

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

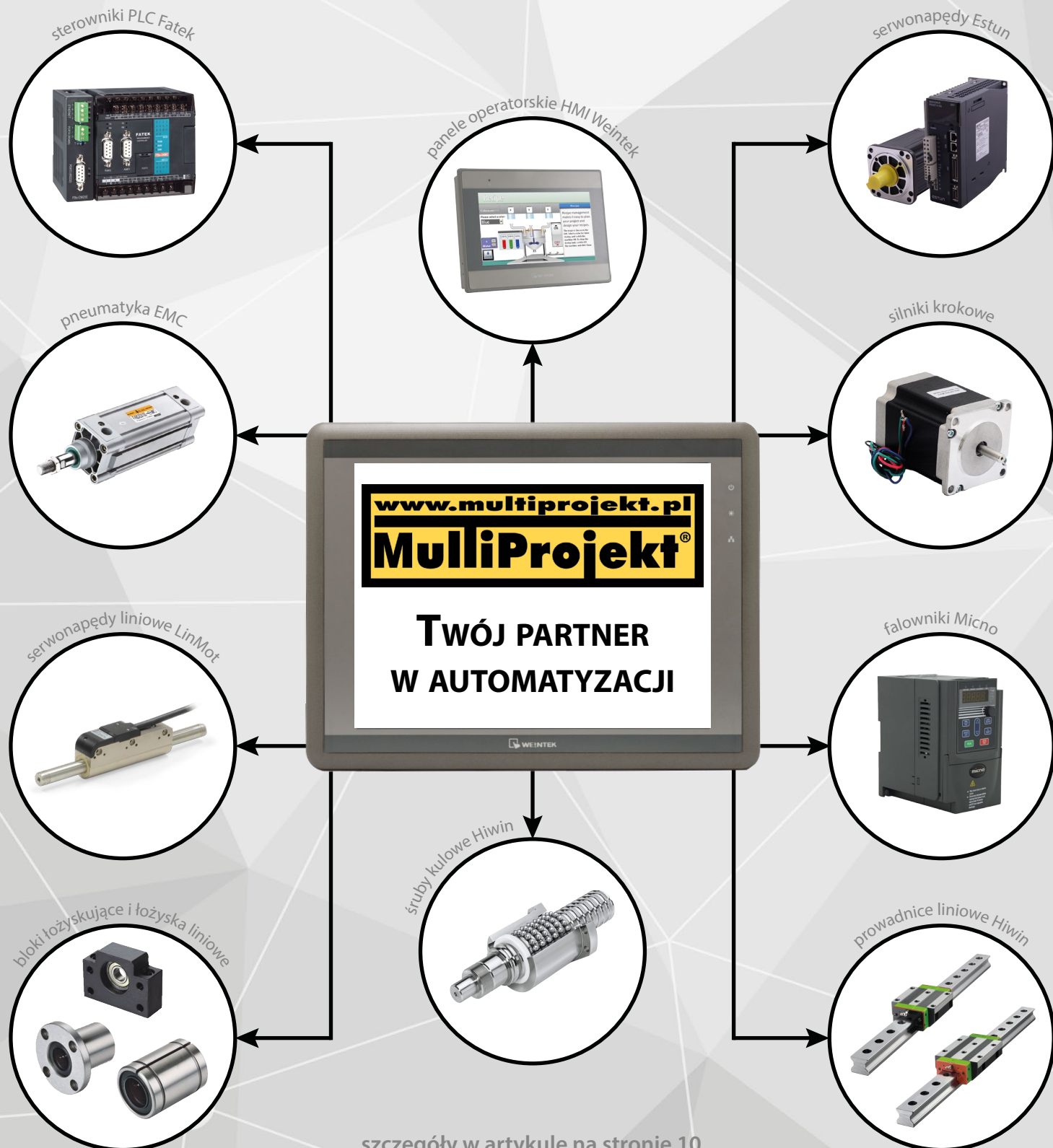
Nr 1 (201)

Rok XVIII  
Styczeń 2016

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



szczegóły w artykule na stronie 10

www.multiprojekt.pl | info@multiprojekt.pl | tel: (+48) 12 413 90 58

X edycja Konkursu miesięcznika

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

# PRODUKT ROKU 2015

## KATEGORIE:

- Nowe maszyny i technologie
- Poprawa bezpieczeństwa
- Napędy i silniki
- Systemy sterowania procesami i układami
- Urządzenia pomiarowe i czujniki

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



Ogłoszenie wyników Konkursu oraz wręczenie nagród i wyróżnień odbędzie się podczas Międzynarodowych Targów AUTOMATICON 2016 w Warszawskim Centrum EXPO XXI, ul. Prądzyńskiego 12/14, w dniu 02.03.2016 o godz. 11:00, w sali konferencyjnej B-1.

Patronat:



Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości



Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH

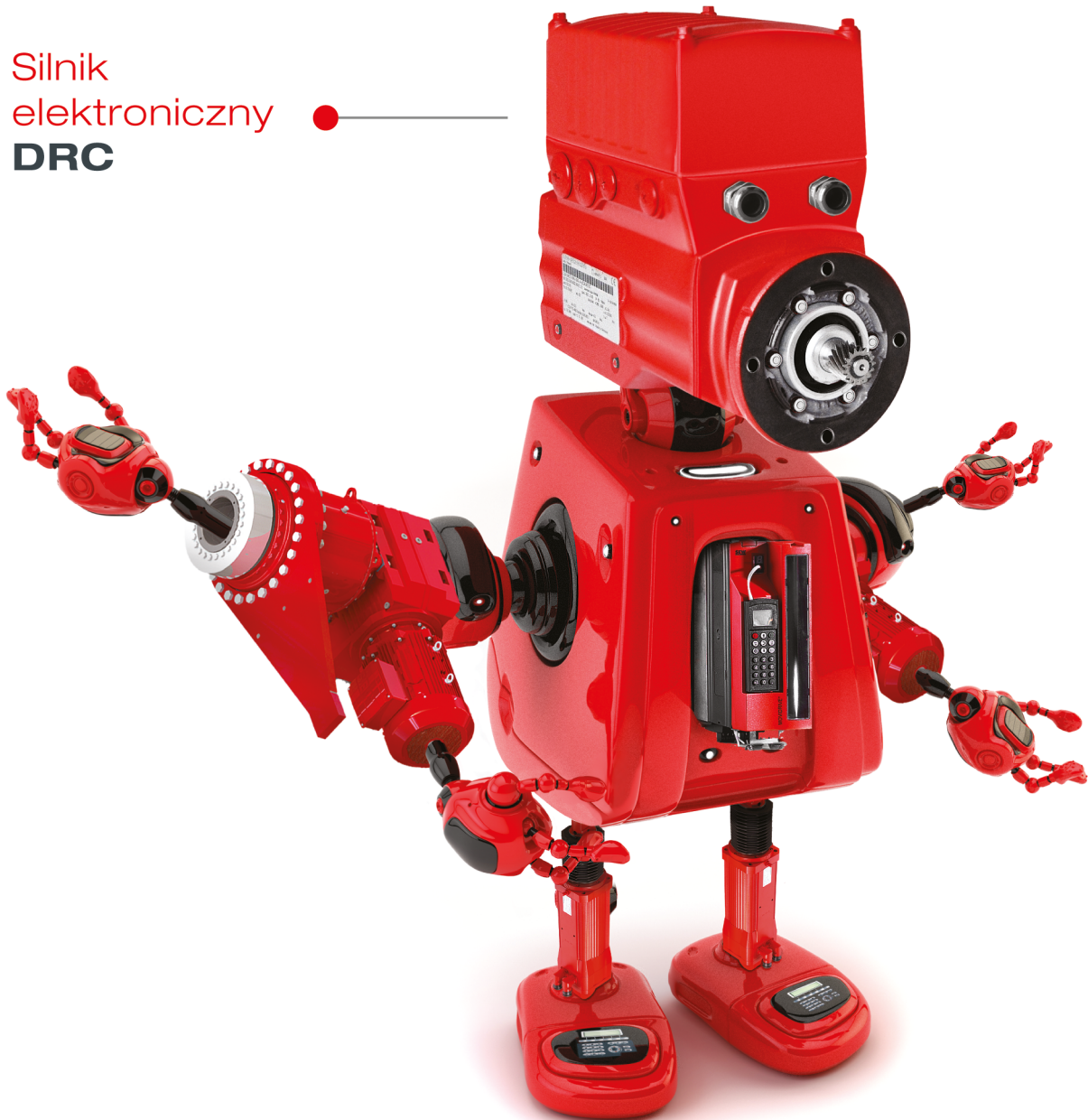


# SEW-EURODRIVE

technika napędowa  
z osobowością

# SEW EURODRIVE

Silnik  
elektroniczny  
**DRC**



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

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (201) Styczeń	<b>NAPĘDY I STEROWANIA HYDRAULICZNE I PNEUMATYCZNE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatykacja w górnictwie</li> <li>• Automatykacja produkcji</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatykacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy i technologia płynów</li> </ul>
2 (202) Luty	<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>
3 (203) Marzec	<b>EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> <li>• Automatykacja produkcji i procesów</li> </ul>
4 (204) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO</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> </ul>
5 (205) Maj	<b>MONITORING I POMIARY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Napędy hybrydowe</li> <li>• Diagnostyka</li> </ul>
6 (206) Czerwiec	<b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE</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 (207/208) Lipiec/Sierpień	<b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligentne układy zasilania, sterowania</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Automatykacja transportu szynowego</li> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Silniki elektryczne</li> <li>• Transformatory</li> </ul>
9 (209) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> </ul>
10 (210) Październik	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYSŁE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Inteligentne układy zasilania</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Hydraulika, pneumatyka i sterowanie</li> <li>• Napędy hybrydowe i elektryczne</li> </ul>
11 (211) 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 (212) Grudzień	<b>INTELIGENTNY BUDYNEK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle maszynowym</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> <li>• Technologie próżniowe i sprężonego powietrza</li> </ul>

**Adres redakcji:**

47-400 Racibórz  
ul. Środkowa 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 Zając,

Monika Gomółka, Ryszard Klencz, Joanna Jara

**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zając

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

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobný

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:** Estera Krauze

tel./fax 32-755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl

**Redaktor statystyczny:** Joanna Jara**Rada Programowa:**

- prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender,
- prof. Marek Bergander (University of Hartford USA),
- prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski,
- 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. dr hab. inż. Andrzej Korczak,
- Ph. D., Ing. Jacek Paraszczak (Université LAVAL),
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawełski,
- dr inż. Krzysztof Pietruszewicz,
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Piróg,
- prof. Jacek S. Stecki (Department of Mechanical Engineering, Monash University, Australia)
- dr inż. Michał Stosiak,
- dr inż. Zbigniew Szulc,
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz,
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak,
- dr inż. Grzegorz Wiciak

**Redaktor tematyczny:** prof. zw. dr hab. inż. Wacław 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”.

Wersją pierwotną jest wersja papierowa.

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 i kolejny zamknięty rozdział, z pewnością nie tylko w sferze zawodowej. I choć czas jest sprawą względną, nieustanne zmiany utwierdzają nas w przekonaniu, że nie stoi on w miejscu.

Dziś zapewne najbardziej optymistyczną wiadomością jest to, że początek nowego roku zapowiada się względnie spokojnie. Widoczny w ostatnich miesiącach napływ zamówień do przedsiębiorstw produkcyjnych, poprawiająca się wydajność pracy, a także nieco stabilniejsza sytuacja na rynku pracy – wszystko to pozwala z mniejszymi obawami spojrzeć na 2016 rok.

pozytywne prognozy potwierdziły najnowsze badania z 4 stycznia br., przeprowadzone przez Markit PMI®, które informują o tym, że warunki gospodarcze utrzymują się w solidnym niezmiennym tempie, kontynuując trend zarejestrowany w całym czwartym kwartale 2015 roku.

Potwierdzają to również wyniki z najnowszej prognozy BofA Merrill Lynch na rok 2016. Analitycy bankowi w przedstawionym raporcie spodziewają się utrzymania wzrostu PKB Polski na poziomie 3,5 procent i jego przyspieszenie w 2017 roku do 3,7 procent.

Na postęp gospodarczy bezsprzecznie mają wpływ planowane inwestycje, które przyniosą ożywienie na rynku automatyki przemysłowej. Globalne i europejskie zmiany w zakresie podejścia do polityki klimatycznej będą implikować konieczność zmian technologicznych w produkcji przemysłowej. Chodzi głównie o inwestycje w energetyce związane z ograniczeniem emisji dwutlenku węgla, dla których Polska otrzymała dofinansowanie w wysokości około 7,5 mld euro, oraz o inwestycje z programu Infrastruktura i Środowisko, którego pula wynosi ponad 27 mld euro.

Dodatkowo z roku na rok konsumpcja i zapotrzebowanie na energię będą coraz większe. Ważną kwestią będzie więc zaspokojenie potrzeb poprzez bardziej racjonalne wykorzystanie energii, możliwe dzięki efektywności energetycznej i automatyzacji.

Zrzucając plany na przyszłość i to niekoniecznie dalekosiężne, chciałabym zwrócić uwagę na publikacje, które w tym roku znajdą Państwo na łamach naszego pisma. Tak jak w poprzednich latach, chcielibyśmy prezentować nowości techniczne pojawiające się na polskim rynku oraz firmy, które napędzają rozwój naszego przemysłu. Zamierzamy również stale wzbogacać Państwa wiedzę o badania prowadzone przez naukowców uczelni technicznych.

Ponieważ w dużej części aktualny numer poświęcamy zagadnieniom hydrauliki i pneumatyki, z pewnością zainteresuje Państwa artykuł prof. dra hab. inż. Krzysztofa Barbusińskiego traktujący o kierunkach rozwoju innowacyjnych technologii w oczyszczalniach komunalnych.

Ten i jeszcze wiele ciekawych artykułów znajdą Państwa w pierwszym tegorocznym wydaniu miesięcznika „Napędy i Sterowanie”.

Zapraszam do lektury

Katarzyna Zając

Redaktor naczelna





**Str. 10**

Multiprojekt - Twój partner w automatyzacji



**Str. 16**

Danfoss Drives i Vacon - wspólny cel



**Str. 18**

Jak skutecznie zoptymalizować zużycie energii?  
Odpowiedzią na to pytanie są energooszczędne mechatroniczne systemy napędowe SEW-Eurodrive



**Str. 23**

Jak zoptymalizować swoją produkcję?  
Roboty kartezyjskie WObit



**Str. 25**

Oczyszczanie oleju mineralnego przy pomocy mobilnych urządzeń filtracji bocznikowej.  
Wsparcie w konserwacji

## CO W NUMERZE

### Stałe pozycje

- 8 Nowości techniczne
- 82 Biblioteka
- 83 Konferencje, seminaria, szkolenia...

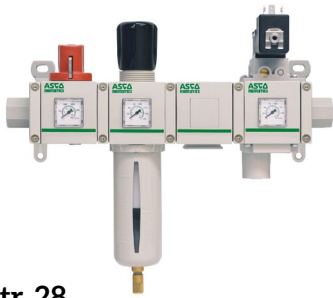
### Nauka

- 40 Innowacyjne technologie oczyszczania ścieków komunalnych - kierunki rozwoju  
K. Barbusiński
- 46 Innowacyjna technologia oczyszczania odcieków pofermentacyjnych  
K. Barbusiński
- 52 Monitoring sieci wodociągowej w aspekcie redukcji strat wody oraz optymalizacji energochłonności układu zasilania na podstawie doświadczeń PWiK O. Cz. SA w Częstochowie  
T. Herczyk, E. Kuliński
- 58 Modelowanie hydrauliczne sieci wodociągowych - wybrane aspekty  
G. Ścieranka
- 62 Bilans energetyczny hybrydowego układu napędowego lokomotywy górniczej  
R. Konsek, A. Mężyk
- 66 Monitoring stanu technicznego zespołów maszynowych w przemyśle - doświadczenia własne  
S. Szymaniec
- 73 Prototypowy wagon i system do transportu intermodalnego naczep samochodów ciężarowych  
W. Krasoń, T. Niezgodą

### Technologie i produkty

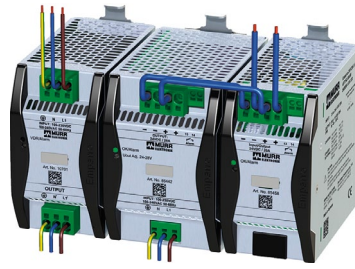
- 10 **TEMAT Z OKŁADKI:** Multiprojekt - Twój partner w automatyzacji  
Multiprojekt
- 14 **TEMAT Z OKŁADKI:** Danfoss Drives wyjaśnia, jakie ważne kryteria doboru napędu elektrycznego zaleca Dyrektywa „Ecodesign”  
Danfoss Poland Sp. z o.o.
- 16 **TEMAT Z OKŁADKI:** Danfoss Drives i Vacon - wspólny cel  
Danfoss Poland Sp. z o.o.
- 17 System pomiaru wibracji zbudowany w oparciu o platformę ARM  
ELMARK Automatyka Sp. z o.o.
- 18 **TEMAT Z OKŁADKI:** Jak skutecznie zoptymalizować zużycie energii?  
Odpowiedzią na to pytanie są energooszczędne mechatroniczne systemy napędowe SEW-Eurodrive  
SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 21 Nowy energooszczędny falownik SXS w obudowie IP65  
J. Sobczak - SANYU Sobczak Sp. j.
- 23 Jak zoptymalizować swoją produkcję? Roboty kartezyjskie WObit  
P.P.H. WObit E.K.J. Ober s.c.





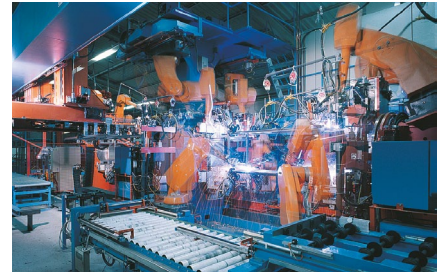
**Str. 28**

ASCO Numatics rozszerza ofertę produktów z zakresu sterowania przepływem mediów o zespoły FRL serii 652



**Str. 30**

Emparro® 3~. Nadzwyczaj niezawodne i wyjątkowo wydajne



**Str. 34**

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa obudów i szaf sterowniczych. Ochrona ze stali

25 **Oczyszczanie oleju mineralnego przy pomocy mobilnych urządzeń filtracji boczniowej. Wsparcie w konserwacji**  
STAUFF Polska Sp. z o.o.

28 **ASCO Numatics rozszerza ofertę produktów z zakresu sterowania przepływem mediów o zespoły FRL serii 652**  
ASCO Numatics Sp. z o.o.

30 **Emparro® 3~. Nadzwyczaj niezawodne i wyjątkowo wydajne**  
Murrelektronik Sp. z o.o.

32 **NORD 4.0 READY: technologia napędów dla zautomatyzowanej produkcji w erze 4 rewolucji przemysłowej**  
NORD Napędy Sp. z o.o.

34 **Wymagania dotyczące bezpieczeństwa obudów i szaf sterowniczych. Ochrona ze stali**  
Rittal Sp. z o.o.

38 **Paletą w konkurencję**



**Str. 40**

Innowacyjne technologie oczyszczania ścieków komunalnych - kierunki rozwoju



**Str. 52**

Monitoring sieci wodociągowej w aspekcie redukcji strat wody oraz optymalizacji energochłonności układu zasilania na podstawie doświadczeń PWiK O. Cz. SA w Częstochowie

**Informacje branżowe**

20 **BUDMA 2016. Centrum inspiracji, wiedzy, biznesu**

22 **OZE i efektywność energetyczna dla każdego**

**Indeks reklam**

▷ ASCO Numatics .....	8, 29	▷ Multiprojekt .....	1, 8
▷ Automaticon .....	49	▷ Murrelektronik .....	9, 31
▷ Automatyka.eu .....	45	▷ NORD Napędy .....	33
▷ Befared .....	41	▷ NOWIMEX .....	9, 27
▷ BUDMA .....	20	▷ Pneumaticon .....	57
▷ Danfoss .....	86	▷ Rittal .....	34
▷ ELDAR .....	8, 39	▷ Robotyka.com .....	36
▷ Elmark Automatyka .....	17	▷ SANYU Sobczak .....	21
▷ Energoelektronika.com.pl .....	60	▷ SEW-Eurodrive .....	3
▷ Enex .....	59	▷ STAUFF Polska .....	25
▷ Expopower .....	81	▷ WObit .....	9, 23
▷ InEnerg® .....	22		

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Nowy SENTRONIC LP. Wydajne oraz bardzo ekonomiczne rozwiązanie dedykowane specjalnie dla potrzeb regulacji ciśnienia.

Nowy produkt z rodziny zaworów proporcjonalnych SENTRONIC LP (*Low Power*) od ASCO Numatics to wydajne oraz bardzo ekonomiczne rozwiązanie dedykowane specjalnie dla potrzeb regulacji ciśnienia. Nowy SENTRONIC LP oferuje niewielkie rozmiary, jest łatwy w użyciu oraz posiada modułową konstrukcję i zaawansowane funkcje specjalnie dostosowanego do niego oprogramowania. SENTRONIC LP oraz cała gama zaworów proporcjonalnych SENTRONIC gwarantują uniwersalność i są doskonałą opcją do optymalizacji procesu, niezależnie od wymagań Twoich aplikacji. Główne zalety zaworu SENTRONIC LP to: niskie zużycie energii (<4 Watt), uniwersalna oraz kompaktowa konstrukcja, inteligentna cyfrowa komunikacja i prosta obsługa, stabilne ciśnienie w warunkach przepływu oraz bezpieczeństwo procesu (ciśnienie dostarczane jest nawet podczas przerw w dostawie prądu). Zawór może być dostosowany do konkretnej aplikacji za pomocą specjalnego oprogramowania DaS-LP Software (*Data Acquisition Software*). Oprogramowanie DAS oraz interfejs RS232 pozwalają sterownikowi być optymalnie dostosowanym do pętli sterowania.



ASCO Numatics Sp. z o.o.  
[www.asconumatics.pl](http://www.asconumatics.pl)

### Falowniki LITE-ON w ofercie firmy Eldar

Z prawdziwą przyjemnością pragniemy podzielić się z Państwem informacją, że firma Eldar podpisała umowę dystrybucyjną z tajwańskim LITE-ON Industrial Automation, będącym częścią grupy LITE-ON Technology Corp., zatrudniającej ponad 70 tys. pracowników w 50 fabrykach na całym świecie. Początki działalności LITE-ON sięgają 1975 roku. Firma szybko stała się rozpoznawalną marką kojarzoną z elektroniką użytkową (monitory, płyty główne PC, napędy CD, DVD itp.). Aktualnie LITE-ON to duża grupa o światowym zasięgu. LiteON Industrial Automation rozpoczął swoją aktywność na rynku automatyki przemysłowej, skupiając się na produkcji przemienników częstotliwości oraz serwonapędów (do 3 kW). Już niedługo na polski rynek trafią nowe falowniki o mocy od 0,4 kW do 110 kW. Obecnie dostępne są ich 3 podstawowe serie:



- EVO6000 – ultrakompaktowe falowniki wektorowe w zakresie mocy 0,2–3,7 kW, zasilanie 1 × 230 V AC (do 2,2 kW) lub 3 × 400 V AC (do 3,7 kW), montaż na szynę DIN;

- EVO6800 – uniwersalne, kompaktowe falowniki wektorowe powszechnego stosowania o najszerszym zakresie mocy: 0,4–110 kW, zasilanie 3 × 400 V AC;
- EVO8000 – falowniki wektorowe klasy premium. Moc 0,75–30 kW, zasilanie 3 × 400 V AC, współpraca z silnikami synchronicznymi i asynchronicznymi. Zaawansowana technologia sterowania wektorowego w otwartej i zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Bezpłatne oprogramowanie LiteON Studio Setup. Falowniki EVO cechuje wysoka jakość i funkcjonalność. Wyposażone zostały w filtry przeciwzakłóceńowe (EMI). Wspierają również popularne protokoły komunikacyjne: CANopen, Profibus-DP, DeviceNet, Modbus.

Eldar  
[www.eldar.biz](http://www.eldar.biz)

### Weintek SMART HMI w ofercie firmy Multiprojekt – rozwiązanie, jakiego jeszcze nie było na rynku!

Ewolucja ekranów dotykowych sterujących maszynami dąży do nawiązania komunikacji z jak największą liczbą urządzeń dostarczających dane w wielu



protokołach. Weintek dostarczył już ponad 250 różnych protokołów pozwalających te dane pozyskać i zebrać w jednym urządzeniu HMI. Kilka lat temu pojawił się panel HMI bez lokalnego ekranu, przełamujący klasyczne ujęcie sterowania obiektami i wizualizację. Od tej pory mamy pełną swobodę w dostępie do naszego projektu z dowolnego tabletu, telefonu czy komputera. Teraz połączono tę funkcjonalność z ekranem 15-calowym w jednym urządzeniu nazywanym SMART HMI (typ: cMT3151).

Drugą nowością jest komputer panelowy cMT-IPC15 z 15-calowym ekranem, 32 GB dyskiem SSD i 4 GB pamięci RAM. Urządzenie może mieć zainstalowany dowolny system, który pozostaje kompatybilny z oprogramowaniem EasyLauncher. Po zastosowaniu tej nakładki możemy ograniczyć dostęp operatora (gościa) tylko do wybranych aplikacji, bez możliwości zmiany krytycznych ustawień (tzw. tryb Kiosk). Komputer ten może jednocześnie działać jako drugi klient wyświetlający wizualizację z wcześniej wymienionego HMI cMT3150 za pomocą darmowej aplikacji oraz służyć do zaprogramowania PLC po instalacji programu narzędziowego. Przy tym PLC nie musi być bezpośrednio podłączony do naszego cMT-IPC15. Wystarczy, że w sieci obecne jest urządzenie Weintek udostępniające połączenie transparentne.

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

## NOWOŚCI TECHNICZNE

**Szybkie i bezbłędne połączenie za pomocą standardowych kabli**

Nowy wyłącznik ZATRZYMANIA AWARYJNEGO i przycisk RESET Murrelektronik są zintegrowane z instalacjami elektrycznymi za pomocą konfekcjonowanych i standardowych kabli.



Jest to rozwiązanie, które oszczędza czas i jednocześnie wyklucza ryzyko błędów okablowania. Dzięki funkcji *Plug & Play* elementy sterujące są bezpośrednio zintegrowane z maszynami i urządzeniami.

Produkty te można wykorzystać w różnych zastosowaniach: zarówno w rozwiązaniach o funkcjonalności podstawowej, jak i typu *high-end*. Są one pożądane zwłaszcza w przypadku zastosowania ogrodzeń ochronnych z elementami kontroli bezpieczeństwa lub rozproszonych gniazd produkcyjnych.

Warianty ze szczególnie zwartą budową o szerokości 40 mm są doskonale przystosowane do podłączania do standardowych profili aluminiowych. Urządzenia w formacie 72 mm ustalone dla przycisku zatrzymania awaryjnego dostępne są również wraz z pierścieniem oświetleniowym oraz w wersji z kołnierzem ochronnym, który zapobiega przypadkowemu uruchomieniu.

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

**Laserowy czujnik odległości optoNCDT1420**

W ofercie WObit dostępna jest nowa generacja czujników optycznych optoNCDT1420 ze zintegrowanym kontrolerem. Sensory te sprawdzą się doskonale wszędzie tam, gdzie wymagany jest prosty montaż oraz bardzo precyzyjne pomiary. Ze względu na uniwersalne ustawienia oraz możliwości ewaluacji optoNCDT1420 spełnia wymagania aplikacji OEM. Informacja o odległości zapewniana jest przez wyjścia analogowe (prądowe i napięciowe) oraz interfejs cyfrowy RS422. Wielofunkcyjny przycisk na obudowie pozwala na szybkie uruchomienie czujnika w prostych zadaniach pomiarowych.



Interfejs internetowy zapewnia zaawansowane ustawienia, a suwak jakości przeznaczony jest do wyboru prostych zadań pomiarowych. W menedżerze ustawień można przechowywać i eksportować aż do ośmiu różnych specyficznych ustawień. Wczytanie przechowywanych ustawień do kilku czujników umożliwia bardzo szybkie ustawienie parametrów np. dla aplikacji o dużej skali. Funkcje takie, jak wyświetlanie sygnału wideo, wybór sygnału szczytowego oraz dowolnie regulowalne uśrednianie sygnału, pozwalają na optymalizację realizowanego zadania pomiarowego.

Właściwości:

- zakres pomiarowy (mm) 10 | 25 | 50;
- liniowość od 8  $\mu\text{m}$ ;
- powtarzalność od 0,5  $\mu\text{m}$ ;
- częstotliwość pomiarowa 4 kHz;
- kompaktowy czujnik ze zintegrowaną elektroniką;
- 0,3 m przewód zakończony złączem M12 lub 3 m zintegrowany przewód czujnika rozszyty na końcu;
- skalowalne wyjście analogowe;
- wejście wyzwalające;
- interfejs RS422;
- wstępnie zdefiniowane oraz oddzielne nastawy w interfejsie internetowym.

P.P.H. WObit E.K.J. Ober s.c.  
[www.wobit.com.pl](http://www.wobit.com.pl)

**Przyciski sterownicze i lampki sygnalizacyjne KOMBITAST-R-JUWEL**

Przyciski sterownicze i lampki sygnalizacyjne firmy Schlegel od zawsze wyróżniają się atrakcyjnym, nowoczesnym wzornictwem, połączonym z wygodą użytkowania i wysoką niezawodnością. Bogata paleta osprzętu na otwory okrągłe 16 mm, 22 mm i 30 mm oraz prostokątne 23 x 23 mm, 24 x 24 mm (24 x 48 mm), 26 x 26 mm i 27 x 27 mm pozwala spełnić przeróżne wymagania zarówno w zakresie funkcjonalności, jak i estetyki urządzenia. Szczególnie atrakcyjna jest nowa seria KOMBITAST-R-JUWEL.



Montowana jest w typowym otworze 30 mm, a jej cechą szczególną jest bardzo duża powierzchnia robocza przycisku – ma średnicę aż 28 mm, co umożliwia łatwą obsługę nawet w grubych rękawicach. Ponadto już w standardowym wykonaniu, bez dodatkowych osłon i zabezpieczeń, przycisk ma stopień ochrony IP69K! Uzupełnieniem wysokiego stopnia szczelności jest możliwość pracy już od  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Seria KOMBITAST-R-JUWEL dostępna jest w trzech wariantach: ECO, STANDARD i EDELSTAHL.

Moduły zestyków są te same co dla innych serii, czyli: z zaciskiem śrubowym, zaciskiem sprężynowym (Cage-Clamp lic. Wago) lub sprężynowe szybkożytkowe. Zależnie od typu modułów można zestawić dowolną kombinację do pięciu zestyków o obciążalności do 16 A/250 V AC lub sześciu zestyków 10 A/440 V AC. Podświetlenie realizowane jest modułami LED 12–240 V lub żarówkami (również LED) ze standardowym cokołem Ba9s.

NOWIMEX SC  
[www.nowimex.com.pl](http://www.nowimex.com.pl)



# Multiprojekt – Twój partner w automatyzacji

Firma Multiprojekt została założona w 2003 roku. Działalność skupiała się wówczas na sprzedaży części mechanicznych do maszyn. Po roku zakres oferty został poszerzony o automatykę przemysłową. Aktualnie jesteśmy dystrybutorem kilkunastu producentów, a naszą mocną stroną jest współpraca z firmami o wąskiej specjalizacji. Dzisiaj w ramach działalności firmy produkowane są również elektroniczne układy sterujące do stworzonego systemu automatyki budynkowej ESEA. Ponadto wykonywane są także części mechaniczne do maszyn i urządzeń. Działalność prowadzona jest w sześciu biurach regionalnych w Polsce oraz w dwóch za granicami kraju: na Ukrainie oraz w Rumunii.

## 1. Sterowania i wizualizacja PLC Fatek

Od chwili pojawienia się w 2004 roku produkty firmy FATEK stały się alternatywą dla już istniejących, konkurencyjnych rozwiązań. Niezawodność, korzystna cena i możliwości sterowników sprawiły, że zyskały one ogromne zainteresowanie programistów automatyków. Obecnie do własnych projektów można użyć sterowników z rodziny FBs, B1 lub B1z. Wszystko zależy od wymogów, jakie stawiane są przed PLC.

### Seria B1 i B1z – sterowniki micro

Sterowniki micro przeznaczone są do prostych aplikacji. Seria B1 jest rozszerzalna do 80 we/wy cyfrowych (do 50 kHz), posiada moduły analogowe i komunikacyjne (różne kombinacje w zależności od wersji modułu), a także moduły temperaturowe pod czujniki NTC. Obsługuje ona porty RS232, RS485 oraz Ethernet. Seria B1z nie jest rozszerzalna. Posiada port RS232 z protokołem

FATEK. Obsługuje maksymalnie do 40 punktów we/wy. Ze względu na cenę i funkcjonalność seria ta z powodzeniem może zastąpić zestawy styczników czy przekaźniki programowalne.

W przypadku, gdy możliwości serii B1 i B1z nie są wystarczające, użytkownik ma możliwość wykorzystania serii FBs.

### Seria FBs – MA, MC, MN

FBs to sprawdzona seria sterowników firmy FATEK, ciesząca się uznaniem na rynku polskim. Kompaktowe urządzenia zostały podzielone na trzy grupy ze względu na funkcjonalność. Są to: sterowniki ekonomiczne (MA) przeznaczone do prostych aplikacji; zaawansowane (MC) – umożliwiające obsługę do 49 przerw (5 poziomów priorytetów), z wbudowanym RTC i we/wy o częstotliwości do 200 kHz oraz najbardziej zaawansowana rodzina sterowników MN, dedykowanych do pozycjonowania (głównie sterowania serwonapędami), wyposażonych w we/wy różnicowe o czę-

stotliwości 920 kHz. Sterowniki FBs mają wbudowaną interpolację liniową do 4 osi.

Wszystkie PLC można rozszerzyć do 512 we/wy cyfrowych oraz 128 we/wy analogowych. W ofercie znajduje się również szereg modułów specjalnych do czujników temperatury, tensometrycznych, potencjometrycznych, do obsługi LED oraz inne.

### Panele HMI Weintek

Znany producent paneli operatorskich HMI, firma Weintek, już ponad rok temu zaproponował nowy sposób traktowania wizualizacji dla urządzeń przemysłowych, a także usługę wzbogacającą funkcjonalność interfejsów człowiek – maszyna dzięki oprogramowaniu Easy-Access 2.0. Jest to szyfrowany tunel VPN, automatycznie rozpoznający panele należące do użytkownika. W efekcie mamy dostępne właściwie wszystkie urządzenia podłączone do naszego panelu nawet po magistrali szeregowej (np. możemy programować PLC), a także większość urządzeń w lokalnej sieci LAN.

Poprzez sklep Google Play dostępna jest aplikacja kliencka dla systemu Android, która uzupełnia system CloudHMI. Filozofia ta zakłada wykorzystanie wyświetlaczy zwykłych urządzeń konsumenckich, jak smartfony czy tablety, do pokazania wizualizacji. Samo urządzenie przechowujące wizualizację cMT-SVR nie ma ekranu, ale udostępnia tę wizualizację dla osób znających hasło. W każdej chwili może korzystać z tej wizualizacji do trzech osób jednocześnie.



Fot. 1. PLC Fatek, HMI Weintek oraz automatyka budynkowa ESEA dostępne w ofercie Multiprojekt



W ofercie Multiprojekt znajdują Państwo między innymi:

- panel MT8073iE z dwoma niezależnymi portami Gigabit ethernet, ekranem 7,0" oraz usługą EasyAccess2.0 w cenie;
- panel MT8092XE z dwoma niezależnymi portami Gigabit ethernet, ekranem 9,7" o rozdzielczości 1024 x 768 px oraz usługą EasyAccess2.0 w cenie;
- komputer panelowy cMT-IPC15 dla systemu Windows 7 lub 8.1 o przekątnej ekranu 15", wyposażony w pamięć SSD 32 GB i 4 GB RAM. W pakiecie znajduje się również darmowy dodatek programowy, aktywujący tryb KIOSK. Zapobiega on uruchomieniu niepożądanych aplikacji przez użytkownika.

Ponadto w ofercie Multiprojekt znalazły się panele mogące pracować w otoczeniu potencjalnie zagrożonym wybuchem. Są to panele MT8071iE, MT8073iE, MT8090XE, MT8092XE, MT8150XE, które uzyskały CERTYFIKAT ATEX dla strefy 2/22 i kategorii 3 G/D.

## 2. Technika liniowa Hiwin

Technika liniowa stanowi niejednokrotnie istotne zagadnienie, szczególnie w zakładach produkcyjnych wyposażonych w linie technologiczne i maszyny. Firma Multiprojekt, jako jeden z czołowych dostawców komponentów techniki liniowej, oferuje szereg różnorodnych produktów, związanych z systemem przemieszczeń liniowych. Oferujemy prowadnice liniowe, śruby kulowe, moduły pozycjonujące firmy Hiwin oraz wałki i bloki łożyskujące. Tam, gdzie standardowe rozwiązania modułów pozycjonujących nie mogą być użyte, proponujemy specjalne moduły liniowe, projektowane według wytycznych Klienta. Moduły te charakteryzują się kompaktową budową, dokładnością i trwałością oraz wpływają na niski koszt eksploatacji ze względu na wymienne elementy (prowadnice, śrubę z nakrętką i bloki łożyskujące). Większość produktów posiadamy i kompletujemy w swoim magazynie w Polsce, dzięki czemu możemy zaoferować produkt w atrakcyjnej cenie i w stosunkowo krótkim czasie. Prowadnice liniowe możemy przygotować kompleksowo: szyny z wózkami z uszczelnieniami i wózkami smarnymi, co skraca czas wymiany

prowadnic. Końcówki śrub kulowych możemy przygotować według rysunku klienta wraz z dostawą odpowiednich bloków łożyskujących, z nałożoną nakrętką i opcjonalnie zamontowaną obudową nakrętki.

## 3. Napędy Serwonapędy Estun

Firma Estun specjalizuje się w produkcji serwonapędów obrotowych z bezszczotkowymi silnikami synchronicznymi na magnesach stałych, które mogą być stosowane w wielu gałęziach przemysłu.

Wąska specjalizacja firmy sprzyja produkcji wyrobów o najwyższej jakości i parametrach technicznych, spełniających wysokie wymagania klientów, przy zachowaniu konkurencyjnej ceny.

Coraz popularniejsze w Polsce serwonapędy znalazły już w naszym kraju zastosowanie w różnego rodzaju aplikacjach, począwszy od modernizacji prostych maszyn (pakujące, etykietujące), aż po skomplikowane aplikacje, gdzie niejednokrotnie wykorzystywanych jest kilka, a nawet kilkadziesiąt osi serwonapędów, np. wielowrzecionowe 5-osiowe obrabiarki cnc.



Fot. 2. Wybrane elementy techniki liniowej Hiwin dostępne w ofercie Multiprojekt



Fot. 3. Falowniki Micno, serwonapędy Estun oraz napędy liniowe LinMot dostępne w ofercie Multiprojekt

## Serwowzmacniacze ProNet oraz ProNet-E

Wzmacniacze serwo w standardzie obsługują takie protokoły, jak Modbus i CANopen, komunikując się przy tym po interfejsach RS485 i CAN. W opcji dostępne są napędy rozszerzające zakres obsługiwanych protokołów o EtherCat. Istnieje możliwość wykorzystania wbudowanego, 16-pozycyjnego indeksera. Wraz z wbudowaną w serwonapęd funkcją bazowania serwonapędu daje to możliwość obniżenia kosztów aplikacji poprzez zastosowanie prostszego sterownika PLC lub całkowite jego wyeliminowanie. Funkcje wejść/wyjść cyfrowych są programowalne. Serwonapędy są również wyposażone w osobne wyjście enkoderowe, którego rozdzielczość może być dowolnie zdefiniowana.

## Silniki Serwo

Nasza oferta zawiera cztery serie silników o momentach znamionowych od 0,16 Nm do 95,5 Nm. Każdy z rodzajów silnika charakteryzuje się inną maksymalną prędkością obrotową i momentem maksymalnym, dlatego mając do dyspozycji ich szeroką gamę, jesteśmy w stanie

dobrac silnik do niemal każdej aplikacji. Wymiary obudowy silnika, jak i samego wałka są standaryzowane, co pozwala na podłączenie ich do wielu typów przekładni i mocowań.

### Falowniki Micno

Shenzhen Micno Electric Co. jest przedsiębiorstwem zajmującym się produkcją, sprzedażą i obsługą napędów elektrycznych. Jednym z najnowszych rozwiązań firmy w zakresie sterowania silnikami są wysoko wydajne falowniki serii KE300.

Micno KE300 jest serią wysoko wydajnych jedno- oraz trójfazowych falowników, o mocach od 0,4 do 630 kW. Falowniki wykorzystują m.in. sterowanie wektorowe, zapewniając wysoki moment obrotowy nawet przy bardzo niskich częstotliwościach.

Zintegrowany interfejs RS485, obsługujący protokół Modbus RTU, znacząco ułatwia komunikację z innymi urządzeniami. Istnieje możliwość montażu przedniego panelu falownika poza jego obudową i połączenia go z napędem kablem RJ45. Stwarza to opcję wyprowadzenia frontu falownika np. na szafę sterowniczą maszyny. Seria KE300 posiada również programowalne, wielofunkcyjne wejścia i wyjścia cyfrowe oraz analogowe.

### Serwonapędy liniowe LinMot

Siłowniki LinMot to nowatorskie silniki liniowe z rdzeniem w kształcie wałka. Taka konstrukcja umożliwia stosowanie ich w aplikacjach, gdzie do tej pory stosowane były siłowniki pneumatyczne. Oprócz oczywistych zalet silnika liniowego, takich jak dowolne pozycjonowanie, wysoka dynamika i żywotność, siłowniki LinMot zapewniają także bardzo niskie zużycie energii. Tym samym zmiana napędu na elektryczny staje się bardzo opłacalna również ekonomicznie.

Mnogość wymiarów – średnic i skoków siłownika pozwala zawsze dobrać odpowiednie urządzenie do istniejącej aplikacji. Dostępne są liczne wykonania specjalne – ze wzmocnionym obwodem pozwalającym osiągnąć większe siły z siłownika o mniejszych wymiarach, ze stali nierdzewnej o stopniu ochrony IP69, iskrobezpieczne Ex oraz do środowisk zapyłonych z powiększoną szczelnością między wałkiem i statorem. Na szczegól-



Fot. 4. Wybrane elementy pneumatyki E.MC dostępne w ofercie Multiprojekt

ną uwagę zasługują konstrukcje pozwalające w jednym siłowniku uzyskać ruch liniowy oraz obrotowy. Dostępne są również siłowniki z wydrążonym wałkiem, umożliwiające doprowadzenie sprężonego powietrza lub cieczy.

Dedykowane napędy z wbudowanym pozycjonerem pozwalają do minimum zredukować system nadrzędny. Jednocześnie mnogość obsługiwanych protokołów komunikacyjnych (Profibus, EtherCAT, CANopen, ProfiNet, Ethernet Powerlink, EtherNet/IP, Sercos) pozwala na łatwą integrację z istniejącym sterowaniem.

### 4. Pneumatyka E.MC Napędy pneumatyczne

Siłowniki serii FVBC, zgodne z ISO 15552, są wykonywane na dowolny skok, do maksymalnego, wynoszącego 1000 mm. Obróbka tłoczków i tulei cylindrów wykonywana jest w jednym z naszych warsztatów. Następnie siłowniki są składane przez naszych pracowników, testowane, pakowane i wysyłane do klienta. Czas wykonania takiego siłownika zależy od ilości siłowników oraz tego, czy wykonanie ma być standardowe (zgodne z ISO 15552), czy niestandardowe (wydłużone tłoczek, osłona



Fot. 5. Nowo otwarty sklep stacjonarny i showroom Multiprojekt przy ulicy Fabrycznej 20 A w Krakowie

tłoczyńska, wykonanie tłoczyńska ze stali nierdzewnej, siłownik dwutłoczyśkowy). Najmocniejsza wersja tych siłowników, seria FVBC, cieszy się największą popularnością wśród siłowników zamawianych przez naszych klientów.

### Zawory rozdzielające

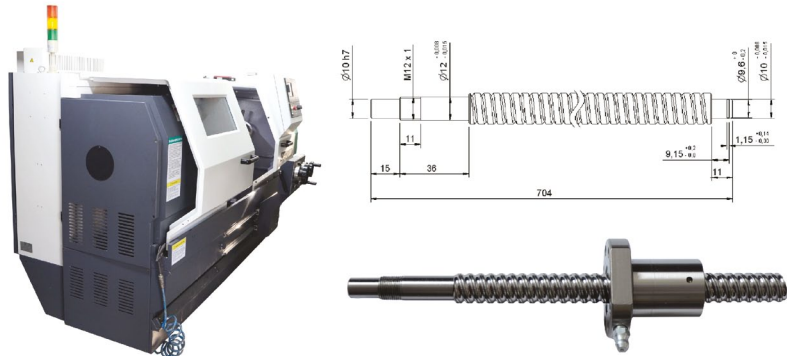
Wśród zaworów rozdzielających największym powodzeniem cieszy się seria N. Seria ta jest nowością wśród pneumatyki i wyrazem dążenia do minimalizacji kosztów eksploatacji. Produkty serii N występują w pełnej konfiguracji zaworów rozdzielających, czyli: 3/2, 5/2 oraz 5/3. Multiprojekt może pochwalić się otrzymaniem złotego medalu na zesłorocznych Targach HaPeS 2014 oraz wyróżnienia na Targach Pneumation 2015, dla cewek o niskim poborze mocy (rzędu 0,5 W) przystosowanych do zaworów rozdzielających serii N.

### Elektrozawory odcinające

Na uwagę zasługują elektrozawory odcinające serii ZS. Jest to seria elektrozaworów o wykonaniu standardowym, mosiężnym. Jest ona sterowana bezpośrednio, czyli może pracować już przy zerowym ciśnieniu medium roboczego (powietrze, woda, olej, neutralny gaz). Występują z gwintami przyłączy od G1/8 do G2 oraz z przyłączem kołnierzym.

### 5. Automatyka budynkowa ESEA

Esea to polska marka zajmująca się produkcją elementów automatyki budynkowej, działająca na rynku już od 7 lat. Dzięki szerokiej gamie dostępnych rozwiązań Multiprojekt staje się pożądanym kontrahentem przy zakupie urzą-



Fot. 6. Usługa skrawania CNC dostępna w ofercie Multiprojekt

dzeń potrzebnych do urzeczywistnienia koncepcji inteligentnego budynku.

Znajdujące się w ofercie ściemniacze, moduły pomiarowe, moduły wejść/wyjść oraz inne akcesoria oparte są o protokół transmisji danych Modbus RTU/ASCII. Dzięki temu rozwiązania Esea mogą pracować z praktycznie dowolnym urządzeniem stworzonym w tym popularnym standardzie.

Dzięki temu cały system odznacza się dużą funkcjonalnością, a w jego ramach zyskamy możliwość sterowania ogrzewaniem, natężeniem oświetlenia czy kontrolowania dostępu do budynku poprzez funkcje alarmu i domofonu. Komunikacja z poziomu pilota lub smartfona, realizowana poprzez SMS czy Internet, powoduje, że z systemu korzystać mogą osoby nieposiadające specjalistycznej wiedzy z dziedziny automatyki.

### 6. Wykonywanie detali metodą skrawania CNC

Oprócz wspomnianych powyżej produktów, firma Multiprojekt oferuje

również usługę wykonywania elementów przy pomocy obróbki skrawaniem, wykonywaną przez wykwalifikowanych specjalistów. Dobrze wyposażony park maszynowy umożliwia wytworzenie detali metodą toczenia, frezowania, szlifowania, wiercenia, roztaczania oraz gwintowania.

Jeżeli nie mają Państwo gotowych projektów CAD/CAM, nasi specjaliści pomogą Państwu w ich dopracowaniu lub stworzeniu ich od podstaw, pod kątem przyszłego wykonania na obrabiarkach CNC. Jesteśmy w stanie zapewnić kompleksową usługę w zakresie projektowania podzespołów mechanicznych, elementów z blachy oraz tworzenia modeli 3D na podstawie dokumentacji płaskiej lub modelu rzeczywistego. ■



reklama

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



PRENUMERATA  
DRUKOWANA



PRENUMERATA  
ELEKTRONICZNA



PAKIET



# Danfoss Drives wyjaśnia, jakie ważne kryteria doboru napędu elektrycznego zaleca Dyrektywa „Ecodesign”

## Czym jest Ecodyrektywa i czego dotyczy?

Dyrektywa „Ecodesign” promuje poprawę efektywności energetycznej dla wielu urządzeń, w tym także napędów elektrycznych. W 2011 roku Unia Europejska wprowadziła minimalne wymagania w zakresie sprawności silników prądu przemiennego. Dyrektywa Ecodesign ustanawia ramy prawne określające wymagania dla wszystkich produktów związanych z energią i potencjałem do jej oszczędzania w odniesieniu do krajowych, handlowych i przemysłowych sektorów w całej Europie.

Dyrektywa „Ecodesign” zwana jest także ErP, od swego pełnego tytułu *Ecodesign Directive for Energy Related Products (ErP) 2009/125/EC*. Zastąpiła ona Dyrektywę EuP (*Energy Using Products*).

Na podstawie dyrektywy powstał szereg rozporządzeń, w tym znane rozporządzenie określające wymagania dotyczące minimalnych standardów efektywności (MEPS – *minimum efficiency performance standards*).

Różne przepisy dotyczące efektywności energetycznej na całym świecie często są oparte na tych samych standardach technicznych. Różnice między poszczególnymi krajami czy regionami dotyczą jedynie czasu wprowadzenia i wymaganego poziomu sprawności (IE2, IE3 itp.). Wymogi dotyczące dyrektywy Ecodesign, które są ustanowione i dotyczą Unii Europejskiej, można łatwo porównać z podobnymi inicjatywami w Ameryce Północnej i Australii.

Wcześniej wspomniane minimalne wymagania wydajności dla silników (MEPS) są określone przez prawo. Rozporządzenie Komisji 640/2009 UE określa minimalną klasę efektywności dla zdefiniowanej grupy silników. Na początku 2014 roku rozszerzono zakres dodatkową zmianą 4/2014.

## Jak klasyfikowane są silniki oraz przetwornice częstotliwości?

Jak pokazano w tabeli 1, wymogi co do silników są jasno określone i obowiązują praktycznie od 5 lat. Z początkiem zeszłego roku zostały one jeszcze bardziej zaostrzone w zakresie 7,5–375 kW. Oznacza to w praktyce, że każdy nowo kupowany i instalowany silnik z tego zakresu mocy powinien być albo w klasie IE3 albo IE2, ale współpracować z przetwornicą częstotliwości. Norma IEC 60034-30-1 określa dla silników klasy efektywności IE1–IE4. W rozporządzeniu UE obecnie używane są tylko klasy IE1 – IE3. Wymagania dotyczące minimalnej sprawności i wydajności odnoszą się do większości silników spełniających między innymi poniższe kryteria:

- praca ciągła S1 lub praca przerywana S3 z założonym czasem pracy >80%;
- 2 do 6 biegunów;
- zakres mocy 0,75–375 kW;
- napięcie znamionowe do 1000 V.

Nowością jest, że dyrektywa EcoDesign promuje poprawę efektywności energetycznej w odniesieniu nie tylko do silników elektrycznych, ale także do przetwornic częstotliwości. Podobnie do klasyfikacji IE silników norma EN50598-2 wprowadza również klasy IE dla przemienników częstotliwości.

Klasy IE dla przetwornic dotyczą:

- zakresu mocy od 0,12 do 1000 kW;
- napięcie znamionowe 100–1000 V;
- systemy jednoosiowe AC/AC.

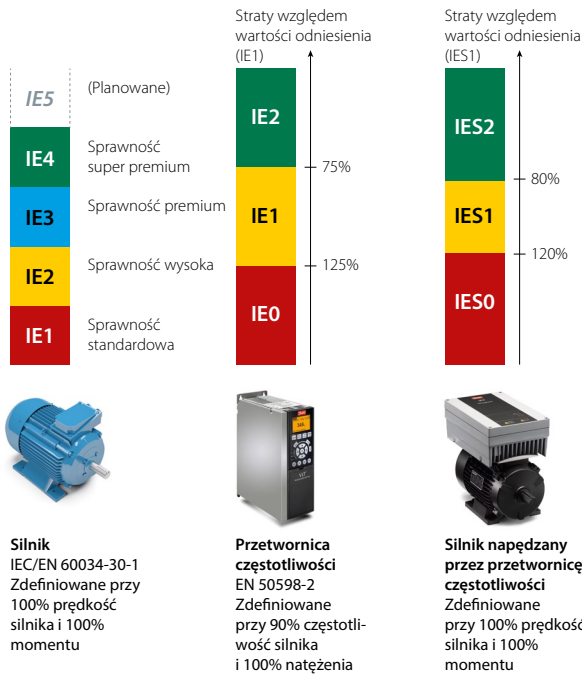
Straty obliczane są przy 90% częstotliwości i 100% momencie obciążenia. Pomiarom podlegają standardowe urządzenia, nie przewiduje się specjalnych trybów testowych i pomiar dotyczy także wbudowanych elementów, takich jak filtry RFI, sterowniki czy opcje. Co ważne, straty dla urządzeń dodatkowych niewbudowanych, takich jak: zewnętrzne filtry RFI, opcje etc., nie są uwzględniane do klasyfikacji IE. Natomiast muszą być podawane w dokumentacji, jeśli są większe niż 0,1% mocy przetwornicy częstotliwości i wynoszą więcej niż 5 W łącznie. Jest to szczególnie ważne z punktu widzenia klienta, który bez takich informacji mógłby ocenić dwie w sumie różne przetwornice częstotliwości jako takie same i kierować się tylko ceną. Jednak po dodaniu strat wynikających z tego, że pewne elementy są zewnętrzne, i dodatkowych kosztów związanych z instalacją klient będzie w stanie sam określić opłacalność i energooszczędność danego rozwiązania.

Dodatkowo w Dyrektywie pojawiają się również klasy IES dotyczące układów przetwornic częstotliwości i silnika (zwanymi PDS, czyli *Power Drive System*). Standard został opublikowany

Tabela 1

Data wprowadz.	MEPS w Europe	Dotyczy	Zakres mocy
16.06.2011	IE2	Silniki	0.75-375 kW
01.01.2015	IE2	Silniki	0.75-7.5 kW
	IE3 lub IE2 + przetw. częstotliwości	Silniki	7.5-375 kW
01.01.2017	IE3 lub IE2 + przetw. częstotliwości	Silniki	0.75-7.5 kW
2018	IE1 (oczekiwane)	Przetwornice częstotliw.	





na początku 2015 roku. Norma EN 50598-2 określa klasy efektywności IES0 do IES2 dla kompletnych układów napędowych (PDS), czyli przetwornicy częstotliwości i silnika. Zakres klasy IES1 jest określany z marginesem  $\pm 20\%$ . Dla przetwornic częstotliwości ten margines jest większy i wynosi  $\pm 25\%$ . Klasy IES są zdefiniowane w 100% prędkości i przy 100% momencie obrotowym. Określona jest również długość kabla pomiędzy przetwornicą częstotliwości i silnikiem. Odchylenia od standardowej długości kabla lub częstotliwości przełączania są dozwolone, ale muszą być udokumentowane. Straty dla pracy przy częściowym obciążeniu są udokumentowane przez producenta. Zastosowanie i koncepcja są podobne do klas dotyczących przetwornic częstotliwości. Na rysunku powyżej można znaleźć zobrazowaną w czytelny i jasny sposób, wynikającą z norm i dyrektywy, klasyfikację efektywności energetycznej dla silników, przetwornic częstotliwości oraz układów silnik – przetwornica częstotliwości.

Przetwornice częstotliwości Danfoss VLT® spełniają najsurowsze wymagania obecnej normy.

Oznacza to, że przetwornice częstotliwości VLT® są klasyfikowane jako IE2 – czyli spełniają najbardziej efektywną klasę. Oczywiście pomiary efektywności obejmują straty spowodowane wbudowanymi filtrami RFI i dławikami DC. Pytanie, co z tego wynika dla klienta? W praktyce można powiedzieć, że klient będzie w stanie wybrać produkt w oparciu o dane opracowane i podane według tych samych standardów. Przetwornica częstotliwości VLT® razem z dobrej klasy silnikiem nawet klasy IE2 i praktycznie każdym silnikiem IE3/IE4 jest w stanie osiągnąć najwyższą klasę IES – czyli IES2. I tym samym zapewnić, że proponowane rozwiązanie jest optymalne pod względem strat, a więc energooszczędne. Dodatkowo w świetle drożej energii elektrycznej, przy wymogach jak najwyższej efektywności energetycznej przetwornicy częstotliwości VLT® firmy Danfoss zapewniają, że oparte o nie rozwiązanie właśnie w aspektach sprawności i energooszczędności zawsze stanowi ścisłą czołówkę.

Pytanie, gdzie można sprawdzić dane odnośnie do strat przy częściowym obciążeniu i jak określić klasę sprawności?

Firma Danfoss przygotowała do tego program VLT® ecoSmart. Jest to narzędzie do obliczania sprawności i klasy sprawności układu silnik – przetwornica częstotliwości.

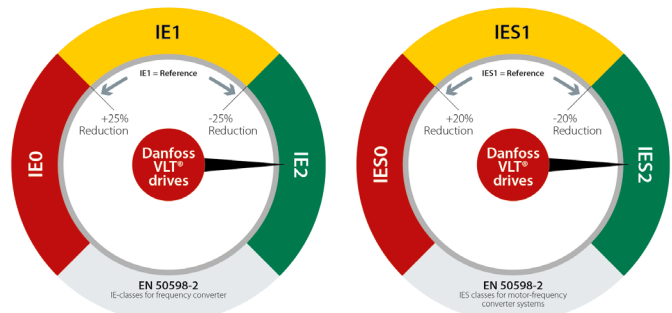
Jest to program dostępny online. Narzędzie VLT® ecoSmart pozwala sprawdzić standardowe dane odnośnie do strat przy obciążeniu częściowym dla przetwornic częstotliwości Danfoss.

Dodatkowo można wprowadzać punkty obciążenia częściowe specyficzne dla zastosowań.

Narzędzie VLT® ecoSmart oblicza klasę sprawności i dane dla obciążenia częściowego.

Dodatkowo pozwala utworzyć raport w formacie PDF na temat danych strat przy obciążeniu częściowym oraz klasy skuteczności IE lub IES na potrzeby dokumentacji.

[www.danfoss.com/ecodesign/](http://www.danfoss.com/ecodesign/)



VLT® ecoSmart to narzędzie online, dzięki któremu można łatwo obliczyć klasy IE i IES zgodnie z normą EN 50598-2.

VLT® ecoSmart można użyć do:

- poszukiwania standardowych danych o stratach obciążenia dla napędów VLT®;
- wprowadzenia żądanych specyficznych dla aplikacji punktów obciążenia częściowego;
- obliczenia klasy IE oraz danych dla częściowego obciążenia dla przetwornic częstotliwości;
- obliczenia klasy IES dla układu silnika asynchronicznego i przetwornicy częstotliwości +;
- stworzenia raportu w postaci pliku pdf z podaniem danych o stratach obciążenia częściowego i klasach efektywności IE lub IES;
- eksportu punktów danych obciążenia częściowego do innego systemu.

**Danfoss**

Danfoss Poland Sp. z o.o.

ul. Chrzanowska 5

05-825 Grodzisk Mazowiecki

tel. 22-755 06 68

fax 22-755 07 01

[vltdrives\\_support@danfoss.pl](mailto:vltdrives_support@danfoss.pl)

# Danfoss Drives i Vacon – wspólny cel

Ostatnia dekada to dla Danfoss Drives coroczny wzrost obrotów w sprzedaży napędów elektrycznych niskiego napięcia.

Ostatni rok to też decyzja Danfossa o przejęciu konkurenta rynkowego, firmy Vacon, i stworzenia dostawcy o największym udziale rynkowym sprzedaży przetwornic częstotliwości niskiego napięcia w Europie i Polsce. Decyzja pozwala na istotne poszerzenie oferty produktowej dla klientów i dalsze umacnianie pozycji na rynku polskim. W rezultacie budowa w Polsce ponad dwudziestoosobowego zespołu wyspecjalizowanego w technice napędowej.

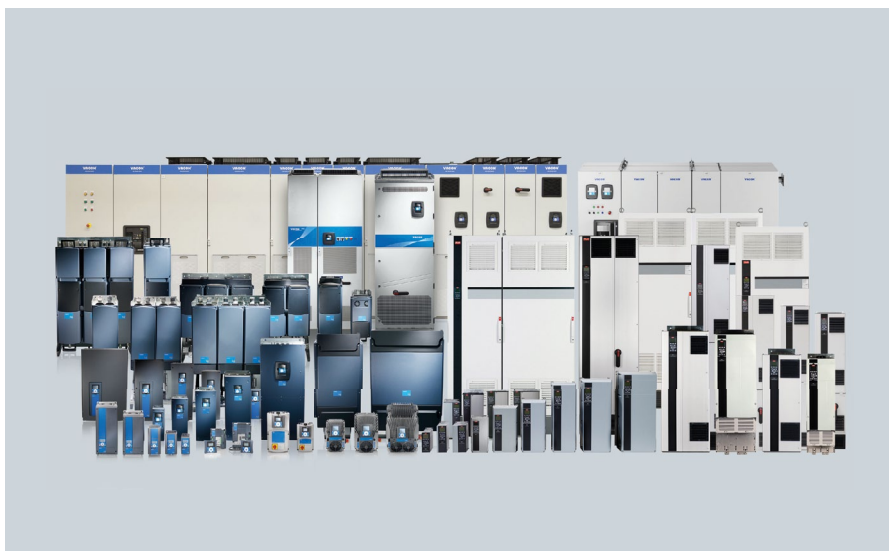
Danfoss w Polsce posiada fabryki w trzech lokalizacjach i zatrudnia blisko 1500 osób.

Danfoss Drives w Polsce to zespół cenionych specjalistów w technice napędowej, odpowiedzialnych za dobór, uruchomienie i serwis, którzy wraz z grupą 20 Autoryzowanych Partnerów zapewniają dobre pokrycie obszaru całego kraju pod względem wsparcia technicznego dla swoich klientów.

Nasze marki VLT® i VACON® to jeden cel i jedna pasja. To szeroka i najbardziej innowacyjna oferta produktowa, a także usługi serwisowe o najwyższej jakości. Oferujemy wolność wyboru dowolnej technologii silnikowej, a nasza oferta obejmuje zakres mocy od 0,18 kW do 5,3 MW.

Danfoss jako pierwszy producent na świecie uruchomił w roku 1968 seryjną produkcję przetwornic częstotliwości. Są one w chwili obecnej najbardziej efektywnym rozwiązaniem, pozwalającym szybko i w istotny sposób zredukować zużycie energii. Powszechność stosowania przetwornic częstotliwości sprawia, że rozwiązania te trafiają do obszarów takich, jak przemysł spożywczy, chemiczny, okrętowy, gospodarka wodno-ściekowa, chłodnictwo czy automatyka budynkowa.

Produkty obu marek znakomicie się uzupełniają, tworząc unikalną na rynku ofertę.



## Danfoss Drives to:

- Premium Drives – adaptowalne, konfigurowalne i dzięki zaawansowanym funkcjom i algorytmom sterowania elastyczne współpracujące w każdej aplikacji;
- przetwornice częstotliwości szafowe/systemowe;
- napędy z aktywnym zwrotem energii;
- kompaktowe przetwornice chłodzone powietrzem oraz w układach z chłodzeniem cieczą;
- aktywna filtracja harmonicznych i poprawa jakości sieci;
- układy napędowe do instalacji rozproszonych;
- napędy dedykowane do zastosowań w układach wentylacyjnych, chłodniczych i pompowych.

Ostatnio w branży napędów elektrycznych bardzo istotną rolę odgrywa dyrektywa unijna w zakresie energoefektywności silników. Obecnie coraz częściej pojawiają się też tematy dotyczące silników z magnesami trwałymi oraz wersji reluktancyjnych. O ile obszary te nie są jeszcze tak bardzo znaczące, o tyle na

pewno wyznaczają kierunek rozwoju technologii i biznesu. Jednocześnie, biorąc pod uwagę „tu i teraz”, należy stwierdzić, że nasza branża może skorzystać nie tylko na rozwoju samych silników, ale też na popularyzacji przetwornic częstotliwości, gdyż ich wykorzystanie wprost przekłada się na optymalizację procesu regulacji, która często oznacza także oszczędności energii. ■

Danfoss Poland Sp. z o.o.

ul. Chrzanowska 5

05-825 Grodzisk Mazowiecki

tel. 22-755 06 68

fax 22-755 07 01

vlt\_drives\_support@danfoss.pl

# System pomiaru wibracji zbudowany w oparciu o platformę ARM

Jak wiadomo, na podstawie wibracji i dźwięku można się wiele dowiedzieć na temat kondycji poszczególnych komponentów obrotowych w maszynie, np. łożysk. Istnieje nawet oddzielna dziedzina zajmująca się badaniem stanu maszyn na podstawie drgań różnej częstotliwości – wibroakustyka. Jednak bez specjalistycznych kart pomiarowych, trudno jest dokładnie mierzyć te wartości.

## System pomiarowy niewymagający komputera

Zazwyczaj systemy pomiarowe oparte są o karty/moduły podłączane do komputera, gdzie odpowiednie oprogramowanie wizualizuje pomiar, analizuje i najczęściej zapisuje dane do pliku. Często takie rozwiązanie sprawdza się, ale ma ono w niektórych sytuacjach ograniczenia. Co, jeśli komputer ulegnie awarii lub w miejscu pomiaru nie będzie zasilania, a bateria się rozładuje? Co, gdy pomiar odbywa się na obiekcie ruchomym, gdzie człowiek ma utrudniony dostęp? W takich i innych sytuacjach niezależny od komputera i dokładny system pomiarowy to jedyne rozwiązanie. Firma Data Translation wprowadziła do oferty pierwszy system pomiarowy działający na niezależnej platformie, opartej o procesor ARM Cortex-A8 600 MHz i system Linux, na jądrze 3.12. Urządzenie posiada 4 wejścia analogowe, 24-bitowe, na czujniki IEPE, które można próbkować z prędkością 102,4 kHz na każdy kanał, co jest częstotliwością dedykowaną do pomiaru dźwięku i wibracji. Ponadto moduł posiada 1 wyjście analogowe, 8 wejść i 8 wyjść cyfrowych, których można używać wg uznania, np. jako licznika, tachometru, oraz jako zewnętrznego wyzwalacza w oprogramowaniu.

Dzięki temu, że karta oparta jest na komputerze wbudowanym (*embedded*), na pokładzie znajdziemy ciekawe i przydatne peryferia, takie jak slot na karty mikro SD, port USB na dodatkowe dyski lub karty bezprzewodowe, interfejs RS232 oraz Ethernet. Warto wspomnieć, że port USB i Ethernet mogą pracować jako klient, aby móc je podłączyć do PC-ta jako standardową kartę pomiarową.

## Pomiar na obiektach mobilnych

Na etapie opracowywania maszyny często zachodzi potrzeba intensywnych testów i pomiarów. Jeśli testy trwają długo, to dobrze jest je zautomatyzować, np. w przypadku pomiaru drgań w maszynie, dla różnych prędkości obrotowych, można – tworząc odpowiednie skrypty na platformie DT7837 – sterować urządzeniem zewnętrznym, np. silnikiem, a pomiary zapisywać na karcie SD, oznaczone informacją o warunkach pomiaru. Ciekawym zastosowaniem tego modułu jest zabudowanie go w gotowym pracującym urządzeniu po to, aby współgrał z pozostałymi systemami sterowania. Wiele maszyn obrabiających, w których elementy wirują z dużymi prędkościami, wymaga precyzyjnego wyważenia, aby obróbka była dokładna.



Pamięć masową modułu DT7837 dzięki wbudowanemu portowi USB może zostać rozbudowana za pomocą dysku HDD, SSD lub nawet pendrive'a. Interfejs Ethernet zapewnia zdalną łączność z kartą za pośrednictwem zakładowej sieci przewodowej lub bezprzewodowej w przypadku zastosowania dodatkowego modułu GSM lub WiFi na USB. Karta może też komunikować się z innymi urządzeniami, np. sterownikami PLC, przez interfejs RS232.

## Podsumowanie

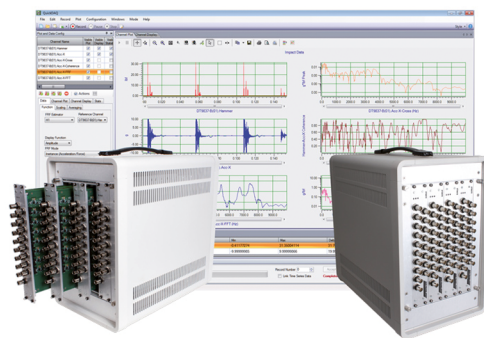
Profesjonalne pomiary wibracji z nową kartą firmy Data Translation dają nowe możliwości, dotąd niedostępne w standardowych kartach podłączanych do PC-tów. Wbudowany system Linux daje ogromną elastyczność w budowaniu złożonych systemów pomiarowych, między innymi dzięki ogromnej bazie oprogramowania tworzonego przez społeczność entuzjastów. Producent dodatkowo zwiększa funkcjonalność karty, dostarczając szereg przydatnych programów, m.in. do konfiguracji karty przez przeglądarkę.

ELMARK Automatyka Sp. z o.o.

reklama

## System pomiaru dźwięku i wibracji dla tych, którzy potrzebują więcej

Nawet do 64 kanałów pomiarowych



**VIBbox** to gotowy system pomiarowy, wyposażony maksymalnie w **64 kanały**, oferujący wyjątkowo niskie szumy i brak przesłuchów, dzięki czemu pomiary są bardzo dokładne.

Urządzenie jest modułowe, a każdy moduł wyposażony jest w 16 kanałów IEPE, umożliwiając równoległy pomiar dźwięku i wibracji.

Darmowe oprogramowanie **QuickDAQ** z zaawansowaną analizą FFT, działa niemal w czasie rzeczywistym, nie obciążając nadmiernie komputera. Jednocześnie urządzenie wspiera popularne oprogramowanie pomiarowe takie jak: ME'Scope, LabVIEW, MATLAB, .NET,...



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

DATA TRANSLATION®  
www.elmark.com.pl



Jak skutecznie zoptymalizować zużycie energii?

## Odpowiedzią na to pytanie są energooszczędne mechatroniczne systemy napędowe SEW-Eurodrive

Poprzez połączenie mechaniki, elektroniki i elektrotechniki otrzymujemy zaawansowane systemy mechatroniczne, które gwarantują redukcję TCO (Całkowitych Kosztów Posiadania), w tym kosztów energii, czasu uruchomienia etc.

### Nowe mechatroniczne rozwiązanie SEW-Eurodrive: Silnik elektroniczny z serii DRC

Silnik synchroniczny z wirnikiem z magnesami trwałymi oraz zintegrowaną elektroniką, w klasie sprawności IE4 i z oszczędnością energii aż do 50% – to w skrócie charakterystyka nowego silnika elektronicznego z serii DRC firmy SEW-Eurodrive. Silnik serii DRC uzupełnia portfolio produktów mechatronicznego systemu napędowego jako wyjątkowo elastyczne rozwiązanie, które umożliwia montaż z różnego typu przekładniami.

Silnik może być montowany bezpośrednio do przekładni walcowych, płaskich i walcowo-stożkowych za pomocą kołnierza oraz zębniaka.

Silnik elektroniczny z serii DRC to optymalne i efektywne rozwiązanie dla napędów przenośników taśmowych, łańcuchowych oraz innych. Możliwość wyposażenia silnika DRC w opcjonalny hamulec umożliwia zastosowanie go również w układach wznoszących i windach.

Silnik DRC sterowany elektronicznie o klasie sprawności IE4 dostępny jest w wielkościach 1, 2, 3 i 4.



W ostatnim czasie firma SEW-Eurodrive uzupełniła swoje portfolio silników DRC sterowanych elektronicznie o wielkości DRC..3 i DRC..4. Nowe silniki, o mocy równej 3 i 4 kW, umożliwiają teraz efektywną realizację kompletnych modułowych systemów transportu materiałów z wykorzystaniem napędów mechatronicznych z rodziny produktów MOVIGEAR®/DRC. We wszystkich aplikacjach, począwszy od prostych operacji transportu materiałów aż do złożonego pozycjonowania, gwarantowane jest przy pracy ciągłej uzyskanie mocy do 4 kW. Tak jak pozostałe silniki tej serii, dwie nowe wielkości oferują przeciążalność wynoszącą do 190% (dla DRC..4) lub 250% (dla DRC..3). Pozwala to na projektowanie rozwiązań napędowych nie tylko spełniających wymagania konkretnych zastosowań, lecz również energooszczędnych, nawet w przypadku aplikacji o wysokich dynamikach przemieszczeń.

Seria silników DRC umożliwia tworzenie napędów wykorzystujących zdecentralizowaną, zintegrowaną z silnikiem elektronikę w wielu dostępnych opcjach sterowania i wariantach połączeń. Silniki DRC sterowane elektronicznie mogą być łączone z przekładniami SEW serii 7, jak również z przekładniami walcowo-stożkowymi o wielkościach K..19 i K..29. Typowe zastosowania silników serii DRC obejmują aplikacje poziomego i pionowego transportu materiałów w trybie ciągłym oraz zdecentralizowane aplikacje pozycjonowania.





Zastosowanie silnika serii DRC to bardzo uniwersalne rozwiązanie. Implementacja mechatronicznego napędu możliwa jest w wielu standardowych aplikacjach, jak: logistyka, przemysł motoryzacyjny, przemysł materiałów budowlanych (windy, przenośniki taśmowe, przenośniki łańcuchowe, przenośniki rolkowe) oraz przemysł spożywczy i produkcji napojów (pakowanie i transport, transport palet, transport butelek), systemy transportowe na lotniskach (sortowanie bagażu, przenośniki, transport bagażu).



Szerokie zastosowanie: układy wznoszące i windy, przenośniki taśmowe łańcuchowe i rolkowe, przenośniki paletowe i urządzenia do paletyzacji, urządzenia do nawijania, przenośniki rolkowe lub wznoszące, możliwość montażu w strefach z przodu maszyny, napędy do pozycjonowania i pracy zsynchronizowanej.

### Seria DRC w skrócie

Charakterystyka/zalety:

- połączenie silnika synchronicznego z wirnikiem z magnesami trwałymi wraz z zintegrowaną elektroniką w obudowie całkowicie zamkniętej: bez wentylatora;
- duża elastyczność konfiguracji przekładni możliwa dzięki zastosowaniu modułowego systemu napędowego firmy SEW-Eurodrive – montaż bezpośrednio do przekładni za pomocą kołnierza;
- kompletnie nowy mechatroniczny system napędowy otrzymujemy po połączeniu z wysoko sprawną przekładnią walcową, płaską lub walcowo-stożkową;
- sprawność na najwyższym poziomie pozwala na oszczędność energii nawet do 50% – skutkiem czego jest redukcja całkowitych Kosztów Posiadania TCO (*Total Cost of Ownership*). Jest to efekt zastosowania innowacyjnej techniki napędowej: serwisilnik synchroniczny z magnesami trwałymi zamiast silnika asynchronicznego, elektronika zintegrowana z silnikiem zapewnia optymalną funkcjonalność i minimalizację strat; Sprawność wyższa od klasy sprawności IE4 (*Super Premium Efficiency*) według międzynarodowej normy IEC 60034; Zoptymalizowane komponenty elektroniki oraz inteligentne tryby sterowania;

- przeciążalność do 250% dla dużych obciążeń oraz dużych przyspieszeń zapobiega konieczności przewymiarowywania napędów;
- elastyczny aplikacyjnie ze względu na szeroki zakres regulacji 1:2000;
- zintegrowany system enkoderowy umożliwiający budowę systemów pozycjonujących;
- wysoki stopień ochrony IP65 i IP66;
- wersja opcjonalna z hamulcem mechanicznym;
- możliwość zastosowań na całym świecie: napięcie zasilania od 380–500 V dla 50/60 Hz oraz zgodność ze światowymi wymaganiami w zakresie klas sprawności;
- mechatroniczny system napędowy od jednego i wiarygodnego dostawcy: wszystkie elementy są dopasowane, niezawodne i trwałe – jest to gwarancją wysokiej dostępności produktów;
- topologia instalacji: sterowanie SNI – *Single Line Network Installation* (zasilanie i dane przekazywane są jednym kablem – co redukuje koszty okablowania w porównaniu do typowych rozwiązań, jak również obniża nakłady pracy związane z instalacją do 60%); sterowanie binarne (DBC) lub sterowanie AS-Interface (DAC) (układy z niezależnym działaniem realizujące proste funkcje napędowe); SBus sterowanie z kontrolerem magistrali systemowej SEW (DSC) zapewnia uzyskanie najwyższych osiągnięć i krótkich czasów odpowiedzi dla najbardziej wymagających zadań napędowych;
- globalna sieć dystrybucji produktów SEW daje szerokie spektrum korzyści: zintegrowana funkcja bezpieczeństwa STO do PL zgodnie z międzynarodową normą EN ISO 13849-1.

### Seria silników DRC dostępna jest w 4 wielkościach znamionowych

- seria DRC wielkość 1: 0,55 kW (moment znamionowy 2,6 Nm);
- seria DRC wielkość 2: 1,5 kW (moment znamionowy 7,2 Nm);
- seria DRC wielkość 3: 3 kW (moment znamionowy 14,3 Nm);
- seria DRC wielkość 4: 4 kW (moment znamionowy 19,1 Nm).

**SEW  
EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42-293 00 00

e-mail: sew@sew-eurodrive.pl

www.sew-eurodrive.pl

BUDMA 2016

## Centrum inspiracji, wiedzy, biznesu

**P**onad ośmiuset wystawców, setki nowości produktowych, rynkowe premiery, szereg merytorycznych spotkań, designerskie perły producentów materiałów budowlanych, spotkania ze światowej sławy architektami, mistrzowskie pokazy i prezentacje technik montażowych – tak, w ogromnym skrócie, prezentować się będzie 25. edycja najbardziej rozpoznawalnych targów w branży budowlanej – Międzynarodowych Targów Budownictwa i Architektury BUDMA 2016 (2–5 lutego). Przyjrzyjmy się zatem, co czeka nas już w lutym w Poznaniu.

### Targi INSPIRACJI

Nowości rynkowe to zawsze dobry pomysł, aby odwiedzić Targi. To tutaj zobaczymy najnowsze propozycje wielu producentów i dystrybutorów w jednym miejscu. Wśród nich warto zwrócić uwagę na szczególne pozycje. Po raz drugi organizatorzy Targów uruchomili program Klub Premier BUDMA, dzięki któremu w Poznaniu zobaczymy absolutne rynkowe premiery, produkty, które na rynku dostępne będą dopiero po BUDMIE. Obecnie po raz pierwszy zobaczymy produkty takich marek, jak Blachy Pruszyński, BudMat, MOL, Novoferm, Pol-Skone, Renson czy także Raiko.

Warto również zwrócić uwagę na Złoty Medalistów MTP, produkty najwyższej ocenione przez eksperckie jury, które dokonało wyboru na podstawie ich innowacyjności i wysokiej jakości. Podczas Targów BUDMA poznamy aż 23 laureatów tego prestiżowego konkursu.

W ramach Targów i projektu Strada di Architettura zobaczymy designerskie perły producentów. Te produkty, spełniające wymagania najwyższych obecnie standardów, charakteryzują się także niezwykle, wręcz unikatowym designem. Wszystkie propozycje zobaczymy na specjalnej wyspie produktowej w pobliżu szczególnego miejsca spotkań architektów na BUDMIE – Forum INSPIRACJE.

Gratką, szczególnie dla architektów i projektantów, z pewnością będą spotkania ze światowej sławy architektami. W ramach Forum Architektury, organizowanego przez MTP oraz Izbę Architektów RP, będziemy mieli okazję wziąć udział w wykładzie „The House as the City” izraelskiego architekta polskiego pochodzenia – Zvi Heckera. Niemniej interesująco zapowiada się spotkanie z niezwykle utalentowanym, jednym z najbardziej nagradzanych architektów tzw. młodego pokolenia, Robertem Koniecznym, a także z laureatem ponad 30 nagród w konkursach krajowych i międzynarodowych, Tomaszem Koniosem. O designerskich inspiracjach i niestandardowych rozwiązaniach dowiemy się także podczas spotkania z Justyną Swat, która w ramach Targów KOMINKI, zaprezentuje inspiracje oparte na zasadach „wychodzenia poza ramy” standardowego myślenia o kominkach.

### Targi WIEDZY

Spotkania biznesowe, nawiązywanie nowych kontaktów to najważniejsza funkcja Targów. Jednak niemniej istotnym punk-

tem jest możliwość zdobycia wielu cennych informacji i wiedzy na temat zmian, chociażby w prawie budowlanym, czy też najbardziej efektywnego sposobu montażu np. okna. Cztery targowe dni w Poznaniu kompleksowo „wyposażą” nas w niezbędną wiedzę. W programie zaplanowana jest bowiem spora liczba merytorycznych spotkań z autorytetami branży budowlanej. Z najważniejszych wymienić należy Dni Inżyniera Budownictwa, podczas których omawiane będą m.in. aktualne zmiany w przepisach czy też wymaganiach w zakresie energooszczędności w budownictwie. Tematyka wspomnianej energooszczędności zostanie rozwinięta podczas VII Forum Budownictwa Energooszczędnego i Pasywnego, gdzie poruszone zostaną m.in. takie aspekty, jak ekologiczne budownictwo drewniane w standardzie pasywnym, ekonomiczne korzyści budynków pasywnych czy także rewitalizacja istniejących budynków do standardu pasywnego.

Dobre praktyki montażu okien, drzwi, bram i osłon z wykorzystaniem nowoczesnych technik montażowych, mocowań oraz narzędzi poznamy w ramach interaktywnego pokazu Monteriada, organizowanego przez Związek Polskie Okna i Drzwi. Ciekawie zapowiadają się zmagania młodych dekarzy i parkieciarzy o tytuł Mistrza Polski. W obu przypadkach zwycięstwo to nie tylko zaszczytny tytuł, ale również udział w międzynarodowych zawodach. Młodzi dekarze reprezentować będą Polskę na Mistrzostwach Świata, z kolei parkieciarze zaprezentują swoje umiejętności podczas Mistrzostw Europy. Podczas BUDMY poznamy również nowego Mistrza Polski montażu wykładzin.

### Targi BIZNESU

Szeroka oferta producentów i dystrybutorów materiałów budowlanych w jednym miejscu i czasie to znakomita okazja do zdobycia nowych kontaktów biznesowych i negocjacji atrakcyjnych warunków cenowych. Niemniej ważny jest też bezpośredni kontakt z przedstawicielami firm, dzięki któremu możemy nawiązać długofalowe, znakomite relacje biznesowe. W końcu symboliczny uścisk dłoni ma często tak duże znaczenie w biznesie, jak postawienie parafki na kontrakcie. Handlowcom dedykowany jest zwłaszcza pierwszy dzień targów: Dzień Dystrybutora.

A międzynarodowy handel podczas BUDMY? Tak. Zapewni to trzecia odsłona programu Hosted Buyers, dzięki któremu w Poznaniu pojawią się przedstawiciele sieci zakupowych i dystrybucyjnych z takich krajów jak Algieria, Belgia, Białoruś, Bułgaria, Chorwacja, Czechy, Francja, Kazachstan, Malta, Mołdawia, Niemcy, Rosja, Rumunia, Serbia, Słowacja, Słowenia, Turcja, Ukraina, Uzbekistan, Wielka Brytania oraz Włochy.

Zachęcamy do odwiedzenia strony internetowej Targów – [www.budma.pl](http://www.budma.pl), gdzie szczegółowo i na bieżąco opisywane są wszystkie zaplanowane wydarzenia.

BUDMA 2016. 2–5 lutego, Poznań. Inspiracje \* Wiedza \* Biznes. ■

# Nowy energooszczędny falownik SXS w obudowie IP65

Jerzy Sobczak

Wychodząc naprzeciw potrzebom klientów, firma Sanyu tworzy najwyższej jakości urządzenia, które w pełni zaspokajają ich wymagania. Przemienne częstotliwości serii SY6600, SY7000, SY8000 i softstarty SJR2-3000, SJR2-5000 są znane na rynku i chętnie wykorzystywane w wielu dziedzinach przemysłu, takich jak: maszynowy, wydobywczy, metalurgiczny, chemiczny. Niedawno firma Sanyu Sp.j. wprowadziła nowy produkt, który uzupełnia jej ofertę o prosty i tani przemiennik częstotliwości serii SX1000. Przemienne ten szczególnie chętnie wykorzystywany jest w branży klimatyzacji i wentylacji (HVAC).

Kolejnym nowym produktem wprowadzanym na rynek jest falownik serii SXS. Reprezentuje on nową generację wysokiej jakości wielofunkcyjnych, ekonomicznych i wydajnych przemienników częstotliwości. Przemienne częstotliwości SXS jest energooszczędnym falownikiem skalarnym, zasilany jedno- lub trójfazowo, produkowany obecnie do mocy 11 kW, zamkniętym w obudowie o stopniu ochrony IP65. Docelowo falowniki te będą produkowane do mocy 18,5 kW. Energooszczędny (funkcja *energy-saving*), prosty i tani falownik serii SXS posiada następujące cechy:

- sterowany U/f;
- z zabudowanym filtrem (falowniki do 2,2 kW);
- z wyświetlaczem LED;
- przystosowany do montażu naściennego;
- posiada RS485 (protokół komunikacyjny Modbus RTU, lub ASCII);
- wbudowany prosty sterownik PLC;



- regulator PID;
- wejście licznikowe;
- posiada funkcję „lotny start”;
- posiada zegar czasu;
- *Multi speed* – technologia zadawania do 16 prędkości;
- 18 rodzajów zabezpieczeń;
- 6 wejść cyfrowych;
- 2 wyjścia przekaźnikowe;
- wejście analogowe 0–10 V, 0/4–20 mA;
- zasilacz 24 V/100 mA;
- funkcja *Emergency Stop*;
- funkcja inteligentnego sterowania pompami;
- zewnętrzny wyświetlacz LED.

reklama



**BaumerHübner**  
**BaumerThalheim**



**pauli**



**LEINE LINDE**



**Samagawa**



**schleicher**  
control systems

**ENKODERY**  
**RESOLWERY**  
**STEROWNIKI**  
**BEZPIECZNIKI**  
**TACHOPRĄDNICE**

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



Typ	Moc zn.	Cena netto:
zas. 1*230V		
SXS1000-0R7G-2	0,75 KW	721 zł
SXS1000-1R5G-2	1,5 KW	755 zł
SXS1000-2R2G-2	2,2 KW	884 zł
zas. 3*400V		
SXS1000-0R7G-4	0,75 KW	807 zł
SXS1000-1R5G-4	1,5 KW	816 zł
SXS1000-2R2G-4	2,2 KW	876 zł
SXS1000-3R7G-4	4 KW	1417 zł
SXS1000-5R5G-4	5,5 KW	1545 zł
SXS1000-7R5G-4	7,5 KW	1692 zł
SXS1000-110G-4	11 KW	1821 zł

\*oferta do wyczerpania zapasów

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

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

[www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu)  
**SANYU**  
[www.e-falowniki.eu](http://www.e-falowniki.eu)  
[www.e-softstarty.eu](http://www.e-softstarty.eu)

SANYU Sobczak Sp. J.

## OZE i efektywność energetyczna dla każdego

Koszty energii rosną z roku na rok, odczuwa to niemalże każdy z nas. Jednak znacznie bardziej odczuwają to przedsiębiorstwa. W dobie kryzysu gospodarczego każde obniżenie kosztów ma pozytywny wpływ na płynność finansową firmy. W związku z tym REECO Poland we współpracy z Krajową Agencją Poszanowania Energii (KAPE) organizuje dwudniową konferencję „Korzyści dla przedsiębiorstw wdrażających inwestycje ukierunkowane na efektywność energetyczną”, która odbędzie się w dniach 13–14 kwietnia 2016 roku w ramach Targów InEnerg® we Wrocławiu. Eksperti przedstawią między innymi systemy finansowania inwestycji poprawiających efektywność energetyczną w przedsiębiorstwach, metodologię przeprowadzania audytów energetycznych oraz nowoczesne technologie dla przemysłu.

Ponadto pierwszego dnia Targów odbędą się warsztaty „Praktyczne aspekty projektowania i instalowania systemów fotowoltaicznych”, które REECO organizuje wraz z Polskim Towarzystwem Fotowoltaiki. Ilość systemów fotowoltaicznych instalowanych w Polsce dynamicznie rośnie. Wiele wskazuje na to, że w roku 2016 trend ten ulegnie dalszemu nasileniu. Jed-

nak jest to wciąż rynek młody, na którym ważna jest wymiana doświadczeń i podnoszenie umiejętności przez projektantów oraz instalatorów systemów PV. Dlatego organizowane warsztaty będą idealną szansą do pogłębienia i ugruntowania wiedzy oraz umiejętności w zakresie projektowania i instalowania systemów fotowoltaicznych.

Okazją do zapoznania się z aktualnymi trendami branży OZE i efektywności energetycznej oraz do wymiany doświadczeń będą Międzynarodowe Targi Energii ze Źródeł Odnawialnych i Efektywności Energetycznej InEnerg®, które odbędą się w dniach 13–14 kwietnia 2016 r. na Stadionie Miejskim we Wrocławiu.

Więcej informacji na [www.inenerg.com](http://www.inenerg.com).

REECO Poland Sp. z o.o.

ul. Bartycka 22 B/21 A

00-716 Warszawa

tel.: 22-266 02 16

fax: 22-379 78 60

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

reklama

# InEnerg®

OZE + Efektywność Energetyczna

Międzynarodowe Targi Energii ze Źródeł Odnawialnych i Efektywności Energetycznej

W ramach InEnerg®:

- » Wystawa
- » Konferencje branżowe o zasięgu krajowym i międzynarodowym
- » Fora branżowe

- » Spotkania kooperacyjne
- » oraz wiele innych wydarzeń towarzyszących

13. - 14.04.2016, Wrocław

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

Organizator



## Jak zoptymalizować swoją produkcję?

# Roboty kartezyjskie WObit

Dążenie do optymalizacji cechuje większość dynamicznie rozwijających się firm produkcyjnych, umacniających swoją pozycję na rynku. Analiza funkcjonowania przedsiębiorstwa często prowadzi do wniosku wskazującego na wdrożenie automatyzacji i robotyzacji, w celu zwiększenia wydajności. Jedną z atrakcyjnych cenowo metod jest implementacja robotów kartezyjskich.

Wśród dostępnych na rynku rozwiązań warto zwrócić uwagę na roboty kartezyjskie firmy WObit, charakteryzujące się modułową konstrukcją. Zastosowanie standardowych modułów liniowych MLA oraz MLAS daje duże możliwości tworzenia funkcjonalnych i atrakcyjnych cenowo układów mechanicznych. WObit proponuje trzy standardowe rozwiązania robotów kartezyjskich. Są to roboty ekonomiczne, precyzyjne oraz wersja o wysokiej dynamice. Klasa robotów ekonomicznych bazuje na standardowych modułach liniowych MLA, oferujących zakres ruchu w jednej osi do 2500 mm (do 2800 mm w przypadku zastosowania modułów MLA2P) i precyzję pozycjonowania do 0,1 mm. Jako napęd może być zastosowany silnik krokowy, silnik DC oraz serwonapęd, które pozwalają uzyskać maksymalną prędkość przesuwu do 1,5 m/s. W aplikacjach wymagających wyższej precyzji – do 0,01 mm, gdzie zachodzi również potrzeba przenoszenia większych obciążeń, dostępne są roboty, któ-

rych konstrukcja bazuje na modułach MLAS bądź MLAS16, gdzie napęd jest przenoszony przez śrubę kulową. Maksymalny zakres ruchu w jednej osi wynosi 1000 mm, prędkość posuwu wynosi do 1 m/s, natomiast maksymalna siła w osi robota to 1000 N. Aplikacje wymagające największej dynamiki i powtarzalności pozycjonowania wymagają odpowiedniej konstrukcji. Do takich zastosowań WObit proponuje implementację robotów o wysokiej dynamice, których budowa bazuje na silnikach liniowych ServoTube. Napędy te charakteryzują się przyspieszeniem do  $586 \text{ m/s}^2$ , prędkością do 10,6 m/s oraz powtarzalnością do 0,012 mm. Zakres ruchu w jednej osi wynosi do 1751 mm. Silniki te dostępne są w wykonaniu o stopniu odporności IP69, w związku z czym są odpowiednie do aplikacji w przemyśle spożywczym oraz medycznym. Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie silników liniowych z nieżelaznym rdzeniem o modułowej konstrukcji, pozwalających na budowę układów o niemal nieograniczonym



WObit **AGV**

AUTOMATYCZNIE  
STEROWANY  
ROBOT  
TRANSPORTOWY



- Automatyczny transport towarów
- Automatyzacja linii produkcyjnych
- Możliwość współpracy z robotami paletyzującymi

ZADZWOŃ do naszego doradcy  
61 222 74 22

lub wejdź na stronę: [www.wobit.com.pl](http://www.wobit.com.pl)

Rozwiązania i Komponenty dla Automatyki  
Solutions and Components for Automation

zakresie ruchu. Warto zwrócić również uwagę na sposób sterowania robotą. WObit proponuje zastosowanie czteroosiowego kontrolera trajektorii MIC488, umożliwiającego sterowanie do czterech napędów krokowych lub serwonapędów w trybie Krok/Kierunek. Pozwala także na podłączenie enkoderów inkrementalnych do nadrzędnej kontroli pozycji. Poza uniwersalnymi wejściami/wyjściami cyfrowymi oraz dwoma wejściami analogowymi 0–10 V kontroler wyposażony jest w porty komunikacyjne (RS232/RS485) pracujące w protokole Modbus

(slave), służące do komunikacji np. z panelem operatorskim HMI. Kontrola ruchu robota jest prosta dzięki dedykowanemu, intuicyjnemu oprogramowaniu, które pozwala na konfigurację ruchu napędów oraz tworzenie programów sterujących napędami i wyjściami, a także na reagowanie na stany wejść lub wartości zmiennych komunikacyjnych. Wszystkie roboty oferowane przez WObit mogą zostać wyposażone w odpowiedni chwytak do manipulacji elementami. Zwiększa to funkcjonalność i łatwość dostosowywania robotów do realizacji

innego procesu lub przenoszenia obiektów o innych wymiarach. ■



**P.P.H. WObit E.K.J. Ober s.c.**  
Dęborzycze 16, 62-045 Pniewy  
tel.: 61-222 74 22  
fax: 61-222 74 39  
e-mail: wobit@wobit.com.pl  
www.wobit.com.pl

### WYDARZENIA

● Grupa japońskich naukowców z Uniwersyteckiego Centrum Badań nad Optyką w Utsunomiya stworzyła dotykowy hologram – trójwymiarowy wirtualny obiekt, którym można manipulować za pomocą dłoni.

Technologia *Fairy lights* opiera się o laser femtosekundowy. Generowane przez niego impulsy reagują niemal natychmiast na kontakt z ludzką dłonią, dzięki czemu piksele wyświetlanego hologramu mogą być przesuwane w przestrzeni w czasie rzeczywistym.

Jeden z czołowych badaczy biorących udział w badaniach, dr Yoichi Ochiai z Tsukuba University, uważa, że technologia ta może być wykorzystywana w życiu codziennym, przemyśle medycznym oraz podczas projektowania architektonicznego.

Obecny stan technologii nie pozwala ludziom wchodzić w interakcję ze światłem. Innowacyjny hologram ma szansę, by zmienić ten stan rzeczy. Według internetowego czasopisma naukowego „Pulse Headlines” dalszy rozwój technologii może w przyszłości zrewolucjonizować komunikację internetową.

Źródło: nbcnews

● Wartość światowego rynku silników elektrycznych wzrosła w 2022 roku z poziomu 100 miliardów dolarów do 140 miliardów dolarów. Takie dane przedstawia raport Grand View Research. Według raportu postęp w technologii oraz polityka poprawy efektywności energetycznej silników elektrycznych sta-

nowić będą istotne czynniki stymulujące wzrost, którego średnia roczna stopa wyniesie 4,5%.

Silniki AC to największy segment produktów na tym rynku, stanowiąc w 2014 roku ponad 70% globalnych przychodów. Dzięki rosnącej konkurencji ze strony silników DC trwają ciągłe prace nad rozwojem silników prądu przemiennego.

Co ciekawe, największy zysk generują silniki o mocach poniżej 0,75 kW, odpowiadając za niecałe 90% sprzedaży. W 2014 roku klienci zapłacili za nie producentom ponad 12 miliardów dolarów. Szacuje się, że w najbliższych latach tendencja ta utrzyma się lub wzrośnie. 2014 rok był natomiast rokiem najefektywniejszym dla regionu Azji i Pacyfiku. W region ten spłynęło ponad 55% globalnych przychodów.

Raport przewiduje wzrost wykorzystania silników w maszynach przemysłowych, a także sprzęcie HVAC i AGD. Grand View Research podkreśla, że silniki prądu przemiennego są coraz szerzej stosowane w pojazdach, m.in. w elektrohydraulicznych układach zawieszenia oraz systemach adaptacyjnych.

Źródło: drivesncontrols

● Naukowcy z NIST oraz IBM odkryli zdolność nanocząstek złota do samoistnego tworzenia nanokanalików, które pozwolą na budowę układów typu *lab-on-a-chip*. Złoto w takiej formie przebiega się z łatwością przez warstwy fosforu indu oraz innych półprzewodników.

Proces może w przyszłości pozwolić na integrację na układach scalonych laserów, falowodów, czujników oraz innych tego typu komponentów.

Jak to często ma miejsce, odkrycia dokonano przez przypadek, przeprowadzając eksperyment dotyczący utworzenia nanokabli. Niestety ten nie powiódł się z powodu zanieczyszczenia próbki. Jak się później okazało, zanieczyszczeniem okazała się woda. Gdy dokonano obrazowania elektronowego wadliwej próbki, okazało się, że w wyniku kontaktu złota z parą wodną w półprzewodniku utworzone zostały długie i proste nanokanalki.

Po dalszych eksperymentach zauważono również, że gdy para wodna osiąga temperaturę co najmniej 440 stopni Celsjusza, w strukturze fosforu indu powstają szczeliny w kształcie litery V, które pokrywają się ze ścieżkami wyznaczonymi przez strukturę krystaliczną półprzewodnika. Proces możliwy jest dzięki reakcji atomów indu i fosforu z atomami tlenu wody, która osadza się na nanocząsteczkach złota. Utlenione cząsteczki indu i fosforu odparowują, pozostawiając za sobą pustą przestrzeń dla złota. Dzięki kontrolowaniu wielkości jego ziaren możliwe jest zapanowanie nad szerokością tworzonych kanalików.

Eksperymenty powiodły się także z fosforem galu oraz arsenkiem indu. Naukowcy mają nadzieję, że sukcesem zakończy się również konfrontacja z krzemem i innymi rodzajami półprzewodników.

Źródło: kopalniawiedzy



## Oczyszczanie oleju mineralnego przy pomocy mobilnych urządzeń filtracji bocznikowej

# Wsparcie w konserwacji

STAUFF zoptymalizował i poszerzył swoją ofertę o systemy mobilnej filtracji bocznikowej w zakresie wykonania i parametrów. Dwie wersje filtra typu SMFS-U dla przepływu nominalnego 60 i 110 litrów na minutę zostały zaktualizowane oraz został dodany filtr SMFS-U-CM ze zintegrowanym 8-kanalowym licznikiem cząstek, zawierającym czujnik wilgotności i temperatury oleju. Połączenie między licznikiem cząstek i sterowaniem urządzenia w tej wersji pozwala na zdefiniowanie klasy czystości ISO w panelu obsługi. Urządzenie to automatycznie wyłącza się po osiągnięciu ustawionej klasy czystości.

**D**ostępne wersje mobilnych urządzeń filtracji obejmują szeroki zakres zastosowań. W tymczasowej pracy nie tylko wspierają konserwację systemów oleju hydraulicznego i smarującego w małych i średnich układach, umożliwiają również napełnianie świeżym oczyszczonym olejem. W dużych układach bez problemu umożliwiają stałą filtrację bocznikową.

Wymienne elementy filtracyjne z linii NR-630 produkcji Stauff – produkowane wewnątrz w Niemczech, podobnie jak całe urządzenia – zapewniają prawidłową konserwację systemów hydraulicznych oraz osiągnięcie pożądanej lub wymaganej klasy czystości oleju. Korpusy wyposażone są w wygodne



Wymienne elementy filtracyjne serii NR-630 materiał filtrujący z włókna szklanego



Czujnik ciśnienia zabezpieczający silnik przed nadmiernym ciśnieniem



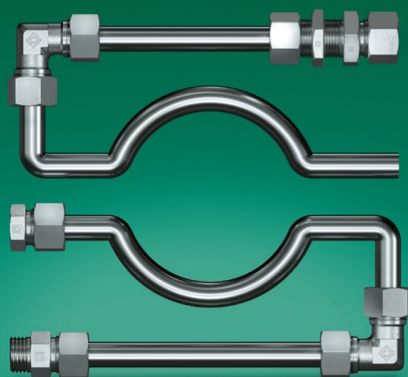
Urządzenia mobilne SMFS-U dla przepływu nominalnego do 60 i 110 litrów na minutę

śruby typu „przesuń i przekręć”, dzięki czemu wymiana elementów filtracyjnych odbywa się szybko i bez żadnych specjalnych narzędzi.

### Wysokiej jakości komponenty – optymalna ochrona

Silniki 3 fazowe (3 × 400 V AC / 50 Hz) o mocy odpowiednio 2,2 i 4 kW są użyte do napędzania pomp zębatych urządzeń filtracyjnych. Oprócz mocy dostosowanej do wymogów

reklama



**NOWOŚĆ!**  
STAUFF  
Connect

## Nasz Znak Jakości

### Technologia Złączy Rurowych od STAUFF

Złącza rurowe 24° i akcesoria ze stali węglowej uzupełniają szeroką gamę oryginalnych produktów STAUFF do zastosowań w hydraulice siłowej. Dzięki starannemu doborowi materiałów i ich obróbce, wartości ciśnień definiowane przez normy DIN/ISO mogły zostać przekroczone; powłoka Cynk/Nikiel wyznacza nowy standard w zakresie ochrony przed korozją. Przekonaj się o wyjątkowej jakości i podnieś bezpieczeństwo działania oraz niezawodność swoich maszyn i urządzeń oraz doświadczyć korzyści płynących z zaopatrywania się we wszystkie elementy rurociągów u jednego producenta.

STAUFF Polska Sp. z o.o.  
Miszewko 43a · 80-297 Banino · Polska  
Tel.: +48 58 660 11 60 · sales@stauff.pl · www.stauff.pl





3-fazowy silnik o wysokiej wydajności energetycznej



Widok szafy rozdzielczej SMFS-U-CM ze zintegrowanym 8-kanalowym licznikiem cząstek

nowoczesnych usług i zadań konserwacji przemysłowej ich najważniejszą cechą jest wysoka energooszczędność (Klasa IE2).

Aby zapobiec uszkodzeniu elementów w najlepszy możliwy sposób, wyłączniki ciśnieniowe wyłączają silniki przed zbudowaniem nadmiernego ciśnienia pomiędzy pompą a obudową

filtra. Możliwymi przyczynami budowania nadmiernego ciśnienia mogą być zagięte lub zatkane węże, zbyt duża lepkość mediów, jak również bardzo zanieczyszczony element filtracyjny, który nie został wymieniony pomimo włączenia się różnicowego wskaźnika ciśnienia, który jest zintegrowany we wszystkich urządzeniach.

Aby jak najlepiej chronić pompę przed negatywnymi skutkami dużych zanieczyszczeń, na linii ssącej zainstalowany jest zmywalny filtr wstępny z siatki nierdzewnej o dokładności 200 mikrometrów. ■

**STAUFF Polska Sp. z o.o.**

Miszewko 43 A

80-297 Banino

tel.: 58-660 11 60

fax: 58-629 79 52

e-mail: sales@stauff.pl

www.stauff.pl

## Kopex SA – Bogusław Bobrowski prezesem Spółki

Rada Nadzorcza powołała pana Bogusława Bobrowskiego na stanowisko prezesa Zarządu Kopex SA. Dotychczasowy prezes, Józef Wolski, przechodzi na emeryturę i pozostanie w Spółce na stanowisku doradcy Zarządu.

– Pan Bogusław Bobrowski przez wiele lat kierował firmami działającymi w branży górniczej i spółkami publicznymi. Od 2012 roku zasiadał też w Radzie Nadzorczej Kopex SA. Bardzo dobrze zna strukturę Grupy Kopex i wyzwania, które przed nią stoją w obecnej trudnej sytuacji górnictwa – powiedział Krzysztof Jędrzejewski, przewodniczący Rady Nadzorczej i większościowy akcjonariusz Spółki. – Rada Nadzorcza podziela zaprezentowaną przez pana Bogusława Bobrowskiego wizję rozwoju Grupy Kopex przez najbliższe lata.

Pan Bogusław Bobrowski jest absolwentem Wydziału Górniczego oraz Podyplomowych Studiów Zarządzania Politechniki Śląskiej. W latach 2012–2016 pełnił funkcję prezesa Zarządu Mostostal Zabrze SA. Wcześniej piastował funkcje kierownicze m.in. w takich firmach, jak Węgłokoks SA i Gliwicka Spółka Węglowa SA. W latach 2012–2016 zasiadał ponadto w Radzie Nadzorczej Kopex SA, w której pełnił m.in. funkcję wiceprzewodniczącego.

Decyzją Rady Nadzorczej zmieniony został również skład Zarządu Grupy Kopex. Z powodów osobistych rezygnację

z funkcji członka Zarządu złożył Michał Rogatko, który powołany został w skład Rady Nadzorczej. Dziś Rada odwołała też ze stanowiska członka Zarządu Andrzeja Medera i powołała do Zarządu Marka Uszko, który pozostanie też szefem odpowiedzialnej za budowę kopalni w Przeciszowie spółki Kopex-Ex-Coal. Na stanowiskach członków Zarządu pozostali Piotr Broncel i Joanna Węgrzyn. Ustępujący prezes Grupy Kopex, Józef Wolski, będzie pełnił funkcję doradcy Zarządu. Zmiany w Zarządzie przygotowywane były od ponad pół roku.

– To był długi proces. Pan Józef Wolski zgłaszał mi chęć ograniczenia pełnionych przez niego obowiązków już wiosną. Zgodził się jednak kierować Grupą Kopex do czasu wyboru następcy. Ten długi proces ułatwił mi przygotowanie standardowej procedury sukcesji, którą będziemy wykorzystywać również w przyszłości i będzie to dotyczyć różnych stanowisk w Grupie – mówi Krzysztof Jędrzejewski. – Cieszę się, że mimo przejścia na emeryturę pan Józef Wolski chce nadal służyć Grupie swoim doświadczeniem i kompetencjami jako doradca Zarządu. Jestem przekonany, że jego współpraca z Bogusławem Bobrowskim będzie bardzo korzystna dla Grupy Kopex. To dla mnie bardzo ważne i bardzo mnie to cieszy, że doświadczone osoby, które wraz osiągnięciem pewnego wieku schodzą z pierwszej linii, pozostają w spółce, służąc swoim doświadczeniem i wiedzą. ■

### WYDARZENIA

- System wirtualnej rzeczywistości PlayStation VR zostanie wykorzystany przez NASA do szkolenia astronautów.

Obecnie na rynku coraz prężniej rozwijają się technologie VR, takie jak Oculus Rift, Google Cardboard czy właśnie PlayStation VR. Okazuje się, że mogą one mieć wymiar nie tylko rozrywkowy, ale także naukowy oraz edukacyjny.

NASA pracuje z firmą Sony nad aplikacją Mighty Morpheus, która będzie częścią systemu szkoleniowego kosmonau-

tów. Dzięki jej pomocy będą oni mogli kontrolować humanooidalne roboty pracujące w przestrzeni kosmicznej. Do tego celu NASA ma zamiar zaprojektować nowego robota eksploracyjnego.

Nie wiadomo jeszcze, kiedy system zostanie wprowadzony do centrów szkoleniowych NASA. Dotychczas agencji kosmicznej wspólnie z Sony udało się opracować demo technologiczne.

Źródło: robotyka.com



## WYDARZENIA

● 165 milionów złotych. Tyle jest wart obecnie polski rynek dronów. Najbliższe lata powinny przynieść mu 150-procentowy wzrost w sektorze cywilnym i kilkusetprocentowy w przemyśle obronnym.

Zastosowania dla bezzałogowych maszyn latających zdają się być niczym nieograniczone. Drony mogą być wykorzystywane do zwykłej rozrywki, profesjonalnego filmowania i fotografowania, ale również w sektorze geodezyjnym, fotogrametrycznym lub służyć do monitorowania infrastruktury krytycznej dla gazownictwa czy linii przesyłowych.

Wykorzystanie przez przedsiębiorstwa dronów pozytywnie wpływa na obniżenie kosztów prowadzenia działalności. Technologie bezzałogowe coraz chętniej wykorzystywane są również przez służby porządku publicznego. Wzrasta na nie popyt w sektorach ratowniczym i poszukiwawczym.

Globalny rynek dronów wart jest obecnie kilka miliardów dolarów, a do 2023 roku tylko w sektorze cywilnym jego wartość osiągnie 6 miliardów dolarów. Drugie tyle warte będą drony wykorzystywane do celów rządowych i wojskowych.

Polski krajobraz na rynku dronów posiada obecnie odwrotną polaryzację. 102 miliony złotych to suma ze sprzedaży dronów służących do rozrywki i profes-

sjonalnego fotografowania/filmowania. W miarę rozwoju rynku proporcje mają się jednak zmieniać i coraz bardziej zbliżać do tych obserwowanych na światowym rynku.

Źródło: elektroonline

● Amerykańska firma DC Water uruchomiła w Dystrykcie Kolumbii kompleks Blue Plains, w którym nie tylko oczyszcza się ścieki, ale także wykorzystuje je do wytwarzania energii elektrycznej.

Do Blue Plains trafiają ścieki z całego Waszyngtonu. Przetwarzająca je elektrownia posiada moc rzędu 10 MW, co wystarcza do zaopatrzenia w energię około 8 tys. gospodarstw domowych.

Oczyszczalnia wykorzystuje technikę hydrolizy, która pozwala przetwarzać organiczny materiał na metan. Ten z kolei jest używany do napędzania turbin generujących prąd. Jego produkcja odbywa się w dużych, 24-metrowych silosach, które każdego roku mogą przetworzyć niemal 15 mln litrów ścieków. Produktem ubocznym tego procesu są biologiczne pozostałości, które mogą być wykorzystane jako organiczny nawóz do produkcji rolnej.

Innowacyjna technologia została entuzjastycznie przyjęta przez organizacje zajmujące się ochroną środowiska. Mają one nadzieję, że w przyszłości technologia ta

upowszechni się szczególnie w krajach rozwijających się, gdzie będzie mogła nie tylko oczyszczać ścieki, lecz równocześnie produkować zieloną energię.

Źródło: onet.pl

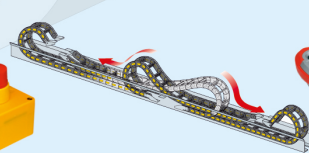
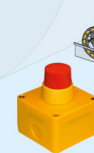
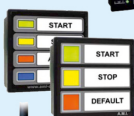
● Studenci z Politechniki Białostockiej opracowali robota złożonego z kolorowych klocków i szyny komunikacyjnej, dzięki której najmłodsze dzieci będą mogły wydawać mu polecenia. Uczenie przedszkolaków programowania robota bez użycia komputera to śmiała wizja, która spełnienia doczeka już w nadchodzącym roku.

System zaprojektowany jest tak, aby uczyć logicznego myślenia dzieci, które jeszcze nie umieją czytać ani posługiwać się komputerem. To odpowiedź na brak programów nauczania programowania dla najmłodszych. Innowacyjny w projekcie jest przede wszystkim brak połączenia z nadrzędnymi urządzeniami, takimi jak pecet czy tablet.

Jak wspomniano wcześniej, Cube&Code to szyna komunikacyjna oraz kolorowe klocki. Dzieci będą mogły sterować robotem według instrukcji. Wkładając w szynę klocek o konkretnym kolorze i symbolu, będą wywoływać konkretny ruch robota. Dzięki temu dowiedzą się, że za ruch robota odpowiada stworzony przez nie algorytm.

Źródło: pap

reklama



## NOWIMEX®

Ul. Kremowa 65 A 02-969 Warszawa  
Tel: 228168579 Fax: 228169534 info@nowimex.com.pl  
www.nowimex.com.pl

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

**VAHLE** – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.

**SCHLEGEL** – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.

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

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

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławice do kabli.

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

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

**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

**ISV** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktery (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

**NORIS** – Profesjonalne czujniki. Monitoring systemów automatyki.

VAHLE  
STROMZUFUHRUNGEN

SCHLEGEL  
ELEKTROKONTAKT

LEAB  
ROBOTECHNIKA

A.M.I.

TEXELCO  
SYGNALIZACJA

HUGRO

brevetti  
stendalto

Laird

Micro Detectors

ISV

NORIS  
Marine automation



# ASCO Numatics rozszerza ofertę produktów z zakresu sterowania przepływem mediów o zespoły FRL serii 652

Łatwy w instalacji FRL oferuje wysokie natężenie przepływu oraz szeroki zakres temperatur pracy dla układów przygotowania powietrza.

ASCO Numatics przedstawia nową serię zespołów przygotowania powietrza filtr – regulator – smarownica (FRL). Seria 652 charakteryzuje się wysokim natężeniem przepływu oraz dużym zakresem temperatur pracy, co czyni je idealnymi dla szerokiej gamy zastosowań. Dzięki największemu natężeniu przepływu spośród wszystkich produktów tego typu dostępnych na rynku nasze nowe zespoły FRL z serii 652 gwarantują wszystkim użytkownikom optymalne parametry pracy ich maszyn. Dodatkowo seria 652 zapewnia najniższą dolną i najwyższą górną dopuszczalną temperaturę pracy (od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$ ), co pozwala na zastosowanie serii 652 w wielu aplikacjach pracujących w trudnych warunkach środowiskowych.

Te modułowe zespoły FRL cechują się solidną konstrukcją oraz łatwym montażem. Ponadto nowo wprowadzone kołnierze montażowe pozwalają personelowi technicznemu wymontować cały zespół bez konieczności rozłączania rur. Nowe zespoły dostępne są w trzech rozmiarach portów od 1/4" do 1/2" (gwinty NPTF, G lub R).

Zespoły serii 652 zawierają czytelne, niskoprofilowe manometry umieszczone na panelu frontowym. Są to jedyne tego typu produkty zawierające manometry również na zaworze odcinającym oraz zaworze powolnego startu/szybkiego odpowietrzenia. Opcjonalnie dostępne są integralne manometry. Pozwalają one użytkownikowi łatwo ustalać za pomocą kolorów pożądaną zakres ciśnienia. Zespoły serii 652 charakteryzują się również małymi gabarytami oraz nowoczesnym wyglądem. Regulator ciśnienia z kontrolą przepływu wstecznego



pozwała projektantowi na umieszczenie regulatora pomiędzy zaworem i siłownikiem. Daje to możliwość usuwania powietrza z powrotem przez regulator bez ryzyka wystąpienia awarii lub skrócenia żywotności. Dodatkowo do filtra koalescencyjnego lub stacji filtrująco-regulacyjnej może być dodany opcjonalny 3-mikronowy filtr. Eliminuje on konieczność montażu oddzielnego filtra cząstek, tym samym redukując całkowite koszty, wymiary, a także masę.

Nowe układy przygotowania powietrza serii 652 od ASCO Numatics idealnie nadają się dla przemysłu motoryzacyjnego, opakowaniowego, spożywczego i przetwórczego, gdzie wymagane jest duże natężenie przepływu, odporność na

ekstremalne temperatury, niezawodność, łatwa instalacja oraz serwis. ■

Więcej informacji można znaleźć pod adresem: [www.asconumatics.eu/pl/frl](http://www.asconumatics.eu/pl/frl)

**ASCO**  
**numatics**™

ASCO Numatics Sp. z o.o.

ul. Szturmowa 2 A

02-678 Warszawa

tel.: 22-458 92 80

fax: 22-458 92 88

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

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

## WYDARZENIA

● Naukowcy z Uniwersytetu Columbia opracowali niezwykłą technologię mikroprocesorową. Stworzyli biologicznie zasilany układ, który energię do pracy czerpie z biologicznego procesu chemicznego.

Aby uruchomić proces, badacze utworzyli najpierw dwuwarstwową sztuczną membranę lipidową, która zawierała w sobie pompy jonowe. Pompy te zasilane są przez adenosynotrifosforan (ATP). Jest to cząsteczka, która w żywych komórkach odpowiada za transfer energii chemicznej. Wykorzystywana jest między innymi w procesie fotosyntezy i podziału komórkowego.

Membranę zintegrowano następnie z tradycyjnym układem półprzewodnikowym. Pompy jonowe w niej zawarte działają podobnie do tranzystorów. Ich rodzaj wykorzystany w przedsięwzięciu przypomina natomiast ten, który odpowiada za utrzymanie potencjału spoczynkowego w neuronach.

Już wcześniej biologiczne systemy integrowane były z układami scalonymi, jednak zespół z Uniwersytetu Columbia poszedł o krok dalej, wyizolowując proces biologiczny niezbędny do zasilania obwodu mikroprocesora.

W przyszłości może on stać się adaptowalny i wykorzystywany na wiele różnych sposobów. Przykładem są układy hybrydowe mogące naśladować zmysł węchu zwierząt, których czułość jest wielokrotnie wyższa niż jego ludzkiego odpowiednika.

Źródło: *greenoptimistic*

● Dzięki zastosowaniu technologii służącej do odzyskiwania energii, niemiecki producent silników Wittenstein opracował dwie nowe serie bezszczotkowych silników prądu stałego z miniaturowymi enkoderami, które nie wymagają baterii i przekładni. Silniki są o ponad połowę krótsze od porównywalnych urządzeń i mają do 20% mniejszą średnicę. Wy-

eliminowanie przekładni oraz baterii zwiększa również czas ich eksploatacji.

Silniki wykorzystują efekt Wieganda, który pozwala produkować niewielkie ilości energii. Podczas gdy ich wały napędowe się obracają, czujnik Wieganda reaguje na zmieniające się pole magnetyczne, wytwarzając impulsy potrzebne do zliczania obrotów oraz energię potrzebną do przetworzenia tych sygnałów i zapisania w pamięci nieulotnej.

Impulsy są zliczane niezależnie od prędkości obrotowej, generując wartości absolutne nawet przy wolnym obracaniu się wału. Nie jest więc konieczne ustalanie punktu odniesienia, gdy silnik jest uruchomiony po serwisowaniu, awarii zasilania lub zatrzymaniu awaryjnym.

Bezdotykowe enkodery wykorzystywane w silnikach są odporne na wstrząsy, wibracje oraz temperaturę dochodzącą do 125°C.

Źródło: *drivescontrols*

reklama

# Prosta i skuteczna komunikacja!



**Różnorodne protokoły komunikacyjne oraz szeroki asortyment produktów pozwalają zmniejszyć powstające problemy integracyjne.**

Współpraca z jednym dostawcą automatyki przemysłowej, który oferuje szeroki asortyment protokołów komunikacyjnych oraz bogaty zakres produktów z nimi związanych, zapewnia efektywną komunikację, a tym samym pozwala zmniejszyć problemy związane z integracją urządzeń.

Wyspy zaworowe, zawory elektromagnetyczne i aseptyczne, produkty do przygotowania powietrza oraz niezawodne siłowniki ASCO Numatics zapewniają kompleksowe rozwiązania automatyki przemysłowej, bez względu na to jakim protokołem komunikacyjnym się posługujesz.

Aby dowiedzieć się więcej, odwiedź naszą stronę internetową: [www.asconumatics.pl](http://www.asconumatics.pl)

**ASCO  
numatics™**



**EMERSON™**  
Industrial Automation

Emerson oraz logo Emerson są znakami towarowymi Emerson Electric Co.  
Logo ASCO jest znakiem towarowym należącym do ASCO Valve Inc. © 2014 ASCO. Wszelkie prawa zastrzeżone.

**EMERSON. CONSIDER IT SOLVED.™**

Emparro® 3~

# Nadzwyczaj niezawodne i wyjątkowo wydajne

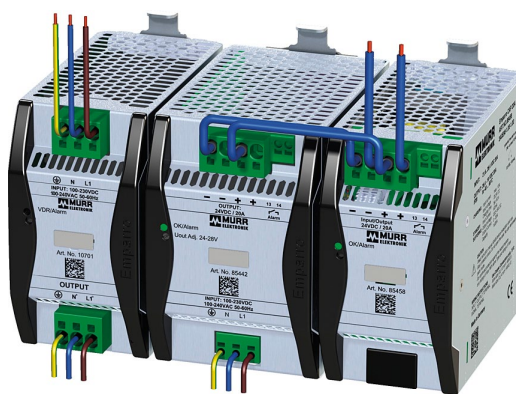
Trójfazowe zasilacze impulsowe Emparro najnowszej generacji umożliwiają tworzenie optymalnych systemów zasilania.

Rodzina Emparro powiększa się. Nowo opracowane 3-fazowe zasilacze impulsowe to cenne elementy składowe systemów zasilania. Są one nie tylko nadzwyczaj niezawodne, ale również wyjątkowo wydajne z uwagi na zintegrowaną rezerwę mocy. A przy tym potrzebują niewiele miejsca w szafie sterowniczej. Oto Premium Power od Murrelektronik.

## Nadzwyczaj niezawodne

Niezawodnie pracujące zasilacze impulsowe to istotny czynnik wysokiej dyspozycyjności maszyn i urządzeń. Dlatego podczas opracowywania nowych urządzeń 3-fazowych bardzo duży nacisk położono na ten właśnie aspekt, czego odzwierciedleniem jest wyjątkowo wysoka wartość MTBF, wynosząca około 1 000 000 godzin. Taki efekt umożliwiło zastosowanie najwyższej jakości podzespołów, nowoczesnego i dopracowanego projektu płytki PCB, a także sterowanej procesorem elektroniki. Zintegrowany bezpiecznik gazowybuchowy zabezpiecza zasilacz przed impulsami zakłócającymi do 6 kV. Przepięcia elektryczne występujące w sieci, zakłócenia EMC (np. powodowane przez przetwornice częstotliwości) lub odbijające wyłączniki główne nie powodują żadnych szkód.

Na długą żywotność zasilaczy Emparro wpływa również wysoki stopień sprawności – aż do 95%. Użyta energia jest efektywnie wykorzystywana, w związku z czym straty mocy są niewielkie. Dzięki temu takie podzespoły, jak półprzewodniki i kondensatory, narażone są na mniejsze naprężenia termiczne i wolniej się starzeją. Co więcej, zasilacz 3-fazowy oferuje nie tylko doskonałą skuteczność przy dużym obciążeniu, lecz tak-



że w całym zakresie obciążenia, a więc również – co szczególnie ważne – przy niewielkim obciążeniu. Jest to znaczący plus, zwłaszcza w porównaniu z innymi zasilaczami.

## Zintegrowana rezerwa mocy

Emparro są wyjątkowo wydajne i dysponują zintegrowaną rezerwą mocy. Są zaprojektowane tak, że mogą pracować w temperaturach otoczenia do 45°C z przeciążeniem do 20%. Warianty 5 A dostarczają stale 6 A, warianty 10 A – 12 A, a wersje 20 A – 24 A. To rozwiązanie unikalne na naszym rynku.

Te właściwości mają dla konstruktorów instalacji elektrycznych dwie bardzo duże zalety. Po pierwsze, jeżeli celem jest wyposażenie maszyny lub instalacji w kolejny odbiornik, 3-fazowy zasilacz Emparro zapewnia niezbędną rezerwę. Po drugie, przy występowaniu maksymalnego zapotrzebowania mocy zasilacza nie ma już konieczności stosowania urządzeń wyższej klasy wydajności. Zamiast tego można wykorzystać zintegrowaną rezerwę i w ten sposób osiągnąć korzyść cenową. Co więcej, zastosowanie urządzenia mniejszej mocy umożliwia zaoszczędzenie miejsca w szafie sterowniczej.

Dla bezproblemowego uruchamiania przy dużych obciążeniach Emparro posiada funkcję Power Boost, dzięki której w ciągu 5 sekund zyskujemy do 150%. Z kolei funkcja Hyper Boost oferuje nawet do 400% przez okres 20 ms.

## Największe zasilacze impulsowe na rynku

Emparro cechuje kompaktowa budowa. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że wariant 20 A umieszczony jest w obudowie





o szerokości zaledwie 65 mm. To rekord wśród zasilaczy, który pozwala na zaoszczędzenie cennego miejsca w szafie sterowniczej.

Niewątpliwą zaletą w zakresie obsługi jest zastosowanie zacisków w technologii *Push-in*. Kable połączeniowe montuje się więc bez użycia narzędzi, stworzone w ten sposób połączenia nie wymagają konserwacji i są odporne na wibracje. Z kolei zintegrowane zabezpieczenia urządzeń pozwalają na obniżenie kosztów konfiguracji i instalacji.

### Praktyczne funkcje w szczegółach

Emparro wyróżnia wiele praktycznych funkcji, takich jak:

- trwała praca dwufazowa;
- tryb równoległy w celu zwiększenia mocy (do pięciu zasilaczy);
- styk sygnalizacyjny przepięcia, zwarcia i temperatury;
- optymalne właściwości EMC;
- wskaźnik LED dla stanu pracy;
- obniżanie parametrów znamionowych dopiero po przekroczeniu 60°C;
- kod QR dla bezpośredniego dostępu do dokumentacji technicznej.

Początkowo rodzina Emparro zawierała wersje 5 A, 10 A i 20 A. Od grudnia 2015 r. portfolio uzupełniła wersja 40 A. Jednak najważniejszą nowością jest funkcja diagnostyki prewencyjnej. Jej zadaniem jest informowanie użytkownika o tym, kiedy osiągnany jest optymalny moment wymiany zasilacza. Chodzi o to, by nie czynić tego za wcześnie, aby maksymalnie wykorzystać długą żywotność zasilacza, ale także nie za późno, aby uniknąć kosztownych przestojów i długotrwałego szukania błędów.

Oczywiście nie ma konieczności podejmowania natychmiastowych działań w chwili, gdy zapala się sygnał ostrzegawczy. Wymianę można zaplanować na następny – i tak przewidywany – termin konserwacji maszyny. To zapewni dodatkowy komfort planowania.

### Kilka parametrów w celu uzyskania dokładnego wyniku

W zakresie diagnostyki prewencyjnej urządzenie monitoruje różne parametry, między innymi: temperaturę wewnętrzną, obciążenie robocze, liczbę procesów uruchomienia oraz żywotność komponentów. W chwili osiągnięcia optymalnego momentu wymiany Emparro 3 ~ 40 A, stosowna informacja przekazywana jest do kontrolera przez łatwy do zintegrowania styk sygnałowy.

Funkcja diagnostyki prewencyjnej jest wyjątkowa i stanowi prawdziwą zaletę. Emparro 3 ~ 40 A to ważne wsparcie dla optymalnego planowania czynności serwisowych i zmniejszenia do minimum ryzyka przestojów. ■

# EMPARRO® 3~

## PREMIUM POWER

➔ Następna generacja zasilaczy 3-fazowych



### ZALETY EMPARRO® 3~

#### ■ Nadzwyczajna niezawodność

- MTBF około 1 000 000 h
- Zintegrowany bezpiecznik gazowybuchowy
- Sprawność do 95%

#### ■ Rezerwa mocy

- Stałe przeciążenie do 20%
- Funkcje Power- i Hyper-Boost

#### ■ Kompaktowa budowa (szerokość 65 mm)

# NORD 4.0 READY: technologia napędów dla zautomatyzowanej produkcji w erze 4 rewolucji przemysłowej

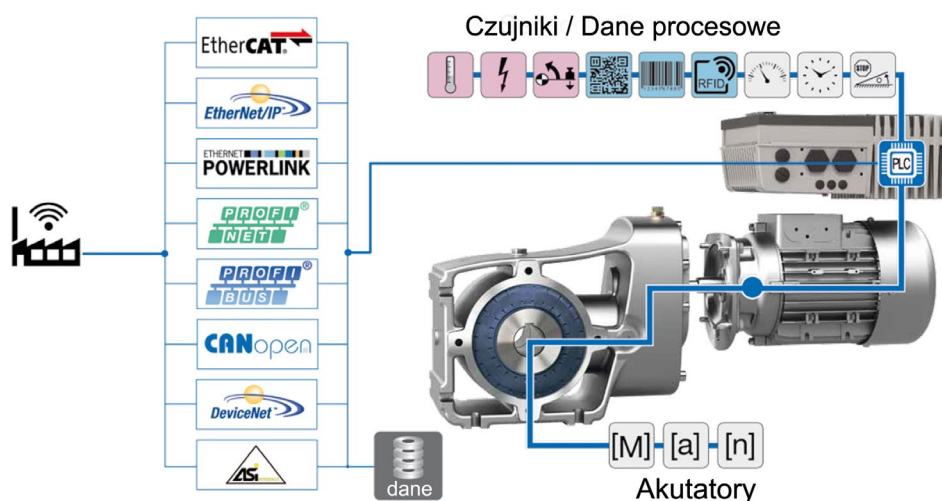
Szybko rosnący udział krajów rozwijających się w światowym przemyśle produkcyjnym skłania gospodarkę Europy do poprawy konkurencyjności działających lokalnie fabryk. Zapoczątkowany w Niemczech program Przemysł 4.0 jest promowany w innych krajach i ma być impulsem dla nowej, czwartej rewolucji przemysłowej, w efekcie której wysoko rozwinięte kraje zatrzymają proces postępującej deindustrializacji.

Projekty maszyn i urządzeń, które spełniają niemieckie warunki ramowe idei „Przemysł 4.0” oraz zbliżonej koncepcji „przemysłowego Internetu Rzeczy” (Internet Rzeczy jest kompleksową strukturą urządzeń podłączonych do Internetu, które są w stanie identyfikować się nawzajem i komunikować się między sobą), wymagają inteligentnych napędów o wysokiej elastyczności i funkcjonalności. Nowa fala technologii Industry 4.0 opiera się na koncepcji cyber-fizycznych systemów, innymi słowy: na głębokim oddziaływaniu na siebie rzeczywistych i wirtualnych światów, które stają się trzonem procesu produkcyjnego. Zarówno sprzęt do produkcji, jak i wytwarzane dobra są teraz w stanie gromadzić, przetwarzać i analizować dane o świecie fizycznym i oddziaływać na siebie w sposób autonomiczny. Przykładem

jest komunikacja między maszynami w fabryce, która umożliwia im samodzielną konfigurację, dostosowywanie się do zmian i przewidywanie awarii bez pomocy człowieka. Europejski sektor produkcyjny jest szczególnie dobrze usytuowany na tym nowym polu, a niektóre państwa członkowskie wdrożyły już krajowe strategie, aby stać na czele czwartej rewolucji przemysłowej.

Jednostki napędowe są jedną z technologii multidyscyplinarnych, które stosowane są prawie w każdym procesie we wszystkich sektorach przemysłu. Inteligentne jednostki napędowe z NORD DRIVESYSTEMS odgrywają obecnie ważną rolę w systemach wysoce zautomatyzowanych, co jest konieczne dla rozwoju tak zwanej czwartej rewolucji przemysłowej, która koncentruje się na szerokiej wymianie informacji na

wszystkich poziomach. Napędy te powinny zostać w jednolity sposób zintegrowane z sieciami komunikacyjnymi, zapewniać efektywne przetwarzanie danych i realizować modularne, zdecentralizowane koncepcje sterowania. Wprowadzając na rynek markę „NORD 4.0 READY”, NORD DRIVESYSTEMS dostarcza skalowalne systemy napędów elektrycznych oraz oprogramowanie obsługujące pełne spektrum zadań, od prostych siłowników do skomplikowanych systemów operujących w sieci. Programowalne, uniwersalne przetwornice zintegrowane z napędami o mocy do 22 kW są oferowane dla silników synchronicznych oraz indukcyjnych, które obejmują duży procent zastosowań przemysłowych. Posiadając procesory o dużej mocy plus wbudowany sterownik programowalny (PLC), przemienniki





częstotliwości mogą obsługiwać skomplikowane procesy sterowania, autonomicznie reagować na warunki procesów, a nawet usuwać usterki. Falownik z PLC przetwarza dane otrzymane od podłączonych czujników i siłowników oraz dostarcza do sterowni i innych węzłów sieci wysokiej jakości informacje dotyczące napędu i określonego zastosowania. Inteligentne sterowanie sekwencyjne może pozwolić jednostce napędowej na niezależne działanie. Jednakże zespoły napędowe mogą same komunikować się ze sobą: „Uwaga, kieruję do Ciebie partię towaru; uruchomić przenośnik taśmowy.” Napęd Slave może następnie zsynchronizować się do napędu Master, by wykonać pewne zadania, a następnie powrócić do normalnego działania. Setki typowych funkcji i parametrów są przetwarzane, przesyłane i odbierane bez udziału sterownika głównego. Dzięki temu w razie

potrzeby przemiennik częstotliwości może koordynować zarówno proste, jak i złożone aplikacje niezależnie od systemu sterowania zakładu i może reagować na zmiany w procesie lub naprawić wiele błędów procesowych niezależnie, bez zewnętrznej interwencji.

Moduły napędowe mogą tworzyć grupy do konkretnych zadań, na przykład w celu synchronizacji prędkości lub pozycji. Zbiory predefiniowanych parametrów dla setek powszechnie wymaganych funkcji, włącznie z modułami PLC otwartego sterowania ruchem, ułatwiają tworzenie aplikacji. Jako dostawca pełnowymiarowych systemów napędowych, NORD wytwarza falowniki, silniki oraz moduły przekładniowe. Na całym świecie producent oferuje dostawy systemów napędowych dla całych obiektów, gotowych do użycia – zmontowanych i sparametryzowanych, ze znormalizo-

wanymi wtykowymi połączeniami kablowymi (1 × moc, 1 × dane), co zapewnia oszczędność czasu przy przekazaniu do eksploatacji.

Klienci, którzy chcą wdrożenia standardów Przemysł 4.0 we własnych zakładach, mogą polegać na nas, jako na dostawcy odpowiednich jednostek napędowych. ■



NORD Napędy Sp. z o.o.

Krakowska 58

32-020 Wieliczka

tel.: 12-288 99 00

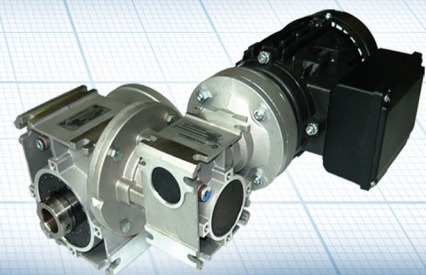
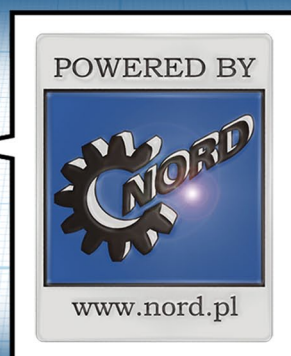
fax: 12-288 99 11

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

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

reklama

## Napędy NORD do podajników do kotłów grzewczych Gwarancja spokojnego snu



**Szukaj kotłów z tym znakiem**  
**Upewnij się że producent zadbał o najwyższą jakość napędu**

- technologia wykonania najwyższej jakości
- 13 lat doświadczenia w branży, 250 000 sprzedanych napędów.
- najbardziej różnorodny typoszereg
- idealne do podajników ślimakowych, łukowych i specjalnych
- skuteczny i szybki serwis

NORD Napędy sp. z o.o. / tel.: 12 / 288 99 00 / e-mail: [biuro@nord.com](mailto:biuro@nord.com)

**50** NORD  
YEARS  
DRIVESYSTEMS  
1965–2015  
[www.nord.com](http://www.nord.com)



## Wymagania dotyczące bezpieczeństwa obudów i szaf sterowniczych

# Ochrona ze stali

Szafy sterownicze zapewniają nie tylko ochronę umieszczonego wewnątrz wyposażenia elektrycznego. Chronią też osoby pracujące przy aparaturze rozdzielczej lub sterowniczej lub znajdujące się w pobliżu przed zagrożeniami ze strony prądu elektrycznego. Wymagania ochrony i funkcje bezpieczeństwa są określone przez różne normy, dyrektywy lub warunki dopuszczenia, zależnie od miejsca pracy, branży lub zastosowania. Z tych różniących się specyfikacji wynikają różne badania i kontrole potwierdzające zgodność obudowy.

**N**ajbardziej chyba znanym wymogiem dotyczącym obudów sterowniczych jest stopień ochrony IP wg IEC 60529, który opisuje ochronę przez wnikaniem cząstek stałych lub pyłu oraz przed wnikaniem wody. Poza tym istnieje jednak jeszcze wiele innych wymagań związanych z obudowami sterowniczymi:

- dokładność wymiarowa;
- odporność na korozję;
- grubość warstwy lakieru;
- wytrzymałość uderzeniowa;
- statyczna obciążalność materiału;
- dynamiczna obciążalność materiału, odporność na wibracje;
- odporność na UV;
- ochrona przed zewnętrznymi warunkami klimatycznymi;
- zdolność odprowadzania ciepła;
- wytrzymałość ciśnieniowa podczas zwarcia elektrycznego;
- ochrona ludzi podczas awarii elektrycznej;
- ochrona ludzi przed łukiem elektrycznym;
- ochrona w przypadku uszkodzeń mechanicznych z zewnątrz;
- odporność termiczna tworzyw sztucznych gwarantujących stopień ochrony od zewnątrz;
- zapewnienie niezmiennego jakości produkcji.

Wymagania te, a także kontrola i dokumentacja ich spełnienia, są określone w normach, jak np. IEC 62208 lub IEC 61439-1. Należy przy tym pamiętać, że w zależności od rynku, np. w Ameryce Północnej, Europie lub Azji, mogą być wymagane dodatkowe dopuszczenia. Standard IEC jest uznawany w wielu regionach świata wprost albo w przetłumaczonej wersji krajowej. W Ameryce Północnej zamiast standardu IEC do

udokumentowania funkcji ochronnych są wymagane standardy Nema lub dopuszczenia UL. W szczególnych miejscach zastosowania, jak np. na statkach lub na kolei, obowiązują dodatkowe wymagania.

Po zaliczeniu kontroli i udokumentowaniu uzyskuje się niezbędną dokumentację do dopuszczeń, niemniej także w wytwarzaniu obudowy sterowniczej wymaga się zagwarantowania standardów produkcji, a przez to niezmiennego jakości. Bez tego nie jest możliwe utrzymanie dopuszczeń i znaków kontroli.

Aby zachować dopuszczenia niektórych organizacji, jak np. UL, Lloyd's, DNV, poza pierwszym badaniem regularnie są również kontrolowane zakłady produkcyjne. Po przeprowadzeniu audytu towarzystwa klasyfikacyjne udzielają zgody na umieszczanie znaków aprobaty na szafach aż do następnej kontroli. Dlatego w przypadku producentów, którzy poddają swoją produkcję regularnej kontroli przez takie organizacje, można oczekiwać niezmiennego jakości obudów sterowniczych.

Jako jeden ze światowych liderów w zakresie technologii obudów i szaf sterowniczych, Rittal w siedzibie firmy w Herborn posiada akredytowane laboratorium kontrolne – dzięki czemu jest kompetentnym partnerem także dla innych przedsiębiorstw. Poza wymaganymi badaniami wstępnymi nowych produktów Rittal regularnie kontroluje różne właściwości obudów sterowniczych z bieżącej produkcji. W ten sposób gwarantuje się wysoki standard jakości systemów szaf sterowniczych Rittal.

Poza regularną kontrolą produktów w celu zapewnienia jakości produktu, dla niezmiennego jakości ważne są także standardy technologii produkcji. Aby



Elektryczne urządzenia rozdzielcze i sterownicze chronią ludzi znajdujących się w pobliżu przed zagrożeniami związanymi z prądem elektrycznym

możliwe było ich uwzględnienie także w przypadku wymiarów specjalnych lub też szczególnych form obudów, w Rittal wymyślono i stosuje się technologię platformową. Dzięki niej specjalne obudowy sterownicze są produkowane i powlekane w ten sam sposób i nie różnią się jakością od produktów wytwarzanych seryjnie.

### Więcej niż farba

Nowoczesną obudowę sterowniczą wyróżnia spełnienie odpowiednich wymagań zgodnie z aktualnym stanem techniki i obowiązującymi normami. Na przykład ochrony antykorozyjnej nie



Standardowy proces produkcji gwarantuje zawsze taką samą budowę szaf, także przy różnych wymiarach

zapewnia się już tylko przez zwyczajne pomalowanie metalowego korpusu. Dla zagwarantowania długotrwałej ochrony przed korozją niezbędny jest określony proces z różnymi etapami, od czyszczenia aż po lakierowanie proszkowe zagruntowanej obudowy. Długotrwała ochrona obudowy przed korozją jest niezbędna dla utrzymania ochrony ludzi i urządzeń także po latach eksploatacji aparatury rozdzielczej i sterowniczej.

Ochrona elektrycznych szaf sterowniczych przed korozją jest wymagana przez normy IEC 62208 lub IEC 61439. Niezbędne tutaj badanie korozyjne przeprowadza się zgodnie z IEC 60068-2. Bazując na normie kontrolnej, rozróżnia się instalację w pomieszczeniach lub na wolnym powietrzu. Aby wykazać odporność na korozję, przeprowadza się test w oparach zawierających sól, podczas którego w ciągu kilku dni symuluje się proces korozji, który w rzeczywistości trwa latami.

Obudowy sterownicze Rittal z lakierowanej blachy stalowej do zastosowań wewnętrznych spełniają wymagania odporności na korozję dzięki standaryzowanemu procesowi powlekania.

Po zakończeniu produkcji surowa obudowa w pierwszym etapie jest czyszczona i odfuszczana w celu zapewnienia trwałej przyczepności następnych warstw. Bezpośrednio po odfuszczeniu następuje nakładanie pierwszej warstwy przeciwkorozyjnej w ramach wstępnej obróbki nanoceramicznej. W celu naniesienia drugiej powłoki obudowę zanurza się w całości w basenie, w którym otrzymuje gruntowanie elektroforezowe.

Końcową ochronę zapewnia powlekanie proszkowe, które jednocześnie nadaje strukturę zewnętrznej powierzchni szafy.

Jeżeli w trakcie późniejszej obróbki uszkodzona zostanie wierzchnia warstwa, to zawsze istnieją jeszcze dwie inne warstwy antykorozyjne.

### Długotrwałe bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo ludzi przebywających w pobliżu elektrycznych instalacji rozdzielczych lub obsługujących elektryczne instalacje rozdzielcze jest ważnym celem, który ma zostać osiągnięty przez normę IEC 61439. W związku z tym norma ta zawiera szereg wymagań opisujących właściwości mechaniczne



Gruntowanie zanurzeniowe stelaży ramowych do szaf sterowniczych w zakładach Rittal w Rittershausen

obudów. W przypadku awarii elektrycznych silnym obciążeniem podlega również obudowa szafy sterowniczej, przez wzrost ciśnienia wewnętrznego lub magnetyczne oddziaływanie wysokich prądów zwarciovych. Wzrost ciśnienia wewnętrznego następuje np. podczas zadziałania dużych wyłączników zwarciovych wytwarzających łuk elektryczny. Jednak pole magnetyczne, które powstaje wokół szyny miedzianej, szczególnie przy dużych prądach zwarciovych, poza działaniem na sąsiednią szynę miedzianą, oddziałuje także na części obudowy, jak np. na płytę montażową. Obudowa musi gwarantować, że podczas wyłączenia zwarciovego nie otworzą się drzwi szafy lub system szyny zbiorczej pozostanie dobrze przymocowany także podczas zwarcia. Otwierające się drzwi szafy sterowniczej lub latające części mogą łatwo zranić ludzi w pobliżu rozdzielni.

Dlatego ważne jest, aby obudowa szafy sterowniczej także po wielu latach posiadała wytrzymałość mechaniczną jak na początku i nie straciła jej przez rdzę lub inne oddziaływania. Aby to zagwarantować długoterminowo, ale też w niezmienniej jakości niezbędny jest wysoki standard procesu produkcji i lakierowania.

### O Rittal Sp. z o.o.

Firma Rittal Sp. z o.o. powstała w 1999 roku w Grodzisku Mazowieckim k. Warszawy. To polskie przedstawicielstwo koncernu Rittal GmbH, światowego lidera w dziedzinie systemów szaf sterowniczych i obudów kompaktowych. Od 2013 roku Rittal Sp. z o.o. jest również wyłącznym przedstawicielem w Polsce



Różne systemy szaf sterowniczych Rittal mają jedną cechę wspólną – standardowy proces produkcji i lakierowania

firmy Kiesling Maschinenteknik, specjaliści w zakresie rozwiązań automatyzacji i budowy rozdzielni. Do głównych produktów założonego w 1970 r. przedsiębiorstwa zaliczają się centra obróbki do konfekcjonowania szaf sterowniczych, maszyny przycinające, automaty montażowe do listew zaciskowych, stoły montażowe oraz tester szaf sterowniczych.

Rittal Sp. z o.o. oferuje ponad 10 000 produktów i zaawansowanych rozwiązań z zakresu systemów szaf sterowniczych, systemów zabudowy elektroniki, klimatyzacji systemowej, komponentów rozdziału mocy, infrastruktury IT oraz obudów zewnętrznych. Firma jest także dostawcą sejfów na nośniki danych, sejfów modułowych dla szaf sieciowych i serwerowych oraz rozwiązań związanych z ochroną przeciwpożarową budynków. Specjaliści Rittal Sp. z o.o. świadczą również kompleksowe usługi serwisowe oraz doradcze. Firma posiada oddział regionalny w Katowicach. Pozostałe informacje na stronie [www.rittal.pl](http://www.rittal.pl).

Fot.: Rittal Sp. z o.o.

Marketing & PR:  
Karolina Kulawiak  
tel.: 22-310 06 20  
fax: 22-310 06 16

e-mail: [kulawiak.k@rittal.pl](mailto:kulawiak.k@rittal.pl)



Rittal Sp. z o.o.

Domaniewska 49

02-672 Warszawa

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

## Podsumowanie roku w przemyśle

Komentarz: Ireneusz Martyniuk,

Wiceprezes, Pion Przemysłu, Schneider Electric Polska

### Jak wyglądał przemysł w 2015 roku?

Polski przemysł jest mocno skorelowany z europejską gospodarką, chociaż na tle Europy Polska nadal wygląda bardzo dobrze i rozwija się w ustabilizowanym tempie. Niezależnie od tego w całym sektorze przemysłu mamy do czynienia z pojawianiem się ciągle nowych technologii. W 2015 roku wyraźnie mogliśmy zauważyć, że na znaczeniu zyskują technologie informatyczne, które zmieniają pracę fabryk i urzędzeń. Tu głównym motorem zmian jest Internet Rzeczy, który już dziś umożliwia bezprzewodową wymianę informacji i sterowanie maszynami, jak również analizę wszelkich procesów. W przemyśle dużą rolę zaczyna odgrywać Big Data jako narzędzie do zbierania i przetwarzania bardzo cennych, ale do tej pory niedostępnych dla inżynierów informacji o procesach przemysłowych. Dzięki temu przemysł wszedł na drogę, która umożliwia lepsze zarządzanie i optymalizację kosztów związanych z produkcją.

W mijającym roku po raz kolejny głośniej mówiło się o cyberbezpieczeństwie w przemyśle. Ten temat pojawił się już kilka lat temu, ale staje się coraz bardziej aktualny. Według danych pochodzących z raportu „Cyberbezpieczeństwo środowisk sterowania i automatyki przemysłowej”, opublikowanego przez Frost & Sullivan we współpracy ze Schneider Electric, najbardziej zagrożonymi sektorami wciąż są: gospodarka wodna (41% ataków), energetyka (16%) oraz firmy wielosektorowe (25%). Eksperti cały czas pracują nad najbardziej skutecznymi zabezpieczeniami sieci przemysłowych przed atakami. Możemy budować kolejne systemy ochrony lub odcinać te sieci od dostępu do internetu. Ten dylemat jest cały czas przedmiotem badań, tymczasem specjaliści wciąż tworzą nowe zabezpieczenia.

W tym roku mieliśmy do czynienia z jeszcze jednym ważnym wydarzeniem, związanym z sierpniowymi upałami i w rezultacie ograniczeniem dostaw energii. Szczególnie dotyczyło to zakładów produkcyjnych, gdzie ograniczenie energii spowodowało wyłączenie wielu procesów i zatrzymanie produkcji. To dość poważny problem, bo – jak wskazują wszelkie badania – takie trudności, nawet na większą skalę, mogą powtórzyć się w przyszłym roku. To z kolei rodzi pytanie o to, jak zabezpieczyć się przed takimi sytuacjami. Według podejścia Schneider Electric wyjściem jest inwestycja w efektywność energetyczną zakładów. Od lat produkujemy i ulepszymy technologie w zakresie efektywności energetycznej. Działania opierają się w pierwszej kolejności na bardzo dokładnym audycie energetycznym, a następnie na doborze i implementacji rozwiązań. Dla przykładu

warto powiedzieć, że pierwszym miejscem, w którym warto szukać oszczędności w dużych zakładach, są silniki, które generują największy pobór. Odpowiednie dostosowanie ich pracy, a czasem wymiana podzespołów może znacznie obniżyć koszty energii.

Na końcu warto wskazać na trendy wśród samych klientów czy integratorów pod względem oferowanych rozwiązań. Integratorzy byli bardziej zainteresowani nie tylko zakupami komponentów, ale też w coraz większym stopniu doradztwem aplikacyjnym. Wprowadzają oni istotną wartość dodaną w łańcuchu dostaw pomiędzy nami a użytkownikami końcowymi, wnoszą też dodatkową wiedzę w obszarach, w których się specjalizują. W tym roku naszą rolą jako producenta było i będzie uzupełnienie tej oferty i zasadniczo nie ma tu konfliktu z działalnością projektową integratorów, którą się często rozumie jako ukierunkowanie działań na rozwiązania.

### Przemysł w 2016 roku

W 2016 roku będziemy świadkami dalszego zwiększenia konsumpcji energii. Według wycień Schneider Electric przemysł do 2040 roku zwiększy o 35% zapotrzebowanie na energię. Ważną kwestią będzie więc zaspokojenie potrzeb poprzez bardziej racjonalne wykorzystanie energii dzięki efektywności energetycznej i automatyzacji.

Globalne i europejskie zmiany w zakresie podejścia do polityki klimatycznej będą implikować konieczność zmian technologicznych w produkcji przemysłowej. Jak powszechnie wiadomo, to przemysł jest największym emitentem CO<sub>2</sub>, dlatego też na jego barkach spocznie znaczna część zmian i kosztów związanych z ograniczeniem emisji. Aby zapobiec zmianom klimatu, będziemy musieli ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> do poziomu 40% do 2030 roku. I ten proces zacznie się właśnie w 2016 roku. Nie powinniśmy się jednak tego obawiać, bo pomagają nam w tym nowe technologie produkcji o mniejszej emisji. I ten rok będzie właśnie przyspieszeniem w zakresie modernizacji infrastruktury, gdzie główną rolę odegra Internet Rzeczy. To nowy rozdział w przemyśle, gdzie Schneider Electric już od lat przygotowuje rozwiązania, stając się globalnym liderem w tym obszarze.

Kolejny rok to dalszy rozwój w kierunku digitalizacji w przemyśle. Szacuje się, że do 2020 roku na świecie będzie 50 miliardów urządzeń podłączonych do sieci, 50 razy więcej niż jeszcze 5 lat temu. Oznacza to masę urządzeń komunikujących się samodzielnie za pomocą sieci i analizujących miliony danych w czasie rzeczywistym, aby wykonywać określone czynności. Głównym wyznacznikiem tych zmian jest Internet Rzeczy. Technologie te przyniosą globalnej gospodarce aż 14 trylionów dolarów zysku. Megatrend digitalizacji wpłynie również na wydajność zakładów i pozwoli lepiej kontrolować wpływ przemysłu na środowisko. Na Internet Rzeczy należy więc patrzeć nie jak na rewolucję, ale jak na ewolucję, która będzie postępować. ■

reklama

ROBOTYKA.com PORTAL ROBOTYKI PRZEMYSŁOWEJ

wiadomości i wydarzenia

producenci i integratorzy

aplikacje robotów

www.robotyka.com

produkty i firmy



# Filmowe roboty istnieją i pracują w fabrykach

Komunikacja rodem z dialogów R2-D2 i C-3PO, zmienność Transformersów, funkcjonalny kształt WALL-E – roboty mające cechy filmowych bohaterów, m.in. z „Gwiezdných Wojen”, istnieją już w rzeczywistości. Pracują jednak nie tylko w branży rozrywkowej, ale i przemysłowej – podkreślają eksperci z firmy ASTOR i wskazują, jakie elementy filmowej wizji przeniknęły do codzienności.

**18** grudnia swoją premierę kinową miała kolejna część cyklu „Gwiezdných Wojen”, zatytułowana „Przebudzenie mocy”. Saga filmów stworzonych przez George'a Lucasa to fenomen społeczny i kulturowy. Pobudza wyobraźnię i skłania do refleksji m.in. nad tym, w jaką stronę zmierza technologia. Specjaliści z zakresu automatyki i robotyki znają już niektóre odpowiedzi. Filmowa wizja spełnia się na bieżąco – w fabrykach, w których roboty już od jakiegoś czasu przypominają pod pewnymi względami bohaterów „Gwiezdných Wojen”, „Transformersów” czy filmów takich, jak „Wall-E” i „Ja, robot”.

## Komunikacja to podstawa

Dialogi pomiędzy bohaterami „Gwiezdných Wojen”, robotami R2-D2 i C-3PO, są zwykle pełne humoru. To także wątek wykorzystujący ważny trend, widoczny już w wielu przedsiębiorstwach – komunikację robotów z maszynami. Współczesna technologia daje inżynierom wiele opcji, umożliwiających łączenie i współpracę robotów z maszynami różnych producentów. Jest to możliwe m.in. z wykorzystaniem sygnałów dyskretnych, analogowych, kart komunikacyjnych, portów USB czy Ethernetu. Po takim połączeniu roboty i maszyny są w stanie m.in. podawać maszynom dane, manipulować nimi i przekazywać dalej, do kolejnych urządzeń.

– Dzięki połączeniu maszyny z robotem i ich bezpośredniej komunikacji można przyspieszyć proces produkcji, podnosząc przy tym jakość produktów. Korzyści wynikające z połączenia robotów z maszynami to także zwiększenie wydajności i skrócenie czasu obsługi maszyny, duża elastyczność oraz precyzja pobierania i odkładania elementów. Roboty współpracują i komunikują się bezpośrednio z maszynami przede wszystkim tam, gdzie środowisko pra-

cy byłoby niebezpieczne dla człowieka, przez takie czynniki, jak np. hałas, wysoka temperatura, ostre wióry czy rozbryzgi płynów technologicznych – wyjaśnia Stefan Życzkowski, prezes firmy ASTOR.

## Transformację czas zacząć

Filmowymi bohaterami masowej wyobraźni są także „Transformersy”, czyli samochody, które mogą po chwili stać się robotami. Czy taka „wielofunkcyjność” znajduje swoje odzwierciedlenie we współczesnych rozwiązaniach dla firm produkcyjnych? Naturalnie. Specjaliści ASTOR-a podkreślają, że stosowana dzisiaj technologia pozwala m.in. na bardzo szybkie przeprogramowanie robotów. To funkcjonalność umożliwiająca optymalizację produkcji, zwiększenie wydajności pracy oraz oszczędności zarówno pod względem materiałowym, jak i energetycznym. Przykładów takich przemysłowych „Transformersów” jest bardzo wiele. To chociażby urządzenia umożliwiający zrobotyzowane spawanie. Roboty spawalnicze już po wdrożeniu na linię produkcyjną można sprawnie przeprogramować tak, by były w stanie wykonywać nowy typ zadania, zoptymalizować aktualne czy dostosować się do różnych technik spawalniczych.

## Z bajki na ziemię

WALL-E, czyli Wysypiskowy Automat Likwidująco-Lewarujący klasy E, to kultowy bohater jednego z animowanych filmów Disneya. Swoją budową do złudzenia przypomina roboty mające zastosowanie w rzeczywistości, m.in. w celach wojskowych. W przeciwieństwie do dronów, są one przydatne przy bardzo trudnych misjach naziemnych i zajmują się m.in. zwiadem wojskowym czy też wykrywaniem min. Coraz częściej podobne rozwiązania bywają jednak także stosowane w przemyśle i innych branżach. Mnogość autonomicznych funkcji

sprawia, że takie roboty mogą wykonywać wiele samodzielnych operacji i implementowane są obecnie np. w pożarnictwie, ochronie, a także w spółkach komunalnych, np. do kontroli stanu studzienek ściekowych.

## Robot dla każdego

Oglądając film „Ja, robot” z 2004 roku, z Willem Smithem w roli głównej, trudno nie zwrócić uwagi na zaprezentowaną w nim wizję robotów towarzyszących i pomagających każdemu w życiu codziennym. Teraźniejszość – nie jest wcale tak odległa od tej filmowej kreacji. Smartfony, dostępne niemal dla każdego, są przecież rozbudowywane o coraz więcej funkcjonalności i aplikacji. Coraz częściej pojawiają się głosy, że to właśnie one mogą stać się w przyszłości odmianą tzw. robotów konsumenckich, czyli osobistych. Rozwiązania oparte m.in. o technologie mobilne są także coraz szerzej dostępne w przemyśle, a po aplikacje umożliwiające np. zdalne sterowanie linią produkcyjną sięgają nawet małe i średnie przedsiębiorstwa.

– Rozwiązania z zakresu automatyki i robotyki są dostępne nie tylko dla największych przedsiębiorstw. Rewolucja w tej dziedzinie spowodowała, że coraz więcej małych i średnich firm korzysta lub rozważa skorzystanie z robotów i aplikacji. Na przestrzeni ostatnich 10 lat dokonała się przemiana związana z większą dostępnością cenową robotyki dla MSP. Firmy, które zainwestowały w takie rozwiązania już jakiś czas temu, dostrzegają także efektywność kosztową, jaką dają one w dłuższej perspektywie czasowej. To kolejny argument dla inwestowania przez mniejsze firmy w rozwiązania, które nie zawsze są aż tak spektakularne, jak z „Gwiezdných wojen”, ale wiele z nich to naprawdę spory krok technologiczny – podsumowuje Stefan Życzkowski. ■

# Paletą w konkurencję

O robotyzacji linii paletyzacyjnych opowiada Andrzej Jacak, kierownik działu automatyki w Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Piątnicy. OSM Piątница zajmuje się przetwórstwem mleka i produkcją mlecznych wyrobów spożywczych. Spółdzielnia jest również jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się zakładów polskiego przemysłu mleczarskiego. Aby sprostać stale rosnącej konkurencji na krajowym i unijnym rynku wyrobów mleczarskich, firma zdecydowała się zwiększyć swą wydajność produkcji przez robotyzację linii paletyzacyjnych.

**Redakcja:** – Co Państwa skłoniło do decyzji o zakupie robotów?

**Andrzej Jacak:** – Od wielu lat OSM Piątница stawia na ciągły rozwój, mający na celu konkurowanie z najlepszymi firmami na rynku mleczarstwa nie tylko w Polsce, ale i na świecie. Jednym z naszych głównych celów jest udoskonalanie produkowanych przez nas wyrobów oraz wprowadzanie nowych produktów. Priorytetem jest ich jakość i naturalność. Najwidoczniej nasi klienci doceniają takie podejście, bo co roku możemy pochwalić się zwiększeniem sprzedaży naszych wyrobów, i to praktycznie w każdym segmencie.

Stałe zwiększanie produkcji niesie jednak ze sobą konieczność rozbudowy zakładu i wprowadzania bardziej efektywnych metod produkcji. OSM Piątница mogła zawsze pochwalić się nowoczesnymi urządzeniami i liniami produkcyjnymi niemal na każdym etapie produkcji. Na pewnym poziomie rozwoju naszej firmy konieczne jednak stało się udoskonalenie procesu odbierania i paletyzacji gotowych wyrobów, tak aby można było sprostać coraz bardziej wydajnym maszynom pakującym. Niejako oczywistym wyborem stała się implementacja robotów – maszyn, które z powodzeniem mogłyby zastąpić pracowników przy wykonywaniu najbardziej uciążliwych i żmudnych zadań. Dodatkowymi atutami robotów były: szybkość, duże możliwości udźwigu, powtarzalność i oczywiście dokładność.

Słuszność naszych przemyśleń potwierdziły również konsultacje z firmami oferującymi roboty. Ostateczną decyzję o zakupie robotów podjęliśmy właśnie na podstawie wielu spotkań i analiz przeprowadzonych wspólnie z tymi firmami.

**R.:** – Jak wyglądał proces integracji robotów z linią produkcyjną?

**A.J.:** – Roboty wdrożone w OSM Piątница to standardowe wersje FANUC M-410iB dedykowane do paletyzowania. Obecnie pracują u nas 4 takie maszyny. Złożoność układu linii paletyzujących w naszym zakładzie wymagała jednak uprzedniego przystosowania tych robotów – pod nasze potrzeby celowo skonstruowano specjalny chwytak robota. Niezbędne były też prace integrujące, polegające na właściwym skomunikowaniu robotów z innymi urządzeniami systemu. Roboty wymagały również odpowiedniego zaprogramowania trajektorii ruchu



chwytaka, która jest ustalana indywidualnie dla każdej aplikacji. Do tego doszły również sprawy bezpieczeństwa, jak np. ustalenie strefy zasięgu robota.

Wdrożenie robotów wymagało również odpowiedniego przeszkolenia naszych pracowników z zakresu obsługi tych urządzeń. Operatorzy obsługujący nasze linie, a więc i roboty, odbyli odpowiednie szkolenie podczas prac uruchomieniowych gotowej instalacji. Dodatkowo byli oni obecni podczas prac montażowych. W podobny sposób szkoliły się też nasze służby techniczne. Dodatkowo 2 osoby zostały wysłane na specjalistyczne szkolenie z zakresu obsługi i programowania robotów FANUC.

Z perspektywy czasu możemy powiedzieć, że roboty zostały dobrane i wdrożone prawidłowo. Nie mamy z nimi żadnych problemów. Ograniczamy się tylko do przeglądów, w naszym przypadku wykonywanych raz na rok.

**R.:** – Jakie korzyści odniosła Państwa firma dzięki zainstalowaniu robotów w zakładzie?

**A.J.:** – Z punktu widzenia przedsiębiorstwa zyskałyśmy wydajne i nowoczesne urządzenia. Dzięki nim zwiększamy wydajność naszej produkcji. Do tego dochodzi również większa precyzja i powtarzalność wykonanej pracy – dobrze zaprogramowany robot nie popełnia błędów.

Bardzo ważny jest też aspekt ekonomiczny – jeden robot wykonuje pracę kilkunastu, a może nawet kilkudziesięciu ludzi, i to pracę najbardziej nie lubianą, związaną z dużym wysiłkiem i monotonią. Przed wprowadzeniem robotów linie paletyzujące



### ŚWIATOWA EKSTRAKLASA

**NOWOŚĆ**

CANopen  
Modbus



w naszym zakładzie były dużo prostsze – siła ludzkich rąk była więc wystarczająca. Dzięki robotom osiągnęliśmy jednak wydajność rzędu kilkudziesięciu palet na godzinę – nasi pracownicy nie byłoby w stanie osiągnąć takiej prędkości. Nie sądzę więc, aby zadania, które teraz wykonują roboty, równie skutecznie mogli wykonywać ludzie. Nie da się bowiem zsynchronizować pracy wysoko wydajnych maszyn pakujących z pracą ludzi przy odbieraniu gotowych produktów i z zachowaniem wysokiego tempa pracy. Obecnie w naszej firmie do obsługi każdej linii paletyzacji wystarczy jeden operator. Po wdrożeniu robotów osoby, które do tej pory były zatrudnione w działach paletyzacji, zostały przesunięte do działów, gdzie praca jest dużo łatwiejsza pod względem fizycznym, np. do konfekcjonowania wyrobów.

Robotyzacja wiąże się również z innymi korzyściami. Jak już wspomniałem, co roku nasz zakład odnotowuje wzrost sprzedaży. Na pewno procentuje tu dbałość o najwyższą jakość naszych wyrobów, ale duże znaczenie ma również fakt, że stale poszerzamy asortyment produkcji. Bez robotów wzrost produkcji, a w szczególności produkcji nowych wyrobów, byłby znacznie trudniejszy. Wprowadzanie nowych produktów powoduje też konieczność rozbudowy firmy, a tym samym wzrost zatrudnienia.

**R.:** – Czy dzięki robotyzacji wzrósł też poziom bezpieczeństwa pracy?

**A.J.:** – Tak. Ludzie zostali zastąpieni przez roboty na stanowiskach, na których praca była najcięższa i ryzyko wypadku było największe. Pracownicy, którzy pracowali już wcześniej, chwalą sobie ogólną poprawę warunków pracy. Obsługa robotów jest dość prosta. Operator w zasadzie nie obsługuje samego robota, ale całą linię paletyzującą. Do obsługi robota dedykowany jest specjalny panel operatorski, z którego korzysta się jednak rzadko i robią to wyłącznie służby utrzymania ruchu.

**R.:** – Czy utrzymanie robota wiąże się z dodatkowymi kosztami?

**A.J.:** – Otóż nie. Często niedocenianą cechą robotów jest też ich niezawodność.

Bazując na przypadku naszego zakładu, mogę powiedzieć, że poza standardowymi przeglądami, podczas których wymieniany był tylko smar i baterie podtrzymujące pamięć robota, nic jak dotąd nie wymagało dodatkowej obsługi. Nie mieliśmy żadnej awarii. Na pewno jest to dodatkowy atut ekonomiczny, z którego nie zdawaliśmy sobie tak naprawdę sprawy. Sądziliśmy, że koszty utrzymania robotów będą wyższe. Jak się okazało – myliliśmy się. Nie bez znaczenia jest też aspekt marketingowy. Piątka dzięki dużym inwestycjom w park maszynowy postrzegana jest jako zakład nowoczesny i mogący konkurować z najlepszymi.

**R.:** – Czy planują Państwo dalej zwiększać konkurencyjność przedsiębiorstwa poprzez wdrażanie kolejnych robotów?

**A.J.:** – Oczywiście. Dalszy rozwój firmy również będzie kontynuowany z uwzględnieniem robotów. Obecnie jesteśmy w trakcie rozbudowy dużej linii paletyzującej. Pracujący tam do tej pory robot będzie miał towarzysza – oczywiście kolejną maszynę firmy FANUC. Moim zdaniem z dwóch zakładów o podobnym profilu produkcji z rywalizacji zwycięsko wyjdzie ten, który postawi na efektywność i jakość. Do uzyskania wysokich poziomów tych parametrów w wielu branżach roboty są wręcz niezbędne. Wydajność, jaką one dzisiaj zapewniają, jest znacznie większa od tej, którą możemy osiągnąć dzięki sile pracy ludzkiej.

Oczywiście zupełnie inną sprawą jest mała powszechność robotyzacji produkcji w branży mleczarskiej. Jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest fakt, że przemysł mleczarski w Polsce jest bardzo rozdrobniony. Istnieje spora grupa małych zakładów, które produkują niewielkie ilości wyrobów. Często system ich pracy jest jedno- lub dwuzmianowy. W takiej sytuacji wdrażanie skomplikowanych zrobotyzowanych linii bywa często nieopłacalne. Jednak w naszym przypadku rezygnacja z robotyzacji oznaczałaby brak długofalowego i perspektywicznego myślenia, a obecnie obserwowany dynamiczny rozwój firmy byłby znacznie trudniejszy do osiągnięcia.

# eldar

tel. 77 442 04 04, 77 453 22 59, eldar@eldar.biz

SERVOTRONIX  
always in motion™

CANopen EtherCAT  
PROFIL  
NET



www.servotronic.pl

**PROMOCJA**  
ZESTAW 0.4kW: 2 396 zł

Innowacyjne rozwiązania sprzętowe i programowe  
Certyfikowana funkcja bezpiecznego wyłączenia  
- STO.

Duża gęstość mocy  
Uprozczone procedury uruchomieniowe  
Bardzo duża dokładność, dynamika i stabilność  
Programowanie sekwencji ruchu za pomocą skryptów



# Innowacyjne technologie oczyszczania ścieków komunalnych – kierunki rozwoju

Krzysztof Barbusiński

Rozwój technologii środowiskowych jest jednym z warunków rozwoju gospodarczego Polski jako jeden z istotnych elementów realizacji zasad zrównoważonego rozwoju. Analiza tych dokumentów pokazuje, że jednym z kluczowych obszarów technologicznych, które mają istotne znaczenie dla rozwoju Polski, jest gospodarka wodno-ściekowa. Dokumentem, który określa działania rozwojowe w ramach przyszłej perspektywy finansowej UE na lata 2014–2020, jest *Strategia Rozwoju Kraju 2020 – Aktywne społeczeństwo, konkurencyjna gospodarka, sprawne państwo (SRK 2020)*. Strategia ta jest podporządkowana *Długookresowej Strategii Rozwoju Kraju 2030 – Trzecia fala nowoczesności (DSRK 2030)*, która prezentuje główne trendy, koncepcję rozwoju kraju oraz wyzwania w perspektywie długookresowej [1–4]. Zgodnie z SRK 2020, aby zwiększyć zainteresowanie przedsiębiorstw pracami B+R oraz wdrażaniem innowacji, rozwijane mają być prace naukowo-badawcze i instrumenty finansowania w tym zakresie. Zgodnie z tą strategią promowane będzie stosowanie innowacyjnych technologii w przemyśle oraz rozwój działań polegających na ochronie wód podziemnych i powierzchniowych przez ograniczenie ich zanieczyszczenia oraz działania związane z porządkowaniem systemu gospodarki ściekowej zaplanowane w Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych.


W artykule opisano krótko kierunki rozwoju innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków, których wdrażanie może przynieść nie tylko polepszenie efektów oczyszczania, ale także poprawić rachunek ekonomiczny oczyszczalni.

## 1. Intensyfikacja produkcji i wykorzystanie biogazu

Nowoczesne oczyszczalnie ścieków są skomplikowanymi obiektami inżynieryjno-technologicznymi, których funkcjonowanie często nie ogranicza się już jedynie do oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych. Obecnie w nowoczesnych oczyszczalniach ścieków unieszkodliwiających osady ściekowe w procesie fermentacji dobrą praktyką staje się wykorzystanie powstającego w komorach fermentacyjnych biogazu do skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej w procesach kogeneracji. Energetyczne wykorzystanie biogazu w oczyszczalniach ścieków znane jest od dziesięcioleci. Jednak obecnie dogłębna znajomość przemian zachodzących w procesach fermentacji, produkcja urządzeń kogeneracyjnych o coraz lepszej sprawności energetycznej, a także duże możliwości w zakresie sterowania i optymalizacji procesów oczyszczania, zarówno w części ściekowej, jak i osadowej oczyszczalni, stwarzają przesłanki do wprowadzania zabiegów intensyfikujących produkcję i wykorzystanie biogazu [5].

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono kierunki rozwoju innowacyjnych technologii w oczyszczalniach komunalnych. Omówiono procesy kofermentacji, wykorzystanie biogazu do produkcji energii elektrycznej, usuwanie azotu z odcieków pofermentacyjnych, występowanie farmaceutyków w ściekach i problem lekooporności bakterii, a także możliwości zaprojektowania oczyszczalni zero-energetycznej. Opisano także strategiczne działania związane z tworzeniem mechanizmów do współpracy między sektorami nauki i gospodarki w celu rozwoju i wdrażania zaawansowanych technologii oczyszczania ścieków komunalnych.

Słowa kluczowe: oczyszczanie ścieków, innowacyjne technologie, kofermentacja, kogeneracja, odcieki z odwadniania osadów, farmaceutyki w ściekach, oczyszczalnia zero-energetyczna

 **Abstract:** The paper presents directions for the development of innovative technologies in municipal wastewater treatment plants. The publication discusses co-fermentation processes, the use of biogas for electricity production, the removal of nitrogen from the reject water from the dewatering of digested sludge, the presence of pharmaceuticals in wastewater and the problem of drug-resistant bacteria, as well as the possibility of designing a zero-energy wastewater treatment plant. This article describes also, a strategic activities related to the creation of mechanisms for cooperation between representatives from science and economy for the development and implementation of advanced technologies of municipal wastewater treatment.

Keywords: wastewater treatment, innovative technologies, co-fermentation, cogeneration, reject water from the dewatering of digested sludge, pharmaceuticals in wastewater, zero-energy wastewater treatment plant

W procesie kogeneracji biogaz pozyskiwany podczas fermentacji osadów ściekowych kierowany jest do agregatów kogeneracyjnych (fot. 1), służących do skojarzonej produkcji energii elektrycznej oraz ciepła. Oczyszczalnia pokrywa w ten sposób część zapotrzebowania na energię elektryczną z własnej produkcji. Natomiast ciepło wydzielone przy spalaniu biogazu w silniku gazowym generatora zasila sieć grzewczą poprzez wymienniki ciepła. W razie postojów lub awarii agregatów kogeneracyjnych na terenie oczyszczalni znajdują się kotły grzewcze, które spalając biogaz, pokrywają zapotrzebowanie na ciepło.



Fot. 1. Agregat kogeneracyjny (K. Sadowska, w [6])

Kotły takie przystosowane są najczęściej zarówno do spalania biogazu, jak i oleju opałowego [6].

Ze względu na to, że często istniejące instalacje stabilizacji beztlenowej osadów ściekowych są niedociążone ilością fermentowanych osadów (ponieważ ilość ścieków dopływających do oczyszczalni jest zwykle mniejsza od prognozowanej, a zatem ilość powstających osadów też jest mniejsza), nowoczesne

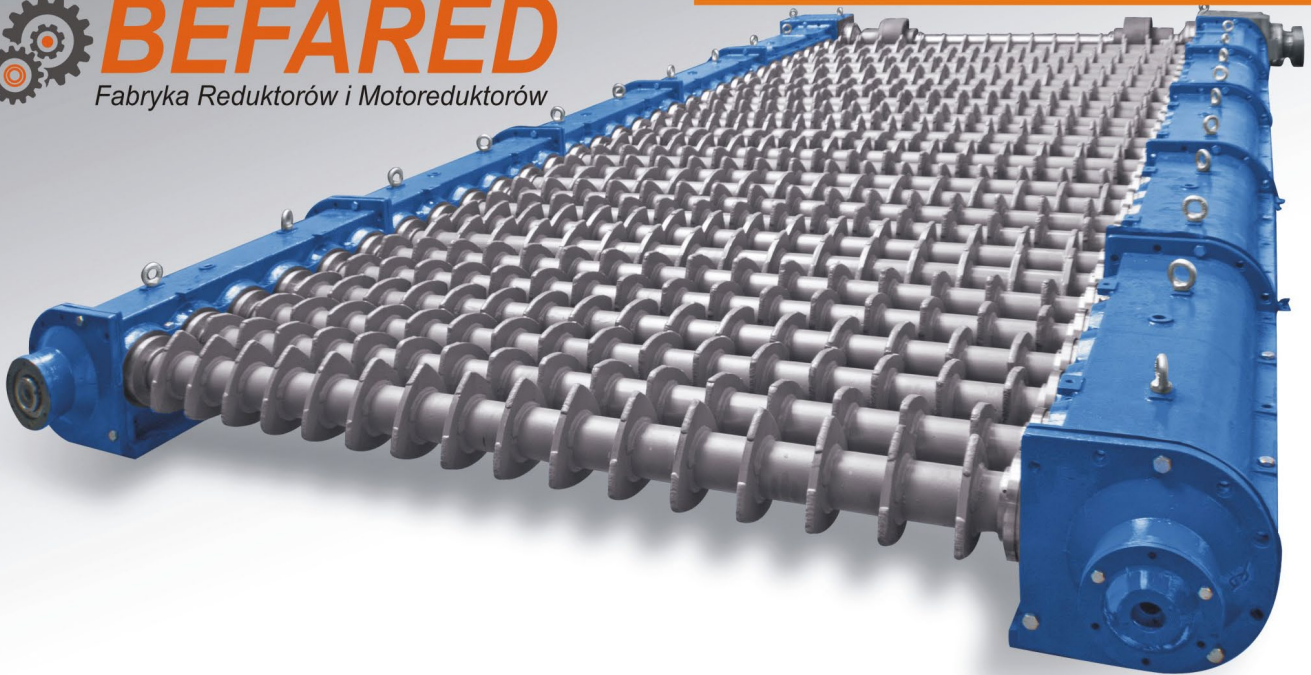
Tabela 1. Zawartość głównych składników w biogazie w zależności od rodzaju substratu [7]

Rodzaj substratu	Zawartość, % (v/v)	
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
Węglowodany	50	50
Tłuszcze	70	30
Białka	52	48
Odpady komunalne	56	44
Osady ściekowe	63	37

podejście do eksploatacji komór fermentacyjnych powinno obejmować wykorzystanie tego „nadmiaru” miejsca w komorach właśnie na fermentację innych odpadów wspólnie z osadami ściekowymi. Jest to tzw. kofermentacja, czyli współfermentowanie osadów ściekowych z innymi substratami typu serwatka, odpady zwierzęce itp. Najczęściej współfermentacji poddawane są odpady z rolnictwa, z przemysłu rolno-spożywczego, frakcja organiczna z odpadów komunalnych, a także bioodpady zbierane selektywnie [7]. Wykorzystuje się także inne odpady organiczne, np. glicerol będący produktem ubocznym podczas wytwarzania paliwa ekologicznego (biodiesel). W procesie współfermentacji osadów ściekowych można również wykorzystywać odpady komunalne powstające w gospodarstwach

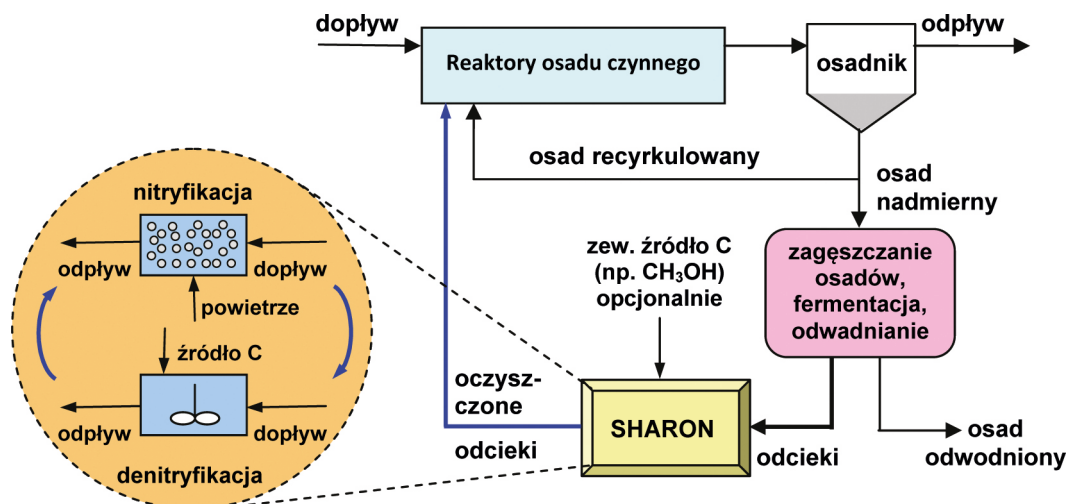
reklama

 **BEFARED**  
Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów



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





Rys. 1. Schemat procesu SHARON® z jednym reaktorem (na podstawie [15])

domowych [8–10], trawę pochodzącą z wykaszania trawników [11], odpady żywnościowe [12, 13], a nawet odcieki ze składowisk odpadów [14].

Współfermentacja ma na celu maksymalizację produkcji biogazu, gdyż często odpady organiczne charakteryzują się większą produkcją biogazu w odniesieniu do osadów ściekowych, dzięki czemu ich współfermentacja z osadami wpływa korzystnie na ilość powstałego biogazu. Odpowiedni dobór stosunku masyowego współfermentowanych odpadów pozwala na uzyskanie większej ilości biogazu, przy jednoczesnym utrzymaniu na w miarę stałym poziomie zawartości metanu w biogazie. Substancjami, które charakteryzują się dużą produkcją biogazu w procesie beztlenowej biodegradacji, są m.in. węglowodany, tłuszcze oraz białka. Rozkład tłuszczów powoduje wytwarzanie biogazu o dużej zawartości metanu (tabela 1). Również fermentacja białek pozwala na uzyskanie biogazu o większej kaloryczności niż w przypadku rozkładu węglowodanów. Podczas beztlenowej degradacji związków organicznych zawartych w osadach ściekowych powstaje natomiast biogaz o średniej zawartości metanu wynoszącej 63% (v/v) [7].

Współfermentacja niesie jednak ze sobą zagrożenia i posiada pewne wady. Należy pamiętać, że źle dobrane substraty do współfermentacji mogą spowodować spowolnienie fermentacji bądź inne problemy eksploatacyjne komór fermentacyjnych, dlatego zawsze wymaga to przeprowadzenia odpowiednich badań nad doбором substratów i ich wzajemnymi stosunkami ilościowymi. Należy także mieć na względzie jakość powstającej mieszaniny pofermentacyjnej, czy przypadkiem współfermentacja nie wpłynie niekorzystnie na jej dalsze ostateczne zagospodarowanie. Należy też przeanalizować, czy kosztem większej ilości biogazu nie nastąpi znaczne pogorszenie zdolności do oddawania wody przez osad, co będzie się wiązało ze zwiększeniem kosztów procesu odwadniania osadu.

Więcej możliwości intensyfikacji procesu fermentacji, takich jak wprowadzenie fermentacji dwustopniowej, zmianę fermentacji mezofilowej na termofilową, a także inne zabiegi w obrębie

części ściekowej oczyszczalni, prowadzące m.in. do zwiększenia ilości osadów i zawartości frakcji organicznej w osadach wprowadzanych do komór fermentacyjnych, opisano w innej publikacji autora [5].

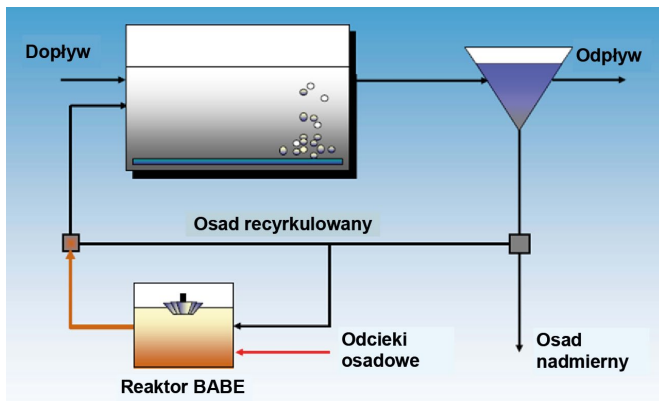
## 2. Usuwanie azotu z odcieków pofermentacyjnych

Analiza ładunków zanieczyszczeń dopływających, jak i generowanych w oczyszczalniach (w wyniku procesów technologicznych) pokazuje, że czynnikiem o potencjalnie dużym negatywnym wpływie na efekty usuwania azotu ogólnego są odcieki z odwadniania przefermentowanych osadów. Odcieki te niosą ze sobą znaczny ładunek azotu, który po zawróceniu do głównego ciągu technologicznego może powodować problemy z uzyskaniem wymaganego stopnia usuwania azotu ogólnego w procesach nitryfikacji i denitryfikacji. Ładunek azotu amonowego w tego typu odciekach może stanowić nawet do 25–30% ładunku azotu amonowego doprowadzanego do części biologicznej. Dodatkowy ładunek azotu amonowego zawarty w odciekach znacząco zwiększa zużycie tlenu w procesie nitryfikacji i zapotrzebowanie na węgiel organiczny w procesie denitryfikacji, jak również negatywnie wpływa na efekty usuwania azotu ogólnego w oczyszczalni i zwiększa wymaganą objętość bioreaktorów.

Dlatego obecnie w wielu krajach czyni się starania zmierzające do ograniczenia wpływu tych odcieków na pracę oczyszczalni przez wprowadzanie innowacyjnych technologii podczyszczania tych odcieków w tzw. bocznym ciągu technologicznym, zanim zostaną zawrócone do głównego ciągu oczyszczania. Stosuje się tutaj głównie procesy biologiczne, najprostsze do zastosowania w oczyszczalniach komunalnych, z wykorzystaniem osadu czynnego. Są to nowoczesne i efektywne technologie stosowane jeszcze w ograniczonym zakresie, wśród których na uwagę zasługują procesy SHARON® (rys. 1), BABE® (rys. 2), połączenie procesu SHARON® i ANAMMOX®, a także proces DEMON®.

Niektóre z tych technologii wykorzystują proces skróconej nitryfikacji, polegający na utlenianiu azotu amonowego jedynie





Rys. 2. Schemat poglądowy procesu BABE® [16]

do azotynów z następującą denitryfikacją z poziomu azotynów do wolnego azotu. W wyniku skróconej nityfikacji zmniejsza się zapotrzebowanie na tlen (o ok. 25%) oraz o około 40% na węgiel organiczny niezbędny dla efektywnej denitryfikacji azotynów do wolnego azotu  $N_2$ . Ułatwia to prowadzenie procesu w warunkach deficytu węgla organicznego dla denitryfikacji i może eliminować potrzebę stosowania zewnętrznego źródła węgla organicznego ( $C_{org}$ ).

W innych rozwiązaniach stosuje się bardzo niskie stężenia tlenu rzędu  $0,3 \text{ g/m}^3$ , co obniża koszty eksploatacyjne, a także wykorzystuje się specyficzne bakterie deamonifikacyjne „anammox”, co powoduje brak konieczności doprowadzania zewnętrznego źródła węgla organicznego w przypadku niekorzystnego stosunku  $BZT_5/N$ , gdyż bakterie te są autotrofami. Technologie te zostały w większym bądź mniejszym stopniu zastosowane już w praktyce na świecie. Obecnie jedną z najszybciej wdrażanych jest technologia DEMON®, która ma już około 70 wdrożeń na całym świecie. Największa europejska instalacja pracuje obecnie w oczyszczalni ścieków w Budapeszcie. Pierwsza instalacja DEMON® w Polsce została uruchomiona w październiku 2015 roku.

### 3. Farmaceutyki i zagrożenia mikrobiologiczne

Obecnie w wyniku coraz bardziej konsumpcyjnego stylu życia i zmiany nawyków społecznych realne stają się nowe zagrożenia dla ekosystemów wodnych. Takim istotnym zagrożeniem są farmaceutyki oraz środki hormonalne (biomimetyki hormonalne), których „spożycie” w ostatnich latach gwałtownie rośnie. Ponieważ stosowane techniki oczyszczania ścieków i uzdatniania wody nie eliminują tych substancji, przedostają się one ze ściekami oczyszczonymi do wód powierzchniowych, po czym zawracane są z uzdatnioną wodą do sieci wodociągowej [17]. Substancje te mają też negatywny wpływ na stan ekosystemów wodnych.

Rozwiązaniem tego problemu jest wprowadzanie do układów technologicznych oczyszczalni ścieków bardziej zaawansowanych technologii doczyszczania ścieków przy wykorzystaniu technik membranowych bądź procesów pogłębionego utleniania (AOP – *Advanced Oxidation Processes*). Procesy AOP stosowane są już do degradacji nierozkładalnych na drodze bio-

logicznej zanieczyszczeń zawartych w ściekach przemysłowych, odciekach składowiskowych, a także zanieczyszczonych wodach podziemnych. W wyniku stosowania procesów AOP generowane są rodniki hydroksylowe o bardzo wysokim potencjale utleniającym, które degradują skutecznie tego typu substancje. Niezbędne są badania optymalizacyjne przed zastosowaniem wymienionych procesów w oczyszczalniach komunalnych pod kątem minimalizacji kosztów, doboru najkorzystniejszych parametrów technologicznych oraz opracowania niezawodnych systemów sterowania.

Ze stosowaniem farmaceutyków związany jest problem lekooporności bakterii zasiedlających ekosystemy wodne. Do podstawowych przyczyn należy zbyt duże zużycie antybiotyków oraz nieprawidłowa struktura zużycia leków przeciwdrobnoustrojowych. Polska należy do krajów o szczególnie dużym zużyciu antybiotyków, które powszechnie przepisuje się w leczeniu zakażeń wirusowych. Pozostałości farmaceutyków, stanowiące zwykle niezmetabolizowane w organizmie frakcje, trafiają do ścieków komunalnych, gdzie tylko częściowo są eliminowane w oczyszczalniach. Cała reszta trafia z oczyszczonymi ściekami do wód powierzchniowych. Skutkuje to występowaniem coraz większej ilości różnorodnych opornych szczepów bakteryjnych [18]. Obecnie narastanie oporności bakterii na antybiotyki staje się problemem globalnym. W celu rozwiązania problemów związanych z zagadnieniami lekooporności oraz wyeliminowania zanieczyszczeń bakteriologicznych w procesie oczyszczania ścieków, a tym samym zagrożeń wynikających z przedostawiania się do środowiska wodnego bakterii chorobotwórczych ze ściekami oczyszczonymi, należy zacząć wprowadzać procesy dezynfekcji ścieków np. za pomocą wysoko sprawnych systemów UV. Wymaga to jednak podjęcia szczegółowych badań w tym kierunku.

### 4. Oczyszczalnia zero-energetyczna

W polskich oczyszczalniach z roku na rok w procesach oczyszczania ścieków powstaje coraz więcej osadów ściekowych. Obecnie rocznie w Polsce powstaje ponad 650 tys. Mg s.m. osadów w oczyszczalniach komunalnych. Przewiduje się, że w 2020 roku w oczyszczalniach komunalnych wygenerowane zostanie ponad 780 tys. Mg s.m. osadów ściekowych [19]. Dzięki temu, a także w wyniku możliwości intensyfikacji produkcji biogazu i rosnącej sprawności agregatów kogeneracyjnych, coraz więcej oczyszczalni zaczyna wytwarzać zarówno ciepło, jak i energię elektryczną w procesie kogeneracji i w coraz większym stopniu zabezpieczać własne potrzeby energetyczne. Jedna ze śląskich oczyszczalni już w 2012 roku przekroczyła 100%, zaś tylko w pierwszym półroczu 2015 roku wyprodukowała energię elektryczną w ilości 150% swojego zapotrzebowania [19]. Wynika z tego, że oczyszczalnie ścieków mogą stawać się kombinatami technologiczno-energetycznymi [20].

Działania zmierzające do poprawy efektywności energetycznej całej oczyszczalni ścieków nie mogą być jednak ukierunkowane tylko na bezpośrednią intensyfikację produkcji i wykorzystania biogazu. W tak skomplikowanych obiektach, jak nowoczesne oczyszczalnie ścieków, możliwości w tym zakresie są znacznie większe. Wymieć można chociażby optymalizację systemów napowietrzania i mieszania w komorach osadu

czynnego, wymianę energochłonnych urządzeń na energooszczędne, wprowadzanie niestandardowych rozwiązań, jak np. wykorzystanie energii zawartej w ściekach (pompy ciepła), wykorzystanie wolnego terenu na oczyszczalni do instalowania ogniw fotowoltaicznych czy też rozważenie możliwości zainstalowania minielektrowni wodnej na odpływie ścieków (potrzebna odpowiednia różnica poziomów między wylotem ścieków a odbiornikiem). Kolejnym elementem może być wprowadzanie zgazowania osadów ściekowych i wykorzystanie powstającego gazu (H i CO) do celów energetycznych. Te wszystkie działania powinny zmierzać do opracowania kompleksowych rozwiązań dla powstania oczyszczalni zero-energetycznej, czyli samowystarczalnej pod kątem energetycznym. W tym zakresie potrzebna jest jednak wiedza specjalistów nie tylko z zakresu inżynierii środowiska, ale także z szeroko rozumianej energetyki. Interdyscyplinarna współpraca naukowców z obu tych dziedzin może stworzyć nową jakość w inżynierii środowiska. Będzie to również wymagało opracowania precyzyjnych systemów zarządzania i sterowania wszystkimi procesami jednostkowymi w oczyszczalni dla optymalnego wydatkowania i pozyskiwania energii.

### 5. Współpraca między sektorem nauki i gospodarki

Jednym z głównych problemów opracowywania i wdrażania innowacyjnych technologii jest brak zaawansowanej, długofalowej współpracy sektora nauki i gospodarki oraz biznesu. W efekcie eksploatatorzy oczyszczalni szukają kontaktów z sektorem nauki głównie wtedy, kiedy jest do rozwiązania konkretny problem. Jednak zauważa się znaczną poprawę w tej kwestii. Coraz więcej przedsiębiorstw komunalnych eksploatujących oczyszczalnie ścieków zmienia podejście do zagadnień innowacyjności, inwestując w badania własne, zlecając ekspertyzy, a także składając wspólne projekty z jednostkami naukowymi w celu rozwiązania określonych problemów. Jednak są to działania niewystarczające. Należy w skali ogólnopolskiej określić strategiczne potrzeby w zakresie rozwoju technologii oczyszczania ścieków i w tym celu stworzyć konsorcja badawcze złożone z zespołów naukowców z różnych ośrodków mających doświadczenia we współpracy z sektorem komunalnym i przedstawicielami gospodarki. Wynikiem prac takich zespołów powinno być między innymi określenie potrzeb w zakresie wprowadzania innowacyjnych rozwiązań w technologii oczyszczania ścieków, a także wytycznych dla inwestorów do ich stosowania w polskich oczyszczalniach ścieków. Rezultaty działania wspomnianych zespołów badawczych powinny następnie zostać wdrożone w wybranych oczyszczalniach, które stałyby się obiektami referencyjnymi i niejako doświadczalnymi dla kolejnych wdrożeń [4].

W opisaną powyżej strategię bardzo dobrze wpisuje się powołanie przez Departament Innowacji i Przemysłu w Ministerstwie Gospodarki tzw. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji KIS (priorytety krajowe w obszarze B+R+I) [21]. Strategia inteligentnej specjalizacji polega na określeniu priorytetów gospodarczych w obszarze B+R+I oraz skupieniu inwestycji w obszarach zapewniających zwiększenie wartości dodanej gospodarki i jej konkurencyjności na rynkach zagranicznych. Wdrażanie KIS odbywa się zarówno poprzez realizację programów krajo-

wych (np. projekty NCBiR, PARP), jak i przy wykorzystaniu środków unijnych w ramach programów operacyjnych, głównie Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (PO IR) [22]. Inteligentne specjalizacje mają przyczynić się do transformacji gospodarki krajowej poprzez jej unowocześnienie, przekształcanie strukturalne, zróżnicowanie produktów i usług oraz tworzenie innowacyjnych rozwiązań społeczno-gospodarczych, również wspierających transformację w kierunku gospodarki efektywnie wykorzystującej zasoby, w tym surowce naturalne.

W celu przyjęcia kryteriów innowacji i rozwoju danej specjalizacji, monitorowania efektów oraz stanu realizacji poszczególnych celów strategicznych i szczegółowych, a także rekomendowania zmian w systemie wdrażania innowacji, Ministerstwo Gospodarki powołało grupy robocze. W szeroko rozumianym obszarze „wodnym” funkcjonuje grupa robocza KIS-12. W skład tej grupy wchodzi przedstawiciele wyższych uczelni, przedsiębiorstw, instytucji otoczenia biznesu oraz instytutów naukowo-badawczych. W ramach działań grupy KIS-12 przyjęto podział zagadnień na 3 obszary: woda, ścieki i osady oraz inżynieria komunalna.

Z logiką i filozofią Krajowych Inteligentnych Specjalizacji wiąże się także kolejna inicjatywa, jaką jest utworzenie – w Instytucie Ekologii Terenów Uprzemysłowanych w Katowicach – Jednostki Weryfikującej Technologię Środowiskowe (JWTŚ), która zaczyna działać w ramach Pilotażowego Programu UE (ETV – *Environmental Technology Verification*) w obszarze rozwiązań na rzecz oczyszczania ścieków i uzdatniania wody [23]. JWTŚ jest głównym organem przeprowadzającym weryfikację, który funkcjonuje jako jednostka o najwyższym stopniu bezstronności. Jednostka (JWTŚ) prowadzi działalność inspekcyjną polegającą na weryfikacji, czy deklaracje producentów technologii dotyczące działania/sprawności innowacyjnych technologii są zgodne z prawdą, kompletne i oparte na rzetelnych wynikach badań. Celem weryfikacji technologii środowiskowych jest promocja tych technologii poprzez zapewnienie twórcom technologii, producentom i inwestorom dostępu do potwierdzenia przez stronę trzecią innowacyjności technologii. Producentom tych rozwiązań weryfikacja pomoże udowodnić rzetelność deklaracji działania tych technologii, natomiast nabywcom ułatwi znalezienie rozwiązań odpowiadających ich potrzebom. Oczekuje się, że to podejście spowoduje przyspieszenie komercjalizacji i upowszechnianie innowacyjnych technologii środowiskowych.


### 6. Podsumowanie

Rozwój współpracy między naukowcami z wyższych uczelni i instytutów naukowych oraz przedstawicielami gospodarki i sektora komunalnego jest jednym z kluczowych aspektów dla określania kierunków rozwoju innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków. Powołanie przez Ministerstwo Gospodarki zespołów eksperckich w ramach Krajowych Inteligentnych Specjalizacji stworzyło podstawy do określenia kryteriów i zakresu wprowadzania nowych rozwiązań technologicznych i technicznych w obszarze gospodarki wodno-ściekowej. W wyniku działania zespołów eksperckich są opracowywane wytyczne do realizacji projektów badawczych ukierunkowanych na tworzenie innowacyjnych rozwiązań w szeroko rozumianym

obszarze wody, ścieków i osadów ściekowych. Istotnym elementem tej strategii są też eksploatatorzy oczyszczalni ścieków, którzy powinni być bardziej otwarci na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań, a także producenci niezawodnych i wysoko sprawnych urządzeń oraz systemów sterowania. W efekcie wdrażania innowacyjnych rozwiązań coraz więcej oczyszczalni ścieków nie tylko będzie spełniało funkcję technologiczną związaną z efektywnym oczyszczaniem ścieków i unieszkodliwianiem osadów ściekowych, ale będzie także obiektami produkującymi coraz wydajniej energię elektryczną i ciepło. Docelowo należy dążyć do kompleksowych rozwiązań, które doprowadzą do stworzenia oczyszczalni zero-energetycznej. Dotyczy to szczególnie dużych i bardzo dużych oczyszczalni.

## Literatura

- [1] Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju 2030. Trzecia fala nowoczesności. Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji. Warszawa 9 listopada 2012 r.
- [2] Strategia Rozwoju Kraju 2020 – Aktywne społeczeństwo, konkurencyjna gospodarka, sprawne państwo, Warszawa, wrzesień 2012. „Monitor Polski” Warszawa dnia 22 listopada 2012 r., poz. 882.
- [3] Strategiczna Agenda Innowacji dla Zielonych Technologii w perspektywie finansowej 2014–2020. Dokument Polska Platforma Ekoinnowacji 2013.
- [4] GUMIŃSKA J., BARBUSIŃSKI K.: *Kierunki rozwoju innowacyjnych technologii oczyszczania wody i ścieków w perspektywie 2015–2020. Aktualne Zagadnienia w Inżynierii Środowiska* (Barbusiński K. red.). Monografia. Politechnika Śląska, Gliwice 2015, s. 119–130.
- [5] BARBUSIŃSKI K.: *Coś więcej niż osad – produkcja i wykorzystanie biogazu z osadów ściekowych*. „Energetyka Ciepła i Zawodowa” 6/2015, s. 18–22.
- [6] BARBUSIŃSKI K., PIECZYKOLAN B.: *Fermentacja osadów ściekowych – Podstawy procesu i przykłady wykorzystania biogazu w oczyszczalniach ścieków województwa śląskiego* (Monografia). Wyd. Europejskie Forum Odpowiedzialności Ekologicznej. Katowice 2014.
- [7] JĘDRCZAK A.: *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, Warszawa 2007.
- [8] SOSNOWSKI P., WIECZOREK A., LEDAKOWICZ S.: *Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes*. „Advances in Environmental Research” vol. 7/2003, pp. 609–616.
- [9] PEEP PITK, PRASAD KAPARAJU, JORDI PALATSI, RIM AFFES, RAIVO VILU: *Co-digestion of sewage sludge and sterilized solid slaughterhouse waste: Methane production efficiency and process limitations*. „Biores. Technol.” vol. 134/2013, pp. 227–232.
- [10] XIAO LIU, WEI WANG, YUNCHUN SHI, LEI ZHENG, XINGBAO GAO, WEI QIAO, YINGJUN ZHOU: *Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal biomass waste and waste activated sludge in China: Effect of organic loading rate*. „Waste Management” vol. 32/2012, pp. 2056–2060.
- [11] TAIRA HIDAKA, SAYURI ARAI, SEIICHIRO OKAMOTO, TSUTOMU UCHIDA: *Anaerobic co-digestion of sewage sludge with shredded grass from public green spaces*. „Biores. Technol.” vol. 130/2013, pp. 667–672.
- [12] IACOVIDOU E., OHANDJA D.-G., VOULVOULIS N.: *Food waste co-digestion with sewage sludge – Realising its potential in the UK*. „Journal of Environmental Management” vol. 112/2012, pp. 267–274.
- [13] XINYUAN LIU, RUYING LI, MIN JI, LI HAN: *Hydrogen and methane production by co-digestion of waste activated sludge and food waste in the two-stage fermentation process: Substrate conversion and energy yield*. „Biores. Technol.” vol. 146/2013, pp. 317–323.
- [14] PASTOR L., RUIZ L., A. PASCUAL A., RUIZ B.: *Co-digestion of used oils and urban landfill leachates with sewage sludge and the effect on the biogas production*. „Applied Energy” vol. 107/2013, pp. 438–445.
- [15] VOLCKE E.I.P.: *Modelling, analysis and control of partial nitrification in a SHARON reactor*. PhD thesis. Ghent University, Belgium, pp. 300 (2006).
- [16] VAN LOOSDRECHT M.: *Innovative N-removal processes*. Delft University of Technology. Presentation, (<http://www.lifeleachate.com/docs/VanLoodsrecht.pdf>)
- [17] BARBUSIŃSKI K., JOPERT A.: *Występowanie farmaceutyków i środków higieny osobistej w ściekach oraz wodach powierzchniowych*. „Forum Eksploatatora” 3/2011, s. 52–55.
- [18] BARBUSIŃSKI K., NALEWAJEK T.: *Oporność szczepów Escherichia coli na wybrane antybiotyki w ściekach komunalnych*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 11/2011, s. 442–446.
- [19] GIELECIAK Z.: *Potencjał energetyczny ścieków*. Prezentacja wygłoszona na Konferencji „Przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne wczoraj, dziś i jutro”. AQUA SA, Szczyrk 2015.
- [20] WOJTACHNIO K.: *Nowoczesne technologie w inżynierii środowiska*. „Biuletyn Politechniki Śląskiej” 12/2015, s. 4–6.
- [21] KIS – Krajowe Inteligentne Specjalizacje. Materiały informacyjne Departamentu Innowacji i Przemysłu Ministerstwa Gospodarki. Warszawa 2015.
- [22] Program Operacyjny Inteligentny Rozwój, 2014–2020. Projekt 1.0. Warszawa, kwiecień 2013.
- [23] Przewodnik dla wnioskodawców pilotażowego programu Weryfikacji Technologii Środowiskowych (ETV) Unii Europejskiej. AdvanceETV, Katowice 2012.

 prof. dr hab. inż. Krzysztof Barbusiński – Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

artykuł recenzowany

reklama



www.automatyka.eu  
portal bez ograniczeń...  
• codziennie nowe informacje w kategoriach:  
Automatyka, Nowe Technologie  
Gospodarka, Komputery & IT  
• cykliczny, branżowy e-magazyn



# Innowacyjna technologia oczyszczania odcieków pofermentacyjnych

Krzysztof Barbusiński

W ostatnich latach obserwuje się szybki postęp w opracowywaniu i wdrażaniu innowacyjnych technologii usuwania azotu z odcieków pochodzących z odwadniania przefermentowanych osadów. Istota tego problemu została opisana w publikacji [1]. Są to technologie usuwania azotu w tzw. bocznym ciągu technologicznym, a więc przed zawróceniem odcieków do głównego ciągu technologicznego. Idea usuwania azotu z osadów w bocznym ciągu technologicznym polega na oczyszczeniu tych odcieków, zanim trafią do głównego ciągu oczyszczania. Stosuje się tutaj głównie procesy biologiczne, najprostsze do zastosowania w oczyszczalniach komunalnych, z wykorzystaniem osadu czynnego. Są to nowoczesne i efektywne technologie, wśród których na uwagę zasługują procesy SHARON®, BABE®, połączenie procesu SHARON® i ANAMMOX®, a także proces DEMON® [1, 2, 3]. Obecnie rozwiązania te zaczynają być wdrażane w coraz większym stopniu w oczyszczalniach komunalnych, chociaż z uwagi na innowacyjność tych technologii nie są to jeszcze działania zakrojone na dużą skalę. Z uwagi na dobre wyniki technologiczne i ekonomiczne uzyskiwane w skali technicznej oraz szereg zalet w porównaniu z innymi technologiami – proces DEMON® jest ciekawym i bardzo obiecującym rozwiązaniem godnym szerszego propagowania.

## 1. Podstawy procesu DEMON®

Technologia DEMON® (*DE-amMONnification*) została opracowana w Austrii. Polega na usuwaniu azotu z odcieków na drodze częściowej nityfikacji oraz procesu deamonifikacji (Anammox®), realizowanych w jednym reaktorze typu SBR w warunkach ścisłej kontroli pH. Fakt ten powoduje, że kubatura reaktora w porównaniu z innymi tego typu technologiami jest stosunkowo mała, a zastosowanie specjalnego hydrocyklonu zatrzymującego bakterie deamonifikacyjne (o małej szybkości wzrostu) rozwiązuje problem ich małego stężenia w reaktorze. Częściowa nityfikacja polega na takim prowadzeniu procesu, żeby nastąpiło jedynie utlenianie azotu amonowego do azotanów(III), a blokowana jest druga faza nityfikacji, czyli utlenianie azotanów(III) do azotanów(V). Ideę usuwania azotu z wykorzystaniem skróconej nityfikacji zobrazowano na rysunku 1. W wyniku utleniania azotu amonowego jedynie do azotanów(III) zmniejsza się o 25% zapotrzebowanie na tlen oraz o około 40% na węgiel organiczny niezbędny dla efektywnej denityfikacji azotanów(III). Ułatwia to prowadzenie procesu w warunkach deficytu węgla organicznego dla denityfikacji i może eliminować potrzebę stosowania zewnętrznego źródła węgla organicznego ( $C_{org}$ ). Bardzo mały jest też przyrost osadu

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono innowacyjną technologię usuwania azotu z odcieków po odwadnianiu przefermentowanych osadów ściekowych. Technologia DEMON® jest obecnie najszybciej wdrażanym procesem wykorzystującym bakterie „anammox” do oczyszczania takich odcieków w bocznym ciągu technologicznym, czyli zanim zostaną zawrócone do głównego ciągu oczyszczania. Opisano podstawy procesu, sterowanie systemem napowietrzania oraz wyposażenie reaktora.

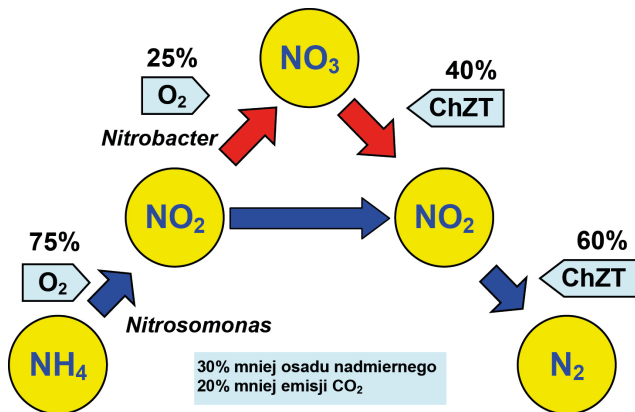
Słowa kluczowe: DEMON®, oczyszczanie ścieków, innowacyjne technologie, odcieki z odwadniania osadów

**Abstract:** The paper presents innovative technology to remove nitrogen from the effluent after dewatering the digested sludge. The DEMON® technology is currently the fastest implemented process using bacteria „anammox” for the purification of such effluents in the side stream, that is, before they are returned to the main purification system. Moreover, in the publication has been describes the basics of system operation, aeration system control and reactor equipment.

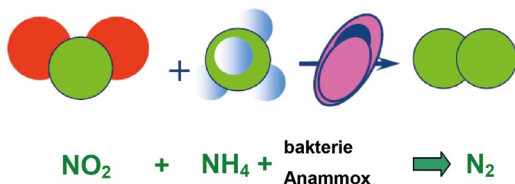
Keywords: DEMON®, wastewater treatment, innovative technologies, effluent from the sludge dewatering

i produkcja  $CO_2$ . Z kolei w miejsce tradycyjnej denityfikacji wprowadza się proces Anammox® (*ANAerobic AMMONia OXidation* – anaerobowe utlenianie amoniaku) polegający na tym, że azot amonowy i azotany(III) przekształcane są do wolnego azotu ( $N_2$ ) w warunkach beztlenowych przez autotroficzne bakterie, takie jak *Brocadia anammoxidans*, *Kuenenia stuttgartiensis* czy *Scalindua sorokinii*. Bakterie te, nazywane dalej bakteriami „anammox”, przekształcają w azot cząsteczkowy około 50% azotu amonowego i 50% azotanów(III) bez konieczności dodawania zewnętrznego źródła węgla organicznego, ponieważ bakterie „anammox” są autotrofami (rys. 2).

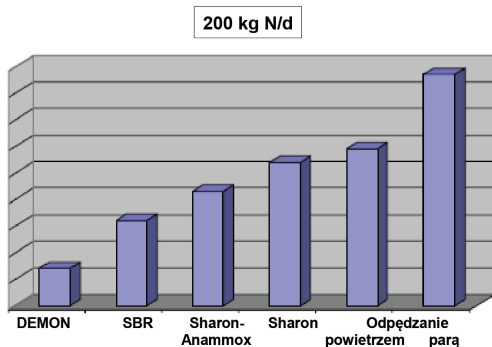
Głównym problemem w procesie Anammox® jest bardzo mała szybkość wzrostu bakterii „anammox”. Z tego względu w innych instalacjach wykorzystujących te bakterie konieczne jest prowadzenie procesu przy wysokich stężeniach bakterii „anammox”. Jednak w reaktorze DEMON® stosuje się opatentowane separatory (hydrocyklony) w celu oddzielenia bakterii „anammox” od typowego kłaczkowatego osadu czynnego i za-



Rys. 1. Idea usuwania azotu z wykorzystaniem skróconej nitryfikacji



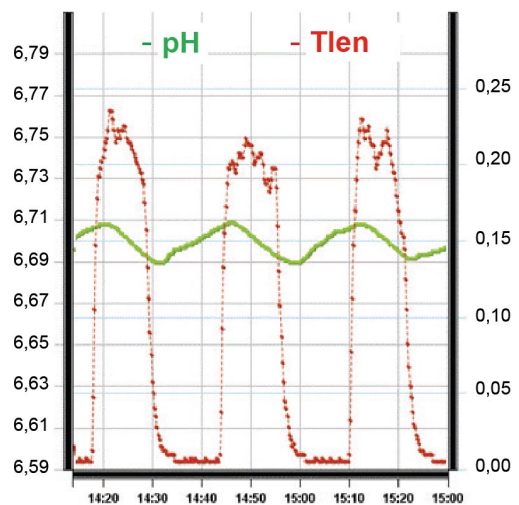
Rys. 2. Uproszczona idea procesu ANAMMOX® [4]



Rys. 3. Poglądowe porównanie kosztów poszczególnych metod usuwania azotu [5]

wrócenia ich do reaktora SBR. Eliminuje to problem rozwoju i utrzymania odpowiedniego stężenia tych bakterii w reaktorze.

Na rysunku 3 przedstawiono poglądowo różnice kosztów eksploatacyjnych poszczególnych procesów usuwania azotu w bocznym ciągu. Widać, że proces DEMON® wypada w tym porównaniu najlepiej. Inne zalety procesu DEMON® to przede wszystkim bardzo mały przyrost osadu czynnego (kłaczkowatego) z uwagi na niskie stężenie tlenu w reaktorze (max. 0,3 do 0,5  $\text{mg O}_2/\text{dm}^3$ ), brak konieczności stosowania zewnętrznego źródła węgla nawet w przypadku niewielkiej ilości węgla organicznego w odciekach (bakterie deamonifikacyjne są autotrofami) oraz o około 60% mniejsze zużycie energii w porównaniu z klasycznym procesem nitryfikacja/denitryfikacja.



Rys. 4. Sterowanie procesem DEMON – pomiar pH skojarzony z systemem napowietrzania [6]

## 2. Sterowanie procesem DEMON®

Kluczowymi parametrami w procesie DEMON® są czas reakcji, pH i stężenie tlenu. Czas napowietrzania uzależniony jest od zmian wartości pH. Istotą tego sterowania jest fakt, że utlenianie azotu amonowego do azotanów(III) obniża wartość pH, natomiast w procesie anaerobowego utleniania amoniaku za pomocą bakterii „anammox” następuje wzrost pH. System napowietrzania jest aktywowany przy górnej wartości „nastawy” pH. Wyłączenie napowietrzania następuje przy dolnej wartości „nastawy” pH. Różnica pomiędzy górną i dolną wartością brzegową pH jest niewielka. Tak więc w procesie DEMON® jeden pełny cykl oczyszczania odcieków w reaktorze SBR, składa się z wielu cykli cząstkowych: napowietrzania oraz mieszania. Pełny cykl oczyszczania, jak w każdym reaktorze SBR kończy faza sedimentacji i spustu. Napowietrzanie jest tak dobrane, żeby stężenie tlenu nie przekraczało 0,3–0,5  $\text{g O}_2/\text{m}^3$ , co zapobiega utlenianiu azotanów(III) do azotanów(V). Niskie stężenie tlenu ogranicza szybkość wzrostu bakterii utleniających azotany(III), przez co są one „wymywane” z reaktora. Z uwagi na bardzo małą szybkość wzrostu bakterii „anammox” system DEMON® pracuje przy długim wieku osadu (ok. 20 dni).

W systemie DEMON® nadzorowanie procesu skróconej nitryfikacji jest stosunkowo proste, ponieważ proces ten jest sterowany automatycznie za pomocą precyzyjnego pomiaru pH skojarzonego z systemem napowietrzania (rys. 4) [6]. Efektywność usuwania azotu w reaktorze DEMON® może wynosić 80–90%.

## 3. Przebieg procesu DEMON®

### Proces technologiczny

Odcieki ze stacji odwadniania trafiają najczęściej do zbiornika retencyjnego odcieków, z którego tłoczone są do reaktora DEMON. Następnie zdeamonifikowane (oczyszczone) odcieki odprowadzane są do głównego ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków. Proces deamonifikacji w reaktorze DEMON

najczęściej prowadzony jest w cyklu 8-godzinnym, składającym się z następujących faz:

- praca (z napełnianiem, przemiennym napowietrzaniem i mieszaniem) – 7 h;
- sedimentacja – 0,5 h;
- dekantacja – 0,5 h.

Równoległe z cyklem zasadniczej pracy reaktora DEMON® prowadzone jest odzyskiwanie bakterii deamonifikacyjnych „anammox” z osadu nadmiernego i zwracanie ich do reaktora DEMON®. W tym celu stosuje się opatentowany hydrocyklon (fot. 1), stanowiący element wyposażenia reaktora. Osad granulowany (zawierający bakterie „anammox”) powraca do reaktora DEMON, natomiast osad czynny kłaczkowaty odprowadzany jest do reaktorów biologicznych w głównym ciągu oczyszczania ścieków. Schemat działania hydrocyklonu przedstawiono na rysunku 5. Rozdział bakterii „anammox” od typowego osadu czynnego (fot. 2) w hydrocyklonie uzyskuje się dzięki różnicy gęstości pomiędzy biomasą w postaci kłaczków osadu czynnego i granuli bakterii „anammox”. Granulat bakterii deamonifikacyjnych o większej gęstości opada grawitacyjnie w hydrocyklonie, natomiast kłaczkowaty osad czynny unoszone są do góry [6, 7].

W systemie automatyki pomiarowej analizowane są: stężenie tlenu, temperatura, przewodność oraz pH. Główny reaktor DEMON® wyposażony jest w system napowietrzający (ruszt, dwie dmuchawy), pompę podającą zawartość reaktora na hydrocyklon, mieszadło oraz hydrocyklon. Schemat i zasadę działania reaktora DEMON® przedstawiono na rysunku 6. Obecnie rozruchy technologiczne reaktorów DEMON® są bardzo krótkie, ponieważ granule bakterii amonifikacyjnych dostarcza się z zewnątrz, a więc nie trzeba ich namnażać w samym reaktorze, co z uwagi na ich wolny wzrost wymagałoby bardzo długiego czasu rozruchu.

#### 4. Przykłady istniejących instalacji DEMON® w Europie

W roku 2010 w skali technicznej proces DEMON® eksploatowany był w 9 oczyszczalniach: w Austrii (1), Szwajcarii (3), Niemczech (3), Holandii (1) i na Węgrzech (1). Sześć następnych było w budowie: Austria (2), Serbia (1), Holandia (1) i Niemcy (2). Można przyjąć, że liczba tych instalacji w 2013 roku przekroczyła już 40, łącznie ze Stanami Zjednoczonymi i innymi krajami poza Europą (rys. 7).

Według stanu na grudzień 2015 roku ilość instalacji DEMON® na całym świecie przekroczyła już 70. Przykładowo nowe instalacje wybudowano w: Seattle, Klagenfurcie, Jerozolimie, Vigo, Odense. W październiku uruchomiono także pierwszą w Polsce instalację DEMON® w oczyszczalni ścieków „Kujawy” w Krakowie.

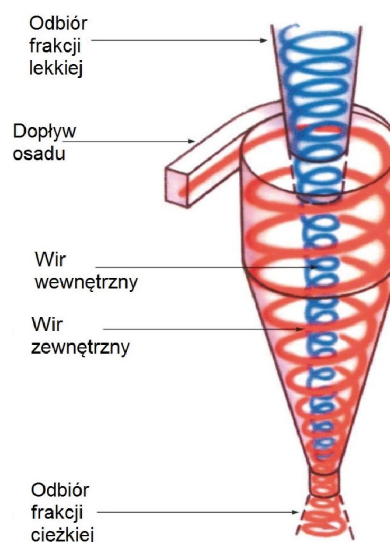
Na fotografiach 3–6 pokazano przykładowe reaktory DEMON® w oczyszczalni York River (USA), Heidelberg (Niemcy), Apeldoorn (Holandia) i Nieuwegein (Holandia).

#### 5. Instalacja DEMON® w Polsce

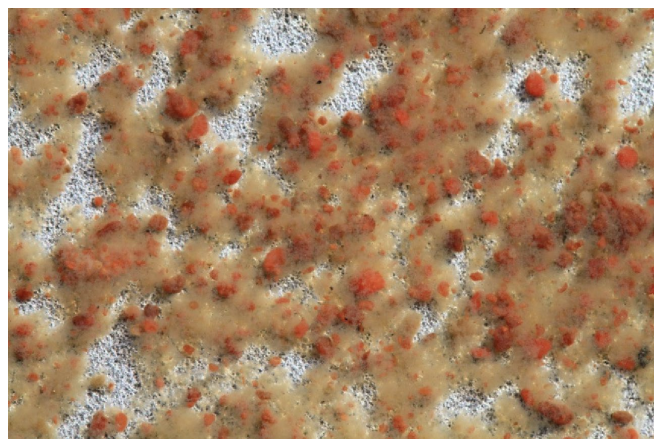
Jak już wspomniano, pierwsza w Polsce instalacja DEMON® została aktualnie uruchomiona w oczyszczalni ścieków „Kujawy” w Krakowie. Rozruch technologiczny instalacji zakończono w październiku 2015. Lokalizację reaktora DEMON®



Fot. 1. Widok hydrocyklonu [6]



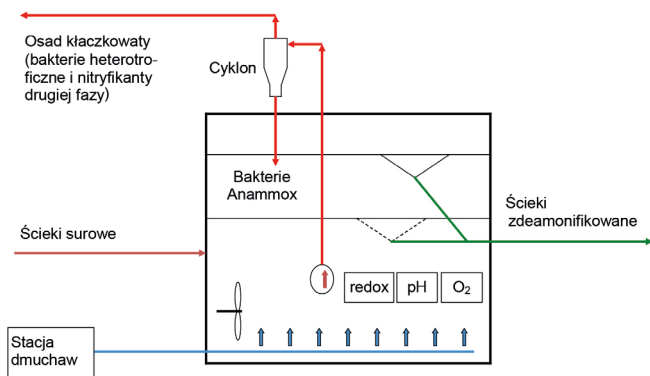
Rys. 5. Zasada działania hydrocyklonu [7]



Fot. 2. Typowy osad DEMON®: granule „anammox” (czerwone), bakterie typowego osadu czynnego (kolor brązowy) [7]

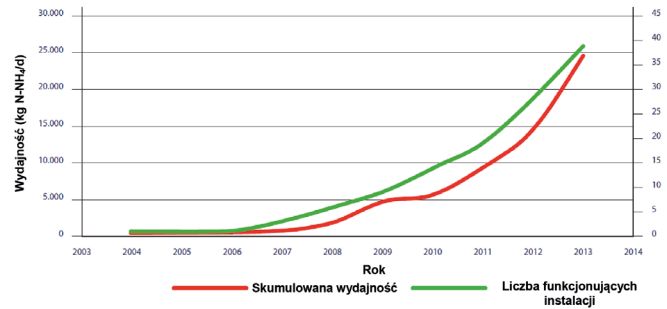


SCHEMAT CYKLICZNEGO REAKTORA DEAMONIFIKACYJNEGO



Rys. 6. Schemat i zasada działania reaktora DEMON®

do deamonifikacji odcieków osadowych w oczyszczalni ścieków „Kujawy” przedstawiono na fotografii 7. Instalacja DEMON® obejmuje dekanter (zbiornik uśredniający) oraz główny reaktor DEMON®. Zbiornik uśredniający zainstalowano pod powierzchnią gruntu, co pozwala na utrzymanie stabilnej temperatury odcieków pofermentacyjnych. Gwarantowana przez dostawcę technologii redukcja azotu amonowego wynosi od 85 do 92% [11].



Rys. 7. Liczba funkcjonujących instalacji DEMON® na świecie wraz ze skumulowaną wydajnością w aspekcie obciążenia ładunkiem azotu amonowego do 2013 [6]

## 5. Podsumowanie

Innowacyjna technologia DEMON® łączy w sobie procesy skróconej nityfikacji i deamonifikacji. Zaletą tej technologii jest usuwanie azotu w jednym reaktorze typu SBR, a także zastosowanie specjalnego hydrocyklonu do oddzielania granuli bakterii deamonifikacyjnych od kłaczkowatego osadu czynnego i zwracania ich do procesu, przez co w reaktorze utrzymuje się (pomimo bardzo wolnego wzrostu) odpowiednio duże stężenie

reklama



## XXII 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 PIAP



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







Fot. 3. Instalacja DEMON w oczyszczalni w York River (stan Waszyngton) zbiornik na odcieki (po lewej), reaktor DEMON (po prawej) [8]



Fot. 6. Nieuwegein, Holandia [6]



Fot. 4. Heidelberg, Niemcy; 2 reaktory po 550 m<sup>3</sup> [9]



Fot. 7. Oczyszczalnia ścieków „Kujawy” (zmodyfikowana) [12]



Fot. 5. Apeldoorn, Holandia [10]

bakterii deamonifikacyjnych i nie obserwuje się zjawiska ich wymywania z reaktora.

Sterowanie procesem odbywa się przy pomocy precyzyjnego pomiaru pH sprzężonego z systemem napowietrzania. Skutkuje to prostotą układu technologicznego oraz odpornością na dobowe wahania ilości odcieków i stężenia azotu. Z uwagi na niskie stężenie tlenu w reaktorze, bardzo mały przyrost osadu oraz brak konieczności stosowania zewnętrznego źródła węgla organicznego proces jest bardzo ekonomiczny i znacznie tańszy od procesu usuwania azotu w klasycznym systemie nityfikacja/denitryfikacja. Technologia DEMON® ma już ponad 70 wdrożeń na całym świecie, co potwierdza jej zalety.

## Literatura

- [1] BARBUSIŃSKI K.: *Usuwanie związków azotu z odcieków po odwadnianiu przefermentowanych osadów*. „Forum Eksploatatora” 1/2011, s. 36–41.

- [2] WETT B., OMARI A., PODMIRSEG S.M., ET. AL.: *Going for main-stream deammonification from bench to full scale for maximized resource efficiency*. „Water Science & Technology” vol. 68, nr 2/2013, s. 283.
- [3] BARBUSIŃSKI K.: *Innowacyjne technologie oczyszczania ścieków komunalnych – kierunki rozwoju*. „Napędy i Sterowanie” 1/2016, s. 40–45.
- [4] VEREIJKEN T.: *Developments in Dutch Water Technology*. Netherlands Water Partnership. [www.watertechnologie.com/show-download.cfm?objecttype=mark.hive.contentobjects.download](http://www.watertechnologie.com/show-download.cfm?objecttype=mark.hive.contentobjects.download).
- [5] <http://www.essdemon.com/en/demon/cost-of-demon-procedures> (7.01.2016).
- [6] <http://www.grontmij.com/highlights/water-and-energy/Documents/DEMON-sustainable-nitrogen-removal-deammonification.pdf> (7.01.2016).
- [7] ZARZYCKI R.: *Prezentacja „Nowoczesne rozwiązania w gospodarce osadowej”*. Wawatech. Listopad 2015.
- [8] NIFONG A, NELSON A, JOHNSON CH, BOTT CH. B.: *Performance of a Full-Scale Sidestream DEMON® Deammonification Installation*.
- [9] [http://www.azv-heidelberg.de/3\\_04\\_meile4.htm](http://www.azv-heidelberg.de/3_04_meile4.htm) (7.01.2016).
- [10] <http://www.logisticon.com/nl/demon-demon> (7.01.2016).
- [11] Projekt: Oczyszczalnia ścieków „Kujawy” w Krakowie. Oczyszczanie ścieków z obróbki osadu pofermentacyjnego za pomocą procesu DEMON®. Instrukcja obsługi. Kraków 2015.
- [12] <http://www.mpwik.krakow.pl/27/Oczyszczalnia-sciekow-Kujawy> (7.01.2016).

prof. dr hab. inż. Krzysztof Barbusiński – Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

artykuł recenzowany



**Postaw na rozwój**



# Monitoring sieci wodociągowej w aspekcie redukcji strat wody oraz optymalizacji energochłonności układu zasilania na podstawie doświadczeń PWiK O. Cz. SA w Częstochowie

Tomasz Herczyk, Emil Kuliński

## Wiadomości ogólne

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego SA kontynuuje tradycje jednego z najstarszych zakładów wodociągowych w Polsce, funkcjonującego od 1928 roku.

Centralny wodociąg okręgu częstochowskiego obejmuje swym zasięgiem powierzchnię około 1000 km<sup>2</sup>, zaopatrując w wodę 321 tys. mieszkańców i 400 zakładów produkcyjnych. Spełnia swoje podstawowe zadania, eksploatując 60 studzien głębinowych, zgrupowanych w 5 podstawowych i 14 pomocniczych ujęć. Woda jest dostarczana siecią magistral, rurociągów rozdzielczych i przyłączy o długości 2349 km, z dziewięcioma zbiornikami wyrównawczymi oraz 14 przepompowniami sieciowymi. Powyższe tworzy połączony układ zaopatrzenia w wodę, zapewniający dostawę do każdego punktu sieci nawet w przypadku wystąpienia awarii na którejkolwiek z głównych linii zasilania.

Obszar, na którym Wodociągi Częstochowskie prowadzą działalność w zakresie eksploatacji ujęć wody, obejmuje swym zasięgiem tereny miast i gmin zrzeszonych od 1991 roku w Związku Komunalnym Gmin ds. Wodociągów i Kanalizacji w Częstochowie. Działalność ta obejmuje miasto Częstochowę, miasto i gminę Blachownia, miasto i gminę Kłobuck oraz gminy: Olsztyn, Mykanów, Rędziny, Konopiska, Miedźno, Poczesna i w granicach niepodzielności gminę Mstów.

Realizacja fundamentalnych zadań nałożonych na Wodociągi Częstochowskie nie byłaby możliwa bez zaprojekto-

wania precyzyjnych rozwiązań w zakresie układów zasilania. Od dziesięcioleci pracownicy Przedsiębiorstwa, wykorzystując wiedzę i doświadczenie w dziedzinie inżynierii systemów wodociągowych, wdrażają koncepcje rozwoju układu dystrybucji do potrzeb Klienta.

W PWiK O. Cz. SA mamy do czynienia z dwoma podstawowymi układami dystrybucji wody. Pierwszy i zarazem obsługujący największą część sieci to zespół ujęć wody współpracujących z trzema głównymi zbiornikami magazynowo-wyrównawczymi. Układ ten podzielony został na 9 Obszarów Aktywnej Kontroli Wycieków i obejmuje swym zasięgiem niemalże połowę terenu miasta Częstochowa (rys. 1). Na obszarze tym, z uwagi na brak informacji o nocnych przepływach, prowadzone są cyklicznie działania prewencyjne polegające na osłuchiwaniu sieci przy pomocy urządzeń elektroakustycznych. Pozostały obszar podzielony został na 46 stref zasilania, w których to w zależności od lokalnych potrzeb oraz mając na uwadze dopuszczalne i wymagane ciśnienie w sieci, wyróżnić można strefy podwyższonego oraz obniżonego ciśnienia. Ponadto na terenach, w których nie zachodzi konieczność zmiany ciśnienia, istnieją strefy wydzielone poprzez sieć punktów pomiarowych, pozwalających na bieżąco monitorować parametry pracy układu (strefy opomiarowania).

## Rozwój monitoringu w PWiK O. Cz. SA

Sprawny system monitoringu i wizualizacji pracy urządzeń oraz możliwość

analizowania archiwizowanych danych to dziś w dobie rozwiniętych technologii informatycznych niezwykle ważny element systemu nadzoru ciągłości dostaw wody. Początki zdalnej kontroli urządzeń pracujących na obiektach Wodociągów Częstochowskich SA to rok 1992. Wtedy to warszawska firma Meraway rozpoczęła wdrażanie systemu zdalnego monitoringu i nadzoru zwanego w skrócie RTMC. Wstępnie monitoring obejmował główne ujęcia wody i zbiorniki.

W celu zapewnienia odpowiedniej niezawodności program oparty został na systemie operacyjnym QNX. Zbudowana aplikacja – mimo nieustannych zabiegów pracowników – przy rozwoju sieci wodociągowo-kanalizacyjnej i szybkim rozwoju technologii informatycznych zaczynała nie wystarczać. Ewolucja dotychczas używanego systemu stała się konieczna.

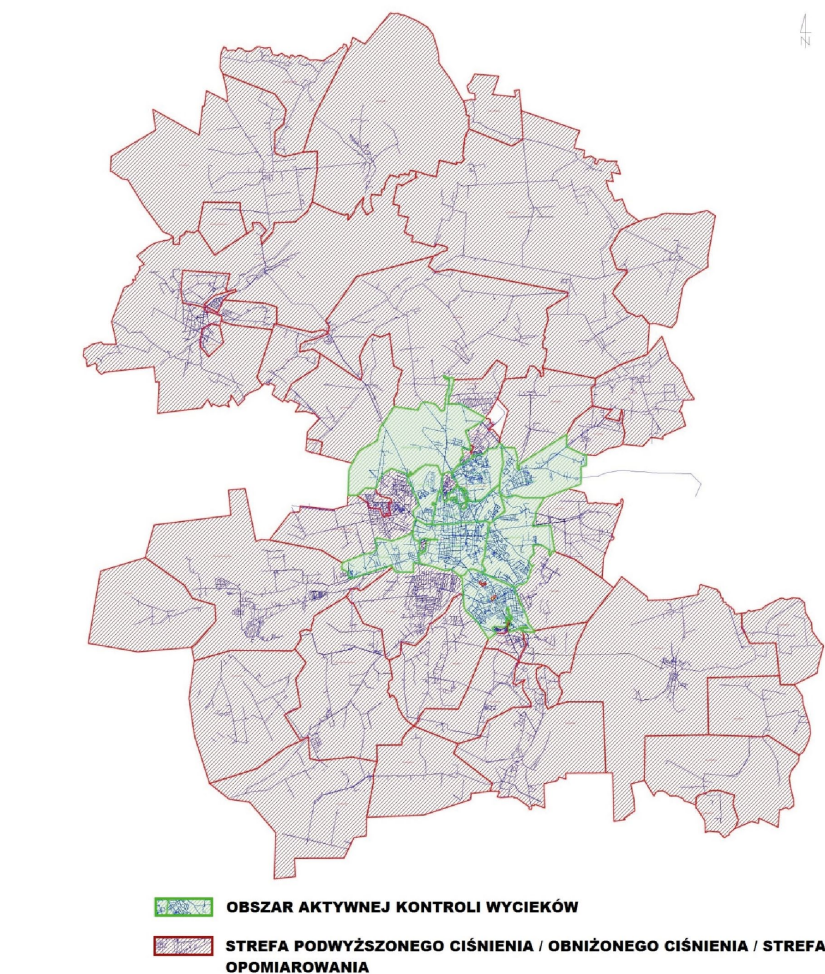
W roku 2006 przez pracowników naszej firmy został rozpoczęty proces wdrażania nowego układu monitoringu i wizualizacji obiektów objętych systemem transmisji radiomodemowej. Pakietem wizualizacyjnym wykorzystanym jako środowisko programowe został polski produkt „TelWin” firmy TelSter. Nowy pakiet oparto na danych rejestrowanych przez system RTMC i jest on graficzną nakładką z własną bazą zmiennych, alarmów i raportowania. Kluczowym argumentem wskazującym na potrzebę zachowania szkieletu starego systemu była jego niezawodność i krótki czas obiegu całego cyklu transmisji, co przy stale rosnącej liczbie monitorowanych obiektów stanowiło priorytet. W chwili obecnej

system zbiera dane z 92 obiektów związanych z poborem, magazynowaniem i dystrybucją wody.

„Nakładka TelWin” pozwoliła w znacznym stopniu rozwinąć wizualizację systemu monitoringu.

- prezentacja danych (ekrany synoptyczne wykorzystują pełne możliwości współczesnych edytorów graficznych);
- rozbudowane możliwości raportowania (tworzenie ekranów raportów zawierających dane bieżące lub odpowiednio przetworzone dane historyczne); system raportowania automatycznie przelicza dane i udostępnia je na ekranie monitora lub w postaci pliku tekstowego;
- zaawansowany system alarmowania (każdy stan alarmowy rejestrowany w systemie powoduje pojawienie się okna alarmowego z komunikatem alarmowym i czasem jego wystąpienia); wszystkie alarmy rejestrowane są w systemie, co pozwala obsłudze na przeglądanie lub powrót do stanów alarmowych historycznych (odpowiednia zakładka dziennika alarmów pozwala na wybranie okresu czasu prezentacji alarmów historycznych);
- wykresy (wszystkie zmienne procesowe są przedstawiane w postaci trendów); każdy z wykresów obejmuje ostatnie 24 godziny przebiegu archiwizowanej zmiennej; istnieje także możliwość cofnięcia przebiegu do danych historycznych;
- kontrola dostępu – każde logowanie użytkownika zapisywane jest w specjalnych plikach „logach”;
- nieograniczona ilość przeglądarek – system TelWin posiada licencję wielostanowiskową, co umożliwiło maksymalne wykorzystanie wewnętrznej sieci komputerowej i protokołu internetowego TCP/IP i rozszerzenie liczby użytkowników;
- sterowanie z systemu TelWin – możliwości odpytania stacji w systemie pompowni;
- dostęp do serwerów z poziomu przeglądarki internetowej, co czyni system dostępnym dla nadzoru nie tylko ze stanowiska pracy.

Stały pomiar parametrów oraz wizualizacja wyników wspomaga nadzór nad transportem oraz procesami uzdatniania wody. Wśród monitorowanych danych



Rys. 1. Zakres eksploataowanej sieci wodociągowej z podziałem na wydzielone obszary

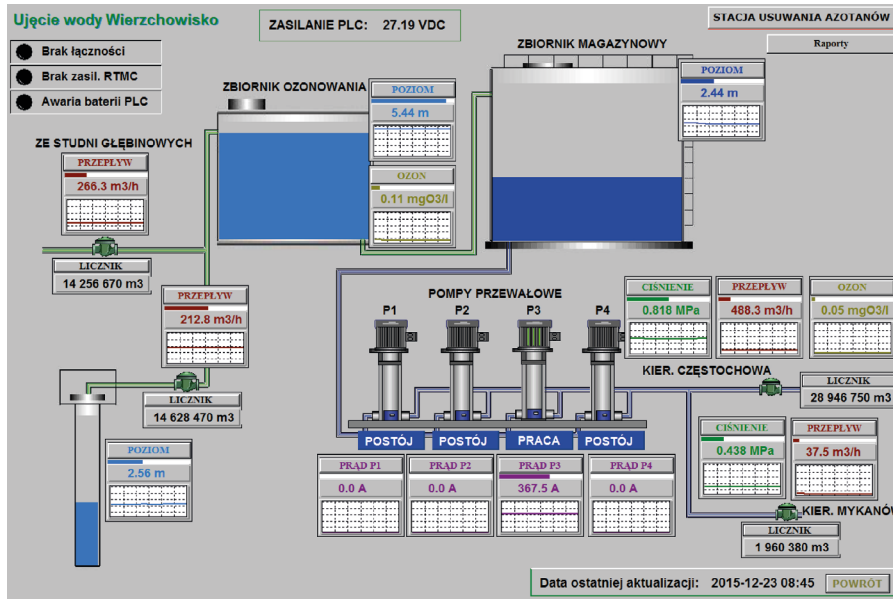
wyszczególnić należy pomiar przepływu, ciśnienie, poziom wody w zbiornikach oraz studniach, napięcie i natężenie prądu pobieranego przez silniki pomp, częstotliwość pracy falowników, stężenie chloru i ozonu (rys. 2).

Prace nad dalszym rozwojem systemu monitoringu realizowane są w sposób ciągły. Proces rozbudowy systemu podzielić należy na trzy etapy. Pierwszym było opomiarowanie strategicznych dla Przedsiębiorstwa obiektów, takich jak studnie i ujęcia. Kolejnym etapem było objęcie monitoringiem pompowni oraz zaworów redukujących ciśnienie. Ostatnim, nieustannie realizowanym, jest zabudowa punktów pomiarowych w ważnych miejscach sieci wodociągowej (rys. 3). Aktualnie w Przedsiębiorstwie już 72% długości sieci wodociągowej znajduje się w obszarze pozwalającym

na szybką detekcję i lokalizację występujących awarii.

Jedną z ostatnich inwestycji, zrealizowaną w 2014 roku, było zbilansowanie wszystkich obiektów powiązanych z układem pompowo-grawitacyjnym zasilającym centralną część miasta – 9 obszarów AKW. Na obszarze tym pompownie drugiego stopnia głównych ujęć wody współpracują z trzema grupami zbiorników magazynowo-wyrównawczych, rozmieszczonych w najwyższych punktach sieci. Kluczowym zadaniem stało się zabudowanie pomiaru przepływu dla głównych magistral zasilających i odprowadzających wodę ze zbiorników o łącznej pojemności 56 tys. m<sup>3</sup>. Zadanie wykonano, wykorzystując przepływomierze elektromagnetyczne kołnierzowe w zakresie średnic DN300 – DN450 oraz przepływomierze sztycowe





Rys. 2. Wizualizacja ujęcia wody Wierzchowisko

dla rurociągów DN800 i DN1000 (rys. 4). Udało się zatem wstępnie zbilansować przepływy dla jedynego nieopomiarowanego dotąd obszaru. Mając jednakże na uwadze rozmiar powstałej strefy (długość samej sieci rozdzielczej ok. 430 km), niezbędnym staje się zagęszczenie punktów pomiarowych sieci, co pozwoli w przyszłości na wydzielenie mniejszych obszarów umożliwiających szybką detekcję potencjalnych wycieków. Problemem jest tu konieczność zaprojektowania wielu punktów dla każdej przyszłej strefy ze względu na złożony pierścieniowy układ

rurociągów. Stopniowa realizacja powyższego przewidziana jest na najbliższe lata.

### Wykorzystanie monitoringu w optymalizacji procesu eksploatacji i redukcji strat wody

Monitoring jest narzędziem wspomagającym efektywne zarządzanie układem dystrybucji wody. W Wodociągach Częstochowskich doceniamy jego olbrzymią przydatność, wykorzystując system do oceny stanu awaryjności sieci i szybkiej detekcji wycieków, dbając o ciągłość dostaw, kontrolując niezgodności pracy

urządzeń wodociągowych ze stanowiska dyspozytorskiego.

Bieżąca kontrola parametrów przepływu w systemie wodociągowym pozwala na sprawne i skuteczne zarządzanie jednostką wyszukującą wycieki – utworzoną w roku 2007, wyposażoną w pojazdy ze specjalistycznym sprzętem diagnostycznym (m.in. korelator, logery, geofon, laska nasłuchowa, traser przewodów).

Wykorzystując dane z monitoringu w trakcie wykonywania testowania stopniowego sieci (rys. 5), diagności są w stanie szybciej dotrzeć do miejsca awarii, co daje przewagę nad aktywną kontrolą wycieków, którą stosujemy w zakresie sieci niewyposażonej w kompletny system opomiarowania.

Dla poprawnego odczytywania danych z telemetrii zostały obliczone składowe nocnych przepływów w poszczególnych strefach. Pozwoliło to nam określić objętość nadmiernie traconej wody, a w rezultacie stwierdzić obecność możliwych do zlokalizowania awarii (rys. 6).

Jak widać na poniższym wykresie, aktualnie teoretyczne i rzeczywiste wielkości są zbliżone, co świadczy o bieżącym niewielkim poziomie nadmiernych wycieków. Ponadto wynik taki pozwala domniamać, że w słabszej kondycji znajduje się pozostała – mniej szczegółowo opomiarowana – część układu, bądź straty pozorne dla całości systemu stanowią znaczący udział.

Skojarzenie monitoringu i pracy diagnostów wyposażonych w specjalistyczne



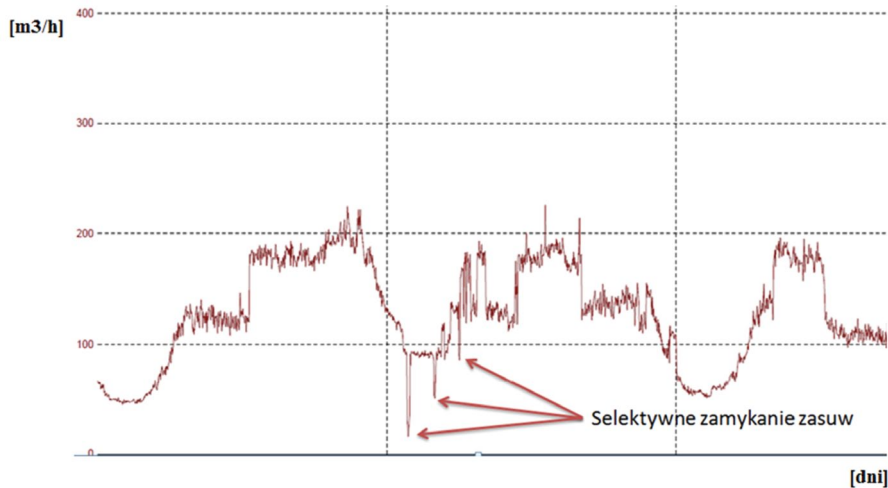
Rys. 3. Montaż przepływomierza kołnierzowego DN400 – Strefa Bór, ul. Jagiellońska



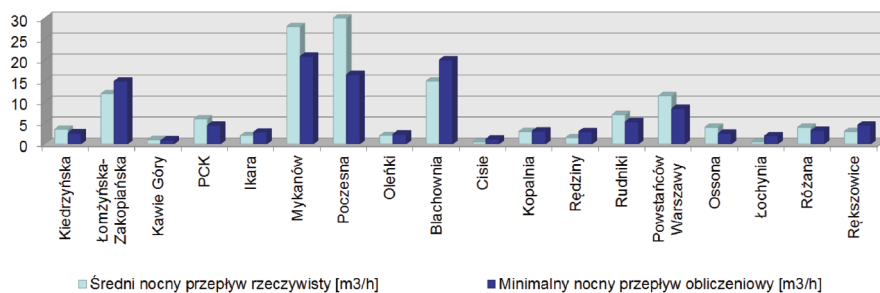
Rys. 4. Montaż przepływomierza elektromagnetycznego sztywnego na magistrali DN1000



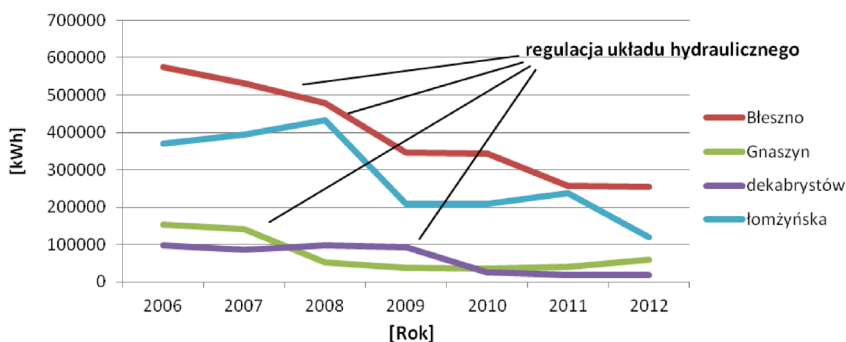




Rys. 5. Wykres ilustrujący wyniki testowania stopniowego sieci



Rys. 6. Porównanie nocnych przepływów rzeczywistych z obliczeniowymi w opomiarowanych strefach



Rys. 7. Porównanie nocnych przepływów rzeczywistych z obliczeniowymi w opomiarowanych strefach

urządzenia akustyczne zaowocowały w latach 2007/2014 wykryciem 1013 nieszczelności nieujawniających się na powierzchni gruntu, więc jednocześnie najcenniejszych z punktu widzenia skracania okresu istnienia awarii, a w konsekwencji rzutujących na redukcję poziomu strat wody w przedsiębiorstwie.

Z perspektywy kilku ostatnich lat możemy stwierdzić, że szczególnie istotnym okazał się monitoring układów podwyższonego ciśnienia zasilanych pompowo, bez zbiorników wyrównawczych. Spośród kilkunastu stref wspomnianego typu pracujących w naszym przedsiębiorstwie niemal każda wymagała korekty

w aspekcie optymalizacji energochłonności. W przedmiotowych przypadkach, po uruchomieniu transmisji danych z obiektów, przekonano się, że dostarczanie wody klientom w odpowiednich ilościach i pod wymaganym ciśnieniem jest niewystarczającym kryterium eksploatacyjnym. Dopiero skupienie uwagi na nocnych przepływach, przyrównawszy je do obliczeniowych wskaźników dało odpowiedź na pytanie, czy proces przebiega sprawnie i energooszczędnie. W kilku układach wykryto ponadnormatywne przepływy rzędu od 40 do 120 m<sup>3</sup>/h, jak się okazało nie związanych z awariami, lecz z nieszczelnymi zasuwami strefowymi (rys. 7).

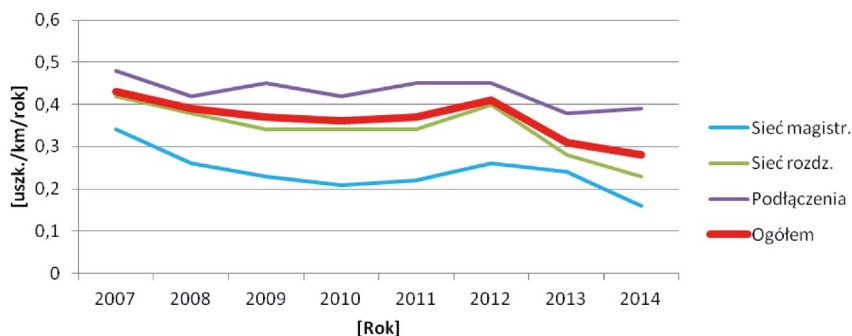
Wylimowanie niezgodności zaowocowało zaoszczędzeniem w okresie ostatnich ośmiu lat około 1 200 000 złotych na energii elektrycznej, do czego należy doliczyć zyski z tytułu pomniejszenia obciążenia pracy pomp oraz obniżenia ciśnienia dla całych obszarów – możliwego po doszczelnieniu stref. Należy wspomnieć, że nie zanotowano powiększenia energochłonności głównych ujęć dla zrównoważenia opisanych działań.

### Poziom strat wody w PWiK O. Cz. SA

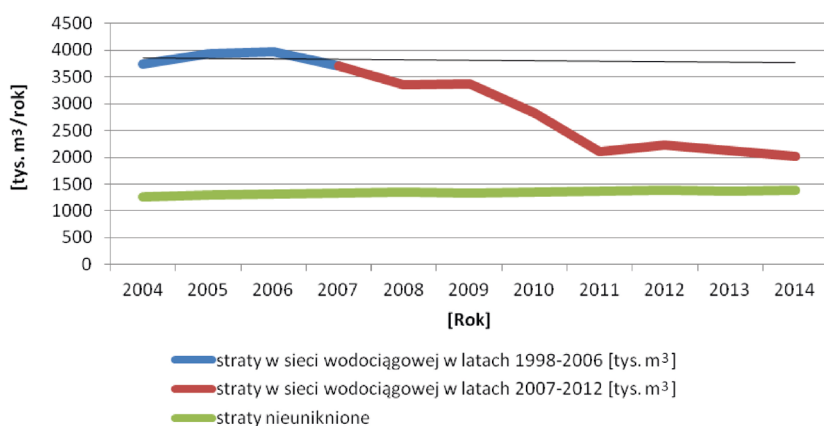
W PWiK O. Cz. SA w okresie ostatnich lat nastąpiło przełamanie ugruntowanego poziomego trendu strat wody w systemie. Na stopniowe pomniejszenie objętości traconej wody ma niewątpliwie wpływ możliwość bieżącej kontroli 72% długości sieci wodociągowej. Stopniowo wdrażana obszarowa redukcja ciśnienia opracowana w oparciu o dane z monitoringu i systemu GIS niesie ze sobą bezpośredni wydzźwięk w postaci obniżenia poziomu wycieków, jak również pośredni – wskutek obniżenia awaryjności przewodów (rys. 8).

W roku 2014 w przedsiębiorstwie odnotowano 2014,9 tys m<sup>3</sup> strat wody, co w porównaniu z rokiem 2006 jest wynikiem lepszym o 1952,1 tys m<sup>3</sup>/rok. W okresie dziesięcioletnim pozwoliło to nam na zaoszczędzenie blisko 9 mln m<sup>3</sup> wody (rys. 9).

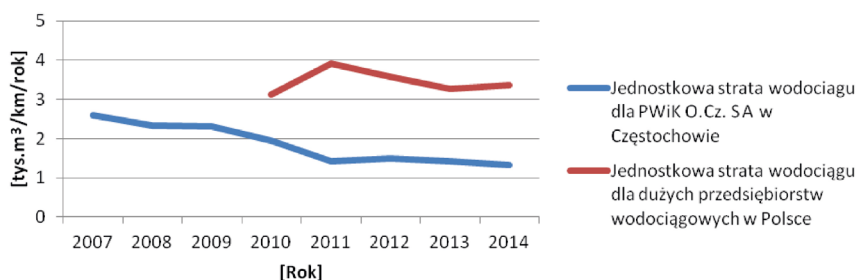
Analizując bilans wodny w przedsiębiorstwie, należy również wspomnieć o stratach pozornych, które w obecnej chwili nie są określone w precyzyjny sposób. Obserwacją nierównomierności



Rys. 8. Współczynnik awaryjności sieci wodociągowej w latach 2007-2014



Rys. 9. Bilans produkcji, sprzedaży i strat wody w PWiK O. Cz. SA w Częstochowie w latach 2004-2014



Rys. 10. Wartość wskaźnika strat wody w tys. m³ na km sieci w latach 2007-2014

zużyć wody oraz doбором wodomierzy zajmują się w przedsiębiorstwie wydzielone niezależne komórki. Dla zwrócenia uwagi na skalę niniejszego problemu nadmieniamy, że wymiana testowa 80 sztuk wodomierzy z klasy B na klasę MID-R = 160 przyniosła roczny zysk w wielkości 10% w porównaniu do poprzedzających lat. Wykonanie podob-

nych zabiegów u odbiorców przemysłowych spowodowało wzrost sprzedaży o 17% w niniejszym sektorze.

O ile szacowanie strat pozornych w przedsiębiorstwie wymaga dodatkowych badań, o tyle obliczenie strat nieuniknionych, stanowiących część strat rzeczywistych w systemie, jest łatwiejszym zadaniem.

Straty nieuniknione, na które składają się wycieki o wielkości charakterystycznej dla dobrze utrzymanej sieci wodociągowej, z technicznego punktu widzenia są bardzo trudne do wyeliminowania, co w aspekcie ekonomicznym stanowi o nieopłacalności działań zmierzających do ich zredukowania. W obecnej chwili poziom strat nieuniknionych, zależnych od długości sieci, ilości przyłączy oraz średniego ciśnienia operacyjnego, stanowi blisko połowę strat wody mających miejsce w procesie dystrybucji do klientów PWiK O. Cz. SA.

Podążając dalej za podejściem do strat reprezentowanym przez IWA, obliczono wskaźnik Infrastructure Leakage Index (ILI), który określa krotność rzeczywistych strat zanotowanych w przedsiębiorstwie w stosunku do wielkości wycieków mających miejsce w adekwatnym systemie wodociągowym o dobrej kondycji. W roku 2014 osiągnięto ILI równy 1,43, co według IWA świadczy o dobrym stanie sieci wodociągowej.

Jakkolwiek Infrastructure Leakage Index wydaje się rzetelnym narzędziem porównawczym, to łatwiej będzie w naszych krajowych warunkach skorzystać ze wskaźnika straty wody w tys. m³ na km sieci, który jest systematycznie obliczany i upubliczniany do wiadomości w Benchmarkingu przez Izbę Gospodarczą Wodociągi Polskie. Tutaj również widzimy blisko dwukrotny spadek odnotowanych strat wody w siedmioletnim horyzoncie czasowym


Jak można zauważyć z powyższych wyliczeń, proces redukcji strat przebiega w PWiK O. Cz. SA stopniowo, osiągając coraz bardziej zadowalające wyniki. Na powyższe składa się wiele czynników, takich jak wciąż rozwijający się monitoring, obszarowa redukcja i stabilizacja ciśnienia, przebudowa najbardziej awaryjnych przewodów. Istotnym jest, że dzięki przedmiotowym działaniom zdołano obniżyć współczynnik awaryjności sieci, co ma niebagatelne znaczenie w zachowaniu ciągłości dostaw, pomniejszaniu kosztów eksploatacyjnych sieci i skutkuje obniżaniem poziomu wycieków.

Funkcjonujący w przedsiębiorstwie monitoring skutecznie wspomaga proces efektywnej eksploatacji sieci wodociągowej. Stale rozwijający się system

jest projektowany z myślą o ułatwieniu wypełnienia najważniejszych zadań stawianych przed zakładem wodociągowym – gwarancją ciągłych dostaw wody o wymaganej jakości, pod odpowiednim ciśnieniem, przy minimalnych kosztach eksploatacyjnych.

### Literatura

- [1] LAMBERT A., MCKENZIE R.: *Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index*. Paper to IWA Conference Leakage Management – A Practical Approach, Cyprus November 2002.
- [2] MROWIEC M., KULIŃSKI E., HERCZYK T.: *Rozbudowa monitoringu sieci wodociągowej i układów redukcji ciśnienia na rzecz pomniejszenia strat wody i awaryjności przewodów wody PWiK O. Cz. SA w Częstochowie*. Sympozjum ogólnokrajowe Hydroreprezentacje XVII 2014 Krynica-Zdrój 10–12 czerwca 2014 roku.
- [3] DOHNALIK P., JĘDRZEJOWSKI Z.: *Efektywna eksploatacja wodociągów*. Ograniczanie strat wody, Lemtech, Kraków 2004.
- [4] KOWALSKA K.: *Woda wpisana w historię. Historia Wodociągów Częstochowskich*. Wydaw. Harit – Krzysztof Bednarek, Częstochowa 2008.
- [5] THORNTON J., LAMBERT A.: *Pressure: Bursts Relationships: Influence of Pipe Materials, Validation of Scheme Results, and Implications of Extended Asset Life*. IWA Water Loss 2012 Manila, 26–29 February 2012.
- [6] THORNTON J., LAMBERT A.: *The relationships between pressure and bursts – a „state-of-the-art”*. Article in IWA Water 21 Journal, April 2011.
- [7] THORNTON J., LAMBERT A.: *Managing pressures to reduce new breaks*. IWA Water 21 Journal. December 2006.
- [8] SPERUDA S.: *Podręcznik oceny strat wody w miejskich i wiejskich sieciach wodociągowych WaterKEY*, Warszawa 2009.
- [9] Benchmarking: Wyniki przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2014 rok, Bydgoszcz 2015.
- [10] Benchmarking: Wyniki przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2013 rok, Bydgoszcz 2014.
- [11] Benchmarking: Wyniki przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2012 rok, Bydgoszcz 2013.
- [12] Benchmarking: Wyniki przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2011 rok, Bydgoszcz 2012.
- [13] Benchmarking: Wyniki przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce za 2010 rok, Bydgoszcz 2011.

 Tomasz Herczyk, Emil Kuliński – Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego Spółka Akcyjna w Częstochowie

artykuł recenzowany

reklama

# 9-11.03.2016

## Control-Stom

Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej

## Pneumaticon

Targi Pneumatyki, Hydrauliki,  
Napędów i Sterowań

150

firm

11

krajów

6 500

zwiedzających

Dobry początek sezonu

[control-stom.targikielce.pl](http://control-stom.targikielce.pl)  
[pneumaticon.targikielce.pl](http://pneumaticon.targikielce.pl)





# Modelowanie hydrauliczne sieci wodociągowych – wybrane aspekty

Grzegorz Ścieranka

Zadaniem modeli hydraulicznych jest pomoc w uzyskaniu szybkiej odpowiedzi na pytania dotyczące warunków panujących w sieci wodociągowej, których nie można uzyskać w inny sposób lub których uzyskanie w oparciu o badania na rzeczywistej sieci wodociągowej byłoby skomplikowane i czasochłonne. Modele hydrauliczne znajdują zastosowanie szczególnie w przypadku sieci pierścieniowych, dla których obliczenie przepływów chwilowych metodami tradycyjnymi jest skomplikowane. Przewaga modeli komputerowych polega również na możliwości dynamicznej obserwacji zmienności parametrów hydraulicznych w założonym czasie symulacji z przyjętym dowolnym krokiem czasowym.

Tworzenie modelu hydraulicznego sieci wodociągowej polega na jej odwzorowaniu w komputerze w układzie możliwie jak najbardziej zbliżonym do występującego w terenie. Proces ten przeprowadza się z wykorzystaniem odpowiednich programów komputerowych. Na rynku dostępne są programy komercyjne, które cechują się rozbudowanym układem wprowadzania danych oraz posiadają szereg interesujących funkcji wspomagających analizę wyników modelowania. Większość z oferowanych programów bazuje na silniku obliczeniowym programu Epanet 2.0. Program ten, udostępniany wraz z kodami źródłowymi dla silnika obliczeniowego i interfejsu graficznego przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (US EPA), jest obecnie najpopularniejszym narzędziem do budowy modeli hydraulicznych sieci wodociągowych. Niewątpliwie ma na to wpływ możliwość nieograniczonego bezpłatnego użytkowania oraz dostęp do wspomnianych kodów źródłowych i tym samym możliwość wprowadzania

modyfikacji w zależności od potrzeb użytkownika.

Podstawowymi informacjami uzyskiwanymi z modelu hydraulicznego są: chwilowe wartości natężenia przepływu, strat ciśnienia, prędkości przepływu wody na poszczególnych odcinkach sieci wodociągowej oraz wartości ciśnienia w węzłach sieci. Ponadto można uzyskać informację np. o poziomach napełnień zbiorników, wydajności pomp czy zużyciu energii na pompowanie wody.

W oparciu o model hydrauliczny można między innymi:

- sprawdzać możliwości i warunki podłączenia nowych odbiorców i rozbudowy sieci;
- optymalizować dobór średnic dla nowych i przebudowywanych sieci;
- prognozować pracę sieci wodociągowej w warunkach awaryjnych;
- badać warianty sterowania ciśnieniem;
- wyznaczać strefy zasilania z poszczególnych źródeł wody;
- analizować pracę sieci w warunkach poboru wody na cele przeciwpożarowe;
- wyszukiwać miejsca, w których występują zjawiska nietypowe, np.: zwiększone wycieki wody, przymknięte zasuwy, przewężenia przekrojów, „ucieczka” wody do innej strefy itp.;
- dobierać pompy;
- projektować zbiorniki sieciowe;
- wskazywać miejsca do zabudowy stałego monitoringu.

Przed przystąpieniem do budowy modelu hydraulicznego sieci wodociągowej należy zgromadzić dane o geometrii sieci, źródłach wody, rozbiorach wody i stratach wody oraz sposobach sterowania ciśnieniem. Jakość danych wejściowych decyduje o poprawności modelu. Nie każdy model musi być jednak zbudowany w oparciu o bardzo szczegółowe dane. Do celów opracowań koncepcyjnych

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano wybrane możliwości programu Epanet 2.0 w zakresie tworzenia modeli hydraulicznych sieci wodociągowych oraz wykonywania symulacji i analiz. Wskazano ogólne zasady budowy modeli oraz możliwe korzyści. Zwrócono uwagę na przykładowe problemy procesu kalibracji modeli.

**Abstract:** The paper presents selected capabilities of Epanet 2.0 software for the creation of hydraulic network modeling of water distribution systems and create a simulations and analysis. The article discusses the general principles of model building and potential benefits. The example shows some of typical problems that are found in calibration process.

można budować modele hydrauliczne na podstawie schematów sieci wodociągowych i szacowania wielkości rozbiorów wody. Należy mieć świadomość, że model hydrauliczny nie jest celem samym w sobie, lecz źródłem informacji wspomagającym podejmowanie decyzji przez operatora sieci.

Podstawowymi elementami modelu są odcinki i węzły obliczeniowe, ponadto w modelu występują źródła wody oraz opcjonalnie pompy, zbiorniki sieciowe i armatura odcinająca i regulacyjna.

Węzły obliczeniowe w modelu dzielą odcinki obliczeniowe. Przez odcinek obliczeniowy rozumie się taki odcinek sieci, dla którego na całej długości panują takie same warunki hydrauliczne transportu wody. Tym samym węzły należy przyjmować:

- na wszystkich rozgałęzieniach i końcówkach przewodów;
- w miejscach zmiany średnicy wewnętrznej;
- w miejscach zmiany chropowatości przewodu (zwykle jest to związane ze zmianą materiału i wieku przewodu);
- w miejscach występowania dużych rozbiórów wody, mających lokalny wpływ na wartość przepływów odcinkowych.

Ponadto dla zwiększenia pogłębienia zaleca się wprowadzenie dodatkowych węzłów w punktach najniżej i najwyżej położonych na sieci oraz w punktach pośrednich, dzieląc długie odcinki obliczeniowe na mniejsze.

W programie Epanet definiuje się następujące główne parametry węzłów obliczeniowych:

- rzędna węzła, m;
- bazowy rozbiór wody,  $m^3/h$  lub  $l/s$ ;
- wzorzec rozbioru dla danej kategorii odbiorców;
- współczynnik wydatku otworu  $C$  rozumiany jako wartość przepływu przez

otwór, przy którym zachodzi spadek ciśnienia o 1 m (do symulacji strat wody lub swobodnego wypływu z hydrantu).

Podstawowe parametry odcinków obliczeniowych to:

- długość odcinka, m;
- średnica wewnętrzna odcinka, mm;
- współczynnik chropowatości  $k$  dla równania Darcy-Weisbacha;
- współczynnik strat miejscowych  $\xi$ .

Proces wprowadzania danych w programie Epanet można częściowo zautomatyzować, wykorzystując dostępne programy wspomagające. Dysponując np. płaskim modelem geometrii sieci w pliku o formacie dxf, można w prosty sposób importować do modelu układ sieci w planie wraz z długościami odcinków. Wykorzystuje się do tego celu powszechnie jeden z dwóch programów: EpaCAD lub dxf2epa. Należy mieć świadomość, że podczas takiego importu może dojść do wprowadzenia części danych z błędami, np. w połączeniach odcinków, nakła-

daniu się węzłów itp. Błędy te wymagają ręcznego usunięcia.

Po wprowadzeniu wszystkich danych do modelu należy poddać go weryfikacji w procesie kalibracji. Proces ten polega na porównaniu wyników pomiarów ciśnienia i przepływów wykonanych na sieci wodociągowej z wynikami uzyskanymi z modelu hydraulicznego. Jest to etap, który pozwala na wyszukanie i korektę błędnie wprowadzonych danych. Do pomiarów na czynnej sieci wodociągowej wykorzystuje się istniejący monitoring oraz dodatkowe ruchome punkty pomiarowe do pomiaru ciśnienia. Istniejący monitoring ogranicza się zwykle do pomiaru przepływu i ciśnienia na studni pomiarowej lub rurociągu tłocznym pompowni wody stanowiących punkty zasilania w wodę badanej strefy wodociągowej. Dodatkowe pomiary ciśnienia wykonuje się zwykle w miejscach najmniej korzystnych hydraulicznie, czyli na końcówkach sieci oraz w punktach charakterystycznych – na wzniesieniach

reklama



Zapytaj  
o ceny promocyjne



XIX Międzynarodowe Targi Energetyki i Elektrotechniki



XIV Targi Odnawialnych Źródeł Energii

30-31 marca 2016 Kielce

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

TARGI KIELCE SA, ul. Zakładowa 1, 25-672 Kielce

Menedżer Projektu - Robert T. Frąk, e-mail: [enex@targikielce.pl](mailto:enex@targikielce.pl); tel. 41 365 12 12

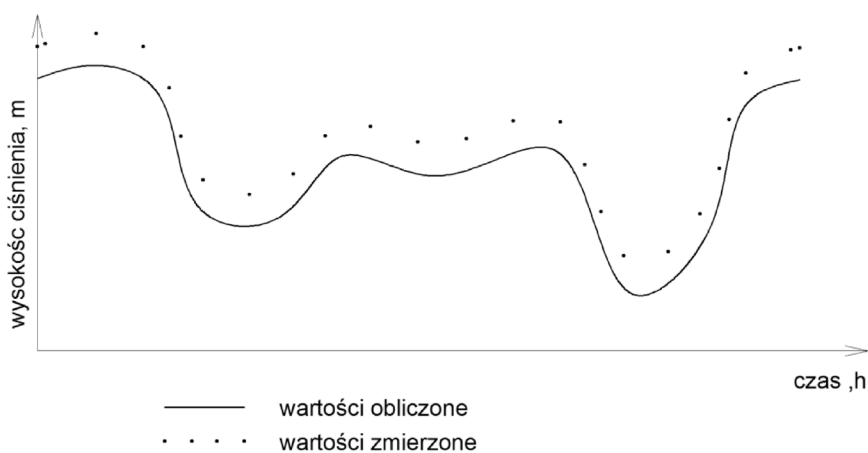
i w zagłębieniach terenu, w miejscach zagęszczonej zabudowy itp. Wykorzystuje się do tego celu przetworniki ciśnienia uzbrojone w rejestratory z zasilaniem bateryjnym. Praktycznym rozwiązaniem jest wykorzystanie urządzeń zblokowanych, przystosowanych do bezpośredniej zabudowy na hydrantach.

Jakość modelu sieci wodociągowej zależy od poprawności wprowadzonych danych. Źródłem danych o geometrii sieci są bazy danych przedsiębiorstwa wodociągowego, które mogą zawierać błędy lub być niekompletne, a ich weryfikacja, zważywszy na ułożenie rurociągów pod ziemią, jest w praktyce niemożliwa. Również rozbiory wody w poszczególnych obszarach sieci mogą się kształtować wg wzorców innych, niż założono na podstawie danych o sprężadzie wody i odczytów z przepływomierzy w punktach zasilania sieci w wodę. Zatem żaden model nigdy nie będzie w sposób idealny odzwierciedlał stanu rzeczywistego. Do celów praktycznych jednak nie jest to konieczne.

Kryteria oceny zgodności modelu powinny być ustalane indywidualnie, a wytyczne literaturowe należy traktować jedynie jako zalecenia. Należy dostosować przyjęte kryteria w zależności od wielkości modelu, jego funkcji i celu [1].

Biorąc pod uwagę warunki hydrauliczne panujące w większości sieci wodociągowych, nie zaleca się przeprowadzania procesu kalibracji dla typowych warunków pracy. Regułą są bardzo małe prędkości przepływu w poszczególnych odcinkach sieci wodociągowej i to nawet w godzinach maksymalnego rozbioru wody. Na taką sytuację ma wpływ kilka czynników:

- spadek zużycia wody;
- konieczność spełnienia przy projektowaniu wymagań przeciwpożarowych w zakresie minimalnych wymaganych średnic przewodów oraz wymaganej wydajności hydrantów;
- skłonność do przewymiarowania średnic nowo projektowanych przewodów



Rys. 1. Porównanie wartości obliczonych i zmierzonych wysokości ciśnienia w węźle przy zawyżonej wartości rzędnej terenu

sieci w myśl zasady: „lepsza za duża niż za mała”.

W konsekwencji opory przepływu w sieci wodociągowej są znikome, a wysokość straty ciśnienia, mierząc od punktu zasilania do najniekorzystniejszego węzła, może nie przekraczać kilku metrów. Można zaryzykować stwierdzenie, że kalibracja modelu w typowych warunkach pracy sieci wodociągowej bez względu na jego poprawność da prawie zawsze pozornie prawidłowy wynik nawet przy bardzo zaostrzonych kryteriach zgodności (o ile tylko poprawnie wprowadzono rzędne w węzłach sieci). Jak zatem ocenić poprawność modelu hydraulicznego sieci wodociągowej? Skutecznym rozwiązaniem jest przeprowadzenie szarży pomiarowej podczas wymuszonego zwiększonego przepływu wody. Można to osiągnąć najprościej przez mierzony pobór wody z wybranych hydrantów. Innym rozwiązaniem jest zamknięcie zasuw na wybranych odcinkach sieci i wymuszenie tym samym zwiększonego przepływu na pozostałych odcinkach. W każdym przypadku konieczna jest indywidualna ocena koniecznych działań. Można przyjąć, że działania te powinny doprowadzić do takiego wzrostu oporów przepływu, któ-

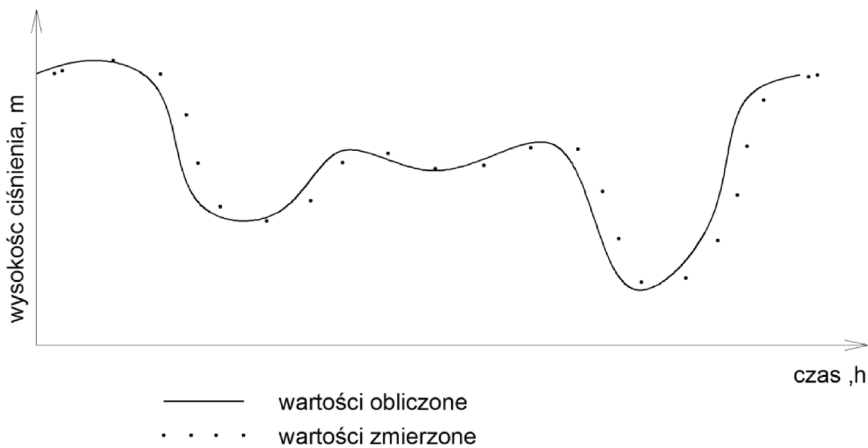
ry spowoduje dla typowej badanej sieci wodociągowej obniżenie położenia linii ciśnienia w punkcie kalibracji o min. kilkanaście metrów. Uzyskanie w takiej sytuacji zbieżności wysokości ciśnienia na poziomie nieprzekraczającym 2 m można w wielu przypadkach uznać za wystarczające. Przeprowadzenie takiej procedury kalibracji sprawi, że model będzie równie użyteczny w sytuacjach typowych, jak również do symulacji stanów awaryjnych i pożarowych.

Rozbieżności wyników obliczeń i pomiarów terenowych mogą mieć różne przyczyny. Jedną z nich są często niedokładne dane wysokościowe. W programie Epanet, podobnie jak w innych aplikacjach, wprowadza się rzędne terenu w węzłach obliczeniowych. W ten sposób uzyskuje się wyniki wysokości ciśnienia odniesione do powierzchni terenu. Źródłem rzędnych terenu mogą być mapy wysokościowe, karty studzienek, portale internetowe, operaty geodezyjne. W zależności od źródła dane te są obarczone mniejszymi lub większymi błędami. Najrzetelniejszą informację w tym zakresie można uzyskać, wykonując aktualne pomiary geodezyjne. Problem ten ma szczególne znaczenie na terenach objętych wpływem eksploatacji górniczej. Błąd tego rodzaju jest łatwy do wychwycenia, o ile we właściwym węźle dokonano pomiaru ciśnienia do kalibracji modelu. Błąd ten objawia się równoległym pionowym przesunięciem wykresów czasowych ciśnień zmierzonych i obliczonych (rys. 1).

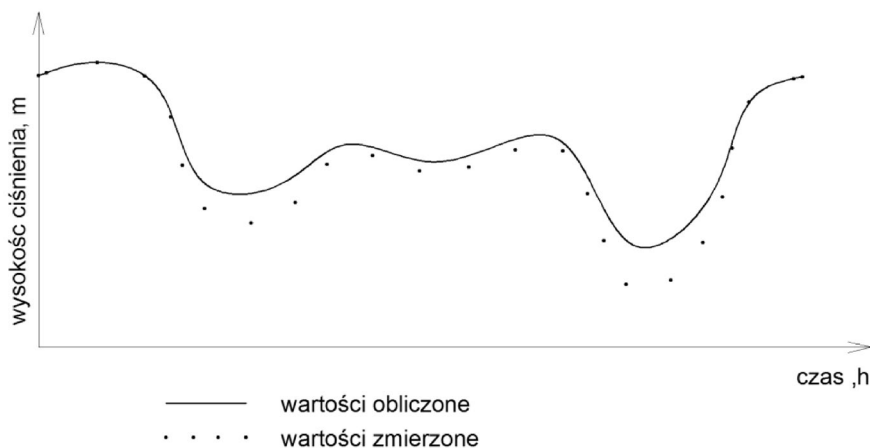
reklama

[www.energoelektronika.com.pl](http://www.energoelektronika.com.pl)  
Twój branżowy serwis z przyszłością





Rys. 2. Porównanie wartości obliczonych i zmierzonych wysokości ciśnienia w węźle przy przesunięciu kroku czasowego wzorca rozbioru



Rys. 3. Porównanie wartości obliczonych i zmierzonych wysokości ciśnienia w węźle przy większych oporach na dopływie do węzła w sieci niż w modelu

Inny błąd, objawiający się równoległym przesunięciem poziomym wykresów czasowych ciśnień zmierzonych i obliczonych (rys. 2), jest wynikiem przesunięcia kroku czasowego wzorca rozbioru.

W przypadku, w którym wykresy ciśnień wartości zmierzonych i obliczonych są zbieżne w godzinach najmniejszych rozbiorów wody i oddalają się od siebie wraz ze wzrostem przepływów, mamy do czynienia ze zwiększonymi oporami

przepływu w sieci wodociągowej w porównaniu do modelu. W takim przypadku należy w pierwszej kolejności zweryfikować średnice rurociągów oraz sprawdzić ewentualne przymknięcie zasuw. W kolejnym kroku można wprowadzać korekty współczynników chropowatości zastępczej  $k$ . Wprowadzenie prawidłowych wartości współczynników chropowatości jest zadaniem trudnym, zwłaszcza w przypadku odcinków rurociągów podatnych na zmianę tego parametru w czasie eksploatacji. Współczynniki te w przypadkach wątpliwych należy wyznaczyć na podstawie badań terenowych polegających na pomiarze wartości strat ciśnienia przy zmiennym natężeniu przepływu na wybranych odcinkach sieci wodociągowej.

Należy mieć świadomość, że tylko prawidłowo skalibrowany model będzie użytecznym narzędziem wspomagającym zarządzanie siecią wodociągową zarówno w okresach typowej eksploatacji, jak i w stanach kryzysowych, takich jak np. awarie i pobory wody na cele pożarowe.

#### Literatura

- [1] T. M. WALSKI ET AL.: *Advanced water distribution modeling and management*. Haestad Methods, Waterbury, USA, 2003.

dr inż. Grzegorz Ścieranka –  
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii  
Środowiska i Energetyki;  
e-mail: grzegorz@polsl.pl

artykuł recenzowany

reklama



Preferujesz internet?

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

# Bilans energetyczny hybrydowego układu napędowego lokomotywy górniczej

Rafał Konsek, Arkadiusz Mężyk

## 1. Wprowadzenie

Podstawowym celem coraz szerszego stosowania napędów hybrydowych jest obniżenie zużycia paliwa oraz ograniczenie emisji substancji toksycznych do środowiska. Efektywny sposób wykorzystania hybrydowego układu napędowego wymaga prawidłowego sterowania rozpięciem energii pomiędzy jego poszczególnymi elementami, takimi jak silnik spalinowy, generator elektryczny, bateria akumulatorów czy silniki elektryczne. Pojazdy z takim napędem sprawdzają się zwłaszcza w warunkach, gdzie wykonywanych jest dużo manewrów przyspieszania i hamowania (np. aglomeracja miejska) [3]. Opracowując koncepcję hybrydowego układu napędowego górniczej lokomotywy spagowej, przeprowadzono wcześniej pomiary prędkości jazdy w rzeczywistych warunkach jej pracy, w celu uzyskania parametrów wejściowych do przeprowadzenia badań symulacyjnych. Na podstawie pomiarów założono spodziewaną efektywność stosowania napędu hybrydowego lokomotywy górniczej w warunkach pracy rzeczywistej.

## 2. Napęd hybrydowy lokomotywy górniczej

Efektywna praca napędu hybrydowego lokomotywy spagowej wymaga odpowiedniego sterowania przepływem energii [2, 3, 4]. Jest to proces związany z ciągłą analizą wielu sygnałów, na podstawie których dobierane są parametry elementów wykonawczych. Wpływa to na poprawę sprawności energetycznej i żywotność całego układu napędowego. Silnik spalinowy, pracując w zadanym punkcie obciążenia i prędkości obrotowej, może charakteryzować się najmniejszym zużyciem jednostkowym paliwa albo najniższą emisją spalin. W szeregowym napędzie hybrydowym przewidzianym do zastosowania w górniczej lokomotywie spagowej można wyróżnić kilka trybów pracy (rys. 1–6, gdzie: SS – silnik spalinowy, SE – silnik elektryczny, G – generator, BA – bateria akumulatorów, ZP – zbiornik paliwa, US – układ sterowania, FA – falownik, PR – prostownik, DC – szyna prądu stałego).

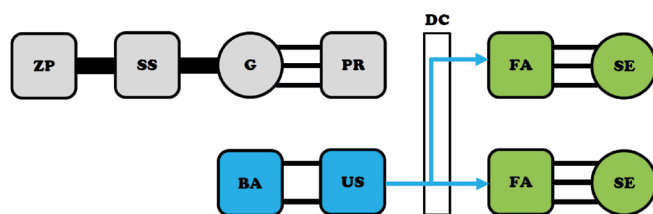
Tryb EV (*Electric Vehicle*) – jest to tryb pracy zeroemisyjny. W tym układzie silnik spalinowy nie jest włączony, a lokomotywa zasilana jest tylko energią pochodzącą z baterii akumulatorów. Tryb EV może być aktywowany tylko przez maszynistę lokomotywy i stosowany, gdy wymagana jest duża ilość rozruchów lokomotywy na krótkich odcinkach trasy, jak również w rejonach, w których znajdują się ludzie (generowany jest hałas).

Tryb HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) – moc generatora i moc pochodząca z baterii akumulatorów służą do napędzania lokomotywy. Ten tryb pracy jest wykorzystywany podczas dużego

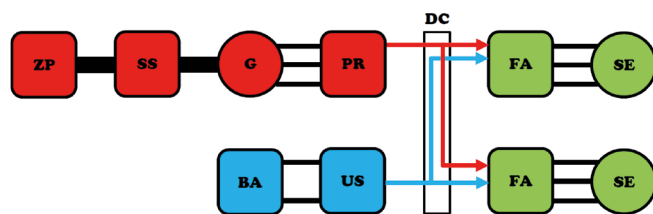
**Streszczenie:** Rozpowszechniane coraz szerzej napędy hybrydowe w pojazdach mają na celu obniżenie zużycia paliwa i ograniczenie emisji spalin do atmosfery. Istotą takich układów jest sterowanie rozpięciem energii pomiędzy poszczególnymi elementami napędu. W artykule przedstawiono rozwiązanie napędu hybrydowego lokomotywy górniczej oraz przedstawiono wyniki badań jej pracy na podstawie rozpięciu mocy.

### ENERGY BALANCE OF HYBRID DRIVE SYSTEM OF MINE LOCOMOTIVE

**Abstract:** More and more popular hybrid drives in vehicles reduce fuel consumption and emission of exhaust gases. Control of power flow to the components is the system essence. Hybrid drive system of mine locomotive is presented and the results of locomotive operation are given basing on power flow.



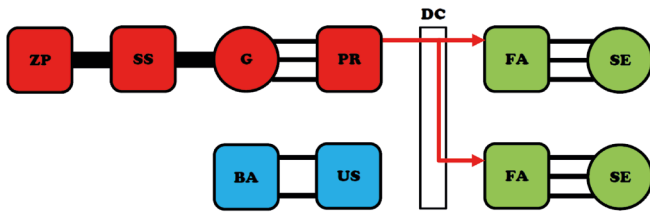
Rys. 1. Tryb EV (*Electric Vehicle*) [2]



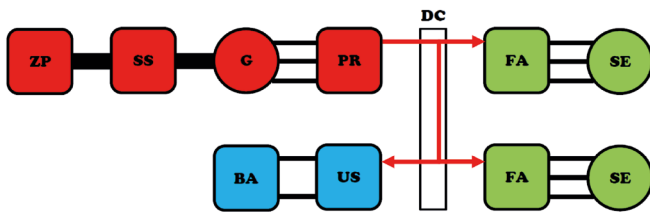
Rys. 2. Tryb HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) [2]

zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z wozami kopalnianymi załadowanymi urobkiem.

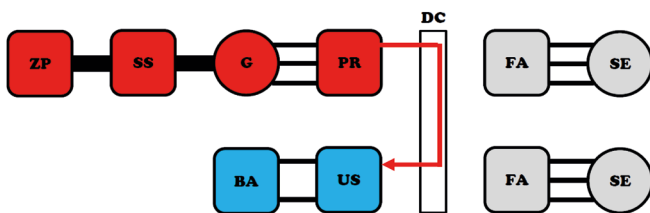
Tryb spalinowo-elektryczny bez doładowywania baterii – moc generatora wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na



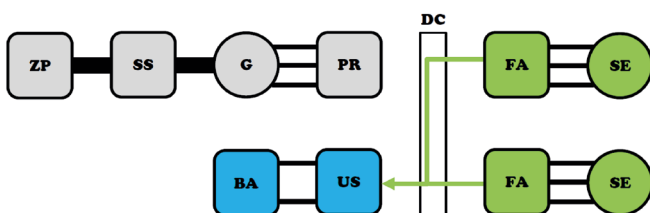
Rys. 3. Tryb spalinowo-elektryczny bez doładowywania baterii akumulatorów [2]



Rys. 4. Tryb spalinowo-elektryczny z doładowywaniem baterii akumulatorów [2]



Rys. 5. Tryb ładowania baterii akumulatorów [2]

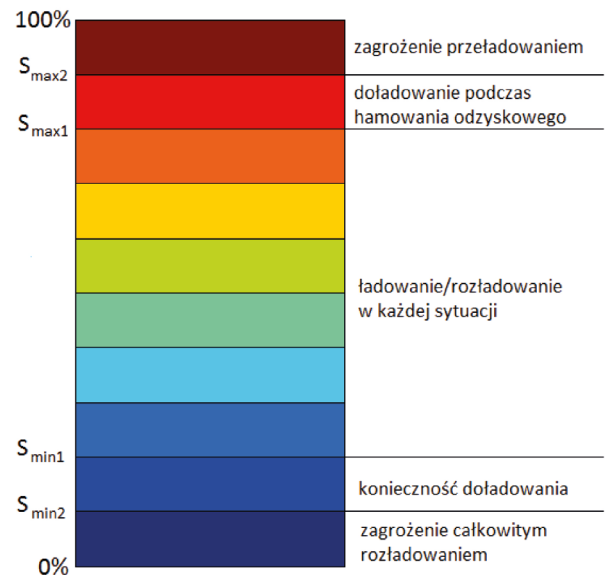


Rys. 6. Tryb hamowania odzyskowego [2]

moc układu napędowego, a bateria akumulatorów nie może gromadzić energii elektrycznej. Ten tryb jest wykorzystywany podczas niskiego zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z pustymi wozami kopalnianymi.

Tryb spalinowo-elektryczny z doładowywaniem baterii – moc generatora wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na moc układu napędowego, a nadwyżka wytwarzanej energii gromadzona jest w baterii akumulatorów. Ten tryb jest wykorzystywany podczas niskiego zapotrzebowania na moc, np. podczas jazdy lokomotywy z pustymi wozami kopalnianymi.

Tryb ładowania baterii – w tym trybie całkowita energia wytwarzana przez generator służy do ładowania baterii akumulatorów. Stosowany jest podczas postojów lokomotywy.



Rys. 7. Stany naładowania baterii akumulatorów [2]

Tryb hamowania odzyskowego – podczas hamowania lokomotywy silniki napędowe pracują w trybie generatorowym, wytwarzając dodatkową energię, która może służyć do doładowania baterii akumulatorów.

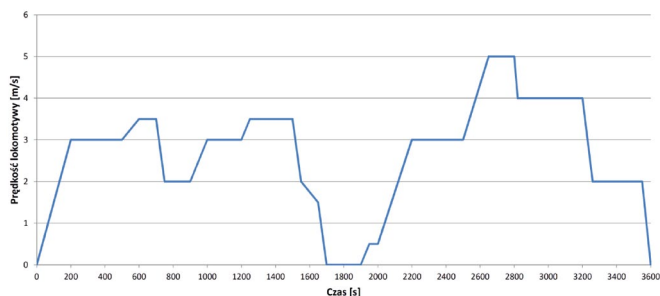
Niezależnie od trybu pracy lokomotywy, algorytm sterowania powinien być informowany o aktualnym stanie naładowania baterii akumulatorów (SOC). Utrzymanie odpowiedniego poziomu naładowania baterii akumulatorów decyduje o płynności jazdy oraz zabezpiecza także przed uszkodzeniem, spowodowanym przeładowaniem lub nadmiernym rozładowaniem. Dopuszczalny stopień naładowania baterii akumulatorów powinien wynosić od 20% do 80% (rys. 7).

### 3. Badania symulacyjne hybrydowego układu napędowego górniczej lokomotywy spawowej

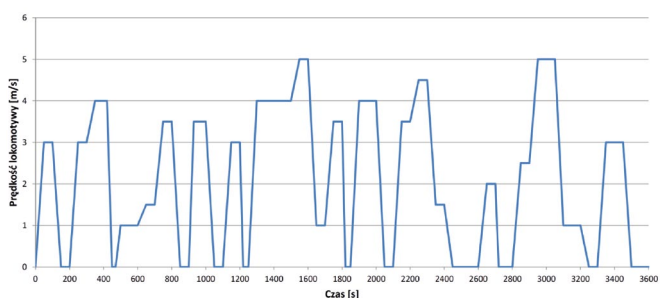
Analizę pracy hybrydowego układu napędowego górniczej lokomotywy spawowej przeprowadzono na podstawie badań symulacyjnych wykonanych w programie Matlab-Simulink. Polegały one na wyznaczeniu rozplywu mocy pomiędzy poszczególnymi jego elementami napędu w czasie przy równoczesnym wyznaczeniu ilości zużytego paliwa i emisji substancji toksycznych. Podczas badań odwzorowywano prędkości jazdy lokomotywy z rys. 8 i 9, podczas których lokomotywa była jednakowo obciążona. Badania wykonano dla dwóch kryteriów optymalizacji – minimalizacji emisji substancji toksycznych i minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa. Wyniki symulacji przedstawiono na rys. 10–13.

Można stwierdzić, że niezależnie od warunków pracy lokomotywy silnik spalinowy pracował w sposób ciągły, ze stałą mocą, w zadanym punkcie pracy. Pokrycie zapotrzebowania na moc silników napędowych zapewniała bateria akumulatorów. Podczas transportu urobku ok. 10% całkowitego czasu przejazdu przypadało na postój, podczas którego doładowywana była bateria akumulatorów (rys. 10 i 11). Energia ta wykorzystywana

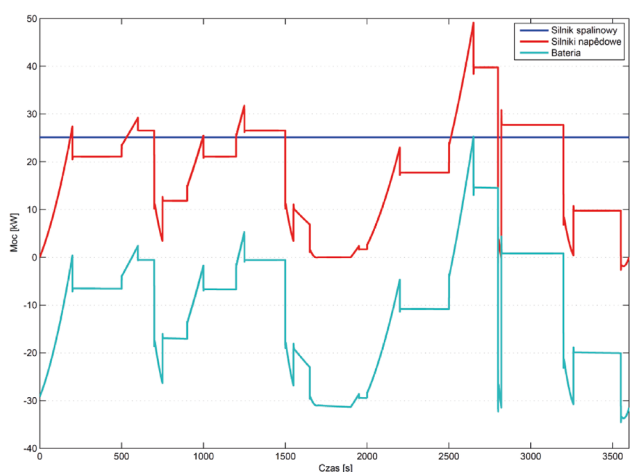




**Rys. 8.** Prędkość jazdy lokomotywy transportującej urobek



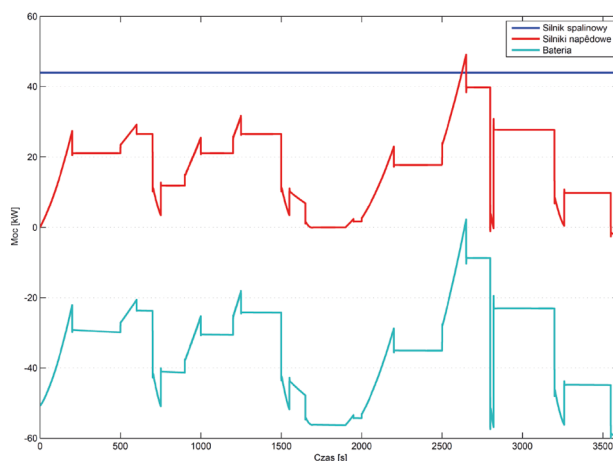
**Rys. 9.** Prędkość jazdy lokomotywy transportującej materiał



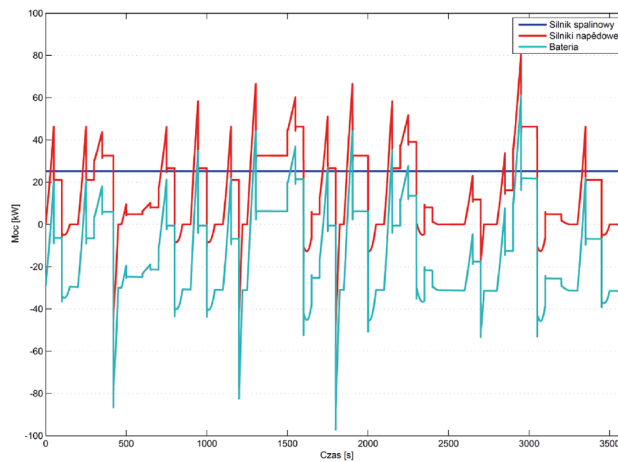
**Rys. 10.** Rozpływ mocy w hybrydowym układzie napędowym lokomotywy transportującej urobek według kryterium minimalizacji emisji substancji toksycznych [2]

była następnie do rozpędzania lokomotywy do jazdy z dużą prędkością i obciążeniem. Zaletą napędu hybrydowego w takich warunkach pracy była możliwość odzysku energii podczas częstych hamowań, wykorzystywanej następnie do przyspieszania. W tabeli 1 przedstawiono przyrosty stanu naładowania baterii (SOC) dla jazdy lokomotywy w trybie hybrydowym (HEV) i elektrycznym (EV), wyznaczone podczas symulacji (rys. 10–13).

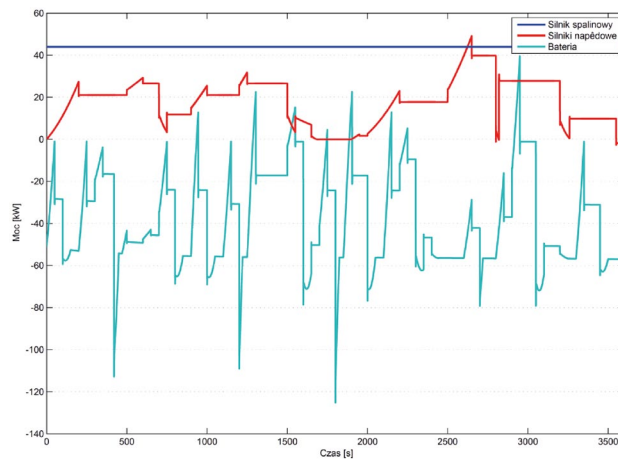
Na podstawie danych zawartych w tabeli 1, za pomocą układu równań (1) i (2), sprowadzono stan naładowania baterii aku-



**Rys. 11.** Rozpływ mocy w hybrydowym układzie napędowym lokomotywy transportującej urobek według kryterium minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa [2]



**Rys. 12.** Rozpływ mocy w hybrydowym układzie napędowym lokomotywy transportującej materiał według kryterium minimalizacji emisji substancji toksycznych [2]



**Rys. 13.** Rozpływ mocy w hybrydowym układzie napędowym lokomotywy transportującej materiał według kryterium minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa [2]

Tabela 1. Procentowy przyrost stanu naładowania baterii akumulatorów podczas zadanych jazd lokomotywy [2]

Transport urobku				Transport materiałów			
Kryterium minimalnej emisji substancji toksycznych		Kryterium minimalizacji zużycia paliwa		Kryterium minimalnej emisji substancji toksycznych		Kryterium minimalizacji zużycia paliwa	
HEV	EV	HEV	EV	HEV	EV	HEV	EV
+14,8%	-28,8%	+47,3%	-28,8%	+18,8%	-24,9%	+51,3%	-24,9%

Tabela 2. Emisja oraz zużycie paliwa lokomotywy (Q – ilość zużytego paliwa, CO – tlenek węgla, HC – węglowodór, NOx – tlenek azotu)

		Q [l]	CO [g]	HC [g]	NOx [g]	CO+HC+NOx [g]
Transport urobku	Kryterium minimalnej emisji jednostkowej substancji toksycznych	5,27	16,74	3,60	74,76	95,1
	Kryterium minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa	4,5	27,48	2,54	100,28	130,3
Transport materiałów	Kryterium minimalnej emisji jednostkowej substancji toksycznych	4,55	14,46	3,11	64,56	82,13
	Kryterium minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa	4,4	26,76	2,47	97,64	126,87

mulatorów do stanu początkowego, wyznaczając tym samym rzeczywiste spalanie oraz emisję spalin. Wyniki te zestawiono w tabeli 2.

$$\begin{cases} 1 = L_{HEV} + L_{EV} \\ 0 = SOC_{HEV} \cdot L_{HEV} + SOC_{EV} \cdot L_{EV} \end{cases} \quad (1)$$

- $L_{HEV}$  – liczba cykli jazd lokomotywy w trybie hybrydowym;
- $L_{EV}$  – liczba cykli jazd lokomotywy w trybie elektrycznym;
- $SOC_{HEV}$  – procentowy przyrost stanu naładowania baterii akumulatorów podczas jazdy lokomotywy w trybie hybrydowym;
- $SOC_{EV}$  – procentowy przyrost stanu naładowania baterii akumulatorów podczas jazdy lokomotywy w trybie elektrycznym.

$$\begin{cases} g_c = g_H \cdot L_{HEV} \\ e_{cCO} = e_{HCO} \cdot L_{HEV} \\ e_{cHC} = e_{HHC} \cdot L_{HEV} \\ e_{cNOx} = e_{HNOx} \cdot L_{HEV} \end{cases} \quad (2)$$

- $g_c$  – całkowite zużycie paliwa;
- $g_H$  – zużycie paliwa w trybie hybrydowym;
- $e_{cCO}$ ,  $e_{cHC}$ ,  $e_{cNOx}$  – emisja całkowita składników spalin;
- $e_{HCO}$ ,  $e_{HHC}$ ,  $e_{HNOx}$  – emisja składników spalin w trybie hybrydowym.

Można stwierdzić, że przy tej samej masie ciągnącego zestawu mniejsze jest zużycie paliwa, jak i mniejsza jest ilość substancji toksycznych wydalanych do środowiska. Kryterium optymalizacji napędu hybrydowego lokomotywy górniczej powinno być zatem stosowane w zależności od miejsca, w którym lokomotywa będzie pracowała. W rejonach, w których znajdują się ludzie, korzystniej będzie stosować kryterium minimalizacji emisji substancji toksycznych do środowiska. W innych przypadkach można zastosować kryterium minimalizacji jednostkowego zużycia paliwa.

#### 4. Podsumowanie

Sterowanie hybrydowym układem napędowym lokomotywy górniczej, powinno uwzględniać warunki, w jakich będzie ona pracowała. Podczas transportu urobku lokomotywa nie wykonuje częstych manewrów przyspieszania i hamowania. Jej cykl jazdy można porównać do jazdy samochodem po autostradzie. Stosowanie napędu hybrydowego będzie wtedy nieefektywne. Również kilkuminutowy postój lokomotywy, podczas którego bateria akumulatorów jest doładowywana, można uznać za nieuzasadniony. Należy wówczas wyłączyć silnik spaliny. Natomiast napęd hybrydowy zastosowany w lokomotywie transportującej materiały jest uzasadniony. Częste manewry przyspieszania i hamowania wymagają zapasu mocy, który zapewnia bateria akumulatorów. W tym przypadku zastosowanie lokomotywy z napędem spalinowym skutkuje pracą silnika spalinowego w najmniej korzystnym zakresie pracy.

#### Literatura

- [1] KONSEK R., MĘŻYK A.: *Symulacja cyklu pracy hybrydowego układu napędowego górniczej lokomotywy spągowej*. „Maszyny Elektryczne, Zeszyty Problemowe” 1/2015, s. 1–5.
- [2] KONSEK R.: *Optymalizacja hybrydowego układu napędowego lokomotywy spągowej w aspekcie minimalizacji emisji substancji toksycznych*. Praca statutowa ITG KOMAG 2013-2015 (niepublikowana).
- [3] KONSEK R.: *Rozwój pojazdów użytkowych i maszyn roboczych o napędzie hybrydowym*. „Maszyny Górnicze” 3/2013, s. 53–59.
- [4] FICE M.: *Strategia zarządzania rozplywem mocy w napędzie hybrydowym o strukturze równoległej*. „Maszyny Elektryczne, Zeszyty Problemowe” 90/2011, s. 111–116.
- [5] GRZESIAK L., UFNALSKI B., KASZEWSKI A., GĄBKA G., ROSZCZYK P.: *Power mangament in series hybrid drive*. „Przegląd Elektrotechniczny” 4b/2012, s. 304–308.

 Rafał Konsek – Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
Arkadiusz Mężyk – Politechnika Śląska

artykuł recenzowany

# Monitoring stanu technicznego zespołów maszynowych w przemyśle – doświadczenia własne

Sławomir Szymaniec

## 1. Wstęp

Bezpieczeństwo eksploatacji, dyspozycyjność oraz trwałość i niezawodność maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie produkcyjnym ma bardzo duży wpływ na osiągnięty przez przedsiębiorstwa sukces ekonomiczny [1–7]. Znaczne straty produkcyjne mogą być skutkiem nieprzewidzianych awarii maszyn i urządzeń, a w konsekwencji postoju maszyn. Do tego dochodzą często bardzo kosztowne naprawy. Konieczne jest jak najczęstsze rozpoznawanie zmian stanu dynamicznego maszyn, stopnia zaawansowania zużycia, rodzaju i poziomu uszkodzeń po to, aby w przyszłości zapobiec nieprzewidzianym awariom i wcześniej podjąć odpowiednie działania zapobiegawcze. Prowadzenie eksploatacji maszyn w oparciu o ich obserwację przez obsługę (obchodowi) jest niewystarczające.

Diagnostyka maszyn oraz monitorowanie parametrów ich pracy pozwala uniknąć skutków awarii, właściwie zaplanować okresy przeglądów i remontów maszyn oraz znacznie wydłużyć czas eksploatacji maszyn. Organizacyjna i finansowa atrakcyjność diagnostyki zespołów maszynowych oraz ciągły postęp w elektronice i dostępność do niej zachęcają do konstruowania nowej aparatury do diagnostyki i monitoringu tych maszyn [1–8].

## 2. Eksploatacja maszyn w przemyśle

W ujęciu ogólnym zespoły maszynowe można eksploatować na różne sposoby [1–7]:

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

W metodzie eksploatacji maszyn zależnej od ich stanu technicznego każdy zespół maszynowy traktowany jest w sposób indywidualny. Czas remontów nie jest z góry sztywno zaplanowany, tylko uwarunkowany stanem technicznym zespołu maszynowego. Remont przeprowadzamy tylko wtedy, gdy jest on konieczny. Wcześniej systematycznie wykonuje się pomiary diagnostyczne, indywidualnie określa się stan techniczny zespołu maszynowego.

Spośród nowoczesnych metod badań diagnostycznych maszyn należy wyróżnić bardzo efektywne badania, opierające się na wykorzystaniu informacji zawartych w sygnałach towarzyszących normalnej pracy maszyn. Sygnałami tymi są sygnały wibroakustyczne, które towarzyszą każdemu procesowi wy-

**Streszczenie:** W ocenie autora na szczególną uwagę wśród systemów monitorujących stan maszyn wirujących, w tym stan łożysk tocznych, zasługują systemy firm: Brüel & Kjaer, SKF, BENTLY NEVADA i SPM. Są to systemy najbardziej rozposzechnione w Europie. W artykule autor przedstawia swoje doświadczenia w stosowaniu systemów monitoringu w krajowych zakładach przemysłowych.

Słowa kluczowe: eksploatacja, zespół maszynowy, stan techniczny, diagnostyka, monitorowanie.

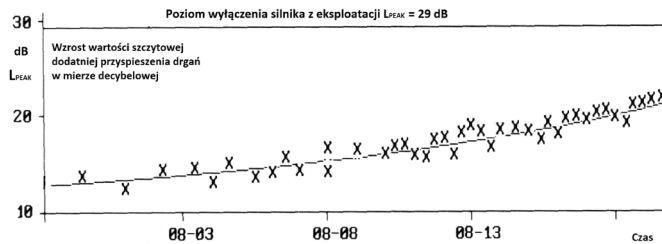
### MONITORING OF TECHNICAL CONDITION OF MACHINE UNITS IN THE INDUSTRY – OWN EXPERIENCE

**Abstract:** According to the author, systems provided by Brüel & Kjaer, SKF, BENTLY NEVADA and SPM are worth particular attention among systems monitoring condition of rotating machines, including rolling bearings. These are the most popular systems in Europe. In his article, the author presents his experience in the use of monitoring systems in local industrial plants.

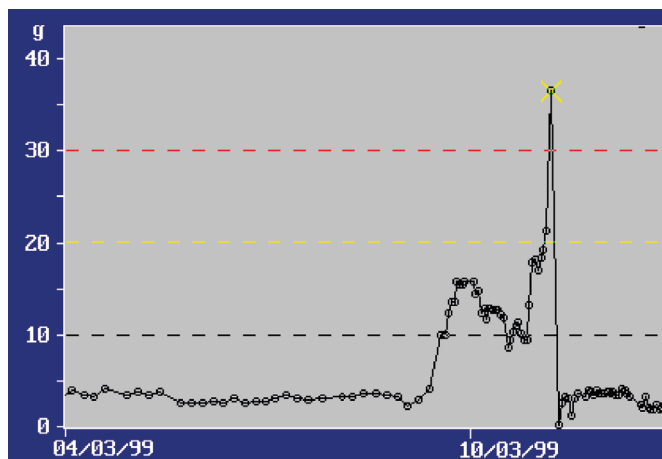
Keywords: exploitation, machine units, technical condition, diagnostic, monitoring.

twórczemu i eksploatacyjnemu. Informują one o procesach dynamicznych zachodzących w maszynach w zakresie drgań strukturalnych i zjawisk akustycznych, których zakres częstotliwości leży w granicach od ułamka Hz do kilkudziesięciu MHz. Dzięki pomiarom diagnostycznym można stwierdzić początek pojawienia się uszkodzenia, a następnie obserwować jego rozwój i określać trend zmian – rys. 1 i 2. Ocenę aktywności drganiowej zespołu maszynowego można wykonać w oparciu o stosowne obowiązujące normy lub w oparciu o sprawdzone i zalecane kryteria [5]. Wyniki pomiarów drgań można ekstrapolować w celu przewidzenia terminu koniecznego zatrzymania zespołu maszynowego. Analizując wyniki pomiarów, obok określenia terminu koniecznego zatrzymania ze względu na stan techniczny, można określić zakres remontu, przewidzieć i zaplanować z wyprzedzeniem czasowym stronę techniczną oraz ekonomiczną remontu.





Rys. 1. Trend wzrostu wartości szczytowej dodatniej przyspieszenia drgań LPEAK+ węzła łożyskowego w okresie 2 tygodni obserwacji dla przykładowego silnika



Rys. 2. Wyniki pomiarów przyspieszenia drgań w monitoringu łożyska 6326 w przykładowym silniku, idea diagnostyki drganiowej stanu technicznego łożyska tocznego w silniku [5]

Eksploatacja zespołów maszynowych zależna od ich stanu technicznego jest strategią prowadzenia eksploatacji maszyn technicznie i ekonomicznie najkorzystniejszą, coraz częściej stosowaną w krajowych zakładach przemysłowych i w energetyce. W gospodarce krajów zachodnich jest strategią dominującą. Strategia ta obok korzyści ekonomicznych wymusza stały postęp techniczny, zwłaszcza w obszarze podnoszenia poziomu wiedzy przez kadrę techniczną. Nieuchronne są przy tym koszty na organizację i utrzymanie na dobrym poziomie służb diagnostycznych [1–5]. Korzyści ekonomiczne z prowadzenia diagnostyki technicznej w danym zakładzie, jak dowodzi praktyka przemysłowa [5], wyraźnie przewyższają koszty jej stosowania.

Autor stwierdza, że w krajowych zakładach przemysłowych przed przejściem z eksploatacji planowo-zapobiegawczej do eksploatacji zależnej od stanu maszyn bardzo często stosuje się formę pośrednią, będącą połączeniem elementów wymienionych wyżej rodzajów eksploatacji. Jest to eksploatacja będąca połączeniem planowo-zapobiegawczej i zależnej od stanu maszyn.

### 3. Systemy pomiarów diagnostycznych

W zakładach przemysłowych najbardziej rozpowszechniony jest system okresowych pomiarów diagnostycznych zespołów maszynowych offline i online, prowadzonych cyklicznie wg harmonogramu, który obejmuje:

- pomiary drgań węzłów łożyskowych i całego zespołu maszynowego;
- pomiary temperatury w węzłach łożyskowych;
- ocenę stanu smarowania łożysk.

Pomiary wykonują najczęściej specjaliści z wydziałów diagnostyki lub innych wydziałów utrzymania ruchu. W ocenie własnej najlepszymi metodami diagnozowania łożysk tocznych w warunkach krajowych są:

- metoda detekcji obwiedni, w tym metoda zmodyfikowana [5, 6];
- metoda SPM pod warunkiem specjalnego przygotowania punktu pomiarowego [5, 6].

W krajach o bardzo wysokiej kulturze technicznej metody wymienione wyżej są uzupełniane metodami wysokoczęstotliwościowymi – SE, SEE, HFD, EA. W urządzeniach przemysłowych wyprodukowanych przez firmy amerykańskie można spotkać wyposażenie węzłów łożyskowych w czujniki drgań do metody REBAM. Wszystkie wymienione metody mogą być z dobrym skutkiem wykorzystane pod warunkiem właściwego przygotowania punktów pomiarowych. Zasady wykonywania pomiarów diagnostycznych oraz stosowne kryteria oceny stanu technicznego łożysk tocznych, w oparciu o wymienione metody, autor przedstawił w monografiach [5, 6]. Stosowanie tych metod wymaga posiadania sprzętu pomiarowego typu analizator drgań wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem. Sprawdzenie stanu technicznego łożysk tocznych polega na porównaniu bieżących pomiarów z pewnym poziomem odniesienia oraz poziomem granicznym określanym jako maksymalny dopuszczalny. Niestety w wielu krajowych zakładach przemysłowych, zwłaszcza w tych mniejszych, pomiary diagnostyczne łożysk tocznych sprowadzają się do oceny łożysk w oparciu o ogólne wytyczne norm drganiowych dla maszyn (pomiary prędkości drgań do 2 kHz). Postępowanie takie uniemożliwia racjonalną eksploatację maszyn, nie daje możliwości wczesnego wykrycia anomalii w pracy maszyn.

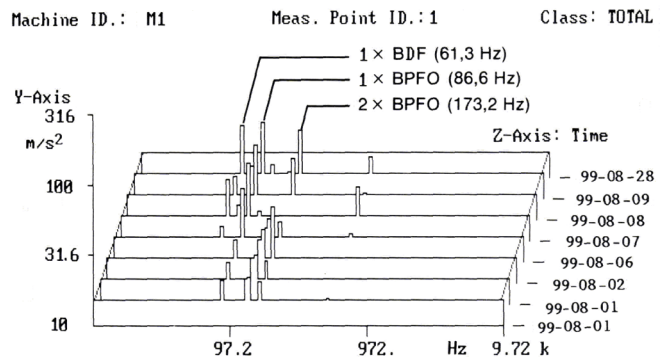
### 4. Monitoring stanu technicznego zespołów maszynowych

Zespoły maszynowe szczególnie ważne, zwłaszcza w napędach krytycznych, coraz częściej objęte są monitoringiem drganiowym. Układy przemysłowe do monitorowania drgań maszyn wirujących, w tym silników elektrycznych, można spotkać od lat 70. ubiegłego wieku [3–6]. Historycznie pierwszym przenośnym systemem monitorującym stan łożysk tocznych, pracującym do chwili obecnej w niektórych krajowych zakładach przemysłowych, był i jest system na bazie oprogramowania firmy Brüel & Kjaer typu 7616. Autor miał i ma możliwość korzystania z tego systemu. System funkcjonuje od 1986 roku, wykorzystuje pomiarowo jeden lub kilka analizatorów drgań typu 2515. Program 7616 kontroluje i porządkuje dane pomiarowe uzyskane z analizatorów drgań, ostrzega o wykrytych zmianach w analizowanych widmach maszyn oraz pozwala na przewidywanie wystąpienia awarii. Procedurą podstawową jest porównywanie zmierzonych widm o szerokości pasma 6% i 23% z widmem odniesienia określonym przez użytkownika (np. dla  $t = 0$ , początek użytkowania maszyny) w celu wczesnego wykrycia uszkodzenia. Widma odniesienia mogą być

zapamiętywane dla różnych warunków pracy diagnozowanych maszyn. W czasie porównywania widm następuje automatyczna korekcja związana z nierównomiernością obrotów maszyny. Od roku 1989 analizator 2515 jest wzbogacony o detekcję obwiedni. Można przyjąć, że jest to początek monitorowania łożysk tocznych przy wykorzystaniu techniki detekcji obwiedni [3–6]. Od roku 1991 z oprogramowaniem WT9324 o nazwie „operator danych stanu maszyn” istnieje możliwość analizy w systemie widm o stałej bezwzględnej szerokości pasma. Na rys. 3 dla łożyska 6326 pokazano, w przykładowym silniku, wyniki pomiarów uzyskane i analizowane przy udziale systemu monitoringu Brüel & Kjaer typu 7616+2515. Łożysko ma uszkodzenie elementów tocznych (BDF) oraz bieżni zewnętrznej (BPFO). Na rys. 3 pokazano widmo przyspieszenia drgań zorientowane na diagnostykę łożyska w okresie 28 dni. Wyraźnie widać, jak z upływem czasu wzrastają składowe wynikające z uszkodzenia łożyska; BDF i BPFO.

Alarm ustawiono z wyprzedzeniem na wartość  $30 - 1 = 29$  dB, liczony wg kryterium autora [5, 6]. Po przekroczeniu wzrostu poziomu o 14,5 dB (połowa wartości alarmowej) zwiększono częstotliwość pomiarów. W pierwszej połowie października 1999 zdecydowano się na wymianę łożyska. W czasie wymiany w pełni potwierdził się bardzo zły stan techniczny łożyska w silniku.

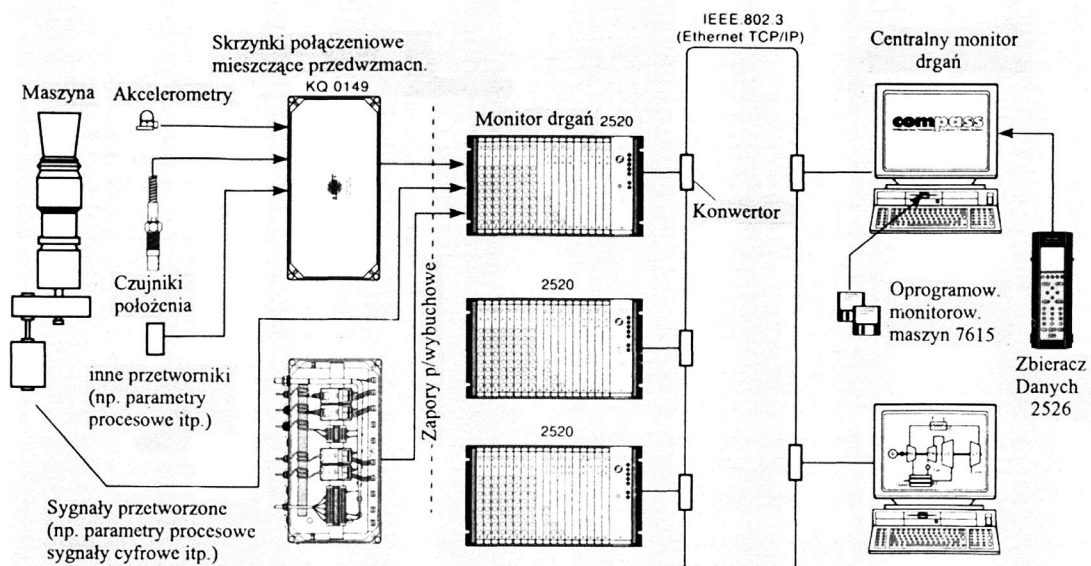
Kolejnym ważnym systemem przenośnym (od końca 1986 roku) był i jeszcze jest system monitorowania firmy Brüel & Kjaer oparty o oprogramowanie WT 9124 oraz dwukanałowe analizatory w czasie rzeczywistym (typu 2032/34) wykorzystujące FFT oraz rejestratory (zbieracze danych). W odróżnieniu od systemów 7616 i WT9324, które do diagnozowania oprócz widm amplitudowych i sygnałów czasowych wykorzystywały funkcję cepstrum, system WT 9124 umożliwia wykorzystanie dodatkowo funkcji wyliczanych przez analizatory dwukanałowe w czasie rzeczywistym – korelację, koherencję, gęstości prawdopodobieństwa, funkcje przejścia. Było to swego rodzaju novum. Wyraźnie poszerzyły się możliwości diagnozowania maszyn, w tym silników. Równolegle rozwijane są systemy wielokanałowe dla całych przemysłowych linii produkcyjnych. Sys-



Rys. 3. Wyniki pomiarów drgań w monitoringu łożyska 6326 w przykładowym silniku, widma drgań, trend pasma obejmującego składową BPFO

tem 3550 wzbogacono o możliwość śledzenia technologicznych parametrów procesowych, rozbiegów i wybiegów. Od roku 1992 w przemyśle światowym, w najbardziej nowoczesnych, newralgicznych jego gałęziach, między innymi na platformach wiertniczych, pojawia się system do monitorowania firmy Brüel & Kjaer COMPASS (COMputerized Predication Analysis & Safety System) – Kompleksowy Komputerowy System Prognozowania, Analizy i Zabezpieczenia typ 3540. Zapewnia on monitorowanie zabezpieczające i predykcyjne praktycznie wszystkich spotykanych w przemyśle maszyn wirujących, w tym silników elektrycznych i ich łożysk tocznych. Na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy systemu COMPASS. System obejmuje monitorowanie online przy pomocy stałych czujników drgań i zmiennych procesowych, jak i pomiary przy użyciu zbieraczy danych. Aby zapewnić maksymalną czułość na niewielkie nawet zmiany stanu technicznego monitorowanych maszyn, w systemie wprowadzono tzw. adaptacyjną strategię monitorowania [1–3]. Wiąże ona pomiary stanu technicznego maszyn ze zmianami ich stanu pracy i warunków eksploatacji. Mierzone są prędkości obrotowe oraz tzw. fazy dla danej składowej z widma drgań – kąty pomiędzy znacznikami na wałach wirujących

Rys. 4. Schemat blokowy systemu monitorowania COMPASS [1–3]



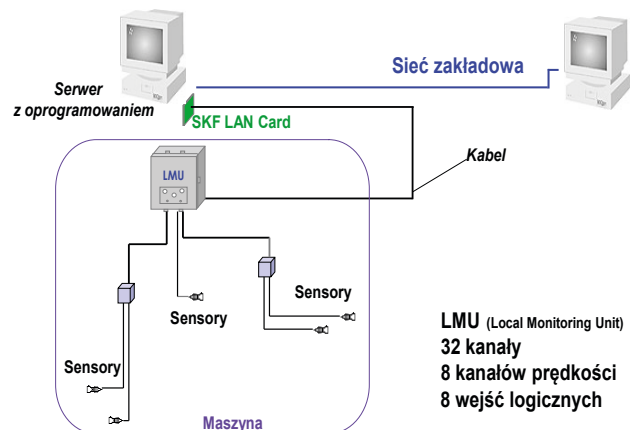
maszyn oraz położeniem maksimów w sygnale drganiowym dla danej składowej. Dzięki temu można wykrywać np. początki pęknięcia wałów przez stwierdzenie wystąpienia anomalii w pomiarach fazy dla składowych obrotowych (zmiana fazy w związku ze zmianami sztywności). W systemie COMPASS w ciągu zaledwie paru milisekund wszystkie nastawy pomiarowe; rodzaj pomiaru, limity alarmów, nastawy przełączników itd. potrafią się automatycznie zmienić, dopasowując strategię monitorowania do nowych warunków pracy. System zapamiętuje wszystkie sytuacje awaryjne, uzupełniając na bieżąco swoją bazę wiedzy. COMPASS umożliwia monitoring stanu technicznego łożysk tocznych w oparciu o pomiary drgań bezwzględnych oraz diagnostykę łożysk ślizgowych w oparciu o pomiar drgań bezwzględnych oraz względnych.

W ocenie autora najintensywniej rozwijane są systemy monitoringu obejmujące swym zasięgiem jeden zespół maszynowy, jeden napęd. Wyróżnić można: układy monitoringu zabezpieczającego, układy monitoringu predykcyjnego oraz układy łączące te obydwa cechy. Wg autora na szczególną uwagę wśród systemów monitorujących stan maszyn wirujących zasługują systemy firm: Brüel & Kjaer, SKF, BENTLY NEVADA i SPM. Są to systemy najbardziej rozpowszechnione w Europie. Również w kraju cieszą się dużym uznaniem. Na uwagę w ocenie autora zasługują również urządzenia monitorujące firm krajowych: SENSOR i TECHNICAD. Ideę diagnozowania maszyn online na przykładzie aparatury firmy SKF przedstawiono na rys. 5.

Systemami monitoringu, szczególnie przydatnymi do diagnostyki łożysk ślizgowych, są układy pomiarowe wykorzystujące pomiary drgań względnych. Wymienić tu można układy krajowej firmy TECHNICAD [8] i amerykańskiej firmy BENTLY NEVADA [6, 7]. Systemy te są szczególnie popularne w krajowych elektrowniach w monitorowaniu stanu turbozespołów.

Obok wymienionych już pomiarów drgań całego napędu, pomiarów temperatur w ważnych punktach napędu, w tym w węzłach łożyskowych, pomiarów prądu, systemy mają możliwość monitorowania stanu technicznego łożysk tocznych z wykorzystaniem metody SPM lub metody detekcji obwiedni. Przykładem niech będzie najpopularniejszy obecnie w kraju system diagnozowania i monitoringu firmy SKF, wykorzystujący oprogramowanie PRISM, Machine Analyst, przy współudziale analizatorów typu Microlog oraz urządzeń Multilog – rys. 6. Na rys. 7 przedstawiono ideę zintegrowanego Monitoringu Stanu Maszyn, a na rys. 8 monitoring dla wielu maszyn w danym zakładzie przemysłowym wg SKF [4]. Architektura systemu diagnozowania maszyn online wg SKF graficznie przedstawiono na rys. 9. W przemyśle zachodnim i krajowym coraz częściej można spotkać urządzenie do monitoringu ciągłego wyprodukowane przez firmę SKF MasCon48, współpracujące z oprogramowaniem @ptitude Observer. MasCon48 jest jednostką pomiarową umieszczoną w szczelnej obudowie (IP66), służącą do monitoringu ciągłego maszyn pracujących w trudnych warunkach przemysłowych. System jest wyposażony w 32 wejścia analogowe lub wibracyjne, lub w kombinację 24 wejść analogowych i 8 wibracyjnych. Dzięki specjalnym przełącznikom każde z wejść można odpowiednio skonfigurować w zależności od mierzonego sygnału (przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie itp.). Za pomocą 16 kanałów cyfrowych może

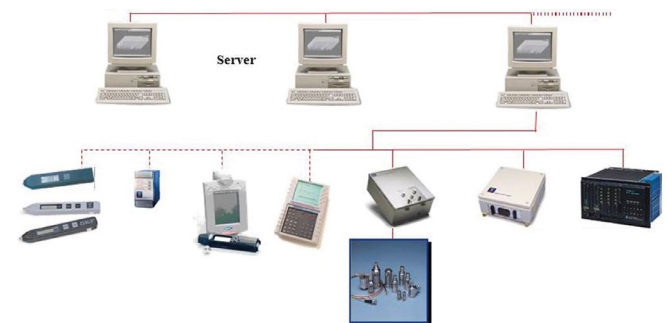
## Schemat ideowy diagnozowania maszyny online



Rys. 5. Idea diagnozowania maszyn online na przykładzie aparatury firmy SKF [4]

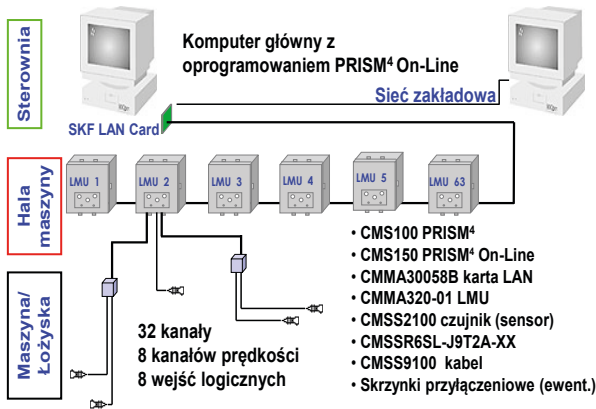


Rys. 6. System monitoringu Multilog firmy SKF [4]



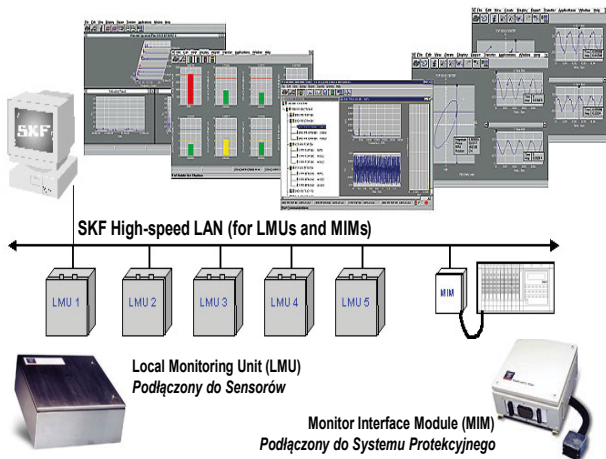
Rys. 7. Idea zintegrowanego Monitoringu Stanu Maszyn według SKF





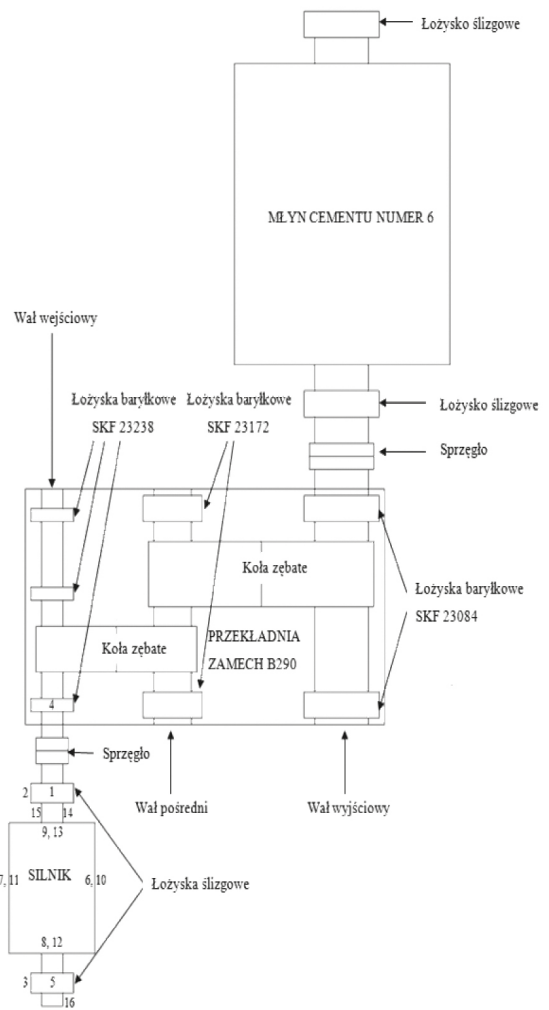
Rys. 8. Idea diagnozowania maszyn online na przykładzie wielu maszyn w danym zakładzie przemysłowym wg SKF [4]

### Online – Architektura Systemu



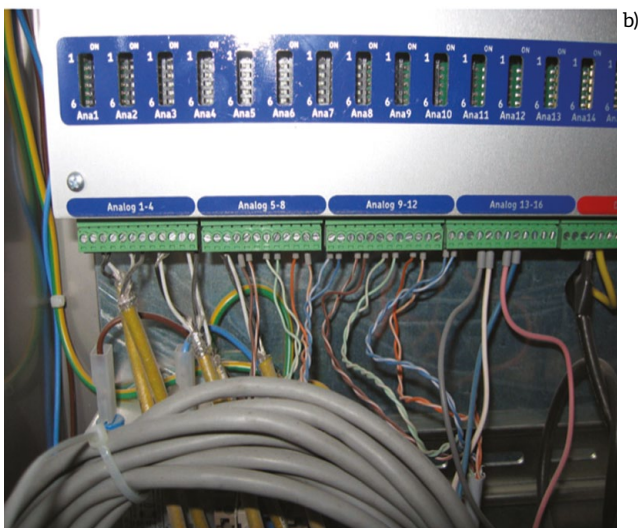
Rys. 9. Architektura systemu diagnozowania maszyn online wg SKF [4]

być mierzona prędkość. Urządzenie pozwala na jednoczesny pomiar wszystkich kanałów do częstotliwości 2 kHz, zaś na pomiary z dwóch kanałów do częstotliwości 40 kHz. Maksymalna rozdzielczość to 6400 linii. Dla każdego z punktów pomiarowych można indywidualnie zaprogramować wartości ostrzegawcze i alarmowe zależne od wartości, prędkości obrotowej lub obciążenia. System może pracować w sieci LAN z innymi urządzeniami, jak komputery, drukarki czy serwery. Urządzenie jest wyposażone w system samodiagnozy, którego zadaniem jest kontrolowanie kabli, czujników, systemów elektronicznych oraz wykrywanie ich uszkodzeń, zwarców oraz zakłóceń sygnału. Wykrycie usterki powoduje wyzwolenie specjalnego alarmu lub restart systemu [4]. Program @ptitude Observer może także współpracować z urządzeniami przenośnymi, np. z analizatorem PerCon. Przenośny analizator PerCon pozwala na równoczesny pomiar drgań w trzech kierunkach, wyniki pomiarów są zapisywane w pamięci wewnętrznej urządzenia.



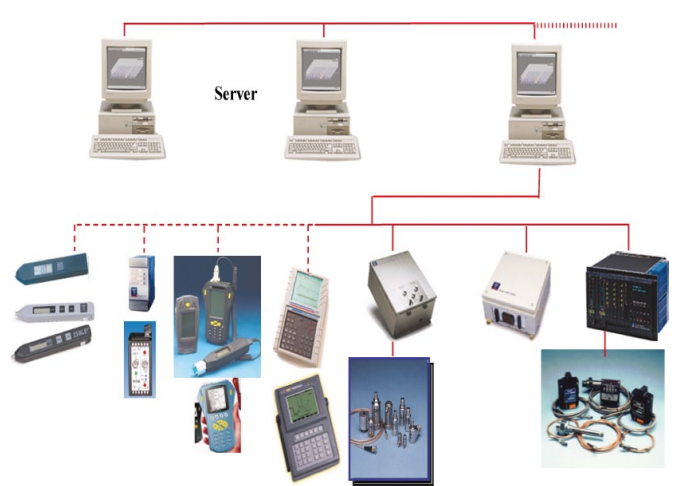
Rys. 10. Schemat napędu młyna cementu oraz rozmieszczenie czujników na diagnozowanych elementach napędu odpowiednio: 1-5 – akcelerometry CMSS-2200; 6-9 – czujniki do pomiaru temperatury Pt-100; 10-13 – czujniki wilgotności HIH-4000; 14, 15 – czujniki wibroprądowe Technicad MDS10/MDT10; 16 – znacznik fazy Technicad MDS10/MDT10 [8]

Wyniki są ukazywane w postaci widma częstotliwościowego na ekranie urządzenia. Pomiar może być wykonywany w zakresie częstotliwości od 0–10 Hz do 0–10 kHz, przy rozdzielczości od 400 do 6400 linii. Urządzenie pozwala na pomiar detekcji obwiedni oraz badanie rozbiegów i wybiegów maszyny. Zaletami tego systemu są trwałość, niezawodność oraz łatwość obsługi. Dzięki urządzeniu można przeprowadzać wyważanie jedno- lub dwupłaszczyznowe. Dzięki opcji analizy prądowej silnika można wykonać pomiar oraz analizę pracy silników i generatorów, która pozwala na wczesne wykrycie uszkodzeń tych urządzeń [4]. Innym urządzeniem służącym do monitoringu maszyn w przemyśle, z którym autor ma do czynienia na co dzień w zaprzyjaźnionej cementowni, jest SKF Multilog Online System IMx-S. Jest to wysokiej klasy stacjonarny analizator służący do diagnostyki ciągłej (online), wyposażony w 16 wejść analogowych i 8 cyfrowych z możliwością jednoczesnego pomiaru wszystkich kanałów do częstotliwości 40 kHz. 4 kanały cyfrowe



Rys. 11. System monitoringu SKF Multilog Online, System IMx-S: a) wygląd zewnętrzny; b) widok od środka [4]

służą do pomiaru z wszystkimi standardowymi impulsatorami, zaś kolejne 4 z impulsatorami sygnału prostokątnego w zakresie wyzwalania 12–24 V. Analizator posiada również indywidualne zasilanie 24 V, maksymalnie 40 mA/kanał. Każdy z kanałów posiada trzy zaciski przyłączeniowe: P – zasilanie, A – sygnał oraz B – masa. Ponadto każdy z kanałów analogowych został wyposażony w 6 przełączników miniaturowych (DIP), które są ustawiane w zależności od badanego sygnału z czujnika [4]. Na rys. 10 przedstawiono schemat napędu jednego z młynów cementu, na którym zainstalowano wspomniany system. Do wyboru są: akcelerometr ICP (z wewnętrzną elektroniką, zasilaną z urządzenia), sygnał napięciowy, sygnał prądowy (4–20 mA), B – czujnik (wyjście 4–20 mA), sonda wiropądowa (–24 V) oraz dzielnik napięcia. Kanały cyfrowe posiadają zaś po 4 przełączniki miniaturowe (DIP), dzięki którym możemy mierzyć sygnał z impulsatora dwużyłowego (tacho) (24 V z zasilaniem wewnętrznym), impulsatora trzyżyłowego (tacho) NPN (24 V z zasilaniem wewnętrznym), impulsatora trzyżyłowego (tacho) PNP (24 V z zasilaniem wewnętrznym), impuls 12–24 V (za-



Rys. 12. Uproszczony schemat ideowy zintegrowanego systemu diagnostyki w danym zakładzie przemysłowym wg. SKF [4]



Rys. 13. Uproszczony schemat ideowy zintegrowanego systemu diagnostyki w danym zakładzie przemysłowym, rozbudowany o bezprzewodowy przekaz sygnałów wg. SKF [4]

silanie zewnętrzne) oraz impuls TTL (zasilanie zewnętrzne) [4]. System monitoringu SKF Multilog Online System IMx-S (rys. 11) daje możliwość pomiaru i analizy dowolnego sygnału diagnostycznego towarzyszącego pracy maszyn, dostępnego tak w postaci analogowej, jak i cyfrowej.

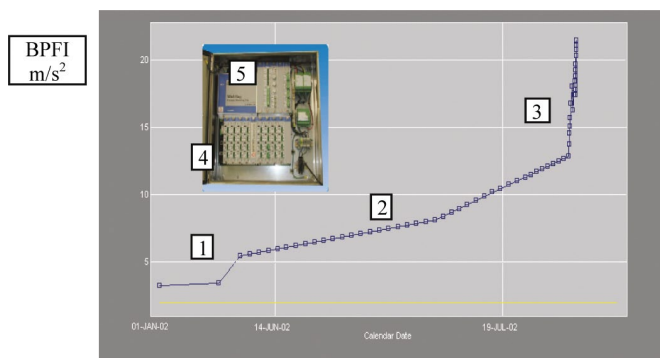
Współcześnie system diagnostyki maszyn w danym, dobrze i nowoczesnie zarządzanym zakładzie przemysłowym jest systemem zintegrowanym. Obejmuje system pomiarów prowadzonych aparaturą przenośną, przy pomocy prostych mierników (obchodowy), przenośnych analizatorów – zbieraczy danych (wykwalifikowany personel) oraz system pomiarów online, monitoring, wykorzystujący aparaturę stacjonarną. W uproszczonej postaci graficznej przedstawiono to na rys. 12. System ten może być rozbudowany o bezprzewodowy przekaz sygnałów. Ilustruje to rys. 13.

Obok wymienionych już pomiarów drgań całego napędu, pomiarów temperatur w ważnych punktach napędu, w tym w węzłach łożyskowych, pomiarów prądu, systemy mają możliwość monitorowania stanu technicznego łożysk tocznych

z wykorzystaniem metody SPM lub metody detekcji obwiedni. Na rys 14 przedstawiono przykładowe wyniki monitoringu stanu łożyska baryłkowego 22244 w przykładowym silniku. Jest to trend składowej łożyskowej BPFi (uszkodzenie bieżni wewnętrznej), sygnał przyspieszenia drgań, detekcja obwiedni, BPFi = 89,51 Hz, filtr  $\Delta f = 0,03$  Hz, monitoring firmy SKF, Multilog. Z okresu 52 000 godzin pracy łożyska na rys. 14 pokazano trend BPFi za ostatnie 4300 godzin pracy. Jest to bardzo ciekawy wykres. Charakter zmian wartości składowej BPFi od  $0,69 \text{ m/s}^2$  do  $21,8 \text{ m/s}^2$  (wzrost o 30 dB) można aproksymować 5 liniami prostymi i przewidzieć czas koniecznej wymiany łożyska (np. wykorzystując kryterium autora). Na charakterystyce nie ma obszaru typu wzrost wykładniczy. W ocenie autora taki liniowy charakter zmian wartości mierzonych ma miejsce bardzo często, znacznie częściej niż zmiany o charakterze wykładniczym. Jest to widoczne dopiero wtedy, gdy pomiary wykonuje się odpowiednio często właśnie w ostatniej „fazie życia” maszyn. Określenie granic stanów eksploatacyjnych maszyn, w ocenie autora, powinno być wykonane indywidualnie dla każdej maszyny. Przewidywanie przyszłej zmiany stanu maszyn na podstawie dostępnych symptomów diagnostycznych, określane jako prognozowanie stanu, jest elementem tego procesu. Zasadą prognozowania jest możliwość obliczenia następnych wartości elementu szeregu czasowego na podstawie znajomości wartości elementów szeregu z przedziału czasu dostępnego, wykorzystując pewne formalne zależności lub zbiór tych zależności. Niezbędne jest dysponowanie modelem trendu symptomu. Teoretycznie model może być dowolnie skomplikowany. W przemysłowych systemach monitoringu silników w oparciu o pomiary drgań, uwzględniając realia pomiaru, walory aparatury, wyniki wcześniejszych badań eksperymentalnych, prawie w 100% (ocena autora) przyjmuje się, że procesy zużycia się maszyn przebiegają jednostajnie. Przyjmuje się, że trend symptomu jest prostą funkcją rosnącą monotonicznie, np. liniowo (najczęściej) lub eksponencjalnie. Przykładem niech będzie najpopularniejszy obecnie w kraju system diagnozowania i monitoringu firmy SKF, wykorzystujący oprogramowanie PRISM, Machine Analyst, przy współudziale analizatorów typu Microlog oraz urządzeń Multilog. Autor uważa, że w ogromnej większości przypadków dla prostych zespołów maszynowych, zwłaszcza wolnoobrotowych (prędkości do 1000 obr./min), można stosować układy monitoringu, w których pomiar dla poszczególnych kanałów odbywa się na zasadzie multipleksowania (pomiar po kolei dla każdego kanału z osobna). W złożonych układach napędowych, zwłaszcza w szybkoobrotowych, pomiar w poszczególnych kanałach powinien odbywać się równocześnie.

## 5. Uwagi końcowe

Autor w oparciu o wieloletnią praktykę w eksploatacji zespołów maszynowych przedstawił swoje doświadczenia w zakresie monitorowania stanu technicznego maszyn. Monitoring sprawności technicznej zespołów maszynowych wpływa na zmniejszenie liczby awarii oraz powoduje zmniejszenie ich skutków. Stosowanie systemów monitoringu staje się coraz bardziej opłacalne dla przemysłu.



Rys. 14. Trend składowej BPFi dla łożyska 22244 w przykładowym silniku

## Literatura

- [1] Brüel & Kjær: Machine Condition Monitoring. Application notes BR 0267-13.
- [2] Brüel & Kjær: Systematic Machine Condition Monitoring. Application notes BO 0299-11.
- [3] Brüel & Kjær: Machine Condition Monitoring using Vibration Analysis. Application notes BO 0247-11.
- [4] SKF: Integrated Condition Monitoring 2014.
- [5] SZYMANIEC S.: *Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń i stanu łożysk silników indukcyjnych klatkowych w warunkach przemysłowej eksploatacji*. Studia i Monografie z. 193. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2006.
- [6] SZYMANIEC S.: *Badania, eksploatacja i diagnostyka zespołów maszynowych z silnikami indukcyjnymi klatkowymi*. Studia i Monografie z. 333. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013.
- [7] DWOJAK J., SZYMANIEC S.: *Diagnostyka eksploatacyjna zespołów maszynowych w energetyce*. Studia i Monografie z. 344. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013.
- [8] TECHNICAD; TNC 2010 aparatura do nadzoru maszyn wirnikowych. Nota Aplikacyjna, Gliwice 2000.

Artykuł napisano w ramach realizacji projektu RPO.01.03.01-16-003/10-00 „Nowoczesna eksploatacja, diagnostyka, monitoring i serwis łożysk tocznych w napędach elektrycznych – laboratorium Instytutu Układów Elektromechanicznych i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Opolskiej w Opolu. Projekt finansowany przez Unię Europejską w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Opolskiego na lata 2007–2013 i Politechnikę Opolską.

prof. dr hab. inż. Sławomir Szymaniec – Politechnika Opolska;  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki;  
Katedra Elektrowni i Systemów Pomiarowych;  
e-mail: s.szymaniec@po.opole.pl

artykuł recenzowany



# Prototypowy wagon i system do transportu intermodalnego naczep samochodów ciężarowych

Wiesław Krasoń, Tadeusz Niezgodą

## 1. Wprowadzenie


W europejskim transporcie kolejowym wprowadzano w ostatnich latach technologie transportu kombinowanego oparte na przeładunku pionowym, poziomym lub inne [1, 2, 3]. Systemy te wymagają rozbudowanych terminali przeładunkowych wyposażonych np. w urządzenia przeładunku pionowego o odpowiednim udźwigu lub inne drogie i skomplikowane urządzenia umożliwiające realizację czynności załadunkowych i wyładunkowych. W naszym kraju nie wdrożono dotychczas systemu do transportu intermodalnego. Zaproponowany przez Wojskową Akademię Techniczną system do przewozów intermodalnych bazujący na wagonie specjalnym z obrotową platformą niskopodłogową stwarza możliwość łatwego i szybkiego autonomicznego załadunku, a następnie przewozu i autonomicznego rozładunku samochodów ciężarowych bez konieczności inwestowania w rozwój infrastruktury dodatkowej [4–9].

Wagon specjalny może być zastosowany do transportu kolejowego naczep i pojazdów typu TIR. Umożliwia on także transport różnego typu pojazdów, takich jak: ciągniki, ciężarówki, przyczepy, kontenery, sprzęt ciężki oraz kompletne zestawy o długości do 17 m. Wagon taki posiada ramę z częściami krańcowymi zamontowanymi na standardowych dwuosiowych wózkach i część środkową obniżoną względem części nadwózkowych. Ponad obniżoną częścią środkową ostoi wagonu znajduje się platforma ładunkowa ułożona poziomo i zamocowana w węźle centralnym obrotowo względem ramy. Koncepcja takiego wagonu platformy zaprezentowana w niniejszej pracy, jako głównego elementu nowatorskiego systemu do przewozów intermodalnych, spełnia następujące założenia konstrukcyjne:

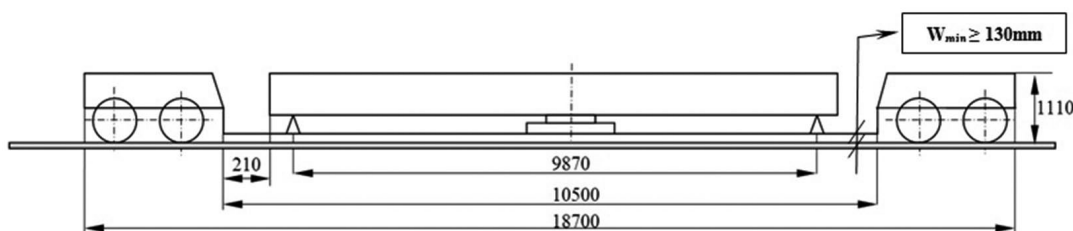
- wymiary zewnętrzne wagonu platformy wynikają ze skrajni GB1 oraz wymiarów bazowej naczepy o wysokości 4 m i ciężarze 36 ton, przyjętej do prac konstrukcyjnych;
- platforma oparta jest na dwóch standardowych dwuosiowych wózkach kolejowych typu Y25 o dopuszczalnym nacisku na oś 22.5 tony [4];
- rama ostoi, wyposażona w części nadwózkowe i obniżoną płytę denną do zabudowy ruchomego nadwozia wagonu, zapewnia minimalny przeswit (z uwzględnieniem roboczej deformacji konstrukcji) obniżonego dna ramy nad główką szyny większy od 130 mm [4];
- część obrotowa wagonu umożliwia samodzielny wjazd zestawu ciągnika i naczepy z jednej i wyjazd z drugiej strony (nadwozie wagonu jest przelotowe) [4, 5];

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wybrane etapy prac konstrukcyjnych wspomaganych przez analizy numeryczne prototypowego wagonu kolejowego z płaską i nisko umieszczoną platformą obrotową. Wagon taki można wykorzystać do transportu różnego typu pojazdów, takich jak ciągniki, ciężarówki, przyczepy, naczepy i kontenery. Wagon umożliwia szybki i wygodny załadunek i rozładunek pojazdów (bez urządzeń dźwigowych), samozaładunek i rozładunek bez terminali i specjalnego zabezpieczenia logistycznego, wymagany jest tylko utwardzony peron bez dodatkowej infrastruktury. Każdy wagon stanowiący część składu kolejowego może być załadowany/rozładowany oddzielnie.

Słowa kluczowe: wagon specjalny z obrotową platformą ładunkową, laboratoryjne i numeryczne badania wytrzymałości, wybrane problemy zastosowania systemu transportu intermodalnego

 **Abstract:** Numerical analysis of the railway wagon with a rotatable, low and flat loading floor was presented in the paper. Such structure can be used for transporting various types of vehicles, such as tractors, trucks, trailers, semitrailers, cargo containers. The railway wagon allows quick and convenient loading and unloading of vehicles and containers (no cranes needed), self loading and unloading; no platform infrastructure required, instead of hardened, flat, surface; no need for hubs, terminals or special logistics. Each wagon can be operated separately.

- ruch obrotowy platformy ładunkowej w wersji prototypowej wagonu wymuszany jest za pomocą mechanizmu złożonego z przekładni typu listwa zębata – zębata napędzanego silnikiem hydraulicznym. Ruch obrotowy obniżonej platformy ładunkowej realizowany jest względem węzła centralnego związanego z ramą ostoi wagonu na obniżonym dnie ramy [5, 6];
- węzeł obrotowy nie jest poddany dużym obciążeniami zarówno w trakcie przejazdu, jak też podczas operacji załadunku/rozładunku;
- w trakcie załadunku, w celu ustabilizowania platformy, będzie ona podpierana czteropunktowo na główkach szyn, na dodatkowych, sterowanych hydraulicznie podporach [4];



Rys. 1. Schemat układu ramy ostoi wagonu kolejowego wraz z obrotową platformą ładunkowo-wyładowczą do analizy kinematycznej

- podczas transportu burty części obrotowej nadwozia wagonu połączone będą z częścią nadwózkową za pomocą specjalnych zamków, które będą blokowane za pomocą siłowników hydraulicznych;
- pod końcami części obrotowej nadwozia wagonu, tj. ruchomej platformy ładunkowej, umieszczone będą rolki ułatwiające jej przemieszczanie po peronie i jednocześnie stanowiące dodatkową podporę platformy ładunkowej w procesie załadunku/rozładunku;
- w częściach nadwózkowych wagonu zabudowany zostanie mechanizm umożliwiający regulację wysokości położenia ramy wagonu nad wózkami jezdny. Mechanizm taki może być wykorzystany podczas operacji ładunkowo-rozładunkowych do dopasowania wysokości położenia płyty jezdnej platformy obrotowej względem poziomu ramy peronu, tak aby umożliwić bezkolizyjny najazd obracanej platformy ładunkowej wraz z rolkami wspomagającymi na wzmocnioną powierzchnię peronu [5, 6, 15].

W pracy opisano podstawowe założenia, istotę i najważniejsze etapy rozwiązania konstrukcyjnego oraz omówiono budowę nowatorskiego wagonu w wersji prototypowej z obrotową platformą niskopodłogową wraz z dodatkowymi elementami systemu do przewozów intermodalnych.

## 2. Projekt wstępny i badania wagonu z obrotową platformą ładunkową – demonstrator i badania symulacyjne

Do wykonania projektu konstrukcyjnego wagonu wykorzystano szeroko pojęte wspomaganie prac w zakresie CAD/CAE. Opracowanie odpowiedniej strategii realizacji symulacji numerycznych wraz z doбором odpowiednich programów komputerowych i zbudowaniem precyzyjnych modeli bryłowych 3D poszczególnych podzespołów wagonu kolejowego do przewozu pojazdów ciężkich pozwalają określić niezbędne modyfikacje przygotowywanego produktu z punktu widzenia wybranych aspektów funkcjonalnych, użytkowych i wdrożeniowo-technologicznych. Zbudowanie odpowiednich modeli wirtualnych elementów konstrukcyjnych badanego wagonu i zastosowanie ich w symulacjach wybranych etapów pracy w fazach załadunku i rozładunku jest przedsięwzięciem tańszym i możliwie dostępnym do zrealizowania w porównaniu z koniecznością przygotowywania określonej partii gotowych produktów, testowania i ich modyfikacji w rzeczywistych warunkach.

W pierwszym etapie badań wypracowywano wstępną koncepcję konstrukcyjną ramy ostoi wagonu kolejowego wraz

z obrotową platformą ładunkowo-wyładowczą (rys. 1), umożliwiającą samodzielny wjazd i zjazd zestawu ciągnika z naczepą z odpowiednio przystosowanej ramy kolejowej.

W pracy wykorzystano profesjonalne komercyjne programy do budowy i optymalizacji modeli geometrycznych 3D wagonu platformy w postaci następujących aplikacji graficznych: Solid Edge, Auto Cad, a do symulacji kinematycznych – programy ADAMS, Visual Nastran 4D i CATIA. Zastosowanie tych programów komputerowych pozwoliło na dokładniejsze poznanie działania układu konstrukcyjnego, bezpośrednie śledzenie wpływu wprowadzonych zmian konstrukcyjnych na współpracę elementów wagonu pracującego w różnych fazach użytkowych, poprawę ergonomii, estetykę wykonania, a więc także na konkurencyjność finalnego produktu. Trudnością związaną ze stosowaniem metod numerycznych do oceny zmian wprowadzonych w konstrukcji jest prawidłowy opis właściwości fizycznych i mechanicznych, stosowanych w tego typu urządzeniach materiałów konstrukcyjnych oraz uwzględnienie uproszczeń w zbudowanych modelach komputerowych.

Na podstawie wykonanych badań zaproponowano koncepcję wagonu z obniżoną ramą i platformą ładunkową z zamkami sprzęgającymi platformę ładunkową i ramę w częściach nad wózkami – rys. 2 a. Na rys. 2 b przedstawiono demonstrator wagonu z obrotową platformą ładunkową opracowany na podstawie projektu wstępnego. W zaprezentowanej poniżej wybranej koncepcji wstępnej ramy przyjęto klasyczne założenia projektowe dla tego typu konstrukcji i niezbędne na tym etapie uproszczenia w modelach numerycznych.

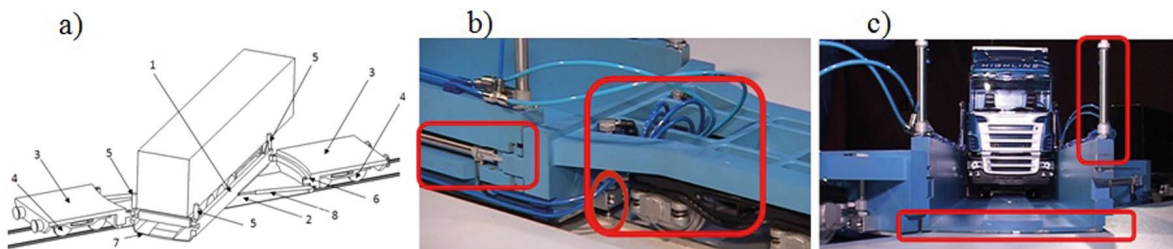
Wybrane wyniki analizy numerycznej w modelach odwzorowujących taką koncepcję wagonu do przewozu naczep zamieszczono na rys. 2 c. Maksymalne naprężenia zredukowane w prezentowanym wariantcie wyężenia ramy wynoszą 217 MPa, a maksymalna strzałka ugięcia 95 mm. Wyniki dotyczą wariantu analizy rozciągania wagonu siłą 2 MN oraz obciążenia ciężarem własnym wagonu i ciężarem maksymalnym naczepy równym 360 kN.

### 2.1. Szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne do koncepcji wstępnej wagonu z obrotową platformą ładunkową

Wagon do przewozu intermodalnego z obrotową platformą niskopodłogową, zaproponowany przez Wojskową Akademię Techniczną (rys. 3 a), według założeń konstrukcyjnych powinien umożliwiać łatwy i szybki, autonomiczny załadunek, a następnie przewóz i autonomiczny rozładunek samochodów



**Rys. 2.** Schemat wagonu według koncepcji po etapie wstępnych prac projektowych: a) rozmieszczenie punktów 1-8 połączenia pomiędzy ramą wagonu i platformy obrotowej; b) demonstrator zestawu w skali 1:22 wagonu platformy, ciągnika siodłowego z naczepą oraz element infrastruktury peronu; c) przykład wyników badań numerycznych w postaci mapy naprężeń zredukowanych ramy wagonu w niniejszym rozwiązaniu konstrukcyjnym



**Rys. 3.:** a) Schemat wyjaśniający budowę i prezentujący podstawowe podzespoły wagonu z obrotową platformą zaproponowanego w WAT: platforma obrotowa (1), obniżona płyta podwozia wagonu (2), części nadwózkowe (3), dwuosiowy wózek jezdny (4), zamki ze sworzniami blokującymi (5), bieżnie prowadzące (6), urządzenia wsporcze, tzw. rolki (7), burtowe siłowniki hydrauliczne (8); b) demonstrator wagonu kolejowego do transportu samochodów ciężarowych w skali 1:14; mechanizm obrotu, części nadwózkowe ramy i podpory stabilizujące wagon podczas operacji załadowczo-rozładowczych; c) wagon z obróconą platformą i modelem ciężarówką, widok na burtowe zamki sworzniowe i rolki wsporcze

ciężarowych typu TIR bez konieczności inwestowania w rozwój infrastruktury dodatkowej. Prace konstrukcyjne i badania symulacyjne zaowocowały szczegółowymi rozwiązaniami mechanizmów wykonawczych wagonu z obrotową platformą ładunkową. Współpracę tych mechanizmów w procesie załadunku/rozładunku projektowanego wagonu wyjaśniono poniżej na podstawie demonstratora wstępnego wagonu.

Model demonstrator wagonu kolejowego do transportu samochodów ciężarowych w skali 1:14 zbudowano w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów KMiIS. Na rys. 3 b, c, pokazano fotografie szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych głównych mechanizmów wykonawczych demonstratora wagonu przedstawione na schemacie w rys. 3 a. W modelu odwzorowano zasadnicze części składowe wagonu oraz infrastruktury peronu załadowczo-wyładowczego, odpowiadające tej fazie projektu. Model umożliwia demonstrację zasady działania i wizualizację podstawowych funkcji wagonu kolejowego do transportu samochodów ciężarowych [7, 8, 9].

Sposób załadunku naczepy polega na obrocie platformy (1) względem środka wagonu i ustawieniu jej tak, by z peronu mógł na nią wjechać samochód z naczepą – rys. 3 a, c. Po dojechaniu do odpowiedniego punktu naczepa jest odłączana, a następnie razem z platformą obracana do położenia transportowego. Za obracanie platformy odpowiedzialne są siłowniki (8) umieszczone w bocznych burtach obrotowej platformy – rys. 3 b. Po ustawieniu w położeniu transportowym siłowniki pionowe zamocowane na stałe na części obrotowej wysuwają się, łącząc

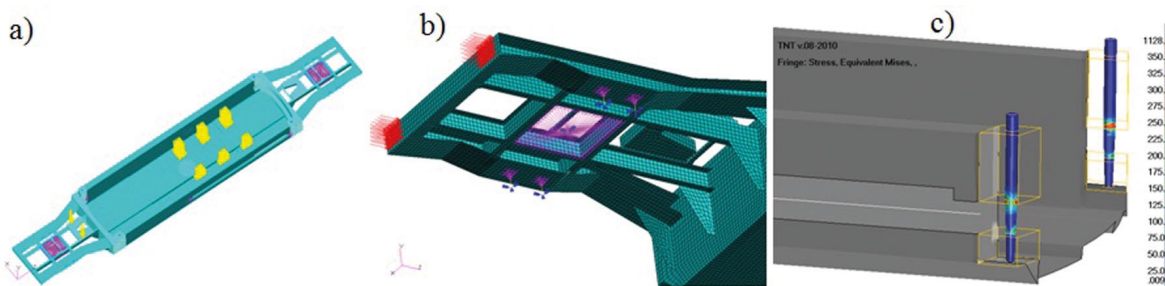
na zasadzie połączenia sworzniowego (5) obrotową platformę z nieruchomą częścią wagonu. Obrót platformy ładunkowej wspomagają bieżnie prowadzące i rolki zamontowane pod końcowymi krawędziami platformy – rys. 3 b, 3 c.

## 2.2. Badania modelowe wagonu z uwzględnieniem rozwiązań szczegółowych

Analizę wytrzymałości wstępnej wersji ze szczegółowymi rozwiązaniami podzespołów konstrukcyjnych wagonu platformy wykonano na podstawie normy PN-EN 12663 [10]. Obliczenia wykonano, uwzględniając oddziaływanie maksymalnych obciążeń normowych w postaci ciężaru własnego wagonu, przewożonego ładunku (naczepy o całkowitym ciężarze 360 kN) wraz z jednoczesnym ściskaniem siłą 2 MN przyłożoną w płaszczyźnie zderzaków wagonu. Omówiono wybrane wyniki badań numerycznych podzespołów konstrukcyjnych otrzymane w wersji wstępnej oraz po uwzględnieniu modyfikacji konstrukcyjnych wagonu do przewozów intermodalnych.

Z uwagi na charakter pracy projektowanego wagonu uznano, że prawidłowe odwzorowanie pracy konstrukcji możliwe jest tylko wówczas, gdy analizie poddane będą jednocześnie wszystkie podzespoły, z uwzględnieniem warunków brzegowych wynikających z ich współpracy. Ze względu na nieliniowy charakter odwzorowywanej współpracy podzespołów wagonu, a w tym zjawisk kontaktowych, do wykonania obliczeń wytrzymałościowych wybrano program MSC.Marc. Model MES, w którym uwzględniono wszystkie zasadnicze podzespoły





**Rys. 4.** Model MES: a) model obciążenia wagonu reprezentujący oddziaływanie kół i zaczepu transportowanej naczepy; b) więzy kinematyczne w modelu części nadwózkowej ostoji z warunkami brzegowymi; c) przykładowe wyniki w postaci mapy naprężeń zredukowanych HMH – widok koncentracji naprężeń w obszarze współpracy burt platformy obrotowej i zamków sworzniowych

konstrukcyjne wagonu wraz z przyjętymi warunkami brzegowymi przedstawiono na rys. 4. Model zaprezentowanej wersji konstrukcyjnej wagonu z obrotową platformą składa się z 93 000 węzłów i 83 000 elementów [8, 15].

Na rys. 4 przedstawiono także fragment nadwózkowej części ostoji wagonu z więzami kinematycznymi (elementy sztywne typu RBE2) modelującymi oddziaływanie wózka. Element RBE2 w środkowej części odwzorowuje czop skrotny, elementy RBE2 po bokach, wraz z elementami sprężystymi, modelują ślizgi boczne i oddziaływanie sprężyn wózka. Sztywności sprężyn odpowiadają charakterystyce zdefiniowanej w dokumentacji wózka. Warunki brzegowe zdefiniowano w węźle środkowym czopu i na swobodnych końcach elementów sprężystych. Na rys. 4 a zaznaczono też miejsca oddziaływania obciążeń wzdłużnych od zderzaków. Siłę 2 MN w modelu zastąpiono zredukowanym ciśnieniem zdefiniowanym na powierzchniach czołowych ramy ostoji, w miejscach zamocowania zderzaków [10].

Oddziaływanie ładunku na wagon zdefiniowano w postaci zestawu sił skupionych działających w miejscach nacisku kół naczepy na platformę obrotową nadwozia. Wartości sił i obszary ich przyłożenia przyjęto na podstawie charakterystyki najcięższej trójosiowej naczepy z dopuszczalnym ładunkiem. Na podstawie wcześniejszych prac [15] ustalono, że przypadkiem wymiarującym dla badanego wagonu jest przypadek obciążenia opisany wzorem:  $1,95 \times g \times (m_1 + m_2)$ , gdzie:  $m_1$  – masa pudła pojazdu w stanie gotowym do pracy;  $m_2$  – dopuszczalna masa ładunku;  $g$  – przyspieszenie ziemskie. W związku z tym w rozważanym wariantcie obciążenia platformy uwzględniono również siły bezwładności skalowane z zastosowaniem mnożnika określonego w normie [10]. Z tego powodu analizę konstrukcji prezentowanej w pracy ograniczono do opisanego, krytycznego dla konstrukcji wagonu przypadku obciążenia. Założono, że wszystkie podzespoły wagonu wykonane są z różnego rodzaju stali, nie określając na tym etapie dokładnego typu stali. Dlatego też wszystkim elementom przypisano materiał o następujących właściwościach:  $E = 2,1 \cdot 10^5$  MPa;  $\nu = 0,3$ ;  $\rho = 7,8 \cdot 10^{-9}$  tona/mm<sup>3</sup>.

Wybrane wyniki analizy numerycznej dla tak określonego wariantu badanego układu przedstawiono w postaci map naprężeń zredukowanych HMH. Niekorzystne spiętrzenia naprężeń zaobserwowano w elementach zamków burtowych łączących

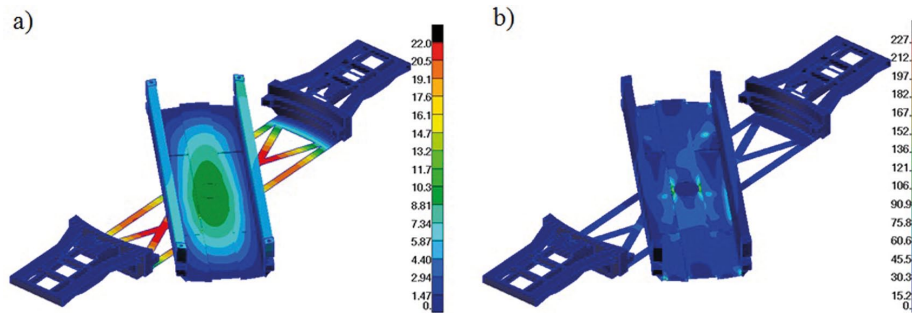
część nadwózkową ramy i burty platformy ładunkowej – rys. 4 c.

W analizach numerycznych wykonanych w tym etapie prac konstrukcyjnych rozważano także przypadki obciążenia masami własną i ładunku w położeniu załadawczo-wyładowczym platformy ładunkowej. W tych wariantach pracy układu (otwarcie zamków łączących burty i platformę i obrócenie platformy względem węzła centralnego – rys. 3 c) w modelach obciążenia zastosowano dodatkowe warunki brzegowe, uwzględniające fakt opierania się platformy obrotowej o peron i działanie dodatkowych wsporników. Dodatkowe miejsca podparcia dla przedniej części modelu pokazane są na rys. 3 c, a wybrane wyniki dla konfiguracji załadawczo-wyładowczej wagonu na rys. 5. Kryteria naprężeniowe i przemieszczeniowe w tak określonym wariantcie analizy zostały spełnione.

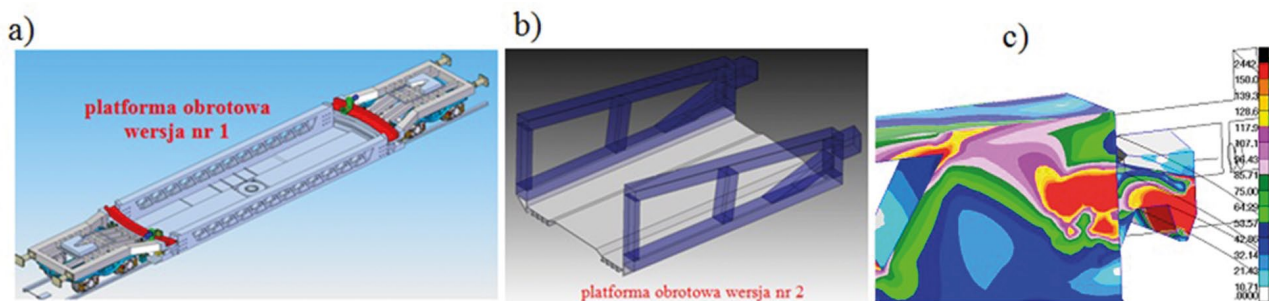
### 2.3. Model numeryczny i wybrane wyniki badań numerycznych wagonu po modyfikacjach konstrukcyjnych

Zaprezentowane powyżej rozwiązanie zdefiniowane w niniejszej pracy jako koncepcja wstępna wagonu obarczone jest jednak pewnymi problemami konstrukcyjnymi. Po pierwsze, zamocowanie siłowników w burtach bocznych połączonych z częścią nieruchomą wagonu ogranicza możliwości załadawcze wagonu (wagon może się obracać tylko w jedną stronę). Ponadto takie ułożenie siłowników oraz zamocowanie siłowników pionowych napędzających zamki sworzniowe wymusza przeprowadzenie przewodów zasilających elementy hydrauliczne przez węzeł obrotowy platformy. Zwiększa to znacznie ich długość oraz zwiększa ryzyko ich uszkodzenia. W związku z powyższym postanowiono zmodyfikować konstrukcję wagonu tak, by wyeliminować wspomniane problemy dotyczące tego rozwiązania. Wprowadzono następujące modyfikacje konstrukcyjne:

- zmieniono mechanizm obrotu platformy nadwozia;
- zmodyfikowano zamki łączące nadwozie z częścią nadwózkową ramy wagonu;
- zmieniono platformę obrotową nadwozia (wysokość i ażurowa konstrukcja burt, zmodyfikowana budowa łożyska obrotu);
- zmodyfikowano konstrukcję części nadwózkowej podwozia wraz z bieżnią prowadzącą ruchomej platformy ładunkowej.



Rys. 5. Wyniki analiz wagonu z platformą w położeniu załadowczo-wyładowczym: a) mapa przemieszczeń -  $W_{\max} = 22$  mm; b) naprężenia zredukowane HMM -  $\sigma_{\max} = 227$  MPa



Rys. 6. a) Model CAD wagonu opracowany po uwzględnieniu modyfikacji szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych; b) model platformy obrotowej z wyprofilowaną płytą najazdową i ażurowymi burtami; c) mapa ze śpiętrzeniem naprężeń zredukowanych HMM ( $\sigma_{\max} = 2442$  MPa) w obszarze zmodernizowanego zamka łączącego burtę platformy ładunkowej z ramą części nadwózkowej wagonu

Widok modelu geometrycznego konstrukcji, w którym uwzględniono powyższe modyfikacje, przedstawiono na rys. 6. Badania numeryczne wagonu po modyfikacjach konstrukcyjnych wykonano z uwzględnieniem identycznych wariantów obciążeń eksploatacyjnych, jak opisano w rozdziale 2.2 pracy.

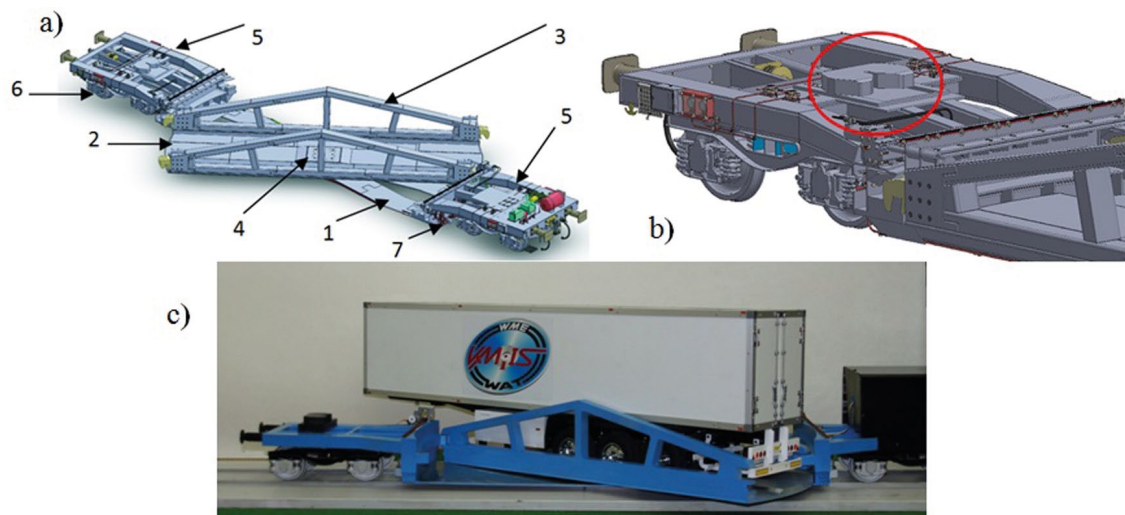
Wybrane wyniki analizy konstrukcji wagonu z podłogą płytową, odpowiadające wariantowi warunków brzegowych w modelu z rys. 6 a, pokazano na rys. 6 c [15].

Podstawowym celem badań zaprezentowanych w tej części opracowania jest weryfikacja głównych założeń konstrukcyjnych i określenie kierunków dalszych prac projektowych wagonu do przewozu nacze. Z przedstawionych wyników obliczeń wynika, że podzespoły układu w obszarach mocowania zamków łączących burty z częściami nadwózkowymi wagonu oraz same zamki są nadmiernie wyężone. Stan taki wymaga kolejnych poprawek konstrukcyjnych badanego układu, szczególnie w celu wspomaganie działania zamków łączących ramę ostoję z platformą ładunkową w położeniu transportowym. Proponowana koncepcja konstrukcyjna może spełnić kryteria normowe zawarte w PN-EN 12663 [10], jednak niektóre jej fragmenty wymagają dalszej analizy. Dotyczy to szczególnie minimalizacji masy całej konstrukcji, wzmocnienia konstrukcji części nadwózkowej, a szczególnie modyfikacji w obszarach mocowania

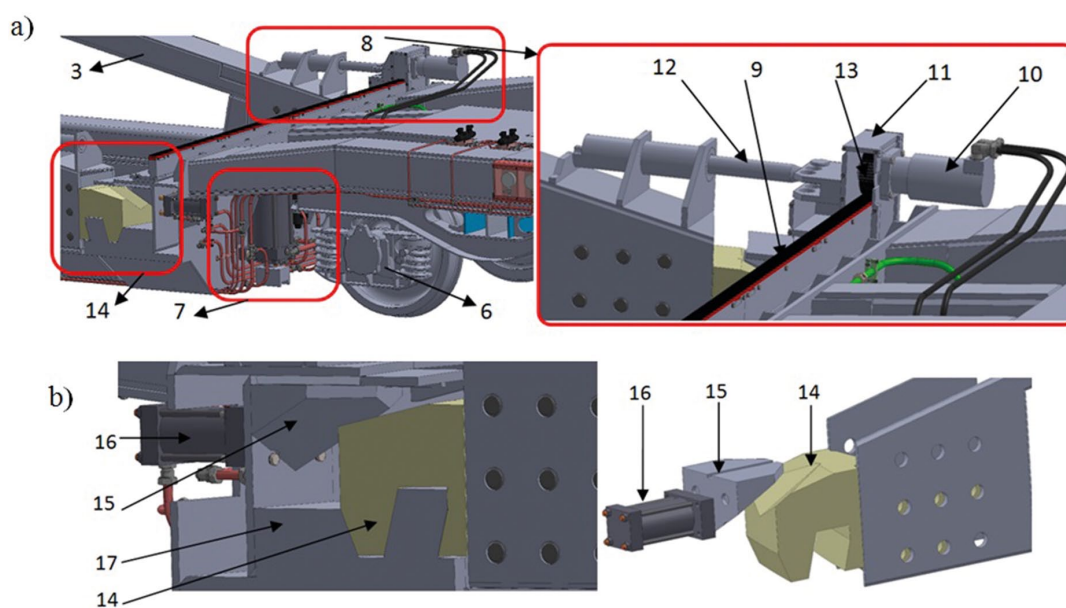
złączy burtowych platformy obrotowej wraz z opracowaniem poprawek zaproponowanego nowego rozwiązania zamków burtowych, tak by zmniejszyć wyężenie tego newralgicznego zespołu badanego wagonu.

### 3. Wagon kolejowy z obrotową platformą w wersji prototypowej

Budowę wagonu w wersji prototypowej omówiono szczegółowo w innych pracach autorów [7, 8, 9, 15]. Na rys. 7 a przedstawiono wizualizację kompletnego wagonu według dokumentacji 3D projektu wykonawczego prototypu wagonu wraz ze wszystkimi instalacjami oraz osprzętem dodatkowym w widoku z platformą ładunkową w położeniu obróconym do pozycji załadowczo-rozładowczej. Wagon według tego rozwiązania (rys. 7) wyposażono w nisko umieszczoną ramę podwozia (1) oraz platformę obrotową nadwozia (2) o wzmocnionej konstrukcji burt (3), wyposażoną w rolki obrotowe znajdujące się pod spodem platformy, ułatwiające obrót względem ramy podwozia. Platforma jest obracana względem podwozia i peronu załadowczo-wyładowczego dzięki zastosowaniu węzła obrotowego (4) umieszczonego w centralnej części wagonu. Ponadto wagon posiada konstrukcję nośną nadwózkową (5), znajdującą się nad wózkami jezdny (6) na obydwu końcach podwozia.



**Rys. 7.** a) Wagon prototypowy w widoku z platformą ładunkową w położeniu po jej obróceniu do pozycji załadowczo-rozładowczej; b) widok części nadwózkowej wagonu prototypowego z zabudowanym siodłem do mocowania naczepy na czas transportu wagonem; c) zdjęcie demonstratora wagonu prototypowego do transportu samochodów ciężarowych w skali 1:14 w wersji prototypowej – widok na wagon z platformą ładunkową w pozycji obróconej względem osi wagonu po wprowadzeniu i podparciu naczepy na płycie dennej platformy [15]



**Rys. 8.** a) Widok fragmentu części nadwózkowej z zamkami burtowymi (14) i podporami stabilizującymi (7) oraz mechanizm (8) obracający platformę ładunkową wagonu – w powiększeniu; b) ogólny widok złącza burtowego, sposób łączenia z burtą platformy obrotowej i blokowania poprzecznego za pomocą klina sterowanego hydraulicznie

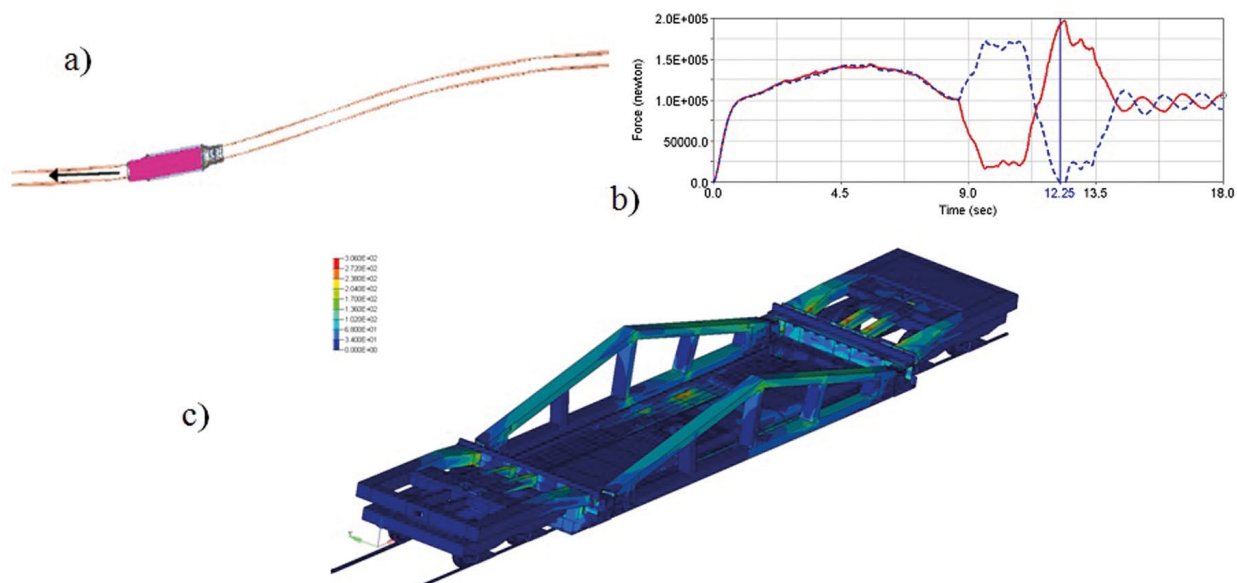
Wagon może ponadto zawierać stabilizatory w postaci dodatkowych podpór hydraulicznych (7) zamontowanych pod obniżoną płytą podwozia i przystosowanych do unoszenia wagonu na szynach w trakcie załadunku i rozładunku wagonu.

Za wymuszenie ruchu obrotowego platformy ładunkowej nadwozia (2) odpowiadają mechanizmy (8) – rys. 8 – a znajdujące się po obu wewnętrznych stronach części nadwózkowej wagonu. Budowę takiego mechanizmu obracającego platformę ładunkową i widok fragmentu części nadwózkowej z zamkami

burtowymi i podporami stabilizującymi przedstawiono w powiększeniu po prawej stronie na rys. 8 a. Składa się on z płyty, do której przymocowana jest listwa zębata (9), silnika hydraulicznego (10) napędzającego mechanizm obrotu, koła zębatego (13) współpracującego z listwą i zamocowanego w korpusie wodzika (11), prowadzącego za pomocą wysięgnika (12) burty nadwozia wagonu podczas operacji obrotu.

W prezentowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym połączenie burt platformy obrotowej z częścią nieruchomą (17) ostoi





Rys. 9. a) Widok modelu multibody wagonu i odcinka krzywoliniowego toru do symulacji kinematycznych i dynamicznych w systemie ADAMS; symulacja przejazdu wagonu z prędkością 100 km/h; b) wykres nacisków kół tylnej osi wózka przedniego podczas przejazdu z prędkością 100 km/h; czerwony – koło lewe; niebieski – koło prawe; c) wyniki symulacji MES z obciążeniem quasi-statycznym (ciężar własny i naczepy) z przeciążeniem 1,95 g – naprężenia zredukowane HMH –  $\sigma_{\max} = 306 \text{ MP}$  [15]

wagonu jest realizowane poprzez odpowiednio ukształtowany zamek w postaci haka (14). Jego kształt, sposób łączenia z burtą platformy obrotowej i blokowania poprzecznego za pomocą klina (15) sterowanego hydraulicznie siłownikiem 16, pokazano na rys. 8 b. Konstrukcja takiego zamka pozwala jedynie na przenoszenie obciążenia wzdłużnego, a więc nie blokuje obrotu platformy i jej ruchu w kierunku poprzecznym. Funkcję tę pełni klin (15), który jest dociskany do zamka haka i blokowany za pomocą siłownika hydraulicznego (16). Precyzyjne prowadzenie klina gwarantują dwie powierzchnie skośne, nacięte na górnej powierzchni zamków, po których on się ślizga. Zarówno ukształtowanie zamka haka, jak i klina jest tak dobrane, aby podczas dosuwania klina zredukowane były wszelkie luzy pionowe oraz poprzeczne do osi wagonu. Odpowiada za to wcięcie utworzone w haku oraz wypust na klinie w postaci ostrosłupów o podstawie trójkątnej. W trakcie załadunku lub rozładunku siłownik odsuwa klin od zamka, zwalniana jest blokada haka, umożliwiając jednocześnie mechanizmowi obrotu otwarcie wagonu. W trakcie obrotu platforma ruchoma opiera się na węzle obrotowym na środku wagonu oraz dwóch bieżniach, po których przemieszczają się haki. Bieżnie te tworzą łuki o środku pokrywającym się ze środkiem obrotu platformy. W tej części operacji mechanizm obrotu platformy ładunkowej wspomagany jest za pomocą zestawów rolek [5, 6], które ułatwiają przemieszczenie końców platformy obrotowej względem płyty dennej ramy ostoi wagonu, a następnie odpowiednio przygotowanej powierzchni skrajni rampy peronu.

Siodło (widoczne na rys. 7 b) służy do mocowania naczepy w przedniej części nadwózkowej ramy podwozia wagonu specjalnego. Mechanizm taki powinien także częściowo odciążać platformę. Jest głównym elementem unieruchamiającym na-

czepę w kierunku podłużnym wagonu. Siodło powinno być przesuwne, ze względu na możliwość zapięcia/zakotwiczenia naczepy po obrocie platformy.

Prace konstrukcyjne nad złożeniem kompletnego wagonu w wersji prototypowej wspomagano za pomocą szeregu badań stanowiskowych, symulacji kinematycznych i analiz MES. W ramach prac nad wersją prototypową wagonu wykonano:

- badania kinematyczne i analizy drgań własnych konstrukcji;
- analizy numeryczne statyczne i dynamiczne zgodnie z normami [10–12];
- symulacje zmęczeniowe;
- badania stanowiskowe i analizy komputerowe wydzielonych złączy burtowych platformy obrotowej;
- opracowanie założeń i podstaw teoretycznych systemu do transportu intermodalnego na bazie wagonu z obrotową platformą ładunkową;
- demonstrator wagonu w wersji prototypowej;
- projekt infrastruktury peronu do załadunku i wyładunku wagonu prototypowego;
- projekt prac komercjalizacyjnych w celu zbudowania prototypów wagonu w skali 1:1 i wykonania niezbędnych badań certyfikacyjnych.

Wybrane wyniki badań multibody i MES wagonu w prototypowej wersji konstrukcyjnej przedstawiono na rys. 9 [15]. Model i reprezentatywne wyniki analizy dynamicznej 3D platformy kolejowej do badania ruchu załadowanego wagonu oraz wyznaczenia granicy bezpieczeństwa użytkowania pokazano odpowiednio na rys. 9 a, b. Zgodnie z [10–12] w ramach zakresu badań koniecznych do uzyskania świadectwa dopuszczenia do eksploatacji wagonu towarowego należy sprawdzić pojazd między innymi w zakresie przejazdu przez łuk o minimalnym

promieniu. Wymagana jest również ocena własności dynamicznych pojazdu w zakresie określenia współczynnika bezpieczeństwa przeciw wykołeniu oraz sił między kołem a szyną.

W ramach badań symulacyjnych wykonano także wielowariantowe analizy MES w modelach odkształcalnych kompletnego wagonu i toru w zakresie statyki i dynamiki. Maksymalne naprężenia zredukowane wg hipotezy HMH w wariancie analizy kompletnego wagonu z naczepą o masie 36 ton osiągają maksymalną wartość 306 MPa (rys. 9 c). Dotyczy to tylko niewielkich obszarów połączeń części nadwózkowej z platformą ładunkową, a więc zaproponowana konstrukcja wagonu może bezpiecznie pracować. Spełniono także inne założenia konstrukcyjne.

#### 4. Wybrane problemy zastosowania systemu intermodalnego na bazie wagonu specjalnego – podsumowanie

W pracy omówiono także niektóre aspekty projektu konstrukcyjnego wagonu do przewozu naczep samochodów ciężarowych, dostosowanego do obecnego stanu istniejącej infrastruktury kolejowej w Polsce. Zasadniczym problemem do rozwiązania były ograniczenia przestrzeni roboczej, którą mógł zająć wagon z załadowaną na niego naczepą. Przy użyciu nowoczesnych metod projektowania, wykorzystując opracowaną przez zespół KMIIS WAT metodykę badań, w której zastosowano zaawansowane analizy numeryczne, testy stanowiskowe oraz materiały o wysokiej wytrzymałości, zaprojektowano wagon, uzyskując wymaganą wytrzymałość i spełnienie przyjętych założeń technicznych. Wagon kolejowy do przewozów intermodalnych, zaproponowany w Wojskowej Akademii Technicznej, wyposażony jest w obniżoną obrotową platformę ładunkową, która z powrotem może współpracować z typowymi peronami przeładunkowymi (po wzmocnieniu nawierzchni skrajni peronu). Przyjęto, że największe obciążenia konstrukcji pochodzące od ciężaru ładunku, obciążeń własnych i sił generowanych podczas ruchu wagonu będą dystrybuowane poprzez specjalne zamki burtowe na boczną część obrotowej platformy spinającej w konfiguracji transportowej (podczas jazdy) części nadwózkowej wagonu.

Zaproponowana konstrukcja nie wymaga podczas czynności przeładunkowych wykorzystania specjalnych zewnętrznych urządzeń podnoszących, wchodzących w skład infrastruktury terminalu przeładunkowego. W opracowanej konstrukcji zastosowano obracaną platformę ładunkową wagonu, po której zestaw drogowy może wjechać z naczepą na wagon. Rozwiązanie takie umożliwia załadunek i rozładunek naczepy, na terminalach przeładunkowych, gdzie wokół torów jest specjalnie przygotowany peron o odpowiednio utwardzonych krawężniach. Po obrotowej platformie ciągnik siodłowy z naczepą może wjechać na wagon prosto z peronu przylegającego do torów. Dodatkową zaletą jest możliwość dokonywania czynności załadunkowych z dwóch stron wagonu. Zaletą jest również możliwość dokonywania rozładunku z każdego wagonu niezależnie od siebie. Takiej możliwości nie oferuje często stosowana w Europie technologia ruchomej drogi, przy użyciu której załadunek i rozładunek odbywa się według metody FIFO; pierwszy załadowany zestaw opuszcza skład pociągu również jako pierwszy [13, 14]. Opracowano projekt konstrukcyjny rampy peronu przystosowanego do

przeprowadzenia operacji załadowczo-wyładowczych naczep samochodów ciężarowych na prototypowy wagon z obrotową platformą ładunkową lub skład kolejowy zestawiony z większej liczby takich wagonów [15].

Skład pociągu złożony z wagonów wykonanych według innowacyjnej technologii posiada prostą konstrukcję i celowo w trakcie opracowywania uwzględniano istniejące zaplecze infrastruktury kolejowej PKP. Tak rozumiany system intermodalny może wykazywać dużą mobilność. Kolejność ładowania i rozładowywania wagonów nie ma tu dużego znaczenia. Czas załadunku jest zminimalizowany do kilku minut. Jest to proste rozwiązanie, które może być obsługiwane bezpośrednio przez przeszkolonych kierowców i praktycznie eliminuje ryzyko uszkodzenia platformy oraz ciągnika siodłowego lub naczepy.

Rozwiązanie takie pozwala na skrócenie czasu przeładunku oraz obniżenie kosztów bezpośrednich działania terminalu przeładunkowego. Dzięki zastosowaniu standardowych wózków Y25 proponowane rozwiązanie pozbawione jest wad przyspieszonego zużywania się kół wózków jezdnych [3, 13, 14], systemu ruchomej drogi oraz nie wymaga skomplikowanych terminalowych rozwiązań przeładunkowych stosowanych w systemie Modalohr [2, 13, 14]. Istotną zaletą proponowanego rozwiązania jest możliwość zlecenia produkowania taboru kolejowego przez krajowe przedsiębiorstwa produkcyjne. Zaproponowane rozwiązanie może mieć wpływ również na: przyspieszenie tranzytu samochodów ciężarowych, zmniejszenie szkodliwości oddziaływania na środowisko naturalne, zmniejszenie stopnia zniszczenia dróg publicznych przez przejazdy ciężkich samochodów, zwiększenie zdolności jednorazowego pokonywania długich dystansów, co ma szczególne znaczenie przy przewożeniu towarów o dużych masach, zmniejszenie ruchu na drogach, a więc zwiększenie bezpieczeństwa dróg publicznych, skrócenie czasu dostawy towaru do odbiorcy, między innymi dzięki mniejszej wrażliwości transportu kolejowego na niekorzystne warunki pogodowe (zwłaszcza w okresie zimy), eliminację postoju samochodów ciężarowych na przejściach granicznych, a także obniżenie kosztów przejazdu samochodów ciężarowych.

Ważnym zadaniem etapu wdrożenia produkcyjnego zaproponowanego wagonu, a zarazem niezbędnym do zastosowania innowacyjnego wagonu w praktyce jest zbudowanie krótkiej serii prototypowej zaproponowanego obiektu. Zbudowanie rzeczywistej konstrukcji umożliwi weryfikację zastosowanych rozwiązań i sprawdzenie funkcjonalności wagonu w praktyce. Zbudowanie prototypu umożliwi dopracowanie dokumentacji produkcyjnej koniecznej do wykonania serii próbnej wagonów oraz pozwoli na wykonanie niezbędnych badań eksperymentalnych i eksploatacyjnych, przewidzianych w normach krajowych i regulacjach branżowych.

#### Literatura

- [1] KWAŚNIEWSKI S., NOWAKOWSKI T., ZAJĄC M.: *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [2] [www.modalohr.com/pl.htm](http://www.modalohr.com/pl.htm), 15.08.2012.
- [3] [www.tabor.com.pl](http://www.tabor.com.pl), 15.08.2012.

- [4] Zespół KMiIS WAT: A railway wagon with a rotatable loading floor. European patent, EP10461528.1, 2013.
- [5] Zespół KMiIS WAT: Mechanizm obrotu i blokowania platformy nadwozia wagonu kolejowego zwłaszcza do transportu kombinowanego. Krajowe zgłoszenie patentowe P.395135, 2011.
- [6] Zespół KMiIS WAT: A railway wagon and a mechanism for rotating and blocking a loading floor of a railway wagon for combined transportation. European Patent Application, EP12170915, 2012.
- [7] NIEZGODA T., KRASOŃ W., BARNAT W., SŁAWIŃSKI G.: *Badania numeryczne rozwiązań prototypowych mechanizmu obrotu platformy wagonu kolejowego do przewozu naczep typu TIR*. „Problemy Kolejnictwa, Instytut Kolejnictwa”, Zeszyt 153, Warszawa 2011, s. 137–146.
- [8] KRASOŃ W., NIEZGODA T., DAMAZIAK K.: *FEM driver design process of innovative intermodal truck – rail solution*. International Conference on Road and Rail Infrastructure – CETRA, Croatia 2012, s. 709–715.
- [9] NIEZGODA T., KRASOŃ W., STANKIEWICZ M.: *Simulations of Motion of Prototype Railway Wagon with Rotatable Loading Floor Carried Out in MSC Adams Software*. „Journal of KONES Powertrain and Transport”, Vol. 19, No. 4, 2012.
- [10] Polska Norma PN-EN 12663: Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych. 2002.
- [11] Polska Norma PN-70/K-02056: Tabor kolejowy normalnotorowy – Skrajnie statyczne.
- [12] Polska Norma PN-EN 13232: Kolejnictwo – Tor – Rozjazdy i skrzyżowania. 2004.
- [13] MARKUSIK S.: *Infrastruktura Logistyczna w Transporcie. Tom II. Infrastruktura Punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [14] STOKŁOSA J.: *Transport intermodalny. Technologia i organizacja*. Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji, Lublin 2011.
- [15] Zespół KMiIS WAT, Sprawozdanie z pracy badawczej NCBiR, Innowacyjna technologia kolejowego transportu samochodów ciężarowych typu TIR. Opracowanie WAT, 2012.

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Prezentowane rozwiązania konstrukcyjne chronione są patentami krajowymi i europejskimi.

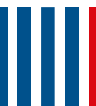
dr inż. Wiesław Krasoń, prof. dr hab. inż. Tadeusz Niezgoda –  
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

artykuł recenzowany

reklama



Międzynarodowe Targi Poznańskie  
Poznań International Fair



spotkaj przyszłość  
meet the future



Międzynarodowe Targi Energetyki  
**EXPOPOWER**

10-12.05.2016, POZNAŃ

**INNOWACJE, BIZNES I DOBRA ENERGIA**

Promocyjne  
ceny do:  
**31 STYCZNIA  
2016**

Wraz z targami odbędą się m.in.:

Międzynarodowy Kongres  
Naukowo-Przemysłowy Energi@21  
„Innowacyjne przedsiębiorstwo energetyczne”

**21.**  
energia

 **InnoPower** Forum  
innowacje w energetyce i wystawa

**ENERGY**  
FUTURE WEEK

 **greenPOWER**  
Międzynarodowe Targi Energii Odnawialnej

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



## BIBLIOTEKA



Adam Biernat  
**Analiza sygnałów diagnostycznych maszyn elektrycznych**  
Wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej  
Rok wydania: 2015  
Wydanie pierwsze

W pracy przedstawiono analizę sygnału pomiarowego (przemieszczeń powierzchni wirujących obiektów, przyspieszenia drgań powierzchni obudowy, prądów fazowych, strumienia rozproszenia na zewnątrz maszyny) pod kątem ilościowych i jakościowych zmian wywołanych uszkodzeniem wybranych węzłów maszyny elektrycznej. Sygnał pomiarowy wykazuje indywidualne cechy wynikające z uwarunkowań projektowo-konstrukcyjnych, które należy uwzględnić przy formułowaniu werdyktu diagnostycznego.

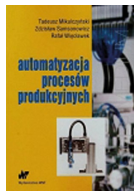


Grzegorz Pakuła, Marian Strączyński  
**Podręcznik eksploatacji pomp w górnictwie**  
Wydawca: Seidel-Przywecki  
Rok wydania: 2013  
Wydanie pierwsze

Podręcznik ten jest przeznaczony dla specjalistów zajmujących się wyborem, eksploatacją i konserwacją pomp w kopalniach, projektantów systemów odwadniających w kopalniach, firm projektowo-budowlanych realizujących inwestycje z zakresu projektowania i budowy układów pompowych oraz zajmujących się ich modernizacją, kadry naukowej oraz studentów na wydziałach górniczych. Ma ona przede wszystkim służyć pomocą praktykom, którzy mają zawodowo do czynienia z pompami w górnictwie.

Zważywszy na praktyczny charakter podręcznika, wiadomości teoretyczne zostały ograniczone do minimum, jakie według autorów jest niezbędne dla zrozumienia działania pomp i układów pompowych w prawidłowej ich eksploatacji. Autorzy mają nadzieję, że podręcznik pomoże pracownikom kopalni w racjonalnej ocenie eksploatacji pomp i układów pompowych, a tym samym wpłynie na optymalizację decyzji projektowych, ruchowych i inwestycyjnych.

W książce znajdują się opisy systemów odwadniania dla kopalń głębinowych oraz odkrywkowych. Obszernie scharakteryzowano pompy wirowe, głębinowe, wyporowe i pompy do szlamów oraz dynamikę pomp i układów pompowych. Podręcznik kończy wykaz najważniejszych aktów prawnych dotyczących pomp górniczych.



Tadeusz Mikulczyński, Zdzisław Samsonowicz, Rafał Więclawek  
**Automatyzacja procesów produkcyjnych**  
Wydawca: WNT  
Rok wydania: 2015  
Wydanie drugie

We współczesnym przemyśle automatyzacja procesów produkcyjnych jest podstawą nowoczesnych systemów wytwarzania. Dzięki niej uzyskuje się wysoką jakość wyrobów oraz minimalizuje koszty produkcji, co przekłada się na wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw. W książce opisano:

- metody modelowania procesów dyskretnych i programowania sterowników PLC: Grafcet, Grafpol i SFC, stanowiące podstawowe narzędzia automatyzacji procesów produkcyjnych;
- międzynarodową normę IEC 61131-3 dotyczącą języków programowania sterowników PLC, które umożliwiają zapis algorytmu sterowania jako programu użytkownika PLC;
- zastosowanie metody Grafpol TM do syntezy sekwencyjnych algorytmów sterowania.

Wydawnictwo WNT poleca książkę specjalistom zajmującym się teorią i praktyką automatyzacji procesów produkcyjnych oraz studentom wydziałów elektronicznych, elektrycznych i mechanicznych.



Jan Palarski, Franciszek Plewa, Zdzisław Mystek  
**Odzysk i unieszkodliwianie odpadów w górnictwie podziemnym**  
Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej  
Rok wydania: 2012  
Wydanie pierwsze

W monografii przedstawiono m.in. podstawy prawne gospodarki odpadami w górnictwie, zagospodarowanie odpadów górniczych na powierzchni, wykorzystanie odpadów przemysłowych w technologiach górniczych, podziemne składowanie odpadów. Sporo uwagi w monografii poświęcono wykorzystaniu odpadów w podsadzce, jako technologii pozwalającej minimalizować negatywny wpływ eksploatacji podziemnej na środowisko, a równocześnie umożliwiającej zagospodarowanie znaczących ilości odpadów przemysłowych. W końcowej części opracowania scharakteryzowano zagadnienia związane bezpośrednio z gospodarką odpadami w górnictwie podziemnym, a mianowicie: utylizację słonych wód kopalnianych i gospodarkę wodno-mułową.

# KALENDARIUM

Temat konferencji/szkolenia	Data	Miejsce	Telefon
SLC 500 – zaawansowany kurs programowania z RSLogix 5	1 lutego	Warszawa	22-541 84 60
Przemysłowa baza danych Wonderware Historian. Cz. I. Analiza danych	8 lutego	Kraków	12-428 63 63
Bezpłatne szkolenie: Programowanie PLC Fatek	11 lutego	Gdynia	12-413 90 58
System śledzenia i zarządzania produkcją – Wonderware Operations software	15 lutego	Kraków	12-428 63 63
ControlLogix – podstawy programowania z RSLogix 5000	15 lutego	Warszawa	22-541 84 60
Sieć EtherNet/IP – instalacja i podstawy konfiguracji	15 lutego	Warszawa	22-541 84 60
System wizualizacyjny Wonderware inTouch. Cz. I. Tworzenie i serwisowanie aplikacji	16 lutego	Gdańsk	58-554 09 19
System analizy przyczyn i czasów przestoju maszyn oraz kontroli efektywności produkcji – Wonderware Performance Software	18 lutego	Kraków	12-428 63 63
Bezpłatne szkolenie: Programowanie PLC Fatek	18 lutego	Warszawa	12-413 90 58
Bezpłatne szkolenie: HMI Weintek	18 lutego	Warszawa	12-413 90 58
Sterowniki PLC i kontrolery PACSystems firmy GE Intelligent Platforms – narzędzie programistyczne i język drabinkowy	22 lutego	Kraków	12-428 63 63
ControlLogix – zaawansowany kurs programowania z RSLogix 5000	22 lutego	Warszawa	22-541 84 60
Obsługa i programowanie robotów Kawasaki. Cz. I.	22 lutego	Kraków	12-428 63 63
Sterowniki PLC i kontrolery PACSystems firmy GE Intelligent Platforms – kurs dla Integratorów Systemu	23 lutego	Kraków	12-428 63 63
System wizualizacyjny Wonderware inTouch. Cz. II. Zagadnienia zaawansowane	23 lutego	Gdańsk	58-554 09 19
Bezpłatne szkolenie: HMI Weintek	23 lutego	Poznań	12-413 90 58
Obsługa i programowanie robotów Kawasaki. Cz. II	24 lutego	Kraków	12-428 63 63
Bezpłatne szkolenie z serwonapędów Estun	25 lutego	Warszawa	12-413 90 58
Programowanie sterowników ASTRAADA ONE w środowisku Codesys	29 lutego	Kraków	12-428 63 63
Obsługa i programowanie systemu zarządzania produkcją wsadową Wonderware InBatch	29 lutego	Warszawa	22-569 56 55
Sieć ControlNet – instalacja i podstawy konfiguracji	29 lutego	Warszawa	22-541 84 60
Kinetix 6000, Sercos – instalacja i podstawy programowania	29 lutego	Warszawa	22-541 84 60

## Najbliższe targi i konferencje, na których będziemy promować pismo

<b>ELEKTROTECHNIKA</b> Międzynarodowe Targi Sprzętu Elektrycznego i Systemów Zabezpieczeń	27–29 stycznia	Warszawa
<b>BUDMA</b> Międzynarodowe Targi Budownictwa i Architektury	2–5 lutego	Poznań
<b>XXV Szkoła Eksploatacji Podziemnej</b>	22–26 lutego	Kraków

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 3 (203)**

Rok XVIII  
Marzec 2016

- **Efektywność w energetyce**
- Bezpieczeństwo
- Technika przemieszczeń liniowych i montażu
- Hydraulika siłowa
- Automatykacja produkcji i procesów



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

1/2016 (201)

2/2016 (202)

**3/2016 (203)**

4/2016 (204)

5/2016 (205)

6/2016 (206)

7-8/2016 (207-208)

9/2016 (209)

10/2016 (210)

11/2016 (211)

12/2016 (212)

## PRENUMERATA

Prenumeratę miesięcznika „Napędy i Sterowanie” można rozpocząć w dowolnym momencie. Cena prenumeraty pozostaje bez zmian, niezależnie od zmiany stawki VAT na czasopismo. Faktura za prenumeratę zostanie przesłana wraz z pierwszym zamówionym egzemplarzem. Koszty przesyłki pokrywa Wydawnictwo. Studenci oraz uczniowie mogą skorzystać z 50-proc. zniżki, przesyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

Cena prenumeraty rocznej wynosi 118,80 zł (w tym 8% VAT).

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.

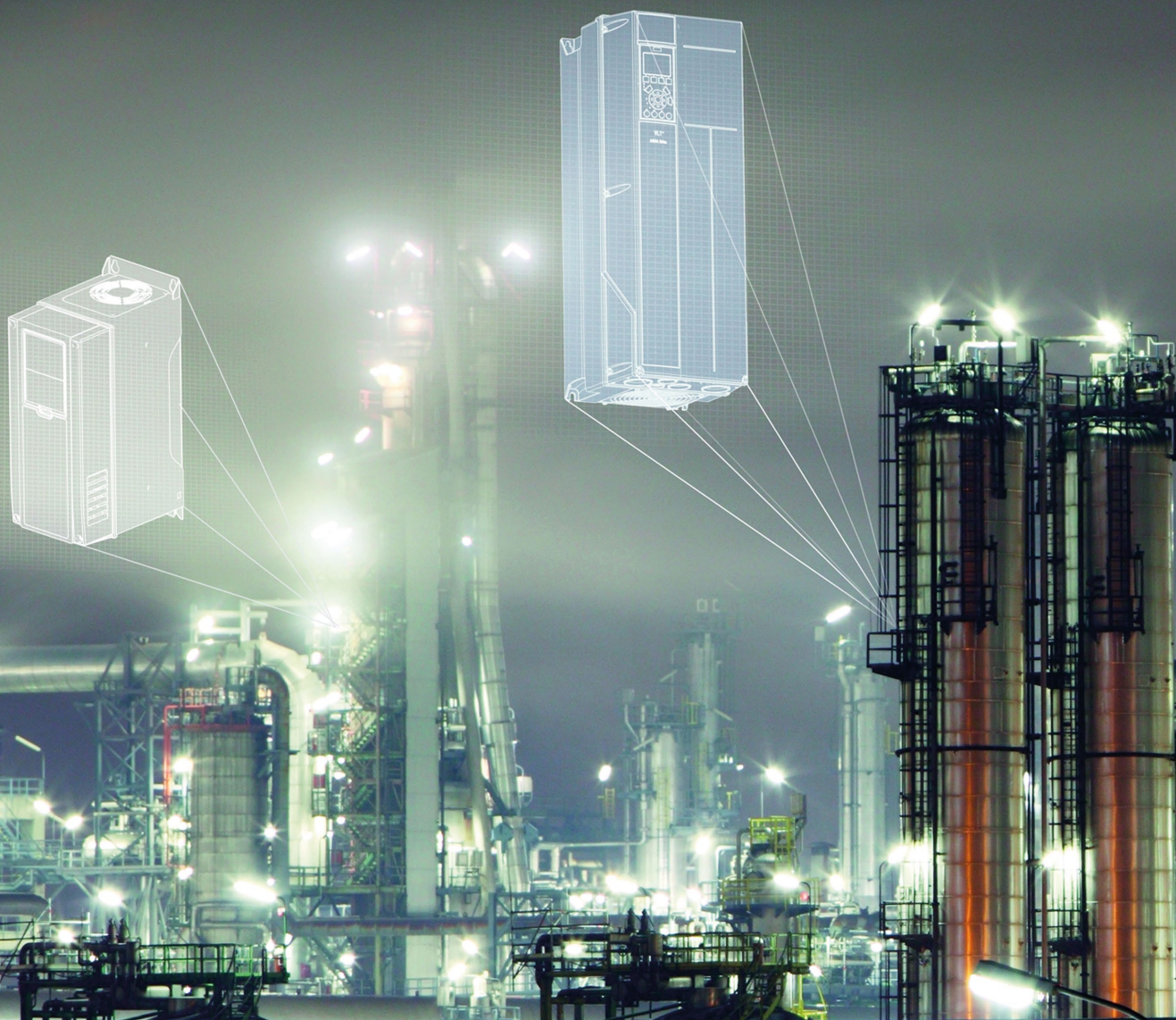




*Pamiętaj o sile reklamy  
Wyrzedź konkurencję!*



# Przetwornice częstotliwości **Danfoss Drives** to niezawodność i moc, której potrzebujesz



## Przetwornice częstotliwości **Danfoss Drives** to niezawodność i moc, której potrzebujesz

Vacon i Danfoss po połączeniu utworzyły jedną z największych firm napędowych na świecie. Nasze marki VLT® i VACON® to jeden cel i jedna pasja. To szeroka i najbardziej innowacyjna oferta produktowa, a także usługi serwisowe o najwyższej jakości. Oferujemy wolność wyboru dowolnej technologii silnikowej, a nasza oferta obejmuje zakres mocy od 0,18 kW do 5,3 MW.

**VLT® | VACON®** [www.danfoss.pl/napedy](http://www.danfoss.pl/napedy)

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*