

# **napędy i sterowanie**

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

**Nr 12 (236)**

Rok XX

Grudzień 2018

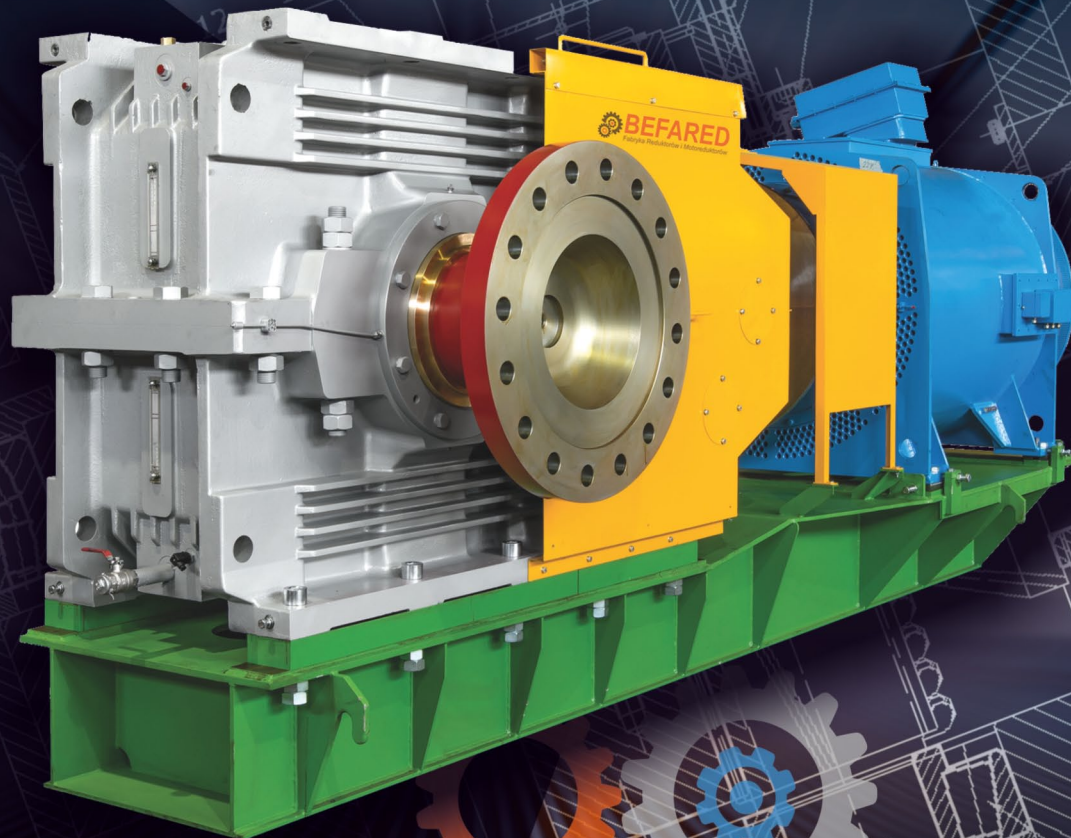
ISSN 1507-7764

Indeks 36018X

Cena: 10,80 zł  
(w tym 8% VAT)

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

## KIERUNEK INDUSTRY **4.0**



**JAKOŚĆ**  
napędzana precyzją!

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



**BEFARED**  
Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (237) Styczeń	<b>PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w górnictwie</li> <li>• Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatyzacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> </ul>
2 (238) Luty	<b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo sieci przemysłowych</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> </ul>
3 (239) Marzec	<b>AUTOMATYKA I ROBOTYKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Termowizja</li> <li>• Aparatura kontrolno-pomiarowa</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> </ul>
4 (240) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulika w technice mobilnej</li> <li>• Sterowanie procesami</li> <li>• Efektywność energetyczna</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych</li> <li>• Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji</li> <li>• Przesył energii</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>
5 (241) Maj	<b>TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Napędy hybrydowe</li> <li>• Diagnostyka i kontrola urządzeń</li> <li>• Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – Industrial Internet of Things)</li> </ul>
6 (242) Czerwiec	<b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termowizja, monitoring, układy regulacji</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Robotyka</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Systemy informatyczne</li> </ul>
7/8 (243/244) Lipiec/sierpień	<b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligentne układy zasilania, sterowania</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Silniki elektryczne</li> <li>• Transformatory</li> </ul>
9 (245) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> </ul>
10 (246) Październik	<b>HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Inteligentne układy zasilania</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Napędy hybrydowe i elektryczne</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> </ul>
11 (247) Listopad	<b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Sterowniki PLC i systemy sterowania</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Innowacje wod.-kan.</li> </ul>
12 (248) Grudzień	<b>PRZEMYSŁ 4.0 BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Napędy elektryczne i hydrauliczne</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>



**Adres redakcji:**

47-400 Racibórz  
ul. Śródkowa 5  
skr. poczt. 10  
tel./fax 32-755 19 17, 32-755 23 23  
e-mail: redakcja.nis@drukart.pl  
Internet: www.nis.com.pl

**Wydawca:** Wydawnictwo „Druk-Art” SC**Skład:** Wydawnictwo „Druk-Art” SC**Redaguje Zespół:** Katarzyna Zajac, Ludmiła Urbińska,  
Monika Gomółka, Ryszard Klencz**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zajac  
tel. 32-755 19 17 • e-mail: redakcja.nis@drukart.pl**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny  
tel. 32-755 23 18 • e-mail: redakcja.tech@drukart.pl**Dział prenumerat:** Norbert Klencz  
tel./fax 32-755 15 74 • e-mail: prenumerata@drukart.pl**Marketing:** Ludmiła Urbińska  
tel./fax 32-755 23 23 • e-mail: nis@drukart.pl**Marketing:** Estera Krauze  
tel./fax 32-755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl**Redaktor statystyczny:** Ludmiła Urbińska**Podstawowa korekta tekstu:** Marta Chamów**Rada Programowa:**

- prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender,
- prof. Marek Bergander (University of Hartford, USA),
- prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski,
- prof. Ing. Jaroslav Homišin (Technical University of Košice, Słowacja),
- dr inż. Ryszard Jasiński,
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk,
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz,
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski,
- prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich,
- prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kollek (Przewodniczący),
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurzytnik (Kierownik Zakładu Inżynierii Procesów i Jakości w Instytucie Zarządzania i Inżynierii Produkcji),
- Ph. D., Ing. Jacek Paraszczak (Uniwersité LAVAL, Kanada),
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski,
- dr hab. inż. Krzysztof Pietrusiewicz,
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Piróg,
- prof. Jacek S. Stecki (Department of Mechanical Engineering, Monash University, Australia),
- dr hab. inż. Michał Stosiak – prof. nadzw. Politechniki Wrocławskiej,
- 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 Kollek**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. 1027). Przyłączając się do realizacji idei Otwartej Nauki, udostępniamy bezpłatnie wszystkie artykuły naukowe publikowane w miesięczniku naukowo-technicznym „Napędy i Sterowanie”.

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i nie zwraca materiałów niezamówionych. Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiustacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji.

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

## Szanowni Państwo!

Za nami kolejny rok, który mogliśmy wspólnie przeżywać, zapisując na stronach naszego pisma, najważniejsze momenty związane z Państwem działalnością. Z pewnością dzielenie się sferą życia zawodowego, postrzeganą z perspektywy nieustannego postępu, wydaje się ciekawe, a co ważniejsze, istotne z punktu widzenia promocji. Jednak dopiero w grudniu, kiedy uświadomiamy sobie, że za nami kolejnych 12 miesięcy, pojawiają się refleksje nad ogromem pracy, wynikającej z wywiązywania się z codziennych obowiązków zawodowych. W sposób możliwie najlepszy promowaliśmy nowe produkty, przy okazji kreując wizerunek i markę współpracujących z nami firm. Staraliśmy się dostarczać Państwu ciekawej lektury przygotowanej zarówno przez pracowników nauki, jak i przedstawicieli zakładów stosujących opisywane rozwiązania w praktyce.

W ostatnim tegorocznym numerze naszego pisma przedstawiamy kluczowy obszar w przemyśle – bezpieczeństwo. Potrzeba jego zapewnienia w procesach produkcyjnych powoduje, że rynek komponentów z tego zakresu ma się całkiem dobrze. Asortyment urządzeń bezpieczeństwa jest dziś bardzo duży. Świadomość użytkowników i producentów maszyn przemysłowych również stale rośnie. Na ten rynek wpływają coraz bardziej rygorystyczne wymagania, określane w powszechnie obowiązujących przepisach. Jednak – jak wynika z opublikowanych danych GUS za pierwsze 6 miesięcy 2018 roku – liczba osób poszkodowanych w trakcie wykonywania obowiązków w czasie pracy wyniosła 37007. Wciąż jest ich sporo.

Na łamach bieżącego wydania autorzy artykułów podkreślają, że zapewnienie bezpieczeństwa dotyczy zarówno producentów maszyn, którzy muszą przestrzegać szeregu regulacji z dyrektywą maszynową 2006/42/WW na czele; jak również specjalistów zajmujących się bezpieczeństwem w firmach. Stają oni przed nowym wyzwaniem – organizacją bezpiecznej pracy ludzi w środowisku, w którym część zadań wykonują roboty. Z danych GUS wynika bowiem, że najczęstszą przyczyną wypadku jest nieprawidłowe zachowanie pracownika. Automatyzacja procesów po części zniweluje tę przyczynę, jednak dopóki człowiek będzie pełnił nadzór nad maszyną, dopóty będą miały miejsce wypadki przy pracy. Niestety taki rodzaj wypadków niesie ze sobą najpoważniejsze konsekwencje. Dlatego w czasach Przemysłu 4.0 oferowane rozwiązania, do których należą również urządzenia bezpieczeństwa, muszą być coraz bardziej zaawansowane technologicznie – dodatkowo wymaga się dziś od nich możliwości integracji i współpracy z systemami nadrzędnymi. Przyszłość stoi pod znakiem coraz bardziej funkcjonalnych i prostszych w budowie aplikacji, które uwzględniają bezpieczeństwo oraz ergonomię pracy. Okazuje się, że nowoczesne technologie mogą nie tylko pozytywnie wpłynąć na obniżenie kosztów oraz szybkość i dokładność realizowanych zadań, ale także pomóc w zapewnieniu bezpieczeństwa pracownikom. A to jest przecież najważniejsze.

Przed nami jednak szczególny, świąteczny okres, kiedy nieco dystansujemy się od pracy, na krótko sprawy zawodowe odkładając na plan dalszy. W tym niezwykle ważnym momencie składam Państwu życzenia: Pogodnych, spokojnych i rodzinnych Świąt Bożego Narodzenia oraz wielu sukcesów w Nowym 2019 Roku. A w wolnych chwilach i nie tylko od święta zapraszam do lektury naszego pisma.

Katarzyna Zajac  
Redaktor naczelna





## Str. 8

Befared SA: w poszukiwaniu Industry 4.0 w polskich MŚP



## Str. 22

Kompleksowe rozwiązania dla przemysłu - Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” SA



## Str. 24

Cube67 Diagnostic Gateway. Ułatwiona diagnostyka



## Str. 31

Produkty do HYDRAULIKI firmy FOR Sp.A.



## Str. 34

Nowy panel krosowy dla sieci Ethernet. Oszczędność do 60 procent czasu

## CO W NUMERZE

6 Nowości techniczne

116 Biblioteka

## Nauka

- 52 Modele systemów automatyki budynkowej we wspomaganii zarządzania energią w gospodarstwach prosumenckich - M.B. Horyński
- 56 Sieci LPWAN do zdalnego odczytu liczników i monitorowania sieci zasilającej w inteligentnych budynkach - P. Derbis, M. Nowak
- 64 Praktyczne aspekty stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego maszyn - R. Gonet
- 69 Znaczenie okablowania w spełnieniu wymagań nowej dyrektywy kompatybilności elektromagnetycznej układu napędu i sterowania zespołu maszyn - M. Trajdos
- 74 Zagrożenia generowane podczas mechanicznego urabiania skał zwięzłych - możliwości ich eliminacji lub ograniczenia - K. Kotwica
- 84 Rozwój konstrukcji pomp satelitowych - L. Osiecki
- 89 Prace rozwojowe nad pierwszą polską ładowarką teleskopową - P. Patrosz, P. Załuski, M. Zaleska
- 96 Napięcia wałowe i prądy łożyskowe w silnikach prądu stałego dużej mocy stosowanych w maszynach wyciągowych - J. Poczowski
- 100 Wybrane rozwiązania ograniczania prądów rozruchowych na przykładzie silników elektrycznych - P. Kuzera, J. Przybyła
- 106 Optymalizacja konstrukcji transformatorów w aplikacjach elektromobilnych - M. Łukiewski, A. Łukiewska
- 110 Analiza polowo-obwodowa płaskich liniowych silników synchronicznych z magnesami trwałymi - R. Rossa

## Technologie i produkty

- 8 **TEMAT Z OKŁADKI:** Befared SA: w poszukiwaniu Industry 4.0 w polskich MŚP - J. Mleczko, B. Cieśla - Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów BEFARED SA
- 11 Linteli CHARGE DUO. Wolno stojąca stacja ładowania samochodów elektrycznych - LINTELI Sp. z o.o.
- 12 **TEMAT Z OKŁADKI:** Kompaktowe oraz wytrzymałe zawory do wielu zastosowań. Nowa seria zaworów. VUVG-..S i VUVS-..S - FESTO Sp. z o.o.
- 14 Niezawodny i wytrzymały - napęd z prowadzeniem DFM - FESTO Sp. z o.o.
- 16 **TEMAT Z OKŁADKI:** Technologia czujników 4.0: pomysły bez ograniczeń - PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.
- 18 Transport i sortowanie towarów z AS-i - PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.
- 20 Przesyłanie sygnałów drogą radiową a wymagania dyrektywy radiowej (RED) - Cert Partner Sp. z o.o.
- 22 Kompleksowe rozwiązania dla przemysłu - Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” SA
- 24 Cube67 Diagnostic Gateway. Ułatwiona diagnostyka - Murrelektronik Sp. z o.o.
- 26 Gładkie silniki firmy NORD DRIVESYSTEMS w nowym rozmiarze silnika - NORD Napędy Sp. z o.o.
- 29 Falownik dla silników jednofazowych z kondensatorem pracy serii SXE - J. Sobczak - Sanyu Sobczak Sp. j.



- 31 Produkty do HYDRAULIKI firmy FOR S.p.A. – FOR S.p.A.
- 32 Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych  
– Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL
- 34 Nowy panel krosowy dla sieci Ethernet. Oszczędność do 60 procent czasu  
– B. Rosenbaum, K. Wachowicz – Phoenix Contact Sp. z o.o.
- 37 Serwery portów szeregowych Antaira – C. Kalista – Antaira Technologies Sp. z o.o.
- 38 Łatwe w użyciu, inteligentne kamery termowizyjne Fluke Professional zapewniają zaawansowaną gamę funkcji wyświetlania, umożliwiającą lokalizację i diagnostykę miejsc o podwyższonej temperaturze. Nowa seria kamer termowizyjnych marki Fluke przeznaczonych do konserwacji urządzeń – Fluke
- 41 Urządzenia sygnalizacyjne a bezpieczeństwo w przemyśle – W2
- 43 Krok naprzód w pełnej automatyzacji procesu od firmy Unitronics  
– ELMARK Automatyka Sp. z o.o.

**Str. 38**

Nowa seria kamer termowizyjnych marki Fluke przeznaczonych do konserwacji urządzeń

**Str. 41**

Urządzenia sygnalizacyjne a bezpieczeństwo w przemyśle

**Str. 43**

Krok naprzód w pełnej automatyzacji procesu od firmy Unitronics

## Informacje branżowe

- 28 INDUSTRYmeeting 2019 – nowa odsłona targów! Utrzymanie Ruchu i Technologie Przemysłowe w lutym w Expo Silesia!
- 30 Za nami pierwsza edycja międzynarodowych targów techniki motoryzacyjnej Automotive Parts Expo
- 40 W 2019 roku planowane jest rozdzielnie ponad 6 mld zł na innowacje  
– A. Szymczak – MS-CONSULTING
- 42 XII Międzynarodowe Targi Hydrauliki, Pneumatyki i Mechatroniki HaPeS już za nami
- 44 Technologie klejenia po raz drugi na dedykowanych targach w Polsce
- 46 INNOWACJE – KOMTECH 2018 – R. Klencz
- 49 Spotkaj nowe możliwości. Najwięcej znajdziesz ich na Budmie!
- 50 O bezpieczeństwie wody i ściekach przemysłowych na V Konferencji „WODA. ŚCIEKI. OSADY”

## Indeks reklam

▷ Antaira Technologies.....	7, 37	▷ LINTELL.....	11
▷ Automaticon.....	113	▷ MS-CONSULTING.....	40
▷ Befared.....	1	▷ Murrelektronik.....	6, 25
▷ BUDMA.....	49	▷ Nord Napędy.....	27
▷ Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA”.....	23	▷ Nowimex.....	73
▷ Cert Partner.....	21	▷ OPA-ROW.....	97
▷ Damel.....	101	▷ Pepperl + Fuchs.....	119
▷ ELMARK Automatyka.....	43	▷ Phoenix Contact.....	7, 35
▷ Energoelektronika.com.pl.....	61	▷ Robotyka.com.....	105
▷ Festo.....	120	▷ SCHUNK Intec.....	6
▷ Fluke.....	39	▷ SENOMA.....	63
▷ FOR.....	31	▷ TERM.....	29
▷ Helukabel.....	71	▷ TRAFECO.....	107
▷ INDUSTRYmeeting.....	28	▷ W2.....	6, 41
▷ Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL.....	33		

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Bezpieczeństwo w aplikacjach automotive. Optymalna ochrona ludzi i maszyn

Wraz z modułami MVK Metal oraz MVP12 Metal Murrelektronik oferuje atrakcyjne rozwiązanie dla przemysłu motoryzacyjnego. Dzięki niemu w przypadku awarii można bezpiecznie odłączyć zasilanie urządzeń IO-Link za pomocą przełącznika bezpieczeństwa.



Do kompaktowego i wytrzymałego modułu MVK IO-Link master można bez problemu podłączyć czujniki cyfrowe, elementy wykonawcze i urządzenia IO-Link (Class B) i zintegrować je z systemem sieciowym opartym o PROFINET IRT oraz RT.

Dzięki separacji galwanicznej pomiędzy zasilaniem czujników i elementów wykonawczych w module wyjścia mogą być bezpiecznie odłączane. To samo dotyczy wyjść modułu MVK Metal IO-Link podłączonego do portu IO-Link master modułu MVK. Wyjścia te mogą być bezpiecznie odłączane dzięki separacji galwanicznej pomiędzy zasilaniem wejść i wyjść w porcie IO-Link.

W ten sposób można stworzyć rozwiązania bezpieczeństwa aż do poziomu PL d. Można więc tworzyć optymalne instalacje dla wielu aplikacji w przemyśle motoryzacyjnym.

Zastosowanie PROFINET IRT gwarantuje uzyskanie czasów cyklu nawet do 31,25  $\mu$ s. Poza cyfrowymi elementami wykonawczymi i urządzeniami IO-Link, można zintegrować również napędy izochroniczne.

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

### Zewnętrzny system parkowania ZSP-01

Zewnętrzny system parkowania jest przeznaczony do sterowania procesem parkowania/dokowania pojazdów. ZSP-01 składa się z czujnika ultradźwiękowego służącego do precyzyjnego pomiaru odległości wraz z puszką sterowniczą, która umożliwia zmianę dolnego (0,3–0,8 m) i górnego progu (1,0–2,75 m) wykrywania oraz podłączenie dodatkowych urządzeń. W przypadku zamówienia większej liczby zestawów istnieje możliwość rozszerzenia górnego zakresu nawet do 7,5 m. Opcjonalnie zestaw można uzupełnić o wewnętrzny oraz zewnętrzny sygnalizator. Do zewnętrznej sygnalizacji polecany jest trójkolorowy semafor SO-Ad3, który generuje jeden z trzech sygnałów optycznych: zielony (odległość większa lub równa górnemu progowi), pomarańczowy (odległość pomiędzy dolnym a górnym progiem) lub czerwony (odległość



mniejsza lub równa dolnemu progowi). Jako wewnętrzny sygnalizator rekomendowana jest wieża serii WS-Ad. Puszka sterownicza posiada dodatkowo wyjście przełącznikowe (wybór sygnału 24 V DC lub NC przy pomocy zwory). Stan na wyjściu przełącznika zmienia się w momencie, gdy odległość zmierzona przez czujnik jest mniejsza lub równa dolnemu progowi. Zarówno obudowa czujnika ultradźwiękowego, jak i puszki sterowniczej zapewnia wysoki stopień ochrony (odpowiednio IP67 oraz IP65), co umożliwia ich eksploatację w trudnych warunkach otoczenia. Wybierając rozwiązanie W2, użytkownik otrzymuje kompletny system umożliwiający pomiar odległości parkowanego pojazdu wraz z sygnalizacją świetlną poszczególnych etapów procesu.

W2  
[www.w2.com.pl](http://www.w2.com.pl)

### Flagowy chwytak SCHUNK teraz dostępny także w wersji pyłoodpornej oraz w wersji certyfikowanej do użytku w atmosferze wybuchowej (ATEX)

Firma SCHUNK rozszerza portfolio produktowe uniwersalnych chwytaków PGN-plus-P: wszystkie rozmiary PGN-plus-P są teraz dostępne w wersji ATEX, certyfikowanej do użytku w atmosferze wybuchowej. Do końca roku wszystkie rozmiary będą dostępne także w wersji pyłoodpornej, jako część katalogowej oferty SCHUNK, wraz z odpowiednimi zestawami do wyposażenia istniejących chwytaków. Wersję pyłoodporną można łączyć z innymi cechami produktu, jak możliwość stosowania w strefie zagrożenia wybuchem, bezkorozyjność, odporność na działanie wysokiej temperatury czy wersja precyzyjna – tak, aby użytkownicy dysponowali większą elastycznością przy wyborze wariantów urządzenia.



### Bezobsługowość przez cały okres eksploatacji

Chwytak PGN-plus-P firmy SCHUNK to realizacja jasno wytyczonego celu: większa wydajność przy niezmiennych wymiarach. Dzięki temu uzyskuje się lepszą dynamikę procesów, oszczędność miejsca oraz oszczędność kosztów inwestycyjnych. Możliwe stało się przenoszenie wyższych maksymalnych momentów obrotowych, zakładanie dłuższych palców oraz przenoszenie cięższych elementów. Nowa konstrukcja bestsellera firmy SCHUNK zmniejsza zużycie i wydłuża żywotność nawet pod normalnym obciążeniem. Ponadto kieszenie smarowe, rozmieszczone obwodowo w prowadnicy wielozębnej, zapewniają ciągłe smarowanie powierzchni ślizgowych, a chwytak eksploatowany w czystym środowisku jest bezobsługowy przez cały cykl eksploatacji.

SCHUNK Intec Sp. z o.o.  
[www.pl.schunk.com](http://www.pl.schunk.com)



## NOWOŚCI TECHNICZNE

**Odświeżona seria instalacyjnych złączy QPD**

Phoenix Contact przygotował nową wersję czterobiegunowych złączy systemu instalacyjnego QPD.

Od teraz także mniejszy wariant czteropinowy nie wymaga stosowania specjalnego uchwytu ściennego dla rozdzielacza typu H. Dodatkowo pojawił się odgałęźnik typu T, znany wcześniej z wersji 5-pinowej. Wraz z przepustami przez ściankę, łącznikami/reparaturkami kabli oraz łatwo odłączalnymi wtykami cały system dostępny jest dla szerokiego zakresu przekrojów. Już najmniejsza wersja pozwala na pracę przy napięciu 690 V i prądzie do 20 A w aplikacjach, w których instalacja musi zapewnić klasę szczelności na poziomie IP68/IP69K.

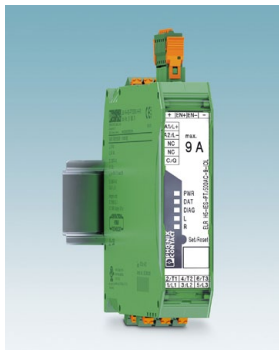
Sam proces łączenia odbywa się bez konieczności używania specjalistycznych narzędzi. Nawet wkrętak jest zbędny, gdyż połączenie elektryczne odbywa się na zasadzie IDC (noże nacinają samoczynnie izolację pojedynczych żył).



Phoenix Contact Sp. z o.o.  
www.phoenixcontact.pl

**Hybrydowe rozruszniki silnika z interfejsem I/O-Link**

Hybrydowe rozruszniki silnika CONTACTRON umożliwiają szybki i niezawodny rozruch oraz przełączanie kierunku pracy silników o mocy od 50 W do 3 kW. Kompaktowa konstrukcja pozwala na ich łatwą instalację zarówno w zdecentralizowanych skrzynkach rozdzielczych, jak i w centralnych szafach sterowniczych. Różne wersje pozwalają na dobór urządzenia dopasowanego do potrzeb. Oprócz wariantów specjalnych, jak np. z ochroną silnika czy też dedykowanych do pracy w układach



zatrzymania awaryjnego do SIL 3 i PI e, dostępne są również urządzenia, które poprzez bramkę IFS można przyłączyć do magistrali: PROFIBUS DP, Modbus/TCP, EtherNet/IP™, CANopen®, DeviceNet™, PROFINET. Dodatkowo w ofercie hybrydowych rozruszników silnika znajdują się urządzenia ze zintegrowanym interfejsem I/O-Link. Wszystkie wersje sieciowe, a więc i te z interfejsem I/O-Link, umożliwiają przesyłanie do sterownika danych procesowych, takich jak np. komunikaty diagnostyczne lub prąd silnika.

Phoenix Contact Sp. z o.o.  
www.phoenixcontact.pl

**LMP-1002G-SFP-T – zarządzalny switch z portami PoE**

W ofercie firmy Antaira pojawił się nowy zarządzalny switch z technologią *Power over Ethernet* o symbolu LMP-1002G-SFP-T. Przełącznik wyposażony jest w 8 portów Gigabitowych, zgodnych z PoE+ oraz 2 porty SFP 100/1000T. LMP-1002G-SFP-T jest przystosowany do pracy w trudnych warunkach przemysłowych. Posiada wzmocnioną, metalową obudowę zgodną z IP30 i może pracować w temperaturze od -40 do 75°C. Switch ma bardzo rozbudowaną funkcjonalność, m.in. VLAN, IEEE802.1Q Tag VLAN, QoS, Port Mirroring, IGMP Snooping, Port Trunking, CoS/TOS. Jak wszystkie zarządzalne switchy firmy Antaira, umożliwia tworzenie topologii redundantnego pierścienia z czasem rekonfiguracji łącza poniżej 50 ms. LMP-1002G-SFP-T jest zgodny również ze standardowymi protokołami redundancji, np. RSTP/STP. Bardzo dużą zaletą switcha są porty PoE+, które mogą stanowić źródło zasilania PSE (30 W) i są zgodne z IEEE802.3af/at. W przypadku switcha zarządzalnego umożliwia to również zdalny reset urządzenia podłączonego do portu przełącznika. Na switchy przemysłowe producent udziela 5 lat gwarancji.



Szczegółowe informacje na [www.antaira.pl](http://www.antaira.pl).

Antaira Technologies Sp. z o.o.  
www.antaira.pl

reklama

Które wydanie  
jest dla Ciebie?

1/2019

Przemysł 4.0  
Technologie 3D

2/2019

Automatyzacja produkcji  
Efektywność w energetyce

3/2019

Automatyka i robotyka

# Befared SA: w poszukiwaniu Industry 4.0 w polskich MŚP

Janusz Mleczo, Bartosz Cieśla

Firmy z sektora Małych i Średnich Przedsiębiorstw od lat stanowią trzon polskiej gospodarki. Zakres i branża ich działalności są bardzo zróżnicowane, jednak niezależnie od tego spora grupa producentów odnalazła swoją niszę rynkową w tworzeniu rozwiązań dokładnie dopasowanych do potrzeb klienta.

Taka produkcja przeważnie charakteryzuje się dużym rozdrobnieniem, tzn. jednostkowym wykonywaniem komponentów i podzespołów, ze znaczącym udziałem prac konstrukcyjnych i technologicznych niemal w każdym realizowanym projekcie. Firmy te elastycznie podchodzą do proponowanych przez odbiorców modyfikacji, a dzięki niewielkim – w porównaniu do koncernów – rozmiarom mają zdolność do szybkiego reagowania na nowe, nieoczekiwane uwarunkowania klienta, nawet kiedy wyrób jest już w trakcie procesu produkcyjnego. Jednym z takich przedsiębiorstw jest Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów Befared SA z Bielska-Białej. Produkuje ona bardzo zróżnicowane gabarytowo napędy niemal dla każdej gałęzi przemysłu, począwszy od urządzeń wręcz kieszonkowych, a skończywszy na kompletnych zespołach napędowych ważących ponad 25 ton. Jej wyroby pracują z powodzeniem w tak egzotycznych krajach, jak Egipt, Maroko czy Australia, jak również w najprężniejszych gospodarkach świata: chińskiej, amerykańskiej oraz niemieckiej. Stosunkowo nowym kierunkiem rozwoju rynku jest Befared India Pvt. Ltd, produkująca na rynek azjatycki wyroby projektowane w Polsce<sup>1</sup>. Firma nie osiągnęłaby takich sukcesów, gdyby nie wdrażana



przez ostatnie 20 lat polityka rozwoju, nastawiona na zrównoważoną digitalizację procesów i baz danych, inspirowana rozwojem światowego przemysłu na przełomie Drugiej i Trzeciej Rewolucji Przemysłowej. Rada Nadzorcza, Zarząd oraz Kierownictwo Spółki zdają sobie jednak sprawę, że nadszedł czas na rewizję planów i dostosowanie ich do dynamiki rozwoju cyfryzacji. W związku z presją korporacji rozwijających się w myśl doktryny masowej kastomizacji, umożliwiającej produkcję bardzo zróżnicowaną, ale z zachowaniem kryterium kosztowego<sup>2,3</sup>, polski sektor MŚP musi aktywnie uczestniczyć w globalnych przemianach przemysłowych. Prawdopodobne jest, że w wyniku rozwoju związanego z inteligentną komunikacją i analizą danych, przedsiębiorstwa korporacyjne będą w stanie sprawnie obniżyć koszty produktów jednostkowych. Odbędzie się to w wyniku usprawnienia procesu decyzyjnego i przekazywania

jego wyników pomiędzy urządzeniami sprzężonymi w myśl idei Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT), a wszystko to oparte na uczących się algorytmach i wykonywane w czasie prawie rzeczywistym<sup>4,5</sup>. Będą one automatycznie analizowały informacje od dostawców, segregowały i dopasowywały do realizowanej produkcji nowe zamówienia, ograniczały koszty transportu zewnętrznego etc. Każdy z tych elementów jest w większym lub mniejszym stopniu realizowany w rozwiniętych przedsiębiorstwach, za pomocą zintegrowanych systemów informatycznych do zarządzania, ale w świat ruszyło wyzwanie połączenia ich w inteligentną chmurę danych zdolną do podejmowania autonomicznych decyzji i wydania odpowiednich poleceń bezpośrednio do realizacji. Wszystkie te działania zostały przez specjalistów określone jako Czwarta Rewolucja Przemysłowa, a popularność zyskała nazwa Industry 4.0 (w oryginale z niem. *Industrie 4.0*)<sup>6</sup>.



Istnieje ryzyko, że znaczna część polskich MŚP w wyniku postępu straci swój największy atut w postaci niższej ceny przy porównywalnej jakości. Wynika to z faktu, że duże organizacje zmniejszą narzut kosztów pozaprodukcyjnych (ogólnozakładowych), przypadających na produkcję jednostkową bądź małoseryjną, poprzez redukcję pracowników zaangażowanych w proces.

Wizja Rady Nadzorczej i Menedżmentu Befared SA to połączenie współpracujących ze sobą na co dzień, polskich firm z sektora Małych i Średnich Przedsiębiorstw w sieć informacyjno-decyzyjną. W przypadku Befared SA oznaczałoby to budowanie portalu wymiany danych, zaczynając od kuźni i odlewni, firm handlowo-produkcyjnych dostarczających silniki, łożyska i uszczelnienia, jak również dostawców usług transportowych. Z czasem byłyby do niej włączane kolejne mniejsze i większe przedsiębiorstwa związane pośrednio lub bezpośrednio z branżą. Zwieńczeniem projektu byłoby podłączenie do tych procesów klientów, którzy w czasie rzeczywistym byłiby informowani o postępie w realizacji projektów. Otrzymaliby również możliwość sprawnej komunikacji zmieniających się oczekiwań, która w czasie rzeczywistym byłaby autonomicznie analizowana i transponowana na zadania dla dostawcy i poddostawców. Dodatkową możliwością jest monitorowanie przez Befared SA i innych producentów stopnia zużycia swoich produktów i doradztwo w zakresie ich bieżącego utrzymania. Czynniki ludzkie, wyeliminowane z procesów przekazywania informacji i podejmowania stosunkowo prostych decyzji, mogłyby zostać przekierowane do prac rozwojowych lub obsługi nowych obszarów działalności. Koszty pozaprodukcyjne w przeliczeniu na jednostkę produktu byłyby konsekwentnie zredukowane i polskie firmy z sektora MŚP rozwijałyby się szybciej. Na drodze przemian stoją dwa duże problemy: po pierwsze, kto miałby zintegrować firmy, i po drugie, czy sprostałyby wdrożeniu wspólnej komunikacji. W pierwszej kwestii rozwiązaniem pozwalającym na dobrą współpracę pomiędzy przedsiębiorstwami, z jednej

strony kooperującymi ze sobą, a z drugiej konkurującymi na pewnych płaszczyznach, wydaje się integracja w formie Izby Gospodarczej lub innego rodzaju podmiotu prawnego, który miałby zdolność kierowania programem w skali kraju. Niebagatelny wpływ na realizację projektu miałyby podmioty państwowe i kwestia finansowania takich innowacji. Co ważne, w dobie finansowania pomysłów bez szans na gospodarczy sukces w tym przypadku mamy do czynienia z inicjatywą wpisującą się w światowe trendy przemysłowe. Organizacja musiałaby mieć zasięg branżowy, ażeby podejmowane decyzje były dopasowane do profilu działalności jej członków. Negocjacje o planowanych rozwiązaniach byłyby na pewno emocjonujące i trudne, ze względu na dużą różnorodność poziomu i struktury zarządzania w sektorze MŚP, jak również niektórych indywidualnych celów przedsiębiorstw. Jeżeli chodzi o wspólny język komunikacji, korporacje używające tego samego oprogramowania i standardów mają bardzo ułatwione zadanie. Korzystają one z doskonalonych na przestrzeni lat procedur i rozwiązań, które wdrażane są systemowo u nowych kooperantów i poddostawców. W przypadku sektora MŚP w Polsce prawie każda firma z branży korzysta z innego oprogramowania do obsługi działalności bieżącej, a niektóre podmioty pracują równocześnie nawet na kilku programach różnych producentów. Dodatkowo stopień zaawansowania digitalizacji procesów i baz danych należy określić jako co najmniej mocno zróżnicowany. Ponadto dla dużej ilości MŚP stabilny proces planowania produkcji stanowi daleką barierę nie do pokonania, a stąd bierze się jedna z podstawowych informacji dla odbiorców. Należy jednak zauważyć, że istnieją sprawdzone sposoby komunikacji pomiędzy firmami pracującymi z różnymi systemami do zarządzania przedsiębiorstwem, definiowane jako EDI – *Electronic Data Interchange*<sup>7</sup>.

Dla Fabryki Reduktorów i Motoreduktorów Befared SA najważniejszy jest fakt, że postępy w doskonaleniu procesów wewnętrznych są pozytywnie odczuwalne dla klientów. Rzetelność

przekazywanych informacji w ostatnich latach została zmaksymalizowana, a jedynym ograniczeniem pozostają procesy dostawców, będące poza kontrolą firmy. Befared SA, stawiając dziesięć lat temu na dostawcę oprogramowania Rekord ERP, podjął decyzję w zgodzie ze świadomością własnych ograniczeń i hierarchizacją celów. W ramach współpracy firma Rekord SI świadczyła rozbudowane doradztwo w zakresie funkcjonowania różnych modułów oprogramowania, a wspólne lata pracy pozwoliły na zrozumienie zasad ergonomicznej wymiany danych. Co więcej, prowadzone przez ostatnie dwa lata prace nad doskonaleniem procesów planistycznych stawiają Befared SA na pozycji lidera w tej dziedzinie. W obliczu tymczasowego braku możliwości tworzenia wspólnej sieci informacyjno-decyzyjnej z dostawcami Zarząd wraz z Kierownictwem Firmy postanowił we współpracy z pracownikami naukowymi Akademii Techniczno-Humanistycznej z Bielska-Białej oraz specjalistami firmy Rekord SI – rozwijać projekty związane z algorytmicznym podejmowaniem decyzji wewnętrznych. Bazą do rozwoju takich mechanizmów jest zaawansowany, dwuzasobowy system planowania produkcji, opisany szerzej na VIII Międzynarodowej Konferencji Studentów i Doktorantów „Inżynier XXI wieku”<sup>8</sup>, która odbyła się 7 grudnia 2018 roku na terenie Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. Dwuzasobowy harmonogram produkcji jest rozwiązaniem dedykowanym dla elastycznych firm, posiadających rozbudowany park maszynowy i wysoce wykwalifikowanych i wszechstronnych pracowników produkcyjnych, jak Befared SA. Dzięki jego implementacji można w bardzo precyzyjny sposób odzwierciedlić procesy produkcyjne w wirtualnej rzeczywistości, co jest jednym z fundamentalnych założeń Industry 4.0. Żeby zapewnić jego poprawne funkcjonowanie, niezbędne jest dostarczenie istotnych informacji o zdarzeniach w jak najkrótszym czasie od ich wystąpienia<sup>9</sup>. Najważniejsze zdarzenia wewnętrzne to realizacja operacji produkcyjnych, awarie maszyn, braki produkcyjne, realizacja prac transportowych

etc. Bez rzetelnie przestrzeganego systemu rejestracji informacji żaden system nie będzie w stanie reagować. Według założeń Befared SA zdarzenia wewnętrzne zostaną podzielone na rejestrowane automatycznie przez czujniki i sensory, półautomatycznie z potwierdzeniem przez pracownika oraz manualnie przez osoby upoważnione. Do najważniejszych zdarzeń zewnętrznych zaliczono: zmiany terminów dostaw, absencje pracowników, koniunkturę gospodarczą, anomalie pogodowe etc. W niektórych przypadkach rozwój informatyzacji instytucji rządowych ułatwia procedury postępowania. Przykładowo, elektroniczne zwolnienie L4 pracownika może zostać w czasie rzeczywistym włączone do danych planistycznych, jednak z zachowaniem uwarunkowań Ustawy o Ochronie Danych Osobowych. Problem opóźnionych dostaw jest bardzo powszechny wśród MŚP, szczególnie w czasach gospodarczego *prosperity*. Pracownicy logistyki nie nadążają z wprowadzaniem zmian do rejestru potrzeb materiałowych MRP. Następstwem takiej sytuacji jest niepełna informacja działów planowania, które następnie przekazują niepotwierdzone informacje do działów handlowych. Na samym końcu problem trafia do klienta, który odczuwa go najbardziej. Bez wspólnej sieci informacyjnej z dostawcami zagadnienie można rozwiązać tylko statystycznie, używając przybliżeń i szacowania ryzyka. Polskie firmy z sektora MŚP rzadko mogą rozmawiać z dostawcami z pozycji siły i muszą godzić się na pewne niedogodności w wymianie handlowej. Niejednokrotnie dodatkowe utrudnienie stanowią niezachowane terminy regulowania zobowiązań, związane często z opóźnieniami w płatnościach należności od dostawców. Inteligentne mechanizmy, analizujące historyczne opóźnienia i dopasowujące je do wybranego zbioru danych makroekonomicznych kraju oraz mikroekonomicznych przedsiębiorstwa i regionu, mogą okazać się bardzo pomocne w takich sytuacjach. Przy odpowiedniej ilości danych historycznych będą one w stanie szacować prawdopodobne opóźnienia wśród konkretnych dostawców oraz informować

o nich pracowników logistyki. Odpowiednio zaprojektowane schematy postępowania mogą w znaczący sposób ułatwić pracę zaopatrzeniowców i dostarczyć dokładniejszą informację do planistów.

Na podstawie wszystkich powyższych danych, w czasie prawie rzeczywistym, będą automatycznie generowane alternatywne scenariusze produkcji. W początkowej fazie projektu będą one zatwierdzane każdorazowo przez uprawnione osoby po wcześniejszej weryfikacji przez specjalnie powołane do tego celu zespoły. Określony zostanie sposób wprowadzenia jasno sformułowanej argumentacji odrzucenia i zatwierdzenia wyboru, tak aby dało się na tej podstawie budować model decyzyjny. Z każdym kolejnym przypadkiem zostanie budowany algorytm postępowania, który z czasem będzie ograniczał alternatywne scenariusze do tych najczęściej wybieranych w charakterystycznej sytuacji. Praca wymagana od czynnika ludzkiego zostanie więc systematycznie ograniczana. Wydaje się również, że coraz mniejsze będzie prawdopodobieństwo popełnienia błędu ludzkiego, ze względu na możliwość wyboru scenariusza najlepszego wśród scenariuszy tylko co najmniej dobrych.

Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów Befared SA podjęła wyzwanie polegające na płynnym przejściu ze struktury organizacyjnej na poziomie Rewolucji Przemysłowej 2,5 bezpośrednio na Industry 4.0. Dzięki swoim doświadczeniom i dogłębnej analizie otaczającej rzeczywistości gospodarczej firma opracowała plan z podziałem na najważniejsze cele i ich współzależności. Rada Nadzorcza wraz z Zarządem Spółki uznała to za najlepszy sposób na dorównanie światowym liderom. Befared SA ma aspirację i możliwości do tworzenia nowego trendu rozwoju wśród firm produkcyjnych polskiego sektora MŚP wobec dynamicznie zmieniającej się sytuacji przemysłowej w Europie i na Świecie.

– Naszym wspólnym marzeniem jest budowanie silnej polskiej gospodarki opartej na rodzimym biznesie – powiedział Jan Rybka, Przewodniczący Rady Nadzorczej Befared SA.

### Przypisy

- 1 Dane wewnętrzne Fabryki Reduktorów i Motoreduktorów Befared SA, Bielsko-Biała, Grażyńskiego 71.
- 2 HAUG A., LADEBY K., EDWARDS K.: *From engineer-to-order to mass customization*. „Management Research News” 7(32)/2009.
- 3 DA SILVEIRA G., BORENSTEIN D., FOGLIATTO F.S.: *Mass customization: Literature review and research directions*. „International Journal of Production Economics” 72/2001.
- 4 When Lean Meets Industry 4.0: The Next Level of Operational Excellence. 12.2018 from website: [www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx](http://www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx)
- 5 SCHRÖDER CH.: *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*. Friedrich Ebert Stiftung 2016.
- 6 ALMADA-LOBO F.: *The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)*. „Journal of Innovation Management” 4(3)/2015.
- 7 CHARALAMBOS L.I., BENBASAT I., DEXTER A.S.: *Electronic Data Interchange and Small Organizations: Adoption and Impact of Technology*. „MIS Quarterly” 4(19)/1995.
- 8 CIEŚLA B.: *Planowanie wielostanowiskowej produkcji małoseryjnej w systemach ERP*. Zeszyt Naukowy Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, 2018.
- 9 MLECZKO J.: *Manufacturing processes creating with use of dynamic classification in conditions of unit and small-batch production*. Publishing House of University of Bielsko-Biała 2014.



Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

**BEFARED SA**

43-300 Bielsko-Biała

ul. Grażyńskiego 71

tel. 33-812 60 31

fax 33-815 93 63

[befared@befared.pl](mailto:befared@befared.pl)

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



## LINTELI CHARGE DUO

# Wolno stojąca stacja ładowania samochodów elektrycznych

**L**inteli Sp. z o.o. specjalizuje się w sprzedaży urządzeń rozdzielczych i transformujących średniego napięcia, zabezpieczeń sieciowych, silników i napędów elektrycznych. W związku z rozwijającym się rynkiem elektromobilności, który jest spowalniany m.in. przez brak ogólnodostępnej infrastruktury ładowania samochodów elektrycznych w Polsce, wychodzimy naprzeciw oczekiwaniom przyszłych i obecnych



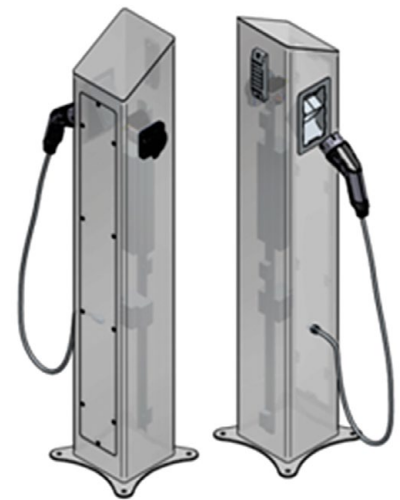
właścicieli pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym, proponując własny produkt wolno stojącej stacji ładowania prądem przemiennym o normalnej mocy.

Stacja może obsługiwać jednocześnie dwa pojazdy z mocą ładowania do 22 kW

w standardzie type 2 (Mennekes). Stacja wykonana jest ze stali, dzięki czemu zapewnia dużą wytrzymałość, a konstrukcja przytwierdzana do podłoża za pomocą śrub znajdujących się wewnątrz zapewnia skuteczną ochronę antykorozyjną. Zaletą prezentowanej stacji jest elastyczność i personalizacja wykonania. Począwszy od wersji podstawowej, wyposażonej w jeden punkt ładowania (wtyczka lub gniazdo) i aparaturę sterującą procesem ładowania bez autoryzacji dostępu, po wersję rozszerzoną.

Wersja ta posiada wyświetlacz, czytnik kart RFID, modem 3G, system płatności zbliżeniowej oraz zdalny dostęp do stacji ładowania z poziomu przeglądarki internetowej. Konfiguracje mogą

być dostosowywane do indywidualnych wymagań klienta. Stosunkowo niewielkie gabaryty i innowacyjny wygląd bardzo dobrze potrafią wkomponować stację w otoczenie miejskie. W pakiecie usług zapewniamy profesjonalny montaż, serwisowanie i nadzór nad stacją.



**Stacja przeznaczona jest do posadowienia m.in. w:**

- garażach naziemnych i podziemnych;
- parkingach (restauracje, hotele, centra handlowe itp.);
- parkingach firmowych i biurowcach;
- osiedlach mieszkaniowych.

**LINTELI<sup>®</sup> CHARGE DUO**

LINTELI Sp. z o.o.

ul. Poziomkowa 10

Zakrzewo k. Poznań

tel. 61-624 76 77

www.linteli.com.pl

reklama

**LINTELI**

**SILNIKI • TRANSFORMATORY SN • PRZEMIENNIKI CZĘSTOTLIWOŚCI**  
motors / MV transformers / inverters



- Montaż rozdzielnicy w stacjach kontenerowych
- Montaż obwodów wtórnych rozdzielnic
- Montaż stacji kontenerowych
- Przeglądy i pomiary rozdzielnic
- Przeglądy transformatorów
- Konfiguracje i badanie EAZ

- Wymiany wyłączników Sn i nn
- Wymiany wyłączników SN
- Badania termowizyjne
- Systemy ładowania pojazdów
- Silniki elektryczne
- Przemienne częstotliwości

**Linteli Sp. z o.o.**  
Zakrzewo, ul. Poziomkowa 10  
62-070 Dopiewo  
tel./fax: +48 61 624 76 77  
linteli@linteli.com.pl

AUTORYZOWANY PARTNER

**ABB**



Kompaktowe oraz wytrzymałe zawory do wielu zastosowań

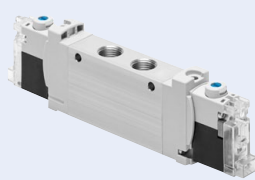
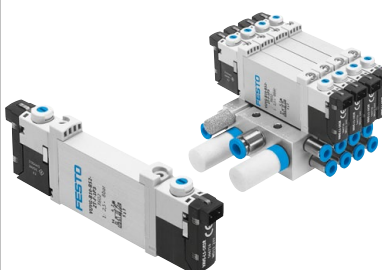
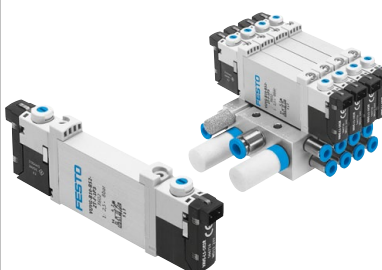

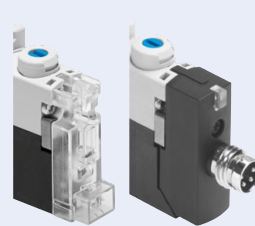

# Nowa seria zaworów VUVG-..S i VUVS-..S

Dwa kolejne rozszerzenia asortymentu zaworów serii VUVG i VUVS oferują kluczowe cechy przy zachowaniu wysokich standardów jakości Festo oraz znakomity stosunek ceny do wydajności. Zawory te należą do podstawowego programu produkcyjnego Festo i są dostępne w 13 centrach logistycznych na całym świecie. Oznacza to, że są gotowe do wysyłki w ciągu 24 godzin. Wystarczy kilka kliknięć w sklepie internetowym Festo Online Shop, aby zamówić zawory.

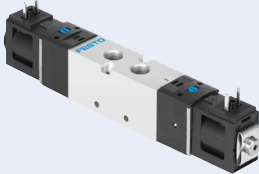
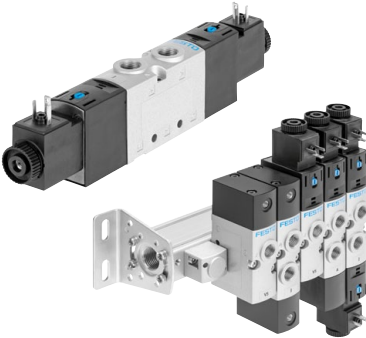


## Kompaktywość: seria VUVG

Duża szybkość i niezawodność działania elementu wykonawczego, kompaktowa konstrukcja i wysokie przepływy. Lekki i kompaktowy zawór doskonale odpowiada Twojej ogólnej koncepcji automatyki, zarówno jako indywidualny zawór, jak też blok zaworowy do montażu na szynie lub płycie.

Program produkcyjny VUVG: dobieraj i łącz

Elektrozawór		VUVG-...S		VUVG			Blok zaworowy VTUG			Zawór pneumatyczny VUVG		
												
		Standardowe cechy - jakość Festo - atrakcyjna cena										
<b>Dane techniczne</b>												
Część podstawowego programu produkcyjnego Nasze zalecenie: szukaj symbolu gwiazdki		★										
Szerokość zaworu [mm]		10	14	10	14	18	10	14	18	10	14	18
Funkcja zaworu		2x 3/2, 5/2		5/2, 5/3, 2x 3/2								
Natężenie przepływu [l/min]		150, 360	660	100, 220, 380	780	1300	100, 220, 380	780	1300	100, 220, 380	780	1300
Przyłącza	Pneumatyczne	M5, M7	G1/8	M3 (QS 3/4) M5 (QS 3/4/6), M7 (QS 4/6)	G1/8 (QS 4/6/8)	G1/4 (QS 6/8/10)	M3 (QS 3/4) M5 (QS 3/4/6), M7 (QS 4/6)	G1/8 (QS 4/6/8)	G1/4 (QS 6/8/10)	M3 (QS 3/4) M5 (QS 3/4/6), M7 (QS 4/6)	G1/8 (QS 4/6/8)	G1/4 (QS 6/8/10)
	Elektryczne	Wersja niemułowa 		Wersja modułowa Wtyczka przyłączeniowa, luźne wyprowadzenia przewodów, kabel, wtyczka przyłączeniowa M8 zamiennie/do wyboru 								
Zakres ciśnienia [bar]		1,5-7		od -0,9 do 10								
Zakres temperatury [°C]		od -5 do +50		od -5 do +60								
Napięcie [V DC]		24		5, 12, 24			-					
Stopień ochrony		IP40, IP65		IP40, IP65								

Program produkcyjny: VUVS: dobieraj i łącz

Elektrozawór	VUVS...S		VUVS... Blok zaworowy VTUS			Zawór sterowany pneumatycznie VUWS...			
	 <p>Standardowe cechy – jakość Festo – atrakcyjna cena</p>								
<b>Dane techniczne</b>									
Część podstawowego programu produkcyjnego Nasze zalecenie: szukaj symbolu gwiazdki									
									
Szerokość zaworu [mm]		20	25	20	25	30	20	25	30
Funkcja zaworu		3/2, 5/2		5/2, 5/3, 3/2					
Natężenie przepływu [l/min]		550	1 000	700	1200	2000	700	1200	2000
Przyłącza	Pneumatyczne	G1/8	G1/4	G1/8, NPT1/8	G1/4, NPT1/4	G3/8, NPT1/8, NPT3/8	G1/8, NPT1/8	G1/4, NPT1/4	G3/8, NPT1/8, NPT3/8
	Elektryczne	Typ C EN 175301	Typ B2 EN 175301	Typ C EN 175301	Typ C lub B2 EN 175301	Typ C lub B2 EN 175301	Typ C EN 175301	Typ C lub B2 EN 175301	Typ C lub B2 EN 175301
Zakres ciśnienia [bar]		2-8		0-10 2,5-10 dla zaworów z wewnętrznym zasilaniem pilotów					
Zakres temperatury [°C]		od -5 do 50		od -10 do 60					
Napięcie [V DC/V AC]		24		12 V DC, 24 V DC, 48 V DC, 24 V AC, 48 V AC, 110 V AC, 230 V AC			-		
Stopień ochrony		IP65		IP65 i IP67					

Jeżeli dany produkt w katalogu Festo lub sklepie internetowym jest oznaczony symbolem niebieskiej gwiazdki, oznacza to, że został wybrany przez ekspertów pod względem wyjątkowych funkcji oraz wydajności i należy do podstawowego programu produkcyjnego.

### Trwałość: seria VUVS

Te solidne zawory wyróżniają się wysokim przepływem i nowoczesnym wzornictwem.

Seria VUVS jest doskonałym przykładem pneumatyki do dużych obciążeń, oferując niezawodne działanie, zwłaszcza współdziałanie wszystkich elementów systemu pneumatycznego.

**FESTO**

FESTO Sp. z o.o.  
ul. Mszczonowska 7  
05-090 Raszyn  
tel. 22-711 41 00  
fax 22-711 41 02  
e-mail: festo\_poland@festo.com  
www.festo.pl



# Niezawodny i wytrzymały - napęd z prowadzeniem DFM

Napęd z prowadzeniem DFM wykorzystywany jest w tym samym zakładzie produkcyjnym Festo w Rohrbach, w którym został wyprodukowany. To niezwykle wytrzymałe, mocne i kompaktowe rozwiązanie jest idealnym wyborem do zadań zaciskania, podnoszenia, zatrzymywania, chwytania i wciskania w jego produkcji. Cechy nowej generacji napędów DFM sprawiają, że te urządzenia świetnie sprawdzają się w produkcji kolejnych napędów DFM na tej samej linii produkcyjnej.

Rosnące zapotrzebowanie rynku na napędy z prowadzeniem DFM zrodziło potrzebę technicznej modyfikacji napędów z prowadzeniem DFM. Nowa konstrukcja ma ułatwić koordynację i automatyzację produkcji tego typu napędów, znacznie skracając czas wytwarzania. Cel został osiągnięty – napędy z prowadzeniem DFM są obecnie produkowane w odstępach jednonominutowych.

## Zróznicowanie produkcji na jednej linii

Aby umożliwić produkcję napędów DFM na jednej linii, wytwarzany produkt musi być przemieszczany do określonych położenia na różnych stanowiskach produkcyjnych. Zadanie to jest realizowane przez wyprodukowany uprzednio napęd DFM. Wyzwanie polega na wytwarzaniu na jednej linii napędów DFM o różnych wymiarach i kilku długościach skoku oraz w wersji z łożyskami kulkowymi obiegowymi i ślizgowymi. W narzędziowni Festo powstało pionierskie rozwiązanie: cały proces – od produkcji tłoczyska do końcowej kontroli – jest zautomatyzowany na jednej linii.

## Szybkość i elastyczność

Co minutę nośnik elementu roboczego wjeżdża na linię, przynosząc obudowę, tłoczysko i tuleje łożysk. Najpierw tuleje



### Przykłady zastosowań: mocowanie

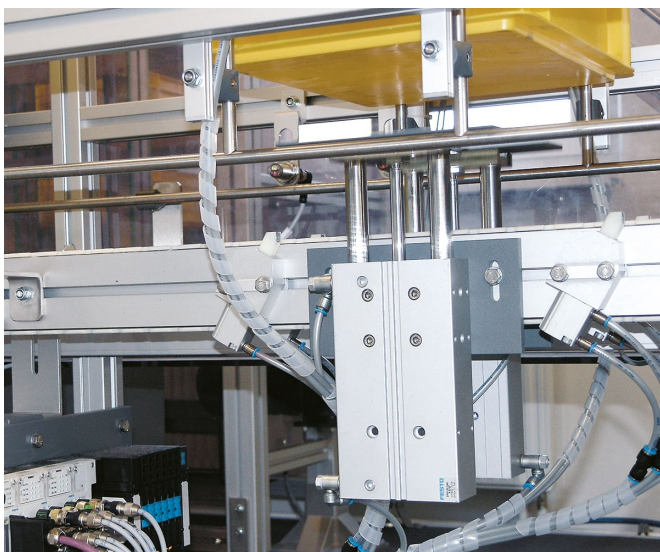
Napęd DFM doskonale nadaje się do chwytania komponentów do dalszego niezawodnego przetwarzania

ślizgowe są wciskane w obudowę i kalibrowane przez moduł obrotowy w ramach jednej operacji. Jednocześnie wersje z łożyskami kulkowymi obiegowymi są transportowane do zestawu prasy na następnym stanowisku, na którym wprasowywane są łożyska kulkowe. Umożliwia to prosta procedura przełączania typu kodów w programie sterującym. Czas ustawiania wynosi zaledwie jedną minutę przy założeniu, że dalsze modyfikacje maszyny nie są wymagane.

W kolejnym etapie wykonywane jest smarowanie na cały okres eksploatacji napędu. Smar może być bardzo dokładnie dozowany za pomocą dysz natryskowych i smarowniczek. Następnie tłoczysko wsuwane jest ruchem wahadłowym do obudowy, a w kolejnym etapie montowana jest pokrywa – w taki sposób, aby widoczne było tylko tłoczysko.

Dane techniczne	Tłok Ø [mm]											
	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Medium	Sprężone powietrze, filtrowane, olejone lub nieolejone											
Maks. dopuszczalne ciśnienie robocze [bar]	8		10									
Zakres temperatury [°C]	-10 ... +60		-20 ... +80 (prowadzenie na łożyskach ślizgowych)									
	-		-5 ... +60 (prowadzenie na łożyskach kulkowych obiegowych)									
F* [N]	0,6...1,1	2,1...3,7	19...31	49...73	35...110	61...110	150...188	127...180	174...257	174...257	245...352	400...568
M* [Nm]	0,006...0,011	0,034...0,057	0,40...0,65	1,14...1,68	1,70...3,00	2,90...4,2	5,00...7,3	5,55...7,9	9,6...14,15	10,7...15,9	19,0...27,2	37,6...53,4

\*Maksymalne dopuszczalne obciążenie prowadnicy zależy od długości skoku



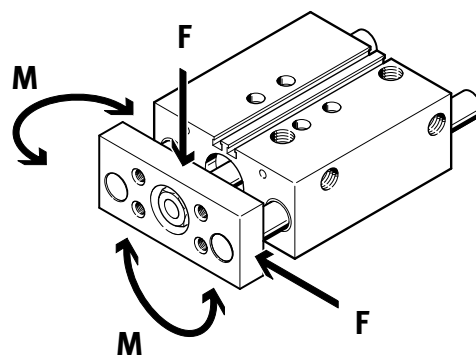
**Przykłady zastosowań: podnoszenie**

Napęd DFM pewnie i dynamicznie podnosi oraz przenosi obciążenia ważące nawet ponad 200 kg



**Przykłady zastosowań: zatrzymywanie**

Pewne i bezpieczne zatrzymywanie obciążeń do 150 kg świadczy o tym, że napęd DFM jest wytrzymałym i niezawodnym siłownikiem zderzakowym



**Testy dla uzyskania optymalnej jakości**

Po zrealizowaniu wymienionych wcześniej elementów procesu napęd DFM przechodzi pierwszy test sprawdzający szybkość działania, zaś testy niskiego i wysokiego ciśnienia oraz test skoku sprawdzają, czy wymagana jest korekta.

Ostatnim etapem procesu montażu jest połączenie z płytą spinającą. Jednak zatwierdzenie napędu jako gotowego do dostawy dokonuje się dopiero po pozytywnym przejściu testu płynności działania przy minimalnym ciśnieniu roboczym. Na tym etapie na napędzie naklejana jest etykieta produktu i logo Festo, a następnie trafia on do pojemników w zautomatyzowanym magazynie. Jest tam magazynowany zazwyczaj jedynie przez kilka dni.

Więcej informacji na stronie [www.festo.pl](http://www.festo.pl)

**FESTO**

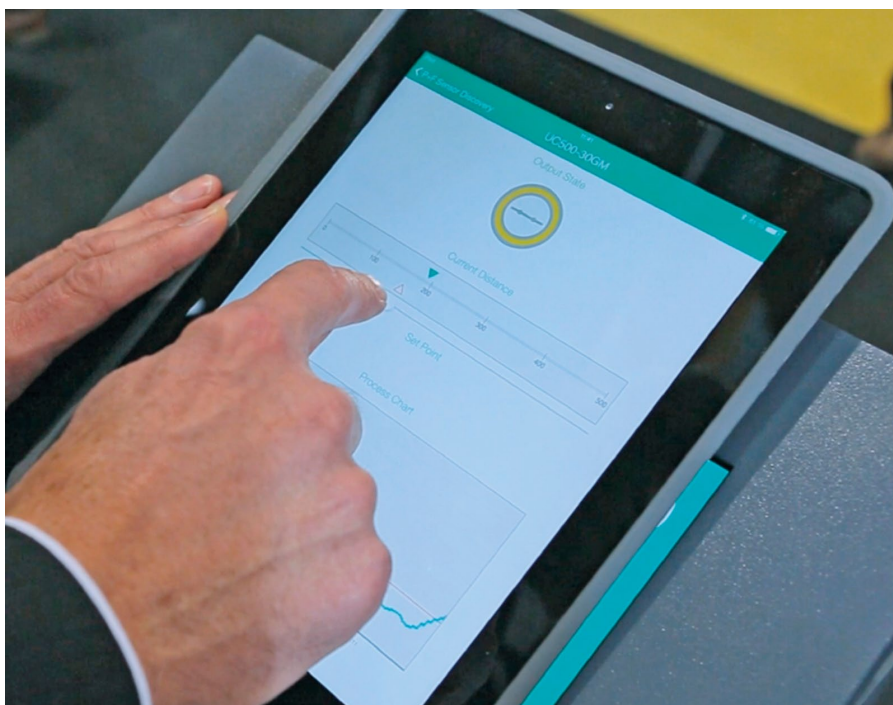
FESTO Sp. z o.o.  
 ul. Mszczonowska 7  
 05-090 Raszyn  
 tel. 22-711 41 00  
 fax 22-711 41 02  
 e-mail: festo\_poland@festo.com  
 www.festo.pl



# Technologia czujników 4.0: pomysły bez ograniczeń

Nie sposób praktycznie wyobrazić sobie współczesnego społeczeństwa bez sieci cyfrowych. Ten megatrend już od dawna stanowi część wszystkich aspektów życia i pracy. W automatyce inteligentne czujniki, siłowniki i urządzenia obiektowe zapewniają już podstawowe dane. Teraz konieczne są już tylko nowe technologie ich przesyłania, aby autonomiczność i automatyzacja instalacji i zakładów mogły osiągnąć nowy wymiar.

**K**ontener ze śmieciami przesyła sygnał informujący o tym, że jest pełny w ponad 80 procentach. Sygnał jest przesyłany za pośrednictwem sieci komórkowej do aplikacji internetowej używanej przez firmę zajmującą się gospodarką odpadami. Aplikacja wizualizuje wypełnienie kontenera przy użyciu drogowej sygnalizacji świetlnej. Firma korzysta następnie z tego systemu, aby zaplanować najlepszą trasę dla zbiórki odpadów, tak aby śmieciarki dojeżdżały tylko do tych kontenerów, które rzeczywiście wymagają opróżnienia. System celowej zbiórki śmieci pozwala zaoszczędzić czas, pieniądze i paliwo, redukuje również emisję spalin oraz generowany hałas. Ta technologia została rzeczywiście opracowana przez MOBA Mobile Automation AG. System jest już w fazie testów w ramach projektu „Inteligentne miasto” (ang. *Smart City*) zorganizowanego przez Barcelonę, a jego wdrożenie jest planowane w około dwudziestu krajach. Urządzenie do pomiaru poziomu wypełnienia jest wbudowane w pokrywę każdego kontenera na śmieci. Urządzenie to musi być wyjątkowo solidne i mieć możliwość wykrywania poziomu wypełnienia kontenera niezależnie od tego, co zostało włożone do środka. Konieczne jest również regularne przesyłanie danych. Urządzenie zostało wyposażone w kartę SIM, regularnie zgłasza poziom wypełnienia i przesyła dane z czujnika. Czujnik zużywa bardzo mało energii, dzięki czemu bateria może działać przez okres dziesięciu lat. W przyszłości tego typu elastyczna automatyka mogłaby



również znaleźć zastosowanie w systemach zarządzania ruchem lub obsługi parkingów.

## Istniejące technologie dla nowych możliwości

Barcelona zrobiła duży krok w kierunku stania się inteligentnym miastem dzięki wprowadzeniu systemu inteligentnego zarządzania odpadami. Dzięki czujnikowi ultradźwiękowemu urządzenie do pomiaru poziomu wypełnienia może komunikować się z innymi urządzeniami i jest zoptymalizowane pod kątem niskiego zużycia energii. Jest to

dobry przykład inteligentnych czujników, które stają się coraz bardziej popularne. Czujniki te dostarczają zróżnicowany obraz rzeczywistości i mogą przesyłać go w czasie rzeczywistym.

W przyszłości połączenie tych metod pozwoli również otworzyć drzwi do przestrzennej detekcji 3D, a co za tym idzie – do zastosowań takich, jak całkowicie automatyczne kierowanie. Czujniki i komponenty RFID również odgrywają znaczącą rolę w zapewnieniu jeszcze lepszego zróżnicowania procesów produkcji, a oferowane przez nie funkcje odczytywania i zapisywania



znaczników umożliwiają identyfikowanie pojedynczych części. Dzięki temu procesy produkcji przemysłowej mogą być wykorzystywane już dla jednostkowych serii produkcyjnych. Połączenie tych rodzajów czujników z komunikacją sieciową stanowi podstawę koncepcji Technologii Czujników 4.0, która z kolei stanowi techniczny wymóg wstępny do zwiększenia autonomii i automatyzacji instalacji i zakładów, czyli – innymi słowy – wymóg wstępny dla koncepcji Przemysłu 4.0 oraz Internetu Rzeczy. Nowe technologie komunikacji pomostowej są ważnym ogniwem w realizowaniu tej koncepcji. W przypadku zbiórki śmieci w Barcelonie funkcję tę spełniają sieć telefonii komórkowej i Internet. Automatyzacja zakładów często opiera się na sieciach Ethernet. Technologie te osiągają jednak swoje fizyczne ograniczenia w automatyzacji procesów na obiekcie. Nawet obecnie używa się przede wszystkim sygnałów analogowych.

### Ethernet w automatyce przemysłowej

Niektóre instalacje i zakłady są tak duże, że operatorzy chętnie rezygnują z konieczności stosowania kabli i opierają się na bezprzewodowej transmisji danych. W przypadku systemów ciągłych rozwiązania typu GSM, takie jak te używane w inteligentnym systemie zarządzania odpadami w Barcelonie, są wykluczone. Znaną technologią stosowaną w automatyce jest WirelessHART, inteligentna i niezawodna technologia transmisji danych, która umożliwia wszystkim podłączonym urządzeniom zarówno pracę w trybie nadajnika, jak i odbiornika. Sieć w topologii siatki upraszcza budowanie rozległych sieci.

### Technologia komunikacji pomostowej SmartBridge

Istnieje już technologia, która może zostać użyta do rozbudowy dowolnego



czujnika o szerokie funkcje komunikacji. Technologia ta, znana pod nazwą SmartBridge, umożliwia połączenie każdego czujnika z interfejsem IO-Link do struktur IP, zapewniając mu pełne możliwości komunikacyjne. Obecnie dane z czujników nie wychodzą zazwyczaj poza poziom obiektu, na przykład do systemów zarządzania. Dzięki technologii SmartBridge poziomy napełnienia w instalacji napełniania mogą być przekazywane bezpośrednio do obliczeń wydajności w firmie, bez konieczności dokonywania jakichkolwiek zmian sprzętowych czy programowych na poziomie sterowania. Technologia ta otwiera również mnóstwo nowych możliwości podczas konfiguracji nowych instalacji, np. gdy maszyna lub instalacja mają być całkowicie transparentnie zintegrowane z siecią, ale komunikacja IP nie jest przewidywana na najniższym poziomie lub czujnik jest fizycznie niedostępny. To naprawdę praktyczna technologia komunikacji pomostowej, która oferuje ogromny potencjał na przyszłość.

### W skrócie: SmartBridge

Technologia SmartBridge wykorzystuje adapter do czujników IO-Link i aplikację SmartBridge na urządzenia mobilne, takie jak tablety czy smartfony. Adapter pobiera dane i parametry z czujnika i przesyła je do tych urządzeń

mobilnych bezprzewodowo za pomocą Bluetooth. Aplikacja wizualizuje te dane i pozwala na dostęp do czujnika na poziomie parametrów, działając jak „inteligentny multimetr” i zapewniając łatwiejsze uruchomienie i konserwację urządzeń obiektowych. Jest to uniwersalna technologia komunikacji pomostowej, którą można również wykorzystać do utworzenia interakcji między systemami wirtualnymi i fizycznymi na poziomie obiektowym oraz do łączenia tych systemów z sieciami wyższego poziomu. Za pomocą aplikacji SmartBridge można również wywoływać bezpośrednio urządzenia z interfejsem Ethernet lub WLAN bez konieczności korzystania z adaptera. ■

[www.pepperl-fuchs.com/smartbridge-technology](http://www.pepperl-fuchs.com/smartbridge-technology)

**PEPPERL+FUCHS**

PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.  
ul. Owsiana 12  
03-825 Warszawa  
tel. 22-256 97 70  
fax 22-256 97 73  
info@pl.pepperl-fuchs.com  
www.pepperl-fuchs.pl

reklama

Napędzaj z nami przemysł

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

# Transport i sortowanie towarów z AS-i

Spoglądając za kulisy popularnych sklepów internetowych i domów sprzedaży wysyłkowej, jedno przede wszystkim rzuca się w oczy: rozwiązania transportu i sortowania, które są monumentalnymi dziełami i często bardzo inteligentnymi rozwiązaniami, cechującymi się efektywnością i rentownością.

**K**upujecie Panowie w internecie? Z pewnością. A przynajmniej te rzeczy, których nie trzeba wcześniej wziąć do ręki. Płyty CD z muzyką. Dysk twardy do laptopa. Szkła kontaktowe. Kobiety idą krok dalej. Buty, bluzki, meble. Praktycznie wszystko. Nie ma prawie niczego, co nie może być zamówione w szerokiej gamie rozmiarów i kolorów, przymierzane i często odesłane. Wszystko bez większego wpływu na koszty.

Często zastanawiamy się, jak to jest możliwe? Jeden sklep sprzedaje wirtualnie nieskończone ilości różnych produktów w czasie rzeczywistym z dostawą – często – następnego dnia.

## Rozmiar ma znaczenie

Tak jest i w przypadku centralnego magazynu, który jest imponujący. Przenośniki i układnice poruszają się po magazynie wysokiego składowania, dostarczając różnorodne towary na nieskończenie długie transportery rolkowe. Pudełka o różnych wymiarach przemieszczają się po hali magazynowej. Stacje sortowania pozostawiają precyzyjnie każdy towar w ponumerowanych stacjach odbioru. Ostatnie sprawdzenie, towar ląduje w pudełku i w drogę. Następnego dnia dociera do adresata.

## Najważniejsza: funkcjonalność

Inżynierowie, którzy pracują z systemami przenośników rolkowych w magazynach, muszą się mierzyć z różnymi wyzwaniami. Używane przez nich rozwiązania gwarantują zaspokojenie potrzeb klientów w kwestiach szybkości obsługi, niezawodności, energooszczędności i kosztów. Pepperl+Fuchs wprowadza rodzinę modułów AS-Interface o nazwie



G20. W pełni zintegrowany moduł sterujący interfejsem elektrorolek (MDR) zaprojektowano specjalnie z uwzględnieniem ograniczeń w kwestii prędkości, kosztów i zużycia energii u najbardziej wymagających klientów i w najbardziej wymagających zastosowaniach.

Moduł G20 minimalizuje pracochłonność podłączania rozruszników silników i tworzy fundament dla zupełnie nowych metod pracy. Gwarantuje niezawodne działanie silnika dzięki swoim specjalnie zaprojektowanym funkcjom oraz umożliwia wstępny montaż elastycznych segmentów przenośników. Poprawia to szybkość budowania i wydajność działania systemów z rolkami MDR z perspektywy zarówno instalatorów, jak i docelowych klientów.

## Montaż w ramie systemu przenośnika

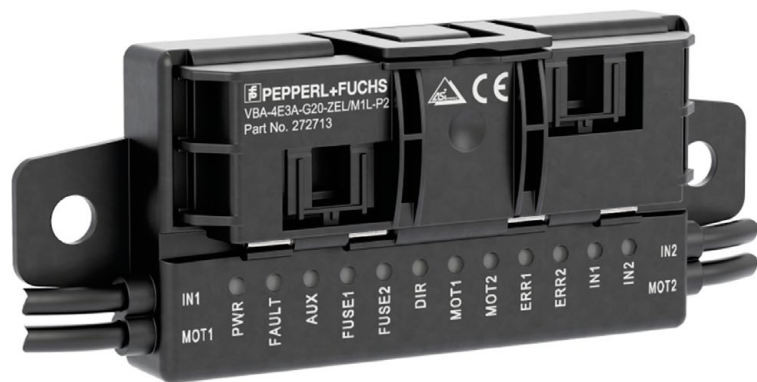
Dzięki głębokości montażowej wynoszącej zaledwie 27 mm moduł G20 można przymocować bezpośrednio do ramy przenośnika rolkowego i w ten sposób całkowicie ukryć okablowanie. Montaż wewnątrz ramy jest bardzo łatwy i nie wymaga żadnych dodatkowych narzędzi. Moduł jest umieszczony w jednoczęściowej trwałej plastikowej obudowie odpornej na uderzenia i wstrząsy, która kładzie kres skomplikowanym i czasochłonnym procedurom montażu. Czujniki i rolki MDR są podłączane za pomocą zintegrowanych wiązek przewodów silników i czujników, co znacznie przyspiesza montaż, a jednocześnie redukuje koszty i zmniejsza ogólną złożoność.

### Wyższa jakość montażu segmentów przenośników

Po przymocowaniu modułu do ramy przenośnika trzeba tylko odpowiednio włożyć płaskie przewody sieci AS-Interface i złącza AUX. Ta znacznie szybsza i łatwiejsza metoda podłączania uwalnia producentów systemów przenośników od konieczności wykonywania skomplikowanych i czasochłonnych czynności montażowych w zakładzie klienta, co ma miejsce w przypadku większości tradycyjnych rozruszników silników. Dzięki wykorzystaniu sieci AS-Interface, a w szczególności modułu G20, można łatwo podzielić całe systemy przenośników, łącznie ze wszystkimi podzespołami sterującymi, na osobno zarządzane segmenty – wstępnie zmontowane, gotowe do transportu, przetestowane i niezależne od pozostałych części składowych.

### Wiele opcji sterowania i wysokie standardy bezpieczeństwa

Moduł G20 jest supernowoczesny pod względem funkcjonalności i bezpieczeństwa. Nowy moduł ma 2 wejścia czujników, 2 wyjścia do sterowania silnikami i 2 złącza mocy silnika, co łącznie pozwala na bardzo precyzyjne sterowanie elektrorolkami we wszystkich zastosowaniach. Moduł G20 dostarcza prąd rozruchowy o natężeniu do 5 A na każdy silnik. Elastyczność zastosowań zapewniają rozliczne konfigurowalne ustawienia prędkości, profile przyspieszania oraz możliwość łatwej zmiany kierunku obrotu. Moduł G20 oferuje też wysokie standardy bezpieczeństwa – jest



wyposażony w bezpiecznik topikowy dla każdego silnika prądu stałego, więc nie są potrzebne żadne dodatkowe bezpieczniki.

Uzupełnieniem modułu G20 MDR jest kolejny członek rodziny G20, który stanowi doskonałe rozwiązanie do wyłączenia cyfrowego sterowania układami sterowania zaworami, zwrotnicami kolejowymi, układami zatrzymywania i napędami nieregulowanymi. Te moduły rewolucjonizują koncepcję sterowania rolkami MDR i dostarczają producentom przenośników narzędzi, pozwalających spełnić oczekiwania najbardziej wymagających klientów.

### Najważniejsze zalety

- Wersja modułu rolki napędzanej silnikiem na prąd stały, umożliwiająca sterowanie prędkością, kierunkiem i rozruchem/wyłączeniem przenośników transportowych.
- Dostępna cyfrowa wersja do prostych układów rozruchu/wyłączenia silników lub siłowników pneumatycznych.

- Prosty montaż w ramie przenośnika rolkowego bez konieczności używania dodatkowych narzędzi.
- Jednoczęściowa obudowa z płaskim złączem umożliwia bezpośrednie podłączenie do siłownika/czujnika.
- Moduły można łatwo podzielić na osobno zarządzane segmenty – wstępnie zmontowane, gotowe do transportu i przetestowane. ■

**PEPPERL+FUCHS**

PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.  
ul. Owsiana 12  
03-825 Warszawa  
tel. 22-256 97 70  
fax 22-256 97 73  
info@pl.pepperl-fuchs.com  
www.pepperl-fuchs.pl

reklama

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



PRENUMERATA  
DRUKOWANA



PRENUMERATA  
ELEKTRONICZNA



PAKIET



# Przesyłanie sygnałów drogą radiową a wymagania dyrektywy radiowej (RED)

Mariusz Łukaszyński

W szerokiej gamie produktów elektronicznych oferowanych na rynku wyraźnie zauważalną grupę stanowią urządzenia radiowe. Wśród nich możemy znaleźć zarówno te przeznaczone do powszechnego użytku, bardzo proste konstrukcje, jak np. „piloty” do sterowania bramą garażu czy dzwonek „bezwprzewodowy”, jak i znacznie bardziej zaawansowane konstrukcje – np. systemy telemetryczne lub systemy alarmowe. Smartfonów, które stały się w zasadzie nieodzownym elementem wyposażenia osobistego (takim, jakim dawniej był zegarek), używamy spontanicznie, w zasadzie nie zastanawiając się, że rzeczywiście mamy do czynienia z terminalem wyposażonym w tak liczne interfejsy radiowe: GSM, UMTS, LTE, BT, BLE, WiFi, NFC, GPS. Istnieją także urządzenia radiowe wykonane w formie modułów, przeznaczone do wbudowania do urządzeń nadrzędnych, które rozszerzają funkcjonalność o zupełnie nowe cechy. Praktyka pokazuje, że moduły radiowe są aplikowane nawet w tak skomplikowanych zastosowaniach, jakimi są różnego rodzaju maszyny. Warto zauważyć, że w najbliższej przyszłości czekają nas niesamowite zmiany, wręcz na miarę rewolucji, związane z dynamicznym rozwojem IoT i budową sieci 5G, która całkowicie zmieni możliwości transmisji danych i wprowadzi nowoczesne techniki, takie jak Massive MIMO lub 3D Beamforming.

Jak widać, „radio” już w zasadzie jest wszędzie wokół nas – a będzie obecne jeszcze bardziej.

Przy całym dobrodziejstwie, jakie niesie ze sobą stosowanie interfejsu radiowego, nie wolno zapominać, że warunkiem koniecznym, jaki musi spełniać każdy produkt przed tym, zanim trafi do sprzedaży na terenie UE lub zanim zostanie oddany do użytkowania, jest wykazanie zgodności jego wykonania z wymaganiami wynikającymi ze wszystkich obowiązujących dyrektyw, które do tego produktu się odnoszą.



W przypadku urządzeń radiowych zastosowanie ma dyrektywa 2014/53/UE, tzw. dyrektywa RED, która definiuje wymagania zasadnicze, określa obowiązki stawiane podmiotom gospodarczym, precyzyjnie opisuje dostępne moduły oceny zgodności itp. Niby właściwie wszystko mamy podane jak na dłoni. Ale czy w rzeczywistości jest tak prosto, aż tak prosto? Prawdę mówiąc, temat zaliczyć należy raczej do bardziej niż do mniej skomplikowanych. Prawidłowe zrozumienie zapisów dyrektywy RED, obowiązujących np. producentów urządzeń radiowych, nie jest zadaniem trywialnym. Jak się okazuje, w obszarze dyrektywy RED istnieje wiele niedomówień, wątpliwości, niejasności i nieprawidłowych interpretacji, które wymagają gruntownego wyjaśnienia i usystematyzowania.

Producenci urządzeń radiowych powinni nie tylko znać, ale przede wszystkim właściwie rozumieć i spełniać swoje obowiązki, tym bardziej, że możliwe konsekwencje mogą być bardzo kosztowne.

Konstruktorzy powinni znać podstawowe aspekty techniczne i wymagania dotyczące konstrukcji urządzeń radiowych, wynikające z dyrektywy RED i powiązanych z nią norm.

Kierownictwu (firmy/technicznemu) zagadnienia techniczne także nie powinny być zupełnie obce. Dzięki temu konstruktorzy, skutecznie i prawidłowo projektując urządzenia, będą mogli liczyć na zrozumienie swoich szefów. Nie będą się już musieli sprzeczać, czy faktycznie ten kondensator w obwodzie zasilania jest potrzebny, skoro i tak bez niego urządzenie działa.

Aby móc spać spokojnie, producenci, integratorzy, a także użytkownicy urządzeń/systemów radiowych powinni znać odpowiedzi na poniższe pytania związane z praktycznym zastosowaniem dyrektywy RED:

- Czy wiesz, które dyrektywy musi spełniać produkt wykorzystujący komunikację radiową?
- Czy zastosowanie gotowego modułu, oznakowanego CE, ułatwia temat zgodności z dyrektywą RED?
- Jakie są konsekwencje wbudowania modułu radiowego do urządzenia „nieradiowego”, jak zmieni się kwalifikacja takiego „nowego” urządzenia w kontekście wymagań formalnych kierowanych do producenta oraz wymagań technicznych, z którymi musi zmierzyć się konstruktor?
- Czy wiesz, z jakich komponentów i jak skonstruować, wyprodukować, zamontować i zweryfikować urządzenie w oparciu o gotowy moduł radiowy, aby wykorzystać istniejące dowody zgodności?
- Kiedy, być może zupełnie dla Ciebie niespodziewanie, stajesz się producentem urządzenia radiowego, ze wszystkimi towarzyszącymi temu konsekwencjami?
- Kiedy należy przeprowadzić ponowną ocenę zgodności i wystawić nową deklarację zgodności z RED?
- Czy i z jakich powodów, równoległe do dyrektywy RED, można/należy stosować wymagania dyrektywy EMC?
- Czy faktycznie do oceny urządzenia radiowego zasilanego z baterii mają zastosowanie wymagania związane z szeroko pojętymi aspektami bezpieczeństwa użytkownika?
- Jak udokumentować ocenę urządzenia, by zaoszczędzić na drogich badaniach?
- Czy wiesz, jakie informacje powinieneś umieścić na projektowanej tabliczce znamionowej, jakie w instrukcji obsługi, a jakie w dokumentacji technicznej?
- Ile deklaracji zgodności w związku z tym musisz wystawić oraz komu i jak je udostępnić?
- Czy wiesz, czym jest uproszczona deklaracja zgodności i co musi zawierać?

Pytań w zakresie dyrektywy RED jest wiele, a jak to w życiu bywa – każda odpowiedź rodzi kolejne znaki zapytania. W praktyce zrozumienie wielu aspektów mających kluczowy

wpływ na to, czy i jak wykonywać ocenę zgodności, jakie normy stosować, jak ułożyć właściwy program badań i jak w tym zakresie skutecznie rozmawiać z laboratorium – nie jest prostym zadaniem. Dokładne poznanie zagadnień radiowych da producentowi i konstruktorowi wystarczającą pewność, że będą świadomie poruszali się w gąszczu wymagań, będą prawidłowo wybierali właściwe dokumenty normalizacyjne, poprawnie wypełniali swoje obowiązki od zaprojektowania urządzenia począwszy, poprzez odpowiednie przygotowanie pakietu dokumentacji technicznej, a na oznakowaniu CE – skończywszy. ■

Cert Partner Sp. z o.o. [www.certpartner.pl](http://www.certpartner.pl)

reklama

## Pomagamy tworzyć bezpieczne produkty

### Szkolenie:

1. Dyrektywa radiowa RED w szczegółach
2. Dyrektywa radiowa RED w praktyce – warstwa techniczna



# Kompleksowe rozwiązania dla przemysłu - Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” SA

CPP „PREMA” SA to całkowicie polska firma o największym potencjale produkcyjnym oraz technicznym w branży na rynku krajowym. Już od ponad 40 lat dostarcza kompleksowe rozwiązania z dziedziny pneumatyki i hydrauliki siłowej zarówno na rynek krajowy, jak i zagraniczny. Nasze doświadczenie owocuje coraz szerszą ofertą produkcyjną oraz bogatą ofertą wykonań specjalnych dostosowanych do indywidualnych wymagań Klientów. W związku z rosnącym potencjałem Spółki, od 2.10.2018 r. nasza firma dołączyła do Grupy ARP S.A. (Agencja Rozwoju Przemysłu S.A.). Jest to spółka akcyjna Skarbu Państwa istniejąca od 1991 roku wspierająca restrukturyzację polskich przedsiębiorstw.

**D**obiegający końca rok był rokiem wyjątkowej pracy nad wprowadzeniem nowych produktów i rozwiązań.

Zwieńczeniem naszej ciężkiej pracy jest medal zdobyty w Konkursie INNOWACJE na Targach HaPeS 2018 w Katowicach. Przy tej okazji składamy podziękowania wszystkim naszym Klientom, Partnerom i Współpracownikom, którzy odwiedzili nasze stoisko. Dziękujemy za zaufanie, jakim nas Państwo obdarzają. To dla nas zaszczyt i największe wyróżnienie.



Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” SA zostało nagrodzone za serię elektrozasorów LTE. Zawory te charakteryzują się dużymi

przepływami oraz odporną na warunki zewnętrzne konstrukcją. Dzięki wymienionym parametrom znajdują z powodzeniem swoje zastosowanie w najbardziej wymagających środowiskach pracy. Głównie są wykorzystywane w przemyśle energetycznym, hutniczym oraz kopalnianym. Elektrozasory LTE są zaworami przewodowymi, a do każdego typu oraz wielkości jest możliwość zakupu kompletów naprawczych uszczelnień. Ich konstrukcja jest na tyle przyjazna dla użytkowników, że ich ewentualna wymiana oraz przegląd mogą odbywać się bez ich odkręcenia od elementów wykonawczych. W przypadku zainteresowania zaworami karty katalogowe oraz parametry pracy są udostępniane przez Dział Handlowy CPP „PREMA” SA pod nr. tel.: 41-361 95 24, lub drogą mailową po przesłaniu zapytania na adres e-mail: prema@prema.pl.

CPP „PREMA” SA w swojej bogatej ofercie posiada również usługi automatyzacji produkcji oraz budowy maszyn specjalnego przeznaczenia. W naszej działalności koncentrujemy



się na kompleksowej obsłudze klientów w zakresie systemów automatyki, pneumatyki, robotyki oraz napędów elektrycznych. Szeroka gama wyrobów oraz współpraca z renomowanymi producentami podzespołów i elementów automatyki umożliwiają nam budowę układów sterowania ściśle dostosowanych do wymagań Klienta.

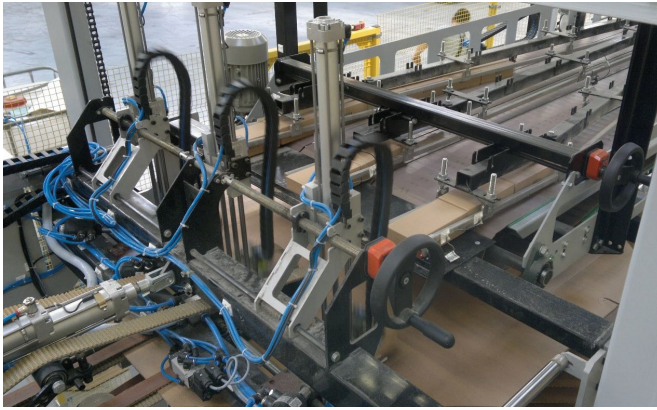
Realizujemy również wykonania specjalne z dziedziny pneumatyki i hydrauliki. Dział technologii i rozwoju dokłada wszelkich starań, aby sprostać indywidualnym wymaganiom Klientów. Nasza oferta z roku na rok jest coraz szersza i ciekawsza.

## Oferujemy:

Budowę maszyn i urządzeń pod specjalne zamówienie Klienta, budowę stanowisk zrobotyzowanych, projektowanie systemów automatyki przemysłowej, modyfikację i modernizację istniejących instalacji i układów sterowania, oprogramowanie systemów automatyki PLC i HML, pomoc techniczną i doradztwo, wykonanie systemów sterowania „pod klucz” oraz wykonanie i sprzedaż przenośników liniowych.

Rozwój naszej firmy jest oparty na dążeniu do zadowolenia Klienta, który ma otrzymać nowoczesne i niezawodne





w działaniu produkty. Bierzemy pełną odpowiedzialność za każdą z faz projektu. Zapewniamy dobre warunki zakupu, atrakcyjne ceny na nasze wyroby, doradztwo techniczne, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

**Serwis i doradztwo techniczne**

CPP „PREMA” SA oferuje Państwu usługi serwisowe w zakresie:

- budowy i uruchamiania instalacji pneumatycznych do ciśnienia 1,2 MPa (w tym budowa rurociągów w technologii zgrzewanych rur PP oraz w technologii spawania rur stalowych do przekrojów max Ø50 mm);
- remontów sieci i instalacji w technologiach jw.;

- remontów, montażu i naprawy urządzeń w dziedzinie pneumatyki siłowej (w tym układów sterowania elektrycznego pneumatycznego);
- diagnostyki awarii i modernizacji układów sterowania w instalacjach pneumatycznych i hydraulicznych;
- serwis urządzeń pneumatycznych, hydraulicznych;
- regeneracja podzespołów;
- regeneracja siłowników.

Regenerujemy większość dostępnych siłowników na rynku polskim. W przypadku braku możliwości regeneracji pomagamy w doborze nowych siłowników. Jesteśmy do Państwa dyspozycji na terenie całej Polski.

reklama

**CENTRUM PRODUKCYJNE PNEUMATYKI „PREMA” SPÓŁKA AKCYJNA**



**Elektrozawory o przyłączach G3/8 oraz G3/4. Różne napięcia sterowania**

Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” Spółka Akcyjna  
 ul. Wapiennikowa 90  
 25-101 Kielce  
 tel. 41-361 95 24  
 fax 41-361 91 08  
 www.prema.pl



## Cube67 Diagnostic Gateway

# Ułatwiona diagnostyka

System Cube Murrelektronik oferuje szerokie możliwości diagnostyczne. Nowy Cube67 Diagnostic Gateway znacznie je ułatwia. To rozwiązanie dostarcza informacje w przypadku awarii i przyspiesza rozwiązywanie problemów, dzięki czemu zwiększa niezawodność maszyn i systemów.

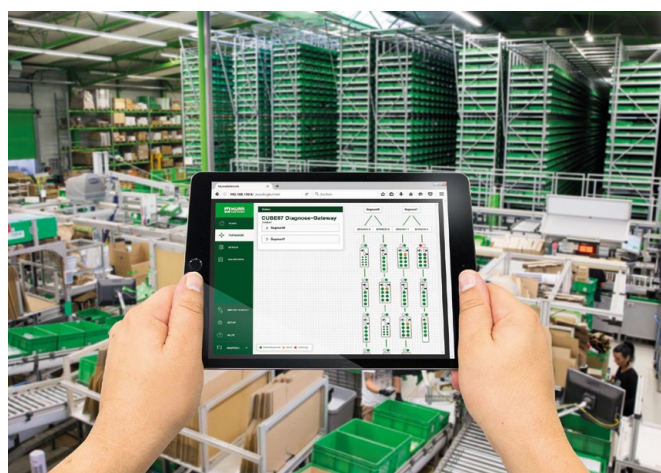
Wysoko wydajny, zdecentralizowany system sieciowy Cube stosowany jest w wielu aplikacjach. Jego modułowa struktura i zróżnicowane możliwości instalacyjne sprawiają, że może być stosowany z licznymi modułami wejściowymi, wyjściowymi, mieszanymi oraz modułami funkcyjnymi (np. IO-Link, RS485 itp.). Za pośrednictwem jednego przewodu przekazuje dane komunikacyjne oraz napięcie zasilania, więc do czterech gałęzi każdego węzła można podłączyć aż do 32 modułów. Głównymi zaletami Cube są: system jedнопроводowy, całkowicie szczelne moduły, wielofunkcyjne I/O oraz wszechstronne opcje diagnostyczne.

Opracowanie i wykorzystanie danych diagnostycznych wymagało dotąd czasochłonnego programowania. Często konieczne było powtarzanie tych samych kroków w każdym nowym systemie, ponieważ sterowniki wymagały różnych koncepcji diagnostycznych. Maksymalne wykorzystanie opcji diagnostycznych sterowników nie było więc możliwe. W efekcie nie można było wystarczająco szybko identyfikować błędów, co prowadziło nawet do czasochłonnych i kosztownych przestoju.



### Koniec z tym!

Nowy Cube67 Diagnostic Gateway to praktyczny moduł, dzięki któremu można w łatwy i szybki sposób odczytywać dane diagnostyczne z systemu Cube i udostępniać je użytkownikowi. Jego szczelna i przetestowana obudowa sprawia, że może być stosowany w trudnych warunkach przemysłowych. Jest zintegrowany z węzłem Cube i (maksymalnie) czterema gałęziami. Diagnostic Gateway można połączyć z poziomem komunikacji za pomocą standardowego interfejsu Ethernet.



### Kompletny przegląd topologii

Przy starcie systemu Cube67 Diagnostic Gateway dokonuje pełnego przeglądu topologii, procesu komunikacji oraz wiadomości diagnostycznych. Moduł opracowuje dane i wyświetla je w ten sam sposób niezależnie od sterownika, bez potrzeby wykorzystania dodatkowego oprogramowania, w każdej przeglądarce i na każdej platformie. Każdy uprawniony użytkownik ma do nich dostęp na przykład za pośrednictwem HMI, tabletu lub komputera zainstalowanego w stacji kontroli.

Rozmieszczenie modułów jest automatycznie prezentowane w postaci przejrzystej topologii oraz w formie tabeli. Stąd wysyłane są kompletne dane procesowe, na przykład statusy przełączania poszczególnych wejść i wyjść. Wiadomości diagnostyczne systemu również wyświetlane są w postaci topologii oraz tabeli.

Dużą zaletą tego narzędzia jest pamięć diagnostyczna (*logbook*). Przechowywane są w niej błędy chwilowe, czyli takie, które występują powtarzalnie w określonych momentach, na przykład przy uszkodzeniu przewodu w przewodniku łańcuchowym lub przegrzaniu czujnika w wyniku jego ekspozycji na światło słoneczne. Tego typu chwilowe błędy nie są wyświetlane w sterowniku, jeśli nie stanowią już przeszkody (traktowane są jako naprawione). To nie jest korzystne, ponieważ często stanowią ostrzeżenie przed poważniejszym problemem.



## Oznaczenia modułu i komunikaty błędów w formie tekstowej

Dane w formie tabeli można pobrać w formacie CSV. Zawarty jest w nich przegląd modułów i elementów systemu, jak również jego wszystkich wejść i wyjść. W tabeli można przypisać nazwy każdego z nich i oznaczeń wszelkich błędów w formie tekstowej, a następnie ponownie zaimportować. Dzięki temu użytkownik nie otrzymuje już zagadkowych komunikatów błędów, ale jasne informacje, na przykład: „zwarcie na jednostce hydraulicznej” lub „uszkodzenie przewodu czujnika analogowego drugiego otworu jednostki transportowej”. To usprawnia lokalizowanie błędów!

Dla usprawnienia eliminacji błędów można również w pliku CSV zaimportować precyzyjne instrukcje rozwiązań, na przykład: „zamknąć zawór” lub „wymienić przewód”. W sytuacji idealnej możliwe jest zdefiniowanie odpowiedniego numeru katalogowego wymienianego elementu.

Logi Cube67 Diagnostic Gateway mogą być przechowywane na przykład w celach statystycznych. Można więc na przykład policzyć cykle przełączania wejść i wyjść i wykorzystać te informacje do zaplanowania cyklicznych przeglądów. Format eksportu umożliwia ponadto wykorzystanie danych również w innych systemach i ich bezpośrednie zintegrowanie z różnymi aplikacjami, na przykład ERP lub w chmurze.

## Różne zastosowania

Cube67 Diagnostic Gateway przynosi korzyści na różnych etapach funkcjonowania maszyny i systemu:

- Osoba uruchamiająca wykorzystuje go do sprawdzenia topologii i wykrycia na wczesnym etapie słabych punktów, takich jak zwarcia czy błędy topologii (np. różnice pomiędzy konfiguracją nominalną i faktyczną).
- Personel serwisowy stosuje go do szybkiej identyfikacji i eliminacji błędów, zapewniając maksymalną sprawność aplikacji. Stała integracja umożliwia ponadto zdalny dostęp do maszyny i systemu oraz udostępnienia go elektrykowi.
- Operator włącza go, aby umożliwić sobie szybką reakcję na potencjalne problemy. W najlepszym razie instrukcje do rozwiązania problemu są już zaimplementowane, więc instalator może dostarczyć części zamienne dokładnie wtedy, kiedy są potrzebne. ■



Murrelektronik Sp. z o.o.

ul. Jordana 11

40-056 Katowice

tel. 32-730 00 20

fax 32-730 00 23

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

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

[shop.murrelektronik.pl](http://shop.murrelektronik.pl)

reklama

# DOSKONAŁA OCHRONA LUDZI I MASZYN

## Technologia safety to kluczowe zagadnienie w automatyce przemysłowej.

Instalacje zdecentralizowane Murrelektronik umożliwiają osiągnięcie najwyższych kategorii bezpieczeństwa całego systemu. Murrelektronik oferuje szeroki zakres rozwiązań przeznaczonych do wielu zastosowań, spełniających różnorodne wymagania – wszystko to w rozsądnej relacji ceny do wydajności.



## SZEROKA GAMA OFEROWANYCH PRZEZ NAS ROZWIĄZAŃ SAFETY



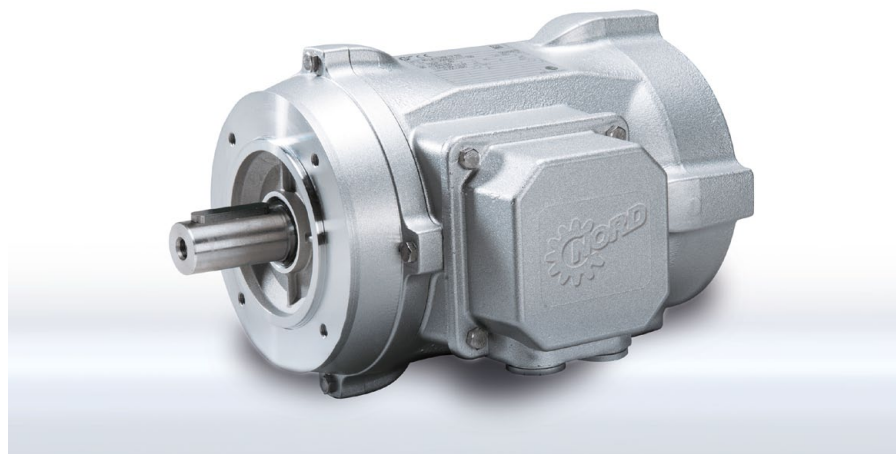


# Gładkie silniki firmy NORD DRIVESYSTEMS w nowym rozmiarze silnika

NORD DRIVESYSTEMS oferuje szeroką gamę silników o gładkich powierzchniach dla przemysłu i zastosowań o wysokich standardach higienicznych. Aby w pełni zaspokoić wymagania silników o niższej mocy, firma opracowała teraz dodatkowy rozmiar silnika.

**N**owoczesny silnik 71 bez uźębowań dostępny jest w trzech klasach mocy: 0,12 kW, 0,18 kW i 0,25 kW. Poziomą wydajność IE3 gwarantuje energooszczędną pracę urządzenia. Dzięki aluminiowej obudowie (stopień ochrony IP66) silniki są zabezpieczone przed korozją. Gładkie silniki NORD są pozbawione wentylatorów, co pomaga w zapobieganiu rozprzestrzenianiu się zarazków podczas produkcji.

Modułowa konstrukcja zapewnia szeroką elastyczność zastosowań dzięki licznym opcjom wyposażenia. Warianty z wylotami kondensatu (uszczelnione), obudowana skrzynka zaciskowa, ogrzewanie postojowe, czujnik temperatury, monitor temperatury i/lub klasa ochrony IP69K rozszerzają możliwe zastosowania. Silniki są dostępne w różnych wersjach. W ten sposób pasują do całej gamy produktów NORD. Oczywiście silniki te tworzą idealną całość z reduktorami NORD o gładkiej powierzchni



(przekładnie stożkowe NORDBLOC.1, przekładnie ślimakowe SMI). Gładko powierzchniowe silniki NORD są specjalnie zaprojektowane do łatwego czyszczenia i mają równomierne i regularne przejścia pomiędzy płaszczyznami

w każdym możliwym miejscu. Dzięki temu płyny czyszczące i piany mogą zostać łatwo spłukane. Ze względu na swój system zmywania są szczególnie dopasowane do zastosowania w przemyśle spożywczym.

Dodatkową ochronę zapewnia opcjonalnie dostępna, innowacyjna obróbka powierzchniowa nsd tupH. Technologia ta przeznaczona jest do stosowania w środowiskach o wysokich wymaganiach higienicznych i idealnie sprawdza się w przemyśle spożywczym. Obróbka powierzchniowa nsd tupH firmy NORD DRIVESYSTEMS zapewnia wyjątkową ochronę antykorozyjną dla przekładni, gładkich silników powierzchniowych, przetwornic częstotliwości i rozruszników silnika w obudowach z odlewu



aluminiowych zoptymalizowanych pod kątem zmywania. Dzięki specjalnemu procesowi powierzchnia aluminium ma podobne właściwości odporności na korozję jak stal nierdzewna. Można ją łatwo czyścić i jest w dużej mierze odporna na kwasy i zasady. Możliwe jest nawet stosowanie wysokociśnieniowych środków czyszczących lub kontakt z wieloma typami agresywnych mediów, dzięki czemu napędy tsH firmy nsd stanowią mocną i trwałą alternatywę dla malowanych motoreduktorów lub wersji ze stali nierdzewnej. Leczenie nsd tupH jest dostępne dla wszystkich produktów NORD wykonanych z aluminium. Elementy DIN i standardowe, w tym wały napędowe, są wykonane ze stali nierdzewnej. Silniki bez wentylatora nie rozprzestrzeniają zarazków i są dostępne jako silniki synchroniczne i asynchroniczne o klasach wydajności IE2, IE3 i IE4.

Zalety napędów nsd tupH przekonały również Smaltec Conveying Solutions, australijską firmę, która produkuje urządzenia przenośnikowe dla zakładów pakujących. Firma wyposażyła 24 przenośniki ze stali nierdzewnej w motoreduktory nsd tupH – zamiast drogich silników ze stali nierdzewnej do transportu sosów i produktów do smarowania – z obszaru produkcji do obszaru pakowania, a na koniec do maszyny pakującej HMPS. Oprócz korzyści ekonomicznych najważniejsze

były również właściwości techniczne: spełnione zostały wymogi dotyczące higieny, właściwości czyszczących i ochrony antykorozyjnej. Silniki do mycia są montowane ze standardowymi kołnierzami i mają znacznie lepsze właściwości termiczne niż silniki z obudowami ze stali nierdzewnej. ■



**NORD Napędy Sp. z o.o.**

ul. Krakowska 58

32-020 Wieliczka

tel. 12-288 99 00

fax 12-288 99 11

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

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

reklama





27 - 28 lutego 2019

Targi Utrzymania Ruchu  
i Technologii Przemysłowych**Zakres tematyczny  
Targów INDUSTRYmeeting:**

1. Mechanika i narzędzia
2. Elektronika i elektryka
3. Serwis i obsługa produkcji
4. BHP
5. Przemysł 4.0
6. IT w przemyśle
7. Logistyka produkcji
8. Automatyka i robotyka
9. Hydraulika i pneumatyka
10. Edukacja i szkolenia
11. Instytucje i media branżowe

**Konferencja pt:****„Współczesna produkcja – kultura  
prężnego i szybkiego działania”**organizowana przez  
Fundację Polskie Stowarzyszenie  
Inżynierów i Techników Montażu  
oraz Expo Silesia sp. z o.o.**Dyrektor Grupy Projektów:**  
Wioletta Błońska-Dudek  
tel. kom. +48 510 031 732ul. Braci Mieroszewskich 124 | 41-219 Sosnowiec  
tel. +48 32 788 75 06 | [industrymeeting@exposilesia.pl](mailto:industrymeeting@exposilesia.pl)[www.industrymeeting.pl](http://www.industrymeeting.pl)

# INDUSTRYmeeting 2019 – nowa odsłona targów! Utrzymanie Ruchu i Technologie Przemysłowe w lutym w Expo Silesia!

**W** dniach 27–28 lutego 2019 roku w Centrum Targowo-Konferencyjnym Expo Silesia w Sosnowcu odbędą się Targi Utrzymania Ruchu i Technologii Przemysłowych INDUSTRYmeeting.

Celem Targów jest wymiana doświadczeń oraz zaprezentowanie aspektów związanych z efektywnym utrzymaniem ruchu w przedsiębiorstwach przemysłowych, a także prezentacja doświadczeń, narzędzi i rozwiązań wspierających zarówno procesy utrzymania ruchu, jak i technologie przemysłowe.

Początek roku to doskonały moment, aby odświeżyć dotychczasowe kontakty, a jednocześnie nawiązać nowe relacje biznesowe. Firmy prezentujące się na Targach będą miały okazję zarówno pokazania nowości rynkowych, jak i zaprezentowania dotychczasowych rozwiązań i produktów tak, aby Zwiedzający mogli na bieżąco śledzić innowacyjne rozwiązania technologiczne.

Zakres tematyczny Targów obejmuje m.in.: mechanikę i narzędzia, elektronikę i elektrykę, serwis i obsługę produkcji, BHP, przemysł 4.0, IT w przemyśle, logistikę produkcji, automatykę i robotykę, hydraulikę i pneumatykę, edukację i szkolenia, instytucje oraz media branżowe.

Wzorem poprzedniej edycji podczas Targów nie zabraknie wykładów poświęconych branży BHP, a także licznych warsztatów związanych z produkcją i utrzymaniem ruchu w zakładach przemysłowych. Nowością podczas Targów będzie specjalna strefa dedykowana dla Przemysłu 4.0, gdzie będzie można dowiedzieć się więcej na temat nowej rewolucji przemysłowej, której właśnie doświadczamy. Wspólnie z Fundacją Polskie Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Montażu zorganizujemy konferencję pt: „Współczesna

produkcja – kultura prężnego i szybkiego działania”, która stanowić będzie doskonałą okazję do pogłębienia fachowej wiedzy w gronie specjalistów z szeroko rozumianej branży produkcyjnej.

Targom towarzyszyć będzie również Salon Technologii i Materiałów Kompozytowych KOMPOZYTmeeting oraz kolejna odsłona seminarium pt.: „Materiały Kompozytowe w Przemysle” organizowanego przez Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej oraz Polskie Towarzystwo Materiałów Kompozytowych. Nowością podczas Targów INDUSTRYmeeting będzie Salon Logistyki i Magazynowania w Przemysle LOGISTEX, którego celem jest połączenie innowacyjności z logistiką oraz właśnie branżą przemysłową.

Aglomeracja śląska to niezaprzeczalnie największy rynek przemysłowy w Polsce. Zlokalizowanie INDUSTRYmeeting w jej centrum to znaczący atut tych Targów. To właśnie tu, na południu kraju, liderzy rynku posiadają swoje kluczowe zakłady produkcyjne: maszynowe, motoryzacyjne, związane z techniką grzewczą i instalacyjną oraz urządzeniami AGD.

Do odwiedzenia INDUSTRYmeeting zostanie zaproszona zatem kadra zarządzająca i inżynierska licznych zakładów przemysłowych, dyrektorzy techniczni i wykonawczy, specjaliści, technicy i technolodzy, osoby odpowiedzialne za zarządzanie strategiczne w firmie, specjaliści ds. planowania produkcji, a także pracownicy naukowci.

Nad jakością Targów czuwa liczne grono silnych Partnerów: instytucji branżowych, uczelni wyższych i mediów, którzy wspierają rozwój wydarzenia oraz dbają o jego aspekt merytoryczny. ■

Więcej informacji o Targach można znaleźć na stronie [www.industrymeeting.pl](http://www.industrymeeting.pl).



# Falownik dla silników jednofazowych z kondensatorem pracy serii SXE

Jerzy Sobczak

Firma Sanyu Sp. j. przyzwyczała już swoich klientów do tego, że w ostatnim roku wprowadziła na polski rynek wiele nowości. Hitem rynkowym jest z pewnością przemiennik częstotliwości serii SX1000. Jest to prosty przemiennik częstotliwości w przystępnej cenie. Jego rozbudowaną wersją jest falownik serii SXS1000, oferowany klientom w obudowie IP65. Dla bardziej wymagających klientów mamy falownik serii SX2000, szeroko opisywany w wydaniu marcowym NiS. Przypomnę tylko, że falownik ten posiada wejście enkoderowe 100 kHz.

Przemiennik częstotliwości serii SXE reprezentuje nową generację wysokiej jakości wielofunkcyjnych, ekonomicznych i wysoko wydajnych przemienników częstotliwości. Jest falownikiem skalarnym, przystosowanym do zastosowania w dowolnej aplikacji. Posiada prosty sterownik PLC i regulator PID. Przemiennik ten posiada również możliwość komunikacji po szynie RS485 (Modbus). Szczególnie chętnie stosowany jest w aplikacjach HVAC. Tym, co wyróżnia go spośród wielu przemienników częstotliwości obecnych na rynku, jest to, że dedykowany jest do zasilania silników jednofazowych z kondensatorem pracy. Obecnie na polskim rynku jest jeden producent i jeden dystrybutor tego typu przemienników częstotliwości. Przemiennik ten został specjalnie zaprojektowany i wykonany pod koniec 2015 roku na zlecenie firmy SANYU Sobczak Spółka Jawna.



Posiada następujące właściwości:

- sterowany U/f;
- z własnym potencjometrem;
- z wyświetlaczem LED;
- posiada RS485, protokół komunikacyjny Modbus RTU lub ASCII;
- wbudowany prosty sterownik PLC;
- regulator PID;
- posiada funkcję „lotny start”;

reklama

**BaumerHübner**  
**BaumerThalheim**

**LEINE** **LINDE** **Samagawa** **schleicher**  
control systems

**ENKODERY**  
**RESOLWERY**  
**STEROWNIKI**  
**BEZPIECZNIKI**  
**TACHOPRĄDNICY**

**info@term.pl, www.term.pl, tel./fax 32 249 92 89**

- posiada zegar czasu;
- Multi speed – technologia zadawania do 16 prędkości;
- 18 rodzajów zabezpieczeń;
- 6 wejść cyfrowych;
- 2 wyjścia przekaźnikowe;
- 1 wyjście cyfrowe;
- wyjście analogowe 0–10 V;
- wejście analogowe 0–10 V, 0/4–20 mA;
- funkcja *Emergency Stop*;
- zewnętrzny wyświetlacz LED.

Przeziennik częstotliwości SXE został zaprojektowany tak, aby przy rozbudowanej strukturze posiadać rozsądną cenę. Przykładowe ceny podano w tabeli obok.

Ich kompaktowa obudowa nawiązuje do obecnych na rynku produktów. Więcej informacji uzyskają Państwo na naszej stronie [www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu).

Typ	Moc zn.	Cena netto:
zas. 1*230V		
SXE0015T2B	0,75 KW	651 zł
SXE0022T2B	1,1 KW	924 zł
SXE0037T2B	1,5 KW	1018 zł

\*oferta ważna do 31.12.2018 r.

Firma Sanyu Sobczak życzy swoim Klientom i Sympatykom wesołych Świąt Bożego Narodzenia oraz wszystkiego najlepszego w Nowym 2019 Roku.

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

## Za nami pierwsza edycja międzynarodowych targów techniki motoryzacyjnej Automotive Parts Expo

Tysiące odwiedzających, setki nowych rozwiązań, dziesiątki spotkań biznesowych i wystawcy reprezentujący cały przekrój branży – to wszystko można było zobaczyć 16–18 listopada w Ptak Warsaw Expo.

Targi części Automotive Parts Expo odbyły się w tym roku po raz pierwszy, oddzielając się tym samym od Warsaw Motor Show i tworząc osobną część wystawy. Organizatorzy zadbałi o wysoki poziom imprezy, na który złożyli się przede wszystkim wystawcy, a wśród nich takie marki, jak Italtom, Landi Renzo, Goodyear Dunlop Tires Polska, Tomex, Martwis czy Multichem – właściciel marki Profix.

Multichem na swoim stoisku zorganizował wiele paneli tematycznych oraz stref, na których odwiedzający mogli poznać nowości w produktach niezbędnych do prawidłowego lakierowania, dowiedzieć się, jak zadbać o silnik, wykorzystując najnowsze metody oczyszczania filtrów EGR i DPF, a także zobaczyć legendarne klasyki po procesie kompleksowej renowacji.

Podczas Targów Automotive Parts Expo 2018 organizatorzy nie zapomnieli o strefie biznesowej, która cieszyła się

dużą popularnością dzięki programowi Hosted Buyers oraz specjalnie przygotowanemu miejscu do spotkań. W samej strefie B2B przeprowadzono ponad 60 spotkań biznesowych. Dzięki zagranicznym kontrahentom zakupowym m.in. z Białorusi, Ukrainy, Gruzji czy Zjednoczonych Emiratów Arabskich Targi wzmocniły swój międzynarodowy charakter, zbudowany już poprzez wystawców z Turcji i Malezji.

Automotive Parts Expo to także idealne miejsce na poszerzenie swojej wiedzy. Podczas konferencji istotne tematy poruszali przedstawiciele takich firm, jak Pirelli, Polcar, Multichem i Polska Stacja Kontroli Pojazdów. Odwiedzający mogli posłuchać m.in. paneli dyskusyjnych o wpływie opon na podstawowe cechy samochodu, na czym polegają rozwiązania Run-Flat, Seal Inside, PNCS oraz o najnowszych sposobach lakierowania aut. PISKP przybliżyła wszystkim zmiany w systemie badań technicznych pojazdów w Polsce.

Kolejnym projektem wspomagającym rozmowy była Strefa Kariery stworzona zarówno dla pracodawców, jak i pracowników. Dodatkowym wsparciem dla osób poszukujących zatrudnienia był samochód rekrutacyjny Motokariery, w którym każdy mógł bezpłatnie

sprawdzić CV i uzyskać bezcenne porady na przyszłość. Firma organizowała także strefę konsultacji, w której podjęto tematykę skutecznych metod poszukiwania pracy w motoryzacji.

Automotive Parts Expo to targi, których celem jest wsparcie rozwoju polskiej branży części, jak i ogółu motoryzacji, dlatego na tej imprezie nie mogło zabraknąć wskazówek dla studentów i uczniów szkół przygotowujących do pracy w branży. Każdy z nich mógł się przekonać o praktycznych wymaganiach i walorach pracy w dużych przedsiębiorstwach zajmujących się techniką motoryzacyjną, a także pozyskać cenne informacje o programach stażowych i praktykach.

Pierwszą edycję Targów Automotive Parts Expo z pewnością można uznać za udaną. Duże firmy i tysiące odwiedzających bez wątpienia są dobrym prognozą na przyszłość. Organizatorzy również nie próżniają i już przedstawili datę kolejnej edycji, która odbędzie się 25–27 października 2019 roku w Ptak Warsaw Expo. Jak zapewniają, w przyszłym roku możemy spodziewać się jeszcze większej ilości wystawców, konferencji i stref tematycznych, a impreza rozwijać się będzie w kierunku międzynarodowym.

# Produkty do HYDRAULIKI firmy FOR S.p.A.

Od czasu założenia w 1979 r. spółka FOR S.p.A., należąca do Grupy Borghi, zawsze ściśle współpracowała z producentami oryginalnego wyposażenia (OEM) w branży maszyn samojednych.

Spółka nieustannie doskonali swój potencjał inżynierski i badawczo-rozwojowy poprzez pozyskiwanie inżynierów ds. badań i rozwoju, odpowiedzialnych za opracowywanie nowych produktów specjalistycznych i wprowadzanie do produkcji nowych kategorii wyrobów.

Takie podejście ma na celu spełnienie potrzeb niezwykle wymagających klientów na wysoce konkurencyjnym rynku oraz rozszerzenie oferty produktowej.

## Armatura hydrauliczna i złącza specjalistyczne wykonywane w oparciu o dostarczone rysunki

FOR oferuje szeroki wybór złączy specjalistycznych, które umożliwiają redukcję czasu pracy, lepszą kontrolę szczelności oraz optymalne zagospodarowanie przestrzeni w kontekście obecnie stosowanych układów hydrauliki siłowej.

Tylko w tym roku wyprodukowaliśmy około 2000 nowych części na podstawie rysunków dostarczonych przez klientów. Części specjalistyczne stanowią 65% naszych wyrobów. To świadczy o naszej

gotowości do współpracy i potencjale umożliwiającym oferowanie niestandardowych rozwiązań w oparciu o indywidualne parametry i wymagania.

W naszej ofercie posiadamy łączniki w dużych skokach, złącza krzyżowe, złącza z filtrami siatkowymi, specjalne złącza kute, kolanka typu Long Drop i złącza/kołnierze spawane. Wtyczki z magnetycznymi zaworami zwrotnymi w zespole złącza.

Dzięki naszej elastyczności produkcyjnej możemy wytwarzać części specjalistyczne nawet w bardzo małych ilościach, nawet pojedyncze elementy, aby umożliwić realizację komponentów prototypowych i niestandardowych do zastosowań specjalnych.

## Nowe laboratorium

Nasz Dział Badań i Rozwoju, we współpracy z działem produkcyjnym, opracował proces umożliwiający wszechstronne testowanie złączy, zaworów i zamontowanych przewodów rurowych w bardziej wymagających warunkach.

Nowo uruchomione laboratorium umożliwia przeprowadzanie prób



ciśnieniowych, prób wytrzymałości na rozerwanie oraz prób otwierania/szczelności dla produkowanych przez nas zaworów.

W próbie szczelności można automatycznie zliczać pojedyncze krople.

Maks. ciśnienie próbne: 4000 barów (58 000 psi).



FOR S.p.A.

Strada Comunale Segadizzo, 2/A

44028 - Poggio Renatico

Ferrara (Italy)

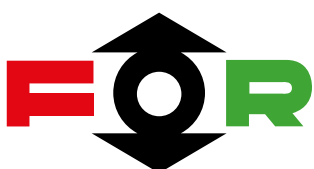
tel +39 0532 825211

fax +39 0532 825798

e-mail: for@forfittings.it

reklama

FOR S.p.A. oferuje pełen zakres hydraulicznych złączy rurowych, np. ZŁĄCZA ORFS, JIC, DIN BSP, NPT, JIS, KOŁNIERZE, WTYCZKI, ZAWORY ZWROTNE, PUNKTY POMIAROWE. FOR S.p.A. zapewnia zarówno standardowe części, jak i komponenty wykonywane na indywidualne zamówienie. JAKOŚĆ – ELASTYCZNOŚĆ – INNOWACYJNOŚĆ





# Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych

W latach 2015–2018 w Instytucie Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL oraz w firmie DEMETRIX Sp. z o.o Sp. k. realizowano prace badawcze nad nowym typem wysokosprawnych napędów elektrycznych dla przemysłowych maszyn elektrowibracyjnych, jak przesiewacze czy przenośniki wibracyjne. Prace te były dofinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach trzeciej edycji Programu Badań Stosowanych. W wyniku realizacji projektu opracowano, wykonano i przebadano nowatorski, modelowy, dwusilnikowy napęd elektrowibracyjny, generujący drgania liniowe, charakteryzujący się szeregiem zalet w stosunku do rozwiązań tego typu napędów dostępnych obecnie na rynku.

W dotychczasowych rozwiązaniach dwusilnikowych napędów elektrowibracyjnych dla przemysłu stosowane są elektrowibratory z silnikami indukcyjnymi, zasilanymi zwykle bezpośrednio z trójfazowej sieci elektrycznej. W nowym rozwiązaniu napędu zastosowano wysokosprawne silniki synchroniczne z magnesami trwałymi (ang. skrót PMSM od *Permanent Magnet Synchronous Motor*), zasilane z dedykowanego przeziennika częstotliwości, wyposażonego w jeden stopień prostownikowy, jeden sterownik mikroprocesorowy oraz dwa stopnie falownikowe, po jednym na silnik. Przeziennik częstotliwości skonstruowała i dostarczyła firma ENEL-PC.

Dla zapewnienia możliwości zastosowania napędu w różnego typu urządzeniach wibracyjnych wymagających wymuszenia drgań liniowych opracowano procedury rozruchu i sterowania napędem, zaimplementowane programowo w sterowniku przeziennika, umożliwiające rozruch i pracę napędu z zachowaniem w pełni przeciwbieżnej pracy obu elektrowibratorów od startu do zatrzymania, niezależnie od pozycji spoczynkowych mas niewyważonych elektrowibratorów w danym urządzeniu wibracyjnym. Ponadto w układzie sterowania napędem przewidziano możliwość zadawania cyklu pracy urządzenia wibracyjnego, z uwzględnieniem płynnej regulacji prędkości kątowej napędu i płynnej regulacji kierunku generowanych drgań liniowych. Cykl pracy napędu może być zadawany i nadzorowany przez zewnętrzny komputer nadrzędny, sterujący np. procesem technologicznym.

Istotnymi zaletami wynikającymi z zastosowania w urządzeniach elektrowibracyjnych nowych napędów z silnikami PMSM są:

- zdecydowanie poprawiona kultura pracy napędu elektrowibracyjnego poprzez wyeliminowanie lub ograniczenie niepożądanych, niekontrolowanych drgań i hałasu urządzeń wibracyjnych w trakcie ich rozruchu i zatrzymania, z uwagi na zapewnienie w pełni przeciwbieżnej pracy napędu dwusilnikowego od startu aż do zatrzymania – w rozwiązaniach klasycznych z dwoma silnikami indukcyjnymi praca



Zdjęcia z badań modelowego napędu elektrowibracyjnego z silnikami PMSM

przeciwbieżna jest osiągnięta dopiero przy wyższych prędkościach kątowych napędu wibracyjnego, pod koniec tzw. procesu samosynchronizacji, natomiast w trakcie rozpędzania napędu procesowi samosynchronizacji towarzyszą zawsze niekontrolowane drgania o wysokiej amplitudzie, zwiększające hałas, obniżające trwałość urządzeń wibracyjnych i mogące nawet skutkować ich zniszczeniem (zmęczenie materiału, niepowodzenie procesu samosynchronizacji z różnych przyczyn). Podobne niepożądane zjawiska występują przy zatrzymaniu klasycznych dwusilnikowych napędów wibracyjnych, gdy następuje rozsynchronizowanie prędkości kątowych dwóch elektrowibratorów;

- poprawione bezpieczeństwo użytkowania i obsługi urządzeń wibracyjnych – z tego samego powodu jak wyżej;
- zwiększona trwałość napędzanych urządzeń wibracyjnych – z tego samego powodu jak wyżej;
- nowa funkcjonalność napędów elektrowibracyjnych z silnikami PMSM:
  - możliwość zmiany kierunku generowanych drgań liniowych, ograniczona jedynie konstrukcją napędzanego urządzenia wibracyjnego (w przesiewaczach skutkuje to zmianą parametrów przesiewania, w przenośnikach i podajnikach wibracyjnych zmianą kierunku przemieszczania transportowanego materiału),
  - możliwość regulacji prędkości obrotowej napędu wibracyjnego w szerokim zakresie (zmiana częstotliwości drgań i tym samym parametrów przesiewania, szybkości transportu materiału),
  - możliwość zadawania cyklu pracy napędu wibracyjnego, z uwzględnieniem zmian prędkości napędu i kierunku generowanych drgań, możliwość zaprogramowania i wywoływania z pamięci sterownika różnych, wcześniej zaprogramowanych cykli pracy napędu,
  - możliwość zmniejszenia gabarytu i masy napędzanych przemysłowych urządzeń wibracyjnych;
- znaczące zmniejszenie energochłonności urządzeń wibracyjnych, zwłaszcza pracujących w ruchu ciągłym;

- możliwość zastosowania nowych funkcjonalności napędu wibracyjnego (wymienionych wyżej) dla materiałów trudno odsiewalnych, gdzie klasyczne napędy wibracyjne są mało efektywne (zwiększenie wydajności przesiewania dla pewnej grupy materiałów).

Poniżej przedstawiono wnioski z porównania wybranych danych konstrukcyjnych i parametrów uzyskanych w wyniku badań laboratoryjnych dla oferowanych przez renomowanego producenta klasycznych elektrowibratorów indukcyjnych trójfazowych, czterobiegunowych, o mocy wejściowej 2,5 kW i prędkości obrotowej 1500 obr./min, oraz odpowiadających im wydajnością modelowych elektrowibratorów bazujących na silniku PMSM typu SMwsK112S6:

- przy tej samej średnicy zewnętrznej rdzenia magnetycznego stojana silnika długość czynną obwodu elektromagnetycznego elektrowibratora zmniejszono w nowym rozwiązaniu o 36%;
- pomimo zmniejszenia długości obwodu elektromagnetycznego uzyskano sprawność elektrowibratora z silnikiem PMSM o ponad 9% wyższą od sprawności odpowiedniego elektrowibratora indukcyjnego (dla mocy na wale 2 kW osiągnięto w elektrowibratorze bazującym na silniku PMSM sprawność 89,3%, wobec sprawności 81,6% dla elektrowibratora indukcyjnego);
- po uwzględnieniu sprawności przemiennika częstotliwości ok. 98% sprawność modelowego napędu z elektrowibratorami

PMSM wynosi ok. 87,5% i nadal jest o ok. 6% wyższa od sprawności rozwiązania klasycznego, indukcyjnego;

- zmniejszenie długości rdzenia magnetycznego elektrowibratora o 36% przekłada się, przy zastosowaniu podobnej konstrukcji i materiałów w kadłubie i tarczach łożyskowych, na redukcję masy elektrowibratora PMSM w stosunku do elektrowibratora indukcyjnego o ok. 17,5% (z 89 kg bez zamontowanych mas niewyważonych na ok. 73,5 kg).

Opisane rozwiązanie napędu wibracyjnego dwusilnikowego, bazujące na zastosowaniu silników PMSM zasilanych z dedykowanego przemiennika częstotliwości, jest przedmiotem zgłoszenia patentowego. W oparciu o to rozwiązanie Instytut KOMEL wraz z firmą DEMETRIX mogą opracować i wykonać przemysłowe urządzenia wibracyjne dostosowane do specyficznych wymagań klienta, charakteryzujące się lżejszą konstrukcją i zmniejszonymi wymiarami gabarytowymi oraz znacznie wyższą sprawnością napędu elektrowibracyjnego w stosunku do rozwiązań dostępnych obecnie na rynku. ■

#### ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY!

Projekt „Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych”, współfinansowany ze środków NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych, zgodnie z umową: PBS3/B4/15/2015



Narodowe Centrum  
Badań i Rozwoju



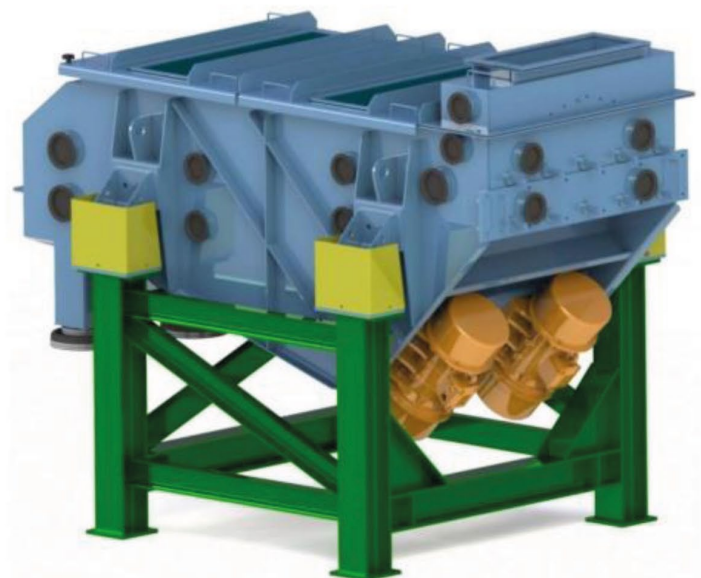
DEMETRIX

reklama

## NOWA GENERACJA WYSOKOSPRAWNYCH ELEKTROWIBRATORÓW DO URZĄDZEŃ WIBRACYJNYCH

### Zalety zastosowania elektrowibratorów z silnikami PMSM w napędach wibracyjnych o drganiach liniowych:

- zmniejszenie masy i wymiarów urządzeń wibracyjnych (przesiewacze, podajniki, wstrząsarki itp.);
- oszczędność energii zużywanej przez urządzenie wibracyjne;
- wyeliminowanie niepożądanych drgań urządzenia wibracyjnego przy rozruchu i zatrzymaniu (przeciwbieżna praca silników PMSM od startu do zatrzymania, wyeliminowanie samosynchronizacji);
- zadawanie cyklu pracy urządzenia: płynna regulacja prędkości napędu i kierunku wymuszanych drgań, praca przeciwbieżna i współbieżna.



Projekt pt. „Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych”  
Nr projektu/umowy: PBS3/B4/15/2015

INSTYTUT NAPĘDÓW I MASZYN ELEKTRYCZNYCH KOMEL

Al. Roździeńskiego 188, 40-203 Katowice, Tel.: (32) 258 20 41, Fax.: (32) 259 99 48,  
http: www.komel.katowice.pl, e-mail: info@komel.katowice.pl



Narodowe Centrum  
Badań i Rozwoju



## Nowy panel krosowy dla sieci Ethernet

# Oszczędność do 60 procent czasu

Bernd Rosenbaum, Kamil Wachowicz

Coraz większa liczba aplikacji przemysłowych odchodzi od stosowania technologii magistrali obiektowych (Fieldbus) na rzecz sieci Ethernet. Planiści i projektanci systemów stają zatem przed wyzwaniem wyboru najbardziej odpowiednich komponentów sieci. W infrastrukturze panele krosowe ułatwiają łączenie urządzeń zainstalowanych w sieci w prosty, bezpieczny i uporządkowany sposób.

Panele krosowe są pasywnymi komponentami, które łączą ze sobą dwa segmenty lub poziomy – na przykład instalację z przewodów jednożyłowych ze skrętką. W dziedzinie automatyki działają one jako interfejs między okablowaniem wewnętrznym szafy sterowniczej a urządzeniami sieciowymi zainstalowanymi poza szafą sterowniczą. Umożliwia to instalację, w której linia z okablowania obiektowego w szafie sterowniczej, podłączana później na miejscu, może być zdefiniowana już na etapie konfiguracji systemu.

Wszystkie komponenty, które mają znaleźć się w szafie sterowniczej, są wstępnie instalowane podczas produkcji. Tak więc, gdy dany system jest uruchamiany u klienta końcowego, tylko linie okablowania obiektowego muszą być trasowane. Panele krosowe znajdują się w dolnej części szafy sterowniczej, obok wejścia kablowego, dzięki czemu instalator nie musi już otwierać żadnych kanałów kablowych. Okablowanie wewnętrzne szafy sterowniczej zostało już wcześniej zaimplementowane przy użyciu wstępnie zmontowanych linii krosowych. Dzięki łatwemu podłączeniu kabla Ethernet do panelu krosowego można obejść się bez złożonej, wymagającej specjalnych narzędzi, instalacji złącza RJ45.

Podczas konfiguracji systemy CAD wymagają unikalnego oznakowania urządzeń (EI) dla każdego interfejsu i komponentu. Panele krosowe oferują wystarczająco dużo wolnej przestrzeni na oznaczenia na ich przedniej stronie, gdzie można umieścić etykietę EI. Umożliwia to tworzenie sieci w uporządkowany sposób w fazie konfiguracji i daje pewność, że na miejscu wszystko będzie działać bezproblemowo.

### Niezawodna ochrona przed wpływami zewnętrznymi

Osiem nowych paneli krosowych oferuje wiele różnych technologii połączeń, dzięki czemu wszyscy użytkownicy mogą znaleźć najbardziej dogodną dla nich metodę połączenia. Łatwy, szybki i bezpieczny proces instalacji jest nawet o 60 procent szybszy niż w przypadku stosowania konwencjonalnych paneli krosujących, dzięki czemu instalacja staje się ekonomiczna. W zależności od zastosowanej wersji, okablowanie obiektowe szafy sterowniczej jest po prostu podłączane do zacisków śrubowych, Push-in lub IDC. Blok zacisków Push-in pozwala na

wygodniejsze połączenie w porównaniu do powszechnie stosowanej technologii połączeń śrubowych. Jednak największe oszczędności czasu uzyskano dzięki technologii szybkozłączek IDC. Dzięki tej technologii z przesunięciem izolacji nie trzeba już usuwać izolacji z pojedynczych przewodów; zamiast tego są one po prostu wstawiane do gniazd. Blok zacisków jest następnie zamykany palcem. Kod koloru wydrukowany na spodzie otwartej pokrywy umożliwia podłączenie przewodów zgodnie z TIA 568A, TIA 568B i Profinet. Ponadto do oznaczenia prawidłowej długości osłony izolacji kabla służy znak linii.

Po podłączeniu pokrywa zostaje zamknięta. Obejmuje ona przestrzeń okablowania między stroną kabla obiektowego z zaciskami bloku złącza a stykiem ekranu kabla, nadając w ten sposób instalacji jednolity wygląd. Poza tym aspektem wizualnym wrażliwe przewody połączeniowe są chronione przed wpływami zewnętrznymi. Podłączenie do urządzeń peryferyjnych jest następnie ustanawiane przy użyciu wstępnie zmontowanych kabli krosowanych RJ45. Ze względu na całkowicie ekranowany układ przewodów w kompaktowych komórkach, przepustowość transmisji wynosi do 1 Gb/s. Rozszerzony zakres temperatury pracy od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $75^{\circ}\text{C}$  oznacza, że można je stosować w wielu obszarach przemysłowych (fot. 1).



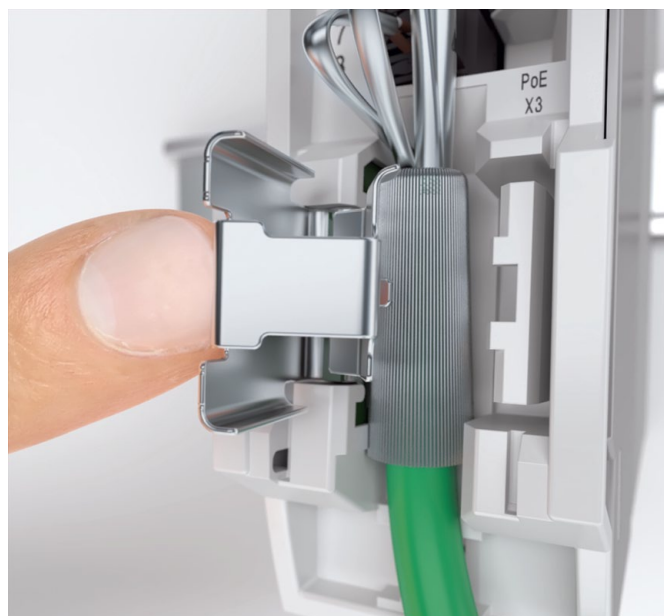
Fot. 1. Użytkownik może wybrać pomiędzy szybkozłączem RJ45, śrubowym, Push-in i IDC

### Opatentowany styk ekranu kabla z ochroną przed odkształceniami

Panele krosowe z nowych rodzin produktów PP-RJ... i PP-RJ-... -F oferują nowy rodzaj łączenia ekranowania. Ekran kabla można podłączyć bez narzędzi, zapewniając jednocześnie



ochronę przed odkształceniami. Sprężyna stykowa ekranu dociska kabel z plecionym ekranem zagiętym w kierunku osłony kabla do powierzchni styku usytuowanej bezpośrednio na ścieżce przewodzącej płytki drukowanej. W ten sposób ekranowanie kabli pokrywa dużą powierzchnię, a kabel posiada zabezpieczenie przed odkształceniem do 50 N. Aby zwolnić połączenie, blokadę należy podważyć za pomocą śrubokręta. Jeśli po podłączeniu kabla użytkownik zamknie osłonę obudowy, używając niewielkiego nacisku, styk ekranu nie otworzy się nawet podczas ekstremalnych wibracji. Ekran jest bezpiecznie i bezpośrednio podłączony do potencjału masy poprzez szynę DIN. W ten sposób można rozładować wszystkie zakłócenia występujące na ekranowaniu kabli (fot. 2).

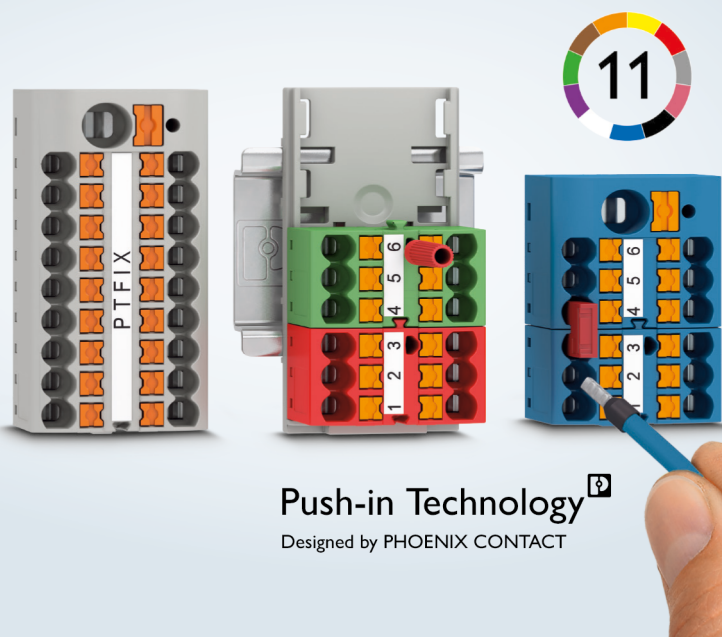


Fot. 2. Ekran kabla można łatwo podłączyć bez narzędzi, zapewniając jednocześnie ochronę przed odkształceniami

### Wysoka dostępność systemu dzięki różnym mechanizmom ochrony

Jako pierwsze panele krosowe do szyn DIN, cztery wersje PP-RJ- ... -F, są wyposażone w zintegrowaną ochronę przeciwprzepięciową. Interfejsy Ethernet działają z niskimi poziomami sygnału przy wysokich częstotliwościach, co czyni je szczególnie wrażliwymi na napięcia udarowe i powodowane przez nie awarie. Napięcia udarowe mogą również niszczyć drogie komponenty sieci. Zwłaszcza w odniesieniu do okablowania w kilku budynkach lub szafach sterowniczych sprzężenie napięć może mieć negatywny wpływ na urządzenia, dlatego nowe panele krosowe spełniają normę ochrony przeciwprzepięciowej DIN EN 61643-21, z klasyfikacją testową IEC C2. „Port po stronie obiektu” jest przeznaczony do stosowania jako interfejs ochrony przed przepięciami. W zależności od wersji jest on zaprojektowany jako RJ45 lub blok zacisków pod pokrywą, dzięki czemu osiem ścieżek sygnałowych jest chronionych.

reklama



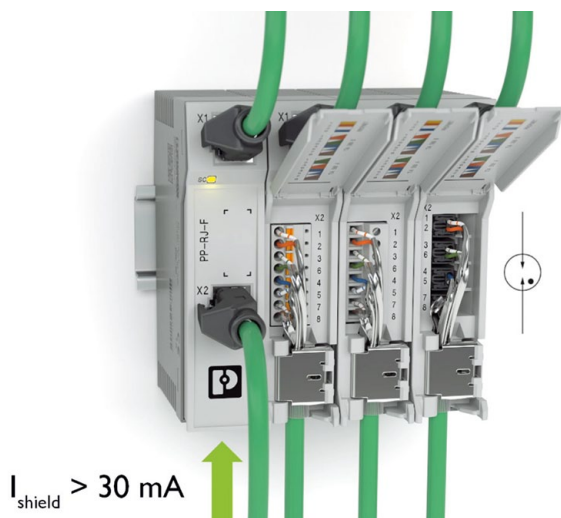
## Wystarczy rozpakować, połączyć i gotowe

### Bloki rozdzielcze PTFIX

Gotowe do podłączenia bloki rozdzielcze z zaciskami Push-in zapewniają szybką i oszczędną dystrybucję potencjałów. Bloki dostępne są w różnych kolorach, z różną liczbą połączeń i różnymi sposobami montowania. Mogą być używane od razu po wyciągnięciu z opakowania i rozbudowywane w razie potrzeby.



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



Fot. 3. Zwiększenie dostępności systemu dzięki zintegrowanemu zabezpieczeniu przeciwprzepięciowemu i monitorowaniu prądu ekranu

Dzięki opatentowanemu systemowi monitorowania prądu nowe panele krosowe doskonale sprawdzają się również w aplikacjach typu Power over Ethernet (PoE). Jeśli instalacja charakteryzuje się różnymi potencjałami odniesienia, może to spowodować przepływ prądów wyrównawczych przez ekranowanie kabla, co może uszkodzić drogie urządzenia sieciowe lub zakłócić komunikację. Aby temu przeciwdziałać, panele krosowe zapewniają prostą diagnostykę połączeń kablowych za pomocą PoE. Wszelkie prądy wyrównawcze lub prądy sprzężone są mierzone i wskazywane za pomocą diody LED. Proces ten korzysta z mocy przekazywanej przez zasilanie PoE. Dioda LED świeci się, jeśli prąd ekranu kabla przekracza 30 mA. Wskazuje to użytkownikowi na ogólny problem związany z uziemieniem w całej jego instalacji. Poszczególne szafy sterownicze lub części budynku mogły zostać nieprawidłowo podłączone pod względem ich potencjałów lub nadal istnieje wysokie ryzyko wpływu elektromagnetycznego na kabel podczas instalacji (fot. 3).

### Podsumowanie

Nowe panele krosowe Ethernet firmy Phoenix Contact umożliwiają szybkie i łatwe połączenie między okablowaniem obiektowym a okablowaniem szafy sterowniczej. Pasywne panele łączeniowe są wygodną alternatywą dla montażu złączy RJ45 na miejscu, ponieważ nie wymagają żmudnego procesu instalacji przy użyciu specjalnych narzędzi. Osiem szyn DIN obsługuje różne opcje połączeń. Wewnątrz przestrzeni okablowania, która jest uszczelniona przez pokrywę, a tym samym chroniona, zastosowanie złącza IDC, śrubowego lub Push-in znacznie ułatwia instalację kabla obiektowego. Dzięki równoczesnemu zabezpieczeniu przed odkształceniami, podłączenie ekranu kabla jest szybkie i beznarzędziowe, co oszczędza dużo czasu.

Opcjonalna ochrona przeciwprzepięciowa zabezpiecza podłączone urządzenia peryferyjne i zapewnia wysoki stopień dostępności systemu. Ponadto unika się kosztów napraw i przestoju, a także utraty ważnych danych. Dodatkowe monitorowanie prądu ekranu kabla stwarza nowe możliwości diagnostyczne, ponieważ dioda LED wskazuje prądy przepływające w ekranie,

wytwarzane przez różne potencjały lub wpływy elektromagnetyczne. W ten sposób użytkownik zostaje poinformowany o problemach z instalacją bez potrzeby dokonywania rozległych pomiarów.

### Nowe adaptory PoE z technologią połączeń za pomocą paneli krosowych

Technologie połączeń obsługiwane przez panele krosowe Ethernet są również stosowane w nowej rodzinie adapterów PoE. Firma Phoenix Contact poszerzyła swój dotychczasowy zakres produktów o kolejne 12 urządzeń. Adaptory zasilania PoE zainstalowane w urządzeniach obiektowych – na przykład w kamerach monitorujących – umożliwiają przesył danych i zasilania za pomocą tylko jednego kabla. Po raz pierwszy funkcja panelu krosowego została zintegrowana z tymi nowymi komponentami. Dzięki szerokiemu wyborowi różnych zacisków przyłączeniowych oferują one szybki sposób połączenia styków ekranu kabla bez użycia narzędzi, a także zapewniają ochronę przed odkształceniami. Ponadto adaptory PoE INJ 2000 ... posiadają funkcję ochrony przed przepięciami i monitorowania prądu.



Fot. 4. Nowe adaptory PoE z technologią połączeń za pomocą paneli krosowych

Urządzenia z nowej rodziny produktów są dostępne dla różnych klas wydajności, zgodnie z wymaganiami. Przy zasilaniu do 30 W urządzenia te spełniają standardy IEEE 802.3af (15,4 W) i IEEE 802.3at (30 W). Aby spełnić przyszły standard IEEE 802.3bt, adaptory zapewniają zasilanie podłączonych urządzeń do 60 W. Izolowany elektrycznie zasilacz charakteryzuje się rozszerzonym zakresem napięcia wejściowego od 18 do 57 V DC (fot. 4).

✉ Bernd Rosenbaum – Product Manager Produktu Interfejsy komunikacyjne, Phoenix Contact Electronics GmbH, Bad Pyrmont, Niemcy;  
Kamil Wachowicz – Product Manager ds. Automatyki, Phoenix Contact Sp. z o.o.



# Serwery portów szeregowych Antaira

Interfejs szeregowy RS232 (*Recommended Standard*) został opracowany ponad 50 lat temu przez Electronic Industries Association (EIA) i pomimo upływu czasu wciąż jest bardzo popularny w szeroko pojętej automatyce przemysłowej. Za pośrednictwem RS-a komunikują się m.in. liczniki energii, aparatura kontrolno-pomiarowa, wagi, czytniki kodów kreskowych itd. Od wielu lat interfejsy takie, jak Ethernet, USB czy Bluetooth, wypierają RS-a i można przyjąć, że wśród urządzeń komercyjnych porty szeregowe wymarły na początku XXI wieku. W zastosowaniach profesjonalnych interfejsy szeregowe są ciągle bardzo popularne z powodu swej prostoty, niezawodności i niskich kosztów implementacji. Na przestrzeni ostatnich 50 lat powstało tak wiele urządzeń z interfejsem szeregowym, że praktycznie wszystkie nowe standardy doczekały się bramek umożliwiających podłączenie do nich urządzeń z RS232.

Firma Antaira, specjalizująca się w komunikacji przemysłowej, oferuje bramki z RS232/422/485 na: Ethernet, USB, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee oraz światłowód. Kolejność nie jest przypadkowa, zdecydowanie najpopularniejszym rozwiązaniem są serwery portów szeregowych do sieci Ethernet. Dzieje się tak, ponieważ przejście na Ethernet daje najwięcej możliwości, m.in. dostęp do portów z dowolnego miejsca na świecie oraz możliwość współdzielenia urządzeń przez kilka hostów. Drugim istotnym czynnikiem są stosunkowo niewielkie opóźnienia, jakie wprowadzają serwery portów, oraz duża przepustowość takich łącz.

Jeśli przyjmiemy, że opóźnienie to czas potrzebny na wysłanie pakietu, który jest następnie zwracany do nadawcy, widać wyraźnie przewagę serwerów portów. Najprościej taki test wykonać poprzez zapętlenie portu szeregowego, czyli połączenie TxD z RxD. W czasie pomiaru wysyłany był 1 bajt przy prędkości 9600 bps. W przypadku portu szeregowego na płycie głównej komputera czas potrzebny na wysłanie i odebranie 1 znaku to około 5 ms. Dla serwerów portów szeregowych było to już około 10 ms, natomiast konwersja RS232 na Bluetooth wprowadzała opóźnienie około 100 ms.


Jeśli zestawimy to z faktem, że Ethernet jest najczęściej wybieranym standardem przy budowie sieci przemysłowych, wydaje się zrozumiałe, że każdy z dostawców tej technologii ma cały typoszereg serwerów portów szeregowych. Nie inaczej jest w przypadku firmy Antaira. W ofercie są urządzenia z 1, 2, 4, 8 lub 16 portami RS232/422/485.

Serwery można konfigurować na kilka sposobów, zależnie od potrzeb aplikacji. Najprostszym i najczęściej używanym trybem pracy jest Virtual COM, który – jak sugeruje nazwa – pozwala stworzyć wirtualny port COM/TTY pod systemami Windows oraz Linux. Ten tryb pracy jest całkowicie przezroczysty dla użytkownika, odpowiednim tunelowaniem danych z portu szeregowego zajmuje się driver, a użytkownik odwołuje się do takich portów szeregowych, jak do systemowych portów COM na płycie głównej.

Drugim bardzo popularnym trybem pracy jest TCP Client/Server. Używając trybu TCP Sever, użytkownik nie jest

ograniczony brakiem odpowiednich sterowników do systemu operacyjnego. W trybie TCP Server serwer w sposób pasywny oczekuje na połączenie pod określonym adresem IP i numerem portu TCP. Uzupełnieniem trybu pracy TCP Server jest TCP Client. W tym trybie pracy to serwer w sposób aktywny łączy się z wcześniej zdefiniowanym adresem IP i numerem portu TCP. Ponadto część serwerów może pracować w trybie RFC2217, UDP lub jako serwer terminali. Modele z serii PS i STS mają dodatkowo szyfrowaną transmisję danych oraz obsługę DDNS i PPPoE.

Tak duże portfolio serwerów portów szeregowych oraz mnogość możliwych ustawień są wymuszone przez różnorodność urządzeń z interfejsem szeregowym. Zupełnie inne wymagania są przy transmisji danych z czytnika kodów kreskowych niż np. z centrali telefonicznej czy licznika energii. Na szczęście konfiguracja serwerów Antaira jest bardzo prosta i intuicyjna. Można je konfigurować przy pomocy załączonego oprogramowania administracyjnego, przeglądarki www, konsoli szeregowej lub telnet.

 Cezary Kalista

Antaira Technologies Sp. z o.o.

reklama

## Komunikacja przemysłowa



[www.antaira.pl](http://www.antaira.pl)  
[info@antaira.pl](mailto:info@antaira.pl)  
 tel. +48 22 862 88 81



making connectivity simple...

Łatwe w użyciu, inteligentne kamery termowizyjne Fluke Professional zapewniają zaawansowaną gamę funkcji wyświetlania, umożliwiającą lokalizację i diagnostykę miejsc o podwyższonej temperaturze

## Nowa seria kamer termowizyjnych marki Fluke przeznaczonych do konserwacji urządzeń

Seria kamer termowizyjnych Fluke Professional zapewnia wyraźny i szczegółowy obraz, który ułatwia inżynierom i technikom zajmującym się konserwacją lokalizację miejsc o podwyższonej temperaturze oraz diagnozowanie problemów w instalacjach elektrycznych.

Seria ta obejmuje cztery modele urządzeń: Ti300 PRO, Ti400 PRO, Ti450 PRO oraz flagowy model Ti480 PRO. Umożliwiające pomiar temperatury do 1200°C kamery oferują szeroką gamę funkcji wyświetlania oraz wyposażone są w ekran dotykowy LCD i platformę programową Fluke Connect®, która



pozwala na łatwe monitorowanie urządzeń. Klienci zyskują też oszczędność czasu i zwiększenie niezawodności danych dotyczących konserwacji dzięki bezprzewodowej synchronizacji pomiarów – platforma Fluke Connect umożliwia technikom optymalizację obrazu, wykonywanie analiz i generowanie dostosowanych raportów, które można eksportować do usługi przechowywania danych w chmurze Fluke Connect.

Kamery oferują bardziej intuicyjny interfejs wizualny oraz udoskonalony, przetestowany przez użytkowników ekran dotykowy. Umożliwiają podświetlanie obszarów, których temperatura wykracza poza zdefiniowany zakres prawidłowy, i generowanie alarmów. Urządzenia z serii PRO mają także większą czułość w przypadku wizualizacji różnic temperatury, na przykład współczynnik NETD (*Noise Equivalent Temperature Difference*) dla urządzeń Ti450 PRO wynosi poniżej 0,025°C przy 30°C.

Wszystkie cztery modele z serii PRO oferują standardowo doskonałą jakość obrazu oraz funkcję automatycznego ogniskowania LaserSharp®, natomiast modele Ti400 i Ti480 udostępniają dodatkowo funkcję ogniskowania MultiSharp opracowaną przez firmę Fluke. Parametry wyświetlania urządzeń: rozdzielczość przestrzenna od 1,75 mRad do 0,93 mRad, rozdzielczość wyświetlania od 240 × 180 do 1280 × 960 dla modelu Ti480 (tryb „SuperResolution”), pole widzenia 24° w poziomie i 17° w pionie dla trzech modeli i 34° × 24° dla modelu Ti480.

Każdy z modeli wyposażony jest w standardowy obiektyw do podczerwieni oraz: zasilacz sieciowy AC i ładowarkę akumulatorów, dwa akumulatory litowo-jonowe, kable HDMI i USB, kartę micro-SD o pojemności 4 GB. Serię uzupełniają: obiektyw szerokokątny, makroobiektyw oraz teleobiektywy 2x i 4x, które pozwalają na bardziej szczegółową rejestrację przy różnej odległości od badanego obiektu. Dostępne są też inne akcesoria, takie jak zestaw słuchawkowy Bluetooth, mocowanie do statywu czy dodatkowy akumulator inteligentny z ładowarką.

Kamery termowizyjne z serii Fluke PRO są obecnie dostępne w regionie EMEA oraz Azji i Pacyfiku. ■

**FLUKE**®



Większa czułość termiczna

Rozszerzenie możliwości rejestrowania ostrych obrazów przy użyciu zgodnych obiektywów

Intuicyjny interfejs użytkownika

Najlepsza w tej klasie rozdzielczość rzeczywista

Ostrzejsze obrazy na ekranie

# Nasze najpopularniejsze kamery termowizyjne są teraz jeszcze lepsze!

**Kamery termowizyjne Fluke z serii PRO zapewniają doskonałą jakość obrazów w podczerwieni.**

Zapoznaj się z najnowocześniejszą technologią firmy Fluke



**Odwiedź stronę [www.fluke.pl/PRO](http://www.fluke.pl/PRO)**

**FLUKE®**

# W 2019 roku planowane jest rozdzielenie ponad 6 mld zł na innowacje

Anna Szymczak

Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju 29 listopada 2018 roku opublikowało harmonogram konkursów w Programie Operacyjnym Inteligentny Rozwój na kolejny rok. Podobnie jak w poprzednich latach, główny nacisk położony jest na badania i innowacje, a największa pula środków trafi do przedsiębiorców, jednostek naukowych i konsorcjów z ich udziałem. Z tej puli aż 3,09 mld zł będzie rozdzielało Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, które planuje ogłosić w przyszłym roku łącznie 10 konkursów.

## Co nowego?

W ramach zaangażowania Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (POIR) w realizację rządowego Programu Dostępność Plus pierwszy raz zaplanowane zostały konkursy na rzecz projektów dotyczących zwiększania dostępności dla osób z różnymi rodzajami niepełnosprawności. Na ten cel przeznaczono 190 mln zł. Największą alokacją będą miały konkursy dla dostępności na badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa oraz badania na rynek – łącznie 150 mln zł.

## Inwestycje w innowacje

Na wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa przeznaczone zostanie 2,74 mld zł. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju przeprowadzi w tym obszarze 7 konkursów. W przyszłym roku ruszy 9 nowych konkursów na łączną kwotę alokacji 615 mln zł na wsparcie otoczenia i potencjału przedsiębiorstw do prowadzenia działalności B+R+I.

Na wsparcie innowacji w przedsiębiorstwach planuje się ogłoszenie 7 nowych konkursów na kwotę alokacji 1,65 mld zł. W 2019 roku zbierane będą wnioski o dotacje w popularnym programie „Kredyt na innowacje technologiczne” jako kontynuacja z roku 2018. W badaniu na rynek, oprócz dwóch konkursów ogólnych oraz dotyczących dostępności, zorganizowane zostaną również kolejne dwa konkursy dedykowane wsparciu miast średnich na kwotę 550 mln zł.

2019 rok przyniesie również nowe szanse na dotacje na badania naukowe i prace rozwojowe. Planowane są 4 nowe konkursy na łączną kwotę wsparcia w wysokości minimum 1,1 mld zł.

Jednym z nich będzie konkurs na rozwój nowoczesnej infrastruktury badawczej sektora nauki z alokacją 750 mln zł.

## Trochę statystyki 2014+

Wartość wsparcia udzielonego przedsiębiorcom w ramach POIR wynosi ok. 16,5 mld zł. Z własnych środków przedsiębiorcy przeznaczyci ponad 17,9 mld zł. Łączna wartość inwestycji realizowanych z dofinansowaniem z POIR wynosi zatem 34,4 mld zł.

Około 12 mld zł dofinansowania trafiło do małych i średnich przedsiębiorców. Wsparcie dla przedsiębiorców stanowi ponad 70 proc. wartości podpisanych umów o dofinansowanie w ramach POIR. Naborów jest sporo, ale nie będą to nabory wniosków na tzw. zakupy maszyn, ale na nowe produkty czy technologie – od fazy opracowania aż do ich wdrożenia. ■

(źródła: <https://www.poir.gov.pl/>, <https://www.ncbr.gov.pl/>)

Anna Szymczak, e-mail: [a.szymczak@ms-consulting.pl](mailto:a.szymczak@ms-consulting.pl)



MS-CONSULTING  
ul. Warszawska 43  
61-028 Poznań  
tel. 61-826 61 30  
fax 61-624 77 76  
[www.ms-consulting.pl](http://www.ms-consulting.pl)

reklama



Preferujesz internet?

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



# Urządzenia sygnalizacyjne a bezpieczeństwo w przemyśle

Poziom bezpieczeństwa pracowników zatrudnionych w zakładach przemysłowych zależy m.in. od przepływu informacji o zachodzących procesach. Jest to szczególnie istotne w przypadku osób, które znajdują się w pobliżu pracujących maszyn lub są ich operatorami. Wymagane są jednoznaczne sygnały umożliwiające określenie stanu, w którym aktualnie znajduje się maszyna.



Najczęściej stosowanym środkiem przekazu są sygnały akustyczne oraz optyczne, których znaczenie można w łatwy sposób zinterpretować. W pobliżu maszyn lub bezpośrednio na nich umieszczone są wieże sygnalizacyjne składające się z kilku segmentów świetlnych. W zależności od stanu procesu na wieży uruchamiany jest odpowiedni segment. Przykładowo kolor zielony może sygnalizować – stan normalnej pracy, kolor żółty – ostrzeżenie, a kolor czerwony – zagrożenie. Uzupełnieniem klasycznej wieży sygnalizacyjnej jest moduł dźwiękowy, który jest w stanie generować sygnał akustyczny o wysokim natężeniu. W ofercie firmy W2 znaleźć można wieże i kolumny sygnalizacyjne o różnej charakterystyce. W ofercie firmy znajdują się wieże serii WS-Ad, TS-Ad, a także kolumny KS-Ad. Każdy z tych produktów ma możliwość indywidualnej konfiguracji na etapie produkcyjnym, która obejmuje: kolor obudowy, rodzaj mocowania, długość elementu dystansującego, ilość, ułożenie oraz kolor segmentów świetlnych czy zastosowanie modułu dźwiękowego.

W niektórych przypadkach wymagane jest zastosowanie produktu, który charakteryzuje się innymi wymiarami lub cechami konstrukcyjnymi. W miejscu, gdzie z różnych powodów niemożliwe jest zastosowanie klasycznej wieży sygnalizacyjnej, mogą być wykorzystane kompaktowe sygnalizatory akustyczne (SA-A1, SA-A2), optyczne (SO-Ad1, SO-Ad2), akustyczno-optyczne (SAO-Wd2, SAO-Wd3), a także głosowe (SG-Wgw, SG-Wgw IP65). Sygnalizatory akustyczne generują jeden z zaprogramowanych wzorów sygnału alarmowego. Niektóre z nich posiadają dodatkowe funkcje, takie jak

wbudowany potencjometr czy możliwość pracy synchronicznej. Ciekawym rozwiązaniem jest sygnalizator optyczny SO-Ad2, który w oparciu o diodę RGB może generować jeden z siedmiu sygnałów optycznych. Kolor generowanego sygnału jest uzależniony od stanu wejść sterujących. Warto również wspomnieć o sygnalizatorach głosowych, które generują sekwencję alarmową składającą się z sygnału alarmowego oraz komunikatu słownego. Niewątpliwą zaletą opisywanych rozwiązań jest ich kompaktowa budowa oraz możliwość wdrożenia w istniejących instalacjach.

Rodzaj zastosowanego urządzenia powinien być dostosowany do specyfiki obiektu oraz czynności realizowanych przez pracowników. Często bowiem zdarza się sytuacja, w której pracownik wykonuje swoje zadania przy użyciu dodatkowych środków bezpieczeństwa, takich jak chociażby ochronniki słuchu. W takim przypadku sygnalizacja akustyczna będzie niewystarczająca i należy ją uzupełnić o sygnalizację optyczną. Oprócz wież, kolumn czy sygnalizatorów firma W2 produkuje również puszki instalacyjne oraz akcesoria.

reklama

Producent urządzeń sygnalizacyjnych  
do systemów automatyki



- Polski producent
- Niezawodność
- Szeroka oferta
- Niska cena

tel: 52 345 45 00    www.w2.com.pl    zamowienia@w2.com.pl

# XII Międzynarodowe Targi Hydrauliki, Pneumatyki i Mechatroniki HaPeS już za nami

Od 23 do 25 października 2018 roku w Międzynarodowym Centrum Kongresowym w Katowicach odbywały się dwunaste Targi Hydrauliki, Pneumatyki i Mechatroniki HaPeS 2018. W tym roku odwiedziło je niemal 2000 zwiedzających.

Wystawcy Targów zaprezentowali innowacyjne osiągnięcia polskich i zagranicznych firm z dziedziny systemów oraz napędów hydraulicznych i pneumatycznych, technik pomiarowych, sterowników i systemów automatycznych. Ta specjalistyczna ekspozycja cieszy się zainteresowaniem ze strony krajowych i zagranicznych profesjonalistów szukających rozwiązań technologicznych oraz nowych partnerów biznesowych.



Podczas tegorocznej edycji odbyła się m.in. międzynarodowa konferencja pt. „Jak sprzedać polskie produkty na rynkach eksportowych?”, którą zorganizował portal IndustryStock.pl. To wyjątkowe wydarzenie skupiło doborowe grono osób zaangażowanych w procesy internacjonalizacji polskich produktów, *know-how* oraz polskiej gospodarki – menedżerów, przedsiębiorców, przedstawicieli biznesu z terenu całego kraju. Kierownictwo naukowe nad konferencją sprawował dr Jerzy Tuszyński. Miesięcznik Naukowo-Techniczny „Napędy i Sterowanie” oraz Korporacja Napędów i Sterowań Hydraulicznych i Pneumatycznych i SIMP – Sekcja Hydrauliki i Pneumatyki byli organizatorami Konferencji Naukowo-Technicznej „Przemysł 4.0”, nad którą patronat objęło m.in. Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii. Konferencja skierowana była do branż związanych z automatyką przemysłową, zmierzających w kierunku Przemysłu 4.0. Celem wydarzenia było stworzenie platformy wymiany informacji o najnowocześniejszych rozwiązaniach dedykowanych tej branży przez sektor automatyki przemysłowej.

W ramach konkursu targowego „Innowacje” przyznane zostały nagrody dla najbardziej innowacyjnych produktów pokazanych na Targach HaPeS. Miejsce pierwsze zajęła Firma Euro-Trak-Nysa za produkt: „Zakuwarka przewodów hydraulicznych C1 – MINI przenośna, średnica zacisku 6–61 mm, ciśnienie zacisku 720 barów”. Drugie miejsce otrzymała nowa seria rozdzielaczy pneumatycznych LTE firmy CPP Prema Kielce. Natomiast miejsce trzecie zajęła firma



PNEUMAT System za produkt „Siłownik PSC z metalowym zgarniaczem”.

Świetna lokalizacja i wyjątkowo atrakcyjne położenie łączące Europę Wschodnią z Zachodnią sprawiają, że Targi HaPeS cieszą się popularnością zarówno w Polsce, jak i za granicą. Targi od wielu lat współpracują z Europejskim Komitetem Hydrauliki i Pneumatyki CETOP, Korporacją Napędów i Sterowań Hydraulicznych i Pneumatycznych i Politechniką Wrocławską. ■



# Krok naprzód w pełnej automatyzacji procesu od firmy Unitronics

Głównymi zadaniami wdrażania automatyki przemysłowej są usprawnienie produkcji oraz procesów sterujących poprzez dobór odpowiednich urządzeń i komponentów, skonfigurowanie i wdrożenie nowego systemu, a także kontrola oraz nadzór procesów produkcyjnych. Bezpośrednio przekłada się to na pracę integratorów automatyki przemysłowej, od których wymaga się montażu i komunikacji różnych urządzeń oraz integracji ich w jeden spójny system automatyki. W dzisiejszych czasach klienci automatyki przemysłowej coraz częściej zwracają uwagę, aby oferowana usługa była



kompleksowa. To znaczy, że poszukiwane są firmy oraz integratorzy, którzy podejmą się zadania implementacji nowego systemu automatyki od samego początku aż do zamknięcia projektu. Podczas gdy dawniej firmy zwracały większą uwagę na koszty związane z zakupem poszczególnych komponentów, teraz są w stanie wydać większe pieniądze na rzecz szybszej integracji gotowego rozwiązania. Stąd też przedsiębiorstwa coraz częściej inwestują we własną kadrę inżynierów, która zajmuje się projektowaniem oraz wdrażaniem systemów automatyki przemysłowej.

Ze względu na tak stawiane wymogi rynku wiele firm integratorskich poszukuje rozwiązań, które jak najbardziej ułatwią montaż oraz zespolenie komponentów automatyki. Najprostszym rozwiązaniem jest korzystanie z produktów jednej firmy, gdzie komunikacja między urządzeniami najczęściej odbywa się po wewnętrznym protokole, a konfiguracja urządzeń sprowadza się do minimum. Odpowiadając na te potrzeby, dostawcy automatyki często przedstawiają oferty zawierające większość (jeśli nie wszystkie) komponentów potrzebnych do integracji systemów automatyki.

Najbardziej popularnymi urządzeniami sterującymi automatyki przemysłowej są sterowniki PLC, panele HMI oraz napędy. Takie kompleksowe rozwiązanie wprowadziła do swojej oferty firma Unitronics, która jest prekursorem w dziedzinie integracji PLC z panelem operatorskim HMI. Oferta firmy, która do tej pory specjalizowała się m. in. w sterownikach OPLC (ang. *Operation Panel and Programmable Logic Controller*), została poszerzona o przemienniki częstotliwości. Najnowsze urządzenia w połączeniu ze sterownikami OPLC serii UniStream pozwalają na wdrożenie kompleksowego systemu sterowania oraz kontroli procesów wykorzystujących silniki trójfazowe. Sterowniki te są programowane w darmowym programie UniLogic. Po wprowadzeniu do sprzedaży falowników w programie zostały zaimplementowane specjalnie dedykowane bloki funkcyjne. Dzięki takiemu rozwiązaniu integrator jest w stanie z łatwością skonfigurować parametry falownika, na bieżąco je kontrolować oraz modyfikować. Same sterowniki serii UniStream

posiadają budowę modułową. To znaczy, że w zależności od potrzeb klienta integrator jest w stanie dobrać konfigurację wejść/wyjść w taki sposób, aby jak najlepiej pasowała pod daną aplikację. Moduły I/O oraz moduły komunikacyjne doczepiane są na plecach sterownika lub do dodatkowego adaptera rozszerzającego.



Naturalną rzeczą jest stosowanie nowoczesnych technologii oraz ułatwianie sterowania poprzez stosowanie całościowego rozwiązania sterującego procesem. Zastosowanie kompleksowego rozwiązania Unitronics pozwala na proste skonfigurowanie trzech najpopularniejszych urządzeń automatyki przemysłowej przez jeden kabel. Brak konieczności podłączania się do każdego sprzętu oddzielnie bardzo ułatwia pracę programisty. Dodatkowym atutem jest zminimalizowanie potrzeby prowadzenia kabli, co skutkuje prostym i przyjemnym podłączeniem gotowego rozwiązania do istniejącego już systemu. ■

reklama


**UNITRONICS**


## Unistream 5"

- sterownik PLC + panel HMI + moduł I/O w jednym urządzeniu
- niewielkich rozmiarów sterownik o niewiarygodnych możliwościach
- panel dotykowy 5"
- możliwość dodatkowej rozbudowy o kolejne moduły komunikacyjne lub I/O
- darmowe, potężne oprogramowanie UniLogic
- stopień ochrony IP65
- 2 lata gwarancji

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

ELMARK Automatyka Sp. z o.o.  
tel. 22 541 84 60  
elmark@elmark.com.pl


**ELMARK**  
Automatyka

# Technologie klejenia po raz drugi na dedykowanych targach w Polsce

W dniach 21-22 listopada 2018 roku w Centrum Targowo-Konferencyjnym Expo Silesia w Sosnowcu odbyły się Targi Technologii Klejenia ExpoBONDING.

Podczas tych Targów firmy z zakresu klejenia przemysłowego miały okazję w jednym miejscu i na dedykowanej tylko dla nich imprezie zaprezentować własne oferty i rozwiązania. Nadrzędnym celem organizatorów tego wydarzenia było stworzenie miejsca cyklicznych spotkań, prezentacji i dyskusji producentów oraz dystrybutorów materiałów i urządzeń z zakresu klejenia z ich

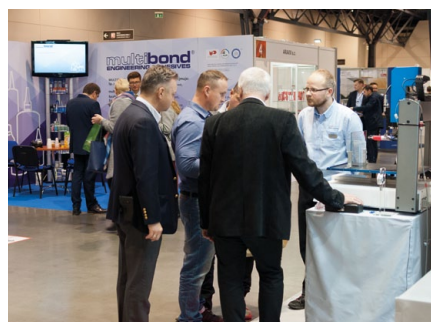
potencjalnymi odbiorcami – przedstawicielami wybranych gałęzi przemysłu. Uzupełnieniem powyższego tematu były również Targi Opakowań ExpoOPAKOWANIA, które nie tylko dały możliwość prezentacji technologii wytwarzania, pakowania, etykietowania, drukowania, ale także możliwość prezentacji innowacyjnych rozwiązań w branży opakowań oraz recyklingu. Równolegle, dzięki zaangażowaniu Instytutu Spawalnictwa, odbyło się 2. Międzynarodowe Seminarium pt: „Klejenie w aplikacjach przemysłowych”. Skierowane jest ono do osób zatrudnionych w przemyśle, które przygotowują się lub stosują technologię klejenia, dostawców i producentów klejów, techników, specjalistów i inżynierów klejenia oraz osób pełniących funkcje nadzoru.

Podczas Targów zorganizowany został konkurs o MEDAL Expo Silesia, do którego wystawcy mogli zgłaszać prezentowane na stoiskach produkty i usługi. Komisja Konkursowa Złotym Medalem uhonorowała za uszlachetnianie płyt meblowych (i nie tylko) metodą HotCoating firmę KLEBCHEMIE M.G. Becker GmbH & Co. KG. Komisja konkursowa przyznała również 2 równorzędne wyróżnienia za Auto-Weld – spawanie na zimno dla firmy CX 80 Polska Sp. j. oraz za LOCTITE 4902 – wysoce elastyczny klej cyjanoakrylowy, dla firmy Henkel Polska Sp. z o.o. Wyróżniono również sposób prezentacji na Targach. Zauważone i nagrodzone zostały firmy: AMB Technic, ASTAT oraz CX 80 Polska.

Kolejnym wydarzeniem organizowanym w tym samym czasie była Konferencja „Druk 3D w branży automotive”. W ramach spotkania profesjonalści reprezentujący branżę automotive mogli



zapoznać się z zaletami zastosowania skanowania, prototypowania i druku 3D w codziennych pracach produkcyjnych. Podczas Konferencji o swoich doświadczeniach i rozwiązaniach opowiedzieli liderzy branży druku 3D, a nadzór nad wysokim poziomem merytorycznym wydarzenia zapewnił Centrum Druku 3D.





# Spotkanie z robotyką

W ramach cyklu „Spotkanie z robotyką” 14 listopada 2018 r. została zorganizowana konferencja pt: „Innowacyjne rozwiązania automatyzacji odpowiadające trendom rynkowym”, która odbyła się w siedzibie Regionalnego Centrum Aplikacji Zrobotyzowanych ABB dzięki współpracy PIAP i firmy ABB – producenta robotów przemysłowych. Partnerami wspomagającymi były firmy: Schunk, Schmalz, Info-Protect, PIAP-ScienTech.

Konferencja skupiona była na zagadnieniach związanych z inwestycjami w nowoczesne rozwiązania automatyki i robotyki. Goście dowiedzieli się między innymi, jak przygotować firmę do robotyzacji, a także jak pozyskać dofinansowanie ze środków publicznych. Na podstawie konkretnych przykładów z wdrożeń pokazane zostaną korzyści

płynące z rozwiązań wykorzystujących roboty przemysłowe. Prelekcje zawierały również przykłady zrealizowanych przez PIAP i ABB wdrożeń zrobotyzowanych stanowisk w zakładach produkcyjnych. Na konferencji odbył się również panel dyskusyjny pt.: „Fabryka przyszłości – najważniejsze trendy Przemysłu 4.0”, w którym uczestniczyli: Łukasz

Wojtczak – PIAP, Robert Pacwa – ABB, Piotr Szykarczyk – Dyrektor PIAP, Andrzej Soldaty – Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, Tomasz Bira – BIRA, Tomasz Olender – TCL.

Druga część „Spotkania z robotyką” odbyła się na *showroom*, gdzie zespół konstruktorów i programistów prezentował urządzenia wspierające procesy produkcji.

W konferencji wzięli udział przedstawiciele firm produkcyjnych, w których występują różne procesy paletyzacji i depaletyzacji, spawania i zgrzewania, przenoszenia i transportu międzyoperacyjnego oraz ukosowania blach – łącznie blisko 50 osób. ■

## WYDARZENIA

### ● Polska to magazynowa potęga. Zostawiamy w tyle Czechy i Słowację, depreczemy po piętach Hiszpanii.

Polskie zasoby powierzchni magazynowej wynoszą prawie 15 mln mkw. (o 2 mln więcej r/r) i zostawiają daleko w tyle naszych południowych sąsiadów. Mamy jej dwa razy więcej niż Czechy i sześć razy tyle, co Słowacja. Co więcej, nasz kraj depreczemy po piętach Hiszpanii, w której powierzchnia magazynowa wynosi 15,5 mln m<sup>2</sup> – wynika z raportu CBRE „Market View: Polski rynek przemysłowy i logistyczny po III kw. 2018”. Obiekty przemysłowo-magazynowe są coraz atrakcyjniejsze dla inwestorów – wolumen transakcji na tym rynku w ciągu trzech kwartałów br. wyniósł 1,1 mld euro. To prawie tyle samo, co w całym minionym roku, czyli 2018 rok może okazać się pod tym względem rekordowy.

Na rynku znajduje się obecnie 14,94 mln m<sup>2</sup> powierzchni magazynowej i logistycznej, o ponad 2 mln m<sup>2</sup>. więcej niż w tym samym okresie 2017 roku. Zasoby magazynowe Polski już są zbliżone do większej o prawie 200 tys. km<sup>2</sup> Hiszpanii – tam zajmują 15,5 mln m<sup>2</sup>. Daleko w tyle pozostawiamy sąsiadujące z nami Czechy i Słowację,

posiadające odpowiednio ok. 7,6 mln i 2,4 mln m<sup>2</sup>.

Z raportu CBRE wynika też, że magazynów i obiektów przemysłowych będzie ciągle przybywać. Prawie 2,1 mln m<sup>2</sup> pozostaje w budowie, z czego jedna czwarta znajduje się w centralnej Polsce. Aż cztery powstające inwestycje, każda o wielkości ponad 100 tys. m<sup>2</sup>, to projekty dla konkretnych klientów – Panattoni Gliwice, Hillwood Zalando Głuchów, Panattoni Leroy Merlin oraz Hillwood Zalando Olsztynek.

Na znaczeniu w Polsce zyskuje „logistyka miejska” – deweloperzy widzą potencjał w mniejszych obiektach magazynowych, leżących bliżej miast. Takie przestrzenie dają możliwość szybkiej realizacji zamówień, co jest szczególnie ważne dla rozwijającego się sektora handlu elektronicznego. Tego typu obiekty powstają w Warszawie, Wrocławiu, Szczecinie oraz Gdańsku.

W trzech pierwszych kwartałach br. popyt na powierzchnię magazynową wzrósł o 13% w porównaniu do analogicznego okresu zeszłego roku i wyniósł 3,1 mln m<sup>2</sup>. Największe zapotrzebowanie widoczne było w Polsce Centralnej, Regionie Warszawy oraz na Górnym Śląsku. Wśród najmocnych prym wiodą

firmy z obszarów handlu elektronicznego i sektora logistycznego. To branże, które dokonały największych transakcji najmu w III kwartale br.

Dostępność wolnej przestrzeni przemysłowej i logistycznej jest bardzo ograniczona. Przez kilka ostatnich lat następował stopniowy spadek pustostanów we wszystkich regionach Polski. Obecnie poziom pustostanów w Polsce jest bliski najniższemu w historii – wynosi 4,5%

Suma inwestycji w nieruchomości w pierwszych trzech kwartałach br. wyniosła 1,1 mld euro – to prawie tyle samo, co w całym minionym roku. Pozwala to przewidywać, że całkowity wolumen transakcji przemysłowo-magazynowych w 2018 roku będzie rekordowy. Największe transakcje dotychczas to m.in. przejęcie przez Deutsche Asset & Wealth Management centrum dystrybucyjnego Zalando Szczecin, za kwotę 57 mln euro, a także przejęcie przez firmę Invesco centrum dystrybucyjnego w Szczecinie – za 110 mln euro. Za największą transakcją portfelową trzech pierwszych kwartałów tego roku można uznać nabycie 9 magazynów przez Griffin RE za kwotę 196 mln euro.

Źródło: CBRE



# INNOWACJE – KOMTECH 2018

Ryszard Klencz

Od wielu lat bardzo ściśle współpracujemy z producentami maszyn i urządzeń, a w tej chwili, korzystając ze środków unijnych, możemy realizować bardzo ambitne projekty – Małgorzata Malec.

**W**nioskodawcami z reguły są producenci, a my zajmujemy się sferą badawczo-rozwojową i dzięki właśnie tym środkom możemy wiele innowacji zaproponować. Cieszę się, że podczas tej Konferencji szereg firm produkcyjnych pokaże efekty naszej współpracy bardzo konkretne i – tak jak w tytule naszej Konferencji – sprawa bezpieczeństwa efektywności i niezawodności jest podkreślana, co widać na konkretnych przykładach. Innowacyjne rozwiązania, a więc przede wszystkim dzięki naszemu potencjałowi badawczemu, unikatowej bazie laboratoryjnej i doskonałym relacjom z przemysłem, z producentami. Bardzo ważna jest również współpraca z Wyższym Urzędem Górniczym. Tutaj muszę przyznać, że wyższy Urząd Górniczy bardzo nas wspiera, pozytywnie opiniując wiele działań w tym zakresie.

Podczas inauguracji Konferencji KOMTECH 2018, która odbyła się w dniach 24–26 września 2018 r. w Hotelu Klimczok, w Szczyrku, dyrektor Małgorzata Malec podkreśliła prace nad innowacyjnymi projektami KOMAGU.

W zakresie bezpieczeństwa M. Malec zaznaczyła:

– Oferujemy również materiały szkoleniowe wykorzystywane przez Wyższy Urząd Górniczy. Obejmują one również rekonstrukcje wypadków, to są

unikatowe materiały szkoleniowe. Dzieląc się wiedzą, realizujemy nasze statutowe zadania.

Bardzo ciekawe były wnioski, jakie wyciągnął Zbigniew de Lorm – Wyższy Urząd Górniczy:

– Czynnikiem ludzki w większości przypadków jest przyczyną wielu nieszczęśliwych zdarzeń w kopalni.

W zakresie analizy tak zwanych systemów antropotechnicznych, czyli współpracy człowieka z maszyną, KOMAG wpisuje się w działania i w politykę wyższego Urzędu Górniczego. Instytut ma do zaoferowania pionierskie rozwiązania, które nie były dotychczas stosowane, zaś analiza wskazuje szereg korzyści z wdrożenia takich rozwiązań.



Jacek Korski – FAMUR SA:

– Zwiększanie efektywności w kopalniach węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zarówno Continuous Miner, który pracował na kopalni w Nowej Zelandii, zastosował kombajn z obudową mobilną, niestety tam to zastosowanie zostało gwałtownie przerwane na skutek katastrofy górniczej, konkretnie wybuchu metanu. Kupiliśmy tę licencję.

Pierwsze maszyny typu Bolter Miner pojawiły się u schyłku ubiegłego stulecia i były odpowiedzią na rosnące



wymagania w zakresie szybkiego wykonywania chodników dla ścian w kopalniach Zagłębia Bowin w Australii. Wcześniej prowadzone były analizy i studia poświęcone temu zagadnieniu. W tamtych warunkach stosowano typowe kombajny typu Continuous Miner, czyli kombajny chodnikowe z tzw. liniowym organem urabiającym, z kotwieniem stropu wykonywanym za pomocą ręcznych lub samojezdnych kotwiarek. Powszechnie stosowany system podwójnych chodników przyścianowych łączonych przecinkami powodował, że maszyny te pracowały wymiennie w przodkach lub wymiana kombajnu i kotwiarki następowała w rejonie przecinek łączących.

Bolter Miner firmy Komatsu (Joy) typu 12CM30 Entry Driver, którego zastosowanie w warunkach Zagłębia Górnośląskiego niedawno zapowiedziano, także wywodzi się z kombajnów typu Continuous Miner, których idea w tej firmie zrodziła się w latach 40. XX wieku. Ważąca 85 Mg maszyna umożliwia drążenie chodników o przekroju prostokątnym z równoczesnym zabezpieczaniem odsłoniętego stropu: doraźnie za pomocą podpór hydraulicznych i docelowo za pomocą 4 kotwiarek hydraulicznych. Dodatkowo 2 kotwiarki



służą do kotwienia ociosów wyrobiska. Liniowy, rozszerzalny organ urabiający, oprócz urabiania calizny, służy także do ładowania urobku wraz z klinem ładującym.

To bezpieczeństwo było omawiane w różnych aspektach. Ale zasadniczą sprawą jest projektowanie nowoczesnych rozwiązań urabiania.



Jarosław Tokarczyk jest koordynatorem projektu Europejskiego RFCS INESI:

– Projekt finansowany z Funduszu Węgla i Stali jest realizowany od ubiegłego roku i wchodzi w zasadniczą fazę realizacji, czyli fazę, w której będziemy opracowywać kluczowe elementy, jakie w tym projekcie będą utworzone. To znaczy chcemy przede wszystkim opracować środki do transportu o wyższej prędkości niż to jest obecnie. Zastosowanie kolei podwieszanych z napędem własnym. Podwyższona emisja spalin stawia nowe wymagania. Dlatego również na drogach transportowych chcemy zabudować najbardziej wydajne i może być innowacyjne systemy wentylacji. Również nasi zachodni partnerzy będą rozwijać system identyfikacji osób na przenośnikach za pomocą chociażby kamer termowizyjnych, to są główne grupy tematyczne projektu. No właśnie, i w tych realizowanych projektach, w każdym z nich, dochodzi też element bezpieczeństwa, zdecydowanie dlatego tutaj i na etapie projektowania, jak i na etapie testów, ponieważ to rozwiązanie będzie mieć postać prototypu. Analizujemy tutaj wartości takich elementów, jak chociażby kryterium urazu głowy, które pozwala na ilościową ocenę poziomu ryzyka, które chociażby w takich sytuacjach, jak awaryjne hamowanie, może mieć miejsce, ale są też elementy dotyczące

efektywności, na przykład jak w tych wentylatorach. Tutaj liderem jest instytut KOMAG i przy współudziale firmy Elmech-Kazeten chcemy, aby obecne rozwiązania, te, które są stosowane, były ulepszone. Mamy doświadczonego producenta tego typu wentylacji systemu wentylacji jak i wentylator i wydaje mi się, że jest bardzo duża szansa, aby te nowe rozwiązanie uzyskały wyższą wydajność.

Firma HYDROTECH SA w tym roku obchodzi XX-lecie. Prace, które są prowadzone, dotyczące innowacyjnych rozwiązań, wymagają wielu badań, rezultatem są bardzo konkretne rozwiązania.

Dariusz Kapuściński:

– Celem projektu NCBR-HYDKOM 75 jest opracowanie, wykonanie i przebadanie innowacyjnej maszyny mobilnej, wyposażonej w uniwersalny układ napędu elektrycznego podwyższającego poziom bezpieczeństwa technicznego. Osiągnięcie powyższego założenia wyeliminuje ograniczenia mobilności maszyn dotychczas stosowanych, poprzez wprowadzenie w maszynie nowoczesnego hybrydowego układu zasilania elektrycznego. Efektem realizowanego projektu będzie innowacyjna maszyna górnicza, zasilana z hybrydowego napędu elektrycznego, bazującego na ogniwach litowych nowej generacji.

MWM Elektro Sp. z o.o. Przewoźna maszyna wyciągowa B-1200/M/AC-2m/s – mobilność bez ograniczeń. Dominik Gamrat:

– Opracowaliśmy bardzo ciekawy model takiej maszyny wyciągowej. Składa się z segmentów kontenerowych i okazuje się, że jest to akurat produkt, który znajduje nabywców poza granicami. Jak próbuję wprowadzić produkt na rynek najpierw chcę poznać, jakie są oczekiwania rynku, i to urządzenie zostało w taki sposób skonstruowane i tak zostały zaprojektowane jego parametry techniczne. Możliwości, powiedzmy, eksploatacyjne są dobrane do potrzeb głównie firm które głębia i pogłębiają w szybie, generalnie biorą udział w budowie Zakładów Górniczych. W Polsce są trzy takiej firmy, może 4 się pojawiają gdzieś na przetargu. Myśmy wcześniej dostarczali podobne urządzenia tylko do zabudowy stacjonarnej,

między innymi dla firmy Pebeka Lubin, i tam były nasze urządzenia wykorzystywane przy głębieniu dwóch szybów.

My robiliśmy badania tak naprawdę już w takich rzeczywistych warunkach, to jest optymalne z punktu widzenia takich urządzeń, ponieważ na bieżąco w trakcie naszych prac mieliśmy wpływ na funkcjonalność i typ urządzenia. Zostały po prostu skonstruowane z wszelką starannością, wykorzystaniem wszystkich możliwości technicznych, jakie na tym etapie były dostępne. To urządzenie stworzone zostało dla potencjalnych klientów którzy zajmują się taką działalnością, jak głębienie szybów, by znacząco ograniczyć koszty.

Moim zdaniem to urządzenie jest mobilne, można przewieźć, bardzo szybko zmontować, uruchomić, mało tego, jest jeszcze jedna zaleta, kontenery służą do magazynowania, można postawić na placu, zamknąć, nie trzeba mieć jakichś specjalnych pomieszczeń do przechowywania urządzeń w dobrym stanie technicznym. Jedną trudnością są gabaryty tego urządzenia. Ponadwymiarowy z tych dziewięciu pozycji, z których się składa maszyna, jest jeden segment. Zestaw główny, który jest ponadgabarytowy, i tutaj trzeba mieć pozwolenie na transport po drogach publicznych.

Systemy hydrauliki, rozwiązania te stosowane są do odpowiedniego typu urządzeń górniczych ze względów technologicznych i bezpieczeństwa.



Prof. Stanisław Szveda:

– Problem efektywności, również i sam proces opracowania nowych innowacyjnych urządzeń pokazany właśnie na przykładzie systemów zraszania oraz urządzeń mobilnych do czyszczenia, chłodzenia silników hydraulicznych, był bardzo ciekawy również dla mnie

osobiście. Z jednej strony chcemy uzyskać efekt likwidacji pyłu, bo na tym nam przede wszystkim zależy, a równocześnie żeby ta właśnie instalacja nie powodowała uciążliwości do otoczenia.



Dariusz Prostański:

– Według nas e-diagnostyka i system monitoringu należą do bardziej istotnych elementów projektowania maszyn górniczych. Dzisiaj w zasadzie mamy doskonale rozwiązane systemy mechaniczne, natomiast nie zawsze wiąże się to z dobrą jakością, jak i z możliwością przewidywalności uszkodzeń, dlatego też proponujemy systemy diagnostyczne zarówno

w zakresie przekładni, jak i większych systemów mechanizacyjnych całościowo, po to, żeby zanim nastąpi awaria, można było taką awarię trafnie zdiagnozować i dokonać w planowanym czasie odpowiednich napraw, wymian, konserwacji, zmniejszyć przez to koszty eksploatacyjne i przestoje. Dodatkowo systemy sterowania mają nam ułatwić pracę i sprawić, że praca górników będzie bezpieczniejsza, szczególnie operatorów maszyn, którzy są często narażeni na pracę w warunkach z różnymi typami zagrożeń górniczych, geologicznych. Bezpieczeństwo jest związane z czynnikami ludzkimi. Te czynniki oczywiście chcemy wyeliminować, tak samo, jak chcemy wprowadzić systemy, które poprawiają komfort pracy górników, na przykład system amortyzacji aktywnej. Przykładem są rozwiązania poprawiające komfort pracy operatorów, żeby nie byli narażeni na wibracje, systemy tłumiące hałas, ale też żeby nie wyłączały te systemy i pracowników z otoczenia. Oczywiście KOMAG, przede wszystkim w ramach własnych środków proponuje

koncepty rozwiązań takich systemów, zachęcamy producentów i ci, jeśli są zainteresowani, wspólnie z nami aplikują do programów operacyjnych, gdy są, dofinansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju czy ze środków unijnych pośrednio i wtedy możemy faktycznie osiągnąć taki cel, jak chcemy, czyli w efekcie wdrożenie tych bezpiecznych systemów i ich przetestowanie.

KOMTECH 2018 – Celem Konferencji było przedstawienie najnowszych osiągnięć naukowych, badawczych i technicznych w dziedzinie górnictwa podziemnego, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień innowacji w projektowaniu maszyn oraz bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia, a także wymiana wiedzy i doświadczeń w zakresie wykorzystania innowacyjnych technik i technologii.

Patronat medialny: miesięcznik naukowo-techniczny „Napędy i Sterowanie”.

### WYDARZENIA

#### ● Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii oraz polskie spółki zależne Robert Bosch GmbH podpisały porozumienie o strategicznej współpracy gospodarczej w obszarze Przemysłu 4.0.

Celem współpracy jest m.in. przyspieszenie procesu wdrażania najnowszych metod produkcji w polskich przedsiębiorstwach i podwyższanie ich kompetencji w budowaniu nowoczesnej gospodarki opartej na innowacyjności.

Efektom porozumienia będzie większe zaangażowanie firmy Bosch w realizację polityki gospodarczej i edukacyjnej prowadzonej przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, związanej ze wzmocnieniem konkurencyjności i innowacyjności polskiej gospodarki. Polskie spółki zależne Robert Bosch GmbH zadeklarowały też gotowość do współpracy w zakresie kompetencji Platformy Przemysłu Przyszłości, której inauguracja działalności planowana jest na I kw. 2019 r.

– Jako minister odpowiedzialny za rozwój innowacji jestem przekonana, że współpraca z globalnymi firmami, takimi jak Grupa Bosch, działającymi w zaawansowanych technologicznie sektorach, to szansa dla polskich firm, uczelni i instytucji naukowych na korzystanie z najnowszych badań i technologii, co ma bezpośrednie przełożenie na wzrost innowacyjności i konkurencyjności naszej gospodarki – podkreśla minister przedsiębiorczości i technologii Jadwiga Emilewicz.

– Platforma Przemysłu Przyszłości jest na legislacyjnym finiszu. Jej powołanie przyczyni się do realizacji Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju i pomoże stawić czoła nowym wyzwaniom związanym z czwartą rewolucją przemysłową. Nowy podmiot będzie odpowiedzialny za wspomaganie transformacji rodzimego przemysłu do poziomu określanego jako „Przemysł 4.0” – zaznaczył wiceminister Marcin Ociepa.

W Polsce Grupa Bosch jest aktywnym inwestorem od ponad 25 lat. Przez ten czas koncern poniósł w Polsce nakłady inwestycyjne stanowiące równowartość kwoty 700 mln euro. Bosch jest wiodącym na świecie dostawcą technologii i usług, prowadzącym działalność w czterech sektorach: Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods oraz Energy and Building Technology. Będąc czołowym dostawcą rozwiązań Internetu Rzeczy (IoT), Bosch tworzy nowe koncepcje mobilności, wyznacza trendy w dziedzinie inteligentnych domów i miast oraz w Przemysle 4.0.

List intencyjny o współpracy został podpisany 19 listopada 2018 r. z niżej wymienionymi spółkami z Grupy Bosch:

- Robert Bosch Sp. z o.o.;
- BSH Sprzęt Gospodarstwa Domowego Sp. z o.o.;
- Bosch Rexroth Sp. z o.o.;
- sia Abrasives Polska Sp. z o.o.

Źródło: Bosch



# Spotkaj nowe możliwości. Najwięcej znajdziesz ich na BUDMIE!

Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury BUDMA, które odbędą się 12-15 lutego 2019 roku, zapowiadają się niezwykle interesująco. Na cztery miesiące przed Targami swój udział potwierdziło znacznie więcej wystawców niż w latach ubiegłych. Imponujący jest także program wydarzeń towarzyszących, które będą okazją do inspirujących spotkań branży budowlanej.

W połowie lutego Poznań stanie się najbardziej pożądanym miejscem dla profesjonalistów zawodowo związanych z budownictwem. Na Targach BUDMA spotkają się teoretycy i praktycy – producenci, projektanci i architekci z inwestorami, wykonawcami i fachowcami, by wymienić się wiedzą, doświadczeniem i innowacjami, które są siłą napędową rozwoju. Wystawcy, którzy licznie i ze znacznym wyprzedzeniem zapowiedzieli udział w Targach, już rozpoczęli przygotowania tak, by zaskoczyć swoich partnerów biznesowych, konkurencję i zwiedzających interesującymi nowościami.

## Najlepsze praktyki

Targi to nie tylko możliwość bezpośredniego nawiązania relacji biznesowych na stoisku wystawcy, ale także szereg wydarzeń towarzyszących, które odbywają się na kilku płaszczyznach. MONTERIADA, czyli pokaz prawidłowych technik montażowych, Otwarte Zawody Dekarskie TURBO DEKARZ czy Mistrzostwa Europy Parkieciarzy w klasie Open będą zmaganiem praktyków – najlepszych fachowców, którzy zaprezentują właściwe, często nowe rozwiązania techniczne w swoich branżach.



## Poznaj, rozmawiaj, rozwijaj!

BUDMA obfitować będzie również w spotkania, których cele to podzielenie się wiedzą teoretyczną i zainicjowanie debaty o wyzwaniach ważnych dla budownictwa. Dzień przed rozpoczęciem Targów, 11 lutego, wystartuje dwudniowe Forum Gospodarcze dedykowane branży budowlanej Build 4 Future. Dyskusję o inwestycjach i perspektywach rynku budowlanego w Polsce podejmą przedstawiciele administracji publicznej z przedsiębiorcami. Wykłady ekspertów i panele dyskusyjne dotyczyć będą stanu sektora budowlanego, gospodarki, problemów, zmian i zadań dla branży budowlanej na najbliższe lata.

Forum Designu i Architektury D&A od 13-14 lutego będzie skupiało projektantów, studentów, designerów i producentów poszukujących nowych trendów wokół innowacyjnych rozwiązań w obszarze szeroko pojętego projektowania przestrzeni. W ramach D&A swój udział zapowiedzieli m.in. designerzy światowej sławy – Emilio Nanni oraz Marcantonio Malerba.

## Musisz tam być

BUDMA to największe targi budowlane w Europie Środkowo-Wschodniej, znana i rozpoznawalna marka. Każda edycja przyciąga kilkadziesiąt tysięcy uczestników, którzy corocznie szukają na Targach nowych rozwiązań i nowych możliwości. Profesjonaliści, zarówno praktycy, jak i teoretycy, nie pozwalają sobie na pominięcie tego ważnego wydarzenia, które inspiruje i motywuje do rozwoju.

Bilety na Targi są już dostępne online. Warto zaplanować sobie udział w BUDMIE ze sporym wyprzedzeniem



i już zarejestrować się w serwisie [bilet.mtp.pl](http://bilet.mtp.pl). Dodatkowo grupy profesjonalistów liczące powyżej 8 osób mogą otrzymać zwrot kosztów podróży.

## BUDMA zaprezentuje m.in.:

- Salon stolarki budowlanej
- Salon maszyn, narzędzi i wyposażenia placu budowy
- Salon dachów i konstrukcji budowlanych
- Salon podłóg i wykończenia wnętrz
- Salon ścian, stropów i posadzek ■

Przyszłorocznej BUDMIE towarzyszyć będą Targi WINDOOR-TECH, Targi Maszyn, Narzędzi i Komponentów do Produkcji Okien, Drzwi, Bram i Fasad.  
[www.windortech.pl](http://www.windortech.pl)

Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury BUDMA, 12-15 lutego 2019 r.  
[www.budma.pl](http://www.budma.pl)

Forum Gospodarcze dedykowane branży budowlanej Build 4 Future 11-12 lutego 2019 r.  
[www.build4future.pl](http://www.build4future.pl)

Forum Designu i Architektury D&A 13-14 lutego 2019 r.

TRENDY | SPOTKANIA | BIZNES

# O bezpieczeństwie wody i ściekach przemysłowych na V Konferencji „WODA. ŚCIEKI. OSADY”

W dniach 4-5 grudnia odbyła się V edycja organizowanej cyklicznie przez Izbę Gospodarczą „Wodociągi Polskie” Konferencji „Woda. Ścieki. Osady.”

Warszawskim hotelu Sheraton zgromadziło się ponad 170 przedstawicieli branży, którzy przez dwa dni dzielili się wiedzą i doświadczeniem w istotnych obecnie tematach. W tym roku Konferencję podzielono na dwa bloki tematyczne. Pierwszy dzień rozmów poświęcony był bezpieczeństwu wody, natomiast drugi – ściekom przemysłowym.

Zgromadzonych gości powitała Dorota Jakuta, Prezes Izby, która przybliżyła główne obszary aktywności IGWP w zakresie nowej dyrektywy w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia.

## O bezpieczeństwie wody

Trwają prace nad nowym tekstem dyrektywy w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i temu tematowi poświęcony był wykład inauguracyjny, wygłoszony przez Klarę Ramm, eksperta Izby oraz członka Zarządu EurEau, która poprowadziła również panel dyskusyjny dotyczący doświadczeń i oczekiwań wodociągów w omawianym temacie. W panelu wzięli udział Andrzej Wójtowicz – Prezes Wodociągów Słupskich Sp. z o.o., Robert Fennig – Prezes Miejskiego Przedsiębiorstwa Infrastruktury „KOS-EKO” Sp. z o.o. w Kościerzynie oraz Tadeusz Bochnia – Z-ca Dyrektora ds. Wody MPWiK SA w Krakowie. Dyskusja pozwoliła wypracować wspólny wniosek, że obowiązująca dyrektywa w sprawie jakości wody do spożycia spełnia swoje zadania, jednak postęp naukowy wymusza zmiany. Branża wod.-kan. w Polsce zgadza się z zaproponowanymi przez

instytucje europejskie nowelizacjami, choć mamy świadomość, że wiele szczegółów wymaga jeszcze dopracowania.

Głównym priorytetem w wygłoszonych tego dnia prelekcjach był temat zapewniania odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa wody oraz najlepszych metod uzdatniania. Wśród prelegentów pojawili się przedstawiciele przedsiębiorstw wodociągowych oraz świata nauki. Natomiast prelekcję na temat jakości wody w Polsce wygłosiła Anna Kamińska, Dyrektorka Departamentu Bezpieczeństwa Zdrowotnego Wody Głównego Inspektoratu Sanitarnego oraz gość honorowy Konferencji.

Podsumowaniem pierwszego dnia Konferencji był panel dyskusyjny, który poprowadziła prof. dr hab. inż. Izabela Zimoch z Politechniki Śląskiej.

Wieczorem odbyła się uroczysta kolacja z dodatkową atrakcją – Billionaire’s Club, podczas której uczestnicy mogli wykazać się wiedzą, sprytem i refleksem, biorąc udział w znanych z telewizji najlepszych teleturniejach. Przy stolikach nie

milnęły ożywione rozmowy, na tematy poruszane podczas pierwszego dnia. Kuluary sali balowej hotelu Sheraton okazały się idealnym miejscem do dyskusji i wymiany poglądów.

## O ściekach przemysłowych

Drugi dzień Konferencji poświęcony był tematowi ścieków przemysłowych. Wykład inauguracyjny Bartosza Łuszczka – przedstawiciela IGWP w Komisji ds. Ścieków EurEau, na temat rewizji Dyrektywy Komisji Europejskiej dotyczącej ścieków, był również wstępem do ożywionej i konstruktywnej dyskusji z Joanną Kopczyńską, Zastępcą Prezesa Wód Polskich ds. Zarządzania Środowiskiem Wodnym. Jednym ze

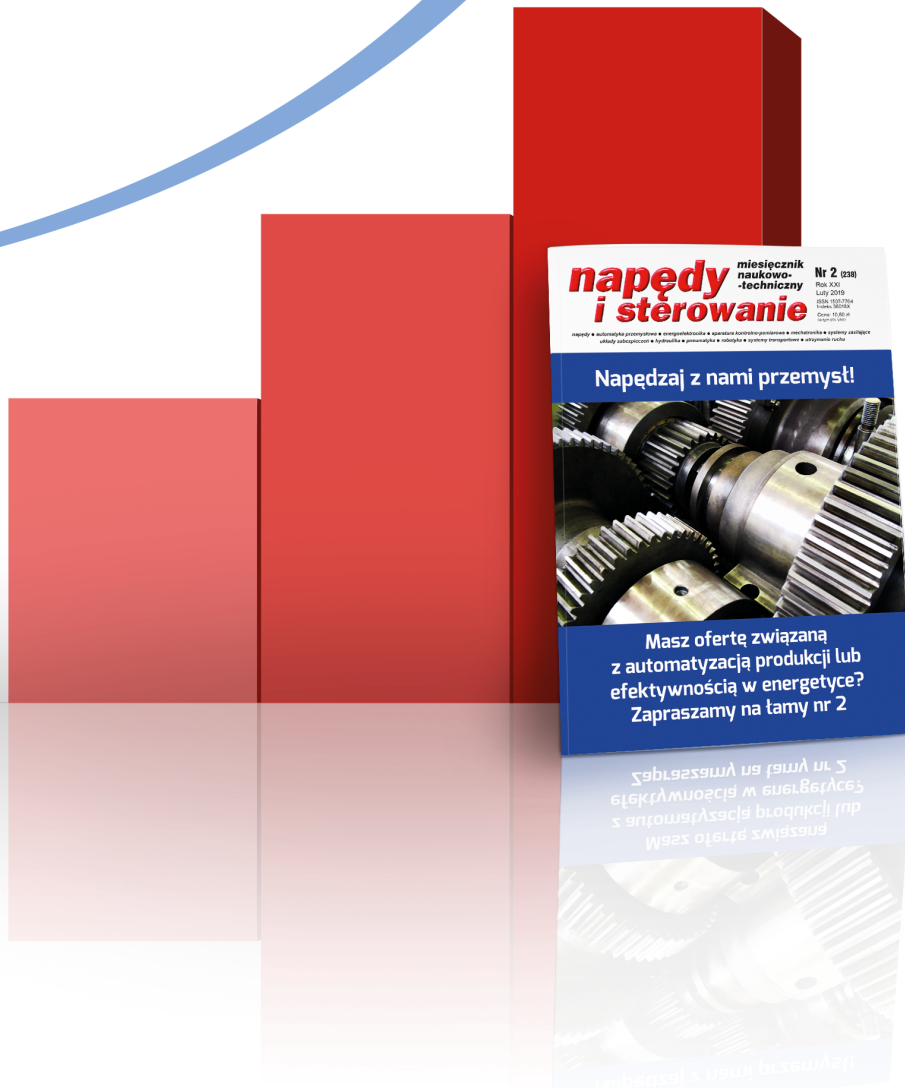
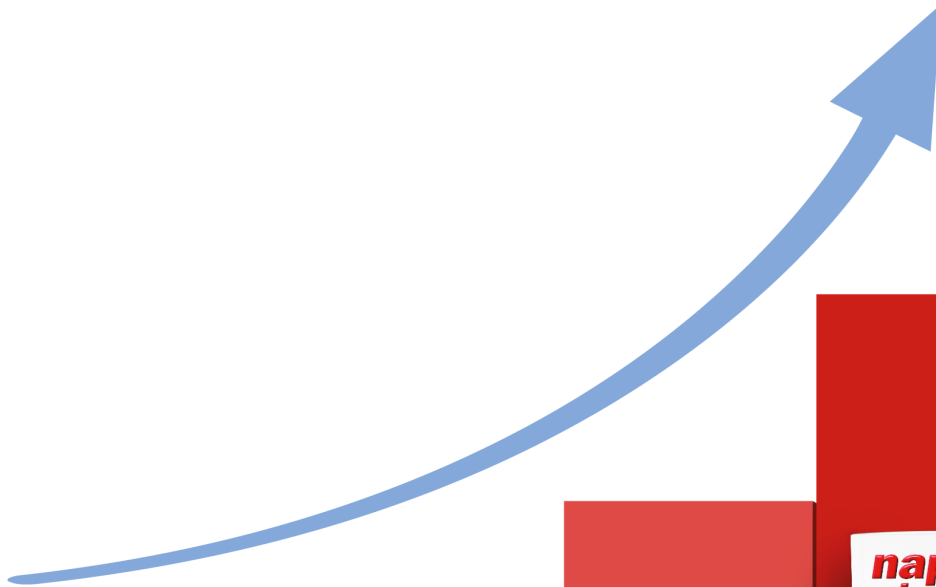


wspólnie wypracowanych stanowisk było stwierdzenie, że jako branża już teraz musimy się jak najlepiej przygotować do prac nad dyrektywą ściekową, tak aby odpowiednio opracowane merytoryczne uwagi i sugestie stały się ważną częścią nowego dokumentu.

O prawnych uwarunkowaniach przetwarzania i odprowadzania ścieków przemysłowych, doświadczeniach eksploatacyjnych oczyszczalni, problemach, z jakimi borykają się przedsiębiorstwa wod.-kan. na co dzień, zasadach i praktykach przy wprowadzaniu ścieków przemysłowych do urządzeń kanalizacyjnych oraz o wpływie osadów na procesy biologiczne oczyszczalni mówili przedstawiciele branży oraz świata nauki. Drugi dzień Konferencji zakończył panel dyskusyjny. Jego uczestnicy zgodnie stwierdzili, że potrzebna jest współpraca i dialog przedsiębiorstw zarządzających oczyszczalniami ścieków z przedstawicielami firm przemysłowych, tak aby wspólne działania dawały jak najlepsze rezultaty.

Dwa dni Konferencji „Woda. Ścieki. Osady” były ważnym czasem dla naszej branży, który dał możliwość poruszenia w większym gronie specjalistów najważniejszych dla branży tematów. Na wiele pytań otrzymaliśmy odpowiedzi, jednak mamy świadomość, że kilka z nich pozostało otwartych, pojawiły się także nowe problemy wymagające omówienia, dlatego biorąc pod uwagę sugestie uczestników wydarzenia, już teraz pracujemy nad agendą kolejnej edycji Konferencji. ■

Małgorzata Massel – specjalista ds. PR IGWP



**Postaw na rozwój**



# Modele systemów automatyki budynkowej we wspomaganiu zarządzania energią w gospodarstwach prosumenckich

Marek B. Horyński

## Wstęp

Podstawowe kierunki polskiej polityki energetycznej skupiają się na:

- poprawie efektywności energetycznej [18, 19, 20];
- wzroście bezpieczeństwa dostaw paliw i energii [12, 13];
- dywersyfikacji struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie alternatywnych źródeł energii;
- rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw [7];
- rozwoju konkurencyjnych rynków paliw i energii;
- ograniczaniu oddziaływania energetyki na środowisko.

Efektywność energetyczna stanowi najwyższy priorytet w projektowaniu systemów automatyzacji budynków w gospodarstwach prosumenckich [6]. Celem działania naukowców i projektantów tych systemów jest maksymalna redukcja zużywanego energii bez utraty komfortu użytkowników. Inteligentny system automatyzacji może realizować wtedy funkcje z zakresu *facility management*, wykonując następujące rodzaje zadań: programowane włączanie i wyłączanie, optymalne włączanie i wyłączanie, praca cykliczna, ograniczenie poboru energii, sterowanie adaptacyjne, sterowanie predykcyjne, optymalizacja chłodzenia, optymalizacja ogrzewania, optymalizacja dostaw energii. Procesy optymalizacji zmierzają do: regulacji pracy urządzeń, oszczędzania energii, elastyczności operacji oraz tworzenia systemów przyjaznych użytkownikowi [1].

Po raz pierwszy od lat 80. ub.w. w dniu 10 sierpnia 2015 roku, wprowadzono 20. stopień zasilania. Pokazało to po raz kolejny, że energetyka wymaga zmian, które zagwarantują pewność dostaw energii po konkurencyjnych cenach. Rysujący się dylemat, w jaki sposób finansować odbudowę mocy wytwórczych w elektroenergetyce, częściowo może być złagodzony na skutek podjęcia działań po stronie zarządzania popytem na energię.

Optymalizacja zużycia energii w budynkach powinna opierać się na następujących działaniach:

- wykorzystanie energii tylko wtedy, gdy jest to konieczne [11];
- ilość energii potrzebnej do użycia powinna być utrzymana na rozsądnie niskim poziomie [9, 10, 12];
- zużyta energia dla maksymalnej wydajności.

Świadome zużycie energii zabezpiecza przyszłość i prowadzi do bardziej ekonomicznego domu. Nie można jednak jednoznacznie określić, jakie poziomy oszczędności energii są możliwe. To zależy od wielu czynników [1, 5, 6].

Przetwarzanie informacji jest konieczne ze względów operacyjnych i prowadzi do zmniejszenia zużycia energii.

**Streszczenie:** W dobie rozwoju nowoczesnych technologii w automatyce budynkowej coraz bardziej istotne staje się kształcenie nowych kadr i przygotowanie dobrze wyedukowanych specjalistów mogących projektować i programować instalacje. Ze względu na postępujący rozwój technologii w wielu gałęziach życia konieczne jest ustawiczne zdobywanie wiedzy. Niniejsze wyzwania dobrze korespondują ze Strategią na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju oraz z programem Czyste Powietrze. Niniejszy artykuł dotyczy modeli systemów automatyki stosowanych w nowoczesnych gospodarstwach prosumenckich. Szczególną uwagę zwrócono na najpopularniejsze na świecie standardy i systemy polskiej produkcji. Omówiono również rozwój oprogramowania do projektowania i programowania tych systemów.

Słowa kluczowe: interaktywny, inteligentny budynek, energooszczędność, zarządzanie energią, sterowanie

## MODELS OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS SUPPORTING ENERGY MANAGEMENT IN PROSUMER FARMS

**Abstract:** *The work presents selected models of building automation systems dedicated to economical energy management in prosumer farms. Energy and ensuring universal access from various sources is one of the areas affecting the achievement of the objectives of the Strategy for Responsible Development and Clean air plan. The implementation of automation in the construction sector forced the rapid development of information technology. This technique can also be applied in the sector of renewable energy sources. Today, modern automation systems spread into new areas of human activity. These include the prosumers. An important aspect of their operation is to ensure the safety, functionality and energy efficiency. Model described in the article allows for a more complete analysis of the issue of integration intelligent building installation.*

Keywords: *interactive, intelligent building, energy efficiency, energy management, control*

Ze względu na złożoność konstrukcji i funkcjonalność istnieją znaczne różnice w zużyciu energii elektrycznej w domach tradycyjnych i inteligentnych. Skutkuje to wyższymi wymaganiami projektowymi i produkcyjnymi [6, 7, 8, 15].

W trakcie badań była prowadzona analiza systemów sterowania i technologii stosowanych w instalacji inteligentnych budynków. Laboratorium badawcze jest przygotowane do certyfikacji przez Stowarzyszenie KNX.

Laboratoryjne stacje robocze to komputery z wyspecjalizowanym oprogramowaniem, które jest wymagane do skonfigurowania konkretnego systemu. Każda stacja jest również wyposażona w elementy zaprojektowane do wizualizacji działania zaprogramowanej instalacji [2, 3, 4].

Aby zrozumieć potrzebę oszczędzania energii, należy zidentyfikować czynniki wpływające na dystrybucję zużycia energii.

Ze względu na wiele czynników, które mają wpływ na właściwe zarządzanie energią w budynkach, niezbędne stało się wyposażenie laboratorium w systemy budowlane. W laboratorium możliwe jest testowanie urządzeń w następującej konfiguracji:

- brak systemów kontroli;
- brak zintegrowanych systemów kontroli;
- częściowy monitoring;
- pełny monitoring;
- pełny monitoring i częściowe centralne zarządzanie;
- pełne zarządzanie.

Laboratorium jest wyposażone w sprzęt polskich producentów i wybrane zagraniczne rozwiązania.

Wspomagane komputerowo testowanie systemów automatyki budynkowej obejmuje wykorzystanie oprogramowania i modeli do symulowania działania rzeczywistych warunków w celu poprawy projektów, algorytmów sterowania lub analizy efektywności energetycznej zastosowanych rozwiązań.

## 1. Modele systemów automatyki budynku

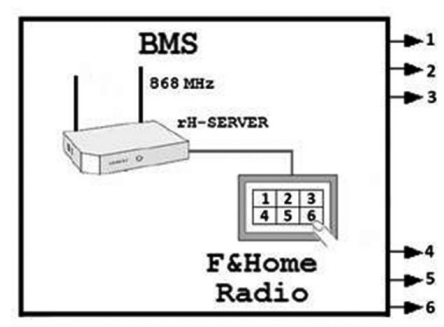
W Laboratorium Energooszczędnych Systemów Budynkowych znajdują się modele bezprzewodowych, przewodowych i mieszanych systemów automatyki budynkowej.

Przykładem systemu bezprzewodowego jest stacja mobilna F@Home Radio [8]. Model wyposażony jest w zasilacz, System Access Point i cztery moduły siłowników/czujników – dwa unipolarne i dwa bipolarne – dając w sumie sześć niezależnych kanałów sterujących (rys. 1).

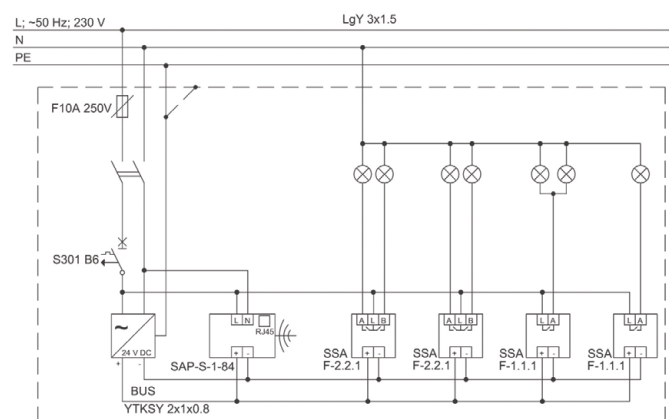
Urządzenia przełączające nie mają rozbudowanych funkcji, służą jako przełączniki. Zainstalowane oświetlenie LED jest modelem oświetlenia pomieszczenia.

Komunikacja między urządzeniami w budynku jest zapewniona za pomocą magistrali 24 V DC, do której podłączone są wszystkie komponenty w systemie. Połączenie modułów z magistralą umożliwia zarządzanie każdym ze źródeł światła pokazanych na schemacie (rys. 2) z dowolnego przycisku. W przypadku tradycyjnej instalacji domowej, jeśli chcemy ją przekształcić w inteligentną, wystarczy dodać kabel sieciowy. Ogranicza to koszty wyburzania i naprawy ścian.

Model umożliwia zdalne zarządzanie indywidualną lub grupową pracą poszczególnych urządzeń w zdefiniowanych scenariuszach za pomocą wiadomości tekstowych SMS i specjalnych aplikacji. Zapewnia to użytkownikom zdalny dostęp do kontroli stanu i bezpośredni nadzór nad urządzeniami w scenariuszach zdefiniowanych zgodnie z ich preferencjami.



Rys. 1. Model stacji ruchomej systemu bezprzewodowego F&Home Radio



Rys. 2. Schemat elektryczny systemu automatyki budynkowej wyposażonego w ABB free mobile home system

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość analizowania autonomicznej pracy testowanego systemu, dzięki czemu użytkownik jest wyłączony z kontroli poszczególnych elementów instalacji. Rolę użytkownika przejmuje system po rozpoznaniu bieżącej jego aktywności.

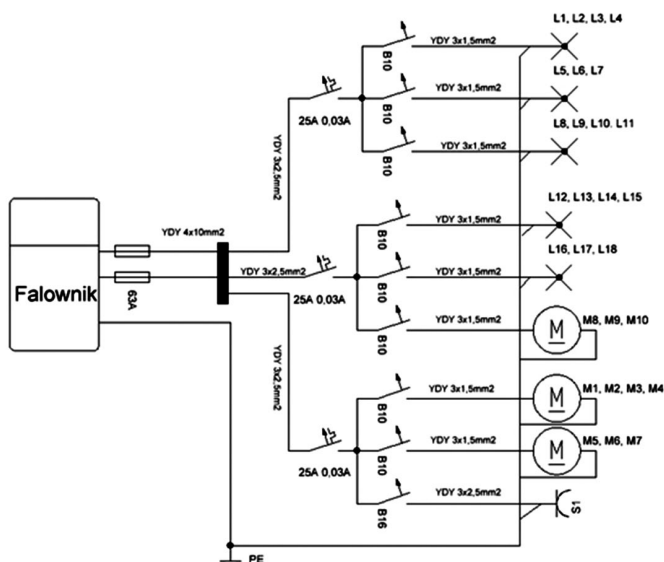
## 2. Model instalacji HDL-PRO w zarządzaniu gospodarstwem prosumenta

Ze względu na korzystne warunki wykorzystania energii słonecznej w województwie lubelskim analiza dotyczy możliwości stworzenia systemów fotowoltaicznych zasilanych z systemów fotowoltaicznych.

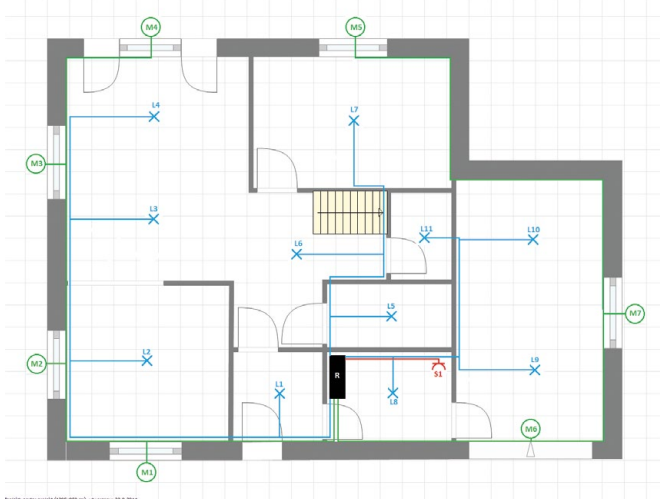
Model instalacji prosumenta został opracowany przy użyciu systemu magistrali HDL-Pro (rys. 3).

To rozwiązanie pozwala na zbadanie możliwych wariantów autonomicznych systemów w domu wyposażonym w automatykę budynkową. Modułowa budowa stacji pozwala na analizę wpływu zasilania pomocniczego za pomocą odnawialnego źródła napięcia na różne instalacje w budynku.

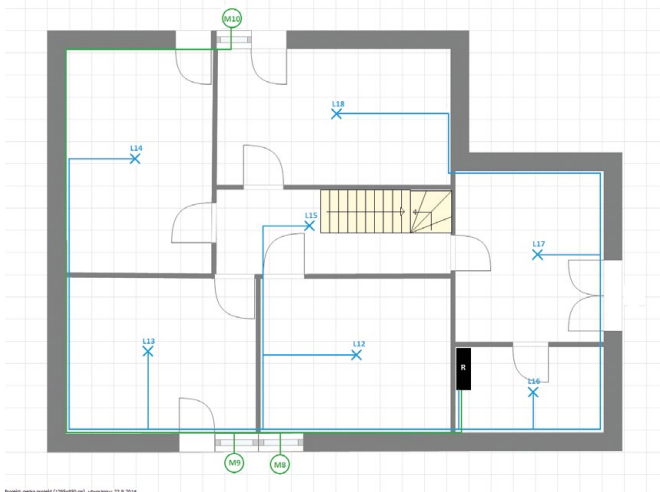
Schemat ideowy zasilania oświetlenia, napędów rolet i bramy dla poszczególnych scenariuszy pracy realizowanych za pomocą modelu budynku pokazano na rysunkach 4 i 5.



**Rys. 3.** Schemat instalacji elektrycznej zasilającej gospodarstwo prosumenta



**Rys. 4.** Schemat zasilania odbiorników oświetlenia, silników żaluzji i gniazd podgrzewacza wody na pierwszym piętrze (parterze) budynku



**Rys. 5.** Schemat zasilania odbiorników oświetlenia, silników żaluzjowych na drugim piętrze budynku

### 3. Zautomatyzowany model systemu w gospodarstwie prosumenta, producenta rolnego

W ramach badań nad zintegrowanymi systemami automatyki budynkowej opracowano model instalacji w magazynowym centrum logistycznym będącym częścią rozwiniętego gospodarstwa rolnego. Automatyzacja produkcji powoduje gromadzenie towarów wymagających przechowywania i następnie dystrybuowania. Magazyny mogą być punktami dostawy i koncentracji lub dystrybucji towarów w systemie logistycznym. Każda firma musi posiadać zaplecze magazynowe, które jest istotną częścią systemu logistycznego i gdzie przechowywane są towary w celu zapewnienia ciągłości dostaw. Organizacja i dominacja poszczególnych procesów zachodzących w niej zależy od jej funkcji.

Energia elektryczna zajmuje ważne miejsce w strukturze kosztów tych obiektów. Systemy zasilania są wykorzystywane głównie do sterowania oświetleniem, wentylacją, klimatyzacją i magazynowaniem. Ważne jest stosowanie energooszczędnego oświetlenia oraz nowoczesnego sprzętu wentylacyjnego i klimatyzacyjnego.

Zarządzanie energią odgrywa kluczową rolę w gospodarowaniu energią elektryczną [1, 10, 14, 16, 17]. Prawdziwe możliwości oszczędzania energii wynikały ze spójności i integracji wszystkich systemów w budynku. Optymalne wyniki uzyskuje się, gdy program wykorzystuje dostępne zasoby sprzętowe.

### 4. Laboratorium inteligentnych liczników

Bieżąca praca przewiduje uzupełnienie Laboratorium o urządzenia do zarządzania energią i inteligentne liczniki w gospodarstwach prosumentów. Dyrektywy UE definiują „inteligentny licznik” jako zestaw urządzeń służących do pomiaru energii elektrycznej i do przesyłania informacji pomiarowych za pośrednictwem systemu komputerowego (rys. 6). Zakłada się, że korzystanie z tych modeli przyniesie korzyści w wielu aspektach: ekonomicznym, funkcjonalnym, użytkowym, edukacyjnym i środowiskowym.

W połączeniu z aktorami energetycznymi i serwerami wizualizacji będą one uzupełnieniem systemu zarządzania energią w instalacji prosumenta.

### 5. Podsumowanie

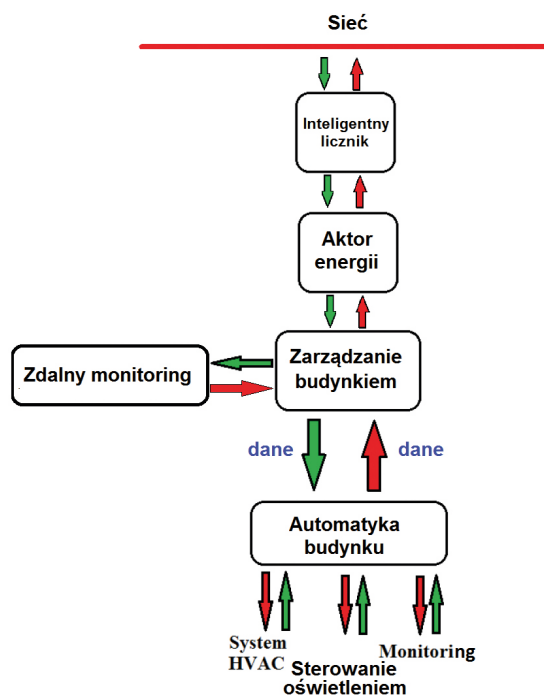
Ze względu na specyfikę i zróżnicowanie każdego obiektu działanie projektanta nie może opierać się na powielaniu gotowych rozwiązań. Musi zawsze dokonać krytycznej oceny i sprawdzić funkcjonalność w sprawie.

Ze względu na różnorodność czynników klasyfikacji (od warunków klimatycznych po specyfikację procesu technologicznego) ważne jest, aby projektant współpracował z inżynierami z innych dziedzin, posiadającymi doświadczenie w tej dziedzinie.

Właściwe zarządzanie energią jest jednym z najważniejszych problemów w funkcjonowaniu budynków.

Dostępność nowoczesnych zintegrowanych instalacji elektrycznych coraz częściej zwiększa ich wykorzystanie. Projektanci nowoczesnych instalacji elektrycznych powinni kierować się efektywnością energetyczną w budynkach. Takie podejście wymaga jednak bardzo dobrej znajomości działania





Rys. 6. Zasilanie automatyki budynkowej w gospodarstwie prosumenta z wykorzystaniem aktora energii i inteligentnego licznika

nowoczesnego sprzętu instalacyjnego oraz szeregu obliczeń i analiz. Zastosowanie modeli w laboratorium badawczym pozwala badać zagadnienia będące przedmiotem integracji systemów automatyki budynkowej. Konieczne jest poznanie interakcji między tymi systemami a niezintegrowanymi urządzeniami.

Daje to następujące korzyści:

- potencjalne obniżenie kosztów i czasu rozwoju produktu, przy jednoczesnym podniesieniu jego jakości i trwałości;
- decyzje projektowe mogą być podejmowane w oparciu o ich wpływ na funkcjonowanie produktu;
- projekty mogą być analizowane i ulepszone za pomocą symulacji komputerowych zamiast testowania fizycznego prototypu [14, 15];
- modele umożliwiają uwzględnienie funkcjonalności produktu na wcześniejszym etapie jego opracowywania, gdy zmiany projektu są mniej kosztowne w implementacji;
- modele pozwalają zespołom inżynierów zarządzać ryzykiem i mieć świadomość konsekwencji ich projektów;
- zintegrowane zarządzanie danymi i procesy CAE umożliwiają szerszej społeczności efektywne wykorzystanie wyników analiz i ulepszeń projektów;
- istotnym czynnikiem wpływającym na wdrażanie nowych technologii w budynkach jest wzrost kosztów operacyjnych. Podstawowym kosztem jest energia, która stanowi około 60% całkowitego rachunku [18, 19, 20].

## Literatura

- [1] BORKOWSKI P.: *Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2009.
- [2] BUCZAJ M., SUMOREK A.: *Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu*. „Motrol” 12/2010.

- [3] HORYŃSKI M., MAJCHER J.: *Automatyka budynkowa jako element bezpieczeństwa*. „Technika Transportu Szynowego” 12/2016.
- [4] F&F: *Materiały katalogowe producenta systemu F&F Home Radio*, 2014.
- [5] HORYŃSKI M.: *The application of dispersed processing networks in order to optimize the energy consumption in contemporary buildings*. „Przegląd Elektrotechniczny” 7/2013.
- [6] KACEJKO P., PIJARSKI P., GAŁĄZKA K.: *Prosument – Friend, Enemy, or just a hobbyist?* XX Scientific and Technical Conference „Energy Market” (REE 2014), 21–23.05.2014, Kazimierz Dolny, p. 92-98.
- [7] KUNA-BRONIOWSKI M., ADAMIEC M.: *A fuel cell as a power source for computing devices in agriculture*. „Agricultural Engineering” 8(68)/2005.
- [8] *Materiały katalogowe ABB*, 2012.
- [9] MIKULIK J.: *Budynek inteligentny – podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych. Tom II*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [10] OŻADOWICZ A.: *Magistralne zintegrowane systemy automatyki budynku – porównanie systemów EIB/KNX i LonWorks*, „Elektrotechnika i Elektronika”, 21, vol. 1, Wydawnictwo AGH, Kraków 2002.
- [11] PETYKIEWICZ P.: *Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku*. COSiW SEP, Warszawa 2001.
- [12] SZUŁZYK-CIEPLAK J., LENIK K., KORGA S., OZONEK J., JUCHNOWICZ R.: *Możliwość usprawnień w zakresie bezpieczeństwa na przykładzie zakładów poligraficznych*. „Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych” 1/2016.
- [13] SZUŁZYK-CIEPLAK J., LENIK K., ŁOBODA D.: *Bezpieczeństwo pożarowe obiektów w aspekcie wymogów specjalnych ośrodków oświatowo-wychowawczych*. „Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych” 1/2015.
- [14] TROJANOWSKA M., SZUL T.: *Modelling of energy demand for heating buildings, heating tap water and cooking in rural households*. Teza Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN – 2006, 6A, p. 184–190.
- [15] URZĘDOWSKI A., WÓJCICKA-MIGASIUK D.: *Visual analysis of heat transport in unique object*. „Advances in Science and Technology Research Journal” nr 28, vol. 9, 2015.
- [16] Norma PN-EN ISO 50001:2012, Systemy zarządzania energią – Wymagania i zalecenia użytkownika.
- [17] Podręcznik produktu aktora energetycznego SE/S 3.16.1 firmy ABB.
- [18] SINOPOLI J.: *Smart Buildings Systems for Architects, Owners and Builders*. Elsevier, 2010.
- [19] SINOPOLI J.: *Advanced Technology for Smart Buildings*. Artech House, 2016, pp. 272.
- [20] SPRYCHA I.: *Standard PN-ISO 50001:2012 – Energy Management Systems – requirements and recommendations for use*.

dr inż. Marek B. Horyński – Katedra Podstaw Techniki,  
Politechnika Lubelska;  
e-mail: m.horynski@pollub.pl

# Sieci LPWAN do zdalnego odczytu liczników i monitorowania sieci zasilającej w inteligentnych budynkach

Piotr Derbis, Mariusz Nowak

## 1. Wprowadzenie

Ciągły postęp techniczny i rozwój nowych technologii przyczyniają się do nieustannego zwiększania komfortu życia w budynkach, w których ludzie spędzają coraz więcej czasu. Inteligentne budynki dostarczają użytkownikom komfortowych warunków pracy, a ich właścicielom gwarantują minimalizację kosztów funkcjonowania infrastruktury technicznej. Rozwój technologii informatycznych, powszechny dostęp do coraz bardziej zaawansowanych układów elektronicznych i postęp w opracowywaniu zaawansowanych rozwiązań z dziedziny automatyki spowodowały rewolucję w sterowaniu i zarządzaniu instalacjami technicznymi w budynkach. Do prawidłowego funkcjonowania instalacji budynkowych, zapewnienia bezpieczeństwa osób, jak i gwarancji odpowiednich efektów ekonomicznych niezbędne jest pozyskiwanie różnorodnych danych z urządzeń funkcjonujących w inteligentnych budynkach oraz danych dotyczących aktualnych wartości parametrów charakteryzujących komfort mikroklimatyczny wewnątrz pomieszczeń. Do pozyskiwania tych danych służą zarówno standardowe czujniki pomiarowe, jak i rozbudowane inteligentne urządzenia pomiarowe [1, 2]. Funkcjonowanie inteligentnych urządzeń pomiarowych gwarantuje bieżący dostęp do informacji o zużyciu energii i jej kosztach. Informacje te pozwalają na budowę profilu odbiorcy i takie sterowanie poborem mocy, aby maksymalnie wykorzystać zmieniające się ceny energii w szczycie i poza szczytem. W artykule przedstawione zostaną sieci radiowe dalekiego zasięgu LPWAN. Wybrana technologia LoRaWAN zostanie przetestowana ze względu na możliwości wykorzystania jej do komunikacji z licznikami energii elektrycznej.

## 2. Inteligentne budynki

Chcąc zdefiniować pojęcie inteligentnego budynku, mamy najczęściej na myśli obiekt wyposażony w automatykę budynkową, której zadaniem jest sterowanie funkcjami i instalacjami technicznymi budynku, a w szczególności najbardziej energochłonnym systemem HVAC (ang. *Heating, Ventilation, Air Conditioning*). Rozszerzeniem definicji inteligentnego budynku jest informacja o funkcjonowaniu w nim systemu BMS (ang. *Building Management System*), w którym integrowane są wszystkie techniczne instalacje budynkowe i centrale alarmów oraz realizowane są funkcje zarządzania budynkiem [1, 3]. Jeśli do wymienionych funkcjonalności systemu BMS

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono ideę funkcjonowania systemów BMS i OMS w inteligentnych budynkach. Opisano nowe funkcjonalności inteligentnych budynków wynikające z wprowadzania mikrogeneracji. Scharakteryzowano sieci radiowe dalekiego zasięgu LPWAN oraz porównano najpopularniejsze technologie sieciowe niskoenergetyczne. Wybraną technologię LoRaWAN przetestowano ze względu na możliwości wykorzystania jej do komunikacji z licznikami energii elektrycznej i monitorowania sieci zasilającej w inteligentnych budynkach.

Słowa kluczowe: BMS, OMS, LPWAN, LoRaWAN

### LPWAN NETWORK FOR ENERGY METERS READING AND MONITORING OF POWER SUPPLY NETWORK IN INTELLIGENT BUILDINGS

**Abstract:** In this article the idea of functioning of BMS and OMS systems in intelligent buildings is presented. New functionalities of intelligent buildings resulting from the introduction of microgeneration are described. The long-range radio networks LPWAN were characterized and the most popular low-energy network technologies were compared. The selected LoRaWAN technology was tested for its use for communication with energy meters and monitoring the power supply network in intelligent buildings.

Keywords: BMS, OMS, LPWAN, LoRaWAN

dodany zostanie system automatyki procesów realizowanych wewnątrz budynku, dochodzimy do definicji Systemu Zarządzania Obiektem – OMS (ang. *Object Management System*), którego zadaniem jest integrowanie sterowania budynkiem ze sterowaniem zachodzących w nim procesów. Funkcjonowanie OMS spotykane było do niedawna głównie w obiektach przemysłowych, w których realizowane procesy charakteryzowały się dużą energochłonnością, a powiązanie działania automatyki budynku z automatyką procesów pozwalało na uzyskiwanie dużych oszczędności energii.

Wydaje się jednak, że funkcjonalność systemu OMS będzie musiała w najbliższej przyszłości ulec rozszerzeniu na skutek bardzo dynamicznego rozwoju nowych technologii związanych

z wytwarzaniem energii w mikroinstalacjach oraz sposobami zarządzania siecią elektryczną zasilającą inteligentny budynek. Ewolucja systemu OMS zapewne najszybciej nastąpi w przypadku zarządzania kompleksem budynków biurowych, dużymi centrami handlowymi, wydzielonymi osiedlami z kompleksami budynków mieszkalnych.

Możliwość produkcji energii elektrycznej w miejscu jej użytkowania zaczyna mieć duży wpływ na rozwój sieci dystrybucyjnej, sposoby zarządzania siecią i konieczność stosowania nowych rozwiązań układów automatyki. Konieczne będzie rozszerzenie funkcjonalności inteligentnego budynku o:

- urządzenia systemu wytwarzania energii elektrycznej, np. instalację fotowoltaiczną zainstalowaną na dachu lub elewacji budynku;
- urządzenia systemu magazynowania energii, takie jak zasobniki energii elektrycznej z możliwością oddania jej z powrotem do zużycia przez odbiorcę końcowego oraz zasobniki energii cieplnej, w których energia elektryczna jest zamieniana na energię cieplną magazynowaną w izolowanych zbiornikach wody i oddawana do wykorzystania jako ciepła woda użytkowa lub woda do celów grzewczych;
- stanowiska ładowania samochodów elektrycznych.

Nowe funkcjonalności budynków będą wymuszały zmiany w zasadach projektowania instalacji elektrycznych w nowych budynkach, modernizację już istniejących układów zasilania oraz zmiany algorytmów sterowania zapotrzebowaniem budynku na energię elektryczną z uwzględnieniem energii wyprodukowanej w miejscu. Dysponując lokalnym potencjałem w postaci magazynów energii, konieczne będzie także opracowanie strategii ich optymalnego wykorzystania w oparciu nie tylko o prognozę zapotrzebowania, ale również o prognozę produkcji energii z własnych źródeł wytwórczych. Nowym zjawiskiem może być nadmiar mocy w stosunku do aktualnego zapotrzebowania i związane z tym odwrotne przepływy energii w kierunku do sieci elektroenergetycznej.

Wspomniane systemy OMS będą musiały uwzględniać zmiany w strukturze zasobów wewnętrznej sieci elektrycznej i jednocześnie rozszerzać zakres stosowanych kryteriów regulacji, w tym regulacji z zastosowaniem algorytmów predykcyjnych [1, 3]. Oprócz optymalizacji zużycia energii w budynku lub kompleksie budynków istotne będzie zmniejszanie przepływów energii w miejscach przyłączenia do publicznej sieci elektroenergetycznej. Celem nadrzędnym systemów optymalizacji będzie możliwie maksymalne wykorzystanie własnych zasobów energetycznych.

Już dzisiaj na rynku dostępne są zarówno systemy fotowoltaiczne (PV – ang. *Photovoltaics*), jak i magazyny energii małej oraz średniej mocy. Coraz powszechniejsze jest instalowanie punktów ładowania samochodów elektrycznych, szczególnie w centrach handlowych lub na stacjach benzynowych. Aby wykorzystać w pełni możliwości nowych technologii w budynkach inteligentnych, konieczne jest określenie zasad współpracy odbiorcy energii elektrycznej z Operatorem Sieci Dystrybucyjnej, zarówno w zakresie uzgodnień technicznych, jak i formalno-prawnych regulujących obowiązki obu stron. Przyjmuje się, że nowe uregulowania prawne wprowadzane przez ustawę

„Prawo energetyczne” w znacznym stopniu uproszczą ten proces, określając zasady wprowadzania do sieci odbiorców końcowych nowych rozwiązań technologicznych.

### 3. Sieci radiowe dalekiego zasięgu LPWAN i Internet Rzeczy

W systemie sterowania w inteligentnych budynkach konieczne jest zapewnienie komunikacji pomiędzy czujnikami i urządzeniami wykonawczymi a systemem BMS. Komunikacja najczęściej realizowana jest z wykorzystaniem połączenia poprzez magistralę szeregową (np. *twisted pair bus*), sieć zasilającą 230 V AC (technologia PLC – ang. *Power Line Communication*) oraz połączenia RF (technologia radiowa krótkiego zasięgu). W komunikacji bezprzewodowej można wyróżnić takie standardy, jak: Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, Wireless M-bus oraz WiFi [4]. Wszystkie z wymienionych technologii można wykorzystać do odczytu liczników wody, ciepła, gazu oraz energii elektrycznej, jeśli tylko odległości pomiędzy urządzeniami w sieci mieszczą się w zasięgu działania danej technologii. Z reguły jest to dystans od kilku do kilkudziesięciu metrów.

Nowe możliwości w komunikacji pomiędzy urządzeniami wykonawczymi i czujnikami pomiarowymi a systemami sterowania i zarządzania pojawiły się wraz z rozwojem technologii dedykowanych dla Internetu Rzeczy. Są to rozwiązania z zakresu komunikacji bezprzewodowej, takie jak Sigfox, LoRaWAN, LTE Cat M1, NB-IoT, RF Mesh, określane jako niskoenergetyczne sieci radiowe dalekiego zasięgu LPWAN (ang. *Low Power Wide Area Network*). Wspólną cechą wymienionych rozwiązań jest osiągnięcie większych zasięgów oraz zmniejszenie mocy urządzeń końcowych kosztem zmniejszenia przepustowości [5]. Należy podkreślić, że oprócz wymienionych technologii radiowych do komunikacji z różnymi urządzeniami wykorzystywane były od wielu lat także sieci komórkowe GSM/GPRS/LTE. Przykładem mogą być systemy zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej zainstalowanych w sieciach elektroenergetycznych wyższych napięć (sieci o napięciu powyżej 1 kV). Wraz z wprowadzeniem Smart Meteringu, czyli inteligentnych liczników dla odbiorców komunalnych, technologie GSM/GPRS/LTE zaczęto także wykorzystywać do zdalnego odczytu liczników w sieciach niskiego napięcia.

Szybki rozwój Internetu Rzeczy spowodował dwutorowy rozwój urządzeń GSM/GPRS/LTE i podział na urządzenia przeznaczone dla telefonii komórkowej oraz urządzenia dedykowane dla Internetu Rzeczy nazywanego także Cellular IoT (CIoT). W obszarze CIoT pojawiły się dwa najbardziej rozpowszechnione standardy: LTE Cat M1 oraz Narrowband IoT (NB-IoT, ang. *Narrowband Internet of Things*). Wraz z rozwojem architektury 5G dla kolejnej generacji urządzeń LTE oraz rozwojem platform chmurowych do przetwarzania danych, wprowadzone zostało kolejne pojęcie: *Industrial Internet of Things* (IIoT) odnoszące się do urządzeń wspomagających procesy produkcyjne i technologie przemysłowe.

W tabeli 1 przedstawiona została charakterystyka sieci komunikacyjnych LPWAN stosowanych w dziedzinie Internetu Rzeczy. Dla porównania parametrów zestawiono technologie Cellular IoT wprowadzane przez operatorów sieci komórkowych,



pracujące w licencjonowanych pasmach częstotliwości oraz technologicznie wykorzystujące nielicencjonowane pasma ISM. W paśmie 868 MHz pracują trzy spośród przedstawionych: Sigfox, LoRaWAN, Wi-SUN (*Wireless Smart Utility Network*), z których ostatnia jest szczególnie predysponowana do odczytu liczników energii elektrycznej, wody i gazu [6]. Sieć Wi-SUN oparta jest na standardzie IEEE 802.15.4g opisującym sieć urządzeń końcowych pracujących w konfiguracji Mesh, gdzie – w odróżnieniu do Sigfox i LoRaWAN – urządzenia końcowe nie muszą być połączone bezpośrednio ze stacją bazową w sytuacji, gdy nie ma zasięgu radiowego, lecz mogą być połączone za pośrednictwem innego urządzenia końcowego lub routera Wi-SUN. Taka architektura sprawia, że sieć typu Mesh konfiguruje się dynamicznie w zależności od rozmieszczenia urządzeń w terenie i jakości sygnału radiowego dla połączeń pomiędzy urządzeniami oraz pomiędzy urządzeniami a stacją bazową.

Zestawione w tabeli 1 technologie różnią się nie tylko parametrami technicznymi, ale również warunkami związanymi z wdrożeniem, kosztami urządzeń, kosztami eksploatacji, wymaganym stopniem zabezpieczenia kanału komunikacyjnego oraz niezawodnością i wielkością systemu.

Porównanie technologii komunikacyjnych można przeprowadzić w oparciu o przedstawione poniżej kryteria, istotne z punktu widzenia wymagań dla Internetu Rzeczy [7].

- **Jakość usługi** – rozumiana jako niezawodność. W przypadku usług operatorów sieci komórkowych jest ona duża, lecz wiąże się z większym kosztem usługi. Dodatkowo usługa jest standardowa, a więc dostępna na obszarze np. całego kraju. Z drugiej strony, jeśli parametry niezawodności i prędkości transmisji nie są priorytetowe, to ponosząc mniejsze nakłady finansowe, można zastosować sieć LoRaWAN, uzyskując porównywalny zasięg komunikacji.
- **Czas życia baterii i tryb uśpienia** – parametry wpływające na czas pracy urządzenia bez konieczności serwisowania. W przypadku urządzeń CIoT pobór prądu z baterii jest większy, jednak czas reakcji urządzeń końcowych krótszy i prędkość transmisji większa w porównaniu z LoRaWAN.
- **Pokrycie sieci i zasięg** – w przypadku urządzeń i sieci pokrycie dla CIoT będzie takie samo, jak dla sieci LTE (te same stacje bazowe), przy czym wymagane jest uruchomienie obsługi urządzeń przez operatora sieci LTE na danym obszarze. Sieci prywatne oparte o pasmo ISM mogą mieć lepsze pokrycie i zasięg na terenach wiejskich, natomiast w terenie zurbanizowanym parametry są porównywalne. Oba parametry zależą od mocy wyjściowej, gdzie dla LTE wynosi ona 20 do 23 dBm, czyli 100 do 200 mW, a dla pasma 868 MHz 14 dBm, czyli 25 mW. Zatem pomimo kilkukrotnie mniejszej mocy sieci te dorównują zasięgiem i pokryciem sieciom CIoT. Jest to ich duża zaleta w przypadku budowania prywatnej niezależnej sieci dalekiego zasięgu.
- **Lokalizacja** – zależnie od przeznaczenia, sieć może być oparta o istniejące stacje bazowe telefonii komórkowej, zatem koszty uruchomienia nowej usługi w istniejącej infrastrukturze nie są duże. Natomiast z drugiej strony może to być ograniczenie w porównaniu np. z technologią LoRaWAN, gdzie rozmieszczenie gatewayów w terenie może być dostosowywane do konkretnych wymagań projektu.

- **Koszt sieci** – obejmuje koszty urządzeń końcowych, stacji bazowych, bramek, opłaty za użytkowanie aplikacji chmurowych na zasadach komercyjnych, abonamenty sieci LTE. Przygotowanie całkowicie prywatnych sieci, np. LoRaWAN, również wymaga poniesienia kosztów na zbudowanie własnej warstwy serwerów sieciowych oraz serwerów aplikacyjnych.

Spośród technologii przedstawionych w tabeli 1, biorąc pod uwagę zarówno parametry techniczne, jak i dostępność urządzeń oraz wsparcie od strony istniejących i sprawdzonych platform chmurowych, do testów w zakresie możliwości odczytu liczników energii elektrycznej wybrana została technologia LoRaWAN.

Istotną zaletą tej sieci w porównaniu z innymi technologiami jest niższy koszt urządzeń końcowych oraz koszt wdrożenia samej sieci. Natomiast możliwe do osiągnięcia zasięgi komunikacji są porównywalne z komercyjnymi sieciami LTE. Oprócz tego sieć gatewayów może być w dowolny sposób zagęszczana lub rekonfigurowana w zależności od wymagań danego projektu sieci komunikacyjnej.

#### 4. Wykorzystanie sieci LoRaWAN do komunikacji z licznikami energii elektrycznej i monitorowania sieci zasilającej w budynkach

Przy znacznym rozbudowaniu struktury zasilania oraz powiązaniach pomiędzy wytwarzaniem, magazynowaniem i zużyciem energii konieczne będzie wprowadzenie wewnętrznego systemu opomiarowania i zarządzania przepływami energii w sieci. System powinien składać się z liczników energii elektrycznej, urządzeń warstwy komunikacyjnej i aplikacji odpowiedzialnej za akwizycję danych pomiarowych. System opomiarowania przepływu energii w budynku powinien funkcjonować na poziomie systemu OMS.

##### 4.1. Warstwa sprzętowa – liczniki energii elektrycznej

Pierwszym elementem systemu będą liczniki, najczęściej już funkcjonujące, zainstalowane na granicy z siecią publiczną i służące do rozliczeń z dostawcą energii, oraz liczniki w sieci wewnętrznej, przeznaczone do rozliczeń z odbiorcami. W dalszej kolejności liczniki we wszystkich kluczowych punktach sieci.

Wymagane będzie zastosowanie liczników 3-fazowych, dwukierunkowych, do pomiaru energii czynnej i biernej (wymagania takie spełnia np. licznik E650 ZMD410CT44.0459 firmy Landis+Gyr), wyposażonych w szereg dodatkowych elementów i funkcji, takich jak [8]:

- moduł do taryfikacji energii i mocy oraz wewnętrzny zegar sterujący pracą modułu;
- rejestracja profili obciążenia dla wszystkich rodzajów energii – kolejne wartości rejestrów energii zapamiętywane co 15 minut;
- rejestracja energii całkowitej oraz dla każdej z faz;
- pomiar mocy całkowitej czynnej i biernej oraz dla każdej z faz oddzielnie;
- pomiary wartości sieciowych, takich jak napięcia, prądy, współczynnik mocy, współczynnik zawartości wyższych harmonicznych w napięciach i prądach, częstotliwość sieci;

Tabela 1. Charakterystyka technologii niskoenergetycznych sieci radiowych dalekiego zasięgu – LPWAN [5, 6, 7]

Technologia Parametry	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT, 3GPP	Wi-SUN IEEE 802.15.4g	LTE Cat M1
Częstotliwość pasma, rodzaj	863–870 MHz (868,0–868,2 MHz)	863–870 MHz (867,0–868,6 MHz)	GSM 900 MHz, LTE 800 MHz, Standalone GSM LTE – In-Band LTE – Guard Band	863–870 MHz	LTE 800 MHz
Ilość kanałów/ szerokość kanału	2000/100 Hz	8/125 kHz (250, 500 kHz)	DL: 12/15 kHz (OFDM) UL: 12/15 kHz (SC-FDMA)	35/200 kHz	6/180 kHz
Modulacja	DBPSK (Differential Binary Phase Shift-Keying)	CSS (Chirp Spread Spectrum), GFSK	BPSK, QPSK	FSK, GFSK	BPSK, QPSK, 16QAM
Prędkość transmisji	UL: 100 bps DL: 600 bps Max. payload 12 bajtów, 140 pakietów/dzień	0,3–11 kbps <50 kbps (FSK)	20–250 kbps	50–300 kbps	<1 Mbps
Moc wyjściowa	14 dBm	14 dBm	20/23 dBm	14 dBm	20/23 dBm
Rodzaj sieci	Prywatna SIGFOX, konfiguracja gwiazda	Prywatna, konfiguracja gwiazda, Mesh	Sieć komórkowa LTE	Prywatna, konfiguracja Mesh	Sieć komórkowa LTE
Zasięg: miasto/teren wiejski	9/40 km	5/15 km	35 km	2/5 km	-
Praca na baterii	20 lat	10 lat	10 lat	w trakcie testów	5–10 lat

- rejestracja zdarzeń mających wpływ na rzetelność pomiarów, funkcje antykradzieżowe;
- dodatkowe wyjścia dwustanowe, pozwalające na konfigurowanie sygnałów alarmowych;
- dodatkowy zasilacz podtrzymujący pracę licznika w przypadku wyłączenia danego odbiornika lub punktu pomiarowego;
- interfejsy komunikacyjne obejmujące zarówno standardy złączy elektrycznych (RS232, RS485) jak i standardy protokołów komunikacyjnych, z których najczęściej stosowanym jest protokół opisany pakietem norm serii IEC 62056, nazwany protokołem dlms.

W rozbudowanym systemie pomiarowym możliwe będzie także zastosowanie tak zwanych liczników inteligentnych, które instalowane będą głównie u odbiorców komunalnych, posiadające oprócz wcześniej wymienionych funkcji standardowych także funkcje dodatkowe, takie jak:

- zdalnie sterowany rozłącznik, pozwalający na wyłączanie poszczególnych odbiorców po przekroczeniu przez nich określonego poziomu pobieranej mocy czynnej;
- dodatkowy interfejs do komunikacji z siecią domową – Home Area Network;
- możliwość wysyłania z systemu pomiarowego na wyświetlacz licznika informacji tekstowych przeznaczonych dla danego klienta.

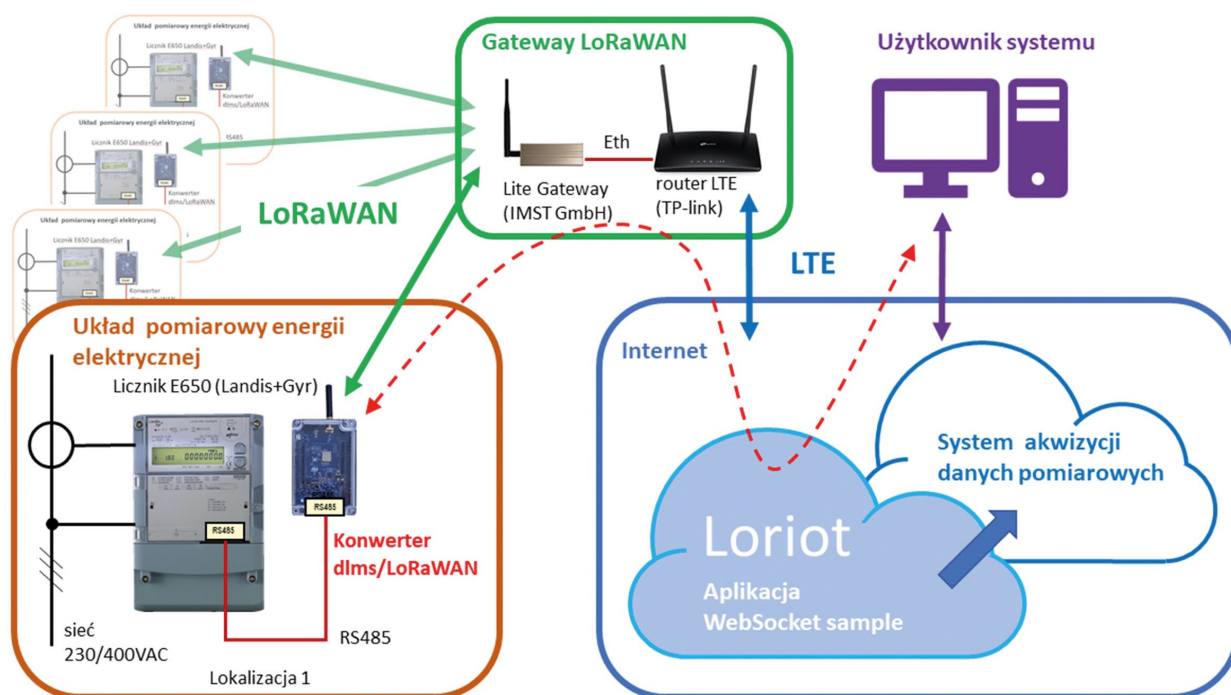
Spośród wymienionych powyżej funkcji interfejsy komunikacyjne nabierają szczególnego znaczenia w kontekście nowych

technologii informatycznych opartych na platformach chmurowych do przetwarzania i wizualizacji danych, rozwoju usług sieciowych oraz wykorzystania algorytmów sztucznej inteligencji do sterowania obiektami. W przypadku systemów pomiarowych warunkiem determinującym wprowadzenie nowych rozwiązań informatycznych jest ciągły dostęp do danych pomiarowych w czasie rzeczywistym, a tym samym dostęp do interfejsu komunikacyjnego licznika.

Wspomniany wcześniej protokół dlms jest sprawdzonym i stosowanym standardem komunikacji w układach pomiarowych energii elektrycznej. Wykorzystywany jest w licznikach bezpośrednich 1-fazowych (np. typu *smart*) przeznaczonych do zainstalowania u odbiorców komunalnych, jak i w licznikach 3-fazowych zainstalowanych w przyłączach budynków, w centrach handlowych, budynkach biurowych oraz u odbiorców przemysłowych. Protokół posiada dwie cechy istotne z punktu widzenia sposobu komunikacji:

- wymiana danych pomiędzy urządzeniem a systemem odczytowym oparta jest o model client/server, w którym licznik pełni funkcję serwera;
- protokół jest zorientowany połączeniowo, gdzie sesja komunikacji obejmuje 3 fazy: nawiązanie połączenia na poziomie aplikacji, wymianę pakietów i odczyt danych oraz zakończenie sesji połączeniowej; całość procesu musi trwać nieprzerwanie [9].

Protokół został pierwotnie opracowany do odczytu liczników poprzez sieć komutowaną telefonii stacjonarnej. Następnie był stosowany w sieciach GSM kolejnych generacji: 2G, 3G



Rys. 1. Schemat kanału komunikacyjnego do odczytu liczników energii elektrycznej w sieci LoRaWAN z wykorzystaniem konwertera dlms/LoRaWAN i platformy chmurowej Loriot (opracowanie własne)

aż do obecnie stosowanej sieci 4G – LTE. Struktura protokołu pozwala użytkownikom posiadającym odpowiednie uprawnienia na nawiązanie połączenia i otwarcie sesji komunikacyjnej, a następnie na zdalny dostęp do danych i parametrów licznika. Komunikacja najczęściej wymaga zastosowania modemów lub routerów sieciowych i korzystania z płatnych usług operatorów telefonii komórkowej dla zapewnienia wymaganej ciągłości połączenia oraz małych opóźnień (rzędu kilkuset milisekund) przesyłanych pakietów.

Opisany sposób komunikacji wynika z koncepcji architektury systemu akwizycji danych. Aplikacja, razem z bazą danych, zainstalowana jest w centralnej lokalizacji, skąd inicjowane są (np. raz na dobę) połączenia z licznikami i odczyt danych pomiarowych. Oprogramowanie musi posiadać zaimplementowane drivery protokołów, zapewniające odczyt urządzeń różnych producentów. Mimo że obowiązuje jeden standard – norma IEC 62056 – w praktyce każdy z producentów implementuje go w liczniku w nieco odmienny sposób, co prowadzi w systemie do konieczności zaimplementowania kilku driverów protokołu dlms.

#### 4.2. Warstwa komunikacyjna

Drugim elementem systemu opomiarowania są urządzenia warstwy komunikacyjnej oraz zastosowana technologia sieciowa. Dotychczas najczęściej stosowanym rozwiązaniem była wspomniana już sieć operatora telefonii komórkowej lub sieć ethernetowa TCP/IP, jeśli została ona wcześniej doprowadzona do wszystkich miejsc zainstalowania liczników. Oba rozwiązania mają swoje ograniczenia. Ograniczenie pierwszego

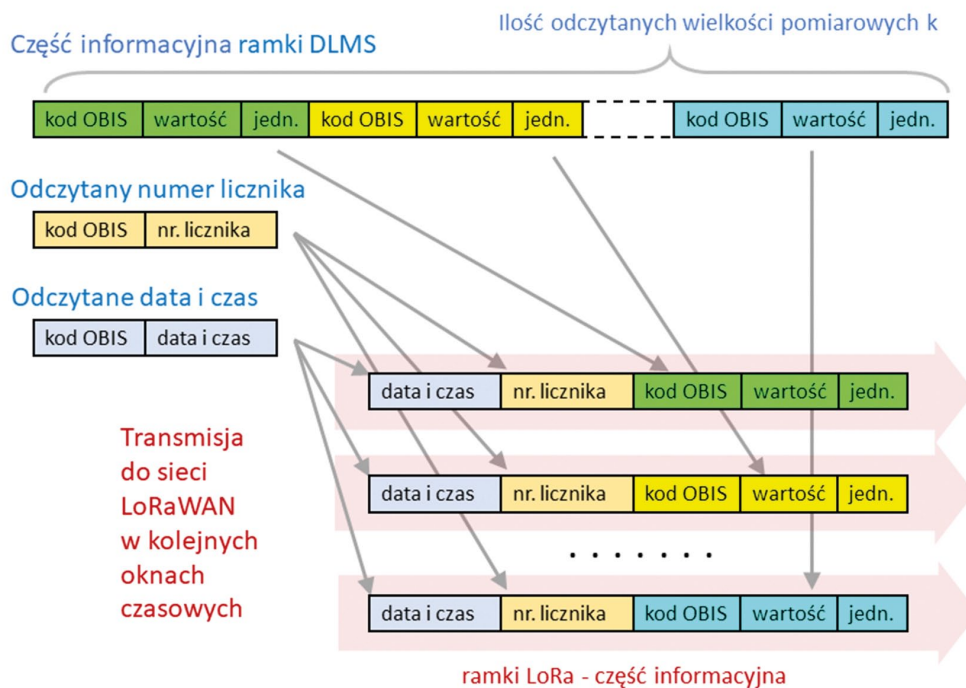
z wymienionych związane jest z koniecznością ponoszenia opłat za usługi telekomunikacyjne. Drugie z kolei wymaga posiadania rozbudowanej wewnętrznej sieci TCP/IP, ponieważ jej rozbudowa tylko na potrzeby systemu pomiarowego powoduje przewymiarowanie kanałów komunikacyjnych i jest nieopłacalna.

Wykorzystanie sieci LoRaWAN do komunikacji z licznikami energii elektrycznej wymagało rozwiązania dwóch, przedstawionych poniżej problemów.

- Cechy protokołu dlms uniemożliwiają włączenie liczników wprost do sieci LoRaWAN bez konieczności zastosowania dodatkowych urządzeń pośredniczących. Sieć nie zapewnia wymaganej przez dlms ciągłości połączenia, ponieważ z powodu ograniczeń w zajętości pasma ISM do wartości 1% wymagane jest zachowanie odstępów czasowych pomiędzy kolejnymi ramkami danych. Nawet przy największych przewidywanych prędkościach odstęp pomiędzy ramkami może dochodzić do 2 sekund [10].
- Protokół sieci LoRaWAN dla urządzeń końcowych klasy A zakłada przede wszystkim komunikację jednokierunkową (*uplink*), a więc przesył danych z urządzenia do serwera aplikacyjnego [11]. Nie jest przewidywana duża przepustowość kanału dla kierunku *downlink*. Cecha ta całkowicie uniemożliwia zastosowanie trybu połączenia sesyjnego dlms, w którym odczyt polega na wymianie ramek typu zapytanie – odpowiedź.

Aby rozwiązać przedstawione problemy, opracowano konwerter protokołu dlms/LoRaWAN, którego głównym zadaniem jest





Rys. 2. Przetwarzanie części informacyjnej ramki dlms z danymi pomiarowymi na odpowiadające im zawartości ramek w sieci LoRaWAN

(opracowanie własne)

cykliczne lokalne odczytywanie danych pomiarowych z licznika energii elektrycznej z wykorzystaniem protokołu dlms, przetwarzanie ich do formatu i wielkości pakietów możliwych do transmisji poprzez sieć LoRaWAN, a następnie wysyłanie kanałem radiowym do gatewaya sieci. Strukturę kanału komunikacyjnego z zastosowaniem konwertera przedstawiono na rysunku 1. Urządzenie wyposażone jest w trzy porty komunikacyjne:

- interfejs RS485 przeznaczony do lokalnej komunikacji z licznikiem, obsługiwany przez zaimplementowany w konwerterze driver protokołu dlms;
- port USB wykorzystywany do parametryzowania urządzenia i lokalnego monitorowania odczytywanych danych pomiarowych oraz do zasilania konwertera; w przypadku, gdy lokalne monitorowanie nie jest konieczne, port służy jedynie do podłączenia zasilacza sieciowego;
- interfejs radiowy LoRa z wbudowanym stosem protokołu sieci LoRaWAN, dostarczonym przez firmę ST Microelectronics w formie bibliotek do oprogramowania wewnętrznego dla mikrokontrolerów STM32L0 – ARM Cortex M0+.

Z punktu widzenia sieci konwerter staje się urządzeniem końcowym – *end-nodem*, który z jednej strony realizuje wymianę danych z licznikiem w trybie client/server, z drugiej zaś strony jest źródłem danych okresowo wysyłanych w trybie *push* poprzez gateway do aplikacji zajmującej się akwizycją danych pomiarowych. Strukturę logiczną oraz sposób przetwarzania części informacyjnej

jednej ramki dlms na odpowiadający jej zestaw kilku ramek sieci LoRaWAN przedstawiono na rysunku 2. Konwerter pozwala na sparowanie częstotliwości odczytu licznika oraz listy odczytywanych wielkości. Podczas testowania pracy konwertera w układzie przedstawionym na rysunku 1 co 5 minut dokonywano odczytu 10 różnych wielkości, rejestrowanych lub mierzonych przez licznik. Format części informacyjnej ramek LoRa może być w dowolny sposób przygotowany, w zależności od wymagań aplikacji zajmującej się akwizycją danych. Jednym z popularnych formatów, stosowanych na przykład w aplikacjach webowych, jest format JSON możliwy do zaimplementowania w oprogramowaniu konwertera.

#### 4.3. Warstwa aplikacji

Zastosowanie konwertera pozwala na zmianę architektury systemu akwizycji danych pomiarowych i przesunięcie odczytu licznika do urządzenia lokalnego. Zmienia się charakter pracy oprogramowania, nie jest to aplikacja realizująca harmonogram odczytu (odpytywania) wszystkich liczników raz na dobę lub raz na kilka godzin, ale system działający w trybie nasłuchu, zbierający online dane przychodzące z wielu urządzeń w tym samym czasie. Sama koncepcja tak działającego systemu nie jest

reklama

nowa. Odczyt liczników energii elektrycznej z wykorzystaniem sieci LoRaWAN był realizowany w systemach służących do rozliczania odbiorców komunalnych, gdzie zastosowano specjalnie zaprojektowane do takiego rozwiązania liczniki z wbudowanym wewnętrznym modemem radiowym, pracującym w standardzie LoRa [12]. W zakresie protokołu komunikacyjnego odczyt ograniczony był tylko do jednej wielkości mierzonej energii czynnej.

Konwerter dlms/LoRaWAN, podłączony do liczników energii elektrycznej zainstalowanych w przyłączach do sieci elektroenergetycznej oraz w sieci wewnętrznej odbiorcy, pozwala na akwizycję danych ze standardowych urządzeń wyposażonych w interfejs dlms.

Wracając do opisu systemu zarządzania inteligentnym budynkiem, zawartego na początku opracowania, można zastanowić się, jak umieścić przedstawioną powyżej architekturę w strukturze systemu BMS lub OMS. W przypadku dużej liczby urządzeń – konwerterów oraz zwiększenia częstotliwości odczytów otrzymujemy strumień informacji, który w warstwie nadrzędnej będzie wymagał przetwarzania potokowego.


Kolejnym rozwiązaniem w zakresie warstwy aplikacyjnej może być przeniesienie akwizycji danych na platformę chmurową lub wykorzystanie gotowych platform oferujących usługi zarządzania siecią LoRaWAN. Popularnymi platformami tego typu są: The Things Network, Lorient, Actility, Cisco, ResIOT. Oferowane na platformach usługi dla zastosowań komercyjnych są płatne, stąd takie rozwiązania wymagają odpowiednich wcześniejszych kalkulacji finansowych. Wśród oferowanych usług jest także integracja sieci LoRaWAN ze środowiskiem programistycznym Microsoft Azure, zlokalizowanym w chmurze, oraz możliwość wykorzystywania oferowanych na platformie aplikacji dla Internetu Rzeczy.

### 5. Podsumowanie

Spśród dostępnych bezprzewodowych sieci komunikacji niskoenergetycznej do analizy wybrana została technologia LoRaWAN. Sieć LoRaWAN została wykorzystana do zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej i monitoringu sieci zasilającej w inteligentnym budynku. Proponowany system zdalnego odczytu i monitoringu składa się z warstwy sprzętowej, którą stanowią liczniki energii, warstwy komunikacyjnej, którą stanowi opracowany konwerter protokołu dlms/LoRaWAN, oraz warstwy aplikacji, w której można wykorzystać gotowe platformy chmurowe. Przedstawiony system, oparty na komunikacji za pomocą sieci LoRa, spełnia warunki stawiane systemom opomiarowania zużycia energii w inteligentnych budynkach. W obiektach takich dostęp do danych w czasie rzeczywistym warunkuje możliwość optymalnego zarządzania poborem mocy, a w przypadku funkcjonowania mikrogeneracji także odpowiednie zarządzanie dostępem do zmagazynowanej energii. Technologia LoRaWAN, jako jedna z przedstawicieli sieci bezprzewodowych niskoenergetycznych, może być z powodzeniem wykorzystywana w inteligentnych budynkach do monitorowania sieci elektrycznej, zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej, ciepła i wody.

### Literatura

- [1] NOWAK M., URBANIAK A.: *Rozwój automatyki. Cz. 1. „Builder”* 6/2018.
- [2] NOWAK M.: *Innowacyjne rozwiązania informatyczne wspomagające systemy sterowania, monitorowania i wizualizacji w inżynierii środowiska* [w:] DYMACEWSKI Z., JEŻ-WALKOWIAK J., NOWAK M., URBANIAK A. (RED.): *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, Wyd. PZITS O/Wielkopolski, Poznań 2018, s. 233–244.
- [3] NOWAK M., URBANIAK A.: *Rozwój systemów automatyki i zarządzania w budynkach* [w:] CZARNECKI L. (RED.): *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*, Wyd. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2017, s. 241–260.
- [4] KOPERSKI B., NOWAK M., SZYMBORSKA A.: *Wykorzystanie standardu LoRaWAN do budowy bezprzewodowych sieci sensorowych w inteligentnych budynkach*. „Napędy i Sterowanie” 6/2016.
- [5] LoRa Alliance Website, LoRa Technology, <https://loro-alliance.org/about-lorawan> (dostęp: 15.11.2018).
- [6] HARADA H., MIZUTANI K., FUJIWARA J., MOCHIZUKI K., OBATA K., OKUMURA R.: *IEEE 802.15.4g Based Wi-SUN Communication System*. IEICE Transactions on Communication, vol.E100-B, no. 7, July 2017, DOI: 10.1587/transcom.2016SCI0002.
- [7] SINHA S.R., WEI Y., HWANG S.: *A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT*, Division of Electronics and Electrical Engineering, Dongguk University – Seoul, Korea 2017.
- [8] *E650 Seria 3 Podręcznik użytkownika. Liczniki energii elektrycznej w standardzie IEC/MID. Segment przemysłowy i komercyjny (I&C), D000030110\_n\_PL*, Landis+Gyr AG, 2016-04-07 (wersja elektroniczna).
- [9] Green Book Edition 8.3, *Excerpt from Companion Specification for Energy Metering, DLMS/COSEM Architecture and Protocols*, DLMS User Association, 2017-06-30 (wersja elektroniczna).
- [10] ADELANTADO F., VILAJOSANA X., TUSET-PEIRO P., MARTINEZ B., MELIÀ-SEGUÍ J., WATTEYNE T.: *Understanding the Limits of LoRaWAN*. IEEE Communications Magazine, vol. 55, June 2017, DOI:10.1109/MCOM.2017.1600613.
- [11] LoRa Alliance Technical Committee, *LoRaWAN™ 1.1 Specification, Version 1.1*, LoRa Alliance, October 11, 2017, [https://loro-alliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawantm\\_specification\\_v1.1.pdf](https://loro-alliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawantm_specification_v1.1.pdf) (dostęp: 15.11.2018).
- [12] Semtech White Paper, *Real-world LoRaWAN™ Network Capacity for Electrical Metering Applications*, Semtech Corporation, [www.semtech.com/iot](http://www.semtech.com/iot), September 2017.

 dr inż. Mariusz Nowak – adiunkt w Instytucie Informatyki na

Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej,

e-mail: Mariusz.Nowak@put.poznan.pl;

mgr inż. Piotr Derbis – student kierunku Informatyka na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej, specjalność Aplikacje

wbudowane i mobilne dla Internetu Rzeczy,

e-mail: Piotr.Derbis@student.put.poznan.pl



# SENOMA

SENOMA Sp. z o.o., 40-153 Katowice, Al. Korfantego 191  
 tel. +48 32/730 30 30, tel. +48 32/730 30 31, fax +48 32/730 30 33  
 e-mail: senoma@senoma.pl, www.senoma.pl

www.senoma.pl

**TECHNIKA NAPĘDOWA**

MOTOREDUKTORY, PRZEKŁADNIE

H A M U L C E

W A Ł Y C A R D A N A

ŁAŃCUCHY, FLATTOPY

PIERŚCIEŃ

SILNIKI, FALOWNIKI, SOFTSTARTY

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2011**

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

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

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2010**

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

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

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

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

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

Declared by Rexnord

Uwe Palm  
 Key-Account-Manager  
 Mechelen, May 2010

Eric Bickley  
 General Manager  
 Mechelen, May 2010

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2012**

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

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

Declared by Rexnord

Lubomir Vlk  
 Area Sales Mng'r  
 Mechelen, June 2013

Rodrigo Madiedo  
 Coupling Marketing Mng'r  
 Mechelen, June 2013

Viva  
 Omega  
 Wrapflex  
 Thomas  
 Addax  
 Steelflex  
 Lifelign  
 Orange Peel Guard

www.senoma.pl

**TECHNIKA NAPĘDOWA**

S P R Z E G Ł A



# Praktyczne aspekty stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego maszyn

Radosław Gonet

## 1. Wprowadzenie

Wyłączniki awaryjne są elementami bezpieczeństwa instalowanymi w większości maszyn i urządzeń technicznych. Funkcja zatrzymania awaryjnego służy do jak najszybszego przerwania niebezpiecznego procesu pracy, bez stwarzania zagrożenia dla ludzi i środowiska oraz bez uszkodzania samej maszyny.

Urządzenia do zatrzymywania awaryjnego są stosowane powszechnie, lecz użytkownicy maszyn nie zwracają uwagi na praktyczne aspekty ich stosowania, które są szczególnie istotne zarówno podczas konstruowania maszyn, ich modyfikowania, modernizacji, tworzenia zespołów maszyn, jak też podejmowania działań dostosowawczych do wymagań bezpieczeństwa. Niejednokrotnie niezgodności dotyczące tego rodzaju urządzeń wskazywane są przez audytorów bezpieczeństwa bądź ujawniane w przypadku analizy bezpieczeństwa maszyny po zaistnieniu wypadku przy pracy podczas jej obsługi.

Wobec powyższego warto znać wymagania technicznego bezpieczeństwa dedykowane wyłącznikom awaryjnym, które pełnią podstawową rolę w zapobieganiu lub minimalizacji skutków wystąpienia sytuacji awaryjnej zagrażającej pracownikom.


## 2. Wymagania prawne

Aktualnie obowiązujące przepisy prawa nie definiują pojęcia „urządzenie do zatrzymywania awaryjnego”. Definicja taka zawarta została natomiast w normach: PN-EN ISO 13850:2016-03<sup>1</sup>, PN-EN 60204-1:2010<sup>2</sup> oraz PN-EN 60947-5-5:2002<sup>3</sup>, gdzie wskazano, że jest to urządzenie sterownicze, uruchamiane ręcznie, przeznaczone do zainicjowania funkcji zatrzymania awaryjnego.

Analiza obecnego stanu prawnego w aspekcie nałożenia obowiązku wyposażania maszyn i urządzeń technicznych w urządzenia do zatrzymywania awaryjnego wskazuje trzy podstawy prawne w tym zakresie:

1. § 52 ust. 2 rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650 ze zm.): „Gdy jest to konieczne w związku z zagrożeniami, jakie stwarza maszyna, i jej nominalnym czasem zatrzymania się, maszyna powinna być wyposażona w urządzenie do zatrzymywania awaryjnego”.
2. § 14 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz.U. Nr 191, poz. 1596 ze zm.): „Ze względu na zagrożenia, jakie stwarzają maszyny, w zależności od czasu ich

**Streszczenie:** Urządzenia do zatrzymywania awaryjnego są stosowane w większości maszyn. Ich użytkownicy nie zwracają uwagi na praktyczne aspekty ich stosowania, uznając, iż wymagania w tym zakresie powinien spełnić producent maszyny. Zdarza się jednak, że kontrole stanu bezpieczeństwa maszyn wykazują niezgodności dotyczące tego rodzaju urządzeń bezpieczeństwa. Wobec powyższego warto znać wymagania technicznego bezpieczeństwa dedykowane wyłącznikom awaryjnym, które pełnią podstawową rolę w zapobieganiu lub minimalizacji skutków wystąpienia sytuacji awaryjnej zagrażającej pracownikom.

 **Abstract:** Emergency stop devices are used in most machines. Their users do not pay attention to the practical aspects of their use, recognizing that the requirements in this respect should be met by the machine manufacturer. However, sometimes inspections of machine safety status show incompatibilities regarding this type of safety devices. Therefore it is worth knowing the technical safety requirements dedicated to emergency stops, which play a fundamental role in preventing or minimizing the effects of an emergency situation threatening employees.

zatrzymywania, wyposaża się je w urządzenie zatrzymania awaryjnego”.

3. § 24 ust. 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. Nr 199, poz. 1228 ze zm.): „Maszyna powinna być wyposażona w co najmniej jedno urządzenie do zatrzymywania awaryjnego, umożliwiające wyeliminowanie zaistniałego niebezpieczeństwa lub zapobieżenie jego wystąpieniu”.

Od stosowania powyższego przepisu (§ 24 ust. 1) rozporządzenie dopuszcza wyjątki, które mają zastosowanie do:

- maszyn, w których urządzenie do zatrzymywania awaryjnego nie obniżyłoby ryzyka ze względu na brak możliwości skrócenia czasu zatrzymania lub brak możliwości podjęcia szczególnych środków niezbędnych do przeciwdziałania ryzyku;
- maszyn przenośnych, trzymany w ręku i prowadzonych ręcznie.

### 3. Problemy interpretacyjne

Warto zwrócić uwagę na to, iż każdy z wymienionych w poprzednim rozdziale przepisów nieco inaczej formułuje obowiązek stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego, co pozwala na wskazanie występujących w nich niespójności:

1. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Obowiązek stosowania urządzenia do zatrzymywania awaryjnego warunkowany jest zagrożeniami generowanymi przez maszynę oraz jej czasem zatrzymania. Taki sposób sformułowania przepisu powoduje, że podstawą decyzji o zastosowaniu urządzenia do zatrzymywania awaryjnego powinno być jednoczesne stwierdzenie istniejącego zagrożenia oraz faktu, że maszyna zatrzyma się w relatywnie krótkim czasie (po wygenerowaniu sygnału zatrzymania awaryjnego). Konsekwencją takiego zapisu mogłoby być stwierdzenie, że pomimo istnienia poważnych zagrożeń urazowych, jeżeli czas zatrzymania niebezpiecznych elementów maszyny jest długi, to nie istnieje obowiązek stosowania tego rodzaju urządzenia.

2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy.

Przepisy tego rozporządzenia stosowanie urządzenia do zatrzymywania awaryjnego uzależniają od zagrożeń stwarzanych przez maszynę, lecz w zależności od czasu ich zatrzymywania. Niejednoznaczność takiego sformułowania wynika z faktu uzależnienia opisywanego obowiązku od czasu zatrzymywania, co sprawia, że czas ten stanowi podstawowe kryterium.

3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.

Stosowanie urządzeń do zatrzymywania awaryjnego jest uzależnione od występujących zagrożeń. Jednocześnie nie ma obowiązku stosowania tego rodzaju urządzeń dla maszyn przenośnych, trzymany w rękę i prowadzonych ręcznie oraz jeżeli urządzenie do zatrzymywania awaryjnego nie obniżyłoby ryzyka ze względu na brak możliwości skrócenia czasu zatrzymania lub brak możliwości podjęcia szczególnych środków niezbędnych do przeciwdziałania ryzyku.

Analiza sformułowania zawartego w powyższym przepisie wykazuje, że obowiązek stosowania urządzenia zatrzymywania awaryjnego istnieje, jeżeli spełniony jest choćby jeden z warunków: wyeliminuje ono zaistniałe niebezpieczeństwo lub zapobiegnie wystąpieniu niebezpieczeństwa. Jednakże obowiązek ten jest zniesiony w przypadku, gdy nie ma możliwości skrócenia czasu zatrzymania bądź możliwości minimalizacji ryzyka stwarzanego przez wystąpienie niebezpieczeństwa.

Praktyczne podejście do obowiązku stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego skłania do zastanowienia nad celem stawianym funkcji zatrzymania awaryjnego. Pomocne w tym zakresie są zapisy normy PN-EN ISO 13850, która w punkcie

3.1. opisuje przeznaczenie funkcji zatrzymania awaryjnego jako: odwrócenie powstawania zagrożenia lub zmniejszenie skutków istniejących zagrożeń dla osób, powstania szkód w maszynie lub strat w wykonywanych pracach. Wobec powyższego, mając na względzie cel stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego, stwierdzić należy, iż czas zatrzymania nie powinien być bezwzględny kryterium opisywanego obowiązku. Znacznie bardziej istotne są bowiem zagrożenia, przy zaistnieniu których użycie tego rodzaju urządzenia pozwoliłoby na uniknięcie start (urazu) lub zminimalizowałoby skutki działania energii niszczących. Podstawą powinna być więc rzetelna ocena ryzyka maszyny.

Zgodnie z zapisami Przewodnika dotyczącego stosowania dyrektywy 200/42/WE w sprawie maszyn<sup>4</sup>: „Urządzenia do zatrzymywania awaryjnego mają umożliwić operatorom jak najszybsze zatrzymanie niebezpiecznych funkcji maszyny, jeżeli mimo przyjętych środków ochronnych zaistniała niebezpieczna sytuacja lub zdarzenie. Samo zatrzymanie awaryjne nie zapewnia ochrony, dlatego też (...) podkreśla się, że wyposażenie maszyny w taką funkcję wspomaga pozostałe środki ochronne, takie jak osłony i urządzenia ochronne, ale ich nie zastępuje. Zatrzymanie awaryjne może jednak umożliwiać operatorom zapobieganie wypadkowi w wyniku powstania sytuacji niebezpiecznej, a co najmniej zmniejszenie konsekwencji wypadku. Dzięki zatrzymaniu awaryjnemu operatorzy mogą również zapobiegać uszkodzeniu maszyny w wyniku jej niewłaściwego funkcjonowania”.

### 4. Wymagania techniczne

Spśród powołanych wcześniej przepisów tylko rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn wskazuje wymagania techniczne, jakie powinny spełniać urządzenia do zatrzymywania awaryjnego.

Zgodnie z § 24 ww. rozporządzenia, urządzenie do zatrzymywania awaryjnego powinno:

- mieć wyraźnie rozpoznawalne i widoczne oraz szybko dostępne urządzenia sterujące;
- możliwie jak najszybciej zatrzymać niebezpieczny proces, bez stwarzania dodatkowego ryzyka;
- w koniecznych przypadkach inicjować lub umożliwiać zainicjowanie pewnych ruchów zabezpieczających.

Ponadto, z chwilą ustania aktywnego działania tego urządzenia po wydaniu polecenia zatrzymania, polecenie to musi zostać podtrzymane przez dalsze działanie urządzenia do zatrzymania awaryjnego do czasu, gdy działanie to zostanie w sposób zamierzony odblokowane. Nie powinno być możliwe zablokowanie urządzenia do zatrzymywania awaryjnego bez wygenerowania polecenia zatrzymania, a odblokowanie tego urządzenia może nastąpić wyłącznie przez wykonanie odpowiednich czynności, przy czym nie powinno ono ponownie uruchomić maszyny, a tylko umożliwić jej uruchomienie.

W przypadku linii technologicznej, zespołu maszyn lub maszyny, która wykonuje kilka produkcyjnych operacji procesowych, może występować kilka urządzeń do zatrzymania awaryjnego, które powinny zatrzymać nie tylko samą linię lub maszynę, ale i wszystkie urządzenia umieszczone przed nią lub

za nią w ciągu technologicznym, jeżeli dalsze działanie tych urządzeń może być niebezpieczne.

Szczegółowe wymagania stawiane urządzeniom do zatrzymania awaryjnego w aspekcie funkcji, jaką powinny pełnić, zostały zawarte w normie PN-EN ISO 13850:2016-03 Bezpieczeństwo maszyn – Funkcja zatrzymania awaryjnego – Zasady projektowania. W normie tej określono wymagania użytkowe i zasady projektowania funkcji zatrzymania awaryjnego maszyn niezależnie od rodzaju stosowanej energii. Znaczna część zapisów normy odnosi się do wymagań rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn, implementującego do prawodawstwa polskiego Dyrektywę 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn. Poniżej przedstawione zostaną niektóre techniczne aspekty stosowania urządzeń do zatrzymywania awaryjnego, o których mowa w ww. normie.

### 4.1. Cechy zewnętrzne

Jednoznaczność identyfikowalność elementów sterowniczych urządzeń zatrzymania awaryjnego gwarantuje ich barwa. Element taki powinien być czerwony oraz (jeśli jest to możliwe), posiadać żółte tło.

Kształt urządzenia zatrzymania awaryjnego oraz sposób montażu powinny zapewniać łatwość uruchomienia oraz uniemożliwiać przypadkowe, łatwe zablokowanie za pomocą prostych środków.

W praktyce stosowane są także urządzenia zatrzymania awaryjnego wymagające kluczyka w elemencie sterowniczym do jego zwolnienia/odblokowania. Norma PN-EN ISO 13850:2016-03 nie zaleca tego rodzaju rozwiązań ze względu na ryzyko zaistnienia urazu w przypadku konieczności natychmiastowego użycia. Jednakże w przypadku decyzji o zastosowaniu takiego urządzenia instrukcja maszyny powinna zawierać opis prawidłowego użycia kluczyka i zawierać zakaz pozostawiania go w elemencie sterowniczym urządzenia do zatrzymywania awaryjnego.

Bardzo często na żółtym tle elementów sterowniczych urządzeń zatrzymania awaryjnego umieszczane są napisy, takie jak: WYŁĄCZNIK AWARYJNY, EMERGENCY STOP, PRZYCISK BEZPIECZEŃSTWA itp. Aktualna wersja normy PN-EN ISO 13850:2016-03 nie zaleca znakowania tekstem ani symbolami zarówno elementu sterowniczego, ani jego tła. Zgodnie z zawartymi w niej zaleceniami, w przypadku potrzeby dopuszcza się stosowanie symbolu według IEC 60417-5638:



**Rys. 1.** Przykładowe oznakowanie urządzenia wyłączenia awaryjnego zalecane przez normę PN-EN ISO 13850:2016-03

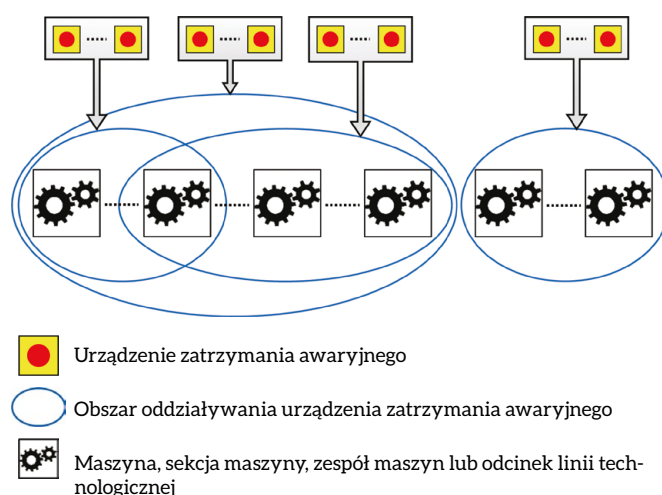
(Źródło: <https://www.pilz.com/en-IN/eshop/0010400214702880EV/PITestop-set-s/400453=PIT-es-Set1s-5ns>)

Znaczna część elementów sterowniczych urządzeń zatrzymywania awaryjnego jest skonstruowana w taki sposób, że ich odblokowanie odbywa się poprzez przekręcenie przycisku. W takim przypadku, jeśli niezbędne jest oznakowanie kierunku odblokowania, to oznakowanie takie powinno mieć taką samą lub prawie taką samą barwę jak element sterowniczy (przycisk).

### 4.2. Obszar oddziaływania

Generalną zasadą jest, aby urządzenie do zatrzymywania awaryjnego swoją funkcją zatrzymania obejmowało całą maszynę. W przypadku jednak linii technologicznych, zespołów maszyn lub maszyn, gdzie występuje kilka tego typu urządzeń, a wyłączenie całej linii lub wszystkich maszyn jednocześnie nie jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa, dopuszcza się podział na obszary (sekcje) nadzorowane przez poszczególne urządzenia do zatrzymywania awaryjnego.

Obszary oddziaływania mogą dotyczyć całej linii, bądź danego odcinka linii, sekcji maszyny lub kilku sekcji. Wyodrębnione obszary wyłączenia awaryjnego mogą się pokrywać.



**Rys. 2.** Przykładowe przyporządkowanie urządzeń wyłączenia awaryjnego do obszarów oddziaływania

(Źródło: opracowanie własne na podstawie normy PN-EN ISO 13850:2016-03)

Jednym z warunków stosowania większej (niż jeden) liczby obszarów oddziaływania jest zapewnienie jednoznacznej identyfikacji obszaru oddziaływania. Norma PN-EN ISO 13850:2016-03 wskazuje sposób zapewnienia dokładnej identyfikacji poprzez zastosowanie dwóch metod: umieszczenie piktogramu lub lokalizacja urządzenia zatrzymywania awaryjnego. Piktogram powinien identyfikować obszar oddziaływania danego urządzenia zatrzymania awaryjnego oraz być umieszczony przy tym urządzeniu. Norma podaje przykład piktogramu w odcieniach szarości i nie wskazuje barw, jakie byłyby dedykowane dla tego rodzaju oznakowania. W związku z powyższym, uwzględniając wytyczne normy PN ISO 7010:2012<sup>5</sup>, do tego rodzaju oznakowania należy stosować barwy identyfikujące bezpieczeństwo i zasady projektowania znaków bezpieczeństwa przeznaczonych do stosowania w miejscach pracy, określone

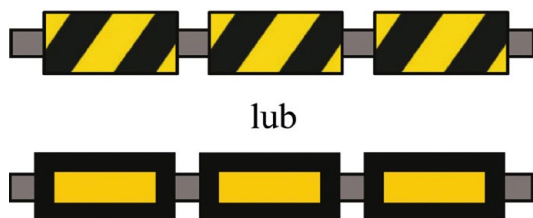


w normie PN-ISO 3864-1:2006<sup>6</sup>. Pomimo tego, że norma PN-ISO 3864-1:2006 została wycofana z dniem 30.08.2017 r. (bez zastąpienia), warto uwzględnić zawarte w niej wytyczne do stosowania barw piktogramów, o których mowa powyżej.

Z charakteru omawianego piktogramu oraz uwzględniając cel, jakiemu ma on służyć, można go zakwalifikować jako znak uzupełniający, którego przeznaczeniem jest zapewnienie dodatkowego wyjaśnienia – wg punktu 3.15 normy PN-ISO 3864-1:2006. Znaki uzupełniające powinny posiadać:

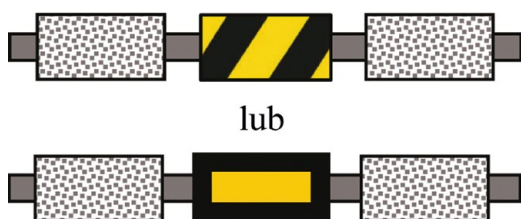
- tło białe lub w barwie bezpieczeństwa znaku bezpieczeństwa oraz symbole (lub tekst) o barwie kontrastowej lub
- tło białe lub w barwie bezpieczeństwa znaku bezpieczeństwa, symbole (lub tekst) o barwie kontrastowej oraz białą obwódkę i czarne obramowanie.

Jednocześnie, z uwagi na fakt zarezerwowania kombinacji barwy żółtej i kontrastowej barwy czarnej dla miejsc zagrożeń, wydaje się uzasadnione zastosowanie właśnie tych barw do wskazania obszarów oddziaływania urządzeń zatrzymania awaryjnego.



Rys. 3. Przykładowe piktogramy dla obszarów oddziaływania obejmujących wszystkie maszyny (sekcje maszyny, linii)

(Źródło: opracowanie własne na podstawie normy PN-EN ISO 13850:2016-03)



Rys. 4. Przykładowe piktogramy dla wyodrębnionych obszarów oddziaływania obejmujących poszczególne maszyny (określone sekcje maszyny, linii)

(Źródło: opracowanie własne na podstawie normy PN-EN ISO 13850:2016-03)

### 4.3. Kategorie zatrzymania

Zależnie od konstrukcji oraz funkcji maszyn, a także charakteru elementów zatrzymywanych, stosowane są dwie kategorie funkcji zatrzymywania awaryjnego. Właściwy dobór kategorii zatrzymania jest możliwy na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka maszyny. Norma PN-EN ISO 13850 przewiduje dwie kategorie zatrzymania dla urządzeń zatrzymania awaryjnego:

- kategoria 0 – w sytuacji, gdy zatrzymywanie jest realizowane głównie przez odłączenie zasilania napędu maszyny albo mechaniczne rozłączenie (rozsprężenie) elementów niebezpiecznych z ich elementami napędowymi oraz – jeśli jest to niezbędne – przez dodatkowe wymuszone hamowanie;
- kategoria 1 – zatrzymanie kontrolowane z zasilaniem energią elementów (elementu) realizujących zatrzymywanie i odłączeniem dopływu tej energii po zatrzymaniu.

Dla urządzeń zatrzymania awaryjnego nie stosuje się zatrzymywania awaryjnego wg kategorii 2, polegającej na zatrzymaniu kontrolowanym przy pozostawieniu zasilania napędów maszyny – o którym mowa w punkcie 9.2.2 normy PN-EN 60204-1:2010.

### 4.4. Lokalizacja

W praktyce stosowania urządzeń do zatrzymania awaryjnego, pamiętając o randze pełnionej przez nie funkcji, nie można pominąć kwestii ich lokalizacji. W związku z tym urządzenie zatrzymania awaryjnego powinno być zainstalowane na każdym pulpicie sterowniczym operatora (odstępstwo od tej zasady jest dopuszczalne, gdy uzasadni to ocena ryzyka) oraz w miejscach ustalonych na podstawie oceny ryzyka. W kwestii umiejscowienia urządzeń zatrzymania awaryjnego jednym z najistotniejszych aspektów jest ich bezpośrednia dostępność dla operatora (oraz innych osób, które potencjalnie mogłyby użyć tego urządzenia) i możliwość uruchomienia bez narażenia na zagrożenie.

Analizując zasady dostępności urządzeń zatrzymania awaryjnego, warto zaznaczyć, że w odniesieniu do elementu sterowniczego takiego urządzenia, który jest przeznaczony do aktywizacji ręką, istotna jest wysokość, na jakiej jest on zainstalowany. W tym zakresie norma zaleca usytuowanie go na wysokości pomiędzy 0,6 m a 1,7 m nad poziomem, na którym przebywa pracownik – może to być np. poziom: posadzki, podłogi, pomostu, podestu. W odniesieniu do urządzeń uruchamianych stopą zaleca się, aby element sterowniczy był zainstalowany w stałym położeniu bezpośrednio na poziomie, na którym przebywa pracownik.

### 4.5. Odłączalne lub bezprzewodowe pulpity sterownicze

Coraz częściej stosowane są w maszynach odłączalne lub bezprzewodowe pulpity sterownicze, które także wyposaża się w urządzenia zatrzymania awaryjnego. W takich przypadkach zainstalowanie urządzenia zatrzymania awaryjnego na tego rodzaju pulpicie nie zwalnia z umieszczenia na maszynie stałego i dostępnego (co najmniej jednego) urządzenia zatrzymania awaryjnego.

Inna kwestia bezpośrednio związana ze skutecznością funkcji zatrzymania awaryjnego dotyczy sytuacji, gdy tego rodzaju pulpit sterowniczy jest odłączony od maszyny. Wówczas zachodzi duże prawdopodobieństwo mylenia aktywnego z nieaktywnym urządzeniem zatrzymania awaryjnego, co może skutkować poważnymi konsekwencjami w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej oraz zagrożenia zdrowia i życia. W celu uniknięcia tego rodzaju ryzyka zaleca się stosowanie co najmniej jednego z niżej wymienionych środków profilaktycznych:

1. podświetlenie elementu sterowniczego, zapewniające zmianę barwy aktywnego urządzenia zatrzymywania awaryjnego; wówczas, gdy nieaktywny element sterowniczy po wyłączeniu pulpitu nie będzie miał barwy czerwonej (poprzez wygaszenie podświetlenia), zminimalizowane zostanie prawdopodobieństwo pomyłki;
2. automatyczne (samoczynne) przykrywanie nieczynnych (wyłączonych) urządzeń zatrzymania awaryjnego; opcjonalnie dopuszczalne jest stosowanie ręcznych sposobów przykrywania, jeżeli zastosowane pokrywy będą stanowiły element (pozostały przymocowane) pulpitu sterowniczego;
3. zapewnienie przechowywania odłączonych lub bezprzewodowych pulpitu sterowniczego operatora w sposób minimalizujących ryzyko pomyłki.

W przypadku stosowania w maszynach odłączalnych lub bezprzewodowych pulpitu sterowniczego, istotne jest także uwzględnienie w instrukcji użytkownika informacji o rodzaju zastosowanego sposobu uniknięcia mylenia aktywnego(-ych) z nieaktywnym(-ymi) urządzeniem(-ami) zatrzymania awaryjnego. Ponadto instrukcja taka powinna zawierać informacje w zakresie właściwego użycia zastosowanego środka bezpieczeństwa.

### 5. Wnioski

Rozwiązania techniczne w szerokim ich ujęciu mają decydujący wpływ na bezpieczeństwo pracy. Wszelkie bowiem nieprawidłowości z nimi związane, wynikające zarówno z naruszenia treści regulacji prawnych, jak i norm technicznych, generują zagrożenia wypadkowe. Poprawne zorganizowanie procesu pracy obejmuje bowiem nie tylko określenie sposobu jej wykonywania i zapewnienie właściwych pod względem bezpieczeństwa i higieny pracy urządzeń oraz narzędzi pracy, ale także stworzenie warunków technicznych zapewniających bezpieczne wykonywanie pracy.

Celem stosowania wyłącznika awaryjnego jest eliminacja istniejącego lub zagrażającego obsłudze albo osobom postronnym (znajdującym się w pobliżu maszyny) niebezpieczeństwa. Znajomość zasad stosowania tego rodzaju elementów bezpieczeństwa jest niezbędna producentom maszyn w celu spełnienia wymagań bezpieczeństwa i wykazania normy PN-EN ISO 13850:2016-03 Bezpieczeństwo maszyn – Funkcja zatrzymania awaryjnego – Zasady projektowania w Deklaracji zgodności WE maszyny.

Druga grupą osób, które powinny znać przedstawione powyżej wymagania, są pracodawcy, którzy (zgodnie z art. 207 Kodeksu pracy<sup>7)</sup> obowiązani są do ochrony zdrowia i życia pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy przy odpowiednim wykorzystaniu osiągnięć nauki i techniki. Zrealizować to można poprzez spełnienie wymagań norm zharmonizowanych z Dyrektywą maszynową, których stosowanie jest dobrowolne, lecz daje gwarancję zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa maszyn.

### Przypisy

1. PN-EN ISO 13850:2016-03 Bezpieczeństwo maszyn – Funkcja zatrzymania awaryjnego – Zasady projektowania.

2. PN-EN 60204-1:2010 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne.
3. PN-EN 60947-5-5:2002 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-5: Aparaty i łączniki sterownicze – Elektryczne urządzenia zatrzymania awaryjnego z funkcją blokady mechanicznej.
4. Przewodnik dotyczący stosowania dyrektywy 2006/42/WE w sprawie maszyn – Wydanie drugie – czerwiec 2010 r.
5. PN ISO 7010:2012 Symbole graficzne – barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa – zarejestrowane znaki bezpieczeństwa.
6. PN-ISO 3864-1:2006 Symbole graficzne – Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa – Część 1: Zasady projektowania znaków bezpieczeństwa stosowanych w miejscach pracy i w obszarach użyteczności publicznej.
7. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (T. j. Dz. U. z 2016 r., poz. 1666 ze zm.).

### Literatura

- [1] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (T. j. Dz. U. z 2016 r., poz. 1666 ze zm.).
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650 ze zm.).
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz.U. Nr 191, poz. 1596 ze zm.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. Nr 199, poz. 1228 ze zm.).
- [5] Przewodnik dotyczący stosowania dyrektywy 2006/42/WE w sprawie maszyn – Wydanie drugie – czerwiec 2010 r.
- [6] PN-EN ISO 13850:2016-03 Bezpieczeństwo maszyn – Funkcja zatrzymania awaryjnego – Zasady projektowania.
- [7] PN-EN 60204-1:2010 Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne.
- [8] PN-EN 60947-5-5:2002 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-5: Aparaty i łączniki sterownicze – Elektryczne urządzenia zatrzymania awaryjnego z funkcją blokady mechanicznej.
- [9] PN ISO 7010:2012 Symbole graficzne – barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa – zarejestrowane znaki bezpieczeństwa.
- [10] PN-ISO 3864-1:2006 Symbole graficzne – Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa – Część 1: Zasady projektowania znaków bezpieczeństwa stosowanych w miejscach pracy i w obszarach użyteczności publicznej.
- [11] <https://www.pilz.com/en-IN/eshop/0010400214702880EV/PITestop-sets/400453=PIT-es-Set1s-5ns>

 dr inż. Radosław Gonet  
EcoMS Consulting Sp. z o.o., Wrocław

# Znaczenie okablowania w spełnieniu wymagań nowej dyrektywy kompatybilności elektromagnetycznej układu napędu i sterowania zespołu maszyn

Marek Trajdos

## Wstęp

Wszystkie maszyny produkcyjne oraz ich zespoły (ciągi technologiczne) wprowadzane do obrotu lub użytkowania po raz pierwszy w Unii Europejskiej muszą spełniać tak zwane zasadnicze wymagania bezpieczeństwa. W przypadku maszyn najważniejsza jest oczywiście dyrektywa maszynowa (2006/42/WE), która reguluje zasady bezpieczeństwa maszyn jako produktów oraz sprzętu elektrycznego w nich zainstalowanego. W europejskim systemie bezpieczeństwa produktowego określono, że ponieważ w zasadzie wszystkie maszyny są zasilane lub sterowane w użyciu energii elektrycznej, należy zakresem dyrektywy maszynowej objąć także wszelkie aspekty odnoszące się do bezpieczeństwa elektrycznego. Zatem złożenie deklaracji zgodności przez producenta lub inny podmiot przejmujący obowiązki producenta (np. importera) nie obejmuje dyrektywy niskonapięciowej.

Inna sytuacja występuje w przypadku zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej. Dyrektywa EMC 2014/30/UE jest niezależna od maszynowej i wymaga spełnienia wymaganych zasad odrębnie oraz osobno ich zadeklarowania.

Z powodów formalnych obie deklaracje (jako dokumenty) znacznie się różnią zawartością, co powoduje, że trzeba je tworzyć oddzielnie.

W przypadku kompatybilności elektromagnetycznej nie zawsze wystarcza też stosowanie się przy produkcji do ogólnie przyjętych zasad dobrej praktyki inżynierskiej, lecz trzeba posługiwać się badaniami wyrobów przeprowadzanymi przez podmioty trzecie, posiadające nie tylko wystarczające kompetencje, ale i odpowiednie zaplecze laboratoryjne oraz nadzorowany przez instytucję akredytującą (np. PCA) system zarządzania procesem badawczym ujętym w ramy procedur najczęściej opartych na zharmonizowanych normach europejskich (EN) lub międzynarodowych (IEC).

Kolejną ważną dyrektywą związaną ściśle ze sprzętem elektrotechnicznym jest dyrektywa w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (RoHS – 2011/65/UE). Deklaracja RoHS i EMC może być sporządzona jako jeden dokument, ponieważ zawartość formalna jest identyczna.

Ponieważ praca niniejsza dotyczy okablowania, w dalszych rozważaniach skoncentrujemy się na kablach i przewodach oraz dodatkowym wyposażeniu maszyn bezpośrednio związanych z ich oprzewodowaniem.

Kable elektryczne i przewody podlegają dyrektywom: niskonapięciowej (2014/35/UE), o ile są kablami o napięciu nominalnym mieszczącym się w granicach od 50 V AC / 75 V DC do 1000 V AC / 1500 V DC, ograniczającej stosowanie substancji niebezpiecznych (2011/65/UE), o ile mieszczą się w granicach napięcia do 1000 V AC / 1500 V DC, i kompatybilności elektromagnetycznej (2014/30/UE), o ile posiadają ekrany elektromagnetyczne.

Dyrektywa RoHS jest – podobnie jak dyrektywa niskonapięciowa – przesłaniana przez dyrektywę maszynową, o ile kable są instalowane w wielkogabarytowych stałych instalacjach przemysłowych lub wielkogabarytowych stacjonarnych narzędziach przemysłowych instalowanych trwale przez profesjonalny personel – są to zatem w większości maszyny i zespoły maszyn pracujące na halach produkcyjnych.

Podobnie dyrektywa kompatybilności elektromagnetycznej definiuje jakościowo dwa rodzaje urządzeń podlegających jej wymaganiom, ale traktowanych odmiennie: aparaturę i instalacje stacjonarne (do których możemy zaliczyć duże maszyny i ich zespoły technologiczne).

Sama dyrektywa mówi o nich w następujący sposób:

*Do urządzeń objętych niniejszą dyrektywą należy zaliczyć zarówno aparaturę, jak i instalacje stacjonarne. Jednak należy stworzyć odrębne przepisy dla każdej z tych kategorii. Związane jest to z faktem, że o ile sama aparatura jest przedmiotem swobodnego przepływu wewnątrz Unii, to instalacje stacjonarne są instalowane do stałego użytkowania w określonych miejscach, jako zestawy różnego rodzaju aparatury, a w stosownych przypadkach także innych urządzeń. Skład i przeznaczenie takich instalacji w większości przypadków odpowiadają szczególnym potrzebom ich użytkowników.*

Zarówno bowiem relatywnie małe, a przez to przenośne urządzenia muszą być bezpieczne pod względem elektromagnetycznym, jak i duże, niemożliwe praktycznie do transportu instalacje, które zresztą się z tych pierwszych składają. W każdym razie w przypadku instalacji faktycznie nie ma co mówić o swobodnym przepływie. Podobnie trudno mówić o badaniu laboratoryjnym instalacji, ponieważ ani do laboratorium dużego systemu nie da się dostarczyć, ani nie ma tak wielkich komór badań elektromagnetyzmu, ani instalacja przeniesiona



w inne niż docelowe miejsce nie będzie się zachowywać identycznie, ponieważ to właśnie miejsce zainstalowania znacząco wpływa na problemy kompatybilnościowe.

Kable w momencie instalowania przestają być oczywiście elementami oddzielnymi, a stają się częścią tychże instalacji, co będzie miało duże znaczenie dla przedstawianych poniżej rozważań.

## Producent pierwotny i podmiot montujący

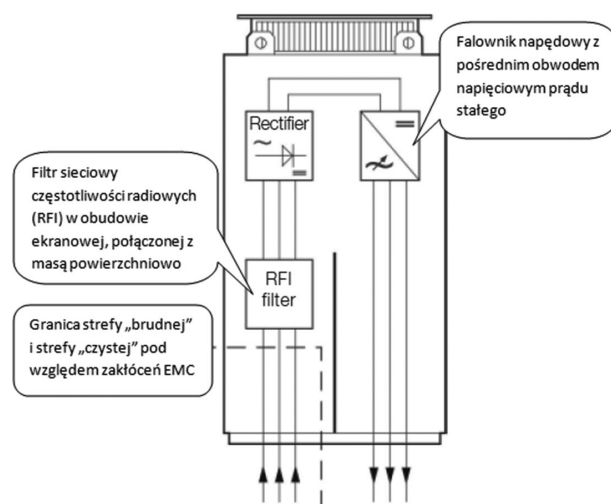
Maszyna lub zespół maszyn są z reguły sterowane za pomocą systemu montowanego w szafach rozdzielczych i sterowniczych. Układ szafowy zapewnia stabilizację określonych warunków pracy oraz gwarantuje z maksymalnym prawdopodobieństwem zachowanie się systemu w sytuacjach awaryjnych. Jest on również jednym z najważniejszych elementów zachowania kompatybilności środowiskowej, a w tym również kompatybilności elektromagnetycznej. Oczywiście wiele elementów systemu elektrycznego znajduje się poza nim i producent maszyny musi zadbać o zachowanie zasad bezpieczeństwa elektrycznego i kompatybilności elektromagnetycznej również dla systemu kablowego i aparatury obiektowej (urządzeń wykonawczych, czujników itd.).

Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej powodują, że należy z jednej strony układ maszyny „zamknąć” jak klatkę Faradaya za pomocą ekranów, a drugiej odciąć od sieci zasilania, tworząc strefę „brudną” (elektromagnetycznie) – co wynika ze zjawisk fizycznych nieodłącznie towarzyszących urządzeniom maszyny, jak przekształtniki, oraz strefę „czystą” na zewnątrz instalacji maszyny, aby nie wpływać negatywnie na sieć zasilania.

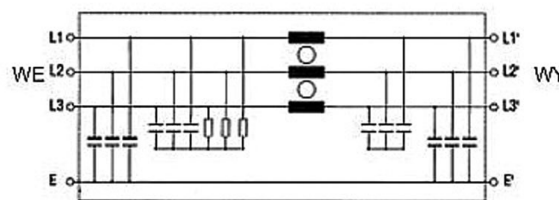
Na rys. 1 widzimy uproszczoną sylwetkę szafy sterowniczej, zawierającą przekształtnik średniej mocy z pośrednim napięciowym obwodem prądu przemiennego. Przekształtnik jest w tym przypadku podzielony na dwa odrębne urządzenia: prostownik (sterowany lub nie) po stronie sieci zasilającej oraz falownik po stronie sterowanego silnika (lub silników w przypadku napędu grupowego). Na wejściu prostownika, patrząc od strony sieci zasilającej, znajduje się specjalistyczny filtr, oddzielający obwody energoelektroniczne szafy sterowniczej od sieci zasilającej. Ponieważ do sieci zasilającej mogą być podłączane różne urządzenia (zarówno znajdujące się w danej szafie sterowniczej, jak i częściej poza nią), które muszą mieć zapewniony „komfort” elektromagnetyczny. Z tego powodu po zainstalowaniu filtru dzieli się system na dwie strefy: „czystą” od filtru w kierunku sieci zasilającej oraz „brudną” po stronie przekształtnika. Jest to podział dotyczący zjawisk elektromagnetycznych związanych z układem kablowym. Jeśli chodzi o problem zakłóceń wyższych częstotliwości, które rozprzestrzeniają się bezkierunkowo w przestrzeni, to podział stref na „czystą” i „brudną” zapewnia właściwie skonstruowana i przygotowana szafa sterownicza (bliżej tym zagadnieniem zajmiemy się jednak później).

Można zatem powiedzieć, że nie jest możliwe osiągnięcie zgodności z wymaganiami dyrektywy kompatybilności elektromagnetycznej bez użycia odpowiedniego dla danego środowiska (tu przemysłowe typu „A”) filtru (rys. 2).

Celem stosowania dławika sieciowego jest zmniejszenie wpływu oddziaływania przekształtnika na sieć zasilającą –



Rys. 1. Poglądowy rysunek przedstawiający szafę sterowniczą z przekształtnikiem oraz główne elementy należące do systemu



Rys. 2. Przykładowy schemat trójfazowego, sieciowego filtra układu przekształtnikowego RFI

zmniejszenie zawartości harmonicznych prądu. Dławik powinien być stosowany zwłaszcza w przypadku pracy z siecią słabą (moc zwarciowa sieci odpowiadająca  $u_K > 1\%$ ).

Dodatkowy filtr sieciowy (RFI) zapewnia uzyskanie wyższej kompatybilności elektromagnetycznej.

Dławik silnikowy zmniejsza stromości narastania zboczny napięć wyjściowych falownika. Ogranicza również wartość prądów pojemnościowych wynikających z ładowania i rozładowywania pojemności kabla silnikowego, stanowiących dodatkowe obciążenie dla modułu mocy w przypadku zastosowania długich połączeń kablowych (prąd ten płynie właśnie poprzez ekran oplotowy kabla, o czym pisaliśmy wyżej).

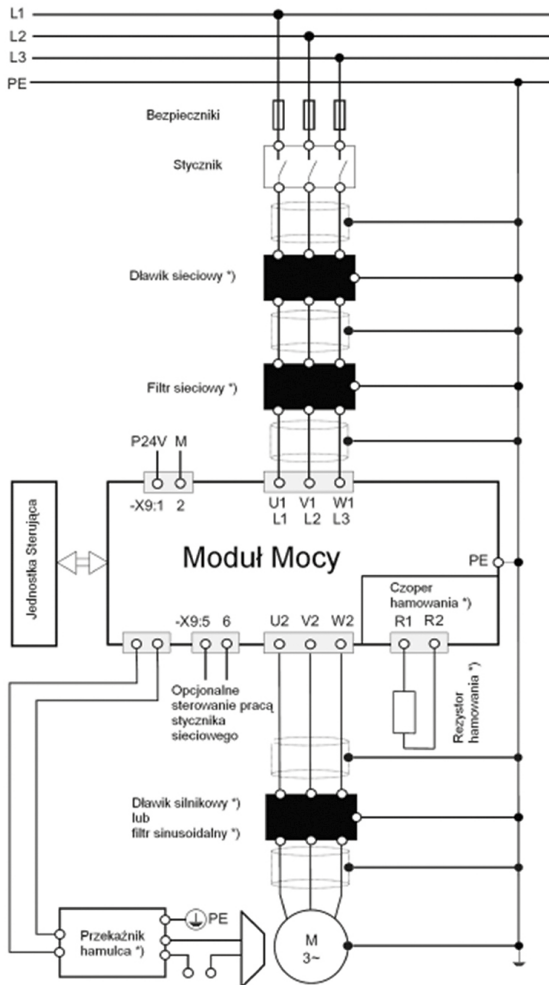
Filtr sinusoidalny zaprojektowano w celu ograniczenia pików napięciowych oraz prądów pojemnościowych, które zwykle występują podczas pracy przekształtnika częstotliwości.

Rys. 3 przedstawia prawidłową kolejność łączenia przekształtnika wraz z jego opcjonalnym osprzętem. W przypadku stosowania zewnętrznych lub zintegrowanych filtrów RFI należy zawsze stosować kable ekranowane.

Bezpieczniki sieciowe i stycznik sieciowy muszą być instalowane pomiędzy siecią zasilającą a wejściem dławika sieciowego.

Wszystkie kable (jak widać na rys. 3), znajdujące się po „brudnej” elektromagnetycznie (rys. 1) stronie układu, są ekranowane.

W większości przypadków zestawy szaf sterowniczych/rozdzielczych wraz z systemem okablowania oraz urządzeniami obiektowymi są projektowane i realizowane jednorazowo (na



reklama

## ZŁÓŻ ZAMÓWIENIE

NA KABLE, PRZEWODY,  
AKCESORIA I NARZĘDZIA  
KABLOWE DO

**16:00**

**PRZESYŁKĘ OTRZYMASZ  
NA DRUGI DZIEŃ**

Rys. 3. Przykładowy schemat aplikacyjny układu napędowego z przekształtnikiem częstotliwości, zawierający elementy pozwalające spełnić zasady EMC

indywidualne zamówienie). Zawierają zatem dobrane w mniej lub bardziej losowy sposób (oczywiście nie z punktu widzenia danego projektu, lecz wolumenu produkcyjnego przedsiębiorstwa) kombinacje urządzeń. Nie jest wymagane badanie emisji i odporności na zakłócenia w sensie EMC tak powstających zestawów, jeżeli przez podmiot montujący zostaną spełnione następujące warunki:

- wszystkie użyte urządzenia i elementy wyposażenia spełniają wymagania EMC dla warunków środowiska docelowego użytkownika (przemysłowe lub lekko uprzemysłowione, usługowe i mieszkalne), co jest zadeklarowane przez każdego producenta danego komponentu (oznakowanego CE);
- instalację i okablowanie wykonano zgodnie z zaleceniami zawartymi w instrukcjach producentów (pierwotnych) danych komponentów, które uwzględniają ich wzajemny wpływ elektromagnetyczny.

Przy czym producent zestawu powinien otrzymać od producenta każdego urządzenia składowego lub elementu wytyczne dotyczące warunków, w których spełniają one wymagania określone w normach wyrobu, emisji lub odporności.

**HELUSKLEP.PL**  
WSZYSTKO W JEDNYM MIEJSCU

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



KABLE  
I PRZEWODY



OSPRZĘT  
KABLOWY



NARZĘDZIA  
KABLOWE

Warunki te dotyczą oczywiście jedynie tych urządzeń, które jako zakłócające lub mogące być zakłócanymi podlegają dyrektywie kompatybilności elektromagnetycznej.

### Przykłady kabli i ich wyposażenia dodatkowego

Na rys. 4 pokazano dwa główne rodzaje kabli stosowanych do zasilania silników elektrycznych z przekształtników częstotliwości. Rysunek 4a przedstawia kabel klasyczny o czterech żyłach równego przekroju przy czym wartości pojemności pomiędzy żyłami czynnymi, żyłą PE oraz ekranem nie są symetryczne. Co w konsekwencji dla dłuższych połączeń przekształtnik – silnik z powodu generacji przepływu impulsowych prądów poprzez te pojemności doprowadza do asymetrii w układzie zasilania. Ponieważ nie jest to oczywiście zjawisko korzystne, opracowano kable pozbawione tej ułomności (rys. 4b). W kablu takim przewód PE został podzielony na trzy żyły o mniejszych przekrojach, przy czym z powodów geometrycznych suma przekroju tych żył nie jest równa – jak w kablu na rys. 4a – przekroju żyły czynnej, lecz jest mniejsza. Z powyższego powodu w niektórych aplikacjach może być konieczne uzupełnienie przekroju żyły PE zewnętrznym połączeniem wyrównawczym.

Charakterystycznymi cechami kabli, które zapewniają faktycznie kompatybilność elektromagnetyczną i bezpieczeństwo elektryczne połączenia falownik – silnik są:

- podwyższona odporność napięciowa izolacji 1/06 kV;
- obniżona wartość pojemności (na skutek domieszkowania izolacji oraz nieznaczного powiększenia jej grubości);
- zastosowanie podwójnego ekranu obejmującego wszystkie żyły – foliowo-opłotowego, o dużym sumarycznym przekroju poprzecznym przewodzenia;
- współczynnik wypełnienia powierzchni opłotu ekranowego powyżej 85%.

Zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa w Europie należy zapewnić urządzeniom nie tylko ochronę przed zakłóceniami elektromagnetycznymi, ale i uszkodzeniami wynikającymi z innych, przewidywalnych aspektów środowiskowych. Kompatybilność elektromagnetyczna jest częścią kompatybilności środowiskowej. Na rys. 5 pokazano przykładowy kabel do stosowania w robotach przemysłowych, który musi być odporny na częste zginanie i skręcanie oraz – w zależności od typu czynności wykonywanych przez danego robota – na iskry czy temperaturę.

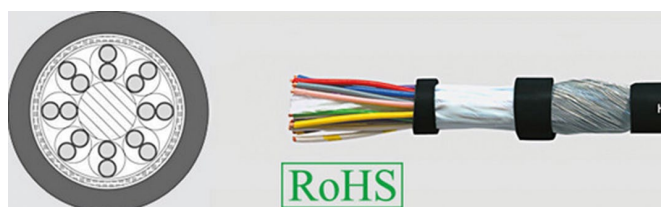
Jak widać, wszystkie kable pokazywane tu jako przykłady spełniają wymagania dyrektywy RoHS.

Zakończenia kabli EMC muszą być właściwie połączone z masą, do tego celu w technice kabli siłowych służą specjalne dławiki ekranowane (rys. 6), pozwalające na połączenie ekranu na pełnym obwodzie. Wymaganie to wynika ze zjawisk dla wyższych częstotliwości, w których liczy się bardzo kształt połączenia masy. Generalnie połączenia muszą być jak najkrótsze i płaskie, aby ich impedancje falowe były na tyle niskie, iż zapewniają skuteczne działanie.

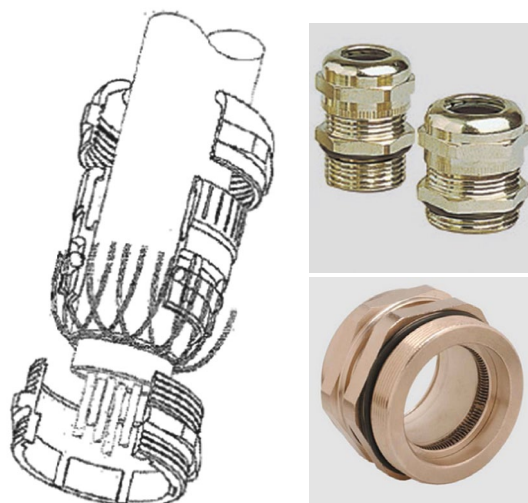
W praktyce okazuje się, że wykonanie prawidłowego połączenia jest jednak pracochłonne i trudne (6a), a każda nierówność połączenia pogarsza jego praktyczny sens. Zatem opracowano specjalną konstrukcję, z wykorzystaniem przewodzącego torusa elastycznego, która wielokrotnie skraca czas montażu i podnosi jakość połączenia.



Rys. 4. Widok kabli łączących silnik z wyjściem przekształtnika lub dławika, lub filtra du/dt



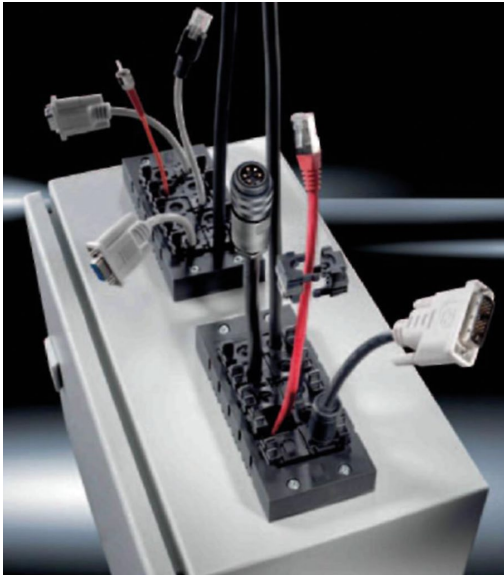
Rys. 5. Kabel do zastosowań w robotach przemysłowych.



Rys. 6. Widok dławików kablowych zapewniających kompatybilność elektromagnetyczną połączenia ekranów kabli falownikowych z masą na pełnym obwodzie (360°) ekranu

W przypadku kabli sygnałowych obecnie w coraz liczniejszych przypadkach mamy do czynienia z elementami gotowymi, gdzie producent oferuje do danego zastosowania przewody właściwej jakości (na przykład giętkości, przekroje, ekranowanie) i połączone z wtyczkami lub gniazdami w sposób gwarantujący zachowanie ciągłości ekranów oraz właściwą wytrzymałość mechaniczną połączeń kabel – wtyczka czy odporność na zginanie w okolicach wtyczki. Przy wprowadzaniu gotowych





Rys. 7. Widok przepustu kablowego przystosowanego do wprowadzania do szaf sterowniczych kabli konfekcjonowanych (z rozwiązaniem i popartym certyfikatem problemem EMC)

kabli do szaf sterowniczych do niedawna istniał znaczny problem z zachowaniem stopnia ochrony IP czy – jak w przypadku naszych

rozważań – zachowania ciągłości ekranowania, co skłaniało do niekorzystania z kabli gotowych lub ich rozcinania w celu umożliwienia wprowadzenia do szafy. Postępowanie takie wiązało się jednak zawsze z pogorszeniem jakości połączeń oraz ze stratami czasu przy montażu i usuwaniu skutków ewentualnych błędów lub niedokładności. Na rysunku 7 pokazano wygodne rozwiązanie tego problemu, akceptowalne z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej.

#### Literatura

- [1] [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)
- [2] [www.helukabel.pl](http://www.helukabel.pl)
- [3] [www.rittal.pl](http://www.rittal.pl)
- [4] HEUBLEIN H.: *Transmitting data without interference*. MCD Verlag, Berlin and Munich 1998.
- [5] CHAROY A.: *Kompatybilność elektromagnetyczna. Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych. Tomy 1-4*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2000.

 Marek Trajdos - Helukabel Polska Sp. z o.o.

#### WYDARZENIA



#### • VI Spotkanie Integratorów i Partnerów KUKA

Tegoroczne, VI już Spotkanie Integratorów i Partnerów KUKA odbyło się 22 listopada 2018 r. w Hotelu Afrodyta Business & SPA w Radziejowicach. Wydarzenie było jednocześnie uświetnieniem 10 lat działalności KUKA w Polsce.

Na spotkaniu pojawili się reprezentanci firm współpracujących z KUKA, m.in. Siemens, Schunk, Sick, Troax, Piab, a także integratorzy oraz goście specjalni: dr. Christian Liedtke z KUKA AG oraz Elmar Schauppel z KUKA Deutschland GmbH.

Tematami przewodnimi VI Spotkania Integratorów i Partnerów KUKA były Rynek,

Trendy, Innowacje. Po oficjalnym przywitaniu gości przez gospodarzy wydarzenia reprezentanci KUKA oraz Partnerzy podzielili się wiedzą i doświadczeniem na temat najbardziej efektywnych rozwiązań w dziedzinie automatyki.

Zaprezentowano nowości z oferty KUKA: robota LBR iisy, nowy model panelu sterującego smartPAD-2 roku oraz nową generację robotów KR QUANTEC-2.

Ważnym punktem spotkania była debata na temat wyzwań, oczekiwań i potrzeby Integratora na polskim rynku, w której uczestniczyli przedstawiciele klientów końcowych sektora Automotive & Tier1 oraz Oficjalnych Partnerów Systemowych KUKA. Odbyły się także prezentacje na temat trendów i innowacji w branży z udziałem gości specjalnych.

Część merytoryczną uzupełnił moment wręczenia nagród specjalnych – Tytanów KUKA, przyznanych w dwóch kategoriach: „Debiut Roku” oraz „Największa liczba zamówionych robotów”.

Jubileusz oddziału KUKA w Polsce nie mógł się odbyć bez symbolicznego tortu i szampana.

Źródło: KUKA

Trwałość to jeden z warunków który rozumiemy naprawdę dobrze

## Prowadniki Nylonowe

Zaprojektowane na lata



## Prowadniki Robot

Odwijanie długi czas



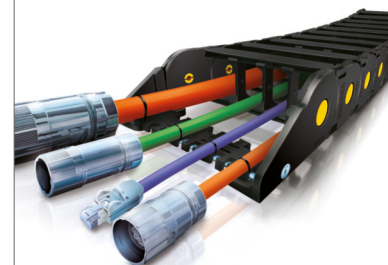
## Prowadniki Stalowe

Lekkie ale bardzo bardzo mocne



## TotalChain

Kompletacja dla każdej aplikacji



**NOWIMEX**

[www.nowimex.com.pl](http://www.nowimex.com.pl)  
[info@nowimex.com.pl](mailto:info@nowimex.com.pl)

# Zagrożenia generowane podczas mechanicznego urabiania skał zwięzłych – możliwości ich eliminacji lub ograniczenia

Krzysztof Kotwica

## 1. Wstęp

W kopalniach podziemnych, zarówno w Polsce jak i na świecie, jedną z najczęściej stosowanych metod urabiania skał zwięzłych w procesie eksploatacji kopaliny użytecznej oraz drążenia wyrobisk korytarzowych udostępniających i przygotowawczych jest metoda mechaniczna. W polskim górnictwie węglowym ponad 95% wyrobisk korytarzowych jest urabianych z wykorzystaniem tej metody. Pozwala ona na uzyskiwanie dużych wydajności urabiania lub prędkości drążenia [10].

Drążenie wyrobisk korytarzowych i tunelowych jest zagadnieniem bardzo złożonym z uwagi na występujące znaczne trudności i ograniczenia natury geologiczno-górnicznej, jak i technicznej. Prace w tych wyrobiskach zaliczane są do najbardziej praco- i czasochłonnych. Już obecnie wyrobiska korytarzowe, zwłaszcza udostępniające, wykonywane są w skałach o bardzo niekorzystnych parametrach. Dotyczy to przede wszystkim wytrzymałości urabianego ośrodka skalnego na jednoosiowe ściskanie, która w wielu przypadkach przekracza 120 MPa i więcej, bardzo dużej zwięzłości skał oraz ich struktury. Nie mniej ważnym czynnikiem jest zawartość w skałach minerałów i wtrąceń powodujących szybkie ścieranie i zużywanie się narzędzi urabiających oraz w przypadku wtrąceń, na przykład sferosyderytów, występowanie silnego iskrzenia podczas pracy. Większa głębokość zalegania pokładów surowców mineralnych ma także duży wpływ na pogarszanie się warunków ich eksploatacji [10].

W mechanicznym systemie drążenia wyrobisk korytarzowych podstawową maszyną jest kombajn chodnikowy. Zapewnia on, że większość głównych operacji wykonuje jedna maszyna, jednocześnie ich wykonywanie znacznie skraca czas cyklu drążenia wyrobiska, co czyni technologię kombajnową bardziej wydajną od technologii strzałowej. Stwarza ona możliwość uzyskania dokładniejszego, żadanego obrysu wyrobiska. Uzyskuje się ponadto zmniejszenie osłabienia skał wokół wyrobiska spowodowane znacznym ograniczeniem działania sił uderowych w stosunku do stosowania materiałów wybuchowych oraz mniejsze naruszenie struktury skał i lepsze dopasowanie obudowy do obrysu, co powoduje, że obudowa przenosi mniejsze i równomierniej rozłożone obciążenia. Brak jest także gazów postrzałowych w wyrobisku. Technologia ta generuje jednak również szereg zagrożeń lub ograniczeń, w zależności od zastosowanych narzędzi urabiających [9, 11].

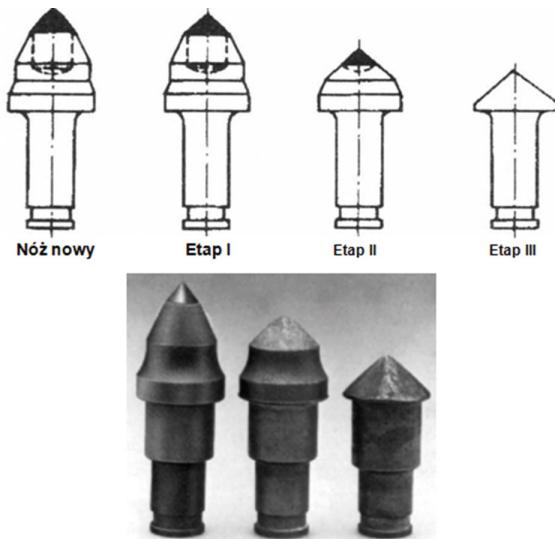
**Streszczenie:** W artykule opisano zagrożenia możliwe do wystąpienia podczas mechanicznego urabiania skał zwięzłych z wykorzystaniem narzędzi skrawających. Są to iskrzenie, zapylenie oraz zużycie narzędzi skrawających. Przedstawiono możliwe do wystąpienia skutki opisanych zagrożeń – zapłon i wybuch gazu, pogorszenie się warunków pracy w przodku oraz zwiększone zapotrzebowanie mocy. Zaprezentowano kilka możliwości pozwalających na eliminację lub duże ograniczenie skutków wyżej wymienionych zagrożeń – zraszanie wewnętrzne i zewnętrzne narzędzi, smarowane uchwyty noży stycznie-obrotowych lub zastosowanie mininarzędzi dyskowych niesymetrycznych. Opisano wyniki uzyskane podczas badań realizowanych w Katedrze MGPIIT, AGH Kraków.

## HAZARDS GENERATED DURING MECHANICAL MINING OF HARD ROCK – THE POSSIBILITY OF THEIR ELIMINATION OR LIMITATION

**Abstract:** The article describes hazards that may occur during mechanical mining of hard rock with the use of cutting tools. These are sparking, dusting and wear of cutting tools. Possible effects of the described hazards are presented – ignition and gas explosion, deterioration of working conditions in the face of employees and increased of power consumption. Several options have been presented to eliminate or greatly limit the effects of the above hazards – internal and external spraying of tools, lubricated holders for tangential – rotary picks or the use of asymmetrical mini disk tools. The results obtained during tests performed in Department of Mining Machiners AGH UST Kraków, were described.

## 2. Zagrożenia generowane podczas mechanicznego urabiania skał zwięzłych

W polskim górnictwie, głównie węglowym, stosowane są przede wszystkim kombajny chodnikowe ramionowe frezujące klasy lekkiej (około 70% ogółu), klasy średniej oraz sporadycznie ciężkiej. Metoda frezowania ogranicza w większości tego typu kombajnów zakres stosowania do skał co najwyżej

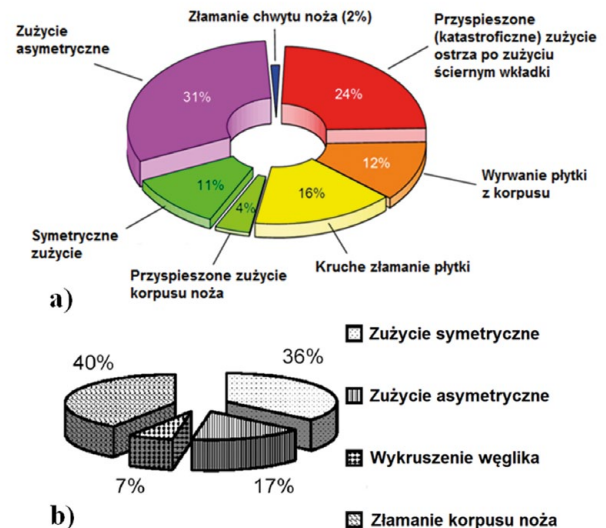


Rys. 1. Fazy „idealnego” procesu zużywania się noża stycno-obrotowego oraz przykład takiego równomiernego zużycia uzyskany w warunkach laboratoryjnych przez firmę Krupp-Widia [16]

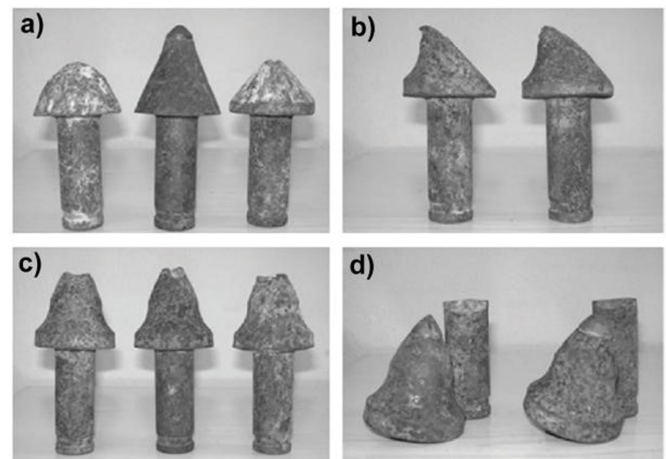
średniozwięzłych i zwięzłych. Prace nad przystosowaniem kombajnów ramionowych urabiających punktowo do urabiania skał zwięzłych były prowadzone od dłuższego czasu. Do urabiania skał bardziej zwięzłych o wiele lepiej nadają się organy poprzeczne. Wiąże się to z możliwością zabudowania na tego typu organach większej liczby narzędzi skrawających, głównie noży stycno-obrotowych. Ogranicza się w tym przypadku wydajność procesu urabiania, ale umożliwia mechaniczne urabianie skał zwięzłych i bardzo zwięzłych.

Skały bardziej zwięzłe powodują jednak zwiększone zużycie narzędzi skrawających [9, 11]. W przypadku najczęściej stosowanych narzędzi – noży stycno-obrotowych – przebieg ich zużycia powinien być bardzo równomierny. Takie zużycie osiągnięte w warunkach laboratoryjnych pokazano na rysunku 1. Natomiast w praktyce zużycie takie występuje tylko w około 30% narzędzi. Formy zużycia noży stycno-obrotowych uzyskane w praktyce podczas drążenia kombajnami chodnikowymi tunelu w miejscowości Zuelenroda i tunelu Küçüküsu przedstawiono na rysunku 2. W obu przypadkach najczęstszym rodzajem zużycia noży było zużycie asymetryczne lub ich katastroficzne uszkodzenie. Widok form zużycia noży stycno-obrotowych, zaobserwowanych przy drążeniu tunelu Küçüküsu, pokazano na rysunku 3 [2, 18].

Zużycie narzędzi skrawających jest jednym z podstawowych czynników ograniczających zastosowanie mechanicznego urabiania skał zwięzłych poprzez frezowanie. Dla zredukowania tego zużycia proponowano zastosowanie noży z większymi średnicami wkładek z węglika spiekane lub napawanie drutem trudno ściernym specjalnych pierścieni w okolicach mocowania tego węglika. W rozwiązaniu firmy Sandvik zastosowano również nowej konstrukcji noże stycno-obrotowe z węglkami spiekany trójfazowymi typu S-Grade [17]. Zwiększyło to wielokrotnie trwałość tych narzędzi względem rozwiązań standardowych. Dobre efekty w postaci zmniejszenia zużycia



Rys. 2. Klasyfikacja zużycia noży stycno-obrotowych podczas: a) drążenia tunelu w miejscowości Zuelenroda; b) drążenia tunelu Küçüküsu [2, 18]



Rys. 3. Widok form zużycia noży stycno-obrotowych, zaobserwowanych przy drążeniu tunelu Küçüküsu: a) zużycie symetryczne; b) asymetryczne; c) wykruszenie węglika; d) złamanie korpusu noża [2]

ostrzy noży uzyskano także dzięki zastosowaniu w nożach stycno-obrotowych wkładek z węglików spiekanych o kształcie grzybkowym lub kapeluszowym w miejsce stożkowych [11].

Proces zużycia ostrzy noży skrawających, zwłaszcza nieregularnego, jest powodem zachodzenia intensywnych zjawisk cieplnych. Ich wynikiem może być zapylenie oraz intensywne iskrzenie ostrza o skałę, zwłaszcza przy tarcu jego korpusu, przedstawione na rysunku 4. W wyniku tych zjawisk termicznych powstają pęknięcia ostrza obwodowo rozprzestrzeniające się w płaszczyźnie prostopadłej do osi obrotu noża, w odległości około 5 mm od wierzchołka ostrza. W tym też miejscu zaobserwowano strefę intensywnego wycierania się wkładki z węglika spiekane.

W konsekwencji szybkiego i nieregularnego zużycia rośnie obciążenie noży, a w szczególności wartość siły docisku,



zapylenie oraz vibracje głowicy urabiającej. Stopień zużycia narzędzia ma w tych przypadkach bardzo istotne znaczenie. Z przeprowadzonych badań [12] wynika, że stępienie ostrza, w przypadku noża promieniowego, ma bardzo istotny wpływ na pobór mocy, a co istotniejsze – na jednostkowe zużycie energii, w odniesieniu do objętości urobionej skały. Na rysunku 5 przedstawiono zależności poboru mocy  $N$  oraz wskaźnika jednostkowego zużycia energii  $K_u$ , w funkcji prędkości posuwu kombajnu dla czterech wartości stępienia ostrza noża promieniowego  $S_p$ . Jak wynika z wykresów, wpływ stępienia ostrza przy wzroście prędkości posuwu, a więc i głębokości skrawania, zdecydowanie się zwiększa. Świadczy to o zwiększonym wydzielaniu ciepła, a więc również nagrzewaniu się narzędzia i tendencji do występowania iskrzenia.

Forma i stopień stępienia ostrza noża styczo-obrotowego mają także niezwykle istotny wpływ na przebieg i uzyskiwane wyniki skrawania. Wzrost stopnia stępienia powoduje zazwyczaj spadek wartości kąta przyłożenia oraz wzrost wartości sił skrawania  $P_s$ , a szczególnie siły docisku  $P_d$ , co w konsekwencji powoduje wzrost vibracji noża oraz głowicy urabiającej. Zwiększa się ilość wytwarzanego pyłu, rośnie intensywność iskrzenia oraz ilość wytwarzanego na ostrzu ciepła, co stwarza zagrożenie inicjacji wybuchu metanu. Bardzo istotna dla obciążenia ostrza noża styczo-obrotowego jest również kolejna faza stępienia tego ostrza. Barker określił, że już niewielkie zużycie ostrza (faza I) powoduje gwałtowny przyrost siły docisku [1]. Wartość siły docisku jest większa dla każdego stadium zużycia ostrza od siły skrawania, jak również jej wzrost jest bardziej gwałtowny. Przedstawiono to na rysunku 6.

Wielkość zużycia ostrza narzędzia ma również istotny wpływ na zainicjowanie zapłonu metanu. Powell i inni określili na podstawie badań [14, 15], podczas skrawania po linii spiralnej tarczy piaskowcowej nożem promieniowym z kombajnu węglowego, zależność na czas trwania ciągłego skrawania dającego 50% prawdopodobieństwo zapłonu metanu w funkcji prędkości skrawania  $v$ . Dla noży zużytych przedstawia ją wzór (1), natomiast dla noży nowych wzór (2).

$$t \approx \frac{5,6}{v_s^2}, \text{ s} \quad (1)$$

$$t \approx \frac{5,6}{v_s^2} + \frac{6,8}{v_s^{3/2}}, \text{ s} \quad (2)$$

gdzie:

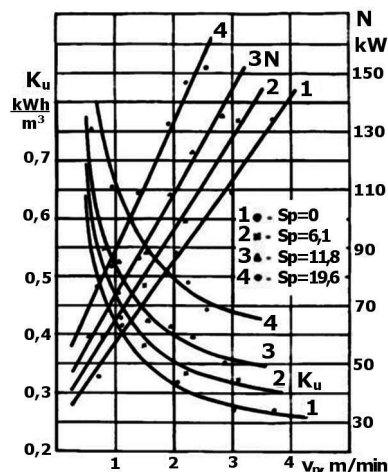
$t$  – czas trwania ciągłego skrawania, [s];

$v_s$  – prędkość skrawania, [m/s], w zakresie wielkości od 1,5–4,5 m/s przy prędkości posuwu noża  $p = 0,025$  m/obr. i głębokości skrawania  $g = 0,013$  m.

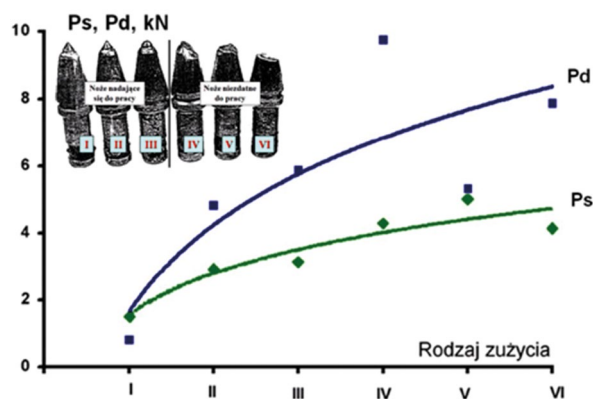
Przy prędkości skrawania  $v_s = 4,5$  m/s czas trwania ciągłego skrawania nożem zużytym, dający 50% prawdopodobieństwa zapalenia metanu, wynosił  $t_1 \approx 0,3$  s, natomiast przy nożu nowym  $t_2 \approx 1$  s. Obserwowane temperatury materiału zalegającego dno bruzdy mogą wahać się w przedziale 600–700°C, a temperatura na granicy styku powierzchni przyłożenia i skrawanego materiału może osiągać wyższe wartości, w zakresie od 650 do 1100°C [14, 15]. Zależy ona od wartości prędkości



Rys. 4. Widok iskrzenia tarcowego oraz generowanego zapylenia podczas skrawania próbki skalnej nożem styczo-obrotowym [9]

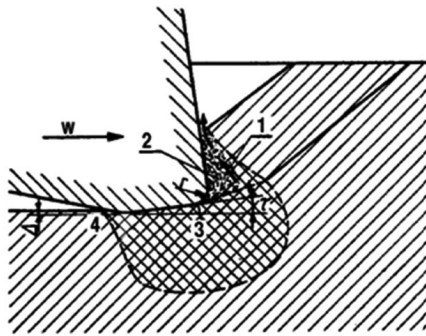


Rys. 5. Wpływ stępienia  $S_p$  ostrza noża promieniowego na pobór mocy  $N$  oraz wskaźnik jednostkowego zużycia energii  $K_u$ , w funkcji prędkości posuwu kombajnu [12]

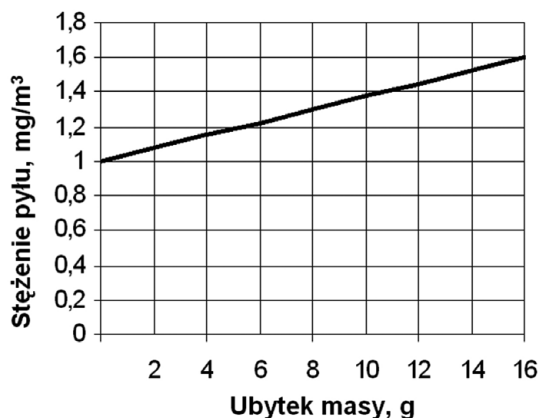


Rys. 6. Kształtowanie się obciążenia ostrza noża styczo-obrotowego, zależnie od typu jego zużycia, według [1]

skrawania, stanu zużycia ostrza oraz właściwości skrawanego materiału. Lokalne temperatury na styku ziaren i materiału ostrza mogą być jeszcze wyższe. Na podstawie wykonanych badań termowizyjnych zauważono prawidłowość, że temperatura w bruzdzie, w odległości około 25–35 mm, może osiągać nawet wartość powyżej 3000°C. Tłumaczy się to tym, że odspojone od calizny skalnej i nagrzane do dużej temperatury ziarna



Rys. 7. Skrawanie ostrzem klinowym stępionym [6]



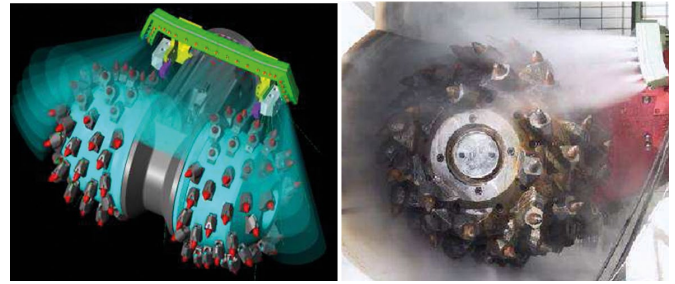
Rys. 8. Stężenie pyłu respirabilnego w funkcji ubytku masy ostrza noża [4]

minerału, w kontakcie z tlenem z powietrza, mogą utleniać się (spalać), generując tak zwaną iskrę gorącą. Zjawisko to zachodzi zdecydowanie częściej dla noży zużytych.

Zużyciu ostrza narzędzia nierozzerwalnie towarzyszyć będzie większe rozdrobnienie urobku, czyli zwiększenie zapylenia. Przy skrawaniu ostrzem stępionym strefa skały sprasowanej, zmiażdżonej kształtuje się zarówno przed, jak i pod nożem (rys. 7). Jest ona kilkakrotnie większa niż w przypadku ostrza ostrego. Z badań eksploatacyjnych wynika, że już przy stosunkowo niewielkim wzroście zużycia narzędzia zapylenie zwiększa się odpowiednio o 30–70% [9]. Dowodzi to, że zmniejszenie zużycia narzędzia ma bardzo istotne praktyczne znaczenie. Na rysunku 8 przedstawiono wpływ ubytku masy ostrza, a tym samym zużycia, na stężenie pyłu respirabilnego podczas urabiania nożem stycznie-obrotowym [4].

### 3. Zraszanie zewnętrzne i wewnętrzne narzędzi skrawających

Zastosowanie w rozdziale 2 nowych rozwiązań konstrukcyjnych narzędzi skrawających pozwoliło na przesunięcie bariery ograniczającej obszar stosowania metody skrawania w kierunku skał o większej związłości, jednak z wielu względów uzasadnione jest poszukiwanie metod modyfikacji procesu skrawania głębiej ingerujących w przebieg zachodzących w jego trakcie zjawisk fizycznych.



Rys. 9. Rozwiązanie konstrukcyjne i sposób działania systemu zewnętrznego zraszania wodno-powietrznego „Jet-Rohr” [17]

Jedną z metod o potencjalnie dużych możliwościach jest metoda polegająca na zastosowaniu do wspomaganie procesu urabiania skrawaniem wysokociśnieniowego strumienia wody. Korzystne działanie wody, poprawiające urabialność skał, znane było od dawna i praktycznie wykorzystywane [4, 6]. Chodzi tu głównie o statyczne wtlaczanie wody w calizną węglową. Wtlaczanie to powoduje przenikanie wody porami i mikroszczelinami do wnętrza i wywoływanie stanu naprężeń, który prowadzi do poszerzenia szczelin, ich penetracji i częściowego osłabienia calizny [4, 6]. Woda – wnikając w pory, mikro- i makroszczeliny – zmniejsza opory tarcia i ułatwia ruchy względne w pokładzie. Statyczne wtlaczanie wody w calizną skalną sprzyja również jego odprężeniu. Jak wykazała wieloletnia praktyka, wtlaczanie wody, poza znaczącą poprawą warunków urabiania, zmniejsza też stopień zapylenia w przodku. Spodziewano się zatem, że wykorzystanie wody w postaci strumienia o dużej energii kinetycznej, działającego w strefie pracy ostrza skrawającego, również ułatwi urabianie, wpływając na zmniejszenie wartości składowych sił oporów skrawania. Oczywiście było, że wprowadzenie wody jako narzędzia współpracującego z ostrzem polepszy warunki odprowadzania ciepła, a więc obniży temperaturę pracy ostrza noża i zmniejszy jego zużycie z wszystkimi korzystnymi tego konsekwencjami [4, 6].

Przykładem takiego rozwiązania są tak zwane kurtyny wodne i ich udoskonalona wersja, mająca na celu zmniejszenie zużycia wody w przodku – kurtyny powietrzno-wodne. Na rysunku 9 przykładowo przedstawiono stosowaną w wybranych modelach kombajnów chodnikowych firmy Sandvik kurtynę wodno-powietrzną systemu „Jet-Rohr” [17]. Wydmuchuje ona mieszaninę wodno-powietrzną ponad organem do obszaru urabiania. Rozpylona mieszanina wodno-powietrzna otacza organ i zapobiega zapłonowi metanu na dwa sposoby: w wyniku ciągłego zraszania głowicy i w wyniku wytwarzania atmosfery niesprzyjającej zapłonowi. Zewnętrzny system zraszania wodno-mgielny składa się z 19 dysz powietrznych (średnica dysz 5,0 mm) i 19 dysz wodnych (średnica 1,0 mm). Zastosowanie takiego systemu jest w stanie prawie całkowicie wyeliminować niebezpieczeństwo zapłonu metanu i ograniczyć o ponad 90% zapylenie.

Jednak zewnętrzne zraszanie działa bardziej na skutek, a nie na przyczynę generowanych zagrożeń. O wiele korzystniejsze jest wprowadzenie wysokociśnieniowego strumienia wody bezpośrednio w strefę działania noża skrawającego, co w dużym

stopniu ogranicza nie tylko zapylenie, ale także obciążenie i zużycie narzędzia.

Dostrzega się jednak szereg problemów związanych z wprowadzeniem tego typu strumieni. Jednym z nich jest ciśnienie zasilania, a drugim umiejscowienie strumienia względem narzędzia. Wiadome jest, że istnieje granica opłacalności stosowania wysokociśnieniowego wspomaganie strumieniami wody, wynikająca z bilansu energetycznego procesu. Przy średnim zużyciu mocy elektrycznej organu urabiającego kombajnu około 120 kW (rys. 10) wprowadzenie wysokociśnieniowego wspomaganie strumieniami wody o ciśnieniu od 100 do 150 MPa zwiększa zapotrzebowanie całkowitej mocy elektrycznej około 2 do 2,5 razy [5]. Tymczasem przy urabianiu skał bardzo zwęzłych dla wykonania nacięć o znaczących, w stosunku do grubości skrawu, głębokościach potrzebne byłoby jeszcze wyższe ciśnienie strumienia wody [4, 6]. Do uzyskania ciśnienia ok. 200 MPa, przy wydatku wody do 60 dm<sup>3</sup>/min, należy zaangażować około 350 kW mocy elektrycznej. Do tej mocy należy dodać moc elektryczną pobieraną przez silnik organu urabiającego. Mając powyższe na uwadze, w praktyce zazwyczaj nie przekracza się wartości ciśnienia około 5 MPa.

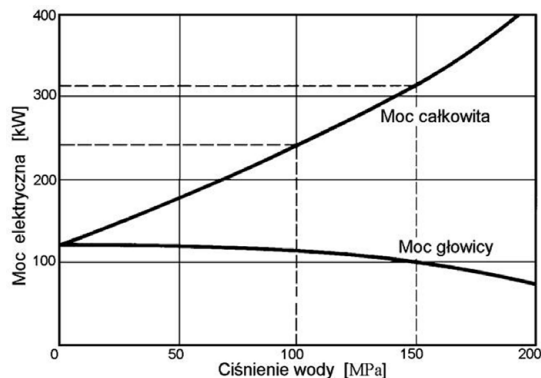
Drugie pytanie związane jest z podstawową kwestią, a mianowicie, na czym ma polegać istota współpracy noża i strumienia, czy strumień ma oddziaływać na caliznę niezależnie od ostrza poprzez wykonanie wyprzedzających nacięć wzdłuż trajektorii ostrza noża, względnie między liniami przyszłych skrawów i przez to ułatwiać pracę skrawania, czy też powinno to być oddziaływanie strumienia wody i ostrza w możliwie bliskiej odległości od siebie, co prowadziłoby do superpozycji zjawisk, będących efektem oddziaływania strumienia i ostrza noża [9].

Przy wspomaganie procesu urabiania skały wysokociśnieniowym strumieniem wody możliwe jest różnorakie usytuowanie tego strumienia względem noża skrawającego. Prowadzone były próby z rozmieszczeniem dwóch strumieni po bokach narzędzia skrawającego (rys. 11), w odległości  $t$  od osi noża. Jednak aby uzyskać efekt wspomaganie, głębokość nacinanych szczelin musi być porównywalna z głębokością skrawania  $g$ , a odległość  $t$  naciętych szczelin od osi noża nie może być większa niż podziałka skrawania  $t_s$  przy urabianiu bez wspomaganie.

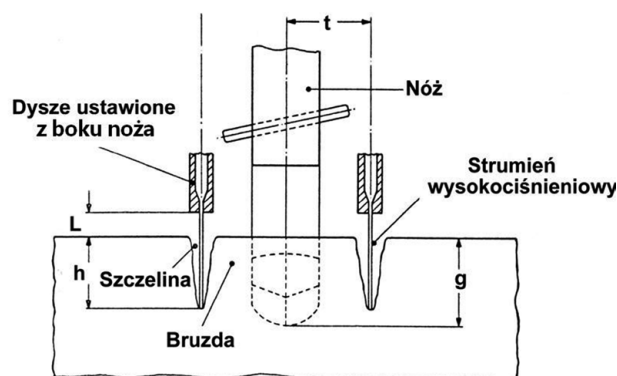
Większe możliwości daje umieszczenie jednej dyszy w osi narzędzia skrawającego, przed lub za jego krawędzią względnie wierzchołkiem. W tym przypadku ważne jest ustawienie strumienia wysokociśnieniowego względem narzędzia, kierunku padania na skałę względem powierzchni natarcia – przy wspomaganie od przodu – lub powierzchni przyłożenia – przy wspomaganie z tyłu – i odległość padającego strumienia od wierzchołka noża.

Przy urabianiu skrawaniem skały nożem obrotowym stycznym istnieją praktycznie dwie możliwości wspomaganie pracy narzędzia wysokociśnieniowym strumieniem wody [3, 6, 13, 20]. Według rysunku 12 usytuowanie dyszy wysokociśnieniowej może być przed lub za ostrzem skrawającym. Dysze usytuowane są w osi noża.

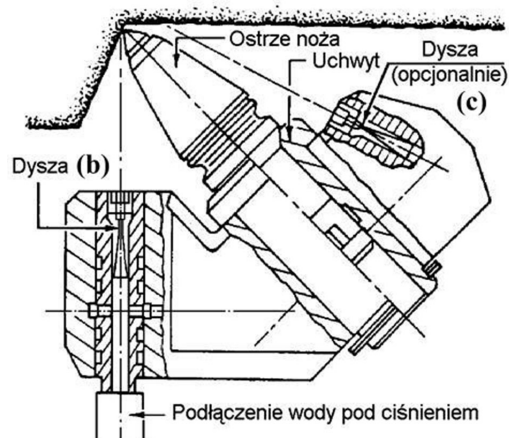
Strumień wysokociśnieniowy z dyszy usytuowanej przed nożem jest wtłaczany bezpośrednio w strefę popękanej skały i nawilża ją, co ułatwia proces urabiania poprzez obniżenie jej wytrzymałości. Dodatkowo, przy większej ilości wtłaczanej



**Rys. 10.** Zapotrzebowanie mocy elektrycznej przy urabianiu mechanicznym ze wspomaganie wysokociśnieniowym [5]



**Rys. 11.** Usytuowanie wodnych strumieni wspomagających proces urabiania narzędziem skrawającym według Woltera [20]



**Rys. 12.** Schemat możliwości wspomaganie strumieniem wysokociśnieniowym pracy noża styczno-obrotowego [3, 13]

wody, poprzez hydrotransport od strony płaszczyzny natarcia istnieje możliwość łatwiejszego odprowadzania urobionej skały na zewnątrz bruzdy. Natomiast przy wysokim ciśnieniu strumienia nacięta przez niego w skałę szczelina w osi noża, poprzez osłabienie struktury skały, powinna obniżyć opory urabiania i zmniejszyć energię potrzebną do rozspojenia skały.



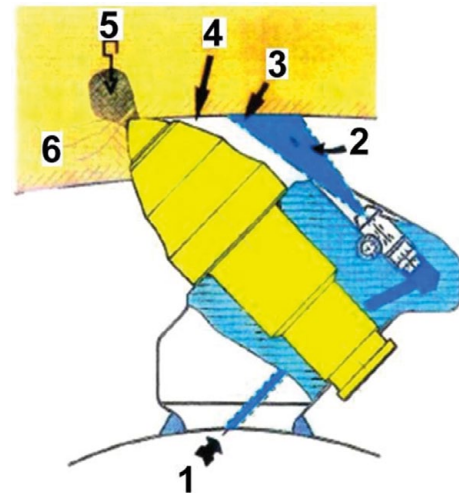
Przy tym wariacie nie ma jednak pewności co do nawilżenia skały od strony powierzchni przyłożenia, co może powodować zwiększone tarcie tej powierzchni o skałę, jak przy urabianiu bez wspomaganie, wydzielanie dużej ilości ciepła i powstawanie iskry za krawędzią skrawającą w bruzdzie skrawu [6, 20].

Taka ewentualność jest zredukowana do zera przy skierowaniu strumienia wysokociśnieniowego z tyłu noża bezpośrednio w bruzdę za krawędzią skrawającą. Poprzez nawilżenie dna oraz boków powstałej bruzdy następuje gaszenie ewentualnej iskry w zarodku. Również nawilżenie skały wpływa na zmniejszenie współczynnika tarcia skały o ścianki narzędzia, a tym samym zużycia narzędzia. Przy większym ciśnieniu strumienia wspomagającego może tworzyć się tzw. film wodny (cienka warstewka wody lub nawet pary), który dodatkowo będzie ograniczał zużycie. W tym przypadku jednak, poza ograniczeniem zużycia oraz zapobieganiem powstawania iskry, istnieje ograniczona możliwość nawilżenia skały przed nożem i ułatwienia procesu skrawania.

W obu wariantach nawilżenie skały powoduje zmniejszenie ilości wytwarzanego pyłu poprzez zmniejszenie współczynnika tarcia pomiędzy ostrzem a ziarnami urobku w strefie miażdżenia, zarówno przed, jak i pod ostrzem oraz pomiędzy ziarnami urobku w tej strefie, co zapobiega wtórnemu miażdżeniu i powstawaniu coraz drobniejszych frakcji pyłu, wprasowywanych w dno skrawu i uwalnianych w wyniku pracy dalszych ostrzy lub przy kruszeniu podczas ładowania [6, 20]. Częsteczki pyłu są również przechwytywane przez rozpylone krople wody zewnętrznej strefy strumienia wysokociśnieniowego i krople odbijające się od powierzchni skały i ziaren urobku. Obok działania wymienionych czynników bezpośrednich należy również uwzględnić wpływ pośredni strumienia na zmniejszenie zapylenia, poprzez zmniejszenie tendencji do zużywania się ostrza przez intensywne chłodzenie narzędzia. Wiąże się to ze zjawiskami towarzyszącymi zmniejszeniu współczynnika tarcia, jak obniżenie siły docisku i temperatury pracy ostrza.

Średnica dyszy wysokociśnieniowej oraz ciśnienie wody zasilającej dyszę wzajemnie od siebie zależą. Wiąże się to z wydatkiem dla pojedynczej dyszy. Praktycznie średnica dysz stosowanych do wysokociśnieniowego wspomaganie noży skrawających mieści się w zakresie od 0,35 do 1,0 mm, natomiast wartość ciśnienia w przypadku wspomaganie całych organów urabiających nie powinna przekraczać 50 MPa. Wydatek wody z dyszy na pojedyncze narzędzie pozostające w kontakcie z calizną powinien zawierać się w granicach od 0,5 do maksimum 3,0 dcm<sup>3</sup>/min [4, 5, 6].

Dla usytuowania strumienia za ostrzem należy zakładać, że powinien on uderzać o powierzchnię dna bruzdy i jej ścianki w odległości nieprzekraczającej 30 mm od wierzchołka krawędzi skrawającej i powinien być w miarę stycznie ukierunkowany do powierzchni przyłożenia noża skrawającego [6, 13, 17, 20]. Umożliwia to (rys. 13) zraszanie skały w miejscu najbardziej narażonym na powstanie iskry tarciowej, mogącej zainicjować zapłon, a ponadto takie usytuowanie strumienia względem powierzchni przyłożenia pozwala na intensywne nawilżenie strefy miażdżonej pod powierzchnią przyłożenia. Ze względów technicznych odległość dyszy od powierzchni skały nie powinna przekraczać 100 mm.



Rys. 13. Schemat zanożowego zraszania noża skrawającego [17]:

1 - dopływ wody; 2 - strumień wysokociśnieniowy; 3 - strefa najwyższej temperatury; 4 - strefa największego powstawania pyłu; 5 - strefa miażdżenia; 6 - strefa wyłomu

#### 4. Uchwyty nożowe smarowane

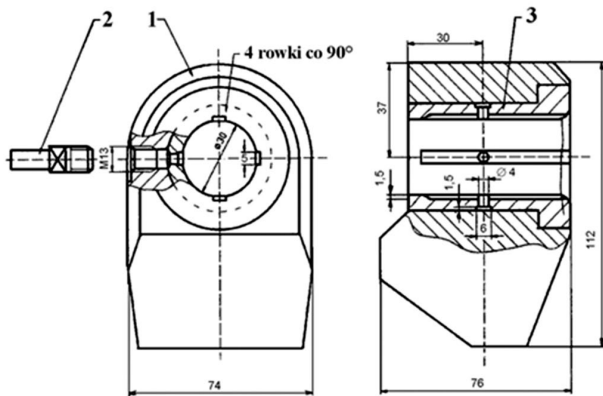
Proces zużywania się ostrzy noży styczo-obrotowych przebiega w sposób różnorodny i raczej losowy. Można jednak stwierdzić, na podstawie opisanych w rozdziale 2 zagrożeń, że należy w jak największym stopniu umożliwić im obracanie się podczas pracy przez stworzenie najkorzystniejszych warunków, przede wszystkim ograniczenie czynników hamujących obrót tych narzędzi w uchwytach. W Katedrze MGPIiT AGH Kraków prowadzono prace nad zastosowaniem w uchwytach tych noży łożysk tocznych. Jednak takie rozwiązanie, choć skuteczne, jest w praktyce nie do zaakceptowania w warunkach dołowych.

Natomiast ciekawym i skutecznym rozwiązaniem okazało się wspomaganie wodą lub niskoprocentową emulsją specjalnie zmodernizowanych uchwytów noży styczo-obrotowych. Rozwiązanie to, pokazane na rysunku 14, w porównaniu do uchwytu standardowego umożliwiło podczas prób stanowiskowych kilkukrotne zwiększenie liczby obrotów noża w uchwycie przy kącie bocznego wychylenia około 6° lub umożliwiło w miarę równomierne obroty przy mniejszych wartościach tego kąta [11].

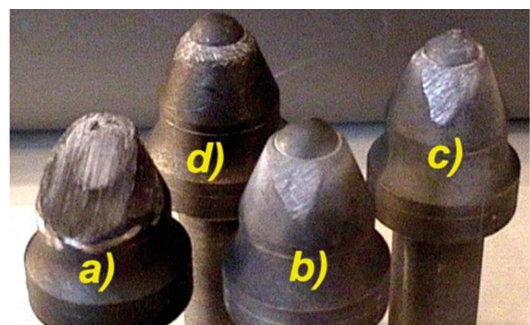
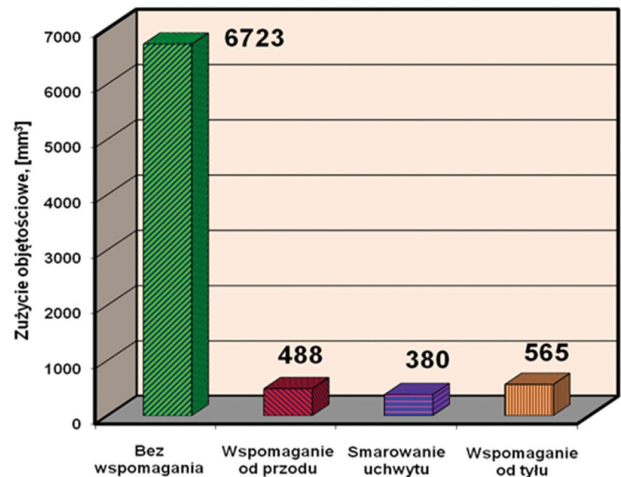
Przeprowadzono także porównawcze badania ilościowego i jakościowego zużycia noży mocowanych w uchwycie standardowym, wspomaganym cieczą oraz noży wspomaganym wysokociśnieniowym strumieniem wody przed i za ostrzem. Wyniki badań pokazano na rysunku 15. Dla tej samej drogi urabiania obie formy zużycia były najkorzystniejsze w przypadku uchwytów wspomaganym cieczą pod ciśnieniem.

Pozytywne wyniki prób umożliwiły wykonanie organów urabiających kombajnu chodnikowego R130, wyposażonych w nowego typu organu. Widok jednego z uchwytów, przy włączonym wspomaganie organu wodą pod ciśnieniem około 1,5 MPa, pokazano na rysunku 16.

Kombajn ten poddano porównawczym próbom dołowym w jednej z kopalń węgla kamiennego przy drążeniu przodka kamienno-węglowego. Przez 2 zmiany robocze kombajn urabiał



**Rys. 14.** Zmodernizowany, wspomagany cieczą pod ciśnieniem uchwyt noży stycząco-obrotowych: 1 – uchwyt nożowy; 2 – króciec doprowadzający; 3 – tuleja [11]



**Rys. 15.** Objętościowe zużycie ostrzy noży i ich widok po próbach urabiania: a) bez wspomagania; b) ze wspomaganiami strumieniem wysokociśnieniowym od przodu; c) ze wspomaganiami strumieniem wysokociśnieniowym od tyłu; d) w uchwycie wspomaganym emulsją pod ciśnieniem [11]

przodek wyposażony w organy ze standardowymi uchwytami, a przez 2 następne – w organy z uchwytami wspomaganymi wodą. Widok przodka podczas urabiania obydwoma typami organów oraz widok organów po urabianiu pokazano na rysunku 17. Widać różnicę w zapyleniu przodka podczas urabiania, jak też stan organów po urabianiu – wyposażony w uchwyty wspomagane wodą jest prawie idealnie czysty. Natomiast porównując noże zamocowane w uchwytach (rys. 18), stwierdzono, że w uchwytach standardowych noże nosiły wyraźne ślady niesymetrycznego zużycia, a w uchwytach smarowanych noże wykazywały niewielkie i symetryczne zużycie.

### 5. Narzędzia specjalne koronowe

W Katedrze MGPIiT AGH Kraków poszukuje się również nowych rozwiązań konstrukcyjnych narzędzi urabiających. Jednym z takich rozwiązań jest nóż specjalny koronowy (rys. 19). Jego część skrawająca jest wykonana w postaci kielicha lub korony i na obwodzie uzbrojona ośmioma węglkami słupkowymi, natomiast część chwytowa o średnicy 30 mm jest tożsama jak w standardowych nożach stycząco-obrotowych. Takie rozwiązanie pozwala, zamiast zwykłego skrawania, na odbijanie i odspajanie kawałków skały na skutek punktowych nacisków pojedynczych węglików. Ponadto nierównomierne obciążenie pojedynczych węglików w dużym stopniu wpływa na zwiększenie obrotów narzędzia w uchwycie i zmniejszenie jego zużycia [7, 9]. Potwierdziły to badania laboratoryjne. Na



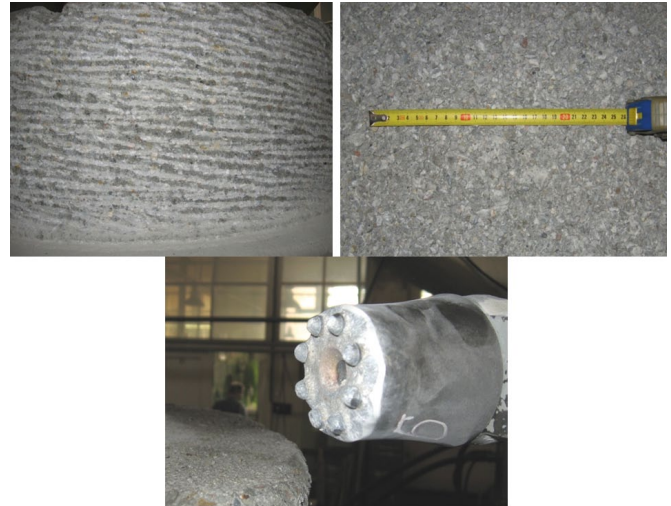
**Rys. 16.** Widok wypływu medium smarowego z uchwytu [11]

rysunku 20 pokazano charakterystyczną powierzchnię urabianej próbki skalnej, uzyskaną w rezultacie regularnych obrotów noża, równomierny, choć drobny urobek oraz brak widocznych śladów zużycia po zakończeniu próby urabiania na długości około 800 m. Wykonano komplet nowych noży i zamontowano je zamiennie zamiast standardowych noży stycząco-obrotowych





**Rys. 17.** Widok kombajnu R 130 podczas urabiania chodnikowego przodka kamiennego i organu urabiającego po próbach dołowych urabiania: z organem z uchwytami standardowymi (po lewej); z organem wyposażonym w uchwyty zasilane wodą (po prawej) [11]



**Rys. 20.** Widok powierzchni urobionej próbki skalnej pozostawionej przez nóż koronowy, uzyskanego urobku oraz noża po wykonaniu skrawu na łącznej długości około 800 m



**Rys. 18.** Widok zużycia noży po urobieniu 2 mb chodnika: po lewej – zamocowanych w uchwytach standardowych; po prawej – w uchwytach zasilanych wodą [11]



**Rys. 21.** Widok organu i noży koronowych po dwóch zmianach roboczych [7, 9]



**Rys. 19.** Widok standardowego noża stycznno-obrotowego oraz specjalnego noża koronowego [7, 9]

na organie urabiającym kombajnu chodnikowego R130, pracującego w kopalni wapienia w Iłży. Wyniki badań poligonowych w kopalni odkrywkowej były pozytywne. Po dwóch zmianach roboczych nie zanotowano widocznego zużycia narzędzi (rys. 21), należy jednak sprawdzić efektywność pracy tych noży w warunkach dołowych podczas urabiania zwięzłych skał [7, 9].

## 6. Narzędzia dyskowe niesymetryczne

Mechaniczne urabianie skał zwięzłych realizowane jest także z wykorzystaniem narzędzi dyskowych poprzez quasi-statyczne zgniatanie lub tak zwane tylne podcinanie. Urabianie poprzez quasi-statyczne zgniatanie polega na wciskaniu krawędzi dysku w caliznę skalną z siłą  $P_d$  o kierunku prostopadłym do jej powierzchni. Niewątpliwą wadą urabiania poprzez quasi-statyczne zgniatanie jest konieczność zapewnienia dużej siły docisku narzędzia. Narzędzia dyskowe stosowane do urabiania tą metodą są najczęściej symetryczne lub rzadziej niesymetryczne.

Narzędzia dyskowe niesymetryczne wykorzystuje się w technice urabiania nie tylko jako narzędzia zgniatające, ale również jako narzędzia odłupujące [3, 9]. Ideą urabiania poprzez odłupywanie narzędziem dyskowym jest wykorzystanie charakterystycznej dla skał kilku- a nawet kilkunastokrotnie mniejszej wytrzymałości na rozciąganie od wytrzymałości na ściskanie. Zasadą techniki tak zwanego tylnego podcinania jest urabianie skały przez odcinanie jej w kierunku wolnej powierzchni. Narzędzie dyskowe działa na skałę stycznie do powierzchni urabianej calizny, podobnie jak to ma miejsce w przypadku narzędzia skrawającego, jednak odmienność tej metody, polegająca na wykorzystaniu ruchu obtaczania dysku, eliminuje skutecznie



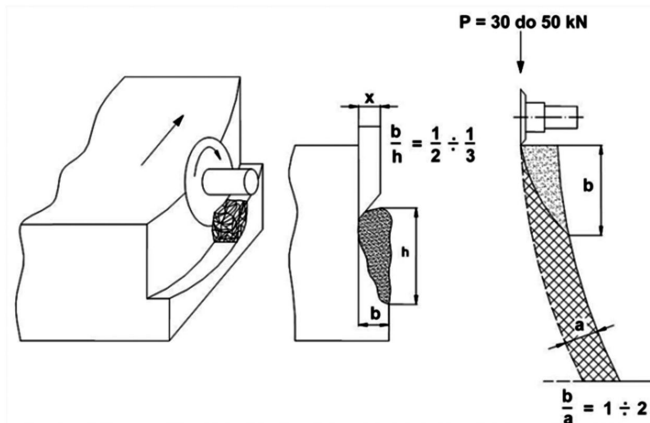
tarcie ślizgowe na rzecz tarcia toczonego. Na rysunku 22 pokazano schemat metody tylnego podcinania. Wykorzystanie dysków w ten sposób obniża zużycie energii i wartość siły docisku, co daje możliwość konstrukcji maszyny urabiającej o odpowiednio niższych parametrach energetycznych, mniejszych wymaganiach ze względu na kryterium stateczności, niż ma to miejsce w przypadku klasycznych dysków miażdżących, działających w kierunku prostopadłym do powierzchni urabianej calizny.

W przypadku maszyn wykorzystujących technikę tylnego podcinania, między innymi firmy Wirth, metoda ta wykazała pełną przydatność. Jedynym mankamentem był złożony sposób sterowania maszyną oraz duże siły reakcji. Dlatego ideę techniki tylnego podcinania postanowiono rozwijać w Katedrze MGPIiT AGH Kraków w kierunku opracowania konstrukcji organu urabiającego dla kombajnów chodnikowych [9].

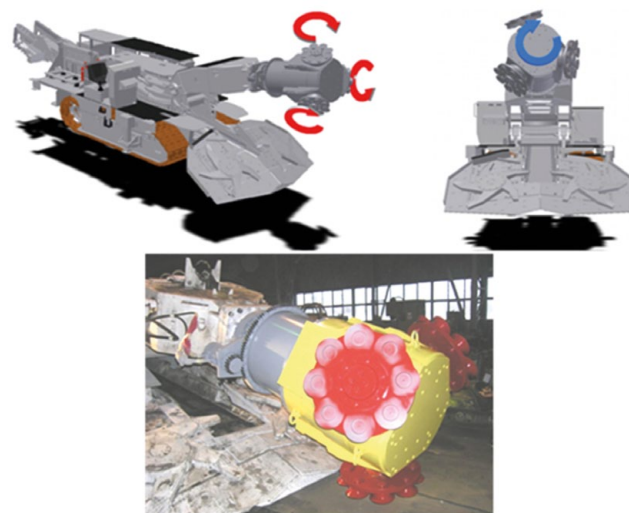
Pozytywne wyniki przeprowadzonych prób stanowiskowych i laboratoryjnych pozwoliły na stwierdzenie, że istnieje możliwość opracowania rozwiązania organu urabiającego wyposażonego w mininarzędzia dyskowe niesymetryczne o średnicy 160 mm. Zaproponowano koncepcję organu, w którym ruch narzędzi dyskowych jest wymuszony i powoduje urabianie calizny skalnej narzędziami po złożonej trajektorii. Pozwala to na przecinanie się linii urabiania poszczególnych narzędzi dyskowych oraz ułatwienie urabiania skał zwięzłych poprzez wyłamywanie bruzd skalnych i zmniejszenie energochłonności procesu urabiania. W tym celu zabudowano narzędzia dyskowe na oddzielnych trzech tarczach, zamontowanych obrotowo na płaszczu organu urabiającego i napędzanych niezależnie od niego [8, 9]. Podczas pracy korpus organu wykonuje ruch obrotowy wokół własnej osi, równocześnie obracają się tarcze boczne, nadając ruch obrotowy narzędziom dyskowym, będącym w danym momencie w kontakcie z urabianą skałą. W nowym rozwiązaniu organu z narzędziami dyskowymi o złożonej trajektorii ruchu założono, że napędy dla obydwu ruchów są osobne, aby umożliwić niezależne sterowanie wartością ich prędkości obrotowej. Na podstawie projektu nowego rozwiązania głowicy z narzędziami dyskowymi o złożonej trajektorii ruchu wykonano, we współpracy z Zakładami REMAG SA, rozwiązanie głowicy dla modelu produkowanego przez tę firmę średniego kombajnu chodnikowego KR150. Możliwości kinematyczne nowego rozwiązania głowicy oraz widok gotowej głowicy zabudowanej na ramieniu kombajnu pokazano na rysunku 23.

Głowicę poddano kompleksowym badaniom na stanowisku poligonowym. Najkorzystniejsze parametry pracy – duże uziarnienie urobku, małe obciążenie silników napędowych oraz ograniczone drgania – uzyskano dla obrotów kadłuba głowicy około 20 1/min, przy wartości obrotów tarcz około 60 1/min, przy obrotach kadłuba głowicy przeciwnych do ruchu wskazówek oraz obrotach tarcz z narzędziami dyskowymi zgodnymi z ruchem wskazówek zegara. Widok głowicy podczas urabiania, uziarnienia uzyskanego urobku oraz powierzchni urabianego bloku betonowego pokazano na rysunku 24.

Kolejne próby wykonano dla głowicy dostosowanej do zamontowania na kombajnie FR250, o większej masie i zainstalowanej mocy. Głowica pracowała bez większych problemów,



Rys. 22. Schemat zasady urabiania metodą tylnego podcinania [19]



Rys. 23. Możliwości kinematyczne i widok nowego rozwiązania głowicy o złożonej trajektorii ruchu, zabudowanej na ramieniu kombajnu KR 150, gotowej do prób poligonowych [8, 9]

natomiast przy podwyższonych (prawie trzykrotnie) wartościach liczby obrotów tarczy z narzędziami dyskowymi oraz prędkości przemieszczania głowicy zauważono problemy z trwałością narzędzi, były one szybko ścierane, jak również uzyskano bardzo drobny urobek oraz duże zapylenie (rys. 25).

### Podsumowanie

W przypadku polskiego górnictwa podziemnego można podsumować, że w najbliższej przyszłości przy mechanicznym drążeniu wyrobisk korytarzowych należy oczekiwać wykorzystania głównie kombajnów chodnikowych ramionowych urabiających punktowo. Największym problemem jest w ich przypadku trwałość noży styczno-obrotowych oraz problemy z ich obracaniem się w uchwytach. Generuje to zwiększone zapylenie i zapotrzebowanie energii podczas urabiania oraz powstawanie iskry tarciowej. Stosowane wysokociśnieniowe zraszanie pozwala na osiągnięcie poprawy, ale nie w pełni umożliwia poprawne, regularne zużycie tych noży.



Rys. 24. Widok uziarnienia urobku oraz powierzchni urabianego bloku betonowego



Rys. 25. Widok narzędzi dyskowych, uziarnienia urobku oraz generowanego zapylenia podczas zwiększonych wartości liczby obrotów tarcz z narzędziami dyskowymi

Duże perspektywy daje możliwość zastosowania na kombajnach ramionowych chodnikowych nowych rozwiązań głowic urabiających, takich jak przykładowo głowica z narzędziami dyskowymi o złożonej trajektorii ruchu lub organy z narzędziami koronowymi. Wymaga to jednak dalszych badań w warunkach przemysłowych.

Największe nadzieje można wiązać z zastosowaniem wspomaganym cieczą pod ciśnieniem uchwytów noży styczny-obrotowych. Wyniki przeprowadzonych prób wykazały ich skuteczność i wpływ na zwiększenie liczby obrotów noży w uchwytach oraz mniejsze i symetryczne zużycie narzędzi.

## Literatura

- [1] BARKER R.H., JONES G.J., HARDMAN D.R.: *An Assessment of Pick Wear and its Effect of Continuous Miner Performance*. Chamber of Mines of South Africa, Research Report, 10/1981–3.
- [2] BILGIN N., TUMAC D., FERIDUNOGLU C., KARAKAS A.R., AKGUL M.: *The performance of a roadheader in high strength*

- rock formations in Küçüksu tunnel*. Materiały konferencyjne. 31th ITA-AITES World Tunnel Congress, Istanbul 2005.
- [3] HOOD M., KNIGHT G.C., THIMONS E.D.: *A Review of Water – Jet-Assisted Rock Cutting*. Bureau of Mines, Information Circular 1990.
- [4] KALUKIEWICZ A.: *Górnictwo zastosowania wysokociśnieniowych strumieni wodnych – teoria, badania i aplikacje przemysłowe*. „Rozprawy. Monografie” nr 60, Wydawnictwa AGH Kraków, 1997.
- [5] KLEINERT H.W.: *Hydroschneiden mit Schneidköpfen von Teilschnitt Vortriebsmaschinen*. Glückauf Forschungshefte Jahrgang 46, H. 5, 1985.
- [6] KLICH A., GOSPODARCZYK P., KALUKIEWICZ A., KOTWICA K., KRAUZE K., PAWLIK K., REŚ J.: *Niekonwencjonalne techniki urabiania skał*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1998.
- [7] KOTWICA K., GOSPODARCZYK P., KALUKIEWICZ A., ŁAPA D.: *Noże koronowe – narzędzia nowej generacji do urabiania skał zwięzłych*. „Maszyny Górnicze” 4/2006.
- [8] KOTWICA K., GOSPODARCZYK P., STOPKA G.: *Wpływ sposobu mocowania narzędzi dyskowych na efektywność pracy głowicy o złożonej trajektorii*. „Transport przemysłowy i maszyny robocze” 3(21)/2013.
- [9] KOTWICA K., KLICH A.: *Monografia. Maszyny i urządzenia do drążenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych*. Wydawnictwo ITG KOMAG, Gliwice 2011.
- [10] KOTWICA K.: *Scenariusze rozwoju technologicznego drążenia wyrobisk korytarzowych w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Gospodarka surowcami mineralnymi, Tom 24, Zeszyt 1/2*. Wydawnictwo IGSMiE PAN Kraków, Kraków 2008.
- [11] KOTWICA K.: *Zastosowanie wspomaganie wodnego w procesie urabiania skał narzędziami górnictwymi*. Monografia. Wydawnictwa AGH Kraków, 2012.
- [12] MATYJA S.: *Badania wpływu prędkości skrawania i posuwu na obciążenie kombajnu bębnowego*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, nr 2(51)/1973.
- [13] NIENHAUS K., WEIGLT H., THIMONS E.D.: *The development of a water-jet-assisted shearer loader*. 8th International Symposium on Jet Cutting Technology. Durham, September 1986.
- [14] POWELL F.: *Design Guidelines For Picks*. Colliery Guardian, July 1991.
- [15] POWELL F.: *Ignition of Gases and Vapors*. Ind. Engr. Chem., V. 61, no. 12, 1969.
- [16] Prospekty i materiały informacyjne firmy Krupp-Widia.
- [17] Prospekty i materiały informacyjne firmy Sandvik Mining and Construction.
- [18] THURO K.: *Geologisch-felsmechanische Grundlagen der Gebirgslösung im Tunnelbau*. Habilitationsschrift, TU, München 2002.
- [19] WEBER W.: *Drążenie chodników o różnych przekrojach przy pomocy techniki tylnego wycinania. Maszyna firmy Wirth-HDRK „Continuos Mining Machine”*. Symposium „Drążenie chodników w górnictwie węgla kamiennego”. Siemianowice Śl. 1994.
- [20] WOLTER N.: *Theoretische und experimentale Untersuchungen zur Staubentwicklung am Walzenlader unter Anwendung von Hochdruckwasser*. Dissertation, TU, Berlin 1992.

dr hab. inż. Krzysztof Kotwica, prof. AGH  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, e-mail: kotwica@agh.edu.pl

artykuł recenzowany

# Rozwój konstrukcji pomp satelitowych

Leszek Osiecki

## 1. Wprowadzenie

Konstrukcja silników satelitowych znana jest od lat 70. ub. w., a rozmaite ich odmiany produkowane są w wielu przedsiębiorstwach. Silniki satelitarne są też od dawna obiektem intensywnych badań prowadzonych na Politechnice Gdańskiej w Zespole Hydrauliki i Pneumatyki. Efektem współpracy z producentami są udoskonalone konstrukcje silników wysokomomentowych, charakteryzujące się m.in. skorygowanym zarysem uzębienia, podwyższonym ciśnieniem pracy dzięki zastosowaniu skutecznej kompensacji luzów osiowych czy odwróconą kinematyką mechanizmu [1, 2].

Nowoczesna technologia wykonywania zarysów za pomocą elektrodrążenia drutowego pozwoliła na wykonywanie mechanizmów z zębami o module 0,4–1,25 mm. Pozwoliło to na uruchomienie we współpracy z firmą Stosowanie Maszyn produkcji typoszeregu wysokoobrotowych silników SM o chłonności 5–32 cm<sup>3</sup>/obrót (rys. 1) [1]. Silniki te mogą pracować z prędkością obrotową do 1800 obr./min. Zastosowane do ich konstrukcji materiały pozwalają przy tym na pracę silników SM z różnymi cieczami roboczymi, takimi jak: olej mineralny i roślinny, emulsja HFAE czy czysta woda [1].



Rys. 1. Typoszereg silników SM [1]

## 2. Satelitowe pompy PSM

Parametry osiągnięte przez silniki SM skłoniły do przebadania możliwości wykorzystania mechanizmu satelitowego do pracy pompowej. Na bazie silnika SM skonstruowano pompę PSM (rys. 2), która poddana została wszechstronnym badaniom. Badania potwierdziły możliwość pracy takiej pompy w szerokim zakresie parametrów i z różnymi cieczami roboczymi. Poziom sprawności osiągnięty przez pompę PSM nie ustępuje parametrom współczesnych pomp gerotorowych czy łopatkowych (rys 3 i 4) [4], a po udoskonaleniu mechanizmu kompensacji luzów można oczekiwać, że dorówna on pompom zębatym.

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje budowę i działanie hydraulicznej pompy satelitowej. Zbudowane i przebadane prototypy nowej pompy wykazały się wysokimi parametrami pracy i zdolnością tłoczenia różnych cieczy: oleju, wody i emulsji HFAE. Mechanizm pompy tworzą dwie nieokrągłe uzębione bieżnie: zewnętrzna obwodnica i wewnętrzna planeta oraz umieszczone pomiędzy nimi koła zębate (satelity). Obecny kształt planety i obwodnicy powoduje szybkie zużycie zębów, obniżając trwałość pompy. Aby uzyskać w pełni funkcjonalny produkt, konieczne są zmiany kształtu mechanizmu pompy. Artykuł prezentuje metodę wyznaczania nowego kształtu i wyniki wstępnej analizy.

Słowa kluczowe: pompa satelitowa, mechanizm zębaty, emulsja HFAE, woda, olej

**Abstract:** The article describes the design and operation of the satellite hydraulic pump. Two versions of the new pump were built and tested, showing good performance and ability to work with different fluids: oil, water and HFAE emulsion. The pump's mechanism consists of a non-circular gear with external teeth (planete), non-circular gear with internal teeth (curvature), and circular gears (satellites) between them. Present shape of the planete and curvature causes fast wear of teeth and reduces pump's durability. To make the pump fully operational changes of the mechanism shape are necessary. Methods of determination of the corrected shape and preliminary results of the analysis are shown.

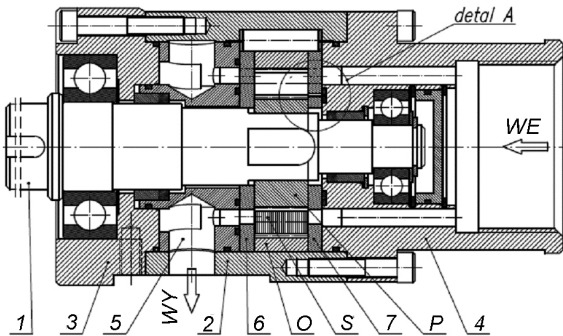
Keywords: satellite pump, gear mechanism, HFAE emulsion, water, oil

## 3. Pompy satelitowe o odwróconej kinematyce

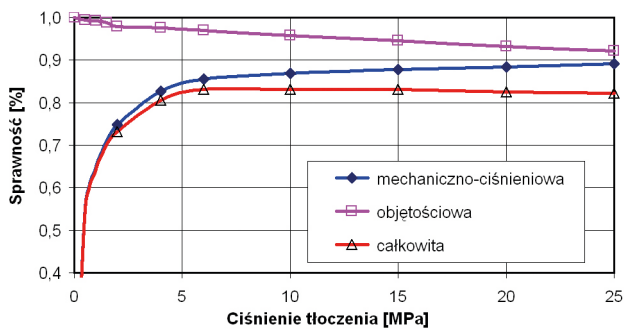
Odmianą pompy PSM jest pompa o odwróconej kinematyce. Normalnie w mechanizmach satelitowych wiruje planeta P wraz z satelitami S, podczas gdy obwodnica O pozostaje nieruchoma (rys. 5). Liczba otworów w każdej z płyt rozrządu jest w takiej wersji równa liczbie garbów na nieruchomej obwodnicy. Dla pokazanego na rys. 5 a mechanizmu 4/6 liczba otworów wynosi zatem 6, a ich maksymalny rozmiar pokazano na rys. 5 b [3].

Odwrócenie kinematyki oznacza unieruchomienie planety P i wprawienie w ruch obrotowy obwodnicy O. Zarys planety i obwodnicy nie ulegają przy tym zmianie (rys 6 a), zmienia się za to kształt i liczba otworów w płytach rozrządu (rys 6 b).

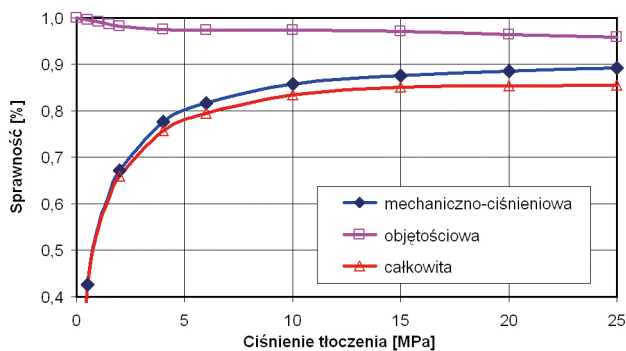




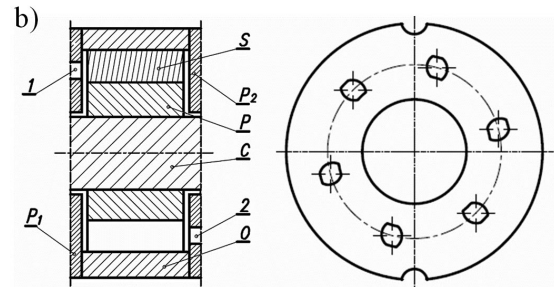
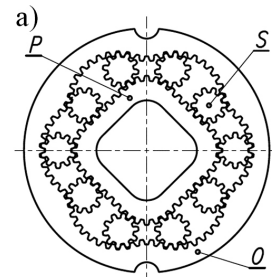
Rys. 2. Pompa PSM: widok zewnętrzny (u góry); przekrój (u dołu) [4]



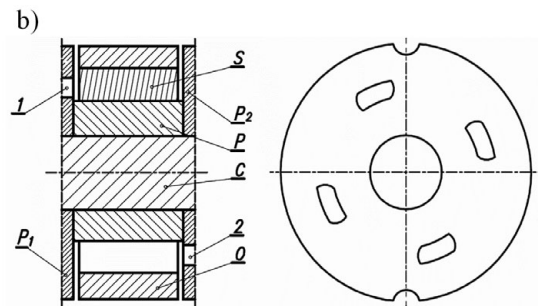
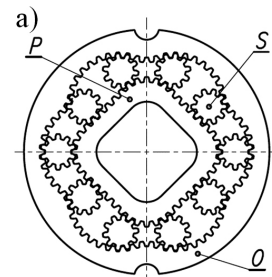
Rys. 3. Wyniki badań pompy PSM przy prędkości 1000 obr./min; ciecz – olej mineralny HG46 [4]



Rys. 4. Wyniki badań pompy PSM przy prędkości 1500 obr./min; ciecz – emulsja HFAE [4]

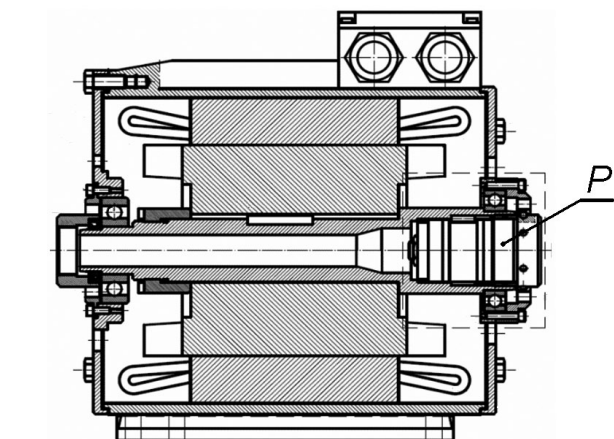
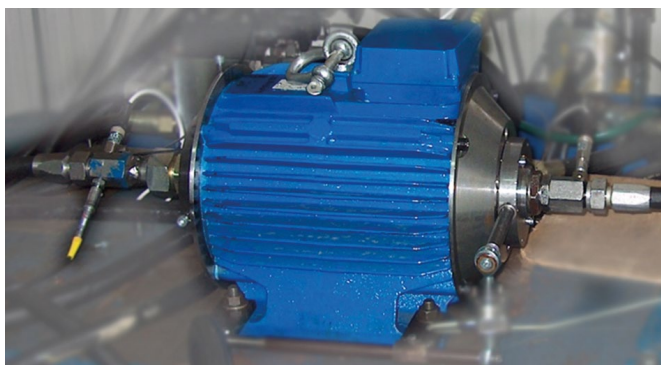


Rys. 5. Pompa z wirującą planetą: a) kształt zarysu: O – obwodnica, P – planeta, S – satelity; b) luzy w mechanizmie i kształt płyty rozrządu [3]



Rys. 6. Pompa z wirującą obwodnicą: a) kształt zarysu: O – obwodnica; P – planeta, S – satelity; b) luzy w mechanizmie i kształt płyty rozrządu [5, 6]

Liczba otworów w każdej płycie rozrządu maleje do 4 i równa jest liczbie garbów na nieruchomej planetce. Zmniejszeniu liczby otworów towarzyszy jednak ponad 2-krotny wzrost pola powierzchni każdego otworu [5, 6]. Pozwala to ograniczyć straty ciśnienia generowane przez rozrząd pompy.



**Rys. 7.** Agregat z pompą satelitową o odwróconej kinematyce; widok zewnętrzny (u góry); przekrój (u dołu). P – pompa satelitowa [6]

Dodatkową zaletą pomp satelitowych o odwróconej kinematyce jest możliwość zabudowy takiej pompy wewnątrz silnika elektrycznego. Ze względu na kilkudziesięciokrotnie wyższą gęstość mocy, jaką charakteryzują się maszyny satelitowe w porównaniu do maszyn elektrycznych, ich średnica zewnętrzna jest porównywalna ze średnicą wału typowego silnika klatkowego. Można zatem umieścić pompę satelitową w wydrążonym wale silnika, dzięki czemu powstały w ten sposób agregat pompy charakteryzuje się wymiarami mniejszymi niż sam silnik elektryczny (ze względu na eliminację końcówki wału). Agregat taki został zbudowany i przebadany w Zespole Hydrauliki i Pneumatyki PG (rys. 7).

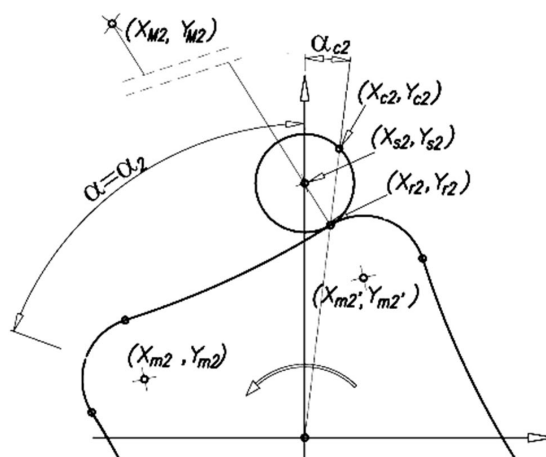
Wyniki badań potwierdziły zarówno poprawną pracę agregatu, jak również zdolność pompy do pracy z cieczami na bazie wody (emulsja HFAE). Sprawność pompy i uzyskiwane przez nią parametry były zbliżone do osiągniętych przez PSM.

#### 4. Problemy techniczne

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość wykorzystania mechanizmu satelitowego do pracy pompowej w obszarze prędkości i ciśnień typowych dla pomp hydraulicznych. Badania te wykazały jednak, że dla uzyskania pełnowartościowej pompy konieczna jest eliminacja niekorzystnych zjawisk pojawiających się podczas pracy.



**Rys 8.** Zazębienie satelity z garbem planety – mechanizm nowy (a); zużycie zębów planety w obrębie garbu (b) [7]

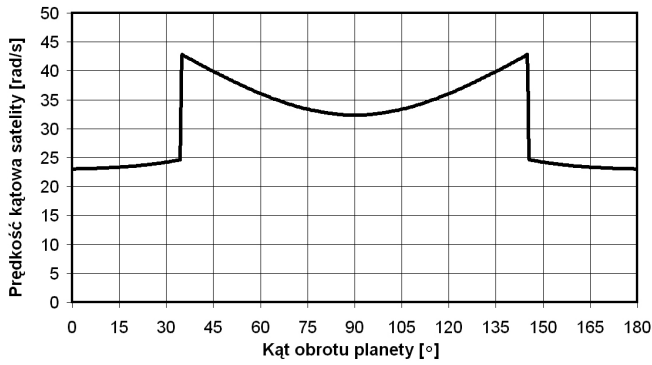


**Rys. 9.** Linie podziałowe planety i satelity dla obecnego mechanizmu 4/6 [3]

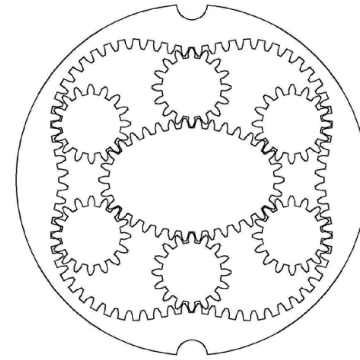
Pierwsze z tych zjawisk związane jest z małym promieniem krzywizny zarysu planety w obrębie jej garbów (rys. 8 a). Niekorzystne warunki zazębienia satelity z planetą powodują przyspieszone zużycie zębów planety, ograniczające trwałość mechanizmu i mogące prowadzić do przedwczesnej awarii pompy (rys. 8b) [7].

Należy przypomnieć, że wykorzystywane obecnie zarysy mechanizmów satelitowych stworzone zostały z myślą o pracy silnikowej i to w silnikach wolnoobrotowych. Mechanizmy te charakteryzowały się dużym modułem zębów – 1,5 mm lub większym – i pracowały z prędkością obrotową nieprzekraczającą 250 obr./min. W takich warunkach omawiane powyżej zużycie zębów nie miało istotnego wpływu na trwałość maszyny.

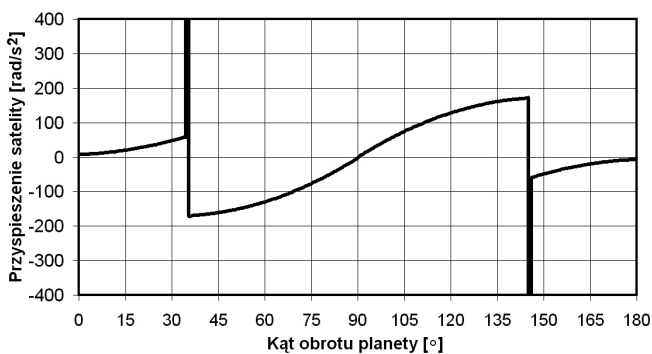
Drugi problem wynika ze sposobu projektowania zarysów mechanizmu. We wszystkich stosowanych obecnie zarysach satelitowych krzywe podziałowe utworzone są z łuków, stycznych do siebie w punktach połączenia. Upraszcza to procedurę wyznaczania kształtów mechanizmu, lecz pociąga za sobą niekorzystne skutki uboczne. Promień krzywizny zarysu w punkcie styku zmienia skokowo swą wartość, a często nawet i znak (rys. 9). W chwili przejścia satelity przez taki punkt mamy do czynienia z gwałtownymi skokami prędkości kątowej i przyspieszenia działającego na satelitę (rys. 10 i 11), a zatem ze zwiększonym obciążeniem współpracujących zębów.



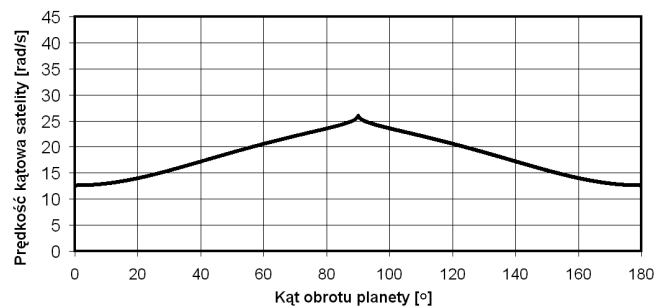
Rys. 10. Zmiany prędkości kątowej satelity obecnego mechanizmu 4/6. Prędkość kątowa planety  $\omega = 10 \text{ rad/s}$  [3]



Rys. 12. Przykładowy zarys mechanizmu 2/4 pompy nowego typu



Rys. 11. Zmiany przyspieszenia kątowego satelity obecnego mechanizmu 4/6. Prędkość kątowa planety  $\omega = 10 \text{ rad/s}$  [3]



Rys. 13. Zmiany prędkości kątowej satelity nowego mechanizmu 2/4. Prędkość kątowa planety  $\omega = 10 \text{ rad/s}$

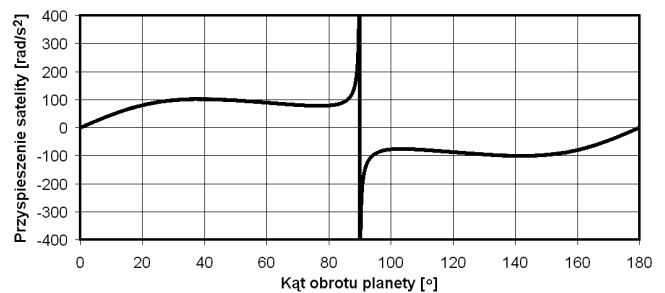
### 5. Mechanizm o nowym zarysie

Rozwiązaniem obu powyższych problemów może być zmiana zarysu mechanizmu, czyli wyznaczenie nowych linii podziałowych uzębienia naciętego na planecie i obwodnicy. Linie te powinny być opisane jednolitą funkcją matematyczną, spełniającą następujące kryteria:

- promień krzywizny zarysu zmieniający się w sposób ciągły;
- możliwie wysokie wartości minimalnego promienia krzywizny.

Dodatkowo założono, że w odróżnieniu od wszystkich istniejących zarysów nowy zarys będzie projektowany z myślą o pracy pompowej. W tym celu przeanalizowano teoretycznie możliwe mechanizmy satelitowe [8] i wybrano mechanizm 2/4, charakteryzujący się 2-garbną planetą, 4-garbną obwodnicą i posiadający 6 satelitów. W odróżnieniu od dotychczas stosowanych mechanizm taki charakteryzuje się korzystnym stosunkiem wydajności jednostkowej do gabarytów i mniejszą liczbą satelitów, co redukuje ilość cykli obciążenia każdego zęba podczas jednego obrotu planety lub obwodnicy.

Stosowana dotychczas metodyka wyznaczania linii podziałowych nie pozwalała na spełnienie powyższych założeń. Konieczne było zatem stworzenie specjalnego programu służącego obliczaniu nowych zarysów. Program taki powstał, a uzyskane dzięki niemu wyniki potwierdziły możliwość



Rys. 14. Zmiany przyspieszenia kątowego satelity nowego mechanizmu 2/4. Prędkość kątowa planety  $\omega = 10 \text{ rad/s}$

tworzenia zarysów spełniających ww. kryteria. Przykładowy kształt nowego mechanizmu pokazano na rys. 12. Porównując uzyskany zarys z zarysem 4/6 pokazanym na rys. 5 i 6, można zauważyć prawie dwukrotny wzrost promienia krzywizny satelity i minimalnego promienia krzywizny planety. Szczegółowa analiza nowego zarysu potwierdza też znaczący spadek skoków prędkości obrotowej i przyspieszenia osiąganego przez satelitę podczas pracy (rys. 12 i 13). Wynika to przede wszystkim z ciągłości zarysów planety i obwodnicy.



Dla pełnego porównania przebiegów przyspieszenia kąto-owego satelity należy dodać, że szczytowe, niemieszczące się na wykresie, wartości tego przyspieszenia osiągają dla nowego zarysu wartości  $\pm 1600 \text{ rad/s}^2$ , podczas gdy analogiczne wartości uzyskiwane przez stosowany dotychczas zarys 4/6 (rys. 11) przekraczają  $\pm 20\,000 \text{ rad/s}^2$ .


### 6. Podsumowanie

Wstępna analiza potwierdziła możliwość ograniczenia problemów występujących podczas eksploatacji pomp satelitowych. Niezależnie od przyjętej kinematyki można oczekiwać wzrostu trwałości mechanizmu 2/4 nowego typu w porównaniu ze stosowanym dotychczas mechanizmem 4/6. Podobne zmiany można również zastosować w stosunku do szybkoobrotowych silników satelitowych, w których także pojawia się problem ograniczonej trwałości. W oparciu o stworzony program możliwe jest wyznaczenie wielu różniących się od siebie zarysów, które w kolejnym etapie poddane zostaną analizie porównawczej celem wyznaczenia najkorzystniejszej wersji.

### Literatura

[1] BALAWENDER A., ŚLIWIŃSKI P. I IN.: *Badania rozwojowe hydraulicznych silników i pomp satelitowych o małych objętościach roboczych zasilanych wodą, emulsją i olejem*. Raport z projektu badawczo-rozwojowego nr R0300103. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2010.

- [2] PATROSZ P.: *Nowe możliwości generowania zarysów satelitowych mechanizmów roboczych*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne 2012”, Wrocław 2012.
- [3] ŚLIWIŃSKI P.: *Satelitowe maszyny wyporowe. Podstawy projektowania i analiza strat energetycznych*. Monografia. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2016.
- [4] ŚLIWIŃSKI P.: *The influence of water and mineral oil on mechanical losses in the displacement pump for offshore and marine applications*. „Polish Maritime Research”, Special Issue, Vol 25, 2018.
- [5] ŚLIWIŃSKI P., OSIECKI L., PATROSZ P.: *Satelitowy agregat pompowy. Od metody elementów skończonych do mechatroniki*. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2017.
- [6] PATROSZ P., ŚLIWIŃSKI P., OSIECKI L.: *Płynowa maszyna wyporowa z satelitowym mechanizmem roboczym o odwróconej kinematyce*. Patent PL 226 516, 2017.
- [7] PATROSZ P., ŚLIWIŃSKI P.: *Compact satellite hydraulic unit. Machines, Technologies, Materials*. Scientific Technical Union of Mechanical Engineering. Sofia, Bułgaria 2014.
- [8] SIENIAWSKI D.: *Pulsacja chłonności maszyn satelitowych*. Praca doktorska. Politechnika Gdańska, Gdańsk 1985.

 Leszek Osiecki  
Wydział Mechaniczny – Politechnika Gdańska  
e-mail: losiecki@pg.edu.pl

artykuł recenzowany

### WYDARZENIA

#### ● Boeing rozszerza zakres współpracy z należącą do grupy Siemens spółką Mentor Graphics

Firma Siemens poinformowała o podpisaniu przez firmę Boeing umowy przewidującej rozszerzenie zakresu, w jakim będzie ona wykorzystywać oprogramowanie należącej do grupy Siemens spółki Mentor Graphics. Nowe porozumienie jest związane z inicjatywą Second Century Enterprise Systems (2CES), zgodnie z którą Boeing zamierza przekształcić swoje własne struktury, a także sposób działania całego przemysłu lotniczego tak, by sprostać wyzwaniom dwudziestego pierwszego wieku. Jako największa na świecie firma sektora lotniczego, Boeing jest gotowy na to, by wprowadzić branżę w kolejne 100 lat działalności. Współpracuje w tym celu ze spółką Siemens, która dostarcza kompleksowy zestaw technologii umożliwiających projektowanie i wytwarzanie produktów nowej generacji dzięki zastosowaniu na szeroką skalę automatyzacji i cyfryzacji.

Decyzja została podjęta przez firmę Boeing po dogłębnej analizie dostępnych na rynku rozwiązań, ich obecnych i potencjalnych możliwości oraz stopnia elastyczności technologicznej – a wszystko po to, by sprostać zmieniającym się wymaganiom, z jakimi Boeing musi mierzyć się, prowadząc działalność biznesową. Długoterminowa umowa przewiduje zastosowanie przełomowych technologii grupy Siemens w takich obszarach, jak projektowanie systemów i komponentów elektrycznych i elektronicznych, a także prowadzenie analiz mechanicznych. Stanowi ona dla firmy Boeing fundament pozwalający na dostarczanie klientom kompleksowych, a zarazem innowacyjnych rozwiązań. Koncentrując się na technologiach oferowanych przez należącą do Siemens spółkę Mentor Graphics, Boeing wprowadzi do swojej działalności standardową, ogólnofirmową platformę, pozwalającą na projektowanie, produkcję i weryfikowanie poprawności działania półprzewodników, obwodów

drukowanych i układów elektrycznych (w tym wiązek przewodów). Nowe rozwiązanie pozwoli także na przeprowadzanie analiz termicznych i przepływowych komponentów mechanicznych.

– Dzięki współpracy z zespołem Siemens-Mentor połączymy najlepsze w branży rozwiązania do projektowania systemów elektrycznych z rozległym doświadczeniem firmy Boeing i wiedzą na temat procesu 2CES, pozwalającego na gruntowną transformację tej branży – skomentował John Harnagel, Dyrektor ds. Technicznych, Boeing Defense and Space.

– Firma Siemens jest dumna z tego, że została wybrana jako jeden z partnerów Boeinga zaangażowanych w praktyczną realizację wizji 2CES. Nasze zdolności związane z popularyzacją cyfrowych, innowacyjnych rozwiązań są naszym ogromnym atutem. Cieszymy się, że Boeing również to dostrzegł – dodał Tony Hemmelgarn, Prezes Zarządu Siemens PLM Software.

Źródło: Siemens

# Prace rozwojowe nad pierwszą polską ładowarką teleskopową

Piotr Patrosz, Paweł Załuski, Marta Zaleska

## 1. Wstęp

Rosnąca świadomość i wymagania polskich rolników wymuszają na rodzimych producentach maszyn nieustanny rozwój i poszerzanie oferty. Aby oferta ta była konkurencyjna, musi być znacznie bardziej dostosowana do potrzeb polskiego rolnika niż oferta firm zachodnich. Warunki pracy maszyn w polskim gospodarstwie rolnym są nadal inne niż w gospodarstwie niemieckim czy francuskim. Przede wszystkim polski rolnik nie jest tak zamożny, jak jego zachodni sąsiedzi, i z tego powodu oczekuje od maszyn większej wielofunkcyjności. Ponadto preferuje zakup maszyny, która nie będzie wymagała od niego dodatkowych inwestycji, chociażby w utwardzony plac czy szersze bramy wjazdowe do zabudowań.

Kiedy rolnik chce kupić ładowarkę teleskopową, to należy założyć, że nie będzie to jedynie maszyna do transportu paszy, ale urządzenie znacznie bardziej uniwersalne, którym rolnik będzie mógł holować przyczepę, odsińczać podwórko czy podnosić mniej lub bardziej konwencjonalne ładunki.

Tak zdefiniowaną niszę na rynku zaobserwował właściciel firmy Hydro-Metal – Adam Gordziejczyk. Wykorzystując własne środki i pasję, zbudował pierwszy prototyp ładowarki teleskopowej „AGroLeo” (rys. 1).

Dzięki dofinansowaniu „Bon na innowacje” udzielonemu przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, na projekt pt: „Zaprojektowanie i zbadanie innowacyjnych podsystemów ładowarek kołowych firmy Hydro-Metal” firma Hydro-Metal zleciła Zespołowi Hydrauliki i Pneumatyki Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej poprawę konstrukcji nośnej pojazdu i projekt hydraulicznego układu napędowego. W ramach realizowanych prac B+R przeprowadzono obliczenia MES wyteżenia i odkształcenia ramy ładowarki i wysięgnika. Ponadto zaprojektowano dwie wersje układu hydraulicznego złożonego z następujących podukładów:

- podukład jazdy;
- podukład skrętu;
- podukład hamulcowy;
- podukład chłodzenia oleju i wody;
- podukład narzędzi roboczych, w tym wysięgnika.

Zaprojektowane dwie wersje układu hydraulicznego pozwalają na dostosowanie oferty do oczekiwań cenowych i funkcjonalnych nabywcy.

## 2. Obliczenia MES ramy ładowarki i wysięgnika

Aby wyznaczyć maksymalne naprężenia i odkształcenia w ramie i wysięgniku ładowarki, przeprowadzono obliczenia wytrzymałościowe metodą elementów skończonych (MES).

**Streszczenie:** W artykule dokonano przeglądu prac wykonanych przez członków Zespołu Hydrauliki i Pneumatyki Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej w ramach programu „Bon na innowacje” dla firmy „Hydro-Metal Adam Gordziejczyk”. Obiektem prac była ładowarka teleskopowa z napędem hydraulicznym o udźwigu 1,5 T. Pierwsza część prac polegała na obliczeniach MES i poprawie sztywności konstrukcji ramy i wysięgnika. Druga część prac polegała na zaprojektowaniu dwóch wersji układu hydraulicznego – ekonomicznej i zaawansowanej. Prace nad układem hydraulicznym podzielono na prace nad układem zasilania narzędzi, układem skrętu, układem chłodzenia i układem jazdy.

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE FIRST POLISH TELEHANDLER

**Abstract:** The article reviews the work done by members of Hydraulics and Pneumatics team of Mechanical Department of Technical University of Gdansk within the framework of the program „Bon na innowacje” for the company „Hydro-Metal Adam Gordziejczyk”. The object of works was a telescopic loader with a hydraulic drive. The first part of the work included description of FEM simulation and improvement of frame and boom design. The second part of the work described the design process of two versions of the hydraulic system – economic and advanced. The work on the hydraulic system was divided into the power, steering, cooling and driving systems.

Przed rozpoczęciem obliczeń MES, celem określenia wartości sił działających na ramę i wysięgnik ładowarki, przeprowadzono analizę teoretyczną obciążeń wynikających z ciężaru ładunku, masy własnej oraz sił towarzyszących poruszaniu się pojazdu. Jako główne siły obciążające pojazd należy wymienić:

- a) ciężar własny pojazdu, w skład którego wchodzi:
  - ciężar kabiny,
  - ciężar silnika i zespołu napędowego,
  - ciężar ramy i podwozia,
  - ciężar wysięgnika;
- b) ciężar ładunku;
- c) siły bezwładności powstające w trakcie przyspieszania i hamowania;
- d) siła odśrodkowa powstająca w trakcie skrętu;
- e) siły zewnętrzne wywołane niewłaściwym użytkowaniem lub zderzeniem z przeszkodą.

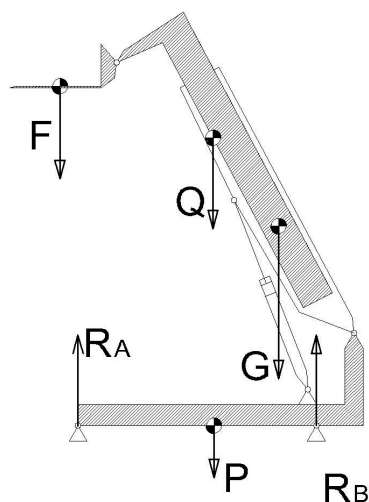


Rys. 1. Ładowarka teleskopowa „AGroLeo” [1]

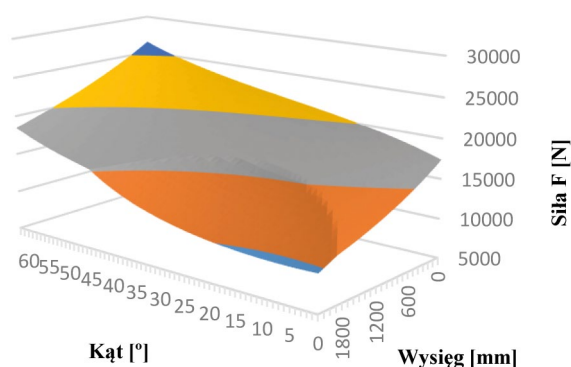
Łączny ciężar własny pojazdu to ok. 3450 kg, a środek ciężkości jest przesunięty w kierunku tylnej osi. Zakłada się, że pojazd powinien być w stanie podnieść i przemieścić ładunek o wadze 1500 kg, co oznacza, że obie osie będą razem obciążone siłą równą 50 kN. Schemat obciążenia ładowarki przedstawiono na rys. 2.

Znając parametry układu hydraulicznego, wyznaczono zakres wartości siły  $F$  możliwej do przeniesienia przez układ hydrauliczny, niepowodującej wywrócenia pojazdu. Zakres ten przedstawiono na rys. 3 w funkcji kąta pochylenia wysięgnika i jego wysięgu.

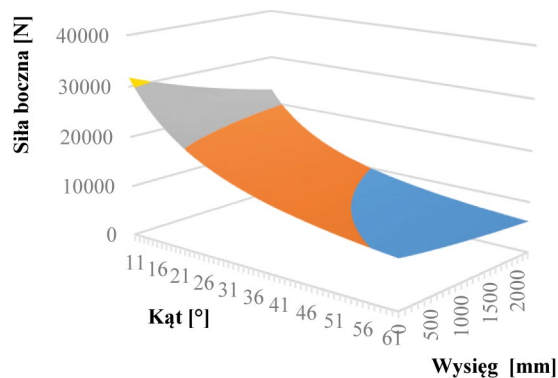
Bardzo istotną siłą z punktu widzenia wyważenia i odkształceń ramy jest siła boczna. Może się ona pojawić przy bocznym uderzeniu wysięgnikiem ładowarki lub przy szybkim pokonywaniu zakrętów z ładunkiem. W obu przypadkach siła ta będzie w znacznej mierze zależała od operatora ładowarki. Zakładając, że silne kolizje nie są typowym zjawiskiem przy poprawnej obsłudze ładowarki, przyjęto, że maksymalną siłą boczną będzie siła odśrodkowa pojawiająca się przy szybkim pokonywaniu zakrętów. Podobnie jak w przypadku sił od ładunku, duża wartość siły odśrodkowej może spowodować wywrócenie się pojazdu. Aby określić maksymalną wartość tej siły, należy uwzględnić kąt ustawienia i wysięg ramienia ładowarki. Na rys. 4 przedstawiono maksymalną wartość siły odśrodkowej, która nie spowoduje wywrócenia pojazdu wchodzącego w zakręt.



Rys. 2. Schemat obciążenia ładowarki:  $F$  – ciężar ładunku i osprzętu;  $Q$  – ciężar własny wewnętrznego członu wysięgnika;  $G$  – ciężar własny zewnętrznego członu wysięgnika;  $P$  – ciężar własny pojazdu;  $R_A$  – nacisk na oś przednią;  $R_B$  – nacisk na oś tylną [2]

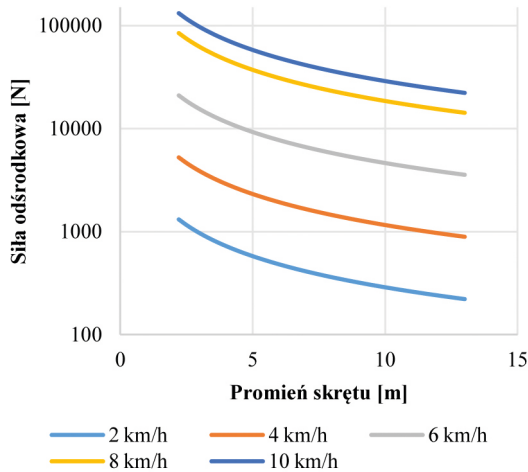


Rys. 3. Wykres rzeczywistego maksymalnego udźwigu ładowarki niepowodującego oderwania tylnych kół od ziemi [2]



Rys. 4. Maksymalna siła odśrodkowa działająca na ładunek przy jeździe po łuku niepowodująca wywrócenia pojazdu z ładunkiem o masie 1500 kg [2]





Rys. 5. Siła odśrodkowa w funkcji promienia skrętu dla różnych prędkości jazdy [2]

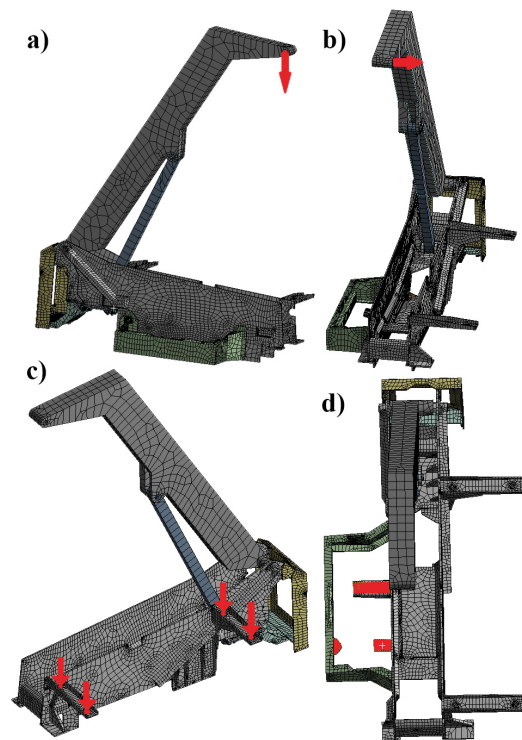
Jednocześnie na rys. 5 zamieszczono wykres siły odśrodkowej w funkcji promienia skrętu i prędkości jazdy.

Wykorzystując wyniki analizy teoretycznej, opracowano w programie ANSYS model numeryczny ramy pojazdu, którego podział na elementy skończone i sposób obciążenia przedstawiono na rys. 6. Z modelu usunięto przedni i tylny most napędowy, które nie były przedmiotem badań, zaś w ich miejsce wstawiono symulujące je więzy. Jako wskaźnik sztywności ramy i wysięgnika przyjęto przemieszczenie końcówki wysięgnika, do której przyłożono siłę od ładunku i siłę boczną. Dodatkowo, aby jednoznacznie i odrębnie określić wpływ sztywności ramy i wysięgnika, rozdzielono obliczenia wytrzymałościowe tych elementów. W modelu do obliczeń ramy podatny wysięgnik został zastąpiony bryłą sztywną, dzięki czemu położenie końcówki wysięgnika było indykatorem jedynie odkształceń ramy.

Przykładowe wyniki analiz MES przedstawiono w formie wykresów warstwicznych na rys. 7 i 8. Rys. 7 przedstawia rozkład naprężeń w ramie pojazdu obciążonego ładunkiem o wadze 1500 kg i sile bocznej równej 3000 N, zaś rys. 8 przemieszczenia przy tym samym obciążeniu. Końcówka wysięgnika w pierwszej wersji prototypu przemieściła się o 31 mm, co przyjęto jako wartość referencyjną, do której porównywane będą efekty zmian konstrukcyjnych.

Jak widać na rys. 8, rama zostaje skrzywiona pod wpływem obciążenia od ładunku i siły bocznej. Powoduje to silne przemieszczenie wysięgnika i tylnego wspornika kabiny. Przełożyłoby się to na bezpieczeństwo i komfort pracy operatora.

W celu obniżenia naprężeń i ograniczenia odkształceń w ramie pojazdu wprowadzono zmiany konstrukcyjne, polegające na zamknięciu profilu ramy, co znacząco poprawiło jej sztywność skrętną. Dodatkowo usunięto karby strukturalne powodujące lokalne spiętrzenia naprężeń. Efekt tych zmian został przedstawiony na rys. 9 i 10. Dzięki wprowadzonym zmianom blisko dwukrotnie zwiększono sztywność ramy, ograniczając przemieszczenie końcówki wysięgnika z 31,5 mm do wartości 17 mm, nie zmieniając przy tym gabarytów i masy ramy.



Rys. 6. Model ramy ładowarki teleskopowej podzielony na elementy skończone i obciążony: a) miejsce i kierunek przyłożenia siły od ładunku; b) miejsce i kierunek przyłożenia siły bocznej; c) miejsce i kierunek przyłożenia ciężaru kabiny; d) miejsce przyłożenia ciężaru silnika spalinowego [2]

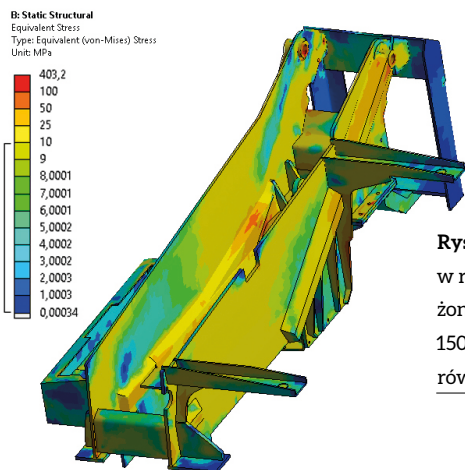
Poza obliczeniami ramy przeprowadzono także obliczenia wytrzymałościowe wysięgnika. Sposób jego obciążenia i podparcia przedstawiono na rys. 11, a model podzielony na elementy skończone na rys. 12. Sam wysięgnik jest konstrukcją sztywną i – jak wykazały obliczenia – jej dalsze usztywnianie spowodowałoby duży wzrost masy, nie przekładając się na znaczącą poprawę sztywności.

Zaobserwowano jednak niebezpieczny wzrost naprężeń w tylnej części wewnętrznego człon wysięgnika (rys. 13 i 14). Aby poprawić tę sytuację, zastosowano szersze ślizgi, które rozłożyły siły między członem wewnętrznym a zewnętrznym na większej powierzchni, co spowodowało zmniejszenie naprężeń w tym obszarze. Jednocześnie zwiększono grubość wewnętrznych blach wzmacniających i zaokrąglono otwory, którymi do wnętrza wysięgnika wprowadzane są węże hydrauliczne.

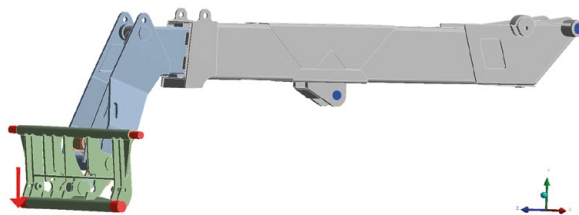
Rezultat tych zmian przedstawiono na rys. 15. Zaproponowano także zmianę materiału, z którego wykonano wewnętrzny człon wysięgnika, na stal o wyższej granicy plastyczności. Dzięki tym zabiegom ograniczono maksymalne naprężenia poniżej progu 250 MPa, co zapewniło właściwy współczynnik bezpieczeństwa dla tak odpowiedzialnego elementu maszyny.

### 3. Układ hydrauliczny

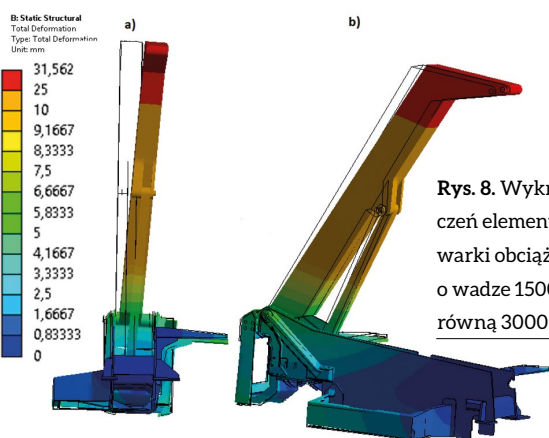
Pierwszym etapem prac nad układem hydraulicznym była inwentaryzacja układu, w który wyposażony był dostarczony prototyp. W prototypie znajdowały się 4 pompy – pompa



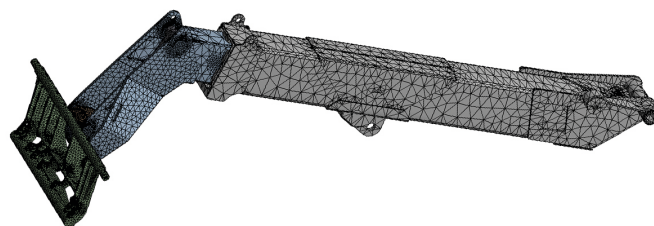
**Rys. 7.** Rozkład naprężeń w ramie ładowarki obciążonej ładunkiem o wadze 1500 kg i siłą boczną równą 3000 N [2]



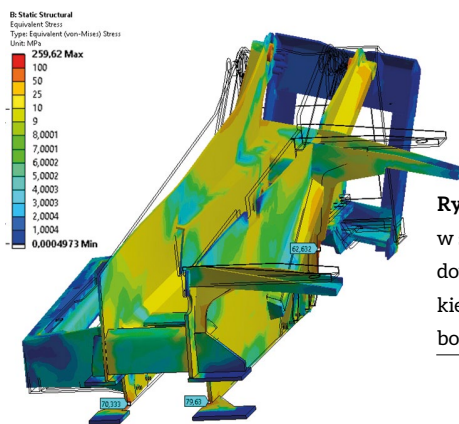
**Rys. 11.** Sposób obciążenia i podparcia wysięgnika: kolor czerwony – miejsce przyłożenia siły; kolor niebieski – podparcie



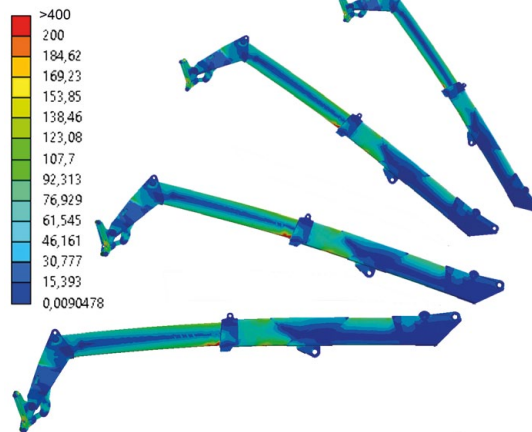
**Rys. 8.** Wykres przemieszczeń elementów ramy ładowarki obciążonej ładunkiem o wadze 1500 kg i siłą boczną równą 3000 N [2]



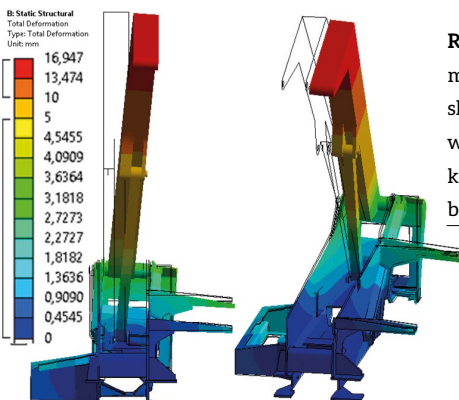
**Rys. 12.** Model wysięgnika z elementów skończonych [2]



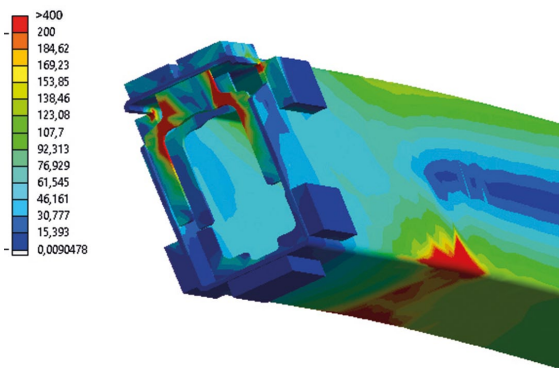
**Rys. 9.** Rozkład naprężeń w skorygowanej ramie ładowarki obciążonej ładunkiem o wadze 1500 kg i siłą boczną równą 3000 N [2]



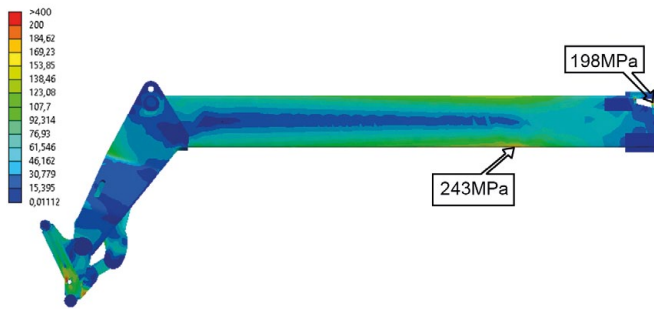
**Rys. 13.** Rozkład naprężeń w wysięgniku ładowarki obciążonym ładunkiem o wadze 1500 kg przy różnych kątach pochylenia wysięgnika



**Rys. 10.** Wykres przemieszczeń elementów skorygowanej ramy ładowarki obciążonej ładunkiem o wadze 1500 kg i siłą boczną równą 3000 N [2]



**Rys. 14.** Rozkład naprężeń w tylnej części wewnętrznego członu wysięgnika ładowarki obciążonego ładunkiem o wadze 1500 kg [2]



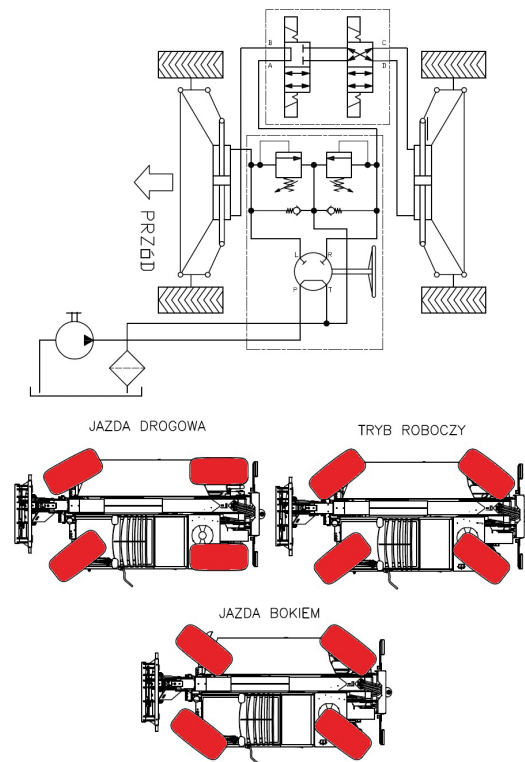
Rys. 15. Rozkład naprężeń w wewnętrznym członie wysięgnika ładowarki obciążonej ładunkiem o wadze 1500 kg [2]

wielotłoczkowa o zmiennej wydajności do napędu układu jazdy oraz 3 pompy zębate – pierwsza do napędu układu skrętu, druga do układu narzędzi i trzecia do układu chłodzenia oraz zasilania zewnętrznych opcjonalnych urządzeń. Na podstawie prób ruchowych oraz analizy schematu hydraulicznego zidentyfikowano oraz rozwiązano problemy występujące w układzie hydraulicznym, takie jak:

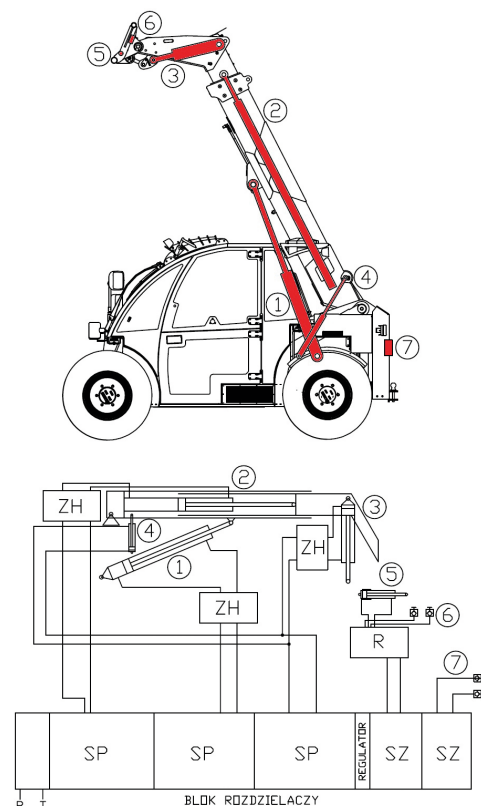
- nadmierne nagrzewanie się oleju podczas pracy – w pierwotnej wersji silnik hydrauliczny wentylatora chłodnicy był napędzany tą samą pompą, którą były zasilane tylne szybkozłączka. W wersji produkcyjnej silnik wentylatora napędzany jest osobną pompą poprzez dedykowany proporcjonalny zawór termostatyczny;
- nadmierny hałas generowany przez układ skrętu – podczas obliczeń okazało się, że pierwotnie dobrana pompa do zasilania układu skrętu miała ponad dwukrotnie większą objętość roboczą, niż było to wymagane. Po wymianie pompy hałas generowany przez orbitrol układu skrętu znacznie się zmniejszył;
- nadmierne obciążenie siłownika poziomowania ramki przy określonym przesterowaniu joysticka – problem został rozwiązany przez zastosowanie innych rozdzielaczy;
- zawór hamulcowy siłownika podnoszenia wysięgnika był odcięty od spływu do zbiornika poprzez zawór 6/2. Podczas wysuwania obciążonego teleskopu i otwarcia zaworu hamulcowego olej nie miał drogi odpływu. Problem został rozwiązany poprzez dobór innego rozdzielacza. Zastosowano zawory hamulcowe z komorą sprężyny połączoną z atmosferą, tak aby ciśnienie w kanale odpływowym nie wpływało na nastawę zaworu.

Schemat hydrauliczny układu skrętu przedstawiony został na rys. 16. Układ skrętu wyposażony jest w osobną pompę zębatą, która poprzez orbitrol zasila siłowniki skrętu zabudowane na mostach napędowych. Układ wyposażony jest w zawór skrętu umożliwiający wybór jednego z trzech trybów – jazdy drogowej ze skrotną tylko przednią osią, trybu roboczego ze skrotnymi obiema osiami oraz trybu jazdy bokiem (tzw. „psi chód”).

Schemat ideowy połączenia poszczególnych odbiorników z blokiem rozdzielaczy został przedstawiony na rys. 17. W bloku rozdzielaczy trzy pierwsze sekcje są proporcjonalne i służą do sterowania siłownikiem podnoszenia wysięgnika, siłownikiem wysuwu teleskopu i siłownikiem obrotu ramki



Rys. 16. Schemat układu hydraulicznego skrętu oraz możliwe tryby jazdy w zależności od przesterowania zaworu skrętu [2]



Rys. 17. Schemat ideowy układu zasilania narzędzi ładowarki teleskopowej: 1 – siłownik podnoszenia wysięgnika; 2 – siłownik wysuwu teleskopu; 3 – siłownik obrotu ramki; 4 – siłownik poziomowania; 5 – siłownik rygla ramki; 6 – szybkozłączka na ramce; 7 – szybkozłączka z tyłu ładowarki; ZH – zawory hamulcowe; R – rozdzielacz; SP – sekcja proporcjonalna; SZ – sekcja zwykła



narzędzi. Siłownik obrotu ramki jest połączony z siłownikiem poziomowania znajdującym się na wysięgniku, co zapewnia poziomowanie ramki przy podnoszeniu bądź opuszczaniu wysięgnika. Ramka narzędzi z przyłączem wg ISO 23206:2005 posiada zamykany hydraulicznie rygiel oraz dwa szybkozłacza pozwalające na podpięcie do niej wideł bądź chwytaka. Zarówno rygiel, jak i szybkozłacza sterowane są z jednej sekcji rozdzielacza głównego. Ostatnia sekcja rozdzielacza steruje tylnymi szybkozłaczami, umożliwiającymi podpięcie do ładowarki przyczepy z mechanizmem wywrotu.

Efektem prac projektowych było powstanie dwóch wersji układu hydraulicznego zasilania narzędzi. Pierwszy układ to wersja „ekonomiczna”, bazująca na pompie zębatej o stałej wydajności, bez jednoczesności pracy odbiorników. Druga wersja „premium” bazuje na pompie wielotłoczkowej o zmiennej wydajności i układzie Load Sensing z rozdzielaczami proporcjonalnymi sterowanymi elektrycznie z równoczesnością ruchu trzech pierwszych sekcji rozdzielacza. Układ taki zapewnia o wiele większy komfort i szybkość pracy ładowarką przy mniejszych stratach energetycznych.

Napęd jazdy realizowany jest w układzie zamkniętym z pompą o zmiennej wydajności, sterowaną regulatorem „Automotive” i dwubiegowym silnikiem hydraulicznym. Dzięki temu uzyskano maksymalną prędkość ładowarki 0–10 km/h dla pierwszego biegu silnika hydraulicznego i 0–20 km/h dla drugiego biegu.

W ramach prac projektowych zaprojektowano także hydrauliczny układ hamulcowy, składający się z hamulców pozytywnego i negatywnego, zamontowanych na przednim moście napędowym. Oba zaciski zostały pokazane na rys. 18. Hamulec pozytywny zaciska się na tarczy hamulcowej po podaniu strumienia cieczy do przestrzeni podtłokowej. Hamulec negatywny, pełniący funkcję hamulca postojowego, zaciskany jest mechanicznie sprężyną, natomiast luzowany jest za pomocą strumienia cieczy.

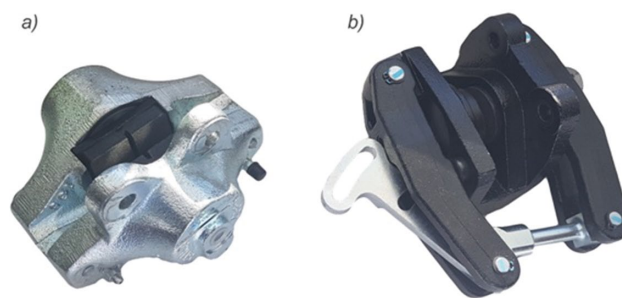
Hamulec pozytywny, sterowany pedałem przez operatora, zasilany jest poprzez zawór redukcyjny z układu skrętu, natomiast hamulec negatywny z pompy dopełniającej układu jazdy. Widok hamulca negatywnego połączonego z zaciskiem hamulcowym przedstawiono na rys. 19.

Do sterowania hamulcami zaprojektowano kostkę zaworową pokazaną na rys. 20, rozszerzając jej funkcjonalność o proporcjonalne sterowanie inchingiem, hamulcem dynamicznym i dodając funkcję ryglowania mechanizmu różnicowego mostów.

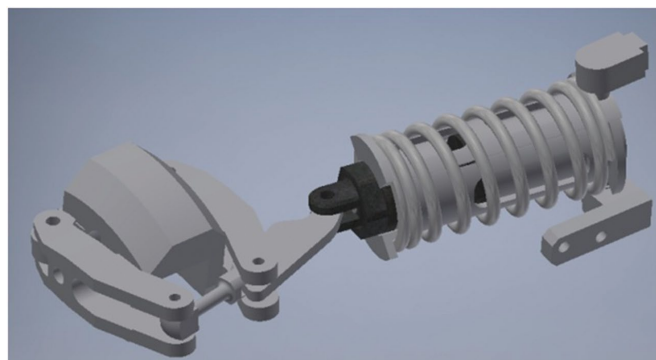
W układzie hydraulicznym prototypu ładowarki przeprowadzono w warunkach terenowych szereg pomiarów dokonanych za pomocą przenośnego rejestratora Hydac HMG 3000. Przykład takich badań pokazany jest na rys. 21. Badano zmiany ciśnień w poszczególnych siłownikach, w gałęzi tłocznej pompy, w układzie skrętu i jazdy.

Przykładowe wyniki badań ciśnienia w komorze beztłoczkowej siłownika podnoszenia wysięgnika zostały przedstawione na rys. 22.

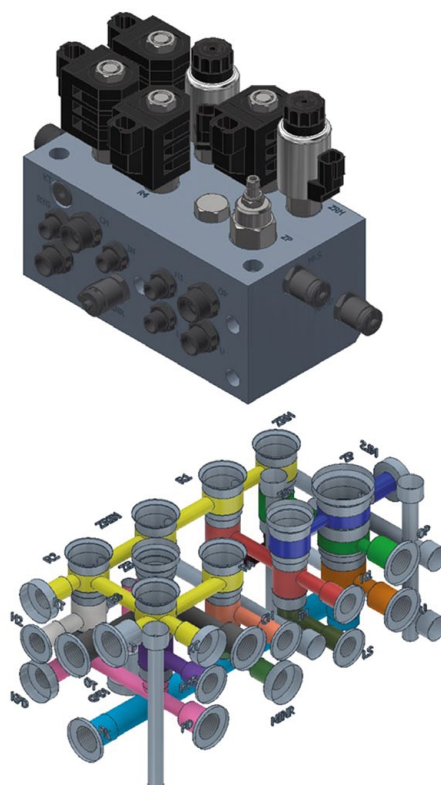
Obok innych badań wykonano pomiary ciśnienia w gałęzi tłocznej pompy układu skrętu. Badania prowadzono na betonowej posadzce przy pełnym obciążeniu ładunkiem.



Rys. 18. Zaciski hamulcowe: a) hydrauliczny pozytywny; b) mechaniczny negatywny [2]



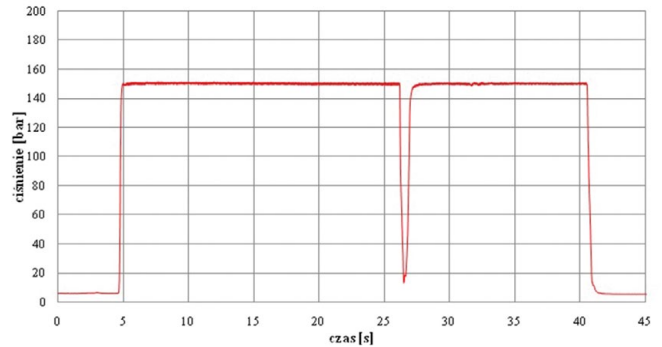
Rys. 19. Widok hamulca negatywnego połączonego z mechanicznym zaciskiem [2]



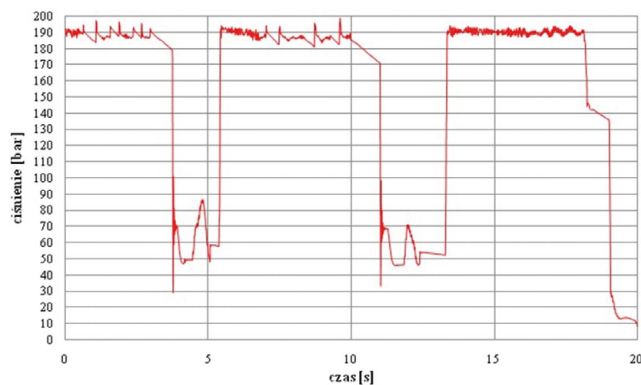
Rys. 20. Blok zaworowy układu hamulcowego i układ kanałów w kostce [2]



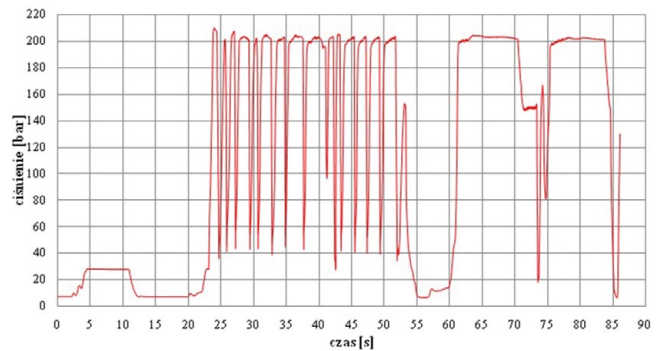
Rys. 21. Ładowarka podczas badań [2]



Rys. 23. Przebieg ciśnień w przewodzie tłocznym pompy układu skrzętu dla biegu jałowego silnika [2]



Rys. 22. Przebieg ciśnień w komorze beztłoczyiskowej siłownika podnożenia wysięgnika [2]



Rys. 24. Przebieg ciśnień w przewodzie tłocznym pompy układu skrzętu dla maksymalnej prędkości silnika [2]

Przeprowadzone analizy obliczeniowe wykazały, że użyta pompa miała zbyt duży wydatek, co skutkowało zwiększonymi oporami przepływu. Wyniki badań potwierdziły te przypuszczenia. Na rys. 23 przedstawiono sytuację dla biegu jałowego silnika. Od 0 do 5 sekundy mamy obrót kół, następnie przy dalszej próbie skrzętu pompa tłoczy olej przez zawór bezpieczeństwa pod ciśnieniem 150 barów.

Pomiary w tym samym miejscu, ale przy maksymalnych obrotach silnika przedstawione zostały na rys. 24. Jak widać, ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa wzrosło do około 220 barów. Tak duży wzrost ciśnienia otwarcia zaworu (ze 150 do 220 barów) związany jest z dużym wzrostem natężenia przepływu generowanego przez pompę.


### Podsumowanie

W efekcie opisanych prac poprawiono konstrukcję prototypu, blisko dwukrotnie zwiększając sztywność skrętną ramy ładowarki, nie zwiększając jej masy. Dodatkowo wyeliminowano niebezpieczne spiętrzenia naprężeń i zmniejszono masę wysięgnika. Ponadto zaprojektowano sprawniejszy i bardziej funkcjonalny układ hydrauliczny.

Firma Hydro-Metal planuje rozpoczęcie produkcji pierwszych ładowarek w marcu 2019 roku.

### Literatura

- [1] Broszura reklamowa ładowarki AGroLeo.
- [2] PATROSZ P., ZAŁUSKI P., ZALESKA M., JASIŃSKI R.: *Raport końcowy z realizacji projektu: „Wykonanie projektu napędu hydraulicznego, oraz dokumentacji konstrukcyjnej i obliczeń wytrzymałościowych ramy oraz wysięgnika ładowarki”*. Praca niepublikowana, Gdańsk 2018.

 dr inż. Piotr Patrosz – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej;

dr inż. Paweł Załuski – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej;

mgr inż. Marta Zaleska – absolwentka Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej i pracownik firmy Bibus-Menos Sp. z o.o.

# Napięcia wałowe i prądy łożyskowe w silnikach prądu stałego dużej mocy stosowanych w maszynach wyciągowych

Jacek Pocztownski

## 1. Wstęp

Ostatnie 15 lat było dla polskiego górnictwa okresem intensywnego rozwoju technicznego pod kątem modernizacji i budowy maszyn wyciągowych. Układy Leonarda i przekształtniki tyrystorowe typu Jantar (pierwszy zabudowany w 1974 roku) [1], są zastępowane nowymi przekształtnikami tyrystorowymi, m.in. typu PJG. Rozwój ten wiąże się z nowymi zagadnieniami i problemami. Jednym z nich jest kompatybilność elektromagnetyczna EMC urządzeń, jak i całych układów sterowania oraz powiązane z tym zjawisko występowania napięć wałowych i prądów łożyskowych w silnikach, ang. *Electrical Discharge Machining* EDM.

Zjawisko występowania napięć wałowych i prądów łożyskowych jest znane i szeroko opisywane od początku lat dwudziestych poprzedniego wieku [2]. Większość publikacji skupia się na silnikach asynchronicznych zasilanych napięciem sieciowym lub z przemienników częstotliwości. Trudno jest znaleźć publikacje opisujące zjawiska EDM występujące w silnikach prądu stałego, w tym zasilanych z przekształtników tyrystorowych, jednakże fizyka opisywanych zjawisk jest analogiczna dla wszystkich typów maszyn elektrycznych.

## 2. Napięcia wałowe i prądy łożyskowe

W publikacjach [2, 3, 4, 5] autorzy przywołują kilka przyczyn powstawania napięć wałowych i prądów łożyskowych w silnikach elektrycznych, m.in. asymetria magnetyczna stojana lub/i wirnika. W przypadku maszyn wyciągowych zasilanych z układu Leonarda i wzbudnic elektromaszynowych, gdzie prędkość obrotowa nie przekracza 90 obr./min, zjawisko asymetrii magnetycznej nie powoduje negatywnych skutków. Wydałoby się, że problem prądów łożyskowych i napięć wałowych nie dotyczy ww. maszyn prądu stałego, jednakże zastosowanie przekształtników w obwodzie wzbudzenia oraz w obwodzie głównym wprowadza zaburzenia wspólne, ang. CM – *common mode* (asymmetric), w zakresie wyższych częstotliwości. W literaturze można znaleźć wiele wyjaśnień tego terminu [5]:

*Zaburzenia wspólne wytworzone w przekształtnikowych układach napędowych powstają w wyniku pasożytniczych pojemności sprzężeń doziemnych i dlatego zazwyczaj najbardziej znaczące składowe ich widma występują w zakresie wyższych częstotliwości. Wielka częstotliwość tych zaburzeń powoduje, że szczególnie podatne na zakłócenia są obwody sterowania i zabezpieczenia układów... W przekształtnikowych układach napędowych powodem, dla którego powstaje napięcie na wale, jest chwilowa*

**Streszczenie:** Artykuł opisuje przyczyny, skutki oraz propozycje minimalizacji skutków występowania napięć wałowych i prądów łożyskowych w dużych silnikach prądu stałego zasilanych z przekształtników tyrystorowych, stosowanych w maszynach wyciągowych.

W pierwszej części przedstawiono podstawowe przyczyny występowania napięć wałowych oraz prądów łożyskowych w silnikach prądu stałego zasilanych z przekształtników tyrystorowych, stosowanych w maszynach wyciągowych. W dalszej części opisano sposoby pomiaru napięć wałowych oraz prądów łożyskowych wykorzystywanych przez autora artykułu, przedstawiono wady i zalety ww. metody.

W artykule opisano przykład nieprawidłowego działania układu sterowania maszyny wyciągowej, spowodowanego występowaniem napięć wałowych. Przedstawiono jedną z metod minimalizacji skutków występowania napięć wałowych i prądów łożyskowych w łożyskach głównych maszyn wyciągowych, zapewniającą zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodność ww. układu. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów układów napędowych wykorzystujących kilka typów silników prądu stałego.

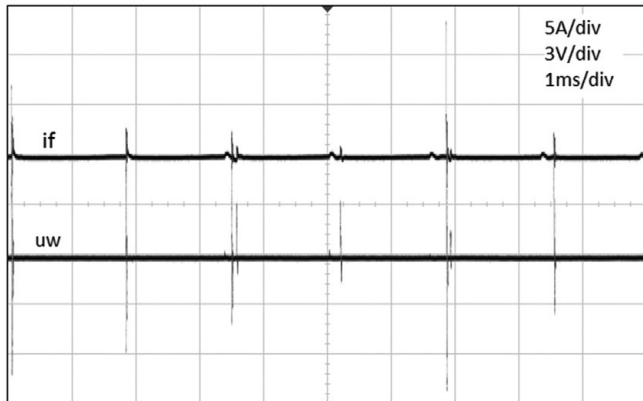
Słowa kluczowe: maszyny elektryczne prądu stałego, maszyny wyciągowe, przekształtniki tyrystorowe, napięcia wałowe, prądy łożyskowe, zaburzenia przewodzone, zaburzenia wspólne

## SHAFT VOLTAGES AND BEARING CURRENTS IN HIGH-POWER DC MOTORS – APPLIED ON HOIST MACHINES

**Abstract:** *This short document describes the causes, effects and proposals for minimizing the effects of shaft and bearing currents in large DC motors powered by thyristor converters used in hoisting machines. The article describes an incorrect operation of the winding machine control system caused by the occurrence of shaft voltages generated by the common mode (asymmetric). It presents one of the ways to minimize the effects of the occurrence of shaft voltages and bearing currents in the main bearings hoisting machines, providing increased safety and reliability of the system.*

Keywords: DC electric machines, hoisting machines, thyristor converters, shaft voltages, bearing currents, conducted disturbance, common mode





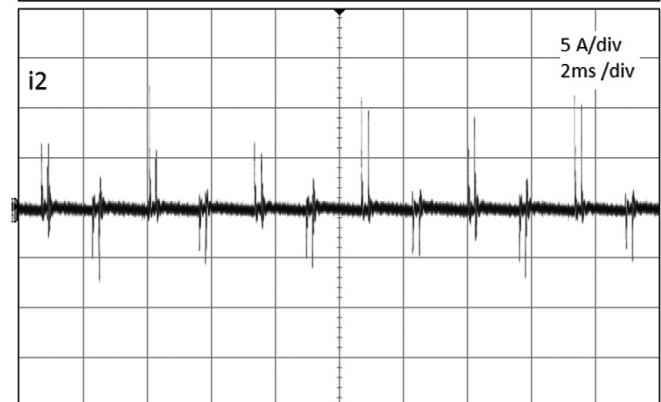
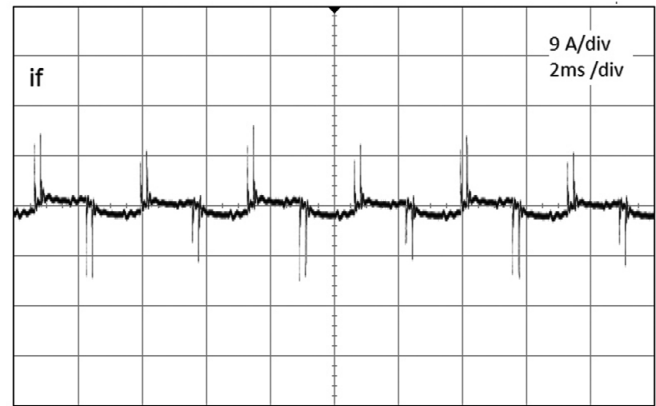
Rys. 1. Prąd zaburzeń wspólnych oraz napięcie wałowe – przekształtnik 12-pulsowy

elektryczna niesymetria układu... Powstające w wyniku tej niesymetrii napięcie zaburzeń wspólnych przenosi się na wał w wyniku wewnętrznych sprzężeń pojemnościowych silnika...

Na rysunku przedstawiono prąd zaburzeń wspólnych przekształtnika tyrystorowego 12-pulsowego obwodu głównego oraz generowanego przez nie napięcia wałowego.

Przeprowadzona analiza kilkudziesięciu maszyn wyciągowych pozwoliła określić autorowi wpływ m.in.:

- topologii przekształtnika (m.in. ilość tyrystorów równoległych);
- wartości chwilowej prądu przekształtnika;
- długości obwodu DC (przekształtnik – silnik);
- symetrii obwodu DC (przekształtnik – silnik);
- stanu łożysk ślizgowych (m.in. grubość filmu olejowego w panewce);
- typu silnika (m.in. ilość łożysk)



Rys. 2. Prąd zaburzeń wspólnych oraz prąd łożyskowy – przekształtnik 12-pulsowy

na wielkość zaburzeń wspólnych oraz prądów łożyskowych generowanych przez przekształtniki tyrystorowe. Na rysunku 2 przedstawiono przebieg prądu zaburzeń wspólnych przekształtnika 12-pulsowego ( $I_n = 7000 \text{ A}$ ,  $U_n = 650 \text{ V}$ , układ PUNG) oraz prąd łożyskowy silnika typu PW-103/01.

reklama



*Wszystkim życzymy Wesołych Świąt oraz prostej drogi do sukcesu w nadchodzącym 2019 roku*



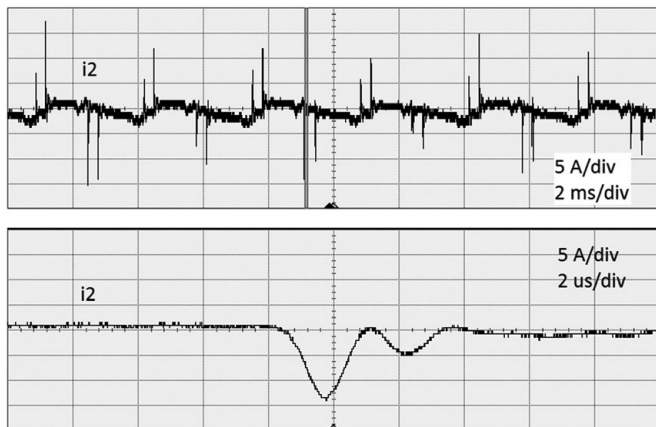


2019

www.opa-row.pl

OPA - ROW sp. z o.o ul. Rymera 40c 44-270 Rybnik tel. 32 739 88 03 e-mail: office@opa-row.pl

PROJEKTY TECHNICZNE - PRACE ELEKTROMONTAŻOWE - AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA - PRODUKCJA URZĄDZEŃ - INWESTYCJE "POD KLUCZ" - POMIARY I SERWIS



**Rys. 3.** Prąd zaburzeń wspólnych przekształtnika tyrystorowego 12-pulsowego

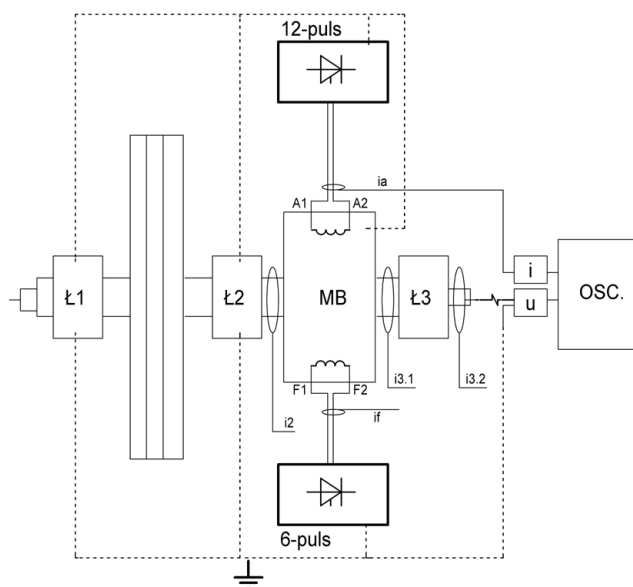
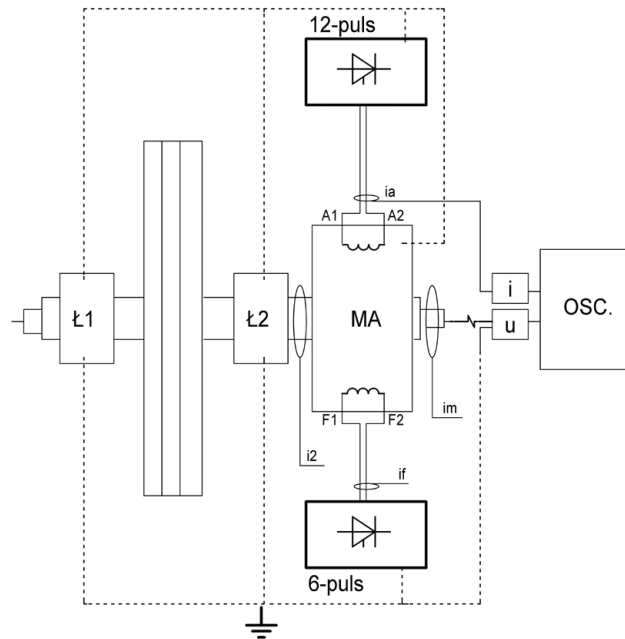
W analogicznym układzie ze zmienionym obwodem DC (większa niesymetria) zaburzenia oraz prądy są dwukrotnie większe. Na innym obiekcie podobne zjawisko zaobserwowano w przypadku zmian w stanie łożyska (panewek), gdzie różnica prądów łożyskowych jest nawet 3-krotnie większa, pomiędzy dwiema analogicznymi maszynami wyciągowymi.

Z przeprowadzonych pomiarów na napędach z dwoma/trzema łożyskami (rys. 4) oraz z różnymi przekształtnikami (topologia, prąd znamionowy, napięcie znamionowe) wynika, iż wartości prądów zaburzeń mieszczą się w przedziale od kilku do nawet kilkudziesięciu amperów wartości międzyszczytowej, a napięcie wałowe do 30 V wartości międzyszczytowej przy naroście sięgającym mikrosekund.

### 3. Pomiar napięć wałowych i prądów łożyskowych

Pomiar na silnikach prądu stałego dużej mocy stosowanych w maszynach wyciągowych jest problematyczny i trudny ze względu na średnicę wału od 150 do 600 [mm] oraz dostępność miejsca. W przeprowadzonych pomiarach napięć wałowych wykorzystano sondę z przewodzącym mikrowłóknem (rys. 5) oraz złącze obrotowe (rys. 6). Zastosowane złącze obrotowe wykorzystano do pomiaru napięć na dostępnych końcach wału, a sondę z przewodzącym mikrowłóknem do pomiaru napięć na wale między silnikiem a łożyskiem. Wyniki pomiarów napięć wałowych ww. metodami są analogiczne.

Pomiar prądów wykonywano dwiema metodami, stosując cewkę Rogowskiego opasującą wał przy łożysku (rys. 5) oraz sondę prądową mierzącą prąd płynący przez złącze obrotowe (rys. 6). Zastosowanie dwóch metod pomiarowych pozwoliło określić m.in. rozptył prądu w łożysku. W przypadkach, gdzie pomiar prądu był wykonywany przez cewkę Rogowskiego umieszczoną z jednej strony łożyska, a za łożyskiem przy pomocy złącza obrotowego, zaobserwowano rozbieżności w wartości, wynikające z częściowego przepływu prądu przez złącze i łożysko – film olejowy.



**Rys. 4.** Rzuty napędów maszyn wyciągowych z dwoma/trzema łożyskami

### 4. Nieprawidłowe działanie układu sterowania maszyny

Jednym z negatywnych skutków występowania napięć wałowych, wynikających z zaburzeń wspólnych, jest zakłócanie układów sterowania, m.in. pomiaru prędkości obrotowej poprzez enkodery zabudowane na dostępnych końcach wału maszyny (rys. 6). Zaburzenia generowane na wale powodują poprzez pojemności doziemne fałszywe impulsy w układzie pomiarowym, co prowadzi do błędnego odczytu prędkości. Analiza występowania takiego typu zakłócenia jest trudna, a z doświadczenia wiadomo, że pojawienie się ww. zakłóceń może nastąpić nawet po kilku latach eksploatacji maszyny, np.





Rys. 5. Pomiar napięcia wałowego oraz prądu łożyskowego przy łożysku Ł2

po wymianie panewki w łożysku. Zmiana ta powoduje zmianę rozptyłu ww. zaburzeń.

Jednym z proponowanych rozwiązań tego problemu jest ukierunkowanie zaburzeń poprzez uziemienie wału. W latach 80. i 90. poprzedniego wieku zaczęto stosować szczotki węglowe do uziemienia wału. To rozwiązanie nie jest do końca skuteczne ze względu na względnie dużą rezystancję przejścia i wysokie częstotliwości zaburzeń wspólnych.

Najprostszym rozwiązaniem jest uziemienie wału poprzez złącze obrotowe przy enkoderze. Zastosowanie złącza obrotowego uziemia punktowo wał, co zabezpiecza enkoder oraz układ sterowania od zakłóceń generowanych na wale. Dodatkowo połączenie złącza obrotowego z uziemieniem powinno być wykonane przez przewody niskoindukcyjne i jak najkrótsze.

## 7. Wnioski

W niniejszym artykule przywołano pomiary na napędach, na których nie występowała asymetria magnetyczna. Opisano przyczyny oraz skutki występowania napięć wałowych oraz prądów łożyskowych generowanych przez zaburzenia wspólne.

Zastosowanie złącza obrotowego nie eliminuje przepływu prądów łożyskowych, które powodują m.in. starzenie się oleju (pojawienie się grafitu), co skutkuje potrzebą częstszej jego wymiany oraz może przyczynić się w ostateczności do zatarcia łożyska.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że uziemienie wału nie może być punktowe, powinno być wykonane w kilku miejscach wału, np. przez dostępne na rynku specjalne pierścienie



Rys. 6. Pomiar prądu poprzez złącze obrotowe

zwierające opasujące wał, jednak przy średnicach wałów występujących w maszynach wyciągowych rozwiązanie to jest bardzo drogie.

Wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem dla zmniejszenia efektu EDM jest eliminacja zaburzeń u źródła lub częściowe zmniejszenie poprzez zastosowanie filtra EMC/EMI, zachowanie symetrii obwodu elektrycznego oraz zmniejszenie odległości pomiędzy silnikiem a przekształtnikiem.

## Literatura

- [1] GIERLOTKA S.: *Elektryczny napęd maszyn wyciągowych w kopalniach i jego stuletnia historia*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 72/2005.
- [2] PLAZENET T., BOILEAU T., CAIRONI C., NAHID-MOBARAKEH B.: *An overview of shaft voltages and bearing currents in rotating machines*. 2016, p: 1–8.
- [3] LAWSON J.A.: *Motor Bearing Fluting*. Conference Record of 1993 Pulp & Paper Industry. Technical Conference, IEEE Industrial Application Society, pp. 32–35.
- [4] KERSZENBAUM I.: *Shaft Currents in Electric Machines*. Fed by Solid-state Drives. Senior Member, IEEE. 1 Echo Run, Irvine, CA 92714.
- [5] KEMPSKI A.: *Elektromagnetyczne zaburzenia przewodzone w układach napędów przekształtnikowych*. Monografie (Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego) Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2005.



# Wybrane rozwiązania ograniczania prądów rozruchowych na przykładzie silników elektrycznych

Piotr Kuzera, Jacek Przybyłka

## 1. Wstęp

Silniki indukcyjne klatkowe, ze względu na stosunkowo prostą budowę, relatywnie niską cenę oraz dużą niezawodność, są powszechnie stosowane w górnictwie do napędów wszelkiego rodzaju urządzeń. Aby coraz skuteczniej wydobywać i transportować urobek, dąży się do zwiększania mocy napędów. Im większy silnik, tym sposób jego rozruchu jest trudniejszy, a jego wpływ na sieć zasilającą jest bardziej niekorzystny. Prądy rozruchowe w silnikach klatkowych są duże ( $I_R = 6 \div 9 \times I_N$ ), powoduje to dodatkowy spadek napięcia, który musi być uwzględniony na etapie projektowania całej instalacji elektrycznej. Udarowi prądu silnika towarzyszy również udar momentu, wywołujący niekorzystne stany mechaniczne, narażające napędzane urządzenie na uszkodzenie. Z tego też powodu dąży się do ograniczenia prądów rozruchowych oraz ograniczenia momentu rozruchowego do poziomu wymaganego w danym napędzie.

W artykule omówiono i porównano kilka podstawowych i powszechnie stosowanych sposobów rozruchu silników wraz z ich zaletami i wadami. Wszystkie sposoby omówiono na przykładzie silników produkowanych przez DFME DAMEL SA, która w swojej ofercie ma do zaproponowania szereg rozwiązań obniżających krotność prądu rozruchowego. Niektóre z tych rozwiązań umożliwiają również dowolne nastawianie prądu i momentu uzyskiwanego w czasie rozruchu. Wszystkie opisane silniki przystosowane są do pracy w podziemnych częściach kopalń, w których występują zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Posiadają budowę przeciwybuchową z osłoną ognioszczelną i zaliczone są do urządzeń grupy I kategorii M2 zgodnie z dyrektywą 2014/34/UE. Silniki zintegrowane z przemiennikiem częstotliwości posiadają dodatkowo wyjścia iskrobezpieczne lub światłowodowe obwodów sterowania.

Większość metod rozruchu silników asynchronicznych klatkowych, ze względu na brak możliwości ingerencji w uzwojenie wirnika, oparta jest na obniżaniu napięcia zasilania, co zgodnie ze wzorem (1) niekorzystnie wpływa na moment osiągnięty przez silnik elektryczny.

$$T = \frac{m_s R_r U_s^2}{2\pi n_1 \left[ s(X_s + X_r) + \frac{R_r^2}{s} \right]} \quad (1)$$

Przy określonym poślizgu ( $s = \text{const}$ ) powyższy wzór można uprościć i zapisać następująco:

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono różne sposoby ograniczania prądów rozruchowych w silnikach indukcyjnych klatkowych. Wszystkie sposoby omówione zostały na przykładzie silników produkowanych przez DFME DAMEL SA. Przedstawiono i porównano kilka podstawowych i powszechnie stosowanych sposobów rozruchu silników klatkowych wraz z ich zaletami i wadami, począwszy od najprostszego rozruchu bezpośredniego, a skończywszy na najbardziej zaawansowanym technologicznie – sterowaniu wektorowym z przemiennika częstotliwości.

## SELECTED SOLUTIONS FOR LIMITING START CURRENTS ON THE EXAMPLE

**Abstract:** Article presents various methods of limiting of start-up currents in induction squirrel-cage motors. All methods were discussed on the example of motors produced by DFME DAMEL SA. Several basic and commonly used methods of start-up of squirrel-cage motors along with their advantages and disadvantages were presented and compared, starting from the simplest direct start-up and concluding with the most technologically advanced – vector control from frequency converter.

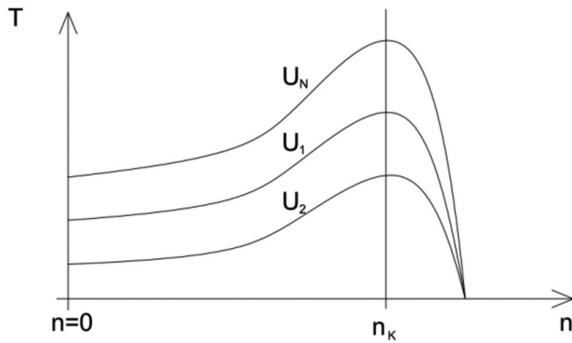
$$T = c \times U_s^2 \quad (2)$$

$c$  – wielkość stała dla danej maszyny.

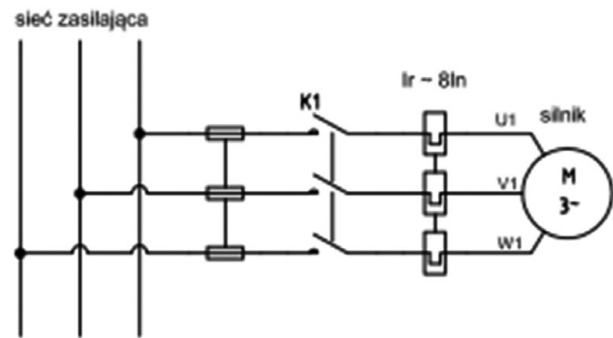
Graficznie powyższą zależność przedstawia rys. 1, gdzie  $U_N > U_1 > U_2$ .

## 2. Sposoby rozruchu silników asynchronicznych

Rozruchem nazywamy stan pracy od chwili załączenia napięcia do osiągnięcia prędkości około znamionowej. Przy omawianiu rozruchu istotne są takie parametry, jak wartość prądu pobieranego z sieci w czasie rozruchu, czyli prąd rozruchowy  $I_R$ , oraz wartość momentu rozwijanego przez silnik w czasie rozruchu, czyli moment rozruchowy  $T_R$ . W praktyce częściej operuje się na krotnościach prądu i momentu rozruchowego, czyli wartościach odniesionych do prądu i momentu znamionowego danego silnika.



Rys. 1. Charakterystyka mechaniczna silnika dla różnych wartości napięcia zasilającego



Rys. 2. Schemat ideowy układu do rozruchu bezpośredniego silnika

W czasie załączenia silnika bezpośrednio na sieć zasilającą prąd rozruchowy odpowiada prądowi zwarcia zgodnie z zależnością (3).

$$I_R = \frac{U_f}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (3)$$

Natomiast prąd znamionowy określa wzór (4).

$$I_N = \frac{U_f}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s_N}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (4)$$

Z porównania powyższych wzorów wynika, że prąd silnika klatkowego podczas rozruchu jest kilkakrotnie większy od prądu znamionowego. Krotność ta w zależności od silnika wynosi od 6 do 9 wartości prądu znamionowego, co można zapisać następująco (5).

$$\frac{I_R}{I_N} = (6 \div 9) \quad (5)$$

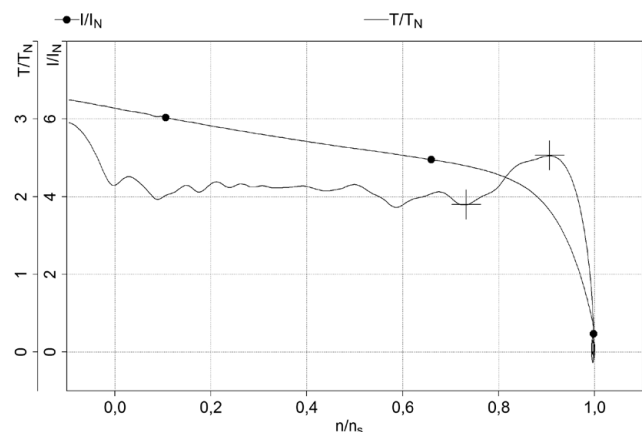
Firma DAMEL, oprócz silników przystosowanych do ciężkich rozruchów posiadających wzmocnioną budowę klatki wirnika, w swojej ofercie posiada też wiele rozwiązań mających na celu ograniczenie prądów rozruchowych, co pokrótce przedstawiono w dalszej części artykułu.

### 2.1. Rozruch bezpośredni

Najprostszą metodą rozruchu silnika indukcyjnego klatkowego jest jego bezpośrednie włączenie na znamionowe napięcie zasilające. Sposób ten, mimo iż najprostszy, charakteryzuje się najbardziej niekorzystnymi warunkami rozruchowymi, takimi jak duży pobór prądu rozruchowego ( $I_R \approx 6 \div 9 I_N$ ), przysiad napięcia sieci oraz duże udary mechaniczne.

Taki sposób rozruchu jest niezalecany dla dużych silników startujących z momentem obciążenia. W takich przypadkach często stosowanym rozwiązaniem są sprzęgła hydrokinetyczne, przenoszące obciążenie z wału silnika dopiero po osiągnięciu przez silnik obrotów około znamionowych.

Poniżej przedstawiono charakterystyki rozruchowe silnika 2SP3 315L-4 (wersja A) 160 kW, 1140 V. W silniku tym prąd rozruchowy wynosi 792 A, co daje krotność  $I_R/I_N = 6,8$ .



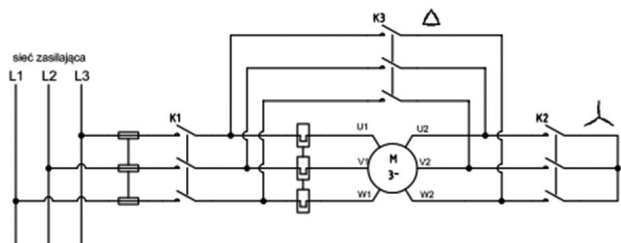
Rys. 3. Przebieg prądu i momentu rozruchowego silnika 2SP3315L-4 (wersja A)

reklama

**3SG3F 450L-4A, 500kW, 1000V**  
Silnik zintegrowany z przetwornikiem częstotliwości

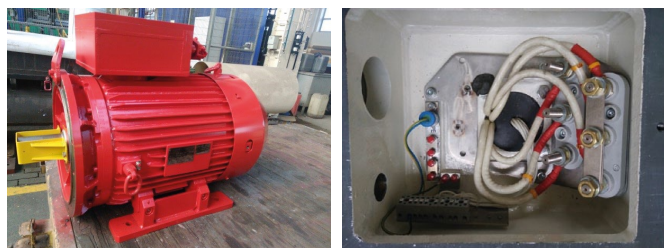
## 2.2. Rozruch gwiazda – trójkąt

Kolejnym, po rozruchu bezpośrednim, sposobem rozruchu silnika jest rozruch gwiazda – trójkąt. Metoda ta jest stosowana już od dawna i polega na obniżeniu napięcia zasilania stojana podczas rozruchu.



Rys. 4. Schemat ideowy układu do rozruchu gwiazda – trójkąt

Aby można było stosować tę metodę, silnik musi mieć wyprowadzone początki i końce wszystkich faz uzwojenia do skrzynki zaciskowej oraz musi być przeznaczony do pracy przy połączeniu w trójkąt. Przykładem takiego przełączalnego silnika w ofercie firmy DAMEL jest silnik 2SP1 280M-6A o mocy 75 kW (rys. 5), przystosowany do zasilania napięciem 660 V (połączenie w trójkąt) i 1140 V (połączenie w gwiazdę).

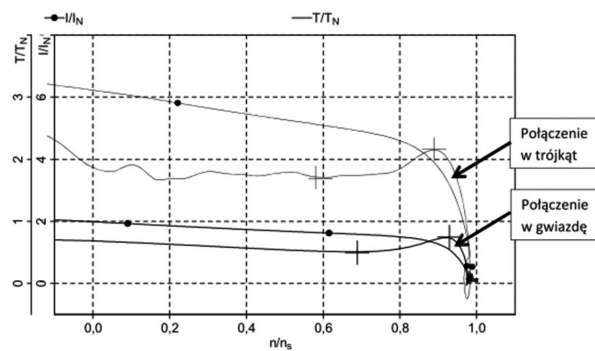


Rys. 5. Widok silnika 2SP1 280M-6A oraz widok wnętrza jego skrzynki zaciskowej

Wadą takiego rozwiązania jest konieczność stosowania dodatkowego osprzętu przełączającego uzwojenie z gwiazdy w trójkąt. Kolejną, bardziej istotną, wadą jest praktycznie trzykrotne obniżenie momentu rozruchowego. W początkowej fazie rozruchu uzwojenia stojana połączone są w gwiazdę. Napięcie fazowe silnika jest wtedy  $\sqrt{3}$  razy mniejsze od znamionowego, a prąd pobierany z sieci jest 3 razy mniejszy niż przy połączeniu w trójkąt. Moment rozwijany przez silnik jest zależny od kwadratu napięcia (1.3), tak więc moment dla połączenia gwiazdowego również jest 3 razy mniejszy niż przy połączeniu w trójkąt. Z tego powodu ten sposób rozruchu stosuje się do tzw. rozruchów lekkich, gdzie początkowy moment obciążenia nie przekracza (0,2–0,4) momentu znamionowego.

Poniżej przedstawiono i porównano przebiegi prądu i momentu rozruchowego silnika 2SP1 280M-6A o mocy 75 kW. Pomiary wykonano dla połączenia uzwojenia w gwiazdę i w trójkąt przy zasilaniu silnika napięciem  $U_N = 660$  V.

Po przeliczeniu wartości otrzymanych dla połączenia w trójkąt na parametry znamionowe uzyskujemy krotności prądu rozruchowego  $I_R/I_N = 6,26$  i momentu rozruchowego  $T_R/T_N = 2,0$ . Dla połączenia w gwiazdę otrzymane krotności wynoszą odpowiednio  $I_R/I_N = 1,99$ ,  $T_R/T_N = 0,68$ . Otrzymane



Rys. 6. Porównanie krotności prądu i momentu rozruchowego silnika 2SP1280M-6A przy połączeniu w gwiazdę i w trójkąt

wyniki pokrywają się z wynikami teoretycznymi, a z porównania rozruchu dla gwiazdy i trójkąta uzyskujemy wartości:

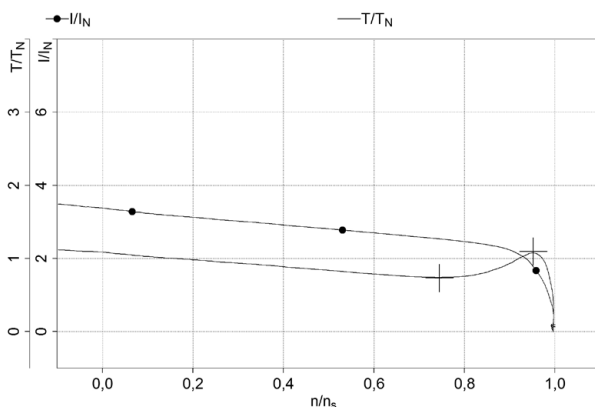
$$\frac{I_D}{I_Y} = 3,15 \quad \frac{T_D}{T_Y} = 2,92$$

## 2.3. Silniki z ograniczoną krotnością prądu rozruchowego.

Nowością w ofercie DFME DAMEL SA jest seria silników z obniżoną krotnością prądu rozruchowego o mocach 30 kW, 75 kW, 160 kW i 250 kW na napięcie do 1140 V do zastosowania w kombajnie chodnikowym. Silniki te poprzez odpowiednią konstrukcję obwodu magnetycznego podczas włączania na sieć sztywną nie powodują dużych uderzeń prądu ani przysiadów napięcia. Zaletą takiego silnika jest ograniczenie prądów rozruchowych przy rozruchu bezpośrednim, bez konieczności stosowania jakichkolwiek innych urządzeń pomocniczych, a wartości momentów rozruchowych nie odbiegają od tych uzyskiwanych przy innych sposobach rozruchu.

Poniżej przedstawiono przykładowe charakterystyki dla silników 2SP3 280S-4 – 75 kW i 2SP3 315L-4 – 160 kW.

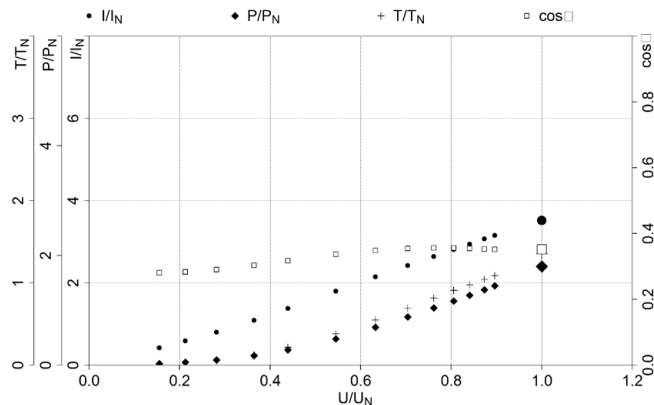
W silniku 2SP3 280S-4 – 75 kW uzyskano prąd rozruchowy poniżej 160 A, co daje krotność  $I_R/I_N = 3,46$ .



Rys. 7. Charakterystyka mechaniczna silnika 2SP3 280S-4 75 kW



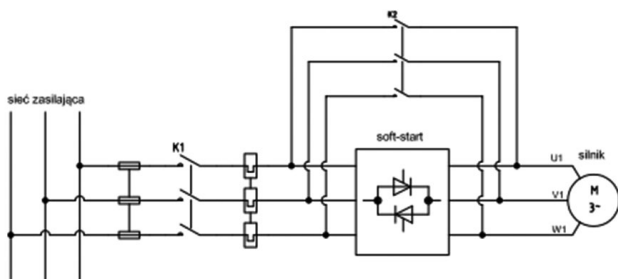
Natomiast w silniku 2SP3 315L-4 – 160 kW uzyskano prąd rozruchowy poniżej 400 A (rys. 8), co daje zakładaną krotkość  $I_R/I_N = 3,5$ . Dla porównania analogiczny silnik 2SP3 315L-4 (wersja A) przedstawiony w pkt. 2.1. uzyskiwał prąd rozruchowy równy 792 A, co jest wartością niemal dwukrotnie większą.



Rys. 8. Charakterystyka przy zahamowanym wirniku silnika 2SP3 315L-4 160 kW

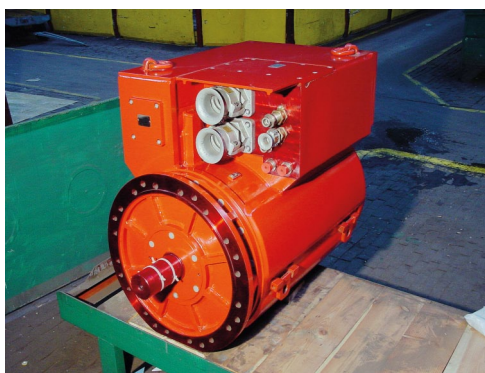
#### 2.4. Silniki zintegrowane z układem softstartu

Kolejnym sposobem obniżenia prądów pobieranych z sieci podczas rozruchu jest wykorzystanie techniki półprzewodnikowej do sterowania silników.



Rys. 9. Schemat ideowy układu z softstartem

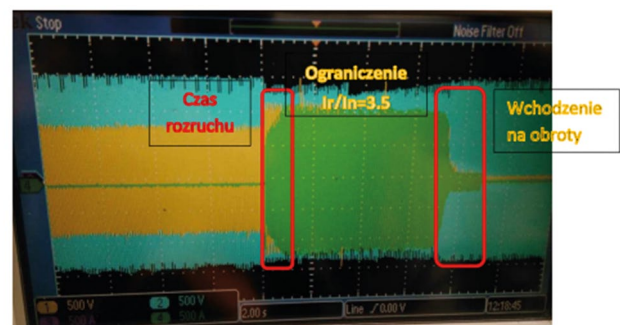
Firma DAMEL od wielu lat produkuje silniki zintegrowane z blokami energoelektronicznymi. Jednym z takich produktów jest silnik SG3T 315M-4 wyposażony w tyrystorowy układ płynnego rozruchu o mocy 200 kW, na napięcie 1000 V.



Rys. 10. Silnik zintegrowany z softstartem typu SG3T 315M-4 o mocy 200 kW

Zastosowanie układu płynnego rozruchu pozwala w łatwy sposób zaprogramować czas trwania rozruchu, czas przeciężenia, wartość początkową prądu rozruchowego oraz krotkość prądu rozruchowego. Sterowanie napięcia przemiennego odbywa się przez opóźnienie załączenia zaworów w stosunku do punktu naturalnej komutacji. Po zakończeniu rozruchu układ softstartu zostaje zwarty stycznikiem obejściowym, ograniczając straty w modułach w czasie pracy silnika. Podczas rozruchu punkt pracy przesuwa się płynnie po kolejnych charakterystykach mechanicznych (rys. 1). Obniżenie napięcia powoduje zmniejszenie momentu krytycznego, bez zmiany poślizgu krytycznego. W związku z tym moment rozruchowy silnika zintegrowanego z układem softstartu można określić zgodnie z zależnością (6):

$$T_R = T_N \times \left(\frac{U_R}{U_N}\right)^2 \quad (6)$$



Rys. 11. Rozruch silnika zasilanego z układu softstartu z zadanym obciążeniem. Ograniczenie krotkości prądu na poziomie  $I_R/I_N = 3,5$ . Czas rozruchu 8 s. Niebieski – napięcie zasilania; zielony – prąd silnika

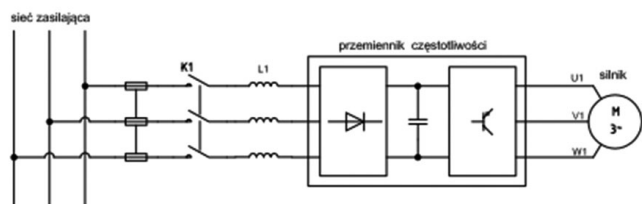
Zaletą układu jest płynna możliwość nastawienia czasu i prądu rozruchowego, a w sytuacji awaryjnej możliwy jest bezpośredni rozruch silnika poprzez załączenie stycznika obejściowego. Dzięki zabudowaniu układu na silniku uzyskujemy niewielkie rozmiary i kompaktową budowę. Dodatkowo możliwe jest wyprowadzenie wszystkich informacji na temat rozruchu i pracy poprzez łącze RS485. Takie rozwiązanie umożliwia nawet w prostym napędzie podłączenie się do systemu kontroli i wizualizacji.

Wykorzystując softstart, można regulować moment obrotowy do dokładnego poziomu wymaganego, niezależnie od tego, czy aplikacja rusza jałowo, czy obciążona. Zmniejszając moment rozruchowy, złagodzone zostają naprężenia mechaniczne na elementach napędu, obniża się dzięki temu koszty serwisu i konserwacji. Softstart zmniejsza również prąd rozruchowy, przez co można uniknąć spadków napięcia w sieci zasilającej.

#### 2.5. Silniki zintegrowane z przetwornikiem częstotliwości

Fakt, iż silnik indukcyjny w czasie łagodnego rozruchu nie rozwija dużego momentu rozruchowego, stanowi jedną z najważniejszych jego wad. Jednak rozwój techniki półprzewodnikowej i zastosowanie falowników do zasilania silników

klatkowych pozwala wyeliminować tę niedogodność. Prze-  
miennik częstotliwości nie tylko ogranicza prąd rozruchowy,  
ale przede wszystkim daje niemal całkowitą kontrolę nad pracą  
silnika.



Rys. 12. Schemat ideowy układu z przełącznikiem częstotliwości

W ofercie firmy DAMEL już od 2006 roku znajdują się silniki  
zintegrowane z przełącznikiem częstotliwości. 12 lat doświad-  
czenia w tej dziedzinie zaowocowało wieloma grupami silników  
zintegrowanych na moce od 60 kW do 1250 kW, na napięcia  
zasilania od 500 V do 3300 V. Przełączniki te mogą pracować  
zarówno przy sterowaniu skalarnym ( $U/f = \text{const}$ ), jak i wek-  
torowym, ze zwrotem energii do sieci lub bez.

Silnik zintegrowany z przełącznikiem częstotliwości ze  
zwrotem energii do sieci typu SG3Fz 450L-4A o mocy 500 kW,  
zaprezentowany na Targach Górnictwa – Katowice 2017, został  
nagrodzony medalem I stopnia w kategorii „Innowacyjne  
technologie”.

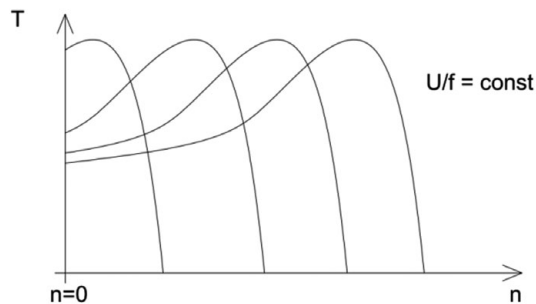


Rys. 13. Silnik zintegrowany z przełącznikiem częstotliwości  
SG3Fz 450L-4A 500 kW 1140 V

Płynna zmiana częstotliwości oraz amplitudy napięcia  
zasilającego uzwojenie od zera do wartości ustalonej zapew-  
nia łagodny rozruch silnika przy zachowaniu stałej wartości  
momentu krytycznego. Zmiana częstotliwości powoduje prze-  
sunięcie charakterystyki mechanicznej, bez obniżenia momentu  
krytycznego (rys. 14). W porównaniu do klasycznych sposo-  
bów rozruchu uzyskiwany jest znacznie wyższy moment roz-  
ruchowy, który pozwala przeprowadzać rozruch pod pełnym  
obciążeniem.

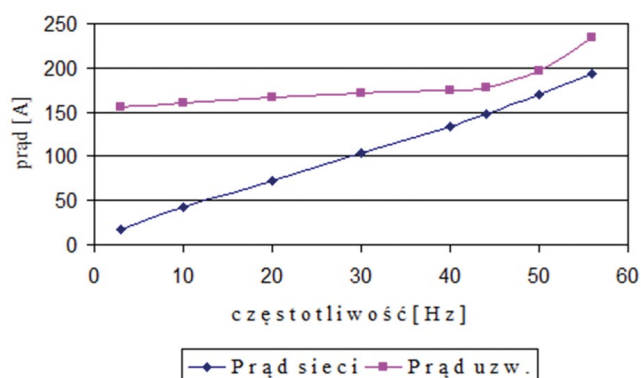
W silnikach produkcji DAMEL stosowany jest napięciowy  
przełącznik częstotliwości ze sterowaniem mikroprocesor-  
wym. Do najważniejszych funkcji realizowanych przez sterow-  
nik i przełącznik częstotliwości należy zaliczyć:

- łagodny rozruch i regulację prędkości obrotowej w zakre-  
sie częstotliwości 3–100 Hz (90–3000 obr./min) oraz możli-  
wość dopasowania charakterystyki rozruchowej do rodzaju  
obciążenia;
- uzyskanie maksymalnego momentu obrotowego od mini-  
malnych obrotów – rys. 16;

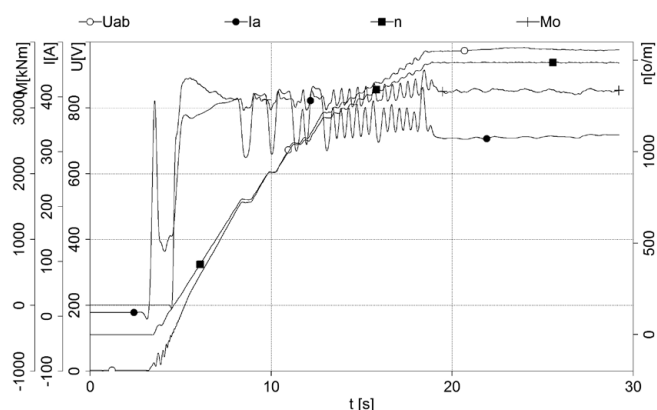


Rys. 14. Charakterystyka mechaniczna silnika przy zmianie napięcia  
i częstotliwości

- mały prąd pobierany z sieci przy uzyskanym pełnym momen-  
cie obrotowym – rys. 15;
- możliwość ciągłej pracy z dowolną prędkością w całym zakre-  
sie częstotliwości;
- zabezpieczenie temperaturowe i przeciążeniowe silnika;
- możliwość wizualizacji pracy napędu – poprzez wykorzy-  
stanie iskrobezpiecznych portów komunikacyjnych RS485.



Rys. 15. Pobór prądu w czasie rozruchu ze stałym obciążeniem  
(silnik SG3F 355L-4 250 kW)



Rys. 16. Rozruch silnika 2SG3F 450L-4 A o mocy 500 kW, 1000 V, ze  
stałym obciążeniem  $T = T_N$ ,  $f = 0-50$  Hz. Napięcie  $U_{ab}$  – napięcie na uzwo-  
jeniu; prąd  $I_a$  – prąd płynący w uzwojeniu; prędkość obrotowa  $n$ ; moment  
 $M_o$  – na wale silnika

Tabela 1

	Prąd rozruchowy	Moment rozruchowy	Czas rozruchu
Rozruch bezpośredni	$6 \div 8 \times I_N$	$T_R$	1 s
Rozruch Y-Δ	$2 \times I_N$	$0,7 \times T_N$	5 s
Silniki z ograniczonym prądem rozruchowym	$3,5 \times I_N$	$1,1 \times T_N$	4 s
Softstart	$1 \div 5 \times I_N$	$T_R = T_N \times \left(\frac{U_R}{U_N}\right)^2$	2-20 s
Przełącznik częstotliwości	$0,1 \times I_N$	$T_R = T_{kr}$	dowolny

### 3. Porównania i wnioski

Jak przedstawiono w artykule, istnieje wiele sposobów „włączania” silnika, od najprostszych rozwiązań polegających na bezpośrednim zasilaniu stojana, aż do układów z przełącznikiem częstotliwości, które umożliwiają praktycznie pełną kontrolę nad pracą silnika. W tabeli 1 zestawiono i porównano podstawowe parametry uzyskiwane przy poszczególnych sposobach rozruchu.

Wszystkie przedstawione rozwiązania proponowane są przez DFME DAMEL SA, a większość z nich ma już ugruntowaną pozycję na rynku górniczym zarówno krajowym, jak i zagranicznym.

Ograniczenie prądów i momentów rozruchowych pozwala łagodnie rozpędzać większość napędów, a co za tym idzie – pozytywnie wpływa to na ich charakterystykę roboczą i wydłuża ich żywotność. Oszczędza się w ten sposób na materiałach pomocniczych, poprawia się zachowanie maszyny roboczej i wydłuża się jej trwałość. Obniżenie prądów rozruchowych umożliwia również stosowanie mniejszych mocy transformatorów i szaf sterowniczych zasilających napędy.


Indukcyjne silniki asynchroniczne, zintegrowane z energoelektronicznymi układami zasilania, wykazują wiele zalet w stosunku do silników tradycyjnych zasilanych bezpośrednio z sieci. Jeżeli aplikacja wymaga dużych momentów rozruchowych oraz stałej kontroli i regulacji prędkości obrotowej w czasie pracy, to najskuteczniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie silnika zasilanego z przełącznika częstotliwości. Jeżeli natomiast wymogi aplikacji obejmują tylko ograniczenie prądu początkowego i łagodny rozruch, bez konieczności stałej regulacji prędkości i momentu, to zastosowanie softstartu wydaje się odpowiednim rozwiązaniem, które w porównaniu z falownikiem jest znacznie tańsze.

Dobór odpowiedniego napędu zawsze leży po stronie projektanta, który powinien dobrać proponowane rozwiązania techniczne zgodnie z wymaganiami klienta i charakterystyką napędu. Firma DAMEL, wychodząc naprzeciw wymaganiom

rynku, oferuje pełen wachlarz produktów mogących zaspokoić oczekiwania nawet najbardziej wymagających klientów.

### Literatura

- [1] PLAMITZER A.M.: *Maszyny elektryczne*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1982.
- [2] ZAWILAK T., ZAWILAK J.: *Łagodny rozruch silników prądu przemiennego dużej mocy*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 81/2009.
- [3] BERNATT M., BERNATT J.: *Silnik z wbudowanym blokiem tyrystorowym – nowa generacja napędów przenośnikowych zgrzeblowych*. *Maszyny Górnicze*, Komag, nr. 84, 2000, s. 69–73.
- [4] BERNATT M., BERNATT J.: *Nowa generacja silników indukcyjnych zasilanych z przekształtnika tyrystorowego sterowanych mikroprocesorem*. „Zeszyty Problemowe Komel” 62/2001.
- [5] BERNATT M., BERNATT J.: *Silnik indukcyjny z wbudowanym blokiem tyrystorowym – nowa generacja górniczych napędów dółowych*. „Wiadomości Elektrotechniczne” 5/2001.
- [6] BUDZYŃSKI Z., KOŁODZIEJ H., PRZYBYŁKA J.: *Silnik indukcyjny zintegrowany z przełącznikiem częstotliwości w wykonaniu przeciwwybuchowym na napięcie 1000 V (1140 V)*. „Zeszyty Problemowe Komel” 71/2005.
- [7] PRZYBYŁKA J.: *Nowoczesne układy napędowe produkcji DFME DAMEL SA przeznaczone do pracy w strefach zagrożonych wybuchem z możliwością regulacji prędkości obrotowej i monitorowania pracy napędu*. „Zeszyty Problemowe Komel” 76/2007.
- [8] PRZYBYŁKA J.: *Napędy elektryczne o regulowanej prędkości obrotowej produkcji DFME DAMEL SA do przenośników taśmowych*. „Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze” 1(35)/2017.

 mgr inż. Piotr Kuzera, e-mail: [pkuzera@damel.com.pl](mailto:pkuzera@damel.com.pl)  
inż. Jacek Przybyłka, e-mail: [jprzybylka@damel.com.pl](mailto:jprzybylka@damel.com.pl)  
DFME DAMEL SA Dąbrowa Górnicza

reklama



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





# Optymalizacja konstrukcji transformatorów w aplikacjach elektromobilnych

Mirosław Łukiewski, Agnieszka Łukiewska

## 1. Wymagania stawiane transformatorom kolejowym

Transformatory statycznych przetwornic pojazdów szynowych pracują w trudnych warunkach. Zasilanie z trakcji kolejowej, w połączeniu z oczekiwaniem szczególnej niezawodności, definiuje parametry i ostre wymagania dla systemu izolacyjnego transformatorów. Dodatkowymi obostrzeniami, które mają wpływ na przyjęte rozwiązania konstrukcyjne oraz zastosowane materiały, są warunki klimatyczne i oddziaływania mechaniczne.

Norma techniczna PN-EN 60310 definiuje ogólne wymagania dla transformatorów i dławików stosowanych w taborze kolejowym. Z punktu widzenia transformatorów na szczególną uwagę zasługują wymagania normy PN-EN 50124-1 dotyczące koordynacji izolacji wg. klasy przepięciowej (OVx), która wyznacza przewidywane narażenia przepięciowe izolacji. Wprowadzone zostaje pojęcie strefy zabrudzeniowej (PDx), która ma wpływ na odstępy izolacyjne oraz stosowane rozwiązania technologiczne. Norma PN-EN 600721 klasyfikuje grupy czynników środowiskowych i ich intensywność w miejscu lokalizacji transformatorów, biorąc pod uwagę oddziaływania o charakterze klimatycznym, biologicznym, chemicznym i mechanicznym.

Oddziaływania mechaniczne są niezwykle ważnym aspektem w zastosowaniach elektromobilnych. Metody badań odporności transformatorów na drgania powstające w trakcie ruchu pojazdu i przenoszone na urządzenia zainstalowane na pokładzie definiuje norma PN-EN 61373. Dokument precyzuje



Rys. 1. Trójfazowy transformator przetwornicy elektromobilnej dla stref zabrudzenia PD4

**Streszczenie:** W artykule omówiono wybrane zagadnienia optymalizacyjne związane z budową transformatorów pracujących w przetwornicach pojazdów elektromobilnych. Porównano wyniki symulacji wpływu materiału magnetycznego rdzenia na straty i wymiary gabarytowe transformatora. Przedstawiono również optymalizację konstrukcji transformatora w celu zwiększenia skuteczności wymuszonego chłodzenia. Parametry symulowano, wykorzystując oprogramowanie projektowe firmy RALE Engineering GmbH.

Słowa kluczowe: transformatory przetwornic statycznych, materiały amorficzne, materiały nanokrystaliczne

**Abstract:** In this article selected optimizing issues related to the construction of the transformers worked in static converters of electro-mobile vehicles were discussed. The simulation of the effect of core magnetic material on the losses and transformer sizes have been compared. Moreover, the increase of effected – cooling due to solution of transformer construction were performed. The parameters were simulated using design software by RALE Engineering GmbH

Keywords: transformers static converters, amorphous materials, nanocrystalline materials

częstotliwości i amplitudy drgań działających w różnych płaszczyznach na transformator w zależności od miejsca zainstalowania urządzenia na pojeździe szynowym.

Transformatory i dławiki w mobilnych kolejowych aplikacjach muszą spełniać ostre wymagania wszystkich przedmiotowych norm. Podwyższone wymagania techniczne powodują, iż są one urządzeniami niestandardowymi, zaawansowanymi technologicznie.

## 2. Materiały magnetyczne

Wśród materiałów magnetycznych, wykorzystywanych na rdzenie transformatorów mocy w aplikacjach elektromobilnych, wyróżnić można ferryty miękkie, niskostratne blachy prądnicowe i transformatorowe oraz stopy amorficzne i nanokrystaliczne w postaci rdzeni z cienkich taśm. Materiał magnetyczny rdzenia dobiera się do specyficznych warunków zasilania i obciążenia transformatora, rozmiarów i przeznaczenia urządzenia, biorąc pod uwagę parametry magnetyków, takie jak stratność, magnetyczną indukcję nasycenia czy magnetostrykcję.

Kształtowanie zadawalających właściwości stopów możliwe jest poprzez modyfikacje ich składu chemicznego, budowy krystalicznej, obróbkę plastyczną i termomagnetyczną. W przypadku blach nisko- i wysokokrzemowych ze wzrostem zawartości krzemu wzrasta ich przenikalność magnetyczna, zmniejszają się straty w żelazie podczas przemagnesowania, co prowadzi do zmniejszenia strat z prądów wirowych, gdyż rośnie rezystywność stopu. Maleje również natężenie koercji, a tym samym zmniejszają się straty histerezowe oraz współczynnik magnetostrykcji [1]. Niekorzystne natomiast, z punktu widzenia zastosowań, jest zmniejszanie się magnetycznej indukcji nasycenia.

**Tabela 1.** Podstawowe właściwości blach krzemowych o strukturze krystalicznej [2]

Materiał magnetyczny	Stalprodukt ET-150-27	JFE Steel Corp. 10JNEX900
Skład	Fe ~ 3,2%Si	Fe ~ 6,5%Si
Grubość blachy	270 [ $\mu\text{m}$ ]	100 [ $\mu\text{m}$ ]
Indukcja nasycenia	1,84 [T]	1,8 [T]
Rezystywność	0,48 [ $\mu\Omega\text{m}$ ]	0,82 [ $\mu\Omega\text{m}$ ]
Stratność 10/400	7,8 [W/kg]	5,7 [W/kg]
Magnetostrykcja [ $\lambda$ 10/400 x $10^{-6}$ ]	-0,8	0,1

Znacznie większymi, w porównaniu z blachami krzemowymi, wartościami przenikalności magnetycznej, a przy tym niewielkim polem koercji i mniejszą stratnością charakteryzują się stopy amorficzne na bazie żelaza. Ważną, z punktu widzenia zastosowań przemysłowych, właściwością materiałów amorficznych jest niewielki wzrost strat całkowitych na jednostkę masy w zakresie podwyższonych częstotliwości. Stopy te otrzymuje się w postaci cienkich taśm techniką szybkiego chłodzenia roztopionego materiału na wirującym walcu [3].

**Tabela 2.** Podstawowe właściwości materiałów amorficznych i nanokrystalicznych [2]

Materiał magnetyczny	Hitachi 2605 SA1	Hitachi FINEMET
Skład	Fe Si B	Fe Cu Nb Si B
Grubość blachy	~ 25 [ $\mu\text{m}$ ]	~ 25 [ $\mu\text{m}$ ]
Indukcja nasycenia	1,56 [T]	1,24 [T]
Rezystywność	13,7 [ $\mu\Omega\text{m}$ ]	11,5 [ $\mu\Omega\text{m}$ ]
Stratność 10/400	1,5 [W/kg]	-- [W/kg]
Magnetostrykcja [ $\lambda$ 10/400 x $10^{-6}$ ]	27	0,1

Bardzo dobre tzw. miękkie właściwości magnetyczne stopów amorficznych związane są z ich strukturą, w której brak długozasięgowego uporządkowania atomów, co skutkuje zanikiem

reklama

Zdrowych i radosnych  
Świąt Bożego Narodzenia,  
spędzonych w gronie rodzinnym

życzą Zarząd i Pracownicy  
firmy TRAFECO Sp. J.



**trafeco**

Transformers & Inductive Components

anizotropii magnetokrystalicznej, granic ziaren i innych defektów strukturalnych typowych dla materiałów polikrystalicznych [4]. Niewątpliwym atutem tego typu materiałów jest łatwość poprawy ich właściwości poprzez zmianę składu chemicznego i wygrzewanie w odpowiednich warunkach. Dążenie do poprawy efektywności przetwarzania energii i poszerzenie zakresów temperatury czy częstotliwości pracy urządzeń doprowadziło do wytworzenia materiałów nanokrystalicznych. Otrzymuje się je poprzez częściową krystalizację stopów amorficznych w procesie wygrzewania optymalizującego. Proces ten prowadzi do powstania krystalitów o średnicy poniżej 100 nm, osadzonych w matrycy amorficznej. Do tej grupy stopów należą dobrze znane materiały typu FINEMET, NANOPERM czy HITPERM. Materiały te posiadają dużą wartość przenikalności magnetycznej rzędu  $10^6$ , indukcję nasycenia (w zależności od składu chemicznego stopu) w granicach 1,2 – 1,9 T, bliską zera magnetostrykcję ( $\lambda_s$  rzędu  $10^{-6}$ ), małe pole koercji ( $H_C < 1 \text{ A/m}$ ) oraz straty w rdzeniu rzędu 0,1 W/kg (przy 50 Hz) [5].

Materiały ferrytowe stosowane są często w aplikacjach wysokich częstotliwości ze względu na relatywnie niską cenę i dostępność. Charakteryzują się niską indukcją nasycenia ok. 0,4 T, niewielką przenikalnością magnetyczną oraz mniejszą stratnością w porównaniu z innymi materiałami do produkcji rdzeni.

### 3. Projekty i optymalizacja konstrukcji

Głównym celem optymalizacyjnym prac nad konstrukcją transformatorów kolejowych jest uzyskanie najniższej możliwej masy elementu przy zachowaniu parametrów elektrycznych, odporności klimatycznej i mechanicznej.

Podczas prac rozwojowych nad konstrukcją transformatorów do zastosowań kolejowych wykonano szereg symulacji obliczeniowych dla konstrukcji rdzeni wykonanych z różnych materiałów magnetycznych. W symulacjach wykorzystano algorytm strat oraz model temperaturowy zastosowany w programie do projektowania transformatorów firmy RALE Engineering GmbH [6].

Niskie częstotliwości napięcia zasilającego (ok. 1 kHz) pozwalają rozważać zastosowanie do budowy rdzeni transformatorów niskostratnych blach izotropowych, anizotropowych i magnetyków amorficznych (tabela 3).

**Tabela 3.** Parametry techniczne transformatora z rdzeniem ferrytowym i amorficznym

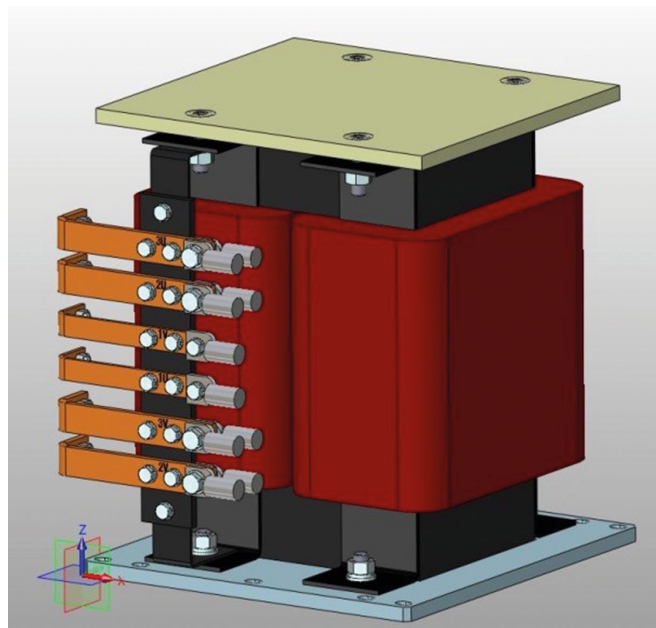
1TTF - 50 kVA 1100 / 350 V		
Moc znamionowa	50 kVA	
Napięcie pierwotne	1100 V	
Napięcie wtórne	350 V	
Częstotliwość	1,5 kHz	
Straty	260 W	320 W
Sprawność	99,5%	99,3%
Masa	68,6 kg	51,4 kg
Materiał rdzenia	Ferryt 3C97	Metglas FeSiB

Osiągnięcie oczekiwanego poziomu strat mocy w rdzeniu zbudowanym z blach transformatorowych możliwe jest poprzez ograniczenie indukcji magnetycznej w rdzeniu. Powoduje to jednak niezamierzone duże zwiększenie masy rdzenia, która jest jednym z ważniejszych ograniczeń. W takiej sytuacji zastosowanie znajdują materiały o niższych stratnościach. Magnetyki amorficzne, z uwagi na niewielką grubość blach w przypadku transformatorów, wykazują znacznie mniejsze straty pochodzące od prądów wirowych.

**Tabela 4.** Parametry techniczne transformatora z rdzeniem ferrytowym i nanokrystalicznym

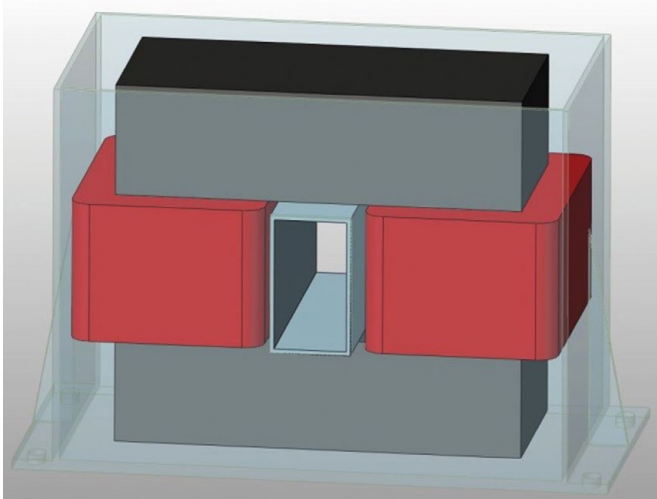
1TTF - 70 kVA 1200/ 800 V		
Moc znamionowa	70 kVA	
Napięcie pierwotne	1200 V	
Napięcie wtórne	800 V	
Częstotliwość	140 kHz	
Straty	140 W	270 W
Sprawność	99,8%	99,6%
Masa	12,5 kg	24,2 kg
Materiał rdzenia	Ferryt 3C97	Finemet FeSiBCu

Niewielka stratność materiału amorficznego pozwala na uzyskanie odpowiednich strat w rdzeniu przy zachowaniu dopuszczalnej masy urządzenia. W przypadku tej grupy materiałów problemem jest jednak duży współczynnik magnetostrykcji. Wywołuje to intensywne pole akustyczne wokół pracującego transformatora, co jest efektem niedopuszczalnym z punktu widzenia docelowego zastosowania.



**Rys. 2.** Transformator przetwornicy elektromobilnej w wykonaniu bez obudowy





Rys. 3. Transformator przetwornicy elektromobilnej dla stref zabrudzenia PD3-PD4

Uzwojenia transformatorów w zakresie niskich częstotliwości wykonuje się wiązkami przewodów równoległych lub blachami nawojowymi o niewielkiej grubości, ograniczając w ten sposób efekty zbliżenia i naskórkowości oraz pochodzące stąd dodatkowe straty mocy. Ostre wymagania ograniczenia wymiarów lub zachowania minimalnej masy elementów w określonych wymiarach gabarytowych wymusza stosowanie aluminium jako alternatywy dla uzwojeń miedzianych, mimo mniejszej przewodności elektrycznej tego materiału.

Obwody elektryczne transformatora są trwale połączone z systemem izolacyjnym, który zapewnia ochronę między innymi przed przepięciami pochodzącymi z trakcji kolejowej. Materiały izolacyjne stanowią jednocześnie przegrody termiczne utrudniające chłodzenie.

Optymalna konstrukcja i technologia wykonania transformatora pozwala skutecznie wyprowadzić straty powstające w rdzeniu i uzwojeniu urządzenia na zewnątrz obudowy, a następnie do otoczenia, przy zachowaniu założonych, nieprzekraczalnych przyrostów temperatury. By osiągnąć tak postawione założenie optymalizacyjne, konieczne jest analizowanie konstrukcji transformatora i obudowy łącznie. Obudowa staje się elementem systemu chłodzenia transformatora.

Straty z powierzchni rdzenia i uzwojeń transformatora zostają przeniesione na termowody oraz obudowę przez przewodzenie cieplne żywic epoksydowych wypełniających wolne objętości pozostające w obudowie wokół transformatora. Materiał epoksydowy ma podwójne znaczenie, łącząc system chłodzenia i izolacji transformatora. Parametry fizyczne żywicy, takie jak przewodność i rozszerzalność cieplna, klasa temperaturowa, wytrzymałość napięciowa, mają kluczowe znaczenie przy chłodzeniu oraz trwałości urządzenia.

Naturalna lub wymuszona konwekcyjna wymiana ciepła z otoczeniem może zostać wzmocniona przez odpowiedni kształt obudowy transformatora. Modyfikacja kształtu ma na celu osiągnięcie maksymalnych efektów chłodzenia i ochrony przed oddziaływaniami mechanicznymi oraz środowiskowymi.

Niestandardowe podejście do koncepcji obudowy pozwala eliminować powstawanie obszarów, w których następuje wzmożone generowanie lub kumulowanie strat wywołujących nadmierne przyrosty temperatury (rys. 2).

W aplikacjach wysokoczęstotliwościowych (tabela 4) otrzymujemy znacznie mniejsze masy i gabaryty transformatorów. Rdzenie w tym zakresie częstotliwości buduje się z ferrytów lub magnetyków nanokrystalicznych. Uzwojenia z uwagi na duże straty dodatkowe budowane są wyłącznie z miedzianych przewodów typu lica.

## 6. Wnioski

Rdzenie ferrytowe pozwalają na spełnienie wszystkich wymagań dla transformatorów trakcyjnych przy wysokich częstotliwościach.

Wadą magnetyków amorficznych jest duża wartość współczynnika magnetostrykcji.

## Literatura

- [1] CIURZYŃSKA W.H.: *Relaksacje magnetyczne w strukturalnie uporządkowanych i nieuporządkowanych stopach metali przejściowych*. Prace naukowe WIPMiFS Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
- [2] SOIŃSKI M.: *Materiały magnetyczne w technice*. COSiW, SEP, 2001.
- [3] KOLANO-BURIAN A. (RED.): *Innowacyjne materiały do zastosowań w energooszczędnych i proekologicznych urządzeniach elektrycznych*. Projekt POIG.01.03.01-00-058/08, Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice 2015.
- [4] ZBROSZCZYK J.: *Mikrostruktura i miękkie właściwości magnetyczne amorficznych, nanokrystalicznych i mikrokrystalicznych stopów metali przejściowych*. Monografie nr 3, WIPMiFS Fizyka 2009, Struktura i własności materiałów funkcjonalnych, Częstochowa 2009.
- [5] McHENRY M.E., WILLARD M.A., LAUGHLIN D.E.: *Amorphous and nanocrystalline materials for applications as soft magnets*. „Progress in Materials Science” 44/1999.
- [6] HADZIMANOVIC R.: *How should one design a 50 kHz, 1200 VA transformer as per IEC 61558?* www.rale.ch

Artykuł był prezentowany podczas XXVIII Konferencji Naukowo-Technicznej PEMINE, która odbyła się w dniach 22-24.05.2018 r. w Rytrze.

mgr inż. Mirosław Łukiewski  
 TRAFECO Sp. j., e-mail: m.lukiewski@trafeco.pl;  
 dr Agnieszka Łukiewska  
 Politechnika Częstochowska, Instytut Fizyki, e-mail: aluk@wip.pcz.pl

# Analiza połowo-obwodowa płaskich liniowych silników synchronicznych z magnesami trwałymi

Robert Rossa

## 1. Wstęp

W technice napędu elektrycznego stosuje się wiele odmian silników liniowych, wymienionych i opisanych szczegółowo m.in. w [1]. Jedną z najbardziej popularnych obecnie odmian silników liniowych są tzw. płaskie liniowe silniki synchroniczne z magnesami trwałymi i cewkami skupionymi, ang. skrót CW-FLPMSM, w których częścią ruchomą silnika, tzw. biegnikiem, jest twornik uzwojony z wykorzystaniem cewek skupionych, a częścią nieruchomą – stojanem jest bieżnia magnetyczna z magnesami trwałymi. Silniki te są wykonywane najczęściej jako tzw. silniki liniowe rdzeniowe, co oznacza, że ich biegniki posiadają rdzeń magnetyczny pakietowany z blach elektrotechnicznych. Popularność silników CW-FLPMSM wynika z prostoty ich budowy, niezawodności oraz jednocześnie dobrych parametrów użytkowych: wysokich wartości siły uciążu osiąganych z jednostki objętości i masy silnika, dobrej dynamiki napędu, wysokiej precyzji sterowania prędkością liniową i pozycjonowania silnika na bieżni magnetycznej. W artykule opisano typową konstrukcję silnika liniowego CW-FLPMSM. Następnie opisano główne założenia i sposób działania algorytmu do obliczania charakterystyk elektromechanicznych silników CW-FLPMSM, opracowanego w instytucie KOMEL dla potrzeb projektowania tego typu silników. Przykładowe wyniki obliczeń dla wybranego silnika CW-FLPMSM porównano z danymi katalogowymi producenta.

## 2. Konstrukcja silnika CW-FLPMSM

Konstrukcje silników liniowych CW-FLPMSM różnych producentów, z uwagi na nieskomplikowaną technicznie budowę tych silników, są do siebie mocno zbliżone pod względem kształtu biegnika i bieżni magnetycznej [1, 2]. Na rysunku 1 przedstawiono wygląd ogólny jednego z typów silnika CW-FLPMSM. U góry rysunku widać biegnik, stanowiący ruchomą część silnika liniowego, u dołu natomiast fragment bieżni magnetycznej z magnesami trwałymi. W biegniku celowo usunięto fragment powłoki żywicznej od strony szczeliny powietrznej silnika, dla uwidocznienia rozmieszczenia zębów pakietowanego rdzenia magnetycznego. Bieżnie magnetyczne silników CW-FLPMSM są wykonane z zastosowaniem magnesów z domieszkami pierwiastków ziem rzadkich, NdFeB. Z reguły stosuje się najprostsze konstrukcyjnie bieżnie, z płaskimi magnesami trwałymi naklejonymi na płaskim jarzmie

**Streszczenie:** Artykuł dotyczy metody obliczania charakterystyk elektromechanicznych płaskich liniowych silników synchronicznych z magnesami trwałymi i cewkami skupionymi CW-FLPMSM. Metoda ta bazuje na wykorzystaniu analizy połowej 2D rozkładu pola magnetycznego w silniku, z ruchomą siatką elementów skończonych. Wpierw opisano typową konstrukcję silnika CW-FLPMSM. Następnie przedstawiono główne założenia i sposób działania algorytmu do obliczania charakterystyk elektromechanicznych silników CW-FLPMSM, opracowanego w instytucie KOMEL dla potrzeb projektowania tego typu silników. Przykładowe wyniki obliczeń dla wybranego silnika CW-FLPMSM porównano z danymi katalogowymi producenta.

Słowa kluczowe: silnik liniowy, silnik liniowy płaski, silnik synchroniczny z magnesami trwałymi

## FIELD-CIRCUIT ANALYSIS OF FLAT LINEAR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTORS

**Abstract:** The paper deals with the method of calculating the electromechanical characteristics of flat linear permanent magnet synchronous motors with concentrated windings. The method is based on a 2D FEA of magnetic field distribution in a motor, with moving mesh of finite elements. At first a typical construction of electromagnetic circuit in CW-FLPMSM is described. Next, the main assumptions and the scheme of algorithm operation to calculate the electromechanical characteristics of CW-FLPMSM are presented. Algorithm was developed in Komel institute for a purpose of CW-FLPMSM motor designing. Examples of the calculation results for the selected CW-FLPMSM are compared with the manufacturer's catalog data.

Keywords: linear motor, flat linear motor, permanent magnet synchronous motor

stalowym, spotyka się jednak także rozwiązania bieżni z magnesami zagłębionymi [2].

Konstrukcje obwodów elektromagnetycznych silników CW-FLPMSM różnych producentów są także mocno do siebie zbliżone. Rdzenie magnetyczne biegników w silnikach



Rys. 1. Przykład silnika CW-FLPMSM, u góry widoczny biegnik z częściowo odsloniętymi zębami rdzenia, na dole bieźnia magnetyczna z magnesami trwałymi

CW-FLPMSM mają zębki otwarte, proste, tj. o stałej szerokości wzdłuż całej wysokości zębka [1, 2, 6–9], jak pokazano na rysunku 2. W zębkach tych umieszczone są boki cewek skupionych [1, 2, 6–9], które dzięki pełnemu otwarciu zębów mogą być w prosty technologicznie sposób nasunięte na zęby rdzenia biegnika. Uzwojenia biegników są wykonane jako trójfazowe. Główne różnice w konstrukcjach obwodów elektromagnetycznych silników CW-FLPMSM dotyczą doboru konfiguracji liczby zębów  $Q_s$  w rdzeniu biegnika do liczby biegunów magnetycznych  $2p$  na bieźni magnetycznej oraz sposobu ułożenia magnesów trwałych na bieźni.

Dobór kombinacji  $Q_s/2p$  w biegniku silnika CW-FLPMSM jest takim samym zagadnieniem technicznym, jak dobór stosunku liczby zębów i biegunów w wirujących silnikach (lub generatorach) synchronicznych z magnesami trwałymi o cewkach skupionych, CW-PMSM. Wynika to z faktu, że obwód elektromagnetyczny silnika liniowego CW-FLPMSM zasadniczo może powstać przez odpowiednie rozcięcie i rozwinięcie obwodu elektromagnetycznego silnika CW-PMSM. Uzwojony biegnik silnika CW-FLPMSM jest odpowiednikiem twornika w silniku CW-PMSM, z tą jedynie różnicą, że twornik silnika CW-PMSM jest jednocześnie stojanem tego silnika, a nie jego

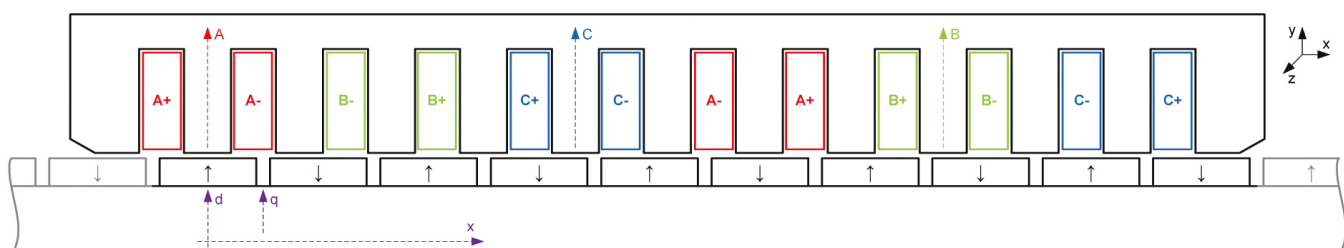
elementem ruchomym (wirnikiem). Zastosowanie wybranego stosunku  $Q_s/2p$  w biegniku silnika CW-FLPMSM skutkuje koniecznością odpowiedniego doboru schematu uzwojenia biegnika, którego można dokonać z wykorzystaniem narzędzia [15], opracowanego zasadniczo dla wirujących maszyn CW-PMSM. Popularnymi kombinacjami liczby zębów do liczby biegunów stosowanymi w silnikach CW-FLPMSM są  $Q_s/2p = 9/12, 6/8, 12/10$  oraz  $10/9$  [1, 7–13].

Dobór kombinacji  $Q_s/2p$  wpływa także na wymagania względem konstrukcji bieźni magnetycznej, a ściślej na sposób rozmieszczenia magnesów trwałych na jej powierzchni. Jest to związane z koniecznością ograniczania zjawiska tzw. siły zaczepowej [1, 2, 7–13], będącego zjawiskiem niepożądanym, skutkującym tętnieniami siły uciążu napędu liniowego, ograniczeniem precyzji pozycjonowania biegnika względem bieźni, drganiem napędu i zwiększonym hałasem. W celu ograniczenia siły zaczepowej przy wybranych kombinacjach  $Q_s/2p$  konieczne jest np. stosowanie odpowiednio dobranego skosu magnesów na bieźni.

Silniki liniowe CW-FLPMSM są zbliżone do silników wirujących CW-PMSM także pod względem metod sterowania napędem elektrycznym. Siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu biegnika silnika CW-FLPMSM ma przebieg czasowy sinusoidalnie zmienny, wobec czego silniki te są zasilane prądem sinusoidalnie zmiennym z trójfazowych przekształtników energoelektronicznych. Podobnie jak w przypadku silników CW-PMSM czy ogólniej silników PMSM (klasyczne silniki synchroniczne z magnesami trwałymi o uzwojeniach rozłożonych quasi-sinusoidalnie), przy sterowaniu silnikami CW-FLPMSM wykorzystywane są techniki osłabiania strumienia magnetycznego głównego w celu poszerzenia zakresu prędkości liniowej silnika, stosowane są odpowiedniki technik bezpośredniego sterowania polem magnetycznym (ang. *Field Oriented Control*, FOC) oraz bezpośredniego sterowania momentem (ang. *Direct Torque Control*, DTC) [14].

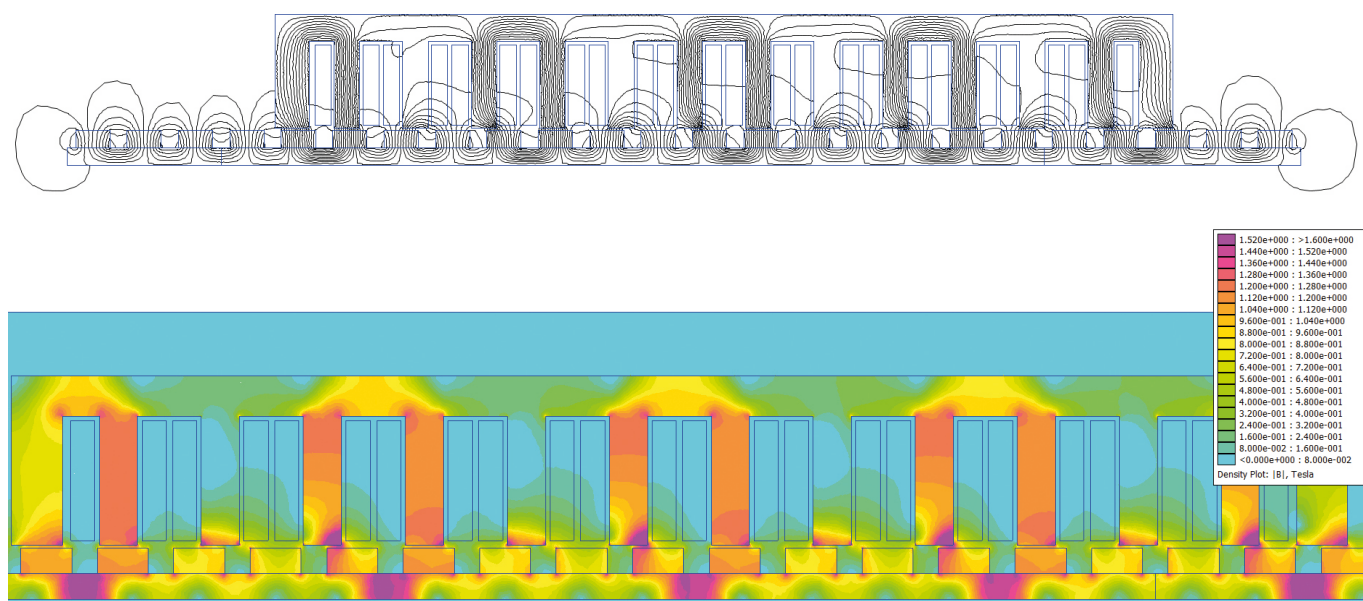
### 3. Metoda obliczania charakterystyk elektromechanicznych silników CW-FLPMSM

Z uwagi na coraz większe w kraju zainteresowanie napędami liniowymi z silnikami CW-FLPMSM w instytucie KOMEL opracowano metodę obliczeniową wraz z implementacją programową, umożliwiającą precyzyjne obliczanie charakterystyk elektromechanicznych tego typu silników. Metoda ta bazuje na dwuwymiarowej, magnetostatycznej, nieliniowej analizie



Rys. 2. Przykładowe rozwiązanie obwodu elektromagnetycznego silnika CW-FLPMSM o kombinacji liczby zębów biegnika do liczby biegunów na bieźni  $Q_s/2p = 12/10$





Rys. 3. Przykładowe rozkłady linii ekwipotencjalnych pola magnetycznego i indukcji magnetycznej otrzymane w wyniku obliczeń elektromagnetycznych przeprowadzonych opisaną metodą dla wybranego silnika CW-PMSM, przy obciążeniu znamionowym

metodą elementów skończonych (MES) rozkładu pola magnetycznego w silniku. W dziedzinie MES metoda wykorzystuje ruchomą siatkę elementów skończonych, tzn. w toku obliczeń następuje krokowa zmiana pozycji biegnika względem bieżni magnetycznej. Z uwagi na to, iż na parametry silnika CW-FLPMSM istotny wpływ mają zjawiska elektromagnetyczne zachodzące pomiędzy skrajnymi zębami rdzenia biegnika a bieżnią magnetyczną, w opracowanej metodzie konieczne jest zamodelowanie pełnego przekroju poprzecznego (wzdłużnego) obwodu elektromagnetycznego silnika.

Założenia i sposób działania algorytmu obliczeniowego:

- w dziedzinie MES modelowany jest pełny przekrój poprzeczny silnika CW-FLPMSM w płaszczyźnie X-Y (rys. 2);
- w dziedzinie MES silnik musi być tak zamodelowany, by w pozycji wyjściowej/startowej biegnika oś elektryczna fazy A uzwojenia pokrywała się z osią magnetyczną  $d$  bieżni magnetycznej (jak na rys. 2);
- wymuszeniem w modelu obliczeniowym MES silnika są prądy w trójfazowym uzwojeniu biegnika;
- biegnik silnika jest zasilany prądami sinusoidalnie zmiennymi;
- zakłada się, że w zakresie regulacji prędkości liniowej, w którym silnik CW-FLPMSM pracuje ze stałym strumieniem magnetycznym głównym, optymalną metodą sterowania silnikiem jest metoda:  $i_d = 0$ , tzn. silnik jest zasilany wyłącznie tzw. prądem poprzecznym  $i_q$  [14] i przy tym zasilaniu silnik pracuje przy optymalnym ilorazie siły uciągu do prądu zasilania;
- powyżej tzw. prędkości bazowej silnik pracuje w strefie regulacji prędkości liniowej z osłabianiem strumienia magnetycznego głównego, co jest osiągnięte przez dodanie odpowiedniej składowej podłużnej  $i_d$  do prądu zasilania biegnika [14];

- w modelu MES silnika częścią nieruchomą silnika jest bieżnia z magnesami trwałymi, częścią ruchomą jest uzwojony rdzeń biegnika (model MES z ruchomą siatką elementów skończonych);
- w toku obliczeń biegnik przemieszcza się względem bieżni magnetycznej, ze stałym krokiem przemieszczenia podawanym w stopniach elektrycznych, liczba pozycji elektrycznych biegnika względem bieżni może być zadawana, stosownie do konstrukcji silnika;
- pełne przesunięcie biegnika względem bieżni obejmuje 360 stopni elektrycznych;
- dla każdej pozycji biegnika względem bieżni obliczane są strumienie magnetyczne skojarzone z poszczególnymi fazami uzwojenia, w efekcie obliczane są dyskretne przebiegi czasowe strumieni skojarzonych z fazami uzwojeń, w zakresie jednego pełnego okresu elektrycznego;
- dyskretne przebiegi czasowe strumieni skojarzonych są przeliczane na ciągłe funkcje czasowe strumieni skojarzonych;
- obliczane są ciągłe przebiegi czasowe napięć fazowych, jako pochodna ciągłych przebiegów czasowych strumieni skojarzonych;
- obliczane są przebiegi czasowe napięć międzyfazowych, jako różnica odpowiednich przebiegów czasowych napięć fazowych;
- dla każdej z pozycji biegnika względem bieżni obliczana jest metodą *Weighted Stress Tensor* siła uciągu silnika  $F_x$ , a następnie obliczana jest uśredniona siła uciągu silnika  $F$  dla wszystkich analizowanych pozycji biegnika;
- dla każdej z pozycji biegnika względem bieżni obliczana jest metodą *Weighted Stress Tensor* siła przyciągania biegnika do bieżni magnetycznej  $F_{a,x}$ , a następnie obliczana jest uśredniona siła przyciągania biegnika do bieżni  $F_a$  dla wszystkich analizowanych pozycji biegnika.

Przyjęte założenia dotyczące modelu obliczeniowego silnika CW-FLPMSM w zakresie sposobu sterowania silnikiem są odpowiednie dla tych konstrukcji silników, w których magnesy trwałe typu NdFeB są naklejane na powierzchni jarzma magnetycznego bieźni. W silnikach tych opór magnetyczny dla strumienia magnetycznego głównego pomiędzy rdzeniem biegnika a jarzmem bieźni jest taki sam w części podziałki biegunowej obejmującej magnesy trwałe i w części bez magnesu trwałego. Wówczas, podobnie jak w wirujących silnikach PMSM o konstrukcji z magnesami na powierzchni wirnika, optymalny łożyskowy i siły uciążu (momentu na wale w silnikach wirujących) do prądu uzyskuje się przy zasilaniu silnika wyłącznie prądem poprzecznym  $i_q$ .

#### 4. Przykładowe wyniki obliczeń

Na rysunku 3 pokazano przykładowe rozkłady linii ekwipotencjalnych pola magnetycznego i indukcji magnetycznej otrzymane w trakcie obliczeń z wykorzystaniem opisanej metody charakterystyk elektromechanicznych wybranego silnika CW-FLPMSM, oferowanego na rynku przez jedną z renomowanych firm. Na rysunku 4 pokazano obliczone dla tego samego silnika przebiegi czasowe siły uciążu  $F_x$ , siły przyciągania  $F_{a,x}$  oraz napięć międzyfazowych przy prędkości biegnika 1 m/s.

W tabeli 1 zestawiono porównanie wyników obliczeń elektromagnetycznych przeprowadzonych dla wybranego silnika CW-FLPMSM z rysunku 3 z odpowiednimi danymi katalogowymi producenta tego silnika.

#### 5. Wnioski

Opracowana metoda obliczeniowa umożliwia przeprowadzenie obliczeń także dla silników CW-FLPMSM o konstrukcji bieźni magnetycznej innej niż z magnesami trwałymi naklejanymi na jarzmo bieźni. Można z pomocą tej metody projektować silniki z magnesami trwałymi zagłębionymi w rdzeniu magnetycznym bieźni (pakietowanym z blach prądnicowych), jednak wówczas, na etapie zadawania prądów zasilania biegnika, należy uwzględnić właściwy, tzn. optymalny kąt fazowy wskazu prądu zasilania względem osi magnetycznej podłużnej  $d$  silnika [14].

Opisana wyżej metoda obliczania charakterystyk elektromechanicznych płaskich silników liniowych może być wykorzystana także do projektowania odmian tych silników z klasycznymi uzwojeniami quasi-sinusoidalnymi.

Kolejnym etapem rozwoju opisanej metody obliczeniowej będzie uwzględnienie obliczania strat czynnych w rdzeniu magnetycznym biegnika i w magnesach trwałych, w oparciu

reklama



Międzynarodowe Targi  
Automatyki i Pomiarów



BIURO TARGÓW

Al. Jerozolimskie 202,  
02-486 Warszawa  
tel. 22 874 01 50, 874 02 30,  
fax 22 874 01 49  
e-mail: targi@automaticon.pl

ORGANIZATORZY



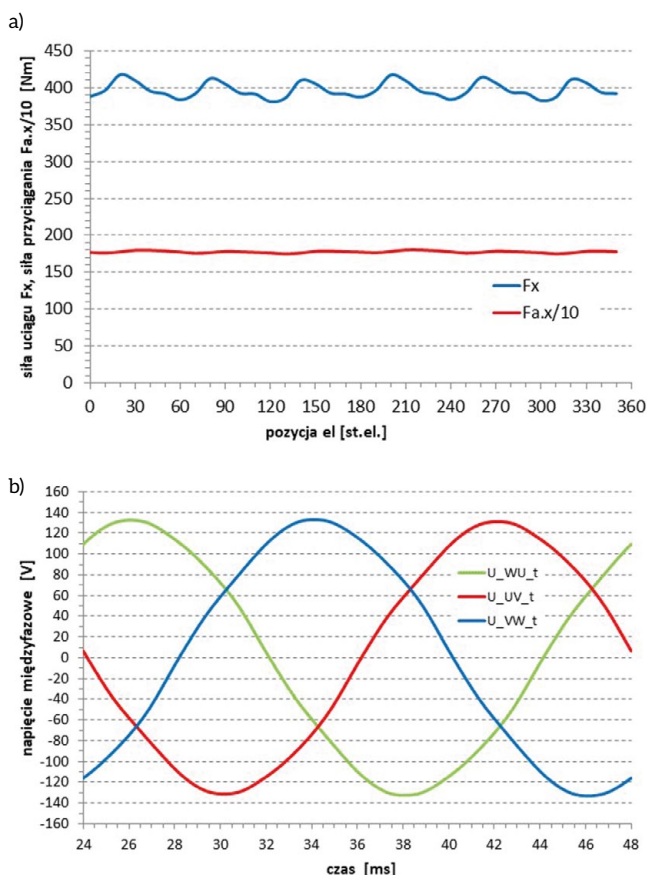
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT  
AUTOMATYKI I POMIARÓW

Sp. z o.o.



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





Rys. 4. a) Obliczone dla wybranego silnika CW-FLPMSM przebiegi czasowe siły uciągu  $F_x$  i siły przyciągania  $F_{a,x}$ , przy przemieszczaniu biegnika względem bieźni magnetycznej w zakresie jednej pary biegunów – obciążenie znamionowe; b) obliczone przebiegi czasowe napięć międzyfazowych przy obciążeniu znamionowym i prędkości biegnika 1 m/s

o obliczone rozkłady pola magnetycznego dla każdej pozycji biegnika względem bieźni.

Dobra zbieżność uzyskanych wyników obliczeń z odpowiednimi danymi katalogowymi producentów silników liniowych wskazuje na poprawność opisanego metody obliczeniowej i jej przydatność do projektowania obwodów elektromagnetycznych płaskich liniowych silników synchronicznych, CW-FLPMSM i ogólniej FLPMSM.

### Literatura

- [1] BOLDEA I.: *Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2013.
- [2] GIERAS J.F.: *Linear Synchronous Motors: Transportation and Automation Systems, Second Edition*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2011.
- [3] Materiały informacyjne firmy Etel, <http://www.etel.ch/documentation/catalogs-flyers/>
- [4] Materiały informacyjne firmy Tecnotion, <https://www.tecnotion.com/downloads/>
- [5] Materiały informacyjne firmy Beckhoff, <https://www.beckhoff.pl/>
- [6] GOMAND J., REMY G., TOUNZI A., BARRE P.J., HAUTIER J.P.: *Impact of permanent magnet field on inductance variation of a PMLSM*, 2007 European Conference on Power Electronics and Applications, Aalborg, 2007, pp. 1–9.

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń elektromagnetycznych z danymi katalogowymi dla wybranego silnika CW-FLPMSM

Parametr	Dane katalogowe	Wynik obliczeń
Back EMF [V]	76	76
$F_a$ [N·m]	1700	1702
$F_N$ [N·m]	400	397
$F_p$ [N·m]	800	795
$F_u$ [N·m]	900	929

Oznaczenia parametrów:

- Back EMF – wartość szczytowa napięcia międzyfazowego indukowanego w uzwojeniu biegnika od magnesów trwałych, przy prędkości liniowej 1 m/s;
- $F_a$  – siła przyciągania biegnika do bieźni w stanie bezprądowym;
- $F_N$  – znamionowa siła uciągu (długostrwała);
- $F_p$  – siła uciągu przy przeciążeniu z przyrostem temperatury uzwojenia 6 K/s;
- $F_u$  – siła uciągu przy przeciążeniu z przyrostem 10 K/s

- [7] REMY G., GOMAND J., TOUNZI A., BARRE P.J.: *Analysis of the force ripples of a current loaded PMLSM*, COMPEL. The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, vol. 28, issue 3, pp. 750–761, 2009.
- [8] REMY G., KREBS G., TOUNZI A., BARRE P.J.: *Detent Force Calculations of a PMLSM Using the Finite Element Method*. IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 129 (2009), issue 5, pp. 462–469.
- [9] BAATAR N., YOON H.S., PHAM M.T., SHIN P.S., KOH C.S.: *Shape Optimal Design of a 9-pole 10-slot PMLSM for Detent Force Reduction Using Adaptive Response Surface Method*, IEEE Trans. on Mag., vol. 45, no. 10, pp. 4562–4565, Oct. 2009.
- [10] MARTINEZ G., ATENCIA J., MARTINEZ-ITURRALDE M., GARCIA RICO A., FLOREZ J.: *Reduction of detent force in flat permanent magnet linear synchronous machines by means of three different methods*, Proc. IEEE Int. IEMDC, Jun. 2003, vol. 2, pp. 1105–1110.
- [11] YOSHIMURA T., KIM H.J., WATADA M., TORII S., EBIHARA D.: *Analysis of the reduction of detent force in a permanent magnet linear synchronous motor*. IEEE Trans. on Mag., vol. 31, no. 6, pp. 3728–3730, Nov. 1995.
- [12] BIANCHI N., BOLOGNANI S., CAPPELLO A.D.F.: *Back EMF improvement and force ripple reduction in PM linear motor drives*. IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No.04CH37551), 2004, pp. 3372–3377, vol. 5.
- [13] ZHU Y.W., JUNG K.S., CHO Y.H.: *The Reduction of Force Ripples of PMLSM Using Field Oriented Control Method*. CES/IEEE 5th International Power Electronics and Motion Control Conference, Shanghai, 2006, pp. 1–5.
- [14] LOUIS J.P.: *Control of Non-conventional Synchronous Motors*. Wiley-ISTE, Jan 2012.
- [15] <https://www.emetor.com/windings/>

dr inż. Robert Rossa

Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany



XIII edycja Konkursu miesięcznika

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

# PRODUKT ROKU 2018

## KATEGORIE:

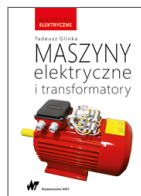
- Nowe maszyny i technologie
- Poprawa bezpieczeństwa
- Napędy i silniki
- Systemy sterowania procesami i układami
- Urządzenia pomiarowe i czujniki



Ogłoszenie wyników konkursu oraz wręczenie nagród i wyróżnień odbędzie się podczas Międzynarodowych Targów AUTOMATICON 2019, w Warszawskim Centrum EXPO XXI, ul. Prądzyńskiego 12/14, w dniu 27.03.2019 r. o godz. 10:00, w Sali Konferencyjnej B-1.

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

## BIBLIOTEKA



Tadeusz Glinka

### Maszyny elektryczne i transformatory

Wydawnictwo: PWN

Rok wydania: 2018

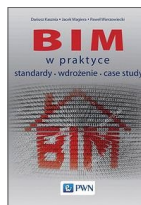
Jest to kolejna publikacja z serii *Maszyny elektryczne*. W tej książce znalazły się podstawowe i najważniejsze zagadnienia z transformatorów i maszyn elektrycznych. Są one tak przedstawione, aby były zrozumiałe i przyswajalne dla uczących się studentów studiów inżynierskich i magisterskich, a także dla inżynierów zajmujących się eksploatacją transformatorów i maszyn elektrycznych.

Książka jest napisana zrozumiałym językiem, co istotne w przypadku trudnych technicznych zagadnień, zilustrowana jest też rysunkami, wykresami, oscylogramami.

W publikacji zawarto m.in. przypomnienie podstawowych praw elektromagnetyzmu wykorzystywanych w budowie i działaniu transformatorów i maszyn elektrycznych, w tym maszyn: indukcyjnych, synchronicznych, prądu stałego i wzbudzanych magnesami trwałymi. Porównano energochłonność różnych rodzajów maszyn elektrycznych.

Podręcznik jest kierowany m.in. do studentów uczelni technicznych (kierunki studiów: Elektrotechnika, Mechatronika, Mechanika i Budowa Maszyn, Energetyka, Transport), ale także do praktyków – inżynierów elektrotechników, inżynierów zajmujących się układami napędowymi itp.

Publikację polecamy studentom uczelni technicznych studiujących na kierunkach: Elektrotechnika, Energetyka, Mechanika i Budowa Maszyn, Mechatronika, Automatyka i Robotyka, Transport (przedmioty typu: Maszyny elektryczne, Napęd i sterowanie maszyn roboczych, Inżynieria elektryczna itp.). Książka będzie również użyteczna dla inżynierów elektryków, w szczególności zajmujących się napędami elektrycznymi, i wszystkich zainteresowanych problematyką maszyn i napędów elektrycznych.



Dariusz Kasznia

### BIM w praktyce. Standardy. Wdrożenie.

Case Study

Wydawnictwo Naukowe PWN

Rok wydania: 2017, wydanie pierwsze

Doświadczenie zawodowe autorów, ich doskonała znajomość literatury zagadnień BIM, świetnie dobrane przykłady pomagają w przekazie szczególnie ważnych i trudnych pojęć oraz takich, które mogą stanowić szczególnie problem w procesie inwestycyjnym.

BIM to najgorętszy temat światowego budownictwa ostatnich lat. Ta nowoczesna, zyskująca popularność w wielu krajach metodologia

realizowania inwestycji budowlanej pozwala budować efektywniej i w sposób bardziej ekologiczny. Jak słusznie zauważyli autorzy – BIM, to realna budowa obiektu, tyle że w świecie wirtualnym, gdzie praktycznie – zanim go wybudujemy – można już znaleźć wiele kolizji i problemów, zaplanować i oszacować wartość budowy i eksploatacji, ograniczyć niekorzystny wpływ na środowisko, a nawet dostrzec potencjalne katastrofy. BIM to również zmiana relacji inwestor-projektant-wykonawca, czyli nowy wymiar współpracy wszystkich stron zaangażowanych w realizację inwestycji budowlanej.

Książka ma charakter przystępnego poradnika skierowanego do osób praktycznie funkcjonujących w środowisku BIM. Wytyczne opisane w książce są autorską adaptacją standardów zagranicznych do warunków polskich, wraz z obszernym komentarzem i *case study* głównych problemów, na które w praktyce napotyka się we wdrażaniu BIM.

Pozycja ta jest skierowana do wszystkich uczestników procesu budowlanego – projektantów, wykonawców oraz inwestorów, w tym należących do sektora publicznego. Jej celem jest dostarczenie podstawowych informacji o BIM, które umożliwią uruchomienie inwestycji zgodnie z tą metodologią, z uwzględnieniem obowiązujących w Polsce regulacji prawnych.



### Norma N SEP-E-007:2017-09. Instalacje elektroenergetyczne i teletechniczne w budynkach. Dobór kabli i innych przewodów ze względu na ich reakcję na ogień

Wydawnictwo: COSIW

Rok wydania: 2017

Norma została opracowana w związku z wejściem w życie wymagań stawianych wyrobom budowlanym w zakresie ich klasy reakcji na ogień, sformułowanych w dokumencie „Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG” wraz z pakietem norm zharmonizowanych.

Norma określa wymaganą klasę reakcji na ogień kabli i innych przewodów, które mają być zainstalowane w budynku w zależności od jego rodzaju i miejsca zainstalowania przewodów.

W normie zastosowano europejską klasyfikację ogniową wyrobów budowlanych wg normy PN-EN 13501-6 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 6: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień kabli elektrycznych”.

Przedmiotem normy są zasady doboru, ze względu na klasę reakcji na ogień, kabli i innych przewodów w zależności od rodzaju budynku, w którym mają być zainstalowane.

---

## Artykuły naukowe opublikowane w miesięczniku „Napędy i Sterowanie” w 2018 roku recenzowali:

---



1. **Dr inż. Piotr Chudzik** – Instytut Automatyki, Politechnika Łódzka
2. **Prof. dr hab. inż. Andrzej Dębowski** – Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
3. **Doc. dr hab. inż. Krzysztof Duszczyk** – Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska
4. **Dr hab. inż. Krzysztof Filipowicz** – Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska
5. **Dr hab. inż. Stefan Gierlotka** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa
6. **Prof. dr hab. inż. Tadeusz Glinka** – Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Przemysłowej, Politechnika Śląska w Gliwicach
7. **Dr hab. inż. Jarosław Guziński, prof. nadzw. PG** – Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Politechnika Gdańska
8. **Prof. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz** – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
9. **Dr inż. Klaudiusz Klarecki** – Zakład Automatykacji i Robotyzacji Procesów Technologicznych, Politechnika Śląska
10. **Prof. dr hab. inż. Adam Klich** – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
11. **Dr hab. inż. Krzysztof Kotwica** – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
12. **Prof. dr hab. inż. Ryszard Pęcherski** – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
13. **Dr hab. inż. Krzysztof Pietruszewicz, prof. nadzw. ZUT** – Wydział Elektryczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
14. **Dr inż. Andrzej Przytułski** – Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska
15. **Dr inż. Czesław Pypno** – Katedra Logistyki i Technologii Transportu, Politechnika Śląska w Gliwicach
16. **Dr hab. inż. Michał Stosiak, prof. nadzw. PWr** – Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska
17. **Dr hab. inż. Marek Szkodo, prof. nadzw. PG** – Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska
18. **Dr inż. Zbigniew Szulc** – Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska
19. **Dr hab. inż. Wiesław Tarczyński, prof. PO** – Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska
20. **Prof. dr hab. inż. Edward Tomasiak** – Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska w Gliwicach
21. **Dr inż. Grzegorz Wiciak** – Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska w Gliwicach
22. **Prof. dr hab. inż. Teodor Winkler** – Instytut Inżynierii Produkcji, Politechnika Śląska w Gliwicach
23. **Dr hab. inż. Jan Zawilak, prof. PWr** – Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, Politechnika Wrocławska
24. **Dr hab. inż. Jan Zwołak, prof. UR** – Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski



## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 2** (238)

Rok XXI  
Luty 2019

- Automatyizacja produkcji
- Efektywność w energetyce
- Bezpieczeństwo sieci przemysłowych
- Technika przemieszczeń liniowych i montażu
- Hydraulika siłowa



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

1/2019 (237)

2/2019 (238)

3/2019 (239)

4/2019 (240)

5/2019 (241)

6/2019 (242)

7-8/2019 (243-244)

9/2019 (245)

10/2019 (246)

11/2019 (247)

12/2019 (248)

## 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, przysyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

Cena prenumeraty rocznej wynosi 118,80 zł (w tym 8% VAT).

Wydawnictwo Druk-Art SC nr konta: 57 1560 1140 0000 9090 0004 0921

Wysyłając powyższy formularz, wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych zgodnie z ustawą z dn. 29.08.1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz. U. nr 133, poz. 883).

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- Wydawnictwa SIGMA NOT, tel./fax 22-840 35 89;
- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22-693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>) [www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12-412 75 60;
- KOLPORTER SA, tel. 22-355 04 10.

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel./fax: 32-755 15 74.



*Świąt wypełnionych miłością,  
niosących spokój i odpoczynek  
udanego roku 2019,  
entuzjasmu i odkrywania na nowo  
swoich pasji oraz samych sukcesów  
zarówno w życiu zawodowym  
jak i osobistym*

*życzy*

**Zespół  
Pepperl+Fuchs  
Factory Automation**



**FESTO**

Wszystkim naszym Klientom i Partnerom biznesowym  
życzymy zdrowych i radosnych Świąt Bożego Narodzenia,  
wszelkiej pomyślności, sukcesów oraz dalszej owocnej  
współpracy w nadchodzącym Roku 2019

Zarząd i Pracownicy Festo Sp. z o.o.

