neuronowe oraz środowisko przeznaczone do jej nauki.

Jednym z głównych celów sztucznej inteligencji jest naśladowanie zachowań człowieka po to, aby w pewnych zadaniach mogła go zastąpić. Właśnie z tego względu konfrontowanie stworzonych agentów z człowiekiem zawsze było ekscytujące. Zaprojektowany i wytrenowany na potrzeby gry Monopoly agent potrafił samodzielnie podejmować wszystkie niezbędne do skutecznej gry decyzje i przy stosowaniu przyjętej strategii odnosić zwycięstwa w pojedynkach z innymi agentami. Kulminacyjnym momentem było jednak przeciwstawienie w rozgrywce stworzonego agenta genetycznego człowiekowi. O tym, czy na planszy sztuczna inteligencja faktycznie okazała się godnym przeciwnikiem człowieka, dowie się czytelnik z tej właśnie pracy.

Odbiorcami książki mogą być pracownicy nauki z dziedzin związanych z zastosowaniem sztucznej inteligencji, behawioryzmem, podejmowaniem decyzji, osoby zajmujące się tworzeniem gier biznesowych i wszyscy miłośnicy gier.



# **napędy i sterowanie**

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

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



**Stawiasz na rozwój?**

**Zapraszamy do współpracy**

## **Pomożemy Ci:**

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

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

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 12 (296)**

Rok XXV  
Grudzień 2023

- Cyfryzacja w przemyśle
- Automatyzacja transportu szynowego
- Inteligentny budynek
- Bezpieczeństwo w przemyśle
- Napędy elektryczne i hydrauliczne
- Cyberbezpieczeństwo



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

Kontakt: e-mail: [redakcja.nis@drukart.pl](mailto:redakcja.nis@drukart.pl); tel. 32 755 19 17

1/2023 (285)

2/2023 (286)

3/2023 (287)

4/2023 (288)

5/2023 (289)

6/2023 (290)

7-8/2023 (291-292)

9/2023 (293)

10/2023 (294)

11/2023 (295)

**12/2023 (296)**

## 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 237,60 zł (w tym 8% VAT).

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel. 502 132 515.

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:

- 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.



Preferujesz internet?

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



# Silniki synchroniczne DR2C..



## Wydajność

Klasa energooszczędności silnika IE5 na podstawie eksploatacji z falownikiem wg standardu IEC TS 60034-30-2. Straty energii mogą być nawet o 50% niższe niż w przypadku klasycznego silnika elektrycznego IE3.

## Wszechstronność

Możliwość łączenia z komponentami naszego systemu modułowego. Z przekładnią lub bez przekładni oraz falownikiem decentralnym lub przysilnikowym. Tak powstaje energooszczędne rozwiązanie.

## Oszczędność miejsca

Niewielkie zapotrzebowanie na przestrzeń montażową w różnych aplikacjach. Silniki DR2C.. mogą być nawet o dwa rozmiary mniejsze niż porównywalne silniki asynchroniczne klasy IE3 o tej samej mocy.

