

# **napędy i sterowanie**

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

**Nr 3 (275)**

Rok XXIV  
Marzec 2022

ISSN 1507-7764  
Indeks 36018X

Cena: 21,60 zł  
(w tym 8% VAT)

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

## **MultiProjekt**

IoT

System  
OmniMES

OPC UA

Roboty  
6-osiowe

Bramki  
komunikacyjne

MQTT

HMI

Cyfrowy bliźniak  
Simultus

**PO CO NAM TEN CAŁY  
PRZEMYSŁ 4.0?**

(str. 8)

AUTOMATYKA | ROBOTYKA | MECHANIKA | OBRÓBKA CNC | SYSTEMY IT | SZKOLENIA

[www.multiprojekt.pl](http://www.multiprojekt.pl) | [info@multiprojekt.pl](mailto:info@multiprojekt.pl)

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (273) Styczeń	<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> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Odnawialne źródła energii</li> <li>• Maszyny budowlane, pojazdy i sprzęt specjalistyczny</li> </ul>
2 (274) Luty	<b>EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE TECHNOLOGIA DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Automatykacja produkcji</li> <li>• Bezpieczeństwo sieci przemysłowych</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> </ul>
3 (275) Marzec	<b>PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w górnictwie</li> <li>• Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatykacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Energetyka odnawialna</li> </ul>
4 (276) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techniki pakowania i opakowań, systemy ważące i dozujące</li> <li>• Systemy znakujące, RFID i kontroli w przemyśle</li> <li>• Hydraulika w technice mobilnej</li> <li>• Sterowanie procesami</li> <li>• Efektywność energetyczna</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych</li> <li>• Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji</li> <li>• Przesył energii</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>
5 (277) Maj	<b>TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Technologie przyrostowe 3D</li> <li>• Napędy hybrydowe</li> <li>• Diagnostyka i kontrola urządzeń</li> <li>• Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – Industrial Internet of Things)</li> </ul>
6 (278) Czerwiec	<b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termowizja, monitoring, układy regulacji</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Robotyka</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Systemy informatyczne</li> </ul>
7/8 (279/280) Lipiec/sierpień	<b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym</li> <li>• Inteligentne układy zasilania, sterowania</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Silniki elektryczne</li> <li>• Transformatory</li> </ul>
9 (281) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> <li>• Utrzymanie ruchu w przemyśle</li> </ul>
10 (282) Październik	<b>INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA PRZEMYSŁOWE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulika, pneumatyka i sterowanie</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Inteligentne układy zasilania</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Napędy hybrydowe i elektryczne</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Energia odnawialna</li> </ul>
11 (283) 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 (284) Grudzień	<b>CYFRYZACJA W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Napędy elektryczne i hydrauliczne</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>



**Adres redakcji:**

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

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

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

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

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny  
tel. 32 755 23 18 • e-mail: redakcja.tech@drukart.pl

**Marketing:**

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

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

**Podstawowa korekta tekstu:** Marta Chamów

**Rada Programowa:**

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

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

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

**Patronat honorowy:**

Instytut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Łódzkiej

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

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

## Szanowni Państwo!

Za nami pierwszy kwartał, a przed nami... koniec starego czy początek nowego porządku świata? To trudne pytanie, bo stajemy wobec wielu zawiłych problemów. Uwikłany w konflikt wojenny świat, podzielony na przeciwników i zwolenników zbrojnych interwencji w Ukrainie, nie pozostawił i nas neutralnymi. Znajdująca się w centrum Europy Polska nieustannie wybiera utrzymywanie przyjaznych kontaktów z potężnym sojusznikiem zza oceanu, a także znajduje swoje miejsce wśród krajów Unii. Na najwyższe uznanie zasługuje zaangażowanie Polaków w pomoc dla naszych wschodnich sąsiadów, którzy uciekają z Ukrainy przed wojną. Do tej pory (gdy piszę te słowa) Polska przyjęła już prawie 2 mln osób.

Tymczasem pojawia się pytanie, czy obecna sytuacja znajdzie odzwierciedlenie w gospodarce? Znaczący przedmiot z Banku BNP Paribas wskazuje, że z pewnością dla polskiej gospodarki najszybciej widocznym efektem wojny są drożące surowce energetyczne, które przekładają się na wzrost cen paliw na stacjach benzynowych. Podkreślają, że jeżeli wysokie ceny surowców utrzymają się przez dłuższy czas, siła nabywczą gospodarstw domowych wyraźnie ucierpi, co będzie powodować obniżenie wzrostu gospodarczego w tym roku. Z drugiej strony – napływ uchodźców z Ukrainy powinien zwiększyć wydatki konsumpcyjne. Wyliczyli, że koszt utrzymania się miliona osób w Polsce przez rok wyniosłby ponad 20 mld zł, czyli około 1 proc. PKB. Dodali, że – według szacunków – do Polski może przyjechać nawet kilka milionów osób z terenów objętych działaniami wojennymi.

Według analityków Banku, bezpośredni wpływ na polską gospodarkę, wynikający ze zmniejszonego eksportu do Ukrainy i Rosji, powinien być umiarkowany, ponieważ udział tych krajów w polskiej sprzedaży zagranicznej nie jest specjalnie wysoki. W ubiegłym roku oscylował on w okolicach 2-3 proc. Większe perturbacje – jak zaznaczyli – mogą wynikać z ewentualnych zaburzeń w imporcie, ponieważ Polska pozostaje silnie zależna od surowców energetycznych z Rosji.

Wiele firm, które wcześniej dystansowały się do polityki, licząc się raczej z opinią akcjonariuszy i uzyskiwanymi zyskami, teraz z pewnością chcąc nie chcąc, wyjątkowo uważnie będzie śledzić stosunki międzynarodowe na światowej scenie politycznej.

Mam nadzieję, że lektura naszego pisma pomoże nie tylko w poszerzeniu wiedzy naszych Czytelników, do czego pragniemy się włączyć pisząc o ciekawych sprawach z preferowanych przez nasze pismo branż, ale również w tym trudnym czasie pomoże choć chwilowo oderwać myśli od obecnej sytuacji.

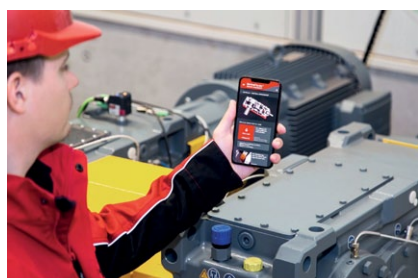
Katarzyna Zajac  
redaktor naczelna





**Str. 8**

Po co nam ten cały Przemysł 4.0?



**Str. 12**

DriveRadar® firmy SEW-Eurodrive dla przekładni przemysłowych.  
Warto wiedzieć już dziś, co stanie się jutro

**Str. 16**

Tyrystorowy sterownik mocy Thyro-PX. Urządzenie o wielu możliwościach



**Str. 20**

Dokładność obliczeń cieplnych pary przy pomiarach strumienia objętości na przykładzie przepływomierza wirowego Prowirl 200

**Str. 26**

Falownik Hitachi serii SJ, typ P1 - wybrane funkcje



## CO W NUMERZE

- 6 Nowości techniczne
- 97 Biblioteka
- 94 Zestawienie firm

## Nauka

- 54 Analiza wpływu charakterystyki hamowania odzyskowego na komfort jazdy, zużycie energii oraz zasięg pojazdu elektrycznego na podstawie testów WLTC  
D. Skórzak, W. Gawron
- 60 Założenia projektu elektrycznego zespołu napędowego do pojazdów użytkowych  
B. Będkowski, Ł. Cyganik, P. Dukalski, T. Jarek
- 68 Przegląd technologii druku 3D do wykonywania prototypów małych maszyn elektrycznych  
J. Mikoś
- 74 Zwykły DfAM już nie wystarcza, czyli co nowego słychać w designie  
H. Dodziuk
- 81 Drukowane w 3D stroje i wearable  
H. Dodziuk
- 84 Kompatybilność uszczelnień z cieciami roboczymi  
E. Kania
- 88 Zmiana parametrów oleju silnikowego w trakcie próby trwałościowej na hamowni silnikowej  
A. Suhecki, J. Śledź, K. Brodzik

## Technologie i produkty

- 8 Po co nam ten cały Przemysł 4.0?  
Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.
- 12 DriveRadar® firmy SEW-Eurodrive dla przekładni przemysłowych.  
Warto wiedzieć już dziś, co stanie się jutro  
SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 16 Tyrystorowy sterownik mocy Thyro-PX. Urządzenie o wielu możliwościach  
S. Jackowski - JOTES
- 18 Wszechstronne serwonapędy do najbardziej wymagających zastosowań  
Lenze Polska Sp. z o.o.
- 20 Dokładność obliczeń cieplnych pary przy pomiarach strumienia objętości na przykładzie przepływomierza wirowego Prowirl 200  
J. Zajączkowski - Endress+Hauser Polska sp. z o.o.
- 22 Ograniczenie energochłonności zakładu górniczego poprzez wymianę zasilania napędów dużej mocy  
M. Magnor - OPA-ROW Sp. z o.o.
- 24 Integracja systemów - kluczowa. Podobnie jak wybór integratora  
AIUT Sp. z o.o.
- 26 Falownik Hitachi serii SJ, typ P1 - wybrane funkcje  
ZELTECH MECHATRONIKA Sp. z o.o.



- 28 **Napędy do pomp wyporowych niewymagające współosiowania wałów**  
NORD Napędy Sp. z o.o.
- 30 **Przyczyny powstawania pożarów instalacji fotowoltaicznych i sposoby zapobiegania im**  
M. Trajdos - HELUKABEL Polska
- 33 **Silniki asynchroniczne klatkowe z obudową o kwadratowym kształcie przekroju poprzecznego**  
BTT AUTOMATYKA Sp. z o.o.
- 35 **Nowy wielofunkcyjny przełącznik czasowy serii TY94 firmy CDC Elettromeccanica**  
TERM Tomasz Sobczak
- 38 **Trendy w olejach turbinowych** - D. Pykosz - ORLEN OIL
- 41 **Profesjonalne oznakowanie hal magazynowych i obiektów produkcyjnych**  
Malowanielinii.pl Sp. z o.o.
- 44 **Stacja redukcyjno-zabezpieczająca typu PREREST-01/1**  
D. Szurgacz, Sz. Węgrzyn, D. Rojek - Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.



**Str. 28**

Napędy do pomp wyporowych niewymagające współosiowania wałów



**Str. 30**

Przyczyny powstawania pożarów instalacji fotowoltaicznych i sposoby zapobiegania im

## Informacje branżowe

- 37 **Przemysł spragniony spotkań**
- 47 **Wywiad z Prezesem Zarządu, Jackiem Sadaj.**  
Morski Port Gdynia - jubileusz 100-lecia - rozwój dzięki inwestycjom  
R.Klencz
- 50 **Targi ENEX 2022 zakończone sukcesem! Targi ENEX/ENEX Nowa Energia oraz EKOTECH zgromadziły łącznie ponad 170 firm z 14 krajów.**  
Najlepsi producenci i najnowsze rozwiązania branży energetycznej
- 52 **Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE. 6-9 września 2022 roku.**  
Nowoczesny węgiel i zielona transformacja



**Str. 38**

Trendy w olejach turbinowych

## Indeks reklam

▷ AIUT.....	7, 25	▷ Malowanielinii.pl.....	7, 41
▷ BTT AUTOMATYKA.....	33	▷ Multiprojekt Automatyka.....	1, 7
▷ Cantoni Group.....	6, 51	▷ NORD Napędy.....	29
▷ Centrum Hydrauliki DOH.....	45	▷ NOWIMEX.....	55
▷ Endress+Hauser Polska.....	20	▷ OPA-ROW.....	23
▷ EXPO KATOWICE.....	53	▷ ORLEN OIL.....	39
▷ FATEK.....	61	▷ Robotyka.pl.....	83
▷ HELUKABEL Polska.....	6, 31	▷ SEW-EURODRIVE.....	100
▷ ITM.....	37	▷ STAUFF Polska.....	63
▷ JOTES.....	17	▷ TERM Tomasz Sobczak.....	6, 35
▷ Lenze Polska.....	19	▷ ZELTECH MECHATRONIKA.....	27
▷ LOTOS.....	15		

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### LongLife – tachoprądnice DC BaumerHübner serii TDP 0,2 LT

Tachoprądnice DC są przetwornikami prędkości rzeczywistej bez zróżnicowania w czasie, które wytwarzają sygnał do kontrolera prędkości. Sygnałem wyjściowym z tachoprądnicy jest napięcie, które zmienia się proporcjonalnie do prędkości obrotowej – zmiana kierunku obrotu powoduje odwrócenie polaryzacji napięcia.

Seria TDP 0,2 LT jest produkowana w dwóch podstawowych wersjach mechanicznych – kołnierzej (B10) oraz na łapach (B3). Napięcia generowane przez tachoprądnice na 1000 rpm wynoszą odpowiednio: 10 V, 20 V, 30 V, 40 V, 60 V, 100 V, 150 V.



TERM Tomasz Sobczak  
[www.term.pl](http://www.term.pl)

### HELUPOWER® AQUATIC-750-BLUE – elastyczny przewód do pomp głębinowych do wody pitnej, metrowany



#### Dane techniczne

- Przewód wykonany w odniesieniu do DIN VDE 0250 / DIN VDE 0285-525-1 / DIN EN 50525-1.
- Zakres temperatury pracy: elastycznie od -25 do +50°C, stacjonarnie od -40 do +80°C.
- Dopuszczalna temperatura na żyłę: +90°C.
- Napięcie pracy:  $U_0/U$  450/750 V.
- Napięcie testu: 2500 V.
- Minimalny promień gięcia: przy ułożeniu na stałe  $5x \varnothing$  przewodu.

#### Budowa

- Żyła miedziana nieocynowana, wielodrutowa kl. 5 wg DIN VDE 0295/IEC 60228.
- Izolacja żył: PVC.
- Identyfikacja żył wg DIN VDE 0293-308 (1 żyła: czarna;  $\leq 5$  żył: żyły kolorowe; od 3 żył z żyłą żółto-zieloną).
- Żyły skręcone z optymalnym skokiem ośrodka.
- Powłoka: usieciowane bezhalogenowe tworzywo sztuczne.
- Kolor powłoki: niebieski (RAL 5015).

#### Właściwości

- Specjalnie opracowany i przetestowany pod kątem braku wzrostu drobnoustrojów i emisji substancji toksycznych.
- Odporny na chlor do 0,6 mg/l.
- Odporny na słoną wodę do 3,5%.

#### Zastosowanie

HELUPOWER® AQUATIC-750-BLUE stosowany jest do zasilania silników w pompach głębinowych. Może być zamontowany w wodzie do głębokości 600 m. Używany jako przewód przyłączeniowy w zakładach przetwórczych w przemyśle spożywczym, a także w stawach rybnych i akwariach.

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

### Nowa seria silników przeciwwybuchowych ognioszczelnych (wg ATEX) w klasie sprawności IE3 (PREMIUM)

Celma Indukta S.A. (Grupa Cantoni) to wieloletni producent szerokiej gamy trójfazowych silników elektrycznych, w tym silników o konstrukcji przeciwwybuchowej przeznaczonych dla przemysłu górniczego i chemicznego. Uwzględniając ponad 50-letnie doświadczenie w produkcji silników Ex oraz biorąc pod uwagę nowe wymagania w zakresie minimalnego poziomu sprawności wynikające z Rozporządzenia Komisji (UE) 2019/1781 & 2021/341, Celma Indukta S.A. zaprojektowała od podstaw, a następnie zaatestowała nową serię silników ognioszczelnych Ex db (eb) z zakresu 90–315, przeznaczonych dla przemysłu chemicznego w klasie sprawności IE3 – serię (E)cSTe(b).



Silniki nowej serii, oferowane w zakresie mocy do 200 kW, przeznaczone są do napędu urządzeń instalowanych w pomieszczeniach i przestrzeniach (strefa 1 lub 2), w których mogą powstać mieszaniny wybuchowe palnych gazów i par cieczy z powietrzem zaliczane do grupy IIC (uwzględnia również grupy IIA i IIB), klasy temperatury T5+T1. Zapewniają wysoki stopień bezpieczeństwa – są urządzeniami kategorii 2G wg najnowszej Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX). Spełniają wymagania najnowszych edycji norm PN-EN 60034-1, PN-EN 60079-0, PN-EN 60079-1 i PN-EN 60079-7.

Aby uzyskać więcej informacji, prosimy o kontakt:

Cantoni Motor S.A., [motor@cantonigroup.com](mailto:motor@cantonigroup.com), tel. 33 813 87 00 lub odwiedzić stronę: <https://www.cantonigroup.com/pl/page/aktualnosci>.

Na naszej stronie dostępny jest również nowy katalog silników ATEX Flameproof motors.

<https://www.cantonigroup.com/pl/page/do-pobrania-katalogi-silnikow>.

CANTONI MOTOR SA  
[www.cantonigroup.com](http://www.cantonigroup.com)



## NOWOŚCI TECHNICZNE

**Łatwa migracja projektu na panele HMI serii cMT X**

Urządzenia cMT X to nowa seria paneli operatorskich, która wyróżnia się innowacyjnymi rozwiązaniami oraz wysoką wydajnością. Dzięki ulepszonemu czterordzeniowemu procesorowi modele HMI tej serii idealnie sprawdzą się w bardziej złożonych aplikacjach.



Ze względu na to, że HMI serii cMT X oferują interfejsy o bogatszych funkcjonalnościach za mniejszą cenę, użytkownicy chętnie podejmują się migracji projektów ze starszych paneli na nowe modele. W tym celu Weintek w wersji V6.06.01 programu narzędziowego Easy Builder Pro, wprowadził mechanizmy wspomagające przeniesienie projektów z paneli starszej generacji na te serii cMT. Dzięki temu użytkownicy mogą skorzystać z nowych funkcji, zachowując jednocześnie wygodę użytkownika i kompatybilność.

Więcej informacji na temat ułatwień przenoszenia projektów znajdziesz na naszej stronie: [www.multiprojekt.pl/nawosci](http://www.multiprojekt.pl/nawosci).

**Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.**  
[www.multiprojekt.pl](http://www.multiprojekt.pl)

**Autonomiczny robot mobilny AIUT Formica 2 – do transportu ładunków paletowych**

Formica 2 to niezawodny i najsilniejszy autonomiczny robot mobilny typu AMR z rodziny pojazdów transportowych AIUT Formica. Robot wyposażony został w podnośniki palet, dzięki czemu zapewnia bezzałogowy



transport ciężkich i gabarytowych ładunków paletowych o masie do 1500 kg na produkcji i w magazynie. Formica 2 automatycznie i bez operatora pobiera towary z poziomu posadzki, transportuje je i dostarcza w dynamicznym otoczeniu, stanowiąc bezpieczną alternatywę dla tradycyjnych wózków widłowych. Zastosowane zaawansowane, certyfikowane systemy bezpieczeństwa oraz systemy nawigacji swobodnej gwarantują pełną kontrolę obszaru, w jakim porusza się Formica 2, pozwalając m.in. na swobodną pracę ludzi

w przestrzeni aktywności robota i szybkie wdrożenie – bez ingerencji w infrastrukturę zakładu. Dzięki wykorzystanym technologiom Formica 2 samodzielnie wybiera optymalną trasę dostawy, wykrywa i omija nagle pojawiające się przeszkody, strefy o dużym natężeniu ruchu i obszary wyłączone. Ponadto robot dostosowuje prędkość do obciążenia, zapewniając bezpieczny przewóz zwłaszcza ciężkich i niestandardowych (w tym wysokich) ładunków. Unikatowy moduł Black Box z systemem kamer umożliwia wgląd w historię aktywności pojazdu, a najnowszej generacji akumulatory długi czas pracy na baterii (8–10 godzin) i niezwykle szybkie ładowanie automatyczne. Roboty AIUT Formica są częścią kompleksowego systemu intralogistycznego AIUT.

**AIUT Sp. z o.o.**  
[www.aiut.com](http://www.aiut.com)

**Malowanielinii.pl – jeszcze bardziej ECO**

Firma Malowanielinii.pl Sp. z o.o. która od 2009 roku zajmujemy się profesjonalnym oznakowaniem poziomym BHP hal magazynowych, zakładów produkcyjnych oraz terenów przyległych – rozszerza swoją działalność o profesjonalne usuwanie oznakowania poziomego metodą wodną. Metoda ta polega na usuwaniu znaków poziomych z podłoża betonowego (np. brukowa kostka betonowa lub beton szcztokowany) oraz asfaltowego przy zastosowaniu wyłącznie czystej wody pod ultrawysokim ciśnieniem – do 2500 bar! Sposób ten jest w 100% przyjazny dla środowiska i nieinwazyjny dla podłoża. Przy stosowaniu tej metody nie ma konieczności używania dodatkowych materiałów ściernych, toksycznych czy środków chemicznych. Ultrawysokie ciśnienie wody jest wytwarzane przez pompę wysokociśnieniową firmy Falch – światowego lidera w produkcji tego typu urządzeń. Zastosowanie tej metody pozwala na usuwanie oznakowania poziomego cienko- i grubowarstwowego.



Zapraszamy do współpracy! Więcej szczegółów na stronie [www.usuwanielinii.pl](http://www.usuwanielinii.pl).

**Malowanielinii.pl Sp. z o.o.**  
[www.MalowanieLinii.pl](http://www.MalowanieLinii.pl)  
[www.UsuwanieLinii.pl](http://www.UsuwanieLinii.pl)

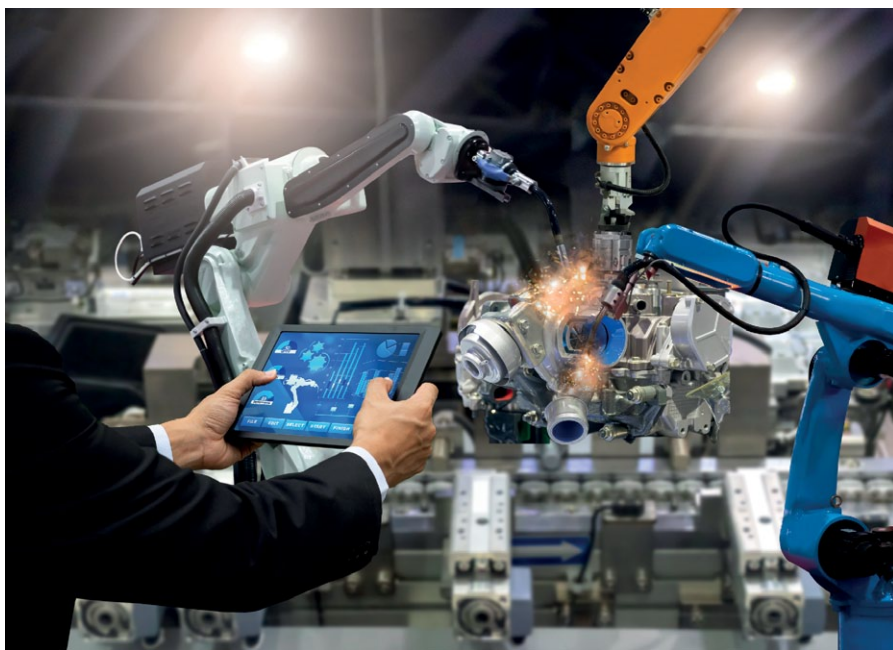
reklama



Nowości techniczne znajdziesz na stronie [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

# Po co nam ten cały Przemysł 4.0?

O możliwościach wdrożenia Przemysłu 4.0 i potencjale cyfryzacji polskich przedsiębiorstw mówi Product Manager Grupy 4.0 w firmie Multiprojekt.



**Redakcja:** – Po co jest Przemysł 4.0? Czy to rzeczywiście odpowiedź na wszystkie problemy przedsiębiorstw, czy po prostu najszybszy skrót do wykorzystania nowych technologii?

**Multiprojekt:** – Dobre pytanie. Odpowiem przykładem wyjętym z życia. Po co nam są smartfony, skoro zwykle telefony nam wystarczały? Nieubłaganie wpisujemy się w trend cyfryzacji wszystkiego, jesteśmy w to wpisani, więc to samo dotknęło przemysłu. Naturalną ścieżką rozwoju jest droga cyfryzacji przemysłu. A wbrew pozorom nie jest to branża, która obfituje w nowinki technologiczne. Oczywiście, jeżeli mówimy o automotive, to tych nowości jest sporo. Sama kultura pracy, środowisko, w jakim tworzone są samochody, pociągają za sobą konieczność automatyzacji. Większość firm nie posiada jednak wysokiego stopnia

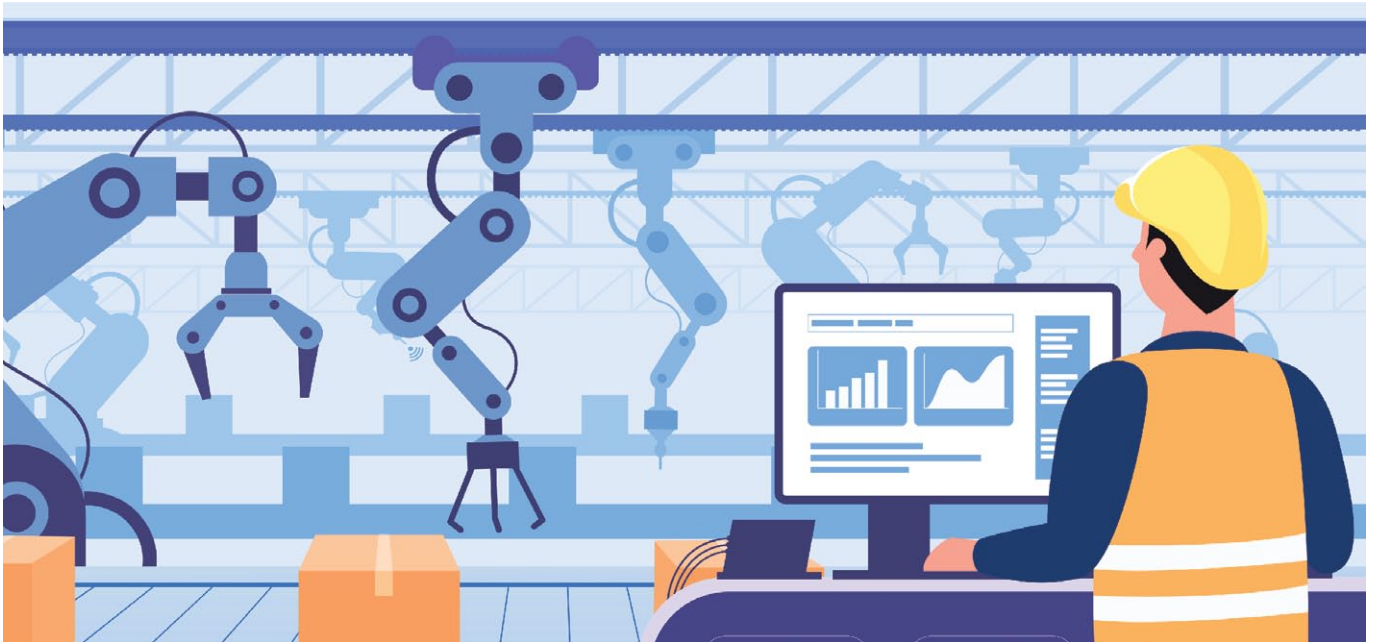
automatyzacji. Nasze zasoby polskie dalej się opierają na ludziach. Oni są niezbędni w niektórych procesach produkcyjnych, natomiast dozór bieżącej pracy czy dozór produkcji następuje organoleptycznie. Jest osoba, która sprawdza, weryfikuje, potem wprowadza dane do systemu. Następnie ktoś te dane w systemie analizuje. Uważam, że cyfryzacja w przemyśle idzie w tym kierunku, żeby te dane pozyskiwać automatycznie z procesu produkcji, z różnych obszarów firmy i za pomocą algorytmów, sztucznej inteligencji lub zwykłych analiz przetwarzających je w trybie online tak, żeby można było reagować na bieżąco na to, co się dzieje na produkcji w firmie.

**R.:** – A to nie jest trochę tak, że te wszystkie dane statystyczne, które pokazują, że stopień automatyzacji w Polsce jest dużo niższy niż w Europie Zachodniej,

wynikają z modelu gospodarczego, gdzie dominują małe i średnie firmy, które nie produkują aż tyle, żeby istniała potrzeba automatyzacji?

**M.:** – Porównywanie polskiego przemysłu z przemysłem Europy Zachodniej jest trochę analogiczne do porównywania produktywności polskiego pracownika do odpowiednika na Zachodzie. Statystyki pokazują, że jako Polacy pracujemy dużo, natomiast niekoniecznie bardzo produktywnie w stosunku do naszych zachodnich sąsiadów. Tak samo jest z przemysłem. Produujemy dużo, dobrej jakości rzeczy, co nie zmienia faktu, że produkujemy je w sposób prosty nie tyle pod względem technologicznym, co jeśli chodzi o zarządzanie produkcją. Główną niepewnością, która dręczy przedsiębiorców, jest to, czy jeżeli zainwestują w tak zwaną technologię „Przemysł 4.0”, jakkolwiek modernizację w zakresie przepływu informacji, czy to w ogóle się będzie kalkuloowało. Dalej niestety tkwimy w tym sposobie myślenia, że najlepszą alternatywą jest dokupienie następnej maszyny i zatrudnienie kolejnych pięciu czy dziesięciu osób. Ten trend jest mało przyszłościowy, ponieważ niezależnie od tego, jak będziemy zaklinać rzeczywistość, nie sprawimy, że ona się zmieni w najbliższym czasie. Mam na myśli to, że nieubłaganie maszyny wyprą pracowników. Bez znaczenia jest to, jak duży będziemy mieli dostęp do siły roboczej. Ostatnie dwa lata pokazują jednak, że dostęp jest ograniczony. Zasoby ludzkie kurczą się, widzimy tzw. rynek pracownika, większość firm ma kłopoty z zatrudnianiem pracowników do produkcji, więc naturalnie będziemy musieli iść w stronę cyfryzacji i robotyzacji. Wracając do sedna pytania, obawa przed





nieznanym. Większość polskich firm, małych, rodzinnych czy też z niewielkim kapitałem, które się dopiero rozwijają, boi się tych nowinek technologicznych, boi się wdrożenia, ponieważ nie zna się na tym. To wynika z czysto ludzkich reakcji, boimy się czegoś, czego nie znamy. Zwykle jeżeli czegoś nie znamy, boimy się, staramy się iść znanymi ścieżkami. W tym przypadku tą znaną ścieżką w polskim przemyśle jest mimo wszystko inwestowanie w maszyny, doposażanie parku maszynowego i zwiększanie ilości pracowników. Nie idziemy jeszcze w stronę technologiczną, to są dopiero nasze początki. Te obawy, niepew-

ność ustawodawcza na ten moment oraz brak finansowań zewnętrznych powodują zastój i barierę w drodze do automatyzacji.

**R.:** - Z punktu widzenia przedsiębiorcy czy takie wdrożenie ma sens? Co mi to wdrożenie da, czy wyjdę na tym rzeczywiście na plus? Nawet jeśli mam małą firmę?

**M.:** - Sens na pewno ma. Czy jest ekonomicznie uzasadnione, to jest inna kwestia. To wynika ze specyfiki każdej firmy, natomiast nie ma sensu zaklinać rzeczywistości, że będzie inaczej niż to,

co już powiedzieliśmy, czyli że ludzi na rynku pracy przybędzie, dlatego trzeba będzie i tak pójść w automatyzację. Pokrewnym tematem, który mogę podać jako przykład, są obecne problemy z energią elektryczną i z surowcami naturalnymi. One się wyczerpują, szukamy jakichś alternatyw i to, co do tej pory funkcjonowało przez ostatnich kilkanaście lat, że ceny prądu i gazu były na stałym poziomie i determinowały koszty produkcji, uległo w jednym momencie zmianie. Nie da się w sposób przewidywalny zaplanować kosztów. Jeżeli chodzi o wdrożenie Przemysłu 4.0 czy jego elementów, to nie musimy całego Przemysłu 4.0 wdrażać od razu, możemy zacząć od jakiejś jego części składowej, uruchomić część adekwatną dla potrzeb firmy. Przed wdrożeniem naturalnie należy zrobić analizę, czy nam się to opłaca. Jeżeli stwierdzimy, że tak, musimy brać pod uwagę takie czynniki, jak oszacowanie, co może podrożeć, jakie będą problemy z zasobami ludzkimi, jak technologia pójdzie do przodu i – co najważniejsze – czy utrzymamy się na rynku. Zachodnie firmy mają ekspansję w zakresie wdrażania Przemysłu 4.0 i prawda jest taka, że ich przewaga rośnie z dnia na dzień przy wdrażaniu tych technologii. Roboty i systemy nie



generują przestoju, nie chorują tak jak pracownicy, a dobrze skrojony system gwarantuje sprawnie działające przedsiębiorstwo. Jeżeli popatrzeć na model polski, to przedsiębiorstwa zazwyczaj są zarządzane jednotorowo, ukierunkowane są na zysk, nie na rozwój technologii, który wspomaga generowanie zysku.

**R.:** – Jeżeli jestem zainteresowany wdrażaniem rozwiązań Przemysłu 4.0 w mojej firmie, ale nie mam możliwości przeprowadzenia analiz opłacalności, gdzie mam szukać rozwiązania, kogoś, kto byłby w stanie mi powiedzieć, czy to mi się opłaca czy nie?

**M.:** – Tematy technologiczne nie są przyswajalne tak od razu. Też musieliśmy się całkiem niedawno oswoić z nowymi technologiami. Nawet pandemia wymusiła nowe wzorce zachowań, jeżeli chodzi o zakupy czy obsługę urządzeń elektronicznych. Tak samo jest z Przemysłem 4.0. Musimy poszukać firmy, która ma wiedzę, ma zasoby i tzw. *know how*, jak zrobić tego typu wdrożenie. W ramach koniecznego audytu taka firma jest w stanie oszacować, czy ten zakład czy daną linię produkcyjną można restrukturyzować, cyfryzować. Istotne jest to, żeby taka firma miała doświadczenie praktyczne przy takich wdrożeniach, nie wyłącznie teoretyczne.

**R.:** – Z jednej strony mamy kwestię postawienia robota, stanowiska zautomatyzowanego. A co z oprogramowaniem?

**M.:** – Daleki byłbym od tego, żeby mówić o robotach i wdrożeniu. Samo funkcjonowanie idei Przemysłu 4.0 zakłada modernizację w pewnych obszarach, natomiast niekoniecznie w danym przedsiębiorstwie potrzebujemy robota. Może się pojawić potrzeba na inną funkcjonalność, np. scalenie bazy danych, system identyfikacji pracownika, może to być system przepływu informacji pomiędzy produkcją a managementem firmy. Hasło „robot” zawsze się kojarzy polskim przedsiębiorcom z kosztem. Oczywiście, jeżeli firma w wyniku audytu wykaże, że dane przedsiębiorstwo potrzebuje takiego robota zakupić,



plus jego oprogramowanie, należy to wziąć pod uwagę. Gdy audyt wskaże, że można osiągnąć pewne efekty, które według właściciela firmy są konieczne do uzyskania przewagi technologicznej, a co za tym idzie – rynkowej, to skupiamy się na innych aspektach. To nie tylko kwestia robota i oprogramowania, ale również podejścia pod kątem zbadania potrzeb zakładu.

**R.:** – Czym jest system MES?

**M.:** – Jest to system do realizacji produkcji. Systemów zarządzania jest na rynku mnóstwo, natomiast system MES pozyskuje dane oraz pomaga w ich interpretacji bazując na danych z produkcji. Przykładowo: mamy fabrykę, mamy kilkanaście maszyn, kilkunastu pracowników i zadajemy sobie pytanie: jak wydajnie te maszyny pracują? To kluczowe pytanie, które można zadać każdemu właścicielowi firmy. Czy pracują na 70% swojej wydajności czy osiągają 100%, w jakich interwałach czasowych pracują i jak ta produkcja na maszynach się odbywa ilościowo i jakościowo. Jeżeli zadamy te pytania fabryce, która jest postawiona offline, gdzie maszyny nie są podłączone do żadnej sieci, zazwyczaj odpowiedź będzie następująca: potrzebujemy zebrać te informacje, ktoś

to musi posprawdzać, pojawi się cykl tygodniowy badań i potem zostanie to zebrane i udostępnione. Systemy MES zbierają te informacje online. W trybie ciągłym monitorowania maszyny te informacje są przesyłane zbiorczo w jednym zasobie i następnie po analizie udostępniane w prostej i czytelnej formie końcowemu odbiorcy. Reasumując: to, co się dzieje w fabryce, na poszczególnych maszynach, łąduje w przeglądarce internetowej albo w dedykowanej aplikacji u człowieka, który zarządza daną linią czy fabryką w formie prostej do wyciągania wniosków.

**R.:** – Jak w kontekście Przemysłu 4.0 wygląda zapotrzebowanie na nowe kompetencje u pracowników? Czy potrzeba nowych kompetencji, nowych szkoleń, nowych kadr?

**M.:** – To zależy od specyfiki firmy i tego, jakie zasoby ludzkie posiada. Jeżeli mamy w firmie ludzi, którzy posiadają technologiczną wiedzę, to wystarczy przeprowadzić odpowiednie szkolenia. Jeżeli jest to firma, która nie posiada takich zasobów, wówczas mamy dwa rozwiązania. Albo zatrudnienie osoby, która jest wykwalifikowana na takim stanowisku, albo od podstaw przeszkolenie w takim zakresie. Jest to kwestia o tyle



istotna, że jesteśmy świadkami ewolucji rynku. W tej chwili, patrząc na przykład paneli operatorskich, wyposażając stanowiska w HMI, przeszkalamy pracowników produkcji z obsługi. Analogiczna sytuacja występuje z pracownikami wyższego i niższego szczebla. Prowadzimy szkolenia tego typu pracowników w zakresie obsługi systemów czy aplikacji dedykowanych pod Przemysł 4.0. Nawiązując do pytania, jestem przekonany, że pracownik odnajdzie się w nowej technologii. Sama pandemia wymusiła na nas wszystkich pewien krok cyfryzacyjny, pracownicy, którzy dotychczas nie używali nowych technologii, zostali poniekąd zmuszeni do wdrażania się w nowe technologie. Praktyka pokazała, że z chwilą, gdy pojawia się taka potrzeba, nowe technologie dość szybko przyswajamy. Niemniej nowa klasa inżyniera niewątpliwie rośnie, istnieje na rynku potrzeba inżyniera nowej generacji, ale jest to nierozdzielnie związane z pędem technologicznym. Na ten moment, jeżeli zrobimy retrospekcję 10, 15 lat wstecz, kompetencje na rynku inżynierów były następujące: znajomość oprogramowania CAD, znajomość języka angielskiego i szereg umiejętności związanych z produkcją. Obecnie coraz częściej pojawia się znajomość podstawowego języka programowania. Wynika to z faktu, że nasze społeczeństwo w dobie cyfryzacji poszukuje ludzi o takich kompetencjach. W wymaganiach na stałe zagości znajomość języka programowania oraz obsługi bazy danych. Za 5, 10, 15 lat te umiejętności będą standardem wymagań. Przez to klasa inżynierów związanych z Przemysłem 4.0 czy nowymi technologiami wyklaruje się samoistnie. Taka będzie potrzeba rynku.

**R.:** - Czy przedsiębiorca decydujący się na taką współpracę może liczyć na późniejszą obsługę techniczną?

**M.:** - Model biznesowy wdrażania takiego oprogramowania zależy przede wszystkim od przedsiębiorcy i od tego, jakie zasoby i jakie potrzeby są u niego wykazane. Jeżeli przedsiębiorca chce prosty model jakiegoś oprogramowania do prostej analizy, jak najbardziej taki



model wdrażamy jednorazowo. Rzeczą oczywistą jest to, że musimy przeszkolić użytkowników końcowych, żeby umieli obsługiwać to oprogramowanie. Po spełnieniu tego warunku produkcja może ruszyć. Patrząc na dynamikę rynku, gdzie codziennie mamy styczność z tym, że urządzenie się aktualizuje, pojawiają się nowe funkcjonalności, rozszerzenia, tym samym zapotrzebowanie na ten typ usługi będzie rosło. Jeżeli świadomość dyrektora fabryki w związku z przeprowadzanymi wdrożeniami z biegiem czasu będzie rosła, to zapotrzebowanie na dodatkowe usługi z pewnością się pojawi, na co mamy nadzieję, ponieważ każda dodatkowa usługa, jeżeli tylko jest kompatybilna z profilem działalności producenta i przynosi mu wymierne efekty, jest i dla nas, i dla przedsiębiorcy funkcjonalnością strategiczną. Zakładamy, że podstawowy model działa w oparciu o pewien „core”, o niezmiennie źródło, natomiast dalsze wdrożenia zależą tylko od tego, jak dana fabryka będzie się modernizowała, co na pewno nastąpi.

**R.:** - W jaki sposób firma Multiprojekt może pomóc przedsiębiorcom w cyfryzacji i robotyzacji przedsiębiorstw produkcyjnych?

**M.:** - Nasza firma posiada wieloletnie doświadczenie w dziedzinie automatyzacji przedsiębiorstw. Obecnie natomiast główny nacisk kładziemy właśnie na cyfryzację produkcji. Możemy zaproponować kompleksowe rozwiązania z zakresu Przemysłu 4.0, a naszym najmłodszym dzieckiem, a zarazem konsolidującym pod względem przepływu informacji ogniwem w pełni zrobotyzowanej linii produkcyjnej, jest autorskie oprogramowanie do realizacji produkcji Omnimes. Zapraszam do odwiedzania naszej strony internetowej [www.multiprojekt.pl](http://www.multiprojekt.pl), gdzie wkrótce ukaże się więcej materiałów na ten temat. ■

Rozmawiał Jakub Łozowski - robotyka.pl

**MultiProjekt**

Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.

ul. Pilotów 2 E

31-462 Kraków

tel. 12 413 90 58

fax 12 376 48 94

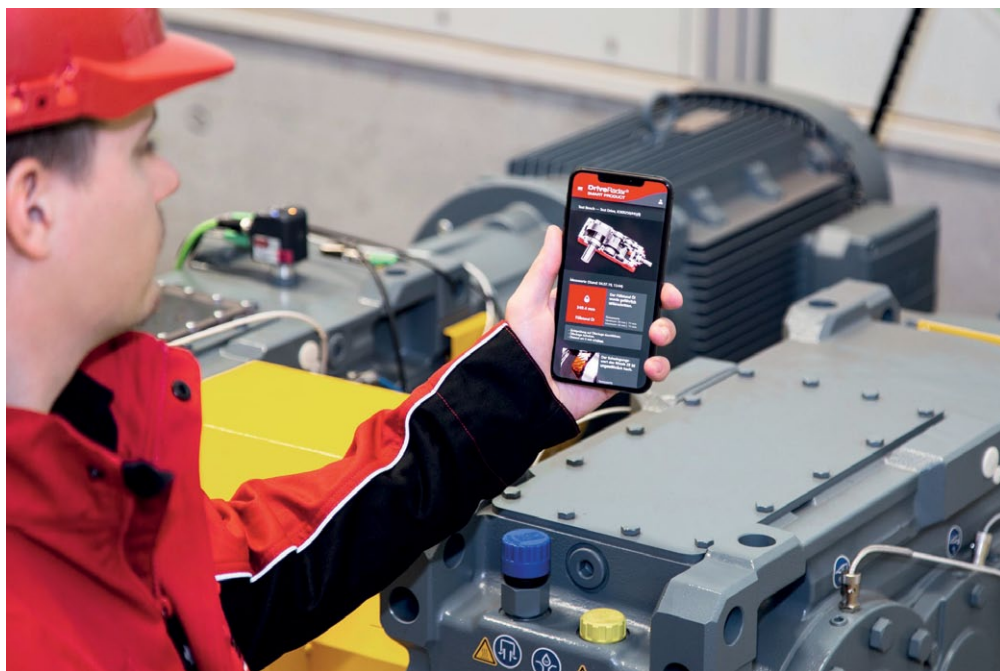
e-mail: [info@multiprojekt.pl](mailto:info@multiprojekt.pl)

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

DriveRadar® firmy SEW-Eurodrive  
dla przekładni przemysłowych

## Warto wiedzieć już dziś, co stanie się jutro

DriveRadar® oferuje kompleksowy, predykcyjny system zarządzania konserwacją, który cyfrowo gromadzi i ocenia dane oraz przewiduje zdarzenia – dotyczy to również przekładni przemysłowych.



**D**zięki wybranym procesom monitorowania stanu wszystkie istotne z punktu widzenia eksploatacji zmienne fizyczne naszych przekładni przemysłowych są cyklicznie rejestrowane.

Zbrane dane są następnie analizowane i interpretowane z wykorzystaniem nowoczesnych procesów analitycznych. Stałe monitorowanie danych pomiarowych zapewnia w każdej chwili transparentność stanu przekładni przemysłowej. Ponadto procesy analityczne przypisują zdarzenia bezpośrednio do komponentów, w których zauważone zostały nieprawidłowości, pokazują przebieg trendu i umożliwiają przewidywanie stanów krytycznych.

W przypadku stwierdzenia zmiany stanu użytkownik zostaje natychmiast o tym poinformowany, otrzymuje pierwsze zalecenia i może na czas skorzystać z naszych usług serwisowych.

Dzięki pakietowi DriveRadar® IoT Suite dla przekładni przemysłowych można z wyprzedzeniem zaplanować działania konserwacyjne i serwisowe oraz uniknąć niepożądanych awarii systemu.

### Korzyści

- Wczesne ostrzeżenie w przypadku krytycznych zmian stanu i nieprawidłowej eksploatacji.
- Wykrywanie trendów poprzez stałe monitorowanie i inteligentne przedstawianie danych.
- Zwiększenie produktywności i unikanie nieplanowanych przestoju dzięki transparentności stanu oraz eksploatacji przekładni.
- Efektywne działania dzięki lepszemu planowaniu prac konserwacyjnych i utrzymania maszyn.
- Oszczędność zasobów dzięki optymalnemu wykorzystaniu okresu eksploatacji komponentów i systemów.



## Przekładnie przemysłowe

Przekładnie walcowe oraz walcowo-stożkowe serii X.e

### 1 Czujniki i rejestracja danych

Jednolity, specjalnie dobrany i dostosowany pakiet czujników rejestruje parametry eksploatacyjne przekładni przemysłowej, a następnie przekazuje je do EPU.

- Drgania.
- Prędkość wejściowa.
- Poziom oleju.
- Lokalizacja GPS.
- Temperatura oleju przekładni.
- Temperatura otoczenia.

### 2 Edge Processing Unit (EPU) i przetwarzanie danych

EPU rejestruje dane z czujników i wysyła zebrane wartości w krótkich interwałach za pośrednictwem szyfrowanego połączenia sieci komórkowej do centrum obliczeniowego SEW-EURODRIVE.

- *Plug-and-play*: sparametryzowane i gotowe do pracy w stanie wstępnie zmontowanym bezpośrednio na przekładni.
- Komputer przemysłowy wyposażony w wejścia IEPPE, analogowe i cyfrowe.
- Modem LTE z lokalizacją GPS.
- Pakiet danych do transmisji danych za pośrednictwem sieci komórkowej.
- NOWOŚĆ: złącze do systemu sterowania procesem poprzez OPC-UA.

### 3 Obliczenia i analiza danych

W centrum obliczeniowym SEW-EURODRIVE dane są analizowane, interpretowane i przygotowywane.

- Analiza drgań przy stałej i zmiennej prędkości obrotowej:
  - stan poszczególnych łożysk oraz ich komponentów;
  - stan poszczególnych części zazębienia.
- Prognoza poziomu i zużycia oleju:
  - prognoza czasu do osiągnięcia krytycznego poziomu oleju poprzez wzrost lub obniżenie stanu napełnienia.
- Prognoza kolejnej wymiany oleju:
  - prognoza następnej wymiany oleju ze względu na obliczony stan oleju wynikający z jego zużycia.
- NOWOŚĆ: prognoza pozostałego okresu żywotności dla łożysk tocznych i zazębienia:
  - monitorowanie statystycznego prawdopodobieństwa awarii jako predykcyjne uzupełnienie analizy drgań.
- Lokalizacja GPS:
  - lokalizacja przekładni na mapie w przegłądzie napędu;
  - możliwość szybkiego zlokalizowania napędu w przypadku konieczności podjęcia działań.
- Lepkość oleju.
- Czas pracy oraz czas postoju.



### 4 DriveRadar® IoT Suite: aplikacja webowa i program

DriveRadar® IoT Suite może być używany jako aplikacja webowa oraz mobilna.

Uwzględnione w systemie wartości graniczne wynikają w zależności od parametru z wytycznych Klienta, konstrukcji przekładni lub zostały wygenerowane w okresie pierwszego miesiąca eksploatacji przez samouczące się algorytmy.

W przypadku przekroczenia wartości granicznej Klient jest informowany przez system i otrzymuje bezpośrednie zalecenia dotyczące środków zaradczych – w wygodny sposób przez wiadomość elektroniczną lub jako powiadomienie *push* na aplikację.

Klient może w każdej chwili zamówić w aplikacji webowej odpowiednie usługi dla przekładni przemysłowych.

### Przegląd korzyści

- Aktywne monitorowanie stanu wszystkich napędów.
- Intuicyjny i przejrzysty interfejs użytkownika.
- Możliwość szybkiego ustalenia lokalizacji przekładni w przypadku konieczności podjęcia działań.
- Automatyczna rejestracja historii stanu w dzienniku zdarzeń.

### Szczegółowy widok przekładni

- Jednostronnicowy przegląd wszystkich parametrów i komponentów.
- Innowacyjny system informowania w przypadku zmian systemu.
- Jasne zalecenia działań mających na celu analizę i usuwanie przyczyn awarii.
- Przegląd czasu eksploatacji.
- Szybki kontakt w celu zamówienia dalszych usług serwisowych.

### Analiza i prognozy

- Zatwierdzona analiza umożliwiająca wczesne wykrywanie uszkodzeń i dokładne planowanie działań konserwacyjnych.
- Prognoza zużycia oleju i poziomu oleju, również przy zmiennej prędkości obrotowej (klastrowanie stanów roboczych).
- Prognoza prawdopodobieństwa awarii łożysk tocznych i zazębienia.
- Prognoza kolejnej wymiany oleju.

### Przegląd najważniejszych nowych funkcjonalności

1. Bezpośredni dostęp do danych poprzez złącze OPC UA. Dzięki standardowej implementacji złącza OPC UA dane pomiarowe oraz informacje o statusie mogą być bezpośrednio zintegrowane z systemem Klienta.
2. Prognoza pozostałego okresu żywotności dla łożysk tocznych i zazębienia. Monitorowanie statystycznego prawdopodobieństwa awarii jako predykcyjne uzupełnienie analizy drgań.

3. Optymalizacja pozostałego okresu żywotności oleju i prognoza poziomu oleju. Najnowsze techniki analizy, optymalizacje funkcjonalności i udoskonalona wizualizacja oferują jeszcze bardziej precyzyjne wyniki analizy, także w zmiennych warunkach pracy.
4. Rozszerzona koncepcja powiadomień o ostrzeżeniach i błędach za pośrednictwem aplikacji lub poczty elektronicznej. Bądź zawsze na bieżąco dzięki indywidualnemu ustawieniu komunikatów na smartfonie lub mailowo.



#### DriveRadar® IoT App

IoT App zapewnia wsparcie w zakresie instalacji, uruchomienia, konserwacji oraz diagnostyki błędów. Wystarczy zeskanować etykietę produktu w formie kodu QR na produkcie lub podać numer seryjny z tabliczki znamionowej.

#### Twoje korzyści:

- dane urządzenia dotyczące produktów w zakresie mechaniki, elektryki i dokumentacji PDF;
- zarządzanie zarejestrowanymi urządzeniami w IoT APP, identyfikacja produktów firmy SEW-EURODRIVE przy pomocy kodu QR, numeru seryjnego, a w przyszłości za pośrednictwem NFC oraz Bluetooth;
- przewodniki Step-by-Step pokażą kolejne kroki działania dla instalacji elektrycznej/mechanicznej oraz uruchomienia ze szczegółowym podaniem czynności do wykonania;
- instrukcja konserwacji produktów, status interwałów czasowych konserwacji, ustawienia interwałów czasowych;
- wszystkie etapy działania posiadają zdjęcia produktów i opisy, a postęp prac oraz wszystkie ustawienia zapisywane są w cyfrowym bliźniaku.

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

**SEW**  
**EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42 293 00 00

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

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

# ATOM

Composition technologies

# ODKRYJ NOWĄ KOMPOZYCJĘ OLEJÓW



#### THERMAL CONTROL 3.0 FORMULA

Formuła umożliwiająca prawidłowe chłodzenie silnika, lepszy rozruch zimnego silnika oraz utrzymywanie stałej temperatury oleju.



#### GOLDEN FORMULA BRILLIANT ENGINE

Formuła stosowana w olejach AURUM, zapewniająca oczyszczanie silnika z mikropyłków.



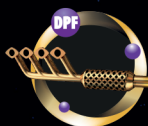
#### FUEL ECONOMY FORMULA

Formuła zmniejszająca zużycia paliwa o minimum 2,5%, co ma wpływ na oszczędności i ochronę środowiska.



#### SCIENTIFICALLY PROVEN EFFICIENCY

Ochrona przed nieplanowanymi eksplozjami (LSPI), które wpływają destrukcyjnie na mechanizm korbowo-tłokowy w silnikach o małych pojemnościach, dających dużą moc.



#### AFTERTREATMENT PROTECTION FORMULA

Formuła wydłużająca żywotność silnika z filtrami cząstek stałych.



#### HI-TEC PROTECTION PLUS FORMULA

Formuła opracowana pod kątem wysokich wymagań specyfikacji jakościowej olejów Quazar.



#### FUTURE PROTECTION

Kompozycja dla olejów LOTOS Dynamic, stosowanych w silnikach samochodów produkowanych obecnie i w przyszłości, w tym samochodów z napędem hybrydowym.



#### CITY LEGEND

Wielosezonowa kompozycja opracowana dla intensywnie eksploatowanych samochodów starszego typu, ze szczególnym uwzględnieniem jazdy w ruchu miejskim.



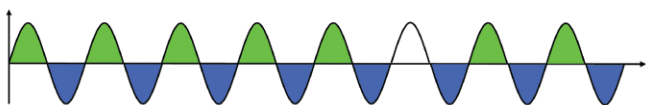
## Tyristorowy sterownik mocy Thyro-PX

# Urządzenie o wielu możliwościach

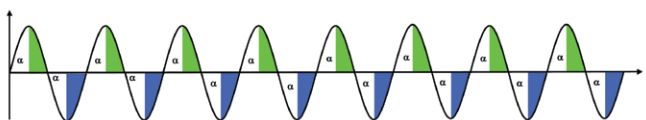
Firma Advanced Energy, mająca już ponad 50 lat doświadczenia w dziedzinie tyrystorowych sterowników mocy, oferuje obecnie nowe funkcjonalności w sprawdzonej rodzinie sterowników Thyro-PX™, które mają zakres prądu aż do 2900 A i zakres napięcia od 230 do 690 V.

Podstawową funkcją Thyro-PX jest **regulacja mocy na odbiorniku poprzez zmianę napięcia skutecznego na wyjściu**.

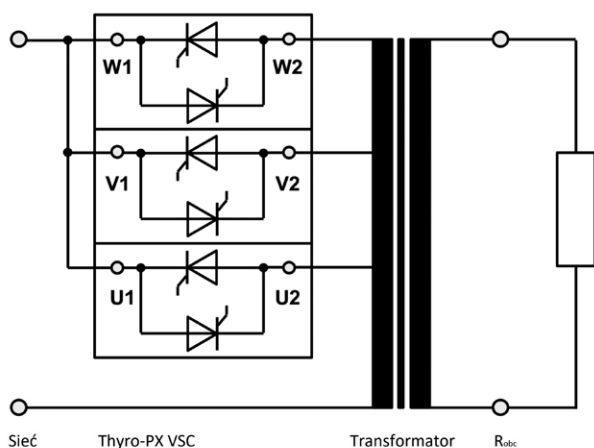
Tę funkcję można zrealizować poprzez regulację zarówno napięcia ( $U$ ,  $U^2$ ), prądu ( $I$ ,  $I^2$ ), jak i bezpośrednio mocy ( $P$ ), stosując tryb wycinania pełnych okresów sinusoidy TAKT (zaleta: brak wyższych harmonicznych w sieci zasilającej)



lub wycinanie części okresu sinusoidy VAR (zaleta: szybkość i dokładność regulacji).



Sterowniki mocy Thyro-PX mogą pracować również w układzie tzw. **Multistrefy**. Dotyczy to urządzeń 2-, i 3-fazowych, które mogą być skonfigurowane jako 1-fazowe urządzenia do regulacji dwóch lub trzech stref.

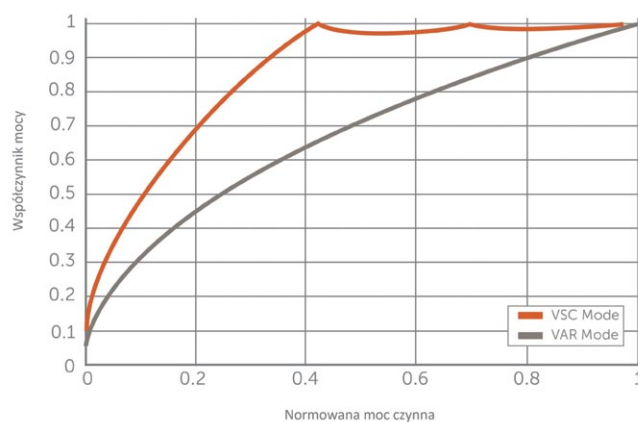


Dla dużych obciążeń można skonfigurować Thyro-PX w **połączenie VSC** (optymalizacja obciążenia sieci z wycięciem kątem fazowym).

Dzięki takiej konfiguracji osiągnięte jest:

- znaczące zmniejszenie mocy biernej;
- znacząca poprawa współczynnika mocy;
- wyraźna redukcja wyższych harmonicznych.

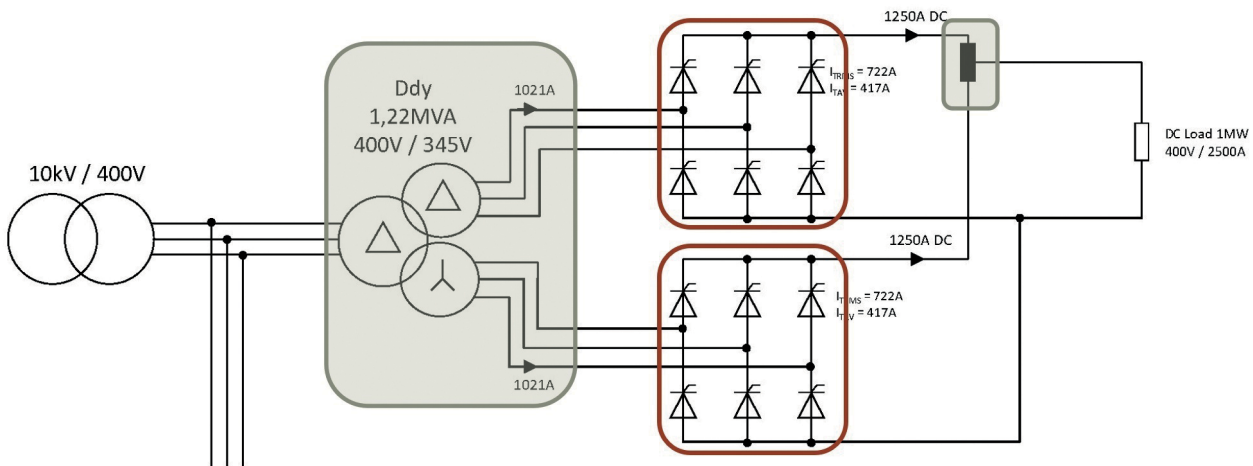
Dzięki zastosowaniu trybu VSC użytkownik seryjnych sterowników mocy uzyskuje w procesach grzewczych wysoką dynamikę i optymalizację obciążenia sieci.



Następną możliwą konfiguracją jest **Thyro-PX DC**, czyli użycie go jako prostownika do zasilania prądem stałym urządzeń dużej mocy.

Typowymi zastosowaniami są elektroliza wodoru, uzdatnianie wody, elementy grzewcze na prąd stały, wytwarzanie kryształów za pomocą prądu stałego.





Thyro-PX DC

Zastosowane rozwiązania o najwyższym stopniu niezawodności i najnowocześniejszej technologii pozwalają na regulację wartości prądu lub napięcia dla układów B6C aż do 1800 A (z chłodzeniem powietrzem), a przy konfiguracji B18C aż do 4,5 MW, a to wszystko przy zachowaniu dokładności rzędu  $\pm 1\%$ .

Więcej informacji na naszej stronie internetowej [www.jotes.biz.pl](http://www.jotes.biz.pl).

Stanisław Jackowski

JOTES

ul. Mieczysława Karłowicza 8

62-030 Luboń

tel. 503 013 476

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

[www.jotes.biz.pl](http://www.jotes.biz.pl)

reklama

## Firma godna zaufania

# JOTES

MOC POD KONTROLĄ

### JOTES Stanisław Jackowski

Firma JOTES jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Advanced Energy Industries GmbH w zakresie tyrystorowych łączników i sterowników mocy typu Thyro-S, Thyro-A, Thyro-A+ i Thyro-PX – dobór, dostawa, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

Firma JOTES wykonuje usługi, dostawy i realizuje obiekty w zakresie: zasilania energetycznego – rozdzielnice i szafy sterownicze dla prądów do 4000 A; układy automatyki przemysłowej – sterownie oparte na sterownikach programowalnych, systemy wizualizacji, układy AKPiA, systemy komunikacji przewodowej i radiowej, zarówno dla pojedynczych układów automatyki, jak i dla rozbudowanych systemów sterowania; przemysłowe instalacje niskiego napięcia – dostawa kabli, osprzętu, montaż obiektowy.

# Wszechstronne serwonapędy do najbardziej wymagających zastosowań

Każda produkowana maszyna czy linia produkcyjna ma określone wymagania funkcjonalne oraz wydajności. Jednak w obecnych czasach to, co było standardem rok temu, teraz może być niewystarczające. Dlatego Lenze stale rozwija swoje portfolio produktowe, aby nasze urządzenia były zawsze gotowe na wyzwania przyszłości. Umożliwiamy naszym klientom korzystanie z najnowszych rozwiązań technologicznych przy zachowaniu prostoty, maksymalnej funkcjonalności oraz niezawodności komponentów maszyn.

Lenze, specjalista od automatyzacji maszyn, opracowało pakiet gotowych rozwiązań napędowych dla uzyskania najwyższej wydajności oraz efektywności procesów produkcyjnych. W ramach tego możemy wyróżnić się inteligentnym przemiennikiem częstotliwości serwo i950 oraz zdecentralizowaną wersją udanej serii przemienników i500.

## Nowy przemiennik częstotliwości Lenze – i550 Protec

Wykonany w obudowie ze stopniem ochrony IP66 i możliwością połączenia z IO-Link, Protec i550 wpisuje się w szeroki zakres zdecentralizowanych zadań napędowych. Firma Lenze w swojej ofercie ma napędy tego typu aż do mocy 75 kW.

Przemiennik i550 Protec został wyposażony w moduł komunikacyjny IO-Link. System ten ułatwia integrację rozproszonych w aplikacji czujników i elementów wykonawczych do nadrzędnego poziomu sterowania w celu wymiany danych. W tym rozwiązaniu nie ma potrzeby stosowania drogich, specjalnych kabli ani ręcznego adresowania węzłów. Urządzenie jest parametryzowane automatycznie podczas standardowej konfiguracji lub w ramach wymiany w trakcie eksploatacji. Firma Lenze jest pierwszym producentem napędów, który opanował standard v1.1, niezbędny do automatycznej wymiany danych. Ponadto opcjonalnie dostępne są wszystkie inne popularne interfejsy komunikacyjne.

Ponieważ przestrzeń w maszynach i systemach jest dość ograniczona, zastosowanie wyjątkowo kompaktowego i500 Protec jest najlepszym rozwiązaniem. Na przykład Protec i550 Lenze o mocy 0,75 kW i 3,1 dm<sup>3</sup> jest niejednokrotnie mniejszy nawet o połowę od typowych rozwiązań dostępnych na rynku. Jego obudowa o stopniu ochrony IP66 zapewnia maksymalne zabezpieczenie przed niekorzystnymi warunkami otoczenia, takimi jak kurz, brud lub strumień wody podczas czyszczenia.



Przemiennik i550 Protec nadaje się szczególnie do dużych maszyn, zastosowań rozproszonych, a także wszędzie tam, gdzie przestrzeń w szafie sterowniczej jest kosztowna. Dzięki temu można osiągnąć znaczne oszczędności kosztów instalacji; na przykład nie ma potrzeby stosowania drogich ekranowanych kabli silnikowych, a kilka przemienników może być podłączonych do wspólnego kabla zasilającego w celu optymalizacji kosztów. Typowymi przykładami są przenośniki taśmowe, wentylatory, pompy, napędy główne, a nawet urządzenia podnoszące.

Przemienniki i500 Protec otwierają nowe możliwości dla przemysłu maszynowego w zakresie sterowania napędami poza szafą sterowniczą – nie rezygnując przy tym ze znanego wyglądu, elastyczności, funkcji i skalowalności serii i500.



## Gotowy na wyzwania przyszłości – i950

Inteligentny przemiennik częstotliwości serwo i950 z zaimplementowanymi aplikacjami napędowymi i wymiennym portem komunikacyjnym umożliwia pracę w systemach synchronicznego sterowania wieloma osiami z dużą prędkością, umożliwiając wykonywanie złożonych zadań. Przemiennik i950 jest dostosowany do każdego scenariusza operacyjnego dzięki trzem różnym trybom działania. Może być dowolnie programowany lub służyć jako napęd pracujący pod kontrolą ruchu w standardzie CiA402. Jednak najpowszechniejszym trybem pracy będzie bez wątpienia zastosowanie zintegrowanych aplikacji wykorzystujących moduły FAST.

FAST Application Software to moduły technologiczne reprezentujące szeroki zakres funkcji, których nie trzeba samodzielnie programować – zamiast tego, aby móc z nich korzystać, wystarczy ustawić ich parametry. Parametryzacja dokonywana jest z bezpłatnego programu EasyStarter poprzez intuicyjny interfejs graficzny użytkownika. Dzięki temu jest on przyjazny dla użytkownika i zapewnia, że inżynierowie nie muszą być zaangażowani na każdym etapie projektu. Uruchomienie może bez problemu zostać przejęte przez kadrę techniczną, co dodatkowo znacząco redukuje czas potrzebny na zapewnienie podstawowej funkcjonalności maszyny.

Sam producent maszyn może dodawać moduły FAST lub dostosowywać je do konkretnych klientów, korzystając z programu PLC Designer, opartego na standardzie CodeSys – IEC 61131-3 lub w tym samym standardzie dowolnie programować i950. Ta elastyczność oznacza, że i950 wspiera rozwój modułowych koncepcji maszyn i pozwala na wielokrotne wykorzystanie napisanego programu w kolejnych maszynach. Jednocześnie mechanizmy komunikacyjne i950 umożliwiają jego integrację z systemami wspierającymi procesy produkcji i utrzymania ruchu – w ramach zarządzania zasobami Lenze.

## Podsumowanie

Lenze jako jeden z wiodących na świecie specjalistów w zakresie napędów oraz automatyki przemysłowej, posiadający ponad 70 lat doświadczenia, tworzy produkty i urządzenia o najwyższej jakości, innowacyjne oraz przyjazne w użytkowaniu. Dlatego też serwo przemiennik i950 oraz zdecentralizowany i550 Protec wychodzą naprzeciw wymaganiom naszych klientów, czyniąc automatykę intuicyjną przy zachowaniu najwyższych standardów. Wykorzystując najnowocześniejsze środowiska programistyczne, nie tylko usprawniamy pracę inżynierom, ale także skutecznie zmniejszamy koszty produkcji i eksploatacji maszyn. ■

# Lenze

Lenze Polska Sp. z o.o.  
e-mail: [biuro.pl@lenze.com](mailto:biuro.pl@lenze.com)  
[www.lenze.com](http://www.lenze.com)

reklama

# Wsparcie techniczne

## Teraz jeden numer telefonu!

# 721 205 500



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

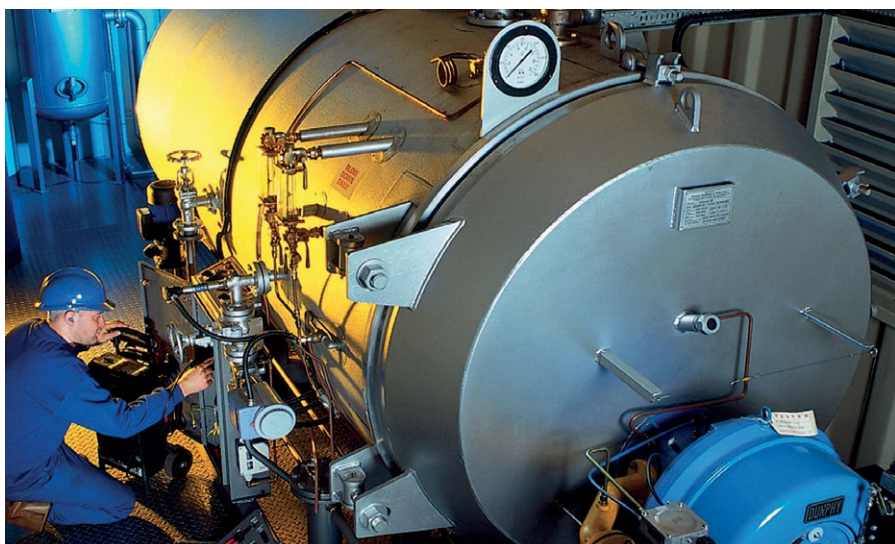
Lenze



# Dokładność obliczeń cieplnych pary przy pomiarach strumienia objętości na przykładzie przepływomierza wirowego Prowirl 200

Janusz Zajączkowski

W instalacjach technologicznych wykorzystujących parę jako nośnik ciepła dokładne wyliczenie ilości pary oraz ciepła zawartego w parze wymaga znajomości rzeczywistych parametrów pary w takim stanie termodynamicznym, w jakim para ta znajduje się w określonym punkcie instalacji cieplnej w danym momencie. Są to w szczególności: strumień objętości, ciśnienie i temperatura. Pożądana jest też wiedza na temat stopnia suchości pary. Miejscami przysparzającymi najwięcej trudności w określeniu stanu przegrzania pary są punkty pomiarowe znajdujące się za zaworami dławiącymi w stacjach redukcyjnych.

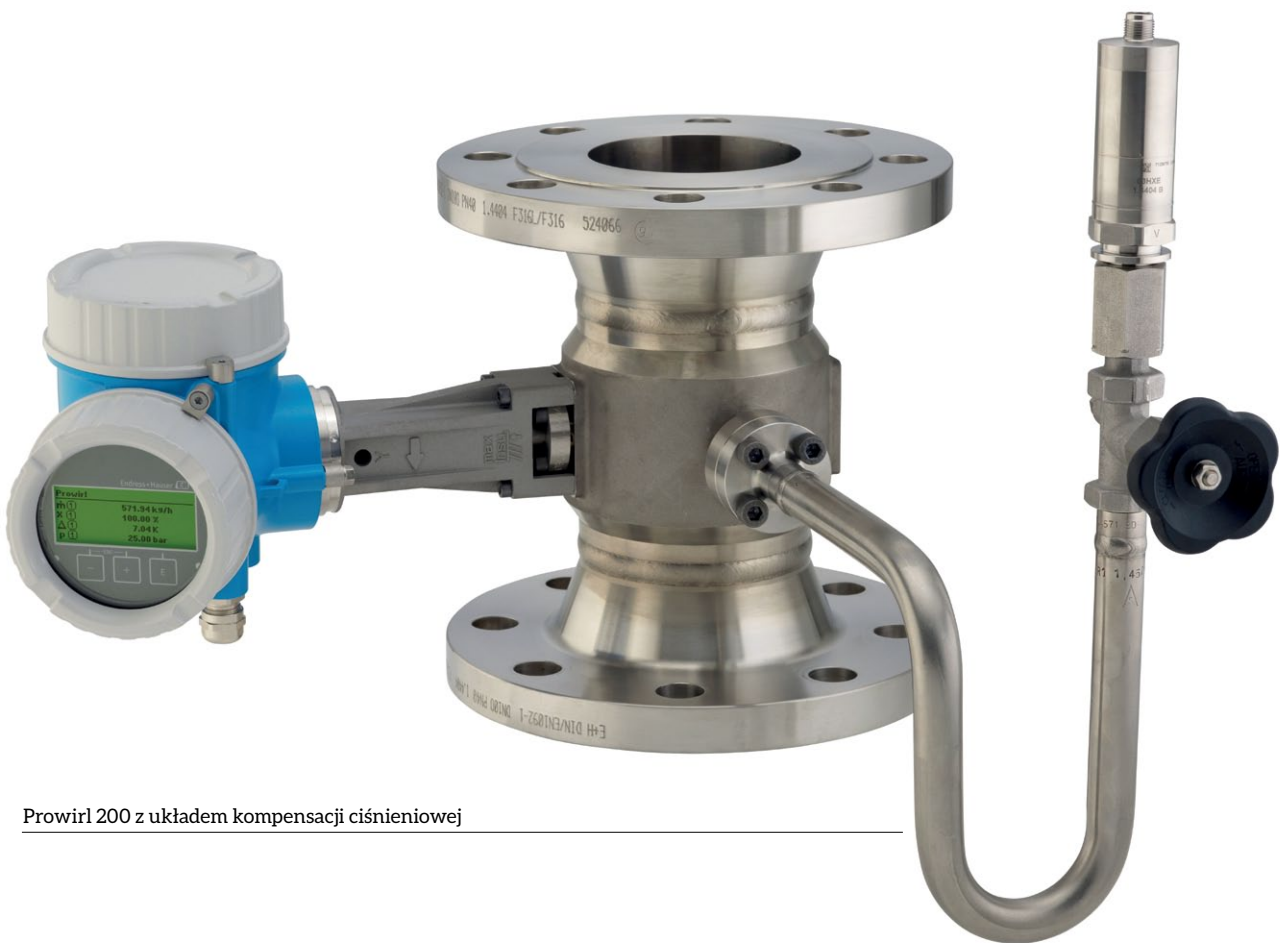


Ze względu na swoją liniowość i bardzo wysoką dynamikę zakresowości, wynoszącą przy dobrze dobranym przyrządzie 1:60 i więcej, przepływomierze wirowe systematycznie wypierają pomiary zwężkowe współpracujące z przetwornikami różnicy ciśnień. Pomiary przepływu pary metodą różnicy ciśnień pozostały w powszechnym użyciu tylko w punktach pomiarowych, w których obciążenia cieplne przekraczają możliwości przepływomierzy wirowych, to jest dla ciśnień przekraczających specyfikację PN250, temperatury powyżej 400°C, a także tam, gdzie pomiary są wykonywane na rurociągach o średnicach przekraczających 300 mm. Nawet w takich przypadkach należy jednak mieć na uwadze, że dynamika zakresowości pomiaru z wykorzystaniem elementu spiętrzającego jest niska i przy zastosowaniu pojedynczego przetwornika różnicy ciśnień wynosi zaledwie 1:3.

Ponadto nawet najdokładniejszy pomiar strumienia objętości nie wyczerpuje zadania dostarczenia danych do wyliczenia ilości pary, czyli mówiąc

Wszystkie powszechnie używane metody pomiaru przepływu pary jako nośnika ciepła są pomiarami strumienia objętości. Tak dzieje się zarówno podczas pomiaru za pomocą podstawowej do niedawna techniki wyznaczania różnicy ciśnień na elemencie spiętrzającym (zwężka pomiarowa, rurka Pitota), jak również w coraz częściej

stosowanych przepływomierzach wirowych. Mierzą one liniową prędkość przepływu, wykorzystując efekt tzw. ścieżki wirowej von Kármána, tworzącej się za przegrodą umieszczoną w strudze płynu o przepływie turbulentnym. Właśnie od angielskiej nazwy ścieżki wirowej – *von Kármán vortex street* – nazywane są one często przepływomierzami typu „Vortex”.



Prowirl 200 z układem kompensacji ciśnieniowej

językiem termodynamiki – zliczania strumienia masy, ani do obliczeń ilości ciepła (czy to w postaci ciepła zawartego w parze, czy w formie różnicowej na wymiennikach ciepła). Konieczne jest więc uwzględnianie dodatkowych parametrów, które umożliwią wyliczenie gęstości oraz entalpii właściwej pary odpowiednio do stanu termodynamicznego pary w danym momencie i punkcie pomiarowym. Współczesne przepływomierze wirowe posiadają najczęściej możliwość wewnętrznej kompensacji temperaturowej za pomocą wbudowanych czujników temperatury. Przepływomierze wirowe Prowirl 200 mają wbudowany czujnik temperatury Pt1000, umożliwiający kompensację pary nasyconej w oprogramowaniu przetwornika. Dokładność pomiaru temperatury pary wynosi w takim wypadku  $\pm 1K$ .

Podsumowując, dla dokładnych obliczeń cieplnych przy bilansowaniu

dużych przepływów pary kompensacja zarówno od ciśnienia, jak i od temperatury daje wymierne korzyści ekonomiczne. Oszczędności w skali rocznej przekraczają wartość pełnego opomiarowania danego punktu pomiarowego. W podanym przykładzie czas zwrotu inwestycji wyniósłby około 6 miesięcy. Przepływomierz Endress+Hauser Prowirl 200 umożliwia przeprowadzenie pełnej kompensacji strumienia objętości pary zarówno za pomocą zintegrowanych czujników temperatury i ciśnienia, jak też umożliwia podłączenie zewnętrznego przetwornika ciśnienia, jeśli wymagany jest przyrząd klasy 0,1% lub lepszej. Wyznaczanie przez przepływomierz Prowirl 200 stopnia suchości pary pozwala na dokładniejsze obliczenie jej parametrów cieplnych. Wykrywanie i oznaczanie wilgotności pary zwiększa również poziom bezpieczeństwa pracy instalacji cieplnej dzięki zapobieganiu

uderzeniom hydraulicznym. Oprogramowanie narzędziowe Applicator pozwala na dokładną ocenę stanu termodynamicznego pary w dowolnym stanie przegrzania. ■

Janusz Zajczkowski  
Menedżer branży energetycznej,  
Endress+Hauser Polska sp. z o.o.

Endress+Hauser 

Endress+Hauser Polska sp. z o.o.  
ul. Wołowska 11  
51-116 Wrocław  
tel. 71 773 00 00  
fax 71 773 00 60  
e-mail: info.pl@endress.com  
www.pl.endress.com

# Ograniczenie energochłonności zakładu górniczego poprzez wymianę zasilania napędów dużej mocy

Zakłady przemysłowe, a w szczególności zakłady górnicze, zużywają znaczne ilości energii elektrycznej. Każdy zakład jest rozliczany z pobranej energii czynnej, jak i biernej. Przy rosnących cenach energii coraz większe znaczenie ma optymalizacja procesów pod kątem energochłonności oraz kompensacja mocy biernej.

W przypadku zakładów górniczych wydobywających kopaliny szybami górniczymi jednym z największych odbiorów energii elektrycznej są napędy maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych. Napędy te zwykle wyposażone są w silniki elektryczne o mocy od kilkuset kW do kilku MW. Znaczną większość tych napędów stanowią silniki prądu stałego.

Ze względów historycznych w zakładach górniczych pracuje jeszcze sporo maszyn wyciągowych prądu stałego zasilanych z elektromaszynowych przetwornic prądu stałego. (Widok takiej przetwornicy przedstawia rys. 1). Przetwornica elektromaszynowa jest to najczęściej zespół silnika synchronicznego lub asynchronicznego oraz prądnicy (generatora) połączonych jednym wałem. Prądnice tych przetwornic często są łączone w układ szeregowy, równoległy lub szeregowo-równoległy. Zwykle do zasilania jednej maszyny wyciągowej wykorzystane są od jednej do czterech przetwornic elektromaszynowych.



Rys. 1

Przetwornice pracują w sposób ciągły, niezależny od stopnia wykorzystania maszyny wyciągowej, której silnik jest zasilany z tych generatorów. Jak nietrudno się domyślić, generuje to spore ilości strat energii wydzielonej w postaci ciepła. Straty generowane są zarówno w silnikach napędowych generatorów, jak i w samych generatorach. Można je podzielić na straty przy biegu jałowym, tzn. te, które występują zawsze i niezależnie od stopnia wykorzystania przetwornic, oraz na straty powstałe przy obciążeniu.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że spora ilość istniejących maszyn wyciągowych wyposażonych w przetwornice elektromaszynowe posiada elektromaszynowe wzbudzarki silników synchronicznych oraz elektromaszynowe wzbudzarki silników prądu stałego maszyny wyciągowej. Każdy z tych napędów generuje kolejne straty, które przenoszą się na bilans energetyczny całego układu zasilania maszyny wyciągowej.

Wraz z rozwojem elektroenergetyki przetwornice elektromaszynowe były i są nadal zastępowane przez przekształtniki tyrystorowe. Przekształtniki w początkowym etapie wdrażania były zwykle wielopoziomowe, tzn. istniało kilka do kilkunastu



Rys. 2

Rys. 3

równolegle połączonych ze sobą tyrystorów. Wraz z rozwojem nowych technologii równolegle połączone tyrystory zostały sukcesywnie zastępowane pojedynczymi tyrystorami wchodzącymi w skład mostka tyrystorowego. W układach wielopoziomowych (wielopiętrowych) wartość prądu tyrystora nie przekraczała zwykle 800 A, natomiast obecnie w układach napędowych silników wyciągowych są stosowane mostki tyrystorowe zbudowane z tyrystorów o prądzie znamionowym 5 kA.

Układy zasilania maszyn wyciągowych prądu stałego oparte na przekształtnikach tyrystorowych (widok przekształtnika tyrystorowego przedstawiono na rys. 2 i rys. 3) wykazują znacznie mniejsze straty mocy czynnej niż tej samej mocy przetwornice elektromaszynowe.

Przeanalizowaliśmy zużycie energii elektrycznej przez kilka maszyn wyciągowych górniczych wyciągów szybowych wydobywczych. Pierwsze z tych maszyn były zasilane z przetwornic elektromaszynowych, natomiast drugie z przekształtników tyrystorowych. Dla obydwu przypadków odczytane zostały liczniki energii zainstalowane odpowiednio:

1. w polach rozdzielni 6 kV zasilających przetwornice elektromaszynowe;
2. w polach rozdzielni 6 kV zasilających transformatory zasilania przekształtników tyrystorowych.

Poniżej tabelarycznie zestawiono parametry analizowanych górniczych wyciągów szybowych oraz zużycie energii przez ich maszyny wyciągowe.

Lp.	Parametry GWSz**	MW GWSz* zasilana z przetwornic elektromaszynowych	MW GWSz* zasilana z przetwornic elektromaszynowych
1	Głębokość ciągnięcia	744	394
2	Udźwig (nadwaga)	15,0 Mg	11,0 Mg
3	Ilość cykli jazdy	17501	2804
4	Potrzebna energia dla maszyny bezstratnej	532,22	33,11
5	Zużyta energia rzeczywista	1108,23	65,18
6	Sprawność	0,48	0,51



Lp.	Parametry GWSz**	MW GWSz* zasilana z przekształtników tyrystorowych	MW GWSz* zasilana z przekształtników tyrystorowych
1	Głębokość ciągnięcia	1009	946
2	Udźwąg (nadwaga)	37,5 Mg	15,0 Mg
3	Ilość cykli jazdy	3971	13225
4	Potrzebna energia dla maszyny bezstratnej	409,48	511,38
5	Zużyta energia rzeczywista	493,63	656,33
6	Sprawność	0,83	0,78

\* MW GWSz - maszyna wyciągowa górniczego wyciągu szybowego

\*\* GWSz - górniczy wyciąg szybowy

Powyższa analiza dowodzi, że sprawność maszyn wyciągowych zasilanych z przetwornic elektromaszynowych jest na poziomie 0,5, natomiast sprawność maszyn zasilanych z przekształtników tyrystorowych wynosi ok 0,8.

Biorąc pod uwagę ok. 30% zysku pobranej energii elektrycznej w przypadku maszyn wyciągowych zasilanych z przekształtników tyrystorowych w stosunku do maszyn zasilanych z przetwornic elektromaszynowych, otrzymujemy oszczędności rzędu kilkuset tysięcy złotych rocznie w przypadku maszyn wyciągowych z silnikami o mocy kilku MW.

Dodatkowo należy wziąć pod uwagę zredukowanie kosztów związanych z eksploatacją maszyn wirujących (przeglądy, konserwacje, wymiana oleju smarowania łożysk, szczotek itp.)

Wymiana napędu elektromaszynowego na przekształtnik tyrystorowy powoduje pewien problem, jakim jest generowanie mocy biernej indukcyjnej przez przekształtniki tyrystorowe. Jednak moc bierna może zostać znacznie ograniczona poprzez odpowiedni sposób sterowania przekształtników tyrystorowych. Takim rozwiązaniem jest sterowanie kolejnościowe przekształtników tyrystorowych połączonych w szereg. Zastosowanie sterowania kolejnościowego umożliwia uzyskanie współczynnika mocy  $\text{tg } \varphi$  zbliżonego do jedności. Rozwiązania takie stosuje się głównie w maszynach wyciągowych górniczych wyciągów szybowych wydobywczyc, gdzie kierunek ciągnięcia nadwagi jest ściśle zdefiniowany. Kolejnym etapem ograniczenia mocy biernej powinno być zastosowanie aktywnych kompensatorów mocy biernej wraz z filtrami wyższych harmonicznymi. Zastosowanie takich kompensatorów, odpowiednie ustawienie trybu pracy i zastosowanie zewnętrznego sygnału sterującego umożliwia pełną kompensację mocy biernej.

Analizowane przypadki dowodzą, że wymiana elektromaszynowych układów zasilania maszyn wyciągowych na przekształtniki tyrystorowe powoduje znaczne ograniczenie pobranej mocy czynnej, a co za tym idzie – obniżenie kosztów eksploatacji. ■

✉ Marcin Magnor - OPA-ROW Sp. z o.o.

www.opa-row.pl

reklama



ZAPRASZAMY  
do współpracy

OPA-ROW sp. z o. o.

adres: ul. Rymera 40 c

44-270 Rybnik

NIP: 642 00 22 939

tel: +48 32 7398803

fax: +48 32 4222744

@: office@opa-row.pl

www: www.opa-row.pl

OCHRONA  
ŚRODOWISKA



ELEKTRO-  
ENERGETYKA



NAPĘDY



GÓRNICZE  
WYCIĄGI  
SZYBOWE



URZĄDZENIA  
PRZECIW-  
WYBUCHOWE



AUTOMATYKA  
I ELEKTRONIKA  
PRZEMYSŁOWA



# Integracja systemów – kluczowa. Podobnie jak wybór integratora

Sektor produkcji jest na kolejnym etapie rozwoju określanym jako Przemysł 4.0. Dzięki wdrażaniu nowoczesnych rozwiązań przedsiębiorstwa mogą uzyskać niższe koszty, a jednocześnie wyższą i powtarzalną jakość procesu produkcyjnego. Wykorzystanie potencjału Big Data i Business Intelligence staje się przy tym nierozłącznym elementem zautomatyzowanej produkcji. Analiza pozyskiwanych systemowo informacji pozwoli na zmniejszenie liczby awarii i przestoju, a kluczową rolę pełni integrator dostarczający rozwiązania.

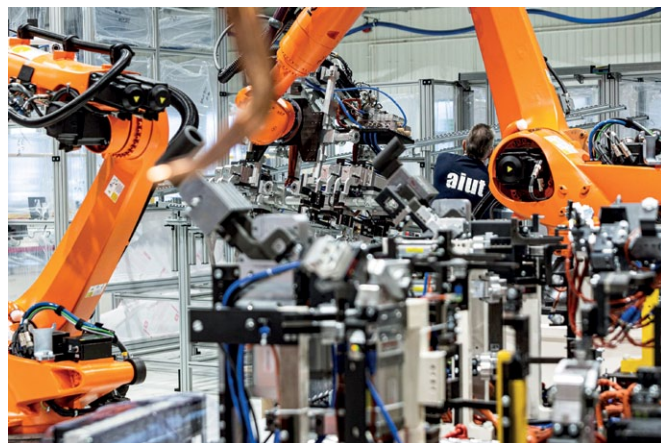
Rynek popytu nieustannie ewoluuje, zmuszając przedsiębiorstwa do reorganizacji dotychczasowej strategii realizacji procesu produkcji. Oparte na tradycyjnych systemach automatyki zakłady poszukują nowych rozwiązań biznesowych, których zadaniem stanie się wsparcie produkcji przemysłowej i organizacja bezpiecznego środowiska pracy. Z pomocą przychodzą zaawansowane systemy pozwalające czerpać wiedzę z coraz większego wolumenu danych.

## Integracja produkcji

– Automatykacja i cyfryzacja produkcji i procesów pomocniczych to dzisiaj jedyna droga do rozwoju i utrzymania się na konkurencyjnym rynku – tu zaskoczenia nie ma. Jednak kluczowe jest wdrażanie rozwiązań, które pozwolą m.in. na pozyskiwanie i analizowanie dużych ilości różnych danych z zakresu pracy zakładu w celu dalszej optymalizacji i automatyzacji. Mówimy o stworzeniu spójnego komunikacyjnie ekosystemu, w ramach którego wszystkie procesy będą monitorowane i analizowane, aby jak najlepiej zarządzać produkcją w oparciu o rzeczywisty stan fabryki. Takie systemy zbudowane na bazie nowych technologii nie tylko mogą informować o konieczności napraw, ale przede wszystkim pozwalają przewidzieć m.in. możliwe awarie (*Predictive Maintenance*) czy braki magazynowe, zabezpieczając ciągłość produkcji. Rozwiązania Przemysłu 4.0, które my jako integrator i producent systemów automatyki wdrażamy, nie tylko pozwalają pozyskiwać informacje z systemów i czujników, ale przede wszystkim pozwalają te dane na bieżąco analizować, dając konkretne wytyczne dla pracy samych maszyn (np. systemowe, zautomatyzowane zarządzanie pracą mobilnych robotów transportowych AMR AIUT Formica) oraz działów utrzymania ruchu – mówi Sebastian Procek, dyrektor działu budowy maszyn w firmie AIUT, która jest największym polskim integratorem automatyki przemysłowej, w tym systemów sterowania, dostawcą zrobotyzowanych linii i stanowisk produkcyjnych oraz zautomatyzowanych systemów intralogistycznych i systemów magazynowych.

## W kierunku cyfrowej transformacji

Dzisiaj stopień automatyzacji i robotyzacji polskich przedsiębiorstw jest różny. Wiele rodzimych fabryk wciąż cierpi



na deficyt robotów przemysłowych i nowoczesnych maszyn. Jednak popyt na tego typu nowoczesne technologie stale rośnie i zakłady coraz śmielej podejmują kroki w kierunku modernizacji lub budowy nowej zrobotyzowanej linii produkcyjnej. Tu rola integratora, aby projektowane rozwiązania pozwalały na spójne zarządzanie produkcją, logistyką wewnątrzzakładową i magazynem.

– Na automatyzację nie można patrzeć inaczej niż holistycznie. Automatykacja jest naturalną ścieżką rozwoju przedsiębiorstw, a obecnie potrzeba kontrolowania procesów produkcyjnych i śledzenia towarów jest wręcz globalnym trendem, który podnosi stabilność łańcucha dostaw. Stąd tak duży nacisk na cyfryzację i systemy *traceability* – zauważa Sebastian Procek.

## Bez błędów i przestoju

Cyfrowa transformacja produkcji wymaga oczywiście odpowiednich systemów IT, które kompleksowo pozwalałyby na zarządzanie procesami i zwiększoną automatyzację w tym zakresie. Jednym z najistotniejszych jest odpowiednio zbudowany system realizacji produkcji klasy MES (ang. *Manufacturing Execution System*). Takie systemy mogą uwzględniać m.in. informacje o bieżących zleceniach produkcyjnych, technologiach czy stanach materiałowych, pozwalają śledzić postęp procesów produkcyjnych w czasie rzeczywistym i elastycznie reagować na pojawiające się ryzyka, nie dopuszczając do awarii



i przestoju. Jak zaznacza Sebastian Procek, efektywny monitoring procesów produkcyjnych, pracy maszyn i ludzi w czasie rzeczywistym daje dziś realną przewagę na rynku. – Dlatego w stosowanych przez nas rozwiązaniach dane z czujników, systemów lokalizacji i urządzeń IoT wzbogacają systemy MES o nowe informacje, aby decyzje mogły być automatyzowane i podejmowane w oparciu o rzeczywisty stan fabryki – wskazuje rozmówca.

### **Elastyczna produkcja z robotami mobilnymi**

Jak projekty Industry 4.0 mogą wpływać na uelastycznienie produkcji?

– Jako dostawca automatyki przemysłowej, odpowiadamy za kompleksową realizację zarówno dużych inwestycji związanych z budową zrobotyzowanych linii produkcyjnych z systemem *traceability*, jak również rozwiązań intralogistycznych, które ewoluowały w ostatnich latach. Dziś automatyzacja transportu wewnętrznego z wykorzystaniem robotów mobilnych typu AMR to wygodne biznesowo i elastyczne rozwiązanie spełniające założenia Przemysłu 4.0. Dobrym przykładem jest nasz kompleksowy system intralogistyczny AIUT Qursor, którego integralną częścią są roboty mobilne z rodziny AIUT Formica. System automatycznie zarządza transportem zrobotyzowanym, a także manualnym (jeśli taki współlistnieje), na bieżąco analizując dane dotyczące zleceń i informacje

z różnych czujników, co pozwala robotom na bezpieczną pracę bez przestoju w dynamicznym środowisku. Roboty Formica mogą też zostać strategicznie wykorzystane na produkcji. I nie chodzi tu wyłącznie o automatyzację dostaw bezpośrednio na linię, ale o elastyczny transport w ramach głównego procesu produkcyjnego – podsumowuje Procek.

### **Ulga ułatwi decyzję**

Pojawienie się nowej preferencji podatkowej, jaką jest ulga na robotyzację, jest bodźcem do rozwoju i automatyzacji przedsiębiorstw – oceniają eksperci rynku. Firmy mogą zatem chętniej inwestować w robotyzację pracy, ale pomoc powinni też dostawcy rozwiązań, zauważa Procek:

– Zadaniem dostawców maszyn jest wspieranie zakładów w korzystaniu z ulgi i my jako integrator takie wsparcie zapewniamy. ■

**aiut**

AIUT Sp. z o.o.  
ul. Wyczółkowskiego 113  
44-109 Gliwice  
tel. 32 775 40 00  
e-mail: info@aiut.com  
www.aiut.com

reklama

**aiut**

## **Kompleksowa Automatyzacja i Cyfryzacja Procesów Przemysłowych**

- /// Zrobotyzowane linie i stanowiska produkcyjne
- /// Automatyczne systemy transportu wewnętrznego
- /// Intralogistyka 4.0: Autonomiczne roboty mobilne AGV/AMR Formica
- /// Magazyn automatyczny
- /// Wsparcie 24/7

**SKORZYSTAJ Z ULGI NA ROBOTYZACJĘ!**

**30** lat doświadczenia  
w automatyzacji przemysłu



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





# Falownik Hitachi serii SJ, typ P1 - wybrane funkcje

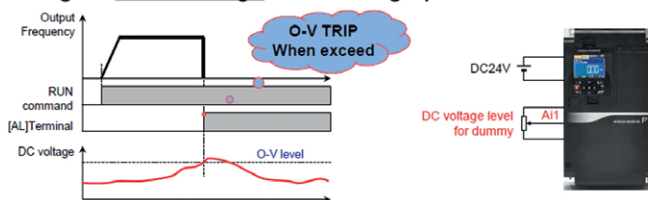
Chociaż najnowszy produkt w rodzinie falowników Hitachi – falownik serii SJ-P1 – miał swoją polską premierę już ponad rok temu, zyskując w tym czasie liczne grono zadowolonych użytkowników, a jego możliwości i rozwiązania były szeroko opisywane w licznych materiałach marketingowych, szkoleniowych i artykułach, to niewątpliwie istnieje ciągła potrzeba dokładniejszego opisu wybranych ciekawych możliwości i funkcji tego falownika.

Z całą pewnością jedną z takich funkcji jest symulator pracy falownika. Funkcja ta polega na sprawdzeniu zachowania falownika w reakcji na zmiany wielkości symulowanej, którą to wielkością może być prąd silnika, napięcie szyny DC, napięcie wyjściowe falownika lub moment wyjściowy. Każdą z wymienionych wielkości można zasymulować na wybranym wejściu analogowym (dostępne są trzy wejścia analogowe napięcie/prąd) lub w określonym parametrze. Reakcja falownika na dane wielkości symulowane jest tożsama z reakcją falownika w trakcie rzeczywistej pracy z napędem. Zmieniając wartości zabezpieczeń np. nadprądowych, nadnapięciowych, podnapięciowych czy niektórych parametrów, możemy sprawdzić zachowanie falownika i skorygować nastawy przed jego właściwym podłączeniem do silnika. Funkcja ta jest prosta w obsłudze, nie wymaga zasilania falownika z sieci, a tylko zasilenia jego obwodów sterowniczym napięciem DC 24 V, przez co może służyć jako doskonałe narzędzie dydaktyczne.



## Simulation mode (Example 1)

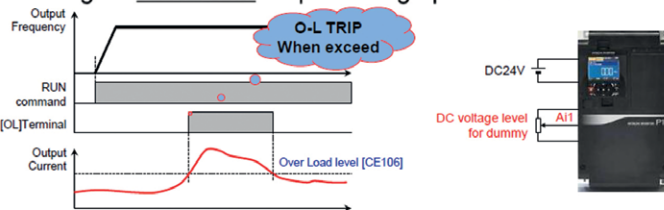
- Simulating an **Over-Voltage** error during operation.



Code	Item	Setting	
PA-20	Simulation mode selection	00: [Disable] 01: [Enable]	
PA-22	Output current monitor	00: [Disable] 01: Terminal [AI1] 02: Terminal [AI2] 03: Terminal [AI3] ...	
PA-24	DC voltage monitor		
PA-26	Output voltage monitor		
PA-28	Output torque monitor	09: Keypad [PA-23], [PA-25], [PA-27], [PA-29]	
PA-23	Output current monitor setting Keypad		
PA-25	DC voltage monitor setting Keypad	0.0 – 300.0 [%]	Set when simulating signal value from Keypad
PA-27	Output voltage monitor setting Keypad		
PA-29	Output torque monitor setting Keypad		

## Simulation mode (Example 2)

- Simulating an **Over-Load** output during operation.



Code	Item	Setting	
PA-20	Simulation mode selection	00: [Disable] 01: [Enable]	
PA-22	Output current monitor	00: [Disable] 01: Terminal [AI1] 02: Terminal [AI2] 03: Terminal [AI3] ...	Note: Over Current simulation is not possible because of hardware detecting function.
PA-24	DC voltage monitor		
PA-26	Output voltage monitor		
PA-28	Output torque monitor	09: Keypad [PA-23], [PA-25], [PA-27], [PA-29]	Use PA-21 Alarm test
PA-23	Output current monitor setting Keypad		
PA-25	DC voltage monitor setting Keypad	0.0 – 300.0 [%]	Also from Keypad is possible to simulate each levels with PA-23
PA-27	Output voltage monitor setting Keypad		
PA-29	Output torque monitor setting Keypad		

Inną bardzo przydatną funkcją przeziennika częstotliwości SJ-P1 jest funkcja „TRACE”, czyli śledzenie przebiegów szybkozmiennych. Przy korzystaniu z tej funkcji konieczne jest posiadanie narzędzia w postaci oprogramowania ProDriveNext dostępnego bezpłatnie na

stronie: [www.zeltech.pl](http://www.zeltech.pl) Wykorzystując to narzędzie, użytkownik może śledzić i zapisywać do ośmiu interesujących go zmiennych równocześnie. Dane z pomiarów mogą być zapisane w postaci tabeli dającej się analizować i obrabiać, np. przy wykorzystaniu programu Excel.

W przypadku pojawiania się trudnych do analizy błędów falownika, wynikających np. ze zmieniających się warunków obciążenia, często nie jesteśmy w stanie na podstawie samych tylko danych błędu określić i wyeliminować przyczyny blokowania się przemiennika. Posiadając takie narzędzie jak ProDriveNext z funkcją TRACE, określając odpowiednio zakres czasowy pomiaru, wielkość zmiennej powodującej wyzwolenie alarmowe, rozdzielczość próbkowania tej wielkości i określając TRIGGER, czyli czynnik wyzwalający pomiar, możemy na podstawie przebiegu wykresu bądź samych danych zmienna/czas określić przyczynę blokowania się napędu.

Generalnie seria SJ-P1 ma za zadanie uzupełnić i z czasem zastąpić sprawdzone już wektorowe falowniki SJ700B i SJ700D. W związku z powyższym nowa seria falowników Hitachi posiada wszystkie zaawansowane funkcje serii SJ700B i SJ700D, takie jak wbudowany minikomputer PLC, funkcje servo czy wbudowaną jednostkę hamowania prądnicowego do mocy 37 kW. Dla ułatwienia wymiany przez użytkowników falowników serii SJ700B i SJ700D na nowy model SJ-P1, Hitachi w kolejnej edycji oprogramowania ProDriveNext wprowadzi funkcję konwersji parametrów z falowników starszej serii do falownika serii SJ-P1. Jest to szczególnie ważne, gdyż Hitachi w ostatnim modelu falownika zerwało z dotychczasowym oznaczeniem i nazewnictwem parametrów. Choć w nowym modelu P1 wszystkie parametry oprócz kodów posiadają opisy w języku polskim, to i tak proces odszukiwania odpowiedników parametrów z SJ700B/SJ700D w modelu SJ-P1 może przysparzać trudności.

Nowa seria falowników SJ-P1 podlega ciągłemu udoskonalaniu i dostosowywaniu do potrzeb klienta. W odpowiedzi na te właśnie potrzeby już wkrótce panel operatorski TFT falownika zostanie wzbogacony o tzw. „krótkie menu”. W menu tym użytkownik znajdzie pogrupowane najważniejsze funkcje niezbędne do parametryzacji falownika, co skróci niewątpliwie czas potrzebny do uruchomienia napędu.

Hitachi oferuje modele nowej serii SJ-P1 w zakresach mocy 0,75–355 kW na napięcie zasilania 380–500 V(+10%, -15%) AC. Modele te posiadają szeroki zakres zastosowań w aplikacjach przemysłowych. Modułowa konstrukcja i duża wszechstronność zapewniają optymalne i oszczędne rozwiązania techniczne, które mogą być indywidualnie dopasowane do konkretnego zastosowania. Falowniki SJ-P1 mogą być łatwo skonfigurowane i są tak zaprojektowane, aby dostarczać wysoką wydajność, niezawodność i elastyczność. ■



ZELTECH MECHATRONIKA Sp. z o.o.  
94-103 Łódź  
ul. Elektronowa 6  
e-mail: mechatronika@zeltech.pl  
www.zeltech.pl

ODDZIAŁ POŁUDNIE  
Bielsko-Biała  
e-mail: mechatronika@zeltech.pl

# HITACHI

## Falowniki Serii SJ typ P1 - segment premium

Hitachi rozwiązania dla automatyki



EtherCAT

PROFIBUS

PROFINET

Ethernet

Zeltech Mechatronika Sp. z o.o.  
ul. Elektronowa 6, 94-103 Łódź  
tel: 42 254 09 25  
mechatronika@zeltech.pl

ODDZIAŁ POŁUDNIE  
Bielsko-Biała  
tel: 42 254 09 25,  
mechatronika@zeltech.pl

# www.zeltech.pl

Hitachi Industrial Equipment Systems Co., Ltd

# Napędy do pomp wyporowych niewymagające współosiowania wałów

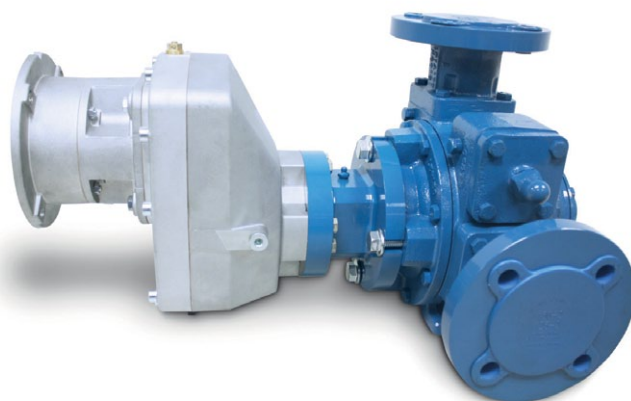
Czasami wystarczy jeden dobry pomysł, aby wszystko zmienić. Tak było, gdy amerykański oddział firmy NORD zwrócił się do potencjalnego klienta z propozycją znacznego ulepszenia jednej z linii produktów. Pomysł był tak skuteczny, że Blackmer®, marka produktowa firmy PSG® jest teraz partnerem biznesowym NORD i ma plany włączenia firmy do wszystkich swoich pomp.

Tom Koren, dyrektor ds. inżynierii w NORD Gear Corporation, od lat pracował nad projektem wału drążonego dla przekładni walcowych NORD.

– Kiedy więc usłyszeliśmy, że Blackmer przygląda się przeprojektowaniu jednej ze swoich rodzin pomp łopatkowych, była to dla nas okazja do zaprezentowania koncepcji bezsprzęgłowej bezpośredniej współpracy ich pompy z naszą przekładnią. Zgodzili się przetestować to rozwiązanie i dzisiaj jesteśmy ich głównym dostawcą napędów.

Menedżer produktu PSG, Geoff VanLeeuwen, powiedział, że istnieje kilka dobrych powodów, aby przyjąć konstrukcję z wałem drążonym.

– Za każdym razem, gdy masz dwa współpracujące wały, muszą one być utrzymywane w linii – jeśli nie, otrzymasz dodatkowe obciążenie i prawdopodobnie wibracje, które skrócą żywotność tego produktu – wyjaśnił. – Problem z tradycyjnym układem pompy i silnika polega na tym, że do ich połączenia używa się sprzęgła. Nawet wykwalifikowany technik potrzebuje sporo czasu, aby odpowiednio dobrać, dopasować i wyrównać różne elementy. Wysiłek jest wymagany nie tylko podczas początkowej instalacji, ale także podczas rutynowej konserwacji.



Przemysł zmagał się z problemem współosiowania z wałem napędu za pomocą sprzęgła tak długo, jak istnieją pompy elektryczne. Jednak wraz z rosnącą konkurencją i deficytem wykwalifikowanych techników osoby odpowiedzialne za to w zakładach często zadowolają się szybkim osiowaniem „na oko”, akceptując to, że w rezultacie ucierpi żywotność pompy. W typowym zakładzie chemicznym lub terminalu kolejowym, jeśli pompa przestanie działać, koszt przestoju jest bardzo wysoki. Zakłady zrobią więc wszystko, aby szybko wznowić działanie. Problem złej konserwacji wywołuje efekt kuli śnieżnej. Zamiast spędzać kilka godzin na prawidłowym ustawieniu pompy, nagle pojawia się dzień lub dwa nieoczekiwane przestoju, gdy sprzęgło ulegnie awarii lub pompa się zablokuje tylko dlatego, że wcześniej ktoś się pośpieszył.

Nowy projekt jest w zasadzie typem *plug and play*, ilość pracy związanej z integracją wymaganą przez klienta spadła prawie do zera. Zamiast 15 procent pomp Blackmer sprzedawanych jako rozwiązania pod klucz, liczba ta wzrosła do 72 procent, co przekłada się na poprawę przychodów netto o 47 procent. Blackmer dopiero się rozpędza. Pierwsza faza wdrożenia serii GNX i GNXH – teraz zakończona – koncentrowała się na 2- i 2,5-calowych pompach kołnierzych.







Dzięki zastosowaniu przekładni NORD SK 771.1 bezpośrednio połączonej z wytrzymałymi samoregulującymi przesuwymi pompami łopatkowymi Blackmer niezależne jednostki oferują maksymalne wydajności przepływu odpowiednio 325 l/min i 587 l/min. Fazy II i III rozciągają się na większe 3- i 4-calowe pompy Blackmera o mocy do 50 KM i 1893 l/min.

Seria przekładni walcowych NORD (używanych z pompami Blackmer serii GNX i GNXH) jest idealna do praktycznie każdego zastosowania przy dużych prędkościach pompowania, mieszania lub przenoszenia. W przeciwieństwie do konstrukcji

ze stopu aluminium mniejszych produktów jednostopniowych, trzy nowe przekładnie są wyposażone w żeliwne obudowy. Mają one opcję wału drążonego, oferowaną wyłącznie przez NORD. W przypadku ekstremalnych obciążeń wału i łożyska klienci mają możliwość zamiany na podwójne łożyska stożkowe i wał ze stali stopowej o wyższej wytrzymałości.

Tym, co odróżnia NORD od konkurencji, są produkty wysokiej jakości, krótkie terminy realizacji i doskonała obsługa klienta.

– Prawdopodobnie nie jesteśmy najtańszym dostawcą. Ale jak pokazano w naszych relacjach z Blackmerem, nasze rozwiązania są niezwykle innowacyjne i jesteśmy dobrym partnerem biznesowym – powiedział Koren.

Jako sprawdzeni liderzy, Blackmer i NORD oferują nowy standard branżowy dla zespołów pompowych. Eliminuje on nieoczekiwane przestoje i upraszcza zadania instalacyjne i konserwacyjne. Ponadto instalacje gwarantują zauważalną poprawę czasu sprawności i łatwości użytkowania. ■

NORD Napędy Sp. z o.o.

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

reklama

ANUGA  
FOOD  
TEC  
Hala 7.1  
Stoisko A030



## DWA W JEDNYM

PRZEKŁADNIA ZINTEGROWANA Z SILNIKIEM:

NOWY MOTREDUKTOR **DuoDrive.**

- ▶ Niezwykle wysoka wydajność systemu
- ▶ Kompaktowa, łatwowymywalna konstrukcja
- ▶ Redukcja nakładów na konserwację
- ▶ Rozwiązanie systemowe i proste uruchomienie dzięki plug & play



DRIVESYSTEMS

PRZEKŁADNIA + SILNIK + FALOWNIK = KOMPLETNY SYSTEM NAPĘDOWY

NORD Napędy | +48 12 288 99 00 | [biuro@nord.com](mailto:biuro@nord.com) | [www.nord.com](http://www.nord.com)

# Przyczyny powstawania pożarów instalacji fotowoltaicznych i sposoby zapobiegania im

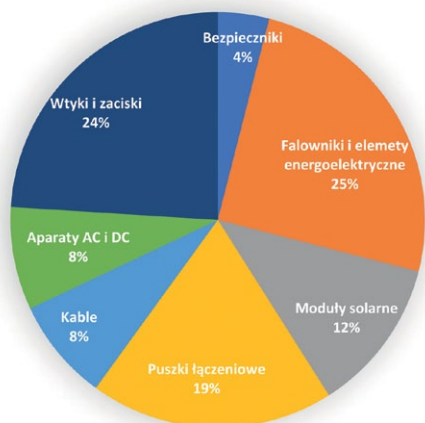
Na zdjęciu poniżej widzimy pożar instalacji fotowoltaicznej znajdującej się na dachu budynku. Na szczęście nie jest to częsty obraz, lecz należy pamiętać, że w ostatnich latach:

- szybko wzrasta ilość oraz wielkość instalacji;
- powstałe instalacje są relatywnie nowe.



Z pierwszego faktu można wysnuć wniosek, że we wcześniejszych okresach przy mniejszej liczbie pracujących instalacji i relatywnie niskim procencie instalacji wykonanych wadliwie bezwzględna liczba pożarów również nie była duża. Wraz ze wzrostem ilości obiektów tego typu sytuacja ta szybko się zmienia.

Z drugiego faktu wynika, że niestety – wraz ze starzeniem się tych instalacji problemy będą narastać.



Rys. 1. Procentowe przyczyny pożarów w instalacjach PV w Niemczech w latach od 1995 do 2012

Aby rozważyć istotność przyczyn pożarów, a zatem zwrócić uwagę na miejsca, w których można poszukiwać minimalizacji krytycznych zdarzeń, spójrzmy na dostępne dane statystyczne (rys. 1).

Jednym z najbardziej znaczących źródeł problemów w instalacjach i systemach elektrycznych jest zapewnienie dobrej jakości styku. Z rysunku 1 wynika, że z tym problemem spotykamy się w instalacjach fotowoltaicznych w ponad 50% zdarzeń (puszki łączeniowe 19% + kable 8% + wtyki i zaciski 24%). Najskuteczniejszą metodą redukcji przyczyn w tym obszarze jest podnoszenie jakości sprzętu i techniki montażu. Przyjrzyjmy się zatem bliżej tym zagadnieniom.

System fotowoltaiczny zazwyczaj zawiera dużą liczbę połączeń wtykowych. Każdy pojedynczy moduł, a także falowniki są zwykle połączone za pomocą takich złączy. Ze względu na ich dużą liczbę istnieje tu spory potencjał występowania punktów wzrostu temperatury, iskrzenia i wreszcie łuków elektrycznych.

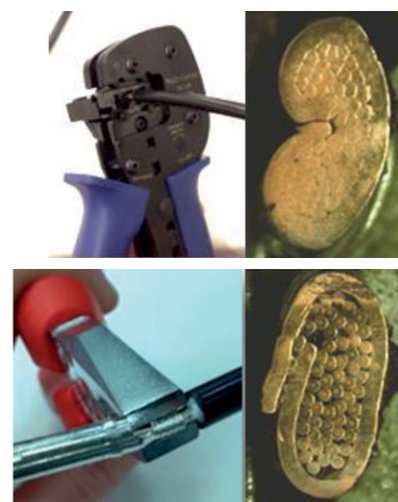
Postępująca profesjonalizacja w rozwoju komponentów doprowadziła do powstania dostępnych na rynku złączy wtykowych, których przypadkowemu odłączeniu i korozji stykowej można dość niezawodnie zapobiec.

Największe ryzyko tkwi w parowaniu złączy różnych marek oraz w zaciskaniu złączy na kablach w terenie (rys. 2). Zawsze należy unikać tego pierwszego, ponieważ nawet jeśli wtyczki dwóch różnych producentów pasują do siebie mechanicznie, rezystancja przejścia elektrycznego może znacznie wzrosnąć, powodując intensywne nagrzewanie się elementu. Od czasu do czasu spotyka się również egzemplarze podrobionych markowych wtyków i złączy. Jakość takich produktów jest wątpliwa, a jeśli podejrzewa się podróbkę, nigdy nie należy jej stosować.



Rys. 2. Wynik niefortunnego parowania złączy różnych producentów

Jeżeli złącza muszą być zaciskane na przewodach w terenie w celu umożliwienia połączenia, należy zawsze używać szczypiec zaciskowych wskazanych przez producenta wtyku i z dokładnie zdefiniowaną siłą docisku (rys. 3, na górze). Tylko wtedy można zagwarantować gazoszczelny, stały punkt przyłączenia.



Rys. 3. Porównanie: na górze – prawidłowe i na dole – nieprawidłowe zaciskanie złączy w montażu obiektowym/terenowym

Dla połączeń poszczególnych modułów solarnych, inwertera czy obudowy PV-JB HELUKABEL® dostarcza dowolne odcinki przewodów ze zmontowanymi wtykami PV w konfiguracjach



Rys. 4.  
Pieszle  
HELUcond PA6  
odporne na  
promieniowa-  
nie UV



Rys. 5. Kabel  
SOLARFLEX®-X  
H1Z2Z2-K NTS  
z osłoną przed  
gryzoniami

potrzebnych do poszczególnych zastosowań oraz gotowe wiązki kablowe – system Y, T – co znacznie przyspiesza montaż.

Zjawisko łuku elektrycznego może wystąpić nie tylko w punktach styku elementów obwodów i ich połączeń, uszkodzona izolacja kabla również może prowadzić do powstania łuku elektrycznego o bardzo dużej energii, jeśli utworzy się połączenie przewodzące między dodatnim i ujemnym zaciskiem (lub w przypadku uziemionego panelu (lub gałęzi) słonecznego między nieziemionym zaciskiem a obiektem o potencjale ziemi/masy).

Jedynym sposobem na uniknięcie takich łuków elektrycznych jest zastosowanie przewodów o odpowiednio wytrzymałej izolacji. Można to uzyskać, gdy zarówno przewody dodatnie, jak i ujemne są podwójnie izolowane lub ich izolacja jest wzmocniona, lub – w przypadku izolacji pojedynczej – prowadzone są w oddzielnych układach tras kablowych. Łuk elektryczny, biorąc pod uwagę cztery warstwy izolacyjne między przewodami dodatnim i ujemnym, staje się wysoce nieprawdopodobny.

Aby tylko minimalne niebezpieczne przepięcia były indukowane przez uderzenie pioruna, wielkość pętli utworzonej przez okablowanie powinna być jak najmniejsza. Jednocześnie jednak ryzyko powstania łuku elektrycznego równoległego, czyli kontaktu dwóch przewodów o przeciwnej biegunowości, musi być jak najmniejsze. Oba wymagania są spełnione przez ułożenie obok siebie podwójnie izolowanych kabli lub, jeszcze lepiej, oddzielne poprowadzenie dwóch głównych linii w bezpośrednio przyległych kanałach kablowych.

Prowadzenie kabli powinno również obciążać izolację kabla w jak najmniejszym stopniu warunkami środowiskowymi. Oznacza to w szczególności, że prowadzenie kabli powinno być tak przemyślane, aby były one w jak najmniejszym stopniu wystawione na bezpośrednie działanie promieni słonecznych (nawet jeśli są odporne na UV), nie należy również umieszczać ich w miejscach, gdzie może gromadzić się woda, lub prowadzić po ostrych krawędziach konstrukcji.

O ile to możliwe, należy trasy kablowe dobierać w sposób utrudniający dostęp do nich gryzoniom.

Kable należy zamocować w taki sposób, aby wiatr nie powodował ocierania się przewodów, co może prowadzić do uszkodzenia powłoki, a następnie izolacji wskutek tarcia o stałe elementy konstrukcji. Należy również przestrzegać wartości dopuszczalnych promieni gięcia.

reklama

## Złącza PV4-S



- Zapewniają **wodoodporne** •  
**połączenie** i stopień ochrony  
IP68 (1 m/24 h)
- **Pomagają** zminimalizować •  
straty mocy
- **Zgodnie z wymaganiami** •  
IEC 62852 i UL670
- **Niska rezystancja** styku •  
( $\leq 0,3 \text{ m}\Omega$ )
- **Zgodne z NEC 2008/2011** •



**Sprawdź kod QR**  
lub odwiedź naszą stronę  
**sklephelukabel.pl**



W miejscach szczególnie niebezpiecznych dla izolacji kabli należy ją osłonić peszlami (rys. 4).

Oczywiście wszystkie opisane wyżej środki redukujące ryzyko pożaru i/lub porażenia prądem elektrycznym są ważne dla bezpieczeństwa systemu, lecz nie należy zapominać o nadzorowaniu stanu instalacji PV. W wypadku znacznych uszkodzeń układu izolacyjnego można je dostrzec w czasie inspekcji bez użycia urządzeń pomiarowych. Jednak ciągle monitorowanie parametrów izolacyjnych systemu ma znaczącą przewagę, ponieważ nie tylko jest bardziej niezawodne, ale i pozwala z wyprzedzeniem wykryć narastający problem, a w konsekwencji zapobiec pożarowi.

Można przyjąć, że znaczące ryzyko pożaru występuje w wyniku przepływu prądu na poziomie od 300 mA.

Małe instalacje fotowoltaiczne, przeznaczone do wykorzystania np. w domach jednorodzinnych, są z natury bardzo uproszczone. Składają się na nie zwykle pojedyncze moduły ogniwo łączone w jedną lub dwie gałęzie i przekształtnik dopasowujący wytworzoną energię do napięć i częstotliwości sieci (rzadziej sieć mikroinwerterów). Najczęściej jest to przekształtnik beztransformatorowy, a całość pracuje jako sieć uziemiona w układzie TN-S.

W takich instalacjach informację o stanie izolacji uzyskuje się, monitorując poziom prądu upływu. Należy przy tym pamiętać, że ponieważ ogniwa fotowoltaiczne wytwarzają napięcia stałe, w przypadku wystąpienia zwarcia doziemnych w szkiecie prądu upływu pojawiają się składowe stałe.

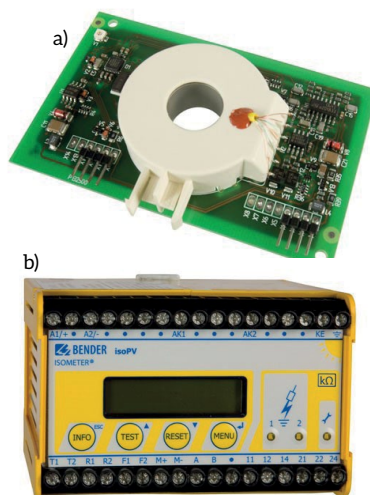
Dlatego jako elementy monitorujące prądy różnicowe muszą być tu zastosowane przekaźniki różnicowoprądowe typu B, czyli reagujące na dowolny rodzaj prądu różnicowego: sinusoidalny, odkształcony oraz na gładki stały (rys. 6a). Tylko takie urządzenie zapewni właściwą reakcję przy wystąpieniu uszkodzenia w dowolnym miejscu instalacji.

Inaczej wygląda to w elektrowniach nastawionych na produkcję energii. Tu każda przerwa w pracy stanowi istotną stratę finansową i niezawodność jest, obok bezpieczeństwa eksploatacji, parametrem krytycznym. Dlatego tam

stosuje się systemy fotowoltaiczne izolowane galwanicznie od sieci publicznej lub od ziemi, definiowane jako sieci izolowane (układ IT) zgodnie z PN HD 60364-4-41 i PN-HD 60364-7-712. Jest to znana w innych branżach praktyką (szpitalnictwo, górnictwo, energetyka zawodowa itd.).

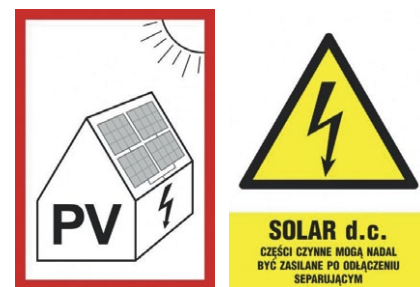
Olbrzymią zaletą sieci nieuziemionych jest to, że pierwsze doziemienie nie tworzy krytycznego problemu i nie wymaga przerwania ich pracy (do czasu wystąpienia drugiego doziemienia). W odróżnieniu od sieci uziemionych sieci izolowane mogą kontynuować w tych warunkach pracę pod warunkiem, że informacja o tym stanie jest przekazana do obsługi.

Do kontroli stanu izolacji i wykrywania doziemień służą tu przekaźniki kontroli izolacji (rys. 6b), gdyż pomiar upływu nie miałby sensu. W odróżnieniu do instalacji beztransformatorowych rezystancja izolacji jest tu monitorowana w sposób ciągły, także podczas pracy systemu. Dobór przekaźników i ich parametrów (nastawialnych) zależy m.in. od parametrów sieci: wartości i rodzaju napięcia, pojemności doziemnych, zakłóceń i innych.



**Rys. 6.** Przykładowe przekaźniki zabezpieczające instalacje PV: a) specjalizowany do systemów PV przekaźnik różnicowoprądowy RCMA126/RCMB100 do sieci TN-S; b) przekaźnik isoPV do sieci IT (Bender/Pro-Mac)

W przypadku instalacji solarnych montowanych na budynkach największym problemem, gdy dochodzi już do pożaru, jest ciągle generowanie energii, a dokładniej występowanie niebezpiecznego napięcia dotykowego, co



**Rys. 7.** Oznakowanie ostrzegawcze związane z prowadzeniem akcji gaśniczej



**Rys. 8.** Oznakowanie ostrzegawcze związane z wykonywaniem czynności serwisowo-konserwacyjnych

w przypadku gaszenia za pomocą strumienia wody jest źródłem znacznego ryzyka.

Napięcie nie jest wytwarzane jedynie przy braku oświetlenia paneli PV. Znane są nawet przypadki porażenia przy prowadzeniu akcji gaśniczej nocą przy użyciu reflektorów!

Ponieważ istnieją już środki oraz procedury redukujące niniejsze ryzyko, pozostaje problem ostrzeżenia osób prowadzących akcję gaśniczą o istnieniu na budynku instalacji PV. Powyżej na rys. 7 pokazano właściwe oznakowanie ostrzegawcze. Oczywiście te same zagrożenia występują w przypadku podejmowania czynności serwisowych (rys. 8).

Obecnie zagadnienie gaszenia instalacji PV jest już dość dobrze znane – opracowano nawet pomocnicze środki gaśnicze wytwarzające nieprzepuszczalną dla światła warstwę na powierzchni paneli – zmniejszającą wartość generowanego napięcia – oraz urządzenia gaśnicze niewytwarzające ciągłego strumienia wody. Ryzyko jednak nadal istnieje, dlatego oznakowanie ostrzegawcze nadal jest bardzo ważne. ■

# Silniki asynchroniczne klatkowe z obudową o kwadratowym kształcie przekroju poprzecznego

reklama

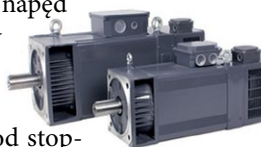
Firma T-T Electric oferuje silniki asynchroniczne klatkowe o kwadratowym kształcie przekroju poprzecznego obudowy (AMP) w zastosowaniu do wielu aplikacji przemysłowych o zmiennych prędkościach obrotowych. Silniki te były rozwijane i projektowane tak, aby osiągnąć charakterystyki mechaniczne porównywalne z charakterystykami silników prądu stałego. Ponadto spełniają one standardy IEC600 34-1 oraz wymagania stawiane aplikacjom przemysłowym. Dzięki różnym wartościom wzniosu wału (112-355) i kwadratowemu kształtowi obudowy możliwe jest zastosowanie ich we wszystkich typach maszyn przemysłowych.

Uzwojenia stojanów silników firmy T-T Electric wykonane są z przewodów emaliowanych z podwójną izolacją z włókien szklanych, co zwiększa ich odporność na przepięcia generowane przez przekształtniki energoelektroniczne. Rdzeń magnetyczny silników, dzięki zastosowaniu blach elektrotechnicznych izolowanych obustronnie, charakteryzuje się mniejszymi stratami w porównaniu do rdzeni, w których blachy izolowane są jednostronnie. W celu zwiększenia efektywności chłodzenia w stojanie i wirniku silników wykonano szereg powietrznych kanałów chłodzących. Uzwojenia stojanów silników wyposażone są w zabezpieczenie



termiczne wykonane z trzech połączonych szeregowo termistorów PTC 150°C. Ponadto silniki te wyposażone są w układ zabezpieczający łożyska przed degradacją wywołaną prądami łożyskowymi, co znacznie wydłuża czas eksploatacji układu łożyskowego. W zastosowaniu do napędu bezpośredniego (wykonanie standardowe) silniki wyposażono w łożyska kulkowe smarowane smarem stałym. Na życzenie klienta silniki mogą być wyposażone

w grzałki (o mocach zależnych od mocy i stopnia ochrony silnika) zapobiegające kondensacji wilgoci. Maszyny produkowane są w trzech stopniach ochrony: IP23, IP54 oraz IP55. Ze względu na przeznaczenie silników do układów napędowych o zmiennych prędkościach stosowany jest napęd zewnętrzny wentylatorów chłodzących.



W zależności od stopnia ochrony stosowane są różne sposoby montażu tych wentylatorów, promieniowo na obudowie od góry (IP23) lub osiowo na tylnej tarczy łożyskowej (IP54, IP55). Silniki AMP opcjonalnie mogą być wyposażone w enkodery. Standardowo stosowane są enkodery: programowalne zasilane napięciem 5-32 V z wyjściami TTL/10-30 V DC lub HTL; z ustawieniami stałymi z wyjściami TTL lub HTL, liczbą impulsów na obrót równą 1024 lub 2048, na prędkości obrotowe większe od 6000 rpm.

Ze względu na odpowiednio ukształtowane charakterystyki mechaniczne i kształt obudowy silniki asynchroniczne firmy T-T Electric mogą w wielu aplikacjach przemysłowych zastępować silniki prądu stałego. Silniki asynchroniczne klatkowe ze względu na prostą konstrukcję charakteryzują się dużo większą

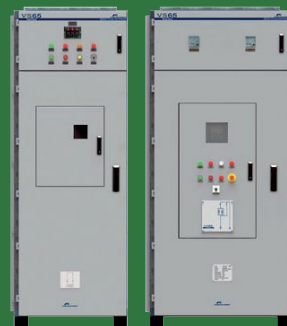
**SPRINT ELECTRIC**



**Falowniki 0,37kW – 2,2 MW (z uznaniem DNV-GL do 75 kW)**

- 1×230 V, 3×230 V, 3×380-500 V, 3×525 V, 3×690 V
- SN do 15 kV

**POWER ELECTRONICS**



**Sofstarty 4kW – 1,5 MW**

- 3×230-500 V, 3×690 V
- SN do 15 kV

**Parker**

**T-T Electric**



**Przekształtniki tyrystorowe 2Q i 4Q 3,4-2250 A**

- jednofazowe analogowe 3,4-48 A, 1×60 V, 110 V, 230 V, 440 V
- trójfazowe cyfrowe 12-2250 A, 3×380-480 V, 3×690 V

**BTT Automatyka Sp. z o.o.**  
ul. Fiszera 14  
80-231 Gdańsk  
tel./fax: +48 58 345 44 41  
btt@bttautomatyka.pl

niezawodnością niż silniki prądu stałego. Nie posiadają zestyku ślizgowego, który podczas eksploatacji ulega naturalnemu zużyciu i wymaga częstej naprawy. W silnikach asynchronicznych najczęściej wymienianymi elementami są łożyska, których czas eksploatacji to ponad 20 000 h. Ponadto w przypadku silników prądu stałego istnieje ryzyko nadmiernego wzrostu prędkości (wywołanego zmniejszeniem lub przerwaniem prądu w obwodzie wzbudzenia).

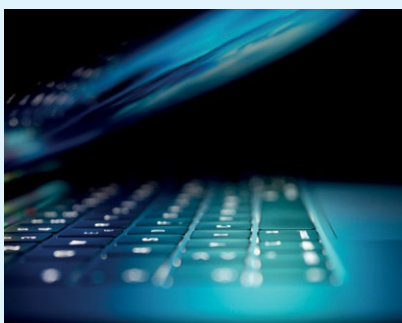
Koszty eksploatacji oraz zakupu silników asynchronicznych są znacznie niższe niż odpowiadających im pod względem charakterystyk mechanicznych silników prądu stałego. Dla po-

równania kosztów eksploatacji można posłużyć się sprawnością całkowitą układu napędowego. Jako przykład można porównać układ Warda Leonarda, który złożony jest z trzech maszyn prądu stałego (dwa silniki i jeden generator) z silnikiem asynchronicznym zasilanym z przekształtnika. Sprawność układu Warda Leonarda jest równa iloczynowi sprawności trzech maszyn. Zakładając, że sprawność każdej z nich wynosi 0,9, to sprawność całego układu równa jest 0,73. Natomiast sprawność układu silnika asynchronicznego zasilanego z przekształtnika, przy założeniu sprawności silnika takiej jak dla silnika DC (0,9, na ogół przy tej samej mocy sprawności

silników asynchronicznych klatkowych są większe od sprawności silników DC) i sprawności przekształtnika 0,96, sprawność całkowita wynosi 0,86. Zatem różnica sprawności wynosi ponad 10%, co przekłada się na różne koszty energii elektrycznej potrzebnej do zasilania obu układów na korzyść układu z silnikiem asynchronicznym. Gdyby porównać koszty zakupu elementów wchodzących w skład rozważanych układów, okazałoby się, że w przypadku silnika asynchronicznego i przekształtnika są one dużo niższe niż w przypadku układu Warda Leonarda. ■

BTT AUTOMATYKA Sp. z o.o.

### WYDARZENIA



#### Zwiększa się ilość cyberataków przemysłowych

Liczba cyberpodatności wykrytych w przemysłowych systemach sterowania (ICS) wzrosła o 110% w ciągu ostatnich czterech lat według nowego badania przeprowadzonego przez firmę Claroty.

87% luk zostało ocenionych jako mało złożone, co oznacza, że nie wymagały specjalnych warunków do ich użycia, a wykorzystujący je atakujący mogli oczekiwać powodzenia za każdym atakiem. Claroty sugeruje, że podane przez nich liczby odzwierciedlają zwiększoną świadomość problemu i przesunięcie badań nad cyberbezpieczeństwem w kierunku środowisk OT.

Ponad połowa luk w zabezpieczeniach ICS (53%) obejmowała możliwość zdalnego wykonania kodu, a następnie warunków odmowy usługi (42%), możliwości omięcia mechanizmów ochrony (37%)

i umożliwienia atakującym odczytania danych aplikacji (33%). Prawie dwie trzecie (63%) można było wykorzystać zdalnie za pomocą wektora ataku sieciowego, co wskazuje na potrzebę ciągłego rozwoju zabezpieczeń zdalnego dostępu. Większość luk (70%) można wykorzystać bez specjalnych uprawnień, a 64% nie wymaga interakcji użytkownika.

Raport wskazuje na to, że luki w systemach sterowania wykraczają poza technologię operacyjną (OT), obejmując rozszerzony Internet Rzeczy, przy czym 34% wykrytych luk w drugiej połowie 2021 roku dotyczy IoT, zasobów medycznych oraz systemów IT. Claroty uważa, że przedsiębiorstwa zareagują na niebezpieczeństwa, koordynując swoje działania w środowiskach OT, IT i IoT w ramach jednego systemu zarządzania bezpieczeństwem. Dodaje, że właściciele i operatorzy aktywów potrzebują dokładnych informacji o stanie swoich środowisk, aby zarządzać słabymi punktami i zmniejszać ich podatność na ataki.

– Z racji tego, iż coraz więcej systemów i aparatury przemysłowej jest podłączanych do sieci i chmury, istnieje potrzeba, aby systemy cyberbezpieczeństwa dysponowały aktualnymi, przydatnymi informacjami o lukach w zabezpieczeniach, aby umożliwić podejmowanie właściwych decyzji dotyczących ryzyka – powiedział

wiceprezes ds. badań w Claroty, Amir Preminger. – Rozpędzająca się transformacja cyfrowa w połączeniu z konwergentną infrastrukturą ICS i IT umożliwiają naukowcom rozszerzenie ich badań poza technologię operacyjną (OT) do rozszerzonego Internetu Rzeczy (XIoT). Głośne incydenty w drugiej połowie 2021 roku, takie jak wykorzystanie złośliwego oprogramowania Tardigrade oraz luki Log4j, a także atak ransomware na New Cooperative pokazują kruchość sieci, podkreślając potrzebę współpracy społeczności inżynierów cyberbezpieczeństwa w celu odkrywania i ujawniania nowych luk.

Chociaż liczba podatności w zabezpieczeniach wykrytych przez samych dostawców systemów automatyzacji wzrosła o 76% w ciągu ostatnich czterech lat, połowa została wykryta przez strony trzecie – głównie firmy zajmujące się cyberbezpieczeństwem. Claroty twierdzi, że świadczy to o dojrzywaniu branży i coraz większej dyscyplinie w tym zakresie. Najczęściej zalecanym krokiem w celu łagodzenia skutków luk jest segmentacja sieci (sugerowana dla 21% luk), a następnie ochrona przed oprogramowaniem ransomware, phishingiem i spamem (15%) oraz redukcja ruchu sieciowego (13%).

Źródło: arcweb



# Nowy wielofunkcyjny przekaźnik czasowy serii TY94 firmy CDC Elettromeccanica

Firma TERM, jako wyłączny przedstawiciel w Polsce producenta przekaźników firmy CDC Elettromeccanica, prezentujemy Państwu nowy wielofunkcyjny przekaźnik czasowy serii TY94. Prezentowany przekaźnik jest rozwinięciem doskonale znanego modelu TY92, który posiada wbudowany elektroniczny wyświetlacz, pokrętkę do ustawiania czasu zadziałania



(czas pokazywany jest na wyświetlaczu) oraz diody pokazujące aktualny stan urządzenia – wybrany zakres czasowy, stan wyjść przekaźnikowych oraz stan pamięci. W porównaniu do swojego poprzednika, przekaźnik serii TY94, posiada cztery dodatkowe funkcje działania, co razem daje aż osiem trybów pracy. Warto tutaj wspomnieć o funkcji zapamiętywania ustawionego czasu. Urządzenie jest dostępne w trzech wariantach połączeń elektrycznych (Start, Reset, Stop) i można je zamówić z jednym z trzech wartości napięcia zasilania. Użytkownicy mogą wybrać jeden z trzech zakresów czasowych, który składa się z czterech podzakresów. Parametry urządzenia ustawiane są za pomocą suwaków, znajdujących się na obudowie przekaźnika. Wszystkie przekaźniki serii TY firmy CDC Elettromeccanica cieszą się dużym zainteresowaniem ze względu na ich wszechstronność. Mogą być stosowane w przemyśle medycznym, przy obróbce drewna, a także w profesjonalnej gastronomii i piecach przemysłowych.

Poniżej prezentujemy najważniejsze parametry wielofunkcyjnego przekaźnika czasowego serii TY94:

#### Napięcie zasilania:

- 24 V AC/DC;
- 115 V AC;
- 230 V AC.

#### Zakresy czasowe z podzakresami:

- 30 s + 3 m + 30 m + 3 h;
- 6 s + 6 m + 60 m + 6 h;
- 12 s + 120 s + 12 m + 12 h.

reklama

**BaumerHübner**  
**BaumerThalheim**

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

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

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

### Funkcje przekaźnika na zaciskach:

- Start;
  - Stop;
  - Reset.
- 
- Ilość przekaźników wyjściowych: 2.
  - Dokładność:  $\pm 1\%$ .
  - Maksymalny prąd na wyjściach przekaźnikowych: 16 A.
  - Temperatura pracy:  $-10^{\circ}\text{C}$   $+55^{\circ}\text{C}$ .
  - Temperatura magazynowania:  $-25^{\circ}\text{C}$   $+65^{\circ}\text{C}$ .
  - Stopień ochrony: IP54.
  - Sygnalizacja dźwiękowa: tak.
  - Pamięć: tak.
  - Wymiary frontu:  $72 \times 72$  mm.
  - Głębokość:  $-77$  mm + 14,4 mm złącza.

Serdecznie zapraszamy Państwa do zapoznania się ze szczegółową ofertą firmy TERM, która znajduje się pod adresem [www.term.pl](http://www.term.pl).



**TERM Tomasz Sobczak**  
ul. Opolska 22/8, 41-500 Chorzów  
tel. 32 249 85 99, fax 32 249 92 89  
e-mail: [info@term.pl](mailto:info@term.pl)  
[www.term.pl](http://www.term.pl)

### WYDARZENIA

#### Japończycy wiodą prym na rynku robotyki

Japonia jest największym na świecie producentem robotów przemysłowych, odpowiadając za 45% globalnej podaży. W ostatnich latach krajowi dostawcy robotów znacznie zwiększyli swoje zdolności produkcyjne, a wskaźnik eksportu w 2020 roku wzrósł do 78%, kiedy to za granicę Japonii wysłano 136 069 robotów przemysłowych. Liczby pochodzą z raportu opublikowanego przez Międzynarodową Federację Robotyki IFR przed odbywającą się Międzynarodową Wystawą Robotów iREX w Tokio.

– W ciągu ostatnich pięciu lat eksport japońskich robotów przemysłowych wykazywał średnioroczny wzrost na poziomie 6% – powiedział Milton Guerry, prezes IFR. – Jednocześnie import robotów w 2020 roku objął zaledwie 2% japońskich instalacji. Krajowy rynek jest drugim co do wielkości na świecie – zaraz po Chinach.

36% japońskiego eksportu komponentów z zakresu robotyki i automatyki było skierowane do Chin. Podobnie jak inni międzynarodowi dostawcy robotów, japońscy producenci obsługują rynek chiński również bezpośrednio ze swoich zakładów w Chinach. Fabryki te pomogły im w 2020 roku, kiedy międzynarodowe łańcuchy dostaw zostały zakłócone z powodu pandemii Covid-19. Byli w stanie wtedy wszechstronnie korzystać z chińskiego pokryzysowego odbicia gospodarczego, które rozpoczęło się w drugim kwartale

2020 roku i nabrało tempa w jego drugiej połowie.

Z udziałem rynkowym wynoszącym 22% Stany Zjednoczone są drugim największym odbiorcą japońskiego sprzętu tego typu. Oczekuje się, że gospodarki USA i Chin urosną po okresie pandemicznym, wyznaczając na stałe główne kierunki eksportu dla japońskich producentów.

Źródło: businesswire

#### Biohybryda z ludzkiego serca

Naukowcy z Harvardu i Uniwersytetu Emory stworzyli biohybrydową rybę z ludzkich komórek mięśnia sercowego, która może samodzielnie pływać przez wiele miesięcy, gdy te kurczą się i rozciągają.

To nie pierwszy robot stworzony z komórek serca przez ten zespół badawczy. Kilka lat temu skonstruował on płaszczkę z komórek serca szczura, którą można było sterować za pomocą impulsów światła. Tym razem jednak naukowcy zmodyfikowali komórki mięśnia sercowego pochodzące z ludzkich komórek macierzystych i stworzyli robota, który potrafił samodzielnie pływać.

Biohybrydowa ryba po obu stronach płetwy ogonowej posiada warstwę komórek, które naprzemiennie kurczą się i rozciągają. Za każdym razem, gdy mięsień zmienia swój stan, otwiera on wrażliwy na ruch kanał białkowy, uruchamiając ruch naprzeciwległy. Struktura przypominająca rozrusznik serca pomaga utrzymać

odpowiednią częstotliwość i rytm, tworząc ciągły system pętli zamkniętej umożliwiającej pływanie o własnych siłach przez ponad 100 dni.

– Dzięki wykorzystaniu sygnalizacji mechano-elektrycznej serca rozpostartej pomiędzy dwiema warstwami mięśni odtworzyliśmy cykl, w którym każdy skurcz pojawia się automatycznie w odpowiedzi na rozciąganie po jego przeciwnej stronie – powiedział Keel Yong Lee, współautor badania. – Wyniki naszych prac podkreślają rolę mechanizmów sprzężenia zwrotnego w pompach mięśniowych, takich jak serce.

Zespół twierdzi, że jego konstrukcja poprawiła swoją wydajność w ciągu pierwszego miesiąca. Wraz z dojrzewaniem komórek kardiomiocytów wzrastała koordynacja mięśni, amplituda skurczów i prędkość robota. Finalnie biohybryda była w stanie pływać tak szybko i skutecznie, jak żywe analogi.

W pracy badaczy nie chodzi jednak o tworzenie lepszych robotów, a o bardziej szczegółowe zrozumienie zasady działania serca, aby być w stanie pomóc w badaniu chorób, takich jak arytmia, a ostatecznie nawet w tworzeniu lepszych sztucznych zamienników mięśnia sercowego lub jego elementów.

– Naszym ostatecznym celem jest zbudowanie sztucznego serca, które zastąpi wadliwy narząd u dziecka – powiedział Kit Parker, starszy autor badania.

Źródło: newatlas



# Przemysł spragniony spotkań

**C**hociaż od Targów ITM INDUSTRY EUROPE dzieli nas jeszcze kilka miesięcy, to powierzchnia wystawiennicza jest już niemal w całości zarezerwowana dla najważniejszych firm sektora innowacji. Zapowiada się bardzo dobra edycja wsparta bogatym programem wpisującym się w aktualne trendy rynku. Nowa polityka przemysłowa, energooszczędność, dekarbonizacja i zielone obligacje – to tylko część tematycznych wyzwań, które przyświecają w tym roku organizatorom Targów oraz Kongresu Industry Next.

Dobre nastroje i nadzieje na udany biznesowo rok towarzyszą wystawcom Targów ITM INDUSTRY EUROPE. Widać to także po skali zainteresowania obecnością w tegorocznej edycji wydarzenia.

– Trwają rozmowy z naszymi partnerami i wystawcami. Wszyscy są spragnieni spotkań. Czekają na Targi. Ostatnia edycja przekonała nas o potrzebie kontynuacji biznesowych planów na Targach. Zdecydowana większość wystawców obecnych w 2021 r. zgłosiła się już i w tym roku. Wracają też do nas firmy po dłuższej przerwie w aktywności wystawienniczej. Z radością witamy przemysłowych gigantów, takich jak DMG MORI, TRUMPF, MAZAK, AMADA, KIMLA czy FANUC.

reklama

Są z nami także inni liderzy branży przemysłowej, którzy już zarezerwowali miejsce na Targach. Taka bogata w zróżnicowaną ofertę ekspozycja zapewnia biznesowo udane Targi – zdradza kulisy organizacji Anna Lemańska-Kramer, dyrektor Targów ITM INDUSTRY EUROPE.

Podobnie jak w latach ubiegłych, także i w tej edycji będzie można zobaczyć, ugruntowane już w świadomości zwiedzających, serce Targów czyli ITM – w skrócie trzy litery budujące markę wydarzenia: Innowacje wspierające rozwój firm, Technologie będące przyszłością branży, a także Maszyny stanowiące przykład implementacji najnowocześniejszych rozwiązań w przemyśle.

Ekspozycja zostanie podzielona na kluczowe gałęzie przemysłu. Znajdą się na niej m.in.: obrabiarki i narzędzia do metali, automatyka przemysłowa, roboty, rozwiązania z zakresu odlewnictwa i spawalnictwa czy technologie addytywne. Targom towarzyszyć będzie bogaty program wydarzeń. Jednym z nich jest Kongres Industry Next, którego kluczowym tematem będzie zapowiedziana przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii nowa strategia przemysłowa.

Kongres Industry Next odbędzie się w pierwszym i drugim dniu Targów ITM INDUSTRY EUROPE, które potrwać od 31 maja do 3 czerwca 2022 r. W tym samym czasie odbędą się także: Targi Logistyki, Magazynowania i Transportu MODERNLOG, Targi Kooperacji Przemysłowej SUBCONTRACTING oraz Forum Odlewnicze FOCAS.

# ITM

## INDUSTRY EUROPE

### 31.05-3.06.2022

### POZNAŃ, POLAND

## PRZEMYSŁ ERY CYFROWEJ

[www.ITM-Europe.com](http://www.ITM-Europe.com)



ZAPRASZA

mtp  
GRUPA



sto lat dobrze  
zaprojektowanych  
wydarzeń



# Trendy w olejach turbinowych

Dawid Pykosz

Turbiny, bez względu na to, jakim medium są napędzane oraz na jaką skalę pracują – wielkie turbozespoły w elektrowniach i elektrociepłowniach czy pojedyncze urządzenia w zakładach przemysłowych – bez wątpienia są urządzeniami, które w fazie budowy i uruchomienia wymagają wysokich nakładów inwestycyjnych. Czy rozsądny inwestor, podejmując decyzję o zakupie i uruchomieniu turbiny, może sobie pozwolić na niedopatrzienia w kwestii oleju smarowego pracującego w układzie? Odpowiedź nasuwa się sama.

Zadaniem turbiny jest zamiana energii kinematycznej przepływającego medium na energię mechaniczną. Proces ten zachodzi na specjalnie ukształtowanych łopatkach przymocowanych do ułożyskowanego wału. Wał i odpowiednio ukształtowane łopatki stanowią wirnik turbiny, który oddaje przejętą energię do napędzanego urządzenia, najczęściej generatora. Często pomiędzy wałem a generatorem znajduje się przekładnia redukująca obroty wału turbiny do właściwych nastawień.

Turbiny, dzięki swojej wysokiej sprawności i stosunkowo prostej konstrukcji, znalazły szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach. Energetyka (turbiny ciepłe, wiatrowe, wodne), lotnictwo, żegluga, przemysł – to branże, w których różnego rodzaju turbiny są wykorzystywane.

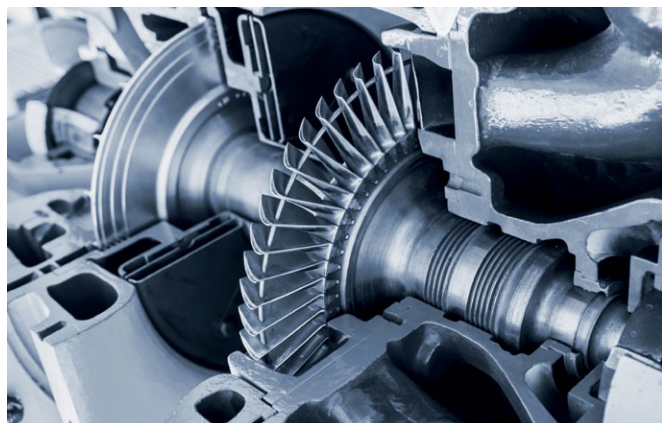
Warunki i środowisko pracy turbin mogą diametralnie się między sobą różnić. Jedne z najtrudniejszych warunków – wysokie temperatury, wysokie ciśnienia, agresywne gazy sprzyjające korozji – występują w turbinach ciepłych (parowych, gazowych, kombinowanych). Bezawaryjna praca w takich warunkach wymaga zastosowania nie tylko wysokiej jakości materiałów konstrukcyjnych, ale także najwyższej jakości oleju smarowego, spełniającego wymagania producenta urządzenia. Temperatury na łożyskach wysoko wydajnych turbin gazowych nierzadko osiągają poziom 110–120°C (gorące punkty na warstwie ślizgowej nawet do 140°C). Zbliżone, a nierzadko wyższe,

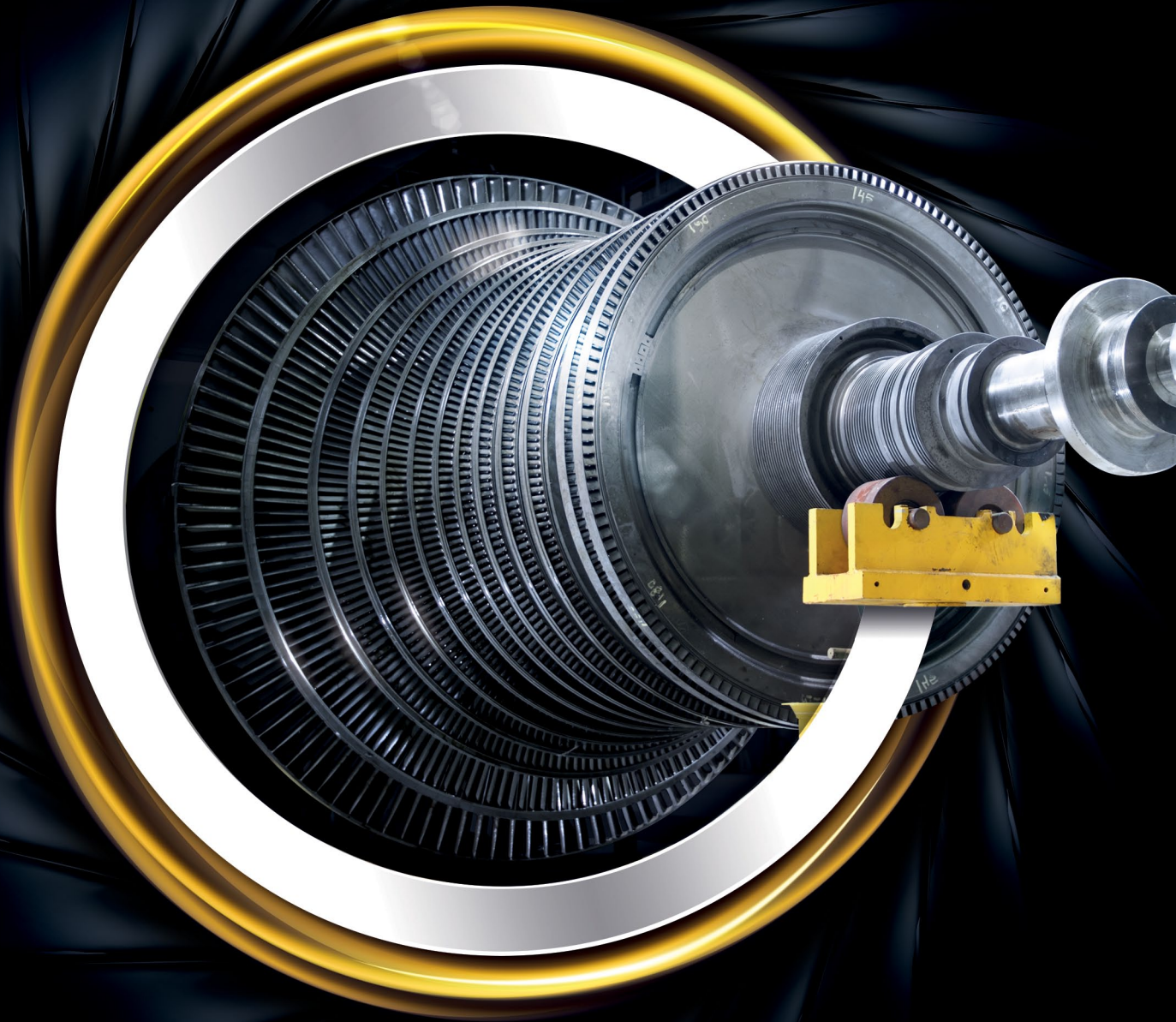


ponad 150°C, temperatury może osiągnąć olej smarujący labiryntowe uszczelnienia mechaniczne na styku uszczelnienia z pierścieniami ślizgowymi. Co więcej, obecność pary wodnej i gazów spalinowych stawia przed olejem smarowym dodatkowe wymagania.

Nieustanny rozwój urządzeń, ukierunkowany na podnoszenie ich sprawności, wpływa na zwiększenie wymagań stawianych olejom smarowym stosowanym w turbinach. Od kilkunastu lat na rynku olejów turbinowych da się zaobserwować trend poprawiania stabilności termooksydacyjnej. Ostatnimi laty szczególną i uzasadnioną uwagę zaczęto przywiązywać do stałych produktów utleniania, osadów powstających podczas pracy oleju smarowego w układzie turbiny. Wspomniane osady, nagary czy szlamy są jednym z głównych zanieczyszczeń mechanicznych (poza ścierem), które mogą mieć destrukcyjny wpływ na podzespoły turbiny, a tym samym powodować przestoje w eksploatacji oraz skutkować kosztownymi remontami. Im wyższe temperatury pracy urządzenia, tym wyższe temperatury oleju smarowego, którego podstawowym zadaniem, oprócz smarowania węzłów tarcia, jest odbiór ciepła i chłodzenie newralgicznych podzespołów turbiny (np. uszczelnień).

Obserwowanym obecnie trendem jest stosowanie do produkcji olejów turbinowych mineralnych olejów bazowych grup II i III wg API. Oleje te, w porównaniu do olejów bazowych





**OLEJE TURBINOWE ORLEN OIL**  
**EKSPERT** W TWOJEJ BRANŻY

Oleje turbinowe wykorzystywane są do smarowania i chłodzenia łożysk turbin parowych, gazowych i wodnych. Nasze produkty są badane w akredytowanych laboratoriach zgodnie z metodykami badawczymi Polskich Norm (PN). W ofercie ORLEN OIL wyróżniamy następujące grupy olejów turbinowych: **TURBINEX TG PREMIUM**, **TURBINEX TG** oraz **TURBINEX TU**, które odznaczają się min. dobrą odpornością na emulgowanie i utlenianie, bardzo dobrymi właściwościami antykorozyjnymi i antyrdzewnymi oraz niską skłonnością do pienia.



I grupy, charakteryzują się lepszą odpornością na utlenianie, co jest pożądane podczas pracy w wysokich temperaturach. Z drugiej strony lepsze właściwości termooksydacyjne okupione są niższą zdolnością rozpuszczania wielkocząsteczkowych produktów utleniania. Osady, stałe produkty degradacji oleju, powstają w wyniku aglomeracji i polimeryzacji rozpuszczalnych produktów utleniania. Olej turbinowy posiada pewną, w dużej mierze zależną od użytego do produkcji oleju bazowego, zdolność rozpuszczania produktów utleniania. Zdolność ta jest jednak ograniczona. W momencie, gdy roztwór osadów w oleju staje się nasycony, olej nie jest w stanie rozpuścić większej ilości zanieczyszczeń, które zaczynają odkładać się na powierzchni kluczowych podzespołów.

Osady i nagary odkładające się w łożyskach turbiny pogarszają ich zdolność do przenoszenia obciążeń, dodatkowo ograniczają prześwit, wpływając na wzrost ciśnienia i temperatury, co jeszcze bardziej przyspiesza proces starzenia. Lepkie zanieczyszczenia osadzające się na zaworach mogą powodować problemy w prawidłowej pracy oraz ostatecznie ich uszkodzenie. Ponadto

osady odkładające się w chłodnicy pogarszają wymianę ciepła, a osiadające na filtrach powodują ich szybsze blokowanie, co skutkuje częstszą wymianą. Ważnymi elementami narażonymi na zanieczyszczenie stałymi produktami starzenia się oleju są uszczelnienia, nagary tworzące się w tych miejscach mogą skutkować wyciekami i wzrostem tarcia. Awaryjne powiązane z tworzeniem się osadów mogą się skończyć nieplanowanymi przestojami i remontami, których całkowite koszty mogą sięgać nawet kilku milionów złotych.

Mając na uwadze zagrożenia, jakie niesie ze sobą zastosowanie oleju podatnego na tworzenie osadów, warto przyjrzeć się krajowym i międzynarodowym aktom normalizacyjnym oraz specyfikacjom producentów turbin pod kątem wymagań jakościowych i badań weryfikujących takie skłonności. Przeglądając popularne normy dotyczące olejów stosowanych w turbinach (m.in. ISO 8086, DIN 51515) oraz standardy OEM dostrzeżemy, że oleje turbinowe muszą spełniać szereg wymagań jakościowych. Oprócz typowych, ważnych dla tego typu zastosowania analiz, jak wydzielanie powietrza z oleju, deemulgowalność, liczba kwasowa czy odporność na pienie, w większości znajdziemy także testy sprawdzające odporność olejów na utlenianie. Typowe, wykonywane od lat analizy to RPVOT (*Rotating Pressure Vessel Oxidation Test*) oraz TOST (*Turbine Oil Oxidation Stability Test*).

Jak pokazują analizy przeprowadzone przez ORLEN OIL, wspomniane metody badawcze często nie odzwierciedlają zachowania oleju w układzie i nie są wystarczające do oceny oleju pod kątem tendencji do wydzielania osadów. Wynikiem testu RPVOT jest czas zmierzony w minutach do momentu

odpowiedniego spadku ciśnienia tlenu w komorze ciśnieniowej, w której znajduje się próbka badanego oleju. Jak pokazuje doświadczenie, oleje posiadające bardzo wysokie wyniki testu RPVOT niekoniecznie charakteryzują się niską skłonnością do tworzenia osadów. Analiza TOST opiera się przede

wszystkim na okresowym pomiarze liczby kwasowej oleju umieszczonego w łaźni o temperaturze 95°C, w obecności wody oraz katalizatora Cu-Fe. Dodatkowo próbka znajduje się w atmosferze tlenu. Badanie jest czasochłonne, w przypadku olejów odpornych na utlenianie może trwać nawet ponad 10 000 godzin. Jak pokazują zebrane doświadczenia, badanie nie odzwierciedla w dużej mierze zachowania się oleju w podwyższonych temperaturach, rzędu 150°C.

Warto zauważyć, że obecnie tylko niektóre specyfikacje odnoszą się wprost do problemu tworzenia się osadów. Badania ukierunkowane na weryfikację tych tendencji znajdziemy w międzynarodowej normie jakościowej ISO 8086 (Wymagania dla olejów smarowych do turbin) oraz w specyfikacjach producentów maszyn MAN Turbo

TED 10000494596 i Mitsubishi MS04-CL005. Wymienieni producenci przywiązują szczególną wagę do środków smarowych stosowanych w wyprodukowanych przez nich urządzeniach oraz wydają dopuszczenia tylko dla olejów, których odporność na wydzielanie osadów została pozytywnie zweryfikowana podczas wymagających testów laboratoryjnych. Spełnienie tych wymagań jest zazwyczaj osiągalne dzięki użyciu olejów bazowych grup II i III oraz starannie dobranych dodatków funkcyjnych – antyutleniaczy, inhibitorów korozji, dodatków EP (jeśli olej ma smarować również przekładnię).

Użytkownicy turbin muszą świadomie dokonywać wyboru oleju smarowego. Z pomocą przychodzą im producenci sprzętu, którzy opracowują specyfikacje i standardy jakości dla środków smarowych oraz wymagają od producenta oleju wykonania pełnych badań w celu uzyskania dopuszczenia do stosowania w ich urządzeniach. Wykonanie szeregu testów i analiz oraz uzyskanie pozytywnych rezultatów finalnie prowadzi do uzyskania aprobaty konkretnego producenta turbin, która jest potwierdzeniem spełnienia wymagań zawartych w specyfikacji OEM i gwarantuje bezawaryjną pracę turbiny i oprzyrządowania. ■







www.orlenoil.pl



# Profesjonalne oznakowanie hal magazynowych i obiektów produkcyjnych

reklama

Zadbaj o bezpieczeństwo BHP Twoich pracowników. Powierz nam wykonanie oznakowania poziomego w hali produkcyjnej lub magazynowej! Od 2009 roku specjalizujemy się w malowaniu linii, pasów, wszelkich piktogramów i znaków BHP stanowiących system oznaczeń ciągów komunikacyjnych, dróg transportowych i ewakuacyjnych oraz potencjalnych obszarów kolizji w halach magazynowych i produkcyjnych. Pomożemy Ci stworzyć optymalną przestrzeń pod względem bezpieczeństwa, logistyki, organizacji pracy i produkcji.



Ofertujemy profesjonalne usługi z zakresu oznakowania poziomego i pionowego obiektów przemysłowych (hal, magazynów i parkingów), obiektów użyteczności publicznej, pomieszczeń biurowych i obiektów rekreacyjnych oraz sportowych. Wykonujemy również indywidualne projekty oznakowania, które w znacznym stopniu podnoszą efektywność wykonywanej pracy i zmniejszają prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji czy wypadku.



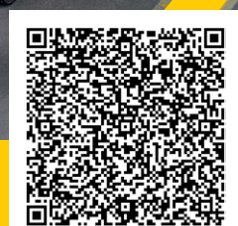
## Na terenie zakładów przemysłowych i hal magazynowych wykonujemy:

- malowanie linii, które wyznaczają drogi transportowe dla wózków widłowych, oraz bezpieczne ciągi komunikacyjne dla pracowników;
- oznakowanie stanowisk pracy i obszarów roboczych;
- oznakowanie miejsc odkładczych na kontenery, palety i kosze;
- malowanie linii wokół regałów;
- malowanie dróg ewakuacyjnych;
- znakowanie ostrzegawcze (żółto-czarne pasy na krawężniach, słupach, barierach i odbojach oraz wokół ramp);
- oznakowania BHP (gaśnic i hydrantów);
- piktogramy, symbole i napisy;
- każde inne na indywidualne życzenie Klienta.

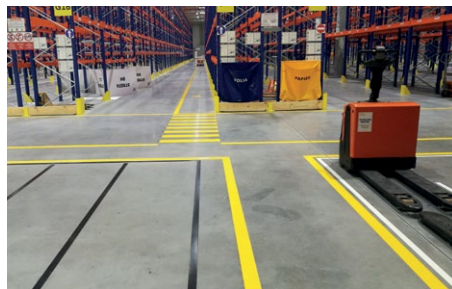
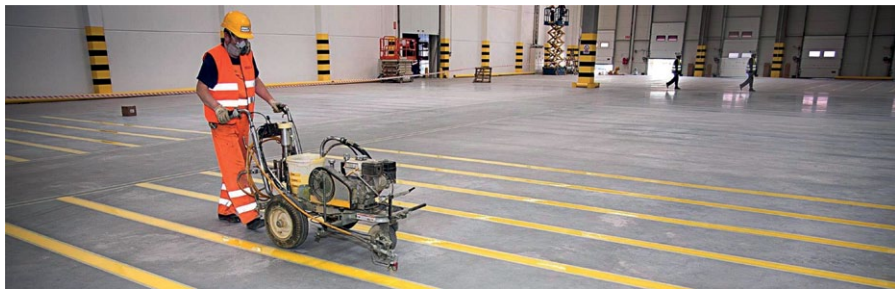


**MALOWANIELINII.PL**  
HALE - PARKINGI - DROGI

Zadbaj z nami  
o **profesjonalne  
oznakowanie BHP**  
hal magazynowych  
i zakładów produkcyjnych



T: 795 466 885 lub 601 304 306  
E: oferty@malowanielinii.pl  
www.malowanielinii.pl  
www.linie.pl



Do grona naszych stałych Klientów, dla których wykonujemy blisko 80% naszych zleceń, możemy zaliczyć m.in.: Amazon, Rossmann, Jysk, Velux, Ikea, LG Chem Solution, Raben, DB Schenker, Bosch, Wielton, Neonet i wielu innych.

Zapraszamy do odwiedzenia naszych stron internetowych, gdzie znajdą Państwo informacje nt. naszych realizacji oraz pełny zakres świadczonych usług na terenie naszego kraju i za granicą: [www.malowanielinii.pl](http://www.malowanielinii.pl), [www.linie.pl](http://www.linie.pl). ■

**Malowanielinii.pl Sp. z o.o.**  
ul. Krzycka 71 A/2  
53-019 Wrocław  
tel. 795 466 885 lub 601 304 306  
[biuro@malowanielinii.pl](mailto:biuro@malowanielinii.pl)  
[www.malowanielinii.pl](http://www.malowanielinii.pl)  
[www.usuwanielinii.pl](http://www.usuwanielinii.pl)

### WYDARZENIA



#### Robot czuły na emocje

Naukowcy z Uniwersytetu Tsukuba opracowali robota do obsługi wiadomości tekstowych, który może pomóc użytkownikom kontrolować swój gniew podczas odbierania niepokojących ich

wiadomości. To urządzenie w znaczący sposób ma szansę poprawić cyfrowe interakcje społeczne.

Badacze zbudowali małego robota o nazwie OMOY, który został wyposażony w ruchomy ciężar uruchamiany przez mechaniczne elementy wewnątrz jego konstrukcji. Przesuwając ciężar wewnętrzny, robot może wyrażać symulowane emocje. Po otrzymaniu tekstu z niepożądanymi lub frustrującymi wiadomościami OMOY może pomóc użytkownikowi w zredukowaniu złych emocji.

Naukowcy w badaniach nad jego skutecznością przeprowadzili testy z wykorzystaniem 94 osób, które otrzymały

wiadomość o treści: „Przepraszam, spóźniłem się. Zapomniałem o naszej wizycie. Czy możesz poczekać jeszcze godzinę?”. Zespół odkrył, że OMOY był w stanie zredukować negatywne emocje podczas przekazywania wiadomości, wyrażając własną opinię o motywacjach autora wiadomości.

Ekspresja ciała robota wywołana przesunięciami ciężaru nie wymaga żadnych elementów zewnętrznych, takich jak ręce czy nogi, co sugeruje, że wewnętrzne ruchy ciężaru mogą zmniejszyć złość użytkownika lub inne negatywne emocje bez wykorzystania bogatej bazy gestów lub mimiki.

Źródło: sciencedaily

reklama

Które wydanie  
miesięcznika  
jest dla Ciebie?

4/2022

Bezpieczeństwo w przemyśle

5/2022

Termowizja, monitoring, pomiary

6/2022

Przemysł 4.0

XVI edycja Konkursu miesięcznika

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

# PRODUKT ROKU 2021

#### KATEGORIE:

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



Ogłoszenie wyników konkursu oraz wręczenie nagród i wyróżnień odbędzie się podczas Targów ITM INDUSTRY EUROPE, w Poznaniu.

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



# Stacja redukcyjno-zabezpieczająca typu PREREST-01/1

Dawid Szurgacz, Dawid Rojek, Szymon Węgrzyn

## 1. Wprowadzenie

Sektor wydobywczy przechodzi obecnie transformację technologiczną związaną z konwergencją innowacyjnych technologii dotyczących wydobywania i przygotowania kopalin. Obecnie jest jasne, że w XXI wieku nieunikniona jest w górnictwie transformacja technologiczna, która ostatecznie rozwiąże dwa krzyżujące się zadania. Pierwszym z nich jest zaspokojenie rosnącego zapotrzebowania na surowce, w tym źródła energii. Drugim zadaniem jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju krajów, których dobrobyt jest determinowany przez górnictwo, zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym, przy jednoczesnym ograniczeniu globalnego wpływu górnictwa na klimat.

Rozwój innowacyjnych technologii górniczych powinien przyczynić się do osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju poprzez rozwiązanie czterech kwestii związanych z zapewnieniem ludzkości wysokiej jakości surowców i energii, przy jednoczesnym ograniczeniu wpływu na ekosystemy naturalne i społeczne oraz przyspieszeniu ich regeneracji. Pierwszym zagadnieniem w tym temacie jest modernizacja istniejących maszyn górniczych (powierzchniowych i podziemnych) w celu radykalnego zwiększenia wydajności, zmniejszenia zużycia materiałów i energochłonności wydobycia minerałów. Jego rozwiązaniem jest poprawa bazy materialnej, na której w XXI wieku będzie rozwijane Górnictwo 4.0. Drugim zagadnieniem innowacyjnego rozwoju technologii górniczych jest zastąpienie nowymi dotychczasowych geotechnologii, zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią. Takimi jak zintegrowane wydobywanie kopalin i ograniczenie ich strat w podłożu, ograniczenie skutków sejsmicznych eksploatacji górniczych oraz szkód w zasobach wodnych. Wymaga to dalszych badań w zakresie zarządzania procesami technologicznymi w kopalniach, optymalizacji pod kątem wykorzystania różnych typów sprzętu.

Trzecią omawianą kwestią jest zmniejszenie naturalnej intensywności wydobycia, które powinno być realizowane po zakończeniu wydobycia i w ramach zielonego górnictwa. Mówimy tu o technologii górniczej i środowiskowej, w wyniku której oszczędzamy naszą planetę. Czwarta kwestia dotyczy konieczności zapewnienia bezpieczeństwa pracy i osiągnięcia zerowej liczby wypadków śmiertelnych w górnictwie. W odniesieniu do innowacyjnego rozwoju oznacza to rozszerzenie zakresu badań bezpieczeństwa pracy w kontekście powszechnego wprowadzenia osiągnięć Przemysłu 4.0 [1, 2].

Badania nad polepszeniem własności użytkowych układów zabezpieczająco-redukcyjnych w wodę dla podziemnych

**Streszczenie:** Przedstawiona stacja redukcyjno-zabezpieczająca typu PREREST-01/1 do zabezpieczania, monitorowania oraz kontroli regulacji parametrów ciśnienia i przepływu medium hydraulicznego jest nowoczesnym i zautomatyzowanym urządzeniem służącym do pracy w podziemnych zakładach górniczych. Powstała stacja jest efektem wieloletnich doświadczeń konstruktorów z Centrum Hydrauliki DOH w dziedzinie hydrauliki. Jej pierwsze wdrożenie odbyło się w JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka na poziomie 705.

Słowa kluczowe: monitoring, regulacja parametrów ciśnienia, przepływ medium hydraulicznego

## REDUCING AND PROTECTING STATION TYPE PREREST-01/1

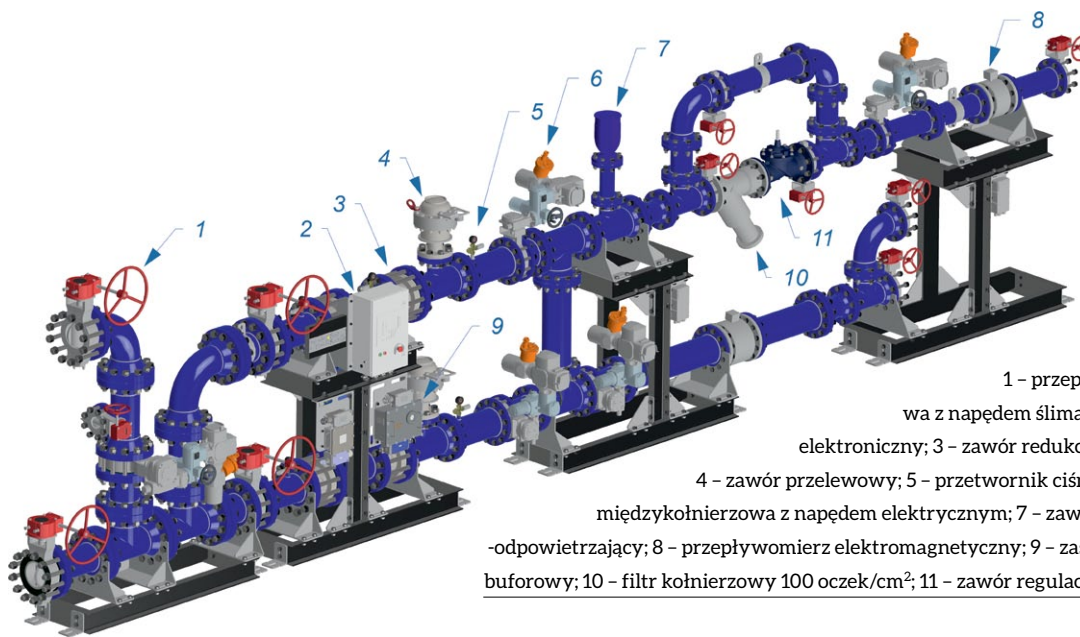
**Abstract:** Presented is a pressure reducing and safety station type PREREST-01/1 for protection, monitoring and control of pressure and flow parameters of a hydraulic medium. It is a modern and automated device used for work in underground mining plants. The resulting station is the result of years of work by designers at the DOH Hydraulic Center. Its first implementation took place at JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka on the level of 705.

Keywords: monitoring, regulation of pressure parameters, flow of hydraulic medium

kopaln są efektem prac rozwojowych prowadzonych przez Centrum Hydrauliki DOH. Przetworzona w pracy oryginalna stacja redukcyjno-zasilająca PREREST-01/1 została wdrożona i obecnie pracuje w JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka na poziomie 705 m pod ziemią przy szybie.

## 2. Budowa i przeznaczenie

Stacja PREREST-01/1 (rys. 1) przeznaczona jest do redukcji, a następnie do regulacji przepływu w celu zapewnienia prawidłowego ciśnienia na poziomie oraz uzupełnienia ubytków wody w zbiorniku pojemnościowym. Jej główną funkcją jest redukcja ciśnienia wody, dzięki czemu układ zostaje zabezpieczony przed kawitacją i zerwaniem strugi w rurociągu szybowym. Stacja stabilizuje ciśnienie w sieci ppoż. pomimo wahań ciśnienia wejściowego stacji. Natomiast stabilizacja przepływu strugi w sieci ppoż. odbywa się przy określonej wartości ciśnienia medium roboczego. Przy określonej wartości przepływu



**Rys. 1.** Widok podstawowych elementów składowych stacji, gdzie:

- 1 - przepustnica międzykołnierzo-  
wa z napędem ślimakowym; 2 - sterownik  
elektryczny; 3 - zawór redukcyjny proporcjonalny;
- 4 - zawór przelewowy; 5 - przetwornik ciśnienia; 6 - przepustnica  
międzykołnierzo-  
wa z napędem elektrycznym; 7 - zawór napowietrzająco-  
odpowietrzający; 8 - przepływomierz elektromagnetyczny; 9 - zasilacz iskrobezpieczny  
buforowy; 10 - filtr kołnierzowy 100 oczek/cm<sup>2</sup>; 11 - zawór regulacji ciśnienia 4-16 bar

stacja stabilizuje strugę napełniającą chodnik pojemnościowy. Dodatkowo stacja pozwala na ścisłą kontrolę i monitorowanie parametrów roboczych, diagnostykę poszczególnych elementów i punktów składowych. Może komunikować się z systemami nadzorczymi stosowanymi przez kopalnię poprzez protokół transmisji. Widok omawianej stacji przedstawiono na rysunku 2.

### 3. Zasada działania stacji

Stacja przeznaczona jest do zabezpieczenia układu ppoż. na danym poziomie w podziemnej kopalni przed zbyt dużym ciśnieniem wody w rurociągach, poprzez redukcję ciśnienia wody dostarczanej ze zbiornika usytuowanego na powierzchni. Redukcja ciśnienia realizowana jest od wartości ciśnienia 70 bar do wartości w zakresie od 4 bar do 16 bar. Jej drugą funkcją

reklama

**Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.**



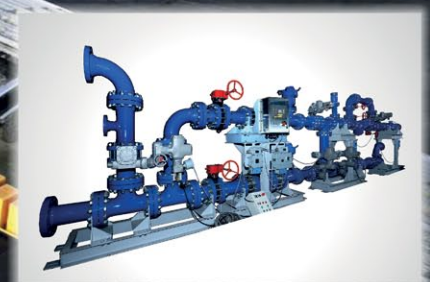
**Systemy sterowania hydraulicznego**



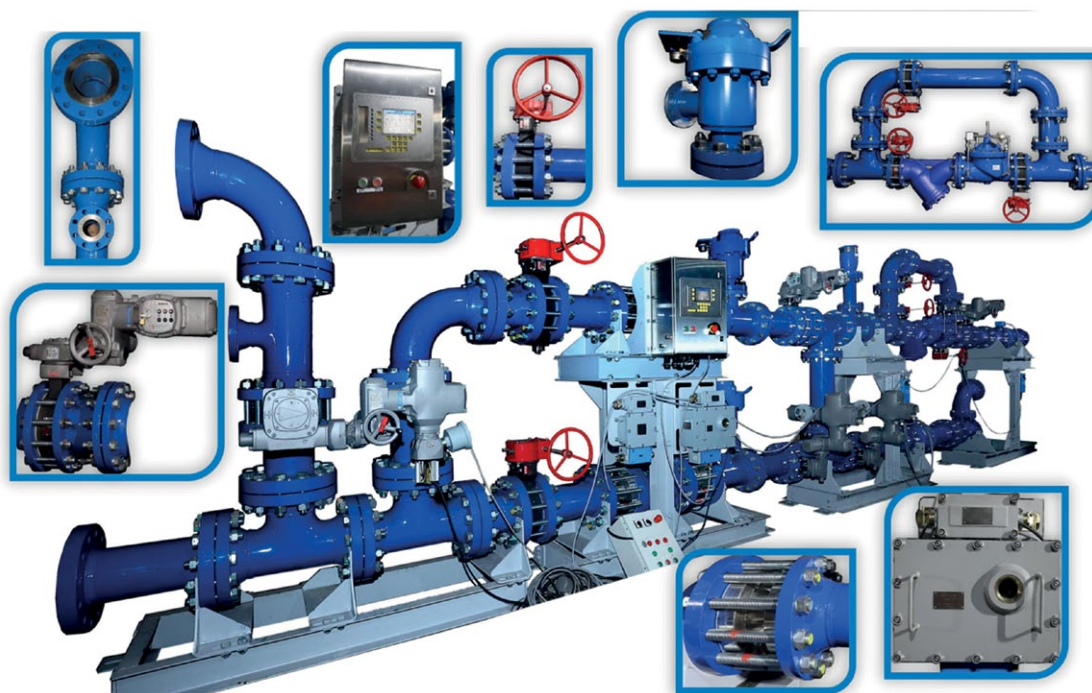
**Bezprzewodowe systemy pomiarowe**



**Stacje redukcyjno - zabezpieczające**







Rys. 2. Widok stacji PREREST-01/1 pracującej w JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka na poziomie 705 m pod ziemią przy szybie

Tabela 1. Podstawowe dane techniczne

Medium robocze:	Woda
Ciśnienie wejściowe:	Nominalne 70 bar Dopuszczalne 100 bar
Redukcja ciśnienia:	2 tory redukcyjne (podstawowy plus rezerwowo) 2 stopnie redukcji o wartości 1:2, 3 każdy
Regulacja ciśnienia dla wyjścia ppoż.:	4-16 bar
Regulacja przepływu:	Płynna w zależności od zmian ciśnienia na wyjściu ppoż.
Pomiar ciśnienia:	7-punktowy
Pomiar przepływu:	Elektromagnetyczny, 2-punktowy
Wymiary (dł. x szer. x wys.):	11 x 1 x 2,9 m

jest napełnianie chodnika pojemnościowego. Układ wejściowy stacji został wyposażony w wysokociśnieniowe przepustnice w celu odpowiedniego rozprrowadzenia wody. Są one sterowane elektrycznie. Woda z rurociągu szybowego o ciśnieniu 70 bar kierowana jest do reduktora ciśnienia, gdzie wartość ciśnienia dostarczonej wody zostaje obniżona do około 31 bar. Następnie woda kierowana jest do kolejnego reduktora ciśnienia, gdzie jej ciśnienie zostaje obniżone do wartości około 16 bar. Zastosowany układ rezerwowo zapewnia możliwość pracy stacji w przypadku awarii podzespołów w układzie podstawowym lub w czasie przeprowadzenia koniecznych prac konserwacyjnych. Po przejściu przez układ reduktorów woda kierowana jest na układ zasilający ppoż. oraz układ napełniania chodnika pojemnościowego.

#### 4. Podsumowanie

Obecnie produkowane układy zasilające kopalnię podziemną w wodę powinny być odpowiednio zabezpieczone przed

niekorzystnym ciśnieniem, które może spowodować wzrost zagrożenia w sieci ppoż. Występujące ciśnienie wody w sieci ppoż. jest znaczącym powodem występowania niekorzystnych zjawisk typu kawitacja. Nowym podejściem w tym zakresie jest wykorzystanie nowo opracowanej stacji redukcyjno-zabezpieczającej. Stacja została zaprojektowana w Centrum Hydrauliki DOH i jej koncepcja charakteryzuje się tym, że jest sterowana w trybie automatycznym za pomocą specjalnie opracowanego algorytmu. Przeprowadzone analizy i symulacje dotyczące przepływu cieczy dla projektowanej stacji pozwoliły określić ostateczną koncepcję dla powstania prototypu. Wykonane testy stacji oraz jej systemu sterowania w warunkach powierzchniowych pozwoliły określić jej gotowość do wdrożenia w warunkach podziemnej kopalni. Po niezbędnych przygotowaniach oraz spełnieniu wymagań została ona wdrożona w JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka na poziomie 705 m pod ziemią przy szybie.

#### Literatura

- [1] SZURGACZ D., ZHIRONKIN S., CEHLÁR M., VÖTH S., SPEARING S., LIQIANG M.: *A Step-by-Step Procedure for Tests and Assessment of the Automatic Operation of a Powered Roof Support*. „Energies” 14/2021.
- [2] SZURGACZ D., ZHIRONKIN S., VÖTH S., POKORNÝ J., SPEARING A.J.S., CEHLÁR M., STEMPNIAK M., SOBIK L.: *Thermal Imaging Study to Determine the Operational Condition of a Conveyor Belt Drive System Structure*. „Energies” 14/2021.

dr hab. inż. Dawid Szurgacz, mgr inż. Szymon Węgrzyn –  
Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.

mgr inż. Dawid Rojek – JSW SA KWK Borynia-Zofiówka Ruch  
Zofiówka

Wywiad z Prezesem Zarządu, Jackiem Sadaj

# Morski Port Gdynia – jubileusz 100-lecia – rozwój dzięki inwestycjom

Ryszard Klencz

2022 rok jest szczególnie ważny dla gospodarki morskiej w Polsce, gdyż obchodzimy jubileusz Portu Gdynia. Od stu lat Port Gdynia jest najważniejszą częścią Gdyni, generatorem rozwoju regionu i polską bramą na świat. Branża morska i działalność portu nadają charakter miastu, którego tradycja i przeszłość, dotychczasowy i przyszły dorobek, są nierozzerwalnie powiązane.

**W** 1920 r., na mocy ustaleń traktatu wersalskiego, Polska odzyskała utracony w trakcie zaborów dostęp do morza. Do pełnej suwerenności niezbędne były kluczowe decyzje gospodarcze, które pozwoliłyby uzyskać niezależność gospodarczą kraju.



Jacek Sadaj, Prezes Zarządu, Morski Port Gdynia

Jak powiedział Eugeniusz Kwiatkowski, budowniczy portu i miasta Gdyni: „Polska bez własnego wybrzeża morskiego i bez własnej floty nie będzie nigdy ani zjednoczona, ani niepodległa, ani samodzielna gospodarczo i politycznie, ani szanowana w wielkiej rodzinie państw i narodów, ani zdolna do zabezpieczenia warunków bytu, pracy, postępu i dobrobytu swym obywatelom”.

Inżynier Tadeusz Wenda zarówno wskazał miejsce realizacji budowy Portu Gdynia, jak i zaprojektował oraz nadzorował jego budowę. W swoim sprawozdaniu pisał: „Najdogodniejszym miejscem do budowy portu wojennego (jak również w razie potrzeby handlowego) jest Gdynia, a właściwie nizina między Gdynią a Oksywą”. Argumentował swój wybór choćby tym, że Gdynia ma korzystne warunki hydrograficzne, jest osłonięta od wiatrów, a niedaleko znajduje się stacja kolejowa.

23 września 1922 r. sejm podjął ustawę o budowie portu w Gdyni.

**Ryszard Klencz:** – Widoczna jest tendencja wzrostowa w przeładunkach. Jakie czynniki mają na to wpływ?

**Jacek Sadaj:** – Ogólna liczba przeładunków w Porcie Gdynia w 2021 r. wzrosła o 8,2 proc., do 26 693 000 ton. Przeładunki kontenerów wyniosły rekordowe 985 919 TEU, co stanowi wzrost o 8,9 proc. w stosunku do poprzedniego roku. Największe wzrosty Port odnotował w kategorii ładunków drobnicowych – wzrost o 14,9 proc. do 16 207 000 ton – oraz ropy i przetworów naftowych – aż o 42 proc. więcej, łącznie 2 516 000 ton. Do Gdyni w 2021 r. zawinęło 4240 statków handlowych, co oznacza wzrost o 14,7 proc. 19 spośród tych statków stanowiły kontenerowce powyżej 300 metrów długości.

Bardzo cieszą nas wzrosty przeładunku paliw płynnych, które są związane m.in. z rozbudową Bazy Paliw w gdyńskim Dębogórze, połączonej bezpośrednim rurociągiem ze Stanowiskiem Przeładunku Paliw Płynnych w Porcie Gdynia. W ostatnim czasie dębogórska infrastruktura powiększyła się o dwa zbiorniki,





Foto: T. Urbaniak, Port Gdynia

każdy o pojemności 32 000 m<sup>3</sup>. Dzięki rozbudowie pojemność magazynowa bazy wzrosła do prawie 260 000 m<sup>3</sup>. W planach na kolejne lata jest dalsza rozbudowa Bazy Paliw w Dębogórze o następne 3 zbiorniki. Poza tym PERN planuje dalszą modernizację Bazy Paliw, m.in. rozbudowę bocznic kolejowej, w tym budowę dwóch nowych torów o długości ok. 1 km każdy wraz z rozjazdami oraz budowę dwóch stanowisk do załadunku cystern kolejowych z układem pomiarowym i pełną automatyką. Plany inwestycyjne wskazują na to, że w kolejnych latach rekord przeładunków paliw płynnych w Porcie Gdynia może zostać jeszcze wielokrotnie poprawiony.

Obserwowane wzrosty przeładunków kontenerowych w Porcie Gdynia również bardzo cieszą, a są związane w dużej mierze z uruchomieniem nowych połączeń. W lutym ubiegłego roku Bałtycki Terminal Kontenerowy w Gdyni zyskał połączenie feederowe obsługiwane przez Maersk, natomiast w marcu cotygodniowe połączenie między Gdynią a Wielką Brytanią uruchomił Unifeeder. W tym samym czasie Viasea odbyła pierwsze zawinięcie do portu Gdynia w ramach nowego połączenia żeglugowego Gdynia – Oslo – Kłajpeda.

**R.K.:** – Dzisiaj Port Gdynia szybko się rozwija. Jaki jest cel trwających i planowanych inwestycji? Jak realizowane projekty wpływają na poprawę konkurencyjności portu w basenie Morza Bałtyckiego?

**J.S.:** – Port Gdynia to port uniwersalny i jeden z wiodących portów południowego Bałtyku, specjalizujący się w obsłudze ładunków drobnicowych, w tym głównie zjednostkowanych, przewożonych w kontenerach i w systemie Ro-Ro, jak również

w obsłudze ładunków masowych w oparciu o specjalistyczne terminale. Strategia rozwoju Portu Gdynia jest zgodna z „Programem rozwoju polskich portów morskich do 2030 roku” i zakłada jego dalszy rozwój, który umożliwi przyjmowanie największych statków kontenerowych, masowych i pasażerskich, który łączy szlaki morskie z krajową i europejską siecią kolejową i drogową.

Wśród zadań wyznaczonych na najbliższą przyszłość są projekty, takie jak:

- budowa Portu Zewnętrznego w Porcie Gdynia, w tym Portu Instalacyjnego do budowy Morskich Farm Wiatrowych na Bałtyku;
- przebudowa nabrzeży Helskiego i Indyjskiego oraz pogłębienie akwenów wewnętrznych Portu Gdynia do 16 m;
- rozbudowa infrastruktury intermodalnej na terenie Centrum Logistycznego Portu Gdynia;
- działania w zakresie integracji Portu Gdynia z zapleczem, ze szczególnym uwzględnieniem terminali intermodalnych;
- rozbudowa infrastruktury dostępu w Porcie Gdynia; częścią tego projektu jest rozbudowa infrastruktury dostępu dla statków Ro-Ro i promów w Basenie IV i V oraz dostęp drogowo-kolejowy do tych basenów;
- zagospodarowanie nowych terenów Doliny Logistycznej oraz terenów nabytych po Stoczni Remontowej Nauta, w tym załadowanie części basenu II;
- przygotowanie infrastruktury portowej do nowych technologii, w tym wykorzystanie alternatywnych źródeł energii.

Działania te umożliwi dalszy wysoki poziom funkcjonowania, umocnią pozycję rynkową i ugruntują silną markę Portu Gdynia.

Trwające, planowane oraz ukończone inwestycje infrastrukturalne mają na celu przygotowanie Portu Gdynia do obsługi zwiększonego obrotu ładunkowego. W myśl zasady, że podaż usług portowych powinna wyprzedzać przewidywany, wzrastający popyt, przygotowujemy z wyprzedzeniem kolejne inwestycje.

**R.K.:** – Udział infrastruktury kolejowej dojazdowej do portu – jaki jest stan obecny i jakie są plany rozwoju?

**J.S.:** – Udział przewozów kolejowych wynosi około 23% całej masy ładunkowej. Każdy terminal zlokalizowany na terenie Portu Gdynia może korzystać z transportu kolejowego.

Strategia Rozwoju Portu Gdynia do 2027 zakłada 30% udział transportu kolejowego ładunków. Nie ukrywamy jednak, że liczymy, iż ten udział będzie jeszcze większy.

Priorytetem inwestycyjnym dla polskich portów, w tym w szczególności Portu Gdynia, jest wciąż niezrealizowana rozbudowa linii kolejowej nr 201. Linia nr 201 jest częścią międzynarodowej linii kolejowej C-65 – głównego szlaku towarowego łączącego bezpośrednio Port Gdynia ze Śląskiem. Od roku 2012 stanowi ona element polskiej części towarowego korytarza UE Rail Freight Corridor nr 5 i jako dostęp do portu jest uznawana przez Komisję Europejską za istotną dla Korytarza Morze Bałtyckie – Morze Adriatyckie. Ma ona równie ważne znaczenie dla gospodarki krajowej, jak i bezpieczeństwa oraz organizacji przewozów kolejowych w Trójmieście.

Przy obecnym natężeniu ruchu pasażerskiego i towarowego w węźle trójmiejskim, modernizacja linii kolejowej nr 201 zapewni alternatywny dostęp do Portu Gdynia. Należy przypomnieć, iż już w roku 2014 Urząd Transportu Kolejowego przeprowadził badanie zapotrzebowania na przepustowość w węzłach kolejowych w Trójmieście i na Śląsku. Wśród proponowanych niezbędnych i niecierpiących zwłoki działań zaradczych wskazano odseparowanie ruchu generowanego przez Port Gdynia i Port Gdańsk. Osiągnięcie tego celu poprzez skierowanie ruchu z Portu Gdynia na linię 201 znacznie zmniejszy obciążenie ciągu linii 202/9/131.

Modernizacja linii kolejowej nr 201 (łączącej Gdynię z Kościerzyną oraz Bydgoszczą wzdłuż dawnej „magistrali węglowej”) pozwoli na ominięcie obciążonego trójmiejskiego węzła kolejowego, który wciąż pozostaje wąskim gardłem portowego dostępu kolejowego. Niemniej, trwa w Porcie Gdynia inwestycja PKP PLK „Poprawa dostępu kolejowego do portu morskiego w Gdyni”, która przewiduje gruntowną przebudowę stacji kolejowej Gdynia Port wraz z infrastrukturą towarzyszącą, w tym wymianę nawierzchni kolejowej wraz z podtorzem i odwodnieniem. Obejmuje ona łącznie teren 70 hektarów, budowę 130 kilometrów torów kolejowych wraz z 355 rozjazdami i przejazdami kolejowo-drogowymi na odcinkach 6 linii kolejowych, a także instalację urządzeń i systemów telekomunikacyjnych, sieci trakcyjnej wraz z zasilaniem oraz budowę obiektów inżynierskich i kubaturowych. Ponadto budowa Lokalnego Centrum Sterowania Gdynia Port zapewni sprawniejszy ruch pociągów. W efekcie prac

wzrośnie punktualność przejazdów i szybkość obsługi kolejowej terminali portowych.

**R.K.:** – Terminal instalacyjny *offshore* powstanie w gdyńskim porcie. Co obejmuje zakres tej inwestycji?

**J.S.:** – Terminal instalacyjny *offshore* składa się z dwóch zadań inwestycyjnych. Pierwsze z nich – z uwagi na konieczność przygotowania infrastruktury do roku 2024 – polega na modernizacji i dostosowaniu istniejącej infrastruktury w zachodniej części portu do przeładunków elementów *offshore*. Ta część portu pozwoli wystartować z budową morskich farm wiatrowych w polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej. W chwili obecnej trwa przetarg na wybór operatora, który będzie od czerwca 2023 roku realizował te zadania. Druga część to terminal docelowy projektowany poza falochronem głównym. Powstanie nowa infrastruktura na pirsie Portu Zewnętrznego. Powierzchnia samych placów składowych to 30 ha, natomiast całkowita powierzchnia dedykowanego terminalu *offshore* to blisko 60 ha. Ponadto terminal ten będzie dysponował rampą Ro-Ro o odpowiedniej nośności i będzie mógł obsługiwać jednocześnie dwa statki instalacyjne oraz jeden dowozowy. Termin zakończenia budowy tego obiektu to pierwsza połowa 2026 roku.

**R.K.:** – Jakie są prognozy na 2022 rok dla Portu Gdynia?

**J.S.:** – Do prognoz przeładunków w roku 2022 podchodzimy z dużym optymizmem. Wszelkie predykcje ekonomiczne wskazują na kontynuację wzrostu gospodarczego w Polsce, co w bezpośredni sposób powinno przełożyć się na dalsze wzrosty przeładunków w Porcie Gdynia. Trwające, planowane oraz ukończone inwestycje infrastrukturalne mają na celu przygotowanie Portu Gdynia do obsługi zwiększonego obrotu ładunkowego. W myśl zasady, że podaż usług portowych powinna wyprzedzać przewidywany, wzrastający popyt, przygotowujemy z wyprzedzeniem kolejne inwestycje.

Rekordowe dane przeładunkowe Portu Gdynia za 2021 r. w okresie wyjątkowo niepewnym i turbulentnym pozwalają na optymizm w planowaniu dalszego jego rozwoju, a także wzrost wiarygodności i konkurencyjności Spółki na rynkach międzynarodowych. Port otwiera nowe połączenia żeglugowe, modernizuje swój potencjał infrastrukturalny, a także wpisuje się w politykę transformacji energetycznej. Można powiedzieć, że w Porcie Gdynia, w jubileuszowym roku 100-lecia jego powstania, prowadzimy *business as usual* i poprzez wdrażanie innowacyjnych rozwiązań chcemy wprowadzić Port w nową epokę rozwoju opartą na pryncypiach efektywności logistycznej, zasobooszczędności, odpowiedzialności społecznej oraz digitalizacji.

**R.K.:** – Dziękuję za rozmowę. ■





Targi ENEX 2022 zakończone sukcesem! Targi ENEX/ENEX Nowa Energia oraz EKOTECH zgromadziły łącznie ponad 170 firm z 14 krajów

# Najlepsi producenci i najnowsze rozwiązania branży energetycznej

Tegoroczne spotkanie branży energetycznej przyciągnęło m.in. wiodących producentów paneli fotowoltaicznych, instalatorów pomp ciepła, dilerów samochodów elektrycznych oraz firmy zajmujące się magazynowaniem energii. Targi Enex to miejsce premier produktowych – spotkanie było okazją do zaprezentowania branżowych nowości konkretnej grupie odbiorców. Najnowsze rozwiązania dronowe, nowoczesne systemy montażowe i fotowoltaiczne, najnowsze modele inwerterów i pomp ciepła, kompletne systemy grzewcze, a także stacje do ładowania samochodów elektrycznych i osprzęt elektroinstalacyjny – to tylko mała część oferty, jaką zaoferowali tegoroczni Wystawcy.

## Nagrody dla najlepszych w branży

Podczas pierwszego dnia Targów Enex przyznano nagrody i wyróżnienia w następujących kategoriach: Magazynowanie i zarządzanie energią, Odnawialne źródła energii, Sprzęt eksploatacyjny i narzędzia oraz Konstrukcje OZE. W kategorii Magazynowanie i zarządzanie energią medal Targów Kielce otrzymała firma Fronius Polska Sp. z o.o. z Gliwic za funkcjonalność PV Point. Wyróżnieniem doceniono firmę MEB Technical Sp. z o.o. z Opola za system microgrid „Zielonej Wyspy MEB” z magazynowaniem energii oraz GoodWe Europe GmbH z Monachium za magazyn energii wysokiego napięcia GoodWe – Seria Lynx Home F. Wśród laureatów medali Targów Kielce w kategorii Odnawialne źródła energii znalazły się firmy: NIBE-BIAWAR Sp. z o.o. z Białegostoku za powietrzną pompę ciepła NIBE SZ125 oraz Galmet Sp. z o.o. Sp.k. z Głubczyc za AIRMAX3 – pompę ciepła powietrze-woda do c.o. Firma Lewi Polska z Pabianic otrzymała medal Targów Kielce za QLEEN Profi Two w kategorii Sprzęt eksploatacyjny i narzędzia, a firma Corab SA z Olsztyna zdobyła medal Targów Kielce w kategorii Konstrukcje OZE za Corab Tracker WS T-001.



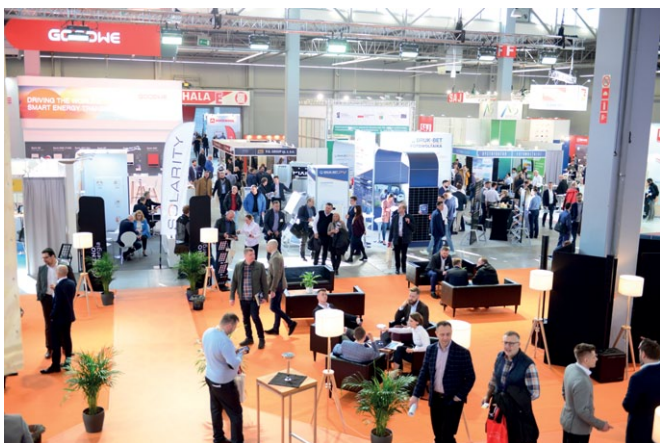
W trakcie Targów wręczono także nagrody i wyróżnienia TOP DESIGN 2022 za aranżację stoiska targowego i sposób promocji. Nagrodę Top Design za nowatorską, elegancką i kompleksową prezentację targową otrzymały firmy: Afore Polska Sp. z o.o.; FoxESS Polska Sp. z o.o.; GoodWe Europe GmbH, Niemcy; HUAWEI Enterprise Polska; Hypontech, Holandia; KENO Sp. z o.o.; MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE B.V. Oddział w Polsce Living Environment Systems; SUNGROW Polska. Nagroda Top Design za prezentację zbiorową stoisk trafiła do 4 ECO Sp. z o.o.

Podczas wydarzenia rozstrzygnięto również konkurs „Dobre praktyki w dobrych rękach”, w którym wyróżniono firmy za najlepsze realizacje energetyczne i ekologiczne w Polsce.

## Strefa MiastOZE z premierami produktowymi

W trakcie Targów ENEX powstała specjalna strefa wystawiennicza MiastOZE – miejsce branżowych spotkań oraz konsultacji inwestorów z wykonawcami i praktykami. W strefie





reklama

wystawowej znalazło się ponad 30 firm – wiodących producentów i głównych dystrybutorów. Strefa MiastOZE była miejscem inspirujących spotkań ze specjalistami, wykładów i pokazów. Swoją premierę miały również najnowsze rozwiązania produktowe firm BMZ Poland, Galmet, Viessmann oraz FoxESS. Nie zabrakło atrakcji dodatkowych dla gości – w Grze Miejskiej MiastOZE można było wygrać atrakcyjne nagrody rzeczowe.

### Merytorycznie o branży

Tradycyjnie podczas Targów Enex miały miejsce branżowe fora: Forum Fotowoltaiczne Solar+ i Ogólnopolskie Forum Pomp Ciepła zorganizowane przez Redakcję GlobEnergia. Tematy poruszane w trakcie obu wydarzeń dotyczyły nowości na rynku, problemów instalacyjnych czy nowatorskich sposobów wykorzystania fotowoltaiki i pomp ciepła. Już po raz 6. podczas Targów Enex odbyła się konferencja Energia PL poświęcona energetyce w Polsce. Tematem wiodącym spotkania były kwestie związane z magazynowaniem energii. W programie Targów ENEX nie zabrakło spotkania skierowanego do zarządów, przedstawicieli przedsiębiorstw przemysłowych, naukowców oraz wszystkich zainteresowanych tematyką poprawy efektywności energetycznej oraz produkcji energii w rozproszeniu. Mogli się oni spotkać wspólnie podczas konferencji HEAT not LOST.

### Strefa Elektromobilności z torem pokazowym

Dużym zainteresowaniem cieszyła się Strefa Elektromobilności przygotowana przez Forum Elektromobilności. Największą atrakcją były jazdy pokazowe samochodami elektrycznymi na specjalnie przygotowanym torze. Wśród zaprezentowanych na torze aut pojawiło się aż 15 modeli samochodów elektrycznych, w tym m.in. Tesla X, Tesla S, Tesla model 3, Hyundai IONIQ 5, Opel Mokka EV, Peugeot 308 PHEV. Statycznie zaprezentowano m.in. Audi e-tron sportback, VW ID4, Skoda Enyaq, Cupra Born czy VW Multivan.

Targom Enex i Enex Nowa Energia towarzyszyły Targi Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami EKOTECH oraz Międzynarodowe Targi Izolacji 4Insulation.

Na kolejną edycję Targów ENEX/ENEX Nowa Energia zapraszamy w 2023 roku! ■

DEMANDING APPLICATIONS ENERGY GLOBAL  
DRIVING OUR MOTORS – YOUR SUCCESS  
IDEA YOUR POWER OF EXPERIENCE  
DEMANDING BUSINESS TECHNOLOGICAL  
PROFESSIONAL CHALLENGING PROJECTS  
APPLICATIONS IN THE FIELD OF ENERGY

**Cantoni**  
**GROUP**



Poznaj nową serię  
silników przeciwwybuchowych  
ognioszczelnych  
w klasie sprawności IE3  
**(E)cSTe(b)**  
produkcji Celma Indukta S.A.



OUR MOTORS – YOUR SUCCESS MORE ENERGY  
DRIVING MOST DEMANDING APPLICATIONS  
INTO YOUR ENERGY GLOBAL PRESENCE  
ENERGY BUSINESS POWER OF EXPERIENCE  
WWW.CANTONIGROUP.COM



Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE.  
6-9 września 2022 roku

# Nowoczesny węgiel i zielona transformacja

Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE – Targi Górniczego, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego są wiodącą w Europie prezentacją oferty ponad 200 firm, dedykowanej dla przemysłów górniczego i energetycznego. Ekspozycja, organizowana od niemal czterech dziesięcioleci, zachowując specjalistyczny i branżowy charakter, zawsze reagowała na zmiany zachodzące w gospodarce i oczekiwania Wystawców. Przesunięcie terminu organizacji Targów spowodowane światową pandemią COVID-19 i zmiany strukturalne zachodzące w przemyśle wydobywczym wymagały rozszerzenia formuły i zakresu tematycznego Targów. To będą pierwsze czarno-zielone Targi w ich 38-letniej tradycji.

Merytorycznym potwierdzeniem zmian będzie najbliższa edycja Międzynarodowych Targów EXPO KATOWICE – Targi Górniczego, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, jaka odbędzie się w dniach od 6 do 9 września 2022 roku w Międzynarodowym Centrum Kongresowym i na terenach otwartych, sąsiadujących z katowickim „Spodkiem”. Ich Współgospodarzem jest Urząd Miasta Katowice.

Targi zyskały szerszą formułę i nowe profesjonalne segmenty branżowe, które w przyszłości staną się samodzielnymi ekspozycjami. Pod wiodącą nazwą Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE – Targi Górniczego, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego w tym samym miejscu i terminie odbędą się:

- Targi B2Energy;
- Targi EcoDom;
- Targi Maszyn i Urządzeń.

Międzynarodowe Targi Górniczego, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego to również platforma licznych spotkań biznesowych, konferencji i sympozjów, których uczestnicy



zmierzą się z najbardziej palącymi problemami branży wydobywczej i firm okołogórniczych. Na szczególną uwagę zasługują 5. Polski Kongres Górniczy – organizowany przez Politechnikę Śląską w Gliwicach i EXPO Katowice S.A. – oraz konferencja „Realizacja porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej” pod auspicjami Głównego Instytutu Górniczego, a także konferencja „Magazynowanie ciepła, chłodu i energii elektrycznej”, której organizatorem jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Wśród wydarzeń towarzyszących Targom dużym powodzeniem cieszy się tradycyjny Konkurs dla Wystawców INNOWACYJNY PRODUKT & TECHNOLOGIE EXPO KATOWICE oraz Konkurs dla młodzieży szkół średnich i studentów „INNOWACJE W PRZEMYSŁE EXPO KATOWICE”. Wciąż wzbogacana agenda Targów oraz informacje dla wystawców i zwiedzających są dostępne na [www.expo-katowice.com](http://www.expo-katowice.com).

– Wystawcy uczestniczący w Targach – mówi przedstawiciel organizatora, Prezes Zarządu EXPO Katowice S.A., Iwona



Gramatyka – będą mieli niepowtarzalną okazję nie tylko przedstawienia swojej oferty maszyn, urządzeń i technologii ale również zapoznania się z sektorowymi rozwiązaniami planowanymi w branży oraz działaniami wspierającymi transformację firm i instytucji, działających w otoczeniu górnictwa i energetyki. Uzyskają także szczegółowe informacje na temat wsparcia finansowego z Funduszu Sprawiedliwej Transformacji, m.in. na inwestycje technologiczne i podnoszenie kwalifikacji.

Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE – Targi Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego wraz z profesjonalnymi segmentami branżowymi to platforma wystawiennicza synergii nowoczesnego przemysłu wydobywczego, transformacji energetycznej, czystych technologii i odnawialnych źródeł energii.

Udział w Targach organizowanych w nowej, szerszej formule to dobra inwestycja. ■

reklama

**6-9 WRZEŚNIA 2022**

MIĘDZYNARODOWE CENTRUM KONGRESOWE W KATOWICACH

# MIĘDZYNARODOWE TARGI EXPO KATOWICE

TARGI GÓRNICZWA, PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO I HUTNICZEGO

TARGI ECODOM

TARGI B2ENERGY

TARGI MASZYN I URZĄDZEŃ

**Platforma synergii: nowoczesnego górnictwa, transformacji energetycznej, czystych technologii, odnawialnych źródeł energii i elektromobility.**



Organizator: EXPO Katowice S.A.  
[www.expo-katowice.com](http://www.expo-katowice.com)



Współgospodarz: Miasto Katowice



# Analiza wpływu charakterystyki hamowania odzyskowego na komfort jazdy, zużycie energii oraz zasięg pojazdu elektrycznego na podstawie testów WLTC

Dawid Skórzak, Wojciech Gawron

## 1. Wstęp

W XXI wieku elektryfikacja pojazdów samochodowych stała się bardzo popularna. Nakładane coraz większe zaostrożenia dotyczące norm emisji dwutlenku węgla, tlenków azotów oraz cząstek stałych spowodowały zwrot przemysłu samochodowego w stronę produkcji pojazdów elektrycznych. Złożone systemy oczyszczania spalin komplikują budowę współczesnych silników spalinowych. Przemysł motoryzacyjny zwrócił się w stronę produkcji samochodów elektrycznych, cechujących się mniej skomplikowaną budową poszczególnych komponentów. Zwarta konstrukcja, ciągle udoskonalanie podzespołów, sterowania oraz akumulatorów trakcyjnych spowodowała popularyzację elektryfikacji. Duży wpływ na wytwarzanie maszyn i urządzeń elektrycznych, które zastąpią w przyszłości rozwiązania spalinowe, wywiera także ogólnosiwiatowa polityka proklimatyczna.

Niektóre państwa wprowadzają zakaz wjazdu pojazdów o napędzie spalinowym do centrów dużych miast, promując dzięki temu transport elektryczny i ograniczając emisję spalin. Znamy szereg udogodnień dla tego typu samochodów, między innymi możliwość poruszania się po buspasach oraz korzystanie z darmowych miejsc parkingowych w wyznaczonych miejscach.

Rozpowszechnianie się tego typu pojazdów prowadzi do ciągłego udoskonalania technologii oraz opracowania nowych testów.

Cykl WLTC [1] (*World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycles*) zastąpił wcześniejszy niemiarodajny w dzisiejszych warunkach test NEDC (*New European Driving Cycle*), który był stosowany od lat 90. Pojazdy o napędzie hybrydowym, doładowywane zewnętrznie (OVC-HEV), oraz pojazdy elektryczne typu (PEV) są badane na podstawie laboratoryjnych cykli WLTC oraz prób drogowych z wykorzystaniem testów RDE (*Real Driving Emissions*). Testy te opracowano dla pojazdów spalinowych w celu określenia zużycia paliwa oraz emisji szkodliwych substancji.

W przypadku pojazdów elektrycznych testy WLTC są wykonywane głównie w celu sprawdzenia zasięgu oraz zużycia energii elektrycznej. Pojazdy przed przystąpieniem do badania dzielone są na klasy, uzależnione od stosunku mocy do masy pojazdu. Samochód poddany badaniom brał udział w próbach

**Streszczenie:** Zastosowanie nowoczesnego silnika elektrycznego w połączeniu z zaawansowanym sterowaniem umożliwia efektywniejsze wykorzystanie go jako generatora w pojazdach samochodowych. Praca z włączoną procedurą hamowania odzyskowego pozwala na odzyskanie części energii kinetycznej w trakcie swobodnego wytracania prędkości oraz hamowania. W artykule zaprezentowano porównanie rezultatów badań dla 10 ustawień charakterystyki odzysku energii, w testach WLTC, w trzech różnych temperaturach otoczenia. W trakcie prób drogowych uwzględniono wpływ ustawień rekuperacji energii na komfort jazdy. Celem przeprowadzanych badań było obliczenie zużycia energii elektrycznej w funkcji temperatury, całkowity bilans energii elektrycznej oraz ilość odzyskiwanej energii elektrycznej dla różnych ustawień charakterystyki odzysku energii. Autorzy artykułu podjęli próbę zdefiniowania zakresu charakterystyki rekuperacji energii hamowania, która stanowi optymalny wybór dla zapewnienia dużego zasięgu przy zachowaniu możliwie wysokiego komfortu jazdy.

Słowa kluczowe: pojazdy elektryczne, WLTC, rekuperacja energii kinetycznej

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF REGENERATIVE BREAKING CHARACTERISTICS ON DRIVING COMFORT, ENERGY CONSUMPTION AND ELECTRIC VEHICLE RANGE BASED ON WLTC TESTS

*Abstract: The modern electric motor application together with advanced control system enables more efficient use of it as a generator in cars. The regenerative braking allows recovery of the part of energy during free speed deceleration and braking. The article presents the comparison of WLTC test results for 10 adjustments of energy recovery characteristics in three different air temperatures. The impact of energy recuperation settings on driving comfort was taken into account during road test. The aim of the research was to estimate electric energy consumption in the temperature function, total balance energy and the amount of braking energy recuperation for different recovery settings. The authors of the article attempted to define the scope of energy recovery characteristics, which is the optimal choice ensuring large range with highest possible driving comfort.*

*Keywords: electric vehicles, WLTC, kinetic energy recuperation*

WLTC dla klasy 3a, w której stosunek mocy do masy wynosi powyżej 34 W/kg, litera „a” oznacza prędkość maksymalną pojazdu poniżej 120 km/h.

## 2. Opis badań

### 2.1. Cel badań

W artykule opisano próby WLTC wykonane na hamowni podwoziowej w warunkach laboratoryjnych. Dzięki badaniom można w sposób realistyczny badać zużycie energii elektrycznej w różnych temperaturach otoczenia, mając dodatkowo podgląd na zużycie energii podczas ładowania pojazdu. W samochodzie zaimplementowano sterowanie umożliwiające odzysk energii, które działa w trakcie swobodnego hamowania oraz przy użyciu hamulca nożnego. Podczas hamowania silnik elektryczny pojazdu jest wykorzystywany jako prądnica, przez co zamienia energię kinetyczną pojazdu pochodzącą od toczących się kół w energię elektryczną, która doładowuje akumulator [4]. Dla uproszczenia w dalszej części artykułu sformułowanie „odzysk energii kinetycznej” będzie tyczył się wyjaśnienia opisanego powyżej. System, który umożliwia regenerację energii, wpływa znacząco na komfort jazdy. Przykładowo, jeżeli układ jest ustawiony na znaczną rekuperację energii pochodzącą z hamowania pojazdu, kierowca testowy narażony jest na stosunkowo silne przeciążenie przy każdym odpuszczeniu pedału przyspieszenia, co powoduje zmniejszenie komfortu jazdy. W tym celu wykonane zostały subiektywne testy drogowe, które miały na celu określenie optymalnego poziomu odzysku energii hamowania przy zachowaniu możliwie najlepszego komfortu podróżowania.

### 2.2. Obiekt badań

Dane techniczne testowanego pojazdu:

- trójfazowy synchroniczny silnik elektryczny z magnesami trwałymi;
- moc nominalna: 45 kW;
- nominalny moment obrotowy: 140 Nm;



Rys. 1.  
Pojazd  
badawczy

- maksymalny moment obrotowy: 250 Nm;
- bateria trakcyjna litowo-jonowa o pojemności 33,2 kWh;
- przekładnia typu reduktor o przełożeniu 1:8,85;
- ładowarki pokładowe jednofazowe o mocy 3,5 kW, łączone równolegle;
- prędkość maksymalna samochodu: 100 km/h;
- masa pojazdu – 1820 kg;
- rodzaj ogumienia – 195/60/R16.

### 2.3. Opis stanowiska badawczego

Próby zostały wykonane w akredytowanym laboratorium, wyposażonym w hamownię podwoziową 2WD oraz 4WD firmy AVL Zoellner, znajdującym się w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL.

Do testów, które odbywały się w temperaturach –10 oraz 30 stopni Celsjusza, wykorzystywana była komora klimatyczna WEISS WK 643'/35-60/Ro, która umożliwia badania w zakresie temperaturowym od –35 do 60°C.

reklama

# NOWIMEX®

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

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

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

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

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławice do kabli.

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

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

**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

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

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







Rys. 2. Pojazd badawczy w trakcie testu na hamowni podwoziowej

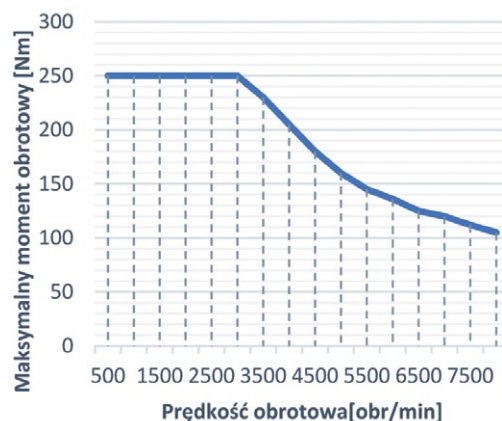
W trakcie próby do pomiaru poszczególnych parametrów (napięcie oraz natężenie prądu pakietu trakcyjnego) wykorzystywano analizator mocy HIOKI 3390 oraz sondy cęgowe HIOKI CT6844 i CT6843.

#### 2.4. Opis cyklu badawczego

Wszystkie przejazdy testowe opierały się na zmodyfikowanym cyklu WLTC [2]. Zmiany ograniczały się do przejechanego dystansu, który w tym przypadku wynosił dwukrotność cyklu WLTC, czyli 46 km, oraz do obniżenia prędkości w ostatniej części cyklu. Faza Extra-high wymaga rozpędzenia do prędkości 131 km/h, która była nieosiągalna dla badanego pojazdu. Ta część testu była wykonywana z maksymalną prędkością, która dla badanego samochodu wynosi 100 km/h. Pojazd z naładowaną w pełni baterią trakcyjną przejeżdżał określony wcześniej dystans, a następnie był ponownie ładowany do 100% SOC (*State of Charge* – stopień naładowania baterii). W obu częściach testu pojazd był podłączony do analizatora mocy, z którego dane pozwoliły na obliczenie poszczególnych parametrów, opisanych w artykule. Sterowanie zaimplementowane w pojeździe elektrycznym pozwala na dowolne ustalenie charakterystyki odzysku energii w określonym zakresie obrotowym generatora, tj. od 500 obr./min do 7500 obr./min. Maksymalny dopuszczalny moment hamujący na wale silnika, przy załączonej rekuperacji energii, wynosi 125 Nm, czyli 50% maksymalnego momentu obrotowego.

Przy wykorzystaniu wcześniej wykonanych wstępnych prób drogowych oraz zebranych informacji [5] zostało zdefiniowane 10 strategii odzysku energii, które podlegały badaniu w trakcie testów.

1. R50H – maksymalny odzysk energii (50%) w całym zakresie obrotowym silnika.
2. R50-10H – odzysk energii słabnący wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (50%–10%), wspomagany przez dodatkowe 20% przy wciśnięciu hamulca.
3. R50-10 – odzysk energii słabnący wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (50%–10%).
4. R10-50H – odzysk energii zwiększany wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (10%–50%), wspomagany przez dodatkowe 20% przy wciśnięciu hamulca.

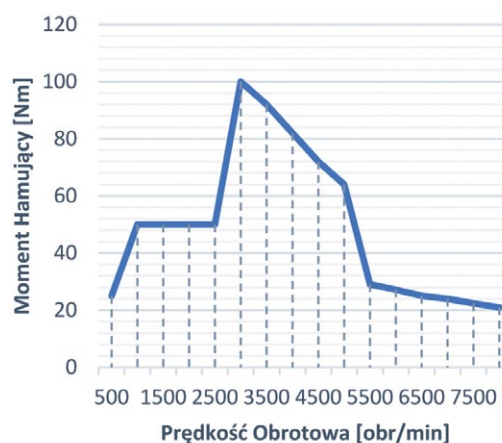


Rys. 3. Wykres maksymalnego momentu obrotowego silnika

5. R10-50 – odzysk energii zwiększany wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (10%–50%).
6. R35H – odzysk energii (35%) w całym zakresie obrotowym silnika, wspomagany przez dodatkowe 20% przy wciśnięciu hamulca.
7. R35 – odzysk energii (35%) w całym zakresie obrotowym silnika.
8. R20H – odzysk energii (20%) w całym zakresie obrotowym silnika, wspomagany przez dodatkowe 20% przy wciśnięciu hamulca.
9. R20 – odzysk energii (20%) w całym zakresie obrotowym silnika.
10. R0 – brak odzysku energii.

Ze względu na problemy w sterowaniu odzyskiem energii przy niskich prędkościach obrotowych silnika i częstym awaryjnym zatrzymaniu hamowni podwoziowej, uznano, że charakterystyka rekuperacji energii hamowania będzie podlegała modyfikacji w zakresie obrotowym od 1000 do 7500 obr./min. Przy czym dla strategii o numerze od 1 do 9 poziom regeneracji dla 500 obr./min będzie wynosił stałe 10%.

Rys. 4 przedstawia przykładowy wykres momentu hamującego dla charakterystyki R20H. W przedziale 5000–3000 obr./min następuje spowalnianie z użyciem hamulca zasadniczego, który



Rys. 4. Wykres maksymalnego momentu hamującego przy odzysku energii R20H

wzmacnia odzysk energii o dodatkowe 20%. Należy mieć na uwadze, że moment hamujący zależy również od pozostałych czynników, m.in. od dopuszczalnego prądu ładowania baterii trakcyjnej.

### 3. Przebieg badań

#### 3.1. Rekuperacja energii hamowania

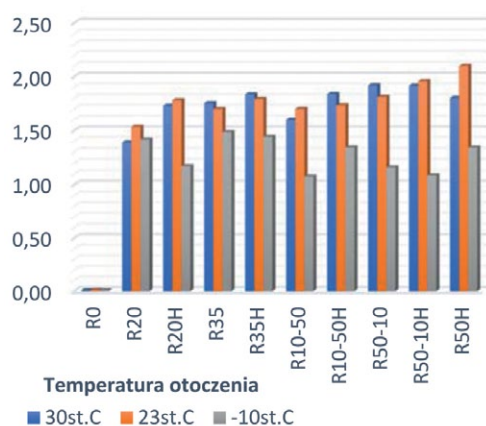
Jednym z badanych czynników był odzysk energii kinetycznej podczas trwania cyklu. Jak wspomniano powyżej, proces odzyskiwania energii uzależniony jest od sterownika silnika, który na podstawie wgranej charakterystyki podaje moment hamujący na silnik elektryczny, przez co energia zwracana jest do akumulatorów trakcyjnych. Wyniki testów dla hamowania odzyskowego podczas jazdy zostały uzyskane w trzech różnych temperaturach otoczenia. Tabela 1 prezentuje przyrost energii elektrycznej w zależności od użytej charakterystyki dla zmienionych temperatur.

Na podstawie tabeli 1, dla lepszego zobrazowania wyników, sporządzono wykres (rys. 5).

Oś zorientowana poziomo przedstawia wybraną charakterystykę odzysku, oś zorientowana pionowo przedstawia energię odzyskiwaną w kWh, natomiast kolory: szary, pomarańczowy i niebieski oznaczają różne temperatury otoczenia, kolejno:  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $23^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 1. Tabela odzysku energii w kWh

	30°C	23°C	-10°C
R0	0,01	0,01	0,01
R20	1,39	1,53	1,41
R20H	1,73	1,78	1,17
R35	1,75	1,70	1,48
R35H	1,83	1,79	1,44
R10-50	1,60	1,70	1,08
R10-50H	1,84	1,73	1,34
R50-10	1,92	1,81	1,16
R50-10H	1,92	1,96	1,09
R50H	1,80	2,10	1,34



Rys. 5. Wykres odzysku energii w kWh

Z powyższego zestawienia wynika, że dla najniższej temperatury, tj.  $-10^{\circ}\text{C}$ , charakterystyka R35 generuje największy odzysk energii kinetycznej, 1,48 kWh. Dla temperatury  $23^{\circ}\text{C}$ , przy konfiguracji R50H, największy odzysk kształtuje się na poziomie 2,10 kWh. Natomiast dla charakterystyki R50-10 w temperaturze  $30^{\circ}\text{C}$  silnik zwraca 1,92 kWh energii elektrycznej do akumulatora trakcyjnego. Zestawienie wyników pokazuje, że nadając poszczególnym charakterystykom wagi, krzywa sterująca odzyskiem energii, która najlepiej spisuje się w całym zakresie temperaturowym, to R50-10H.

#### 3.2. Bilans zużycia energii na podstawie testu

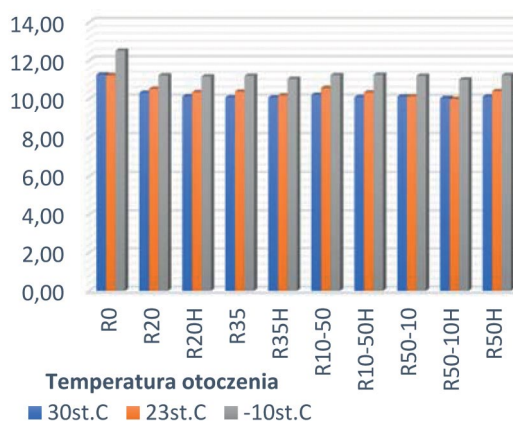
Następnym etapem testów było zestawienie wyników odzyskanej energii kinetycznej oraz energii pobranej przez samochód w czasie trwania cyklu WLTC. Dane (tabela 2) przedstawiają całkowity bilans zużycia energii elektrycznej z uwzględnieniem regeneracji energii kinetycznej w trzech różnych temperaturach otoczenia dla danej konfiguracji odzysku energii.

Rys. 6 przedstawia dane z tabeli dla lepszego zobrazowania zgromadzonych wyników badań.

Oś zorientowana poziomo przedstawia konfigurację odzysku energii, natomiast oś zorientowana pionowo przedstawia sumę zużycia i regeneracji energii elektrycznej w czasie trwania cyklu. Kolory, jak w poprzednim podrozdziale, oznaczają

Tabela 2. Tabela bilansu zużycia energii na podstawie testu w kWh

	30°C	23°C	-10°C
R0	11,26	11,23	12,51
R20	10,32	10,52	11,22
R20H	10,13	10,34	11,17
R35	10,07	10,38	11,20
R35H	10,07	10,18	11,04
R10-50	10,21	10,56	11,23
R10-50H	10,09	10,33	11,25
R50-10	10,12	10,13	11,20
R50-10H	10,04	10,00	11,00
R50H	10,12	10,40	11,23



Rys. 6. Wykres bilansu zużycia energii na podstawie testu w kWh



poszczególne temperatury otoczenia, dla których były przeprowadzane testy.

Z zestawienia wynika jednoznacznie, że najlepszą konfiguracją dla bilansu energii odzyskanej i pobranej dla trzech różnych temperatur jest charakterystyka R50-10H, czyli jak wcześniej wspomniano, jest to odzysk energii słabnący wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (50% do 10%) wspomagany przez dodatkowe 20% przy wciśnięciu hamulca. Jest to jednak mało komfortowa konfiguracja do użytkowania pojazdu przy niskich prędkościach, ponieważ trudno utrzymać stałą prędkość samochodu. Kierowca narażony jest na odczuwanie gwałtownych skoków momentu obrotowego.

### 3.3. Zużycie całościowe z uwzględnieniem procesu ładowania

W kolejnej części omówiono zużycie energii elektrycznej samochodu z uwzględnieniem strat występujących podczas jego ładowania. Do komponentów, które pobierają energię w czasie ładowania pojazdu, możemy zaliczyć między innymi: elektryczne pompy układu chłodzenia, wentylator pomocniczy,

który zapobiega przegrzewaniu się ładowarek, oraz straty wynikające z przepływu prądu przez komponenty.

W czasie trwania cyklu konsumpcja energii elektrycznej była uzależniona od wybranej charakterystyki rekuperacji energii hamowania. W tym przypadku jednostką zużycia energii jest kWh/km, dzięki temu możemy określić zużycie energii po określonym przebiegu samochodu. Próba również została wykonana dla trzech różnych temperatur otoczenia, jak w poprzednich testach. Poniżej zestawienie wyników z badań (tabela 3).

W celu lepszego zobrazowania wyników sporządzono wykres (rys. 7).

Na wykresie oś zorientowana poziomo przedstawia charakterystykę odzysku energii kinetycznej jak w poprzednich dwóch przypadkach, natomiast na osi zorientowanej pionowo widnieje zużycie energii po przejechaniu odcinka o długości jednego kilometra. Do wartości zużycia energii podczas cyklu dodano straty energii elektrycznej powstałe w wyniku ładowania. W czasie testów przy konfiguracji R35 wystąpił błąd w ładowarkach, które uległy awaryjnemu wyłączeniu. Z tego względu próba dla tego typu ustawień jest niemiarodajna. Wyniki testu pokazują, że najlepiej spisuje się charakterystyka R35H. Różnice pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi nie są duże przy krótkim, jednostkowym przebiegu, natomiast mają wpływ na zasięg pojazdu.

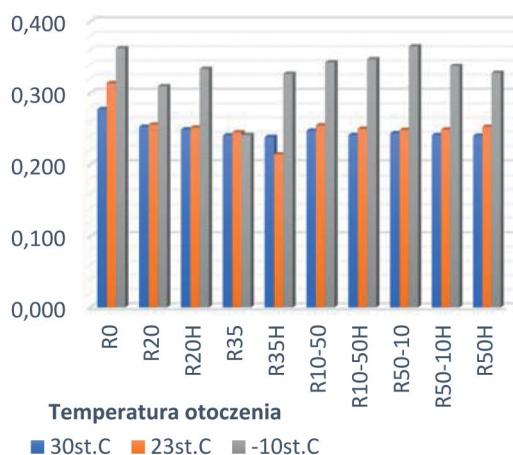
**Tabela 3.** Całkowite zużycie energii z uwzględnieniem strat ładowania w kWh/km

	30°C	23°C	-10°C
R0	0,277	0,314	0,362
R20	0,253	0,256	0,309
R20H	0,249	0,252	0,333
R35	0,240	0,245	0,241
R35H	0,238	0,214	0,327
R10-50	0,247	0,255	0,343
R10-50H	0,241	0,250	0,347
R50-10	0,244	0,248	0,365
R50-10H	0,241	0,249	0,338
R50H	0,240	0,253	0,328

### 3.4. Obliczony zasięg

Ostatnim z badanych zagadnień w warunkach laboratoryjnych było obliczenie zasięgu pojazdu. Dla pojemności baterii trakcyjnej, która wynosi 33,2 kWh, wykonano próby dla różnych charakterystyk odzysku energii, w trzech różnych temperaturach otoczenia. Zestawienie wyników wraz z wykresem przedstawiono poniżej (tabela 4).

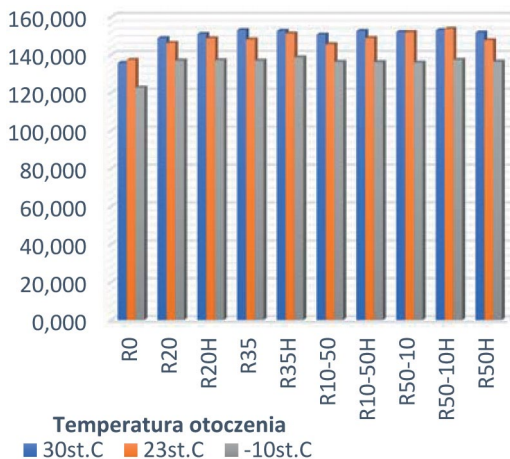
Analizując dane z tabeli, wynika, że w trakcie testów najlepiej spisuje się charakterystyka R50-10H oraz R35H, dla nich obliczony zasięg jest największy. Można też zauważyć pewną analogię zależną od temperatur (rys. 8). Dla wartości powyżej 20°C zasięg znacznie zwiększa się w porównaniu



**Rys. 7.** Całkowite zużycie energii z uwzględnieniem strat ładowania w kWh/km

**Tabela 4.** Tabela obliczonego zasięgu pojazdu w kilometrach

	30°C	23°C	-10°C
R0	135.665	137.248	122.600
R20	148.668	146.179	136.878
R20H	150.885	148.618	137.061
R35	152.927	148.042	136.843
R35H	152.536	151.135	138.569
R10-50	150.581	145.470	136.165
R10-50H	152.467	148.771	136.066
R50-10	151.920	151.864	135.831
R50-10H	152.926	153.710	137.263
R50H	151.623	147.613	136.311



Rys. 8. Wykres obliczonego zasięgu w kilometrach

do temperatur ujemnych. Wynika to z ograniczeń natężenia prądu ładowania przy rekuperacji energii hamowania. Odpowiada za to urządzenie BMS (*Battery Management System*), którego celem nadrzędnym jest zabezpieczenie baterii przed uszkodzeniem.

Na podstawie wyników (rys. 8) widać, że temperatura otoczenia oddziałuje tak samo na wszystkie konfiguracje odzysku energii, przez co wyniki badań dla 23°C i 30°C są do siebie zbliżone. Można tę zależność zaobserwować również dla poprzednich testów.

### 3.5. Wpływ energii hamowania na komfort jazdy

Z prostych założeń wynika, że najlepsza charakterystyka odzysku energii to ta, która najbardziej zwiększa zasięg pojazdu. Natomiast w rzeczywistości przeciążenia występujące podczas jazdy przy takiej charakterystyce obniżają znacząco wygodę podróżowania [3], która jest istotną cechą dla samochodów z XXI wieku. Porównując komfort jazdy użytkowanego samochodu przy różnych ustawieniach charakterystyki odzysku energii, trzech kierowców testowych z Instytutu BOSMAL dokonało przejazdów badanym pojazdem w temperaturze pomiędzy 5–12 stopni Celsjusza. Ocena każdego z nich jest subiektywna, ale dzięki temu można określić, które charakterystyki nie nadają się do codziennego użytku. Moment hamujący działający przy załączonym odzysku energii R50H i R50-10H jest tak duży, że uniemożliwia on płynną jazdę samochodem. Natomiast przy charakterystykach R20, R35 i R10-50 nie występuje możliwość wzmocnienia odzysku energii kinetycznej w trakcie hamowania, więc nie jest to optymalny wybór.

Bazując na zestawieniu danych z tabeli 5, można wywnioskować, iż najbardziej komfortowym ustawieniem odzysku energii jest konfiguracja R20H.

## 4. Podsumowanie i wnioski

Otrzymane wyniki nie dostarczają jednoznacznych odpowiedzi w kwestii doboru charakterystyki odzysku energii. Obliczony

Tabela 5. Tabela subiektywnego odczucia komfortu jazdy.

OK – płynna jazda, pełna kontrola nad pojazdem;

NOK – trudności w utrzymaniu prędkości, odczuwalne silne hamowanie, nieprzyjemne w czasie jazdy

	kierowca		
	1	2	3
R0	OK	OK	OK
R20	OK	OK	OK
R20H	OK	OK	OK
R35	OK	OK	NOK
R35H	NOK	NOK	NOK
R10-50	NOK	OK	OK
R10-50H	NOK	OK	NOK
R50-10	OK	NOK	NOK
R50-10H	NOK	NOK	NOK
R50H	NOK	NOK	NOK

zasięg prezentuje niewielką różnicę pomiędzy poszczególnymi próbami, nieprzekraczającą 9 kilometrów. Przy uwzględnieniu konfiguracji z wyłączoną rekuperacją energii hamowania maksymalna różnica kształtuje się na poziomie 18 km. Niepomijalnym czynnikiem doboru charakterystyki odzysku energii jest komfort użytkowania samochodu. Z przeprowadzonych badań wynika, że najlepszym ustawieniem jest charakterystyka R20H, która pozwala zwiększyć zasięg samochodu od 11 km do 15 km względem jazdy z wyłączonym odzyskiem energii. Przy takiej konfiguracji komfort jazdy jest porównywalny z konwencjonalnym samochodem spalinowym.

## Literatura

- [1] Dziennik Urzędowy L158 Unii Europejskiej – Opis próby zużycia energii – Załącznik 7.
- [2] Rozporządzenie komisji (UE) 2017/1151 z dnia 1 czerwca 2017 r. – Test WLTC i modyfikacja cyklu – Subzałącznik 1.
- [3] JUDA Z.: *Hamowanie odzyskowe pojazdów z napędów elektrycznych – strategia sprawności odzysku i komfortu jazdy* [w:] *Badania pojazdów* [red.:] MITIANIEC W. Politechnika Krakowska, Kraków 2014.
- [4] GUOQING XU, WEIMIN LI, KUN XU, ZHIBIN SONG: *An Intelligent Regenerative Braking Strategy for Electric Vehicles*. „Energies” 4/2011.
- [5] BOYI XIAO, HUAZHONG LU, HAILIN WANG, JIAGENG RUAN, NONG ZHANG: *Enhanced Regenerative Braking Strategies for Electric Vehicles: Dynamic Performance and Potential Analysis*. „Energies” 10/2017.

artykuł recenzowany

mgr inż. Dawid Skórzak, inż. Wojciech Gawron  
Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.



# Założenia projektu elektrycznego zespołu napędowego do pojazdów użytkowych

Bartłomiej Będkowski, Łukasz Cyganik, Piotr Dukalski, Tomasz Jarek

## 1. Wstęp

Wraz ze wzrostem zainteresowania i coraz to nowszymi koncepcjami pojazdów elektrycznych rozwijane są różne rozwiązania napędów elektrycznych mające wpływ na szeroko pojętą elektromobilność [1–24]. Badania oraz wdrożenia w zakresie napędów pojazdów elektrycznych dotyczą między innymi źródeł zasilania, systemów sterowania, systemów zasilania baterii, techniki przesyłu energii i samych silników napędowych [3–14]. W ostatnich latach jednym z rozwijanych rozwiązań w dziedzinie trakcyjnych napędów elektrycznych są silniki do zabudowy w piaście koła [15–23]. Rozwiązanie to po raz pierwszy wykorzystał na początku XX wieku Ferdynand Porsche do stworzenia pierwszego na świecie samochodu hybrydowego [11]. W tamtych czasach możliwe do osiągnięcia parametry takich napędów nie pozwalały im na konkurowanie z napędami spalinowymi.

Obecnie, wraz z rozwojem silników elektrycznych o dużej gęstości mocy, koncepcja ta ponownie jest rozwijana [15–23].

Silniki tego typu mogą być szeroko stosowane w przemyśle pojazdów elektrycznych dla różnych zastosowań: od małych samochodów miejskich, przez samochody osobowe dostawcze, autobusy, po wymagające pojazdy użytkowe. Należy zwrócić uwagę, że napędy elektryczne zabudowane w piastach kół mogą również pełnić funkcje wspomagające napęd innego typu, w tym również spalinowy, np. podczas ruszania, gdy wymagane są od napędu największe wartości momentu obrotowego, lub podczas wykonywania manewrów, zwiększając dynamikę jazdy.

Uwzględniając liczne zapytania ze strony przedsiębiorców oraz wyniki obserwacji rynku pojazdów elektrycznych, można zauważyć, że koncepcja napędu bezpośredniego nie ogranicza się jedynie do aplikacji w typowych pojazdach drogowych. Zalety tego typu rozwiązania kwalifikują je również do zastosowania w wielu innych aplikacjach, takich jak: przemysłowe pojazdy transportowe, pojazdy serwisowe stosowane w dużych fabrykach, magazynach, kopalniach czy lotniskach, pojazdy rekreacyjne, takie jak wózki golfowe, quady, drony naziemne, pojazdy wojskowe, terenowe, policyjne lub pożarnicze, które wymagają dużego momentu obrotowego.

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL podjął prace badawcze i projektowe, mające na celu opracowanie rozwiązań technicznych oraz technologicznych, które w efekcie pozwoliły opracować prototyp silnika do zabudowy w kołach pojazdu. Prace te realizowane były w ramach programu LIDER VII finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Obecnie w ramach programu LIDER XI tematyka ta będzie dalej rozwijana, planowane jest

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia koncepcję napędu elektrycznego do zabudowy w kołach pojazdów użytkowych, który zostanie opracowany w ramach realizacji projektu „Innowacyjny elektryczny zespół napędowy do pojazdów użytkowych”, finansowanego ze środków NCBiR w ramach programu LIDER XI, zgodnie z umową nr LIDER/15/0060/L-11/19/NCBR/2020. W artykule autorzy przedstawili wady i zalety tego typu napędu oraz możliwe jego aplikacje. W publikacji zostały przedstawione wyniki wstępnych obliczeń projektowych obwodu elektromagnetycznego wraz z obliczeniami termicznymi oraz wstępne założenia konstrukcji mechanicznej napędu.

Słowa kluczowe: napęd w kołach, silnik z magnesami trwałymi, pojazd elektryczny, napęd elektryczny, pojazdy użytkowe, przekładnia planetarna, hamulec

## DESIGN ASSUMPTIONS OF THE ELECTRICAL POWER UNIT FOR COMMERCIAL VEHICLES

**Abstract:** The article presents the concept of an electric drive for installation in the wheels of utility vehicles, which will be developed as part of the project „Innovative electric drive unit for commercial vehicles”, financed by the National Center for Research and Development under the LIDER XI program, in accordance with the agreement no. LIDER/15/0060/L-11/19/NCBR/2020. In the article, the authors presents the advantages and disadvantages of this type of drive and its possible applications. The publication presents the results of the preliminary design calculations of the electromagnetic circuit along with thermal calculations and preliminary assumptions for the mechanical structure of the drive.

Keywords: wheels hub drive, permanent magnet motor, electric vehicle, electric drive, commercial vehicle, planetary gearing, brake

opracowanie napędu elektrycznego zintegrowanego z przekładnią mechaniczną i hamulcem do zastosowań w pojazdach użytkowych o dużym zapotrzebowaniu na moment obrotowy.

## 2. Główne zalety i wady napędów bezpośrednich pojazdów elektrycznych

Większość układów napędowych pojazdów spalinowych, jakie można spotkać obecnie na rynku, jest konstruowana na

bazie tej samej koncepcji od ok. 100 lat. Moment z silnika przekazywany jest na koła poprzez sprzęgło, przełożenia skrzyni biegów, mechanizm różnicowy i półosie. Podobną konstrukcją cechuje się większość proponowanych na rynku lub prezentowanych w różnych materiałach przeglądowych pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Przedstawiane układy napędowe zastępują „centralny” silnik spalinowy silnikiem elektrycznym [8], przy czym w tych rozwiązaniach często sprzęgło jest pomijane, gdyż w przypadku silnika elektrycznego nie jest ono potrzebne.

Wraz z rozwojem techniki oraz technologii związanych z napędami i samymi silnikami elektrycznymi producenci są w stanie osiągać coraz lepsze parametry eksploatacyjne napędów przy równoczesnym zachowaniu ich wysokiej sprawności energetycznej [3, 4, 12–14].

Jednym z głównych kierunków rozwoju napędów jest użytkowanie jak największego stosunku momentu obrotowego (maksymalnego i możliwego do osiągnięcia przy pracy długotrwałej) do objętości/masy (tzw. współczynnik gęstości mocy/momentu). W taki trend bardzo dobrze wpisuje się koncepcja napędu bezpośredniego, która oferuje szereg zalet, w tym:

- wyeliminowanie wieloprzełożeniowej przekładni mechanicznej, która oprócz zmniejszenia sprawności układu stanowi element, który wymaga konserwacji i może ulec uszkodzeniu;
- udostępnienie dodatkowego miejsca w samochodzie, które może posłużyć do zamontowania baterii zasilających, lub zwiększenia jego prześwitu;
- brak potrzeby pośrednich transmisji mocy przez półosie napędowe, mechanizmy różnicowe oraz inne złożone mechanizmy;
- możliwość stosunkowo prostego zaimplementowania napędu na 2, 4 lub więcej kół;
- efektywniejsze hamowanie rekuperacyjne (pominięcie spadku sprawności układu napędowego z uwagi na przełożenia);

- stosunkowo łatwy demontaż napędu podczas serwisu;
- lepsza sterowność pojazdem z uwagi na możliwość bezpośredniego zadawania momentu osobno na każde z kół.

Poza szeregiem wymienionych zalet rozwiązanie to posiada również pewne wady i ograniczenia:

- ograniczona przestrzeń, w której musi zmieścić się silnik;
- utrudnione chłodzenie silnika;
- dodatkowa masa nieresorowana, wynikająca z masy zamontowanych w kołach silników [16–20];
- konstrukcja w niektórych zastosowaniach bardziej skomplikowana pod względem uszczelnienia/zachowania wysokiego IP;
- konieczność współpracy z układem hamulcowym.

Na rysunku 1 przedstawiono schematy różnych układów napędowych stosowanych obecnie w pojazdach elektrycznych. Rysunek 1 f przedstawia układ, który był rozpatrywany w projekcie realizowanym przez Instytut Łukasiewicz – KOMEL w ramach programu LIDER VII, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W ramach tego projektu powstał prototyp silnika elektrycznego do napędu bezpośredniego do pojazdów osobowych i lekkich pojazdów użytkowych. Jednak podczas realizacji tego projektu wpłynęło wiele zapytań o możliwość opracowania elektrycznego napędu bezpośredniego do ciężkich pojazdów użytkowych, wymagających pojazdów terenowych czy rolniczych, który dysponowałby jeszcze większym momentem obrotowym, odporną na trudne warunki pracy konstrukcją i dodatkowo zintegrowanego z hamulcem. Na podstawie wiedzy zdobytej podczas realizacji wspomnianego projektu i analizy różnych konstrukcji, aby spełnić wspomniane oczekiwania, należy opracować napęd zintegrowany z przekładnią mechaniczną, który zmieści się w kole pojazdu użytkowego. Rysunek 1 e przedstawia układ, który byłby odpowiedni do takich zastosowań, a który w ramach programu LIDER XI, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, będzie rozwijany w Instytucie Łukasiewicz – KOMEL.

reklama

# FATEK

P O L S K A



Panel HMI serii P5  
+ sterownik PLC serii HB1

## W PROMOCYJNEJ CENIE!

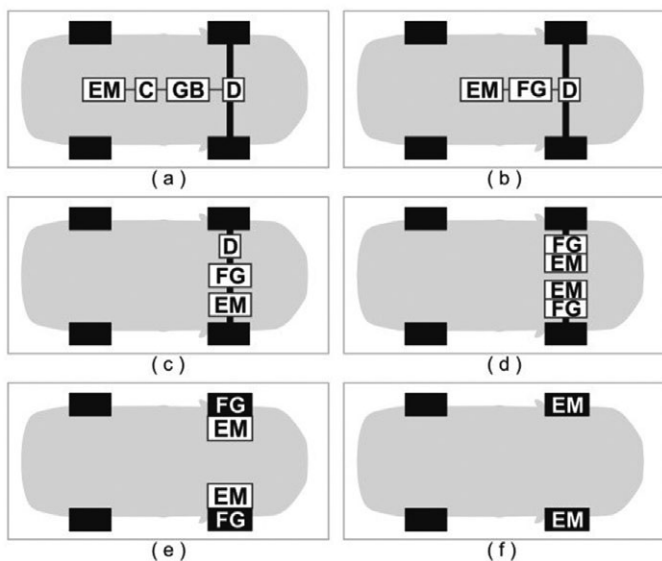
Oszczędzaj miejsce i obniżaj koszty instalacji

dzięki możliwości zamontowania sterownika PLC bezpośrednio na panelu HMI.



zestaw  
**50%**  
taniej





Rys. 1. Różne konfiguracje napędów pojazdów elektrycznych: EM - silnik elektryczny; FG - stała przekładnia; C - sprzęgło; GB - skrzynia biegów; D - mechanizm różnicowy

### 3. Wstępne założenia konstrukcji napędu

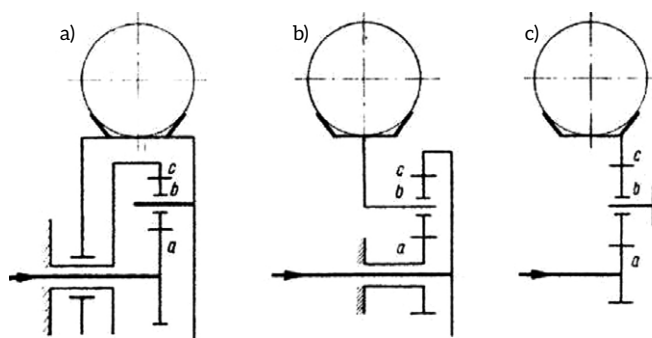
Podczas realizacji projektu elektrycznego zespołu napędowego do pojazdów użytkowych, współfinansowanego ze środków NCBiR w ramach programu LIDER XI, zaplanowano opracowanie innowacyjnego napędu do zabudowy w kole, charakteryzującego się zwartą budową, zintegrowanym w jedną całość obwodem elektromagnetycznym, układem hamulcowym i przekładnią, z możliwością zabudowy w kole o średnicy 17", i oferującego moment maksymalny na poziomie 2000 Nm (docelowo ponad 3000 Nm). Opracowywany napęd będzie również charakteryzował się innowacyjnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, takimi jak wydajny układ chłodzenia, niska masa, możliwość dwóch trybów pracy (użytkowy, tzw. *low*, i do szybkiego przemieszczania się, tzw. *high*). Napęd o takich funkcjonalnościach nie jest obecnie dostępny na rynku. Rozwiązania konkurencyjne zbliżone funkcjonalnie, które można spotkać, oferują jedynie niektóre z wymienionych funkcji. Dostępne na rynku silniki do napędu bezpośredniego do zabudowy w kołach posiadają zintegrowany układ hamulcowy (który przeważnie nie jest chroniony przed czynnikami zewnętrznymi), ponadto nie oferują takich momentów maksymalnych. Oferowane rozwiązania przekładni do zabudowy w kole do pojazdów użytkowych nie posiadają możliwości przełączania trybów pracy (jedynie możliwość rozłączenia napędu) i po połączeniu z silnikiem są gabarytowo znacznie większe, w dodatku nie posiadają hamulca.

Podsumowując: efektem końcowym projektu będzie opracowany, wykonany i przebadany prototyp układu napędowego do zabudowy w kole, charakteryzujący się następującymi cechami:

1. Konstrukcja umożliwiająca zabudowę w feldzie o średnicy 17", dysponująca momentem maksymalnym na poziomie 2000 Nm (docelowo powyżej 3000 Nm), złożona z części



Rys. 2. Konceptcja zabudowy zintegrowanego napędu do użytkowych pojazdów elektrycznych



Rys. 3. Różne rozwiązania przekładni obiegowej umieszczonej w piąście koła [24]

- przekładniowej i silnikowej oraz hamulca zabudowanego wewnątrz, zintegrowana w jedną funkcjonalną całość.
2. Możliwość uzyskania dwóch trybów pracy układu napędowego: tryb użytkowy, tzw. *low* (uzyskiwany moment maksymalny na poziomie 2000 Nm) i tzw. tryb *high* (przełożenie 1:1 między wyjściem napędu a częścią silnikową do szybszego przemieszczania się pojazdu użytkowego z prędkością minimum 80 km/h).
3. Zoptymalizowana konstrukcja pod względem wytrzymałościowym, sztywnościowym, gabarytowym i technologicznym. Na rysunkach 2 i 3 zaprezentowano koncepcję przedmiotowego rozwiązania.

### 4. Wstępne obliczenia projektowe obwodu elektromagnetycznego wraz z obliczeniami termicznymi

Na obecnym etapie projektu przeprowadzono wstępne obliczenia projektowe części przekładniowej i obwodu elektromagnetycznego przedmiotowego napędu. Do obliczeń przekładni wykorzystano oprogramowanie MitCalc, natomiast do obliczeń obwodu elektromagnetycznego wykorzystano program Ansoft-Motorcad, który pozwala na realizację symulacji pracy opartych na sprzężonych modelach obwodu elektromagnetycznego, przy wykorzystaniu MES 2D oraz modelu cieplnego opartego na schematach cieplnych.

Biorąc pod uwagę uwarunkowania zabudowy napędu w feldzie o rozmiarze 17" i ograniczeniach co do szerokości napędu zdecydowano się na wykorzystanie w napędzie rozwiązania opartego na przekładni planetarnej.

Przeanalizowano różne rozwiązania przekładni obiegowej umieszczonej w piaście koła, oparte na różnych schematach kinematycznych, przedstawionych na rysunku 3. Każde z przedstawionych rozwiązań uzyskuje inne przełożenie kinematyczne. W rozwiązaniu opartym na schemacie kinematycznym 3a jarzmo przekładni planetarnej jest sztywno związane z piastą koła jezdnego, więc przenosi na nią moment obrotowy. Koło pierścieniowe jest nieruchomo połączone z obudową. Moment obrotowy do przekładni wprowadza koło słoneczne. W tym rozwiązaniu można uzyskać przełożenie  $i > 3$ . W rozwiązaniu opartym na schemacie kinematycznym 3b jarzmo przekładni jest sztywno związane z piastą koła i przenosi na nią moment obrotowy. Moment do przekładni dostarczany jest na koło pierścieniowe. Z obudową nieruchomo połączone jest koło słoneczne. Rozwiązanie to pozwala na uzyskanie umiarkowanych przełożeń  $i = 1,0-2,0$ . W rozwiązaniu opartym na schemacie kinematycznym 3c jarzmo przekładni jest sztywno związane z obudową, a napędzające koło słoneczne poprzez obrót satelitów napędza koło pierścieniowe związane z piastą koła jezdnego. Mamy tu do czynienia ze zmianą kierunku prędkości obrotowej, a wielkość uzyskiwanych przełożeń wynosi około  $i = 2,5-2,8$  [24].

Ze względu na możliwość uzyskania dużych przełożeń i integracji z obwozem elektromagnetycznym w konstrukcji napędu wykorzystano rozwiązanie 3a. Wstępne analizy pozwoliły oszacować, że w danych gabarytach możliwe jest uzyskanie przełożenia  $i = 3-3,5$ .

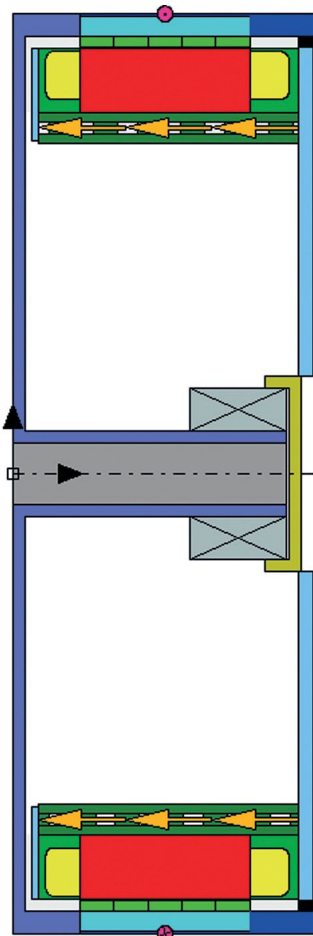
Następnie przystąpiono do analizy możliwego do wykonania, w zakładanych gabarytach, obwozu elektromagnetycznego. Do obliczeń przyjęto silnik o 48 biegunach magnetycznych i o 54 żłobkach, założenie to wynika z dostępnych na rynku i możliwych do zastosowania w analizowanej konstrukcji czujników

kąta położenia wirnika i obsługujących je falowników. Wstępnie jako rozwiązanie uzwojenia silnika przyjęto cewki skupione, co gwarantuje krótszy wysięg czoł, mniejsze straty w uzwojeniu oraz lepsze możliwości chłodzenia uzwojenia. W tabeli 1 zostały przedstawione parametry zasilania silnika/napędu.

Napięcie zasilania wynika z przyjętego napięcia baterii zasilającej napęd pojazdu, natomiast prądy zasilające silnik (znamionowy i maksymalny) wynikają z pracy parametrów przewidzianego falownika.

Na rysunku 4 został przedstawiony przekrój wzdłużny modelu silnika.

Na rysunku 5 został przedstawiony model rdzenia magnetycznego z obliczonym rozkładem nasycen indukcji magnetycznej od magnesów trwałych metodą MES 2D.

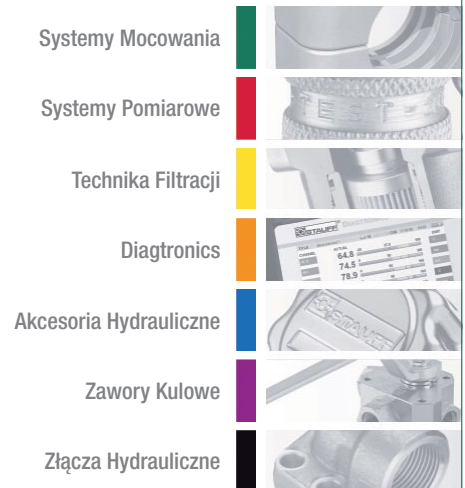


Rys. 4. Model przekroju silnika w programie AnsoftMotorcad – przekrój wzdłużny



### Oto STAUFF Polska

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



**NOWOŚĆ!**  
STAUFF  
Connect

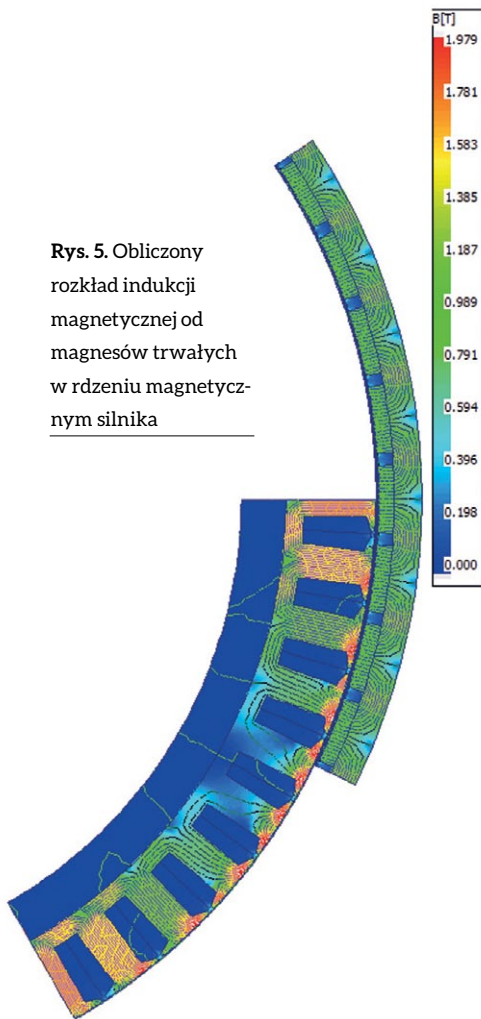
Technologia Złącz Rurowych  
od STAUFF



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

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





Rys. 5. Obliczony rozkład indukcji magnetycznej od magnesów trwałych w rdzeniu magnetycznym silnika

Tabela 1. Parametry zasilania

Parametr	Wartość	Jednostka
Liczba żłobków Q	54	-
Liczba biegunów 2p	48	-
Liczba żłobków na biegun i fazę q	0,375	-
Napięcie zasilania napędu $V_{DC}$	350	V
Prąd znamionowy $I_N$	300	A
Prąd maksymalny $I_{max}$	400	A

Przeprowadzone obliczenia bazują na sprzężeniu modelu obwodu elektromagnetycznego z modelem cieplnym. Uproszczony schemat modelu cieplnego został przedstawiony na rysunku 6.

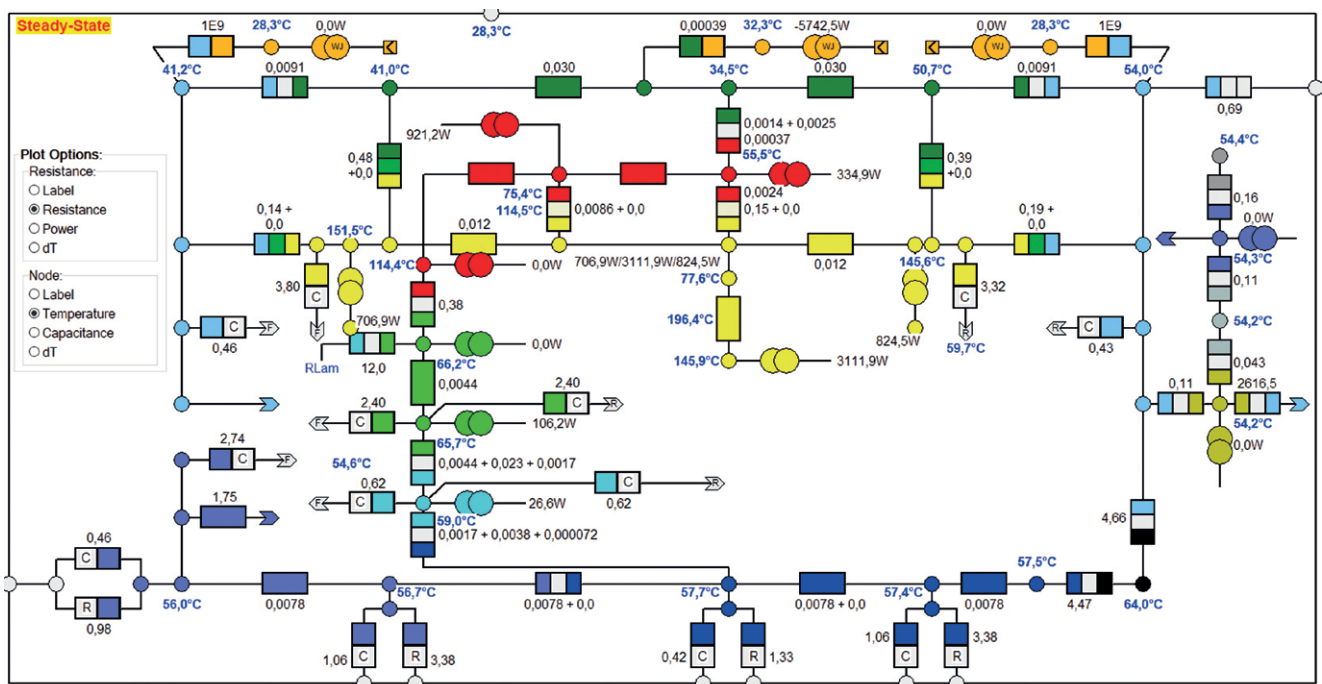
Do obliczeń przyjęto chłodzenie wodą o przepływie  $Q = 10$  l/min, temperatura otoczenia  $t_{ot} = 28^\circ\text{C}$ , temperatura chłodziwa  $t_{ch} = 24^\circ\text{C}$ .

Na rysunku 7 zostały przedstawione wyniki obliczeń cieplnych dla znamionowego punktu pracy silnika:  $T_m = 650$  Nm i  $n = 800$  obr./min.

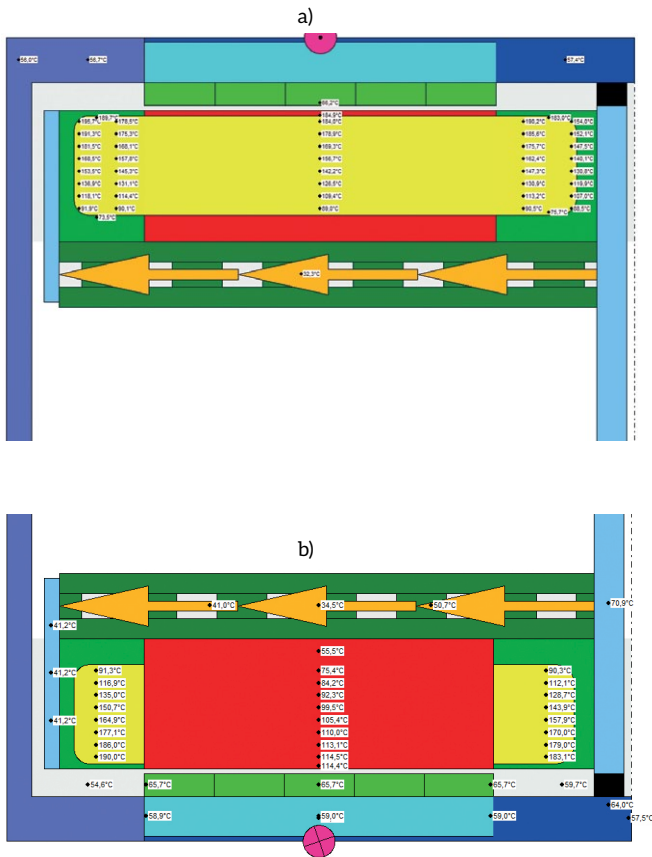
W tabeli 2 zostały przedstawione maksymalne temperatury, jakie zostały obliczone w poszczególnych elementach silnika.

Przedstawione na rysunku 7 oraz w tabeli 2 wyniki dotyczą stanu ustalonego, przy założeniu reżimu pracy  $S_1$ . Są to wyniki poglądowe, ponieważ w rzeczywistości silnik w napędzie samochodu pracuje z dynamicznie zmieniającymi się parametrami pracy.

Na rysunku 8 zostały przedstawione charakterystyki momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej.



Rys. 6. Uproszczony schemat modelu cieplnego silnika



Rys. 7. Obliczone temperatury silnika dla pracy w punkcie bazowym  $T_m = 650 \text{ Nm}$ ,  $n = 800 \text{ obr./min}$ : a) przekrój przez żłóbek; b) przekrój przez ząb stojana

Moment obrotowy rośnie wraz z natężeniem prądu, silnik pracuje w dwóch strefach sterowania, w strefie ze stałym momentem obrotowym oraz w strefie z osłabianiem strumienia magnetycznego od magnesów trwałych.

Maksymalny moment obrotowy, jaki osiągnie silnik przy dopuszczalnym maksymalnym prądzie falownika, jest równy  $T_{max} = 1200 \text{ Nm}$ .

Moment maksymalny jest dostępny w szerokim zakresie prędkości od 0 do 600 obr./min.

Na rysunku 9 zostały przedstawione analogicznie charakterystyki mocy mechanicznej w funkcji prędkości obrotowej.

Na kolejnych rysunkach zostały przedstawione obliczone charakterystyki strat poszczególnych silnika.

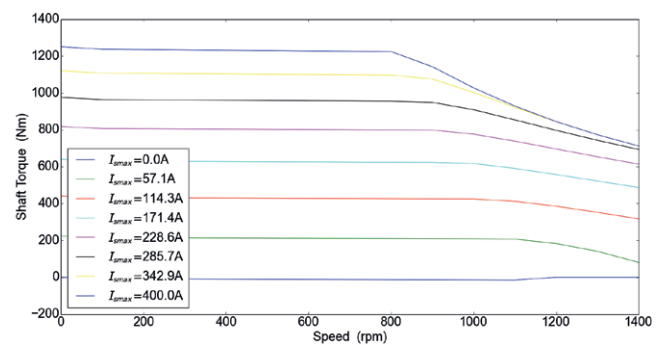
Na charakterystykach strat w rdzeniu magnetycznym stojana widać ugięcie charakterystyk, które jest charakterystyczne dla strefy z odzwzbudaniem.

Na rysunku 13 i 14 zostały przedstawione obliczone temperatury pracy przy założeniu, że temperatura maksymalna uzwojenia nie przekroczy  $T_{Cu} \leq 180^\circ\text{C}$ , natomiast temperatura magnesów trwałych nie przekroczy wartości  $T_{mag} \leq 120^\circ\text{C}$ .

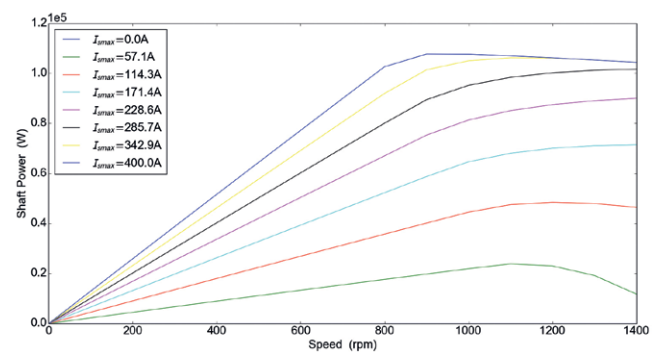
Na rysunku 15 została przedstawiona obliczona mapa sprawności dla tego obszaru pracy.

Tabela 2. Obliczone temperatury ustalone dla punktu bazowego silnika  $T_m = 400\text{Nm}$ ,  $n = 900 \text{ obr./min}$

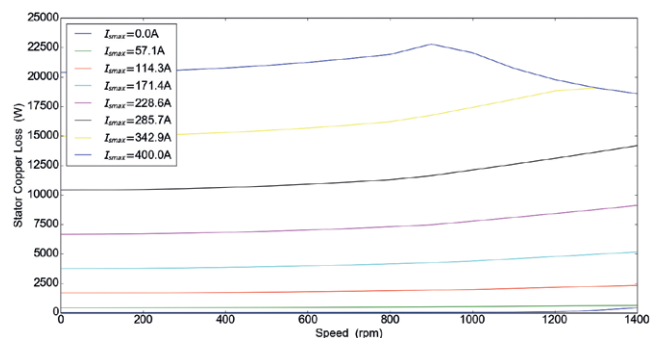
Element silnika	Temperatura [°C]
Czoło uzwojenia N	195,7
Czoło uzwojenia P	190
Uzwojenie w żłóbku	184
Ząb stojana	114,4
Radiator boczny stojana N	41,2
Radiator boczny stojana P	70,9
Magnesy	65,7
Otoczenie	28
Ciecz chłodząca (woda)	24



Rys. 8. Charakterystyki momentu w funkcji prędkości obrotowej dla zasilania różnymi prądami

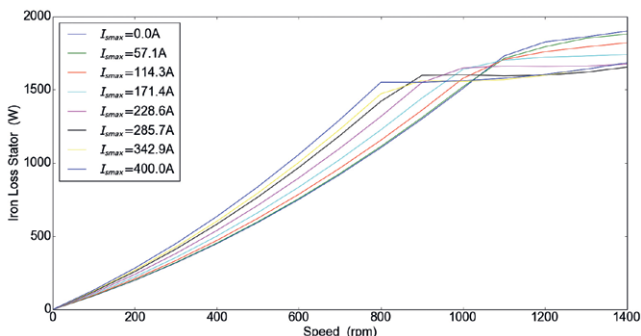


Rys. 9. Charakterystyki mocy mechanicznej w funkcji prędkości obrotowej dla zasilania różnymi prądami

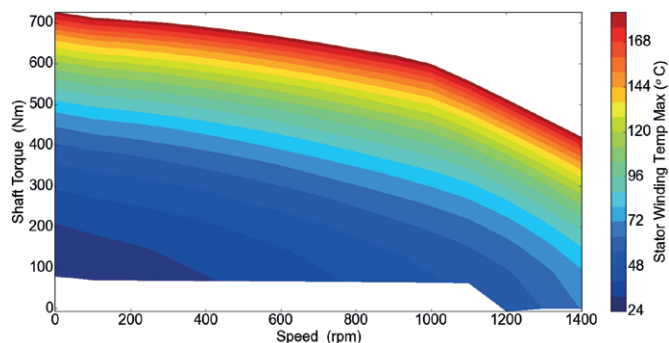


Rys. 10. Charakterystyki strat w uzwojeniu w funkcji prędkości obrotowej dla zasilania różnymi prądami

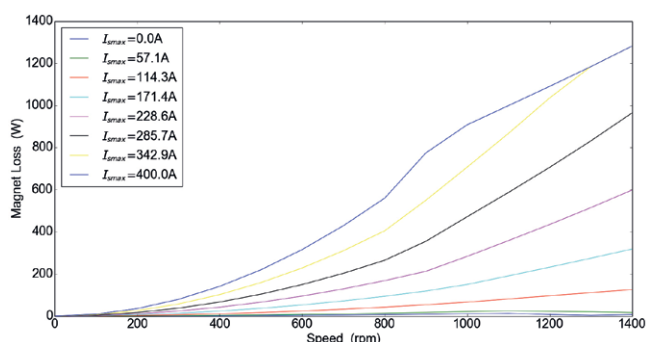




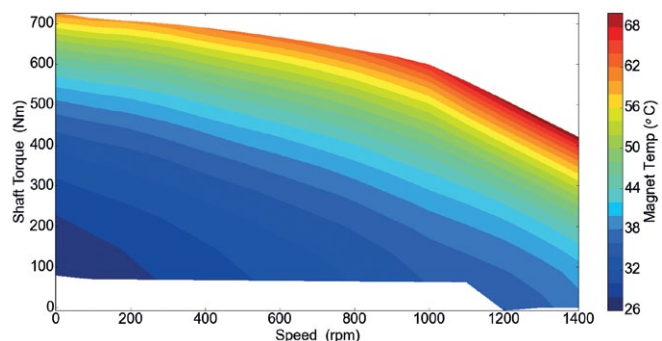
**Rys. 11.** Charakterystyki strat w rdzeniu magnetycznym stojana, w funkcji prędkości obrotowej dla zasilania różnymi prądami



**Rys. 13.** Obliczone temperatury maksymalne w uzwojeniu silnika dla obszaru pracy z ograniczeniem temperatury:  $T_{Cu} \leq 180^{\circ}C$ ,  $T_{mag} \leq 120^{\circ}C$



**Rys. 12.** Charakterystyki strat w magnesach trwałych, w funkcji prędkości obrotowej dla zasilania różnymi prądami



**Rys. 14.** Obliczone temperatury maksymalne w magnesach silnika dla obszaru pracy z ograniczeniem temperatury  $T_{Cu} \leq 180^{\circ}C$ ,  $T_{mag} \leq 120^{\circ}C$

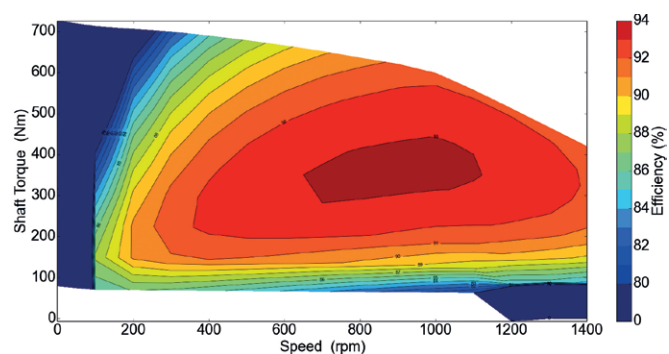
**Wnioski**

Napęd do zabudowy w kołach pojazdów użytkowych o zwiększonym zapotrzebowaniu na moment obrotowy ze względu na miejsce aplikacji powinny charakteryzować się:

- stosunkowo dużym stosunkiem momentu obrotowego (znanionowego i maksymalnego) do masy;
- wysoką sprawnością energetyczną, mającą bezpośredni wpływ na zasięg i czas pracy pojazdu;
- konstrukcją zapewniającą odpowiednią szczelność i wytrzymałość;
- odpowiednią dynamiką pracy, dużym momentem maksymalnym, zapewniającymi właściwe parametry jezdne pojazdu;
- zabudowanym układem hamulcowym, odpornym na trudne warunki pracy.

Wszystkie cechy omawianego napędu oraz ograniczenie zadaną objętością przeznaczoną na montaż napędu wymagają od zespołu projektowego poszukiwania kompromisowych rozwiązań. Projekt napędu do zabudowy w kole pojazdu użytkowego musi być rozpatrywany kompleksowo, dlatego też koncepcja projektu powinna uwzględniać działania projektowe i badawcze ujmujące następujące zagadnienia:

- projekt obwodu elektromagnetycznego;
- dobór i projekt rozwiązania konstrukcyjnego przekładni;
- dobór i projekt hamulca;
- testy technologiczne;
- obliczenia cieplne i wytrzymałościowe.



**Rys. 15.** Obliczona mapa sprawności dla obszaru pracy z ograniczeniem temperatury:  $T_{Cu} \leq 180^{\circ}C$ ,  $T_{mag} \leq 120^{\circ}C$

Przedstawione wyniki uzyskane w oparciu o opracowane modele i obliczenia potwierdzają słusność przyjętej koncepcji projektowej.

Kolejnym etapem prac w projekcie będzie przeprowadzenie szeregu prób technologicznych w zakresie wykonalności poszczególnych elementów konstrukcji napędu. Zostaną również przeprowadzone wielowariantowe symulacje pracy dla różnych konstrukcji układu chłodzenia, a następnie określone dla nich możliwe parametry eksploatacyjne napędu.


## Literatura

- [1] Global EV Outlook 2016 Beyond one million electric cars IEA(International Energy Agency), May 2016.
- [2] Mobility Model, April 2016 version (database and simulation model), [www.iea.org/etp/etpmodel/transport](http://www.iea.org/etp/etpmodel/transport).
- [3] KRÓL E.: *Silniki elektryczne w napędach pojazdów sportowo-rekreacyjnych*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2(102)/2014.
- [4] KRÓL E., ROSSA R.: *Silnik synchroniczny z magnesami trwałymi jako napęd pojazdu hybrydowego*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 4(97)/2012.
- [5] RADWAŃSKI W., BĘDKOWSKI B., BIAŁAS A., ROSSA R.: *Koncepcja napędu elektrycznego „E-Kit” dla miejskich samochodów osobowych*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 4(97)/2012.
- [6] [www.komel.katowice.pl/elektromobilnosc.html](http://www.komel.katowice.pl/elektromobilnosc.html).
- [7] <https://solarisbus.com>.
- [8] BERNATT J., GAWRON S., KRÓL E.: *Zastosowania trakcyjne nowoczesnych silników z magnesami trwałymi*. „Przegląd Elektrotechniczny” 12/2009.
- [9] THORTON J.: *Circular Precision*. Electric & Hybrid Vehicle Technology International, lipiec 2013.
- [10] KRÓL E.: *Hamowanie odzyskowe jako efektywny sposób zwiększenia zasięgu pojazdu hybrydowego*. „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2013.
- [11] <http://www.electricvehiclenews.com/2014/08/the-global-market-for-ev-traction.html>.
- [12] KRÓL E., ROSSA R.: *Silniki z magnesami trwałymi o dużej przebieżalności momentem*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 81/2009.
- [13] BERNATT J.: *Obwody elektryczne i magnetyczne maszyn elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi*. BOBRME KOMEL.
- [14] ROSSA R., KRÓL E.: *Dwustrefowa regulacja prędkości obrotowej w nowoczesnych napędach elektrycznych opartych na silnikach synchronicznych z magnesami trwałymi*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 81/2009.
- [15] FRASER A.: *In-Wheel Electric Motors. The Packaging and Integration Challenges*. <http://www.proteanelectric.com>.
- [16] ŚLĄSKI G., GUDRA A., BOROWICZ A.: *Analysis of the influence of additional unsprung mass of in-wheel motors on the comfort and safety of a passenger car*. Arch. Autom. Eng. Arch. Motoryz. 2014, 65.
- [17] PARCZEWSKI K., ROMANISZYN R., WŃĘK H.: *Influence of electric motors assembly in hubs of vehicle wheels on the dynamics of movement, especially on surfaces with different adhesion coefficient*. Combust. Eng. 2019.
- [18] DUKALSKI P., BĘDKOWSKI B., PARCZEWSKI K., WŃĘK H., URBAŚ A., AUGUSTYNEK K.: *Analysis of the influence of assembly electric motors in wheels on behaviour of vehicle rear suspension system*. Mater. Sci. Eng. 2018, 421.
- [19] DUKALSKI P., BĘDKOWSKI B., PARCZEWSKI K., WŃĘK H., URBAŚ A., AUGUSTYNEK K.: *Dynamics of the vehicle rear suspension system with electric motors mounted in wheels*. Maint. Reliab. 2019, 21.
- [20] FRAJNKOVIC M., OMEROVIC S., ROZIC U., KERN J., CONNES R., BIČEK M.: *Structural Integrity of In-Wheel Motors*. SAE Tech. Paper 2018
- [21] BIČEK M., CONNES R., OMEROVIC S., GÜNDÜZ A., KUNC R., ZUPAN S.: *The Bearing Stiffness Effect on In-Wheel Motors*. Sustainability 2020, 12.
- [22] PARCZEWSKI K., WŃĘK H.: *Comparison of overcoming inequalities of the road by a vehicle with a conventional drive system and electric motors placed in the wheels*. In Proceedings of the Conference Transport Means 2020, Palanga, Lithuania, 2 October 2020.
- [23] LI G., WANG Y., ZONG C.: *Driving State Estimation of Electric Vehicle with Four-wheel-hub-motors*. Qiche Gongcheng / Automot. Eng. 2018, 40.
- [24] <https://www.zssplus.pl/publikacje/publikacje27.htm>.

## Informacje dodatkowe

Praca powstała w ramach realizacji projektu „Innowacyjny elektryczny zespół napędowy do pojazdów użytkowych”, współfinansowanego ze środków NCBiR w ramach programu LIDER XI, zgodnie z umową nr LIDER/15/0060/L-11/19/NCBR/2020.

## artykuł recenzowany

 Bartłomiej Będkowski, Łukasz Cyganik, Piotr Dukalski, Tomasz Jarek  
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

reklama

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

# Przegląd technologii druku 3D do wykonywania prototypów małych maszyn elektrycznych

Jan Mikoś

## 1. Wstęp

Przemysł 4.0 wymaga coraz większej wydajności produkcji, logistyki i zarządzania personelem. Wytwarzanie nowych prototypów oraz elementów konwencjonalnymi metodami może wymagać nowych rozwiązań technologicznych, których wdrożenie może ciągnąć się przez wiele miesięcy lub nawet kilka lat. Produkcja addytywna (ang. *additive manufacturing* – AM) to termin nadany wszystkim technologiom, które mogą produkować funkcjonalne elementy z modelu komputerowego, dodając materiał warstwa po warstwie. Początkowo technologie AM były ograniczone do produkcji modeli i prototypów, prowadząc do powszechnie akceptowanego terminu RP (*rapid prototyping*), który przez wiele lat określał wszystkie procesy wytwarzania addytywnych warstw. Umożliwiło to zastosowanie technologii addytywnych do produkcji komponentów końcowych, co doprowadziło do określenia ich jako *rapid manufacturing* (RM) w celu odróżnienia w pełni funkcjonalnego charakteru produkowanych części z poprzednich modeli RP i prototypów. RM to wciąż rozwijający się paradygmat produkcji, który doprowadził do rozległych obszarów badawczych w środowisku akademickim i przemysłowym [1]. Teraz AM to ogólny termin RP i RM, który używany jest do opisanie odpowiedniego zastosowania technologii AM. Postępy w materiałach, procesach i sprzęcie sprawiły, że elementy wytwarzane za pomocą AM posiadają właściwości mechaniczne wystarczające do produkcji funkcjonalnych elementów. Wytwarzanie addytywne może zapewnić fizyczne wytworzenie projektowanych komponentów na podstawie modeli 3D utworzonych w oprogramowaniu CAD, takim jak Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge itd., dzięki którym możemy skrócić godziny pracy i czas prototypowania urządzenia czy elementu w stosunku do konwencjonalnej produkcji. AM jest bardzo popularny w branży medycznej, a w ostatnich latach zyskał popularność w drukowaniu silników elektrycznych do zastosowań dronów, małych samolotów i turbin wiatrowych. Technologia druku 3D w projektowaniu maszyn elektrycznych również stoi w obliczu wielu różnych wyzwań, które należy rozwiązać w przyszłości. Może w tym pomóc szybka ewolucja w zakresie technologii projektowania i prototypowania. W szczególności wykazano, że AM pomaga obniżyć koszty produkcji komponentów, które byłyby wyjątkowo kosztowne przy produkcji konwencjonalnymi metodami [3, 10]. Budowanie nowych złożonych systemów dla wytwarzania i prototypowania maszyn elektrycznych jest znacznie droższe i wymaga znacznie więcej zasobów ludzkich. Technologia

**Streszczenie:** Celem artykułu jest przegląd literatury oraz zebranie najważniejszych osiągnięć druku 3D w dziedzinie maszyn elektrycznych. Technologia druku 3D wykorzystywana jako produkcja addytywna (przyrostowa, dodatkowa) w Przemysle 4.0 może znacznie ułatwić wykonywanie prototypów nowych, skomplikowanych geometrycznie elementów, skrócić czas ich produkcji, dzięki czemu zmniejszą się nakłady finansowe. Druk 3D umożliwia drukowanie dowolnych geometrii zaprojektowanych w środowisku CAD z materiałów o różnych właściwościach mechanicznych, tak jak i elektrycznych czy magnetycznych, których wykonanie konwencjonalnymi metodami zajęłoby znacznie więcej czasu. W technologii druku 3D należy zwrócić szczególną uwagę podczas obróbki końcowej, czy element nie jest nigdzie zdeformowany lub pęknięty. W przemyśle maszyn elektrycznych w wielu aplikacjach wymagane są skomplikowane struktury, których wykonanie na etapie projektowania jest bardzo kosztowne. Technologia druku 3D może przyspieszyć etap wykonywania prototypów specjalnych maszyn elektrycznych przez wydrukowanie modelu rzeczywistego lub pomniejszonego i sprawdzenie jego parametrów z wykonanymi wcześniej analizami.

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, technologia druku 3D, produkcja addytywna

## 3D PRINTING TECHNOLOGY USED AS AN ADDITIVE MANUFACTURING FOR MAKING PROTOTYPES OF SMALL ELECTRICAL MACHINES

**Abstract:** 3D printing technology used as additive manufacturing (incremental, additional) in industry 4.0 can significantly facilitate making new prototypes, which are geometrically complicated, reduce their production time, and can reduce the financial overhead 3D printing technology can print any geometric designs in a CAD environment with materials characterized by different mechanical, electrical or magnetic properties, which performance using standard methods would take much more time. In 3D printing technology, it should be taken into account during finishing that the element is not deformed or cracked anywhere. In the field of electrical machines, many applications require complex structures that are very expensive in conventional process. 3D printing technology can accelerate the stage of making prototypes of electrical machines, by printing a real or reduced model, and perform its parameters with previously performed analyzes.

Keywords: electrical machines, 3D printing technology, additive manufacturing



druku 3D jest szybko rozwijającą się dziedziną, a wykonywanie maszyn elektrycznych za pomocą druku 3D może zapewnić bardzo ciekawe kształty, struktury i geometrie. Drukowanie maszyn elektrycznych to sposób, aby tworzyć nowe różne typy maszyn bez stosowania nowych procesów technologicznych. Głównym problemem związanym z technologią drukowania 3D jest przetwarzanie końcowe, przez co maszyny elektryczne wydrukowane z drukarki 3D wymagają dodatkowych procedur ze względu na wąskie tolerancje montażu części ruchomych oraz ze względu na budowę maszyny, która składa się z wielu różnych materiałów. Maszyny elektryczne do prawidłowego działania wymagają materiału diamagnetycznego o wysokiej przewodności elektrycznej (cewki), materiału diamagnetycznego/dielektrycznego (izolacja), materiału ferromagnetycznego o niskiej przewodności elektrycznej (rdzeń) i dużej permeancji, a także elektromagnesów/magnesów trwałych do generowania pola magnetycznego. Wszystkie te materiały mają różne właściwości termiczne i wymagają metod druku hybrydowego z różnych stopów, aby można je było zmontować.

Celem artykułu jest przegląd literatury oraz zebranie najważniejszych osiągnięć druku 3D w dziedzinie maszyn elektrycznych. Opisane zostały obecnie stosowane rodzaje druku 3D, krok po kroku został objaśniony sposób realizacji elementu/obiektu podczas wykonywania go za pomocą druku 3D. W ostatniej części przedstawiono wydrukowane dotychczas maszyny elektryczne w sposób hybrydowy oraz bez jakichkolwiek przerw w drukowaniu. Wykonywanie maszyn elektrycznych za pomocą druku 3D przyspieszy proces prototypowania i wykonywania niekonwencjonalnych struktur i geometrii maszyn elektrycznych oraz zmniejszy nakłady finansowe małoseryjnych maszyn elektrycznych do zastosowań specjalnych, gdzie często wymagane są skomplikowane geometrie kadłubów, których odlewy są drogie i trudne w wykonaniu.

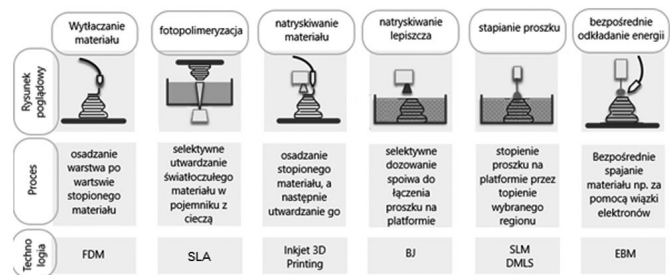
## 2. Rodzaje i możliwości druku 3D

### 2.1. Fused Deposition Modeling (FDM)

*Fused Deposition Modeling* służy do modelowania, prototypowania i produkcji urządzeń wykonanych z materiału termoplastycznego. Jako dodatek technologia wykorzystuje materiał, który może zostać wykonany ze stopionego tworzywa sztucznego, służący podczas druku jako materiał wspierający (tzw. rusztowanie). Materiał jest stały w postaci drutu, umieszczony na trójwymiarowej przestrzeni w ruchomej głowicy, która topi warstwę i przygotowuje niezbędne elementy, zgodnie z pożądanymi przekrojami wzoru. Do druku w tej technologii można wykorzystywać różne tworzywa sztuczne i materiały kompozytowe, których materiałami składowymi mogą być również miękkie metale, np. brąz.

### 2.2. Direct Ink Writing (DIW)

*Direct Ink Writing* (z ang. bezpośrednio pisanie atramentem) to technologia drukowania obiektów 3D, gdzie wykorzystywanym materiałem do druku jest atrament, który jest wytłaczany przez ruchomą trójwymiarową dyszę. Podczas procesu drukowania materiał jest wyciskany z dyszy, która porusza się



Rys. 1. Proces osadzania kolejnych części maszyny podczas przerwy w druku 3D

po platformie, gdzie część drukowana jest formowana warstwa po warstwie. Technologia DIW jest bardzo podobna do *Fused Deposition Modeling* w ich właściwościach i procesach. Główną różnicą w przypadku modelowania metodą bezpośredniego pisania atramentem jest to, że włókno wychodzi z dyszy w stanie ciekłym, po czym nabiera pożądanego kształtu z powodu pseudoplastyczności.

### 2.3. Stereolithography (SLA)

Stereolitografia, zwana także wytwarzaniem optycznym, drukiem żywicznym lub krzepnięciem fotograficznym, jest to technologia drukowania laserowego 3D, która wykorzystuje wrażliwą na ultrafiolet ciekłą żywicę lub ciecz polimerową. Laser ultrafioletowy skanuje powierzchnię żywicy i selektywnie utwardza materiał drukowany, z odpowiednio narysowanego modelu 3D. Pożądaný szczegół uzyskuje się warstwami przez zestalenie matrycy zgodnie z przekrojem obiektu. Część drukowana jest wytwarzana warstwa po warstwie od dołu do góry, o grubości warstwy 0,025–0,15 mm, laser na każdym poziomie utwardza warstwę żywicy w zbiorniku i odsłania nową warstwę cieczy, gotową do przetworzenia.

### 2.4. Inkjet 3D Printing

Atramentowe drukowanie 3D to technologia bardzo podobna do technologii drukowania atramentowego (DIW). Proces drukowania jest wykonany przy użyciu dwóch różnych materiałów: materiału konstrukcyjnego i materiału mocującego. Warstwa proszku z lepiszczem jest umieszczana na platformie i drukuje wymagany kształt obiektu 3D na pierwszej warstwie. Po zakończeniu pierwszej warstwy proszek topi się i zaczyna budować następną warstwę. Gdy obiekt jest już gotowy, utwardza się go pod wpływem ciepła. Na koniec materiał mocujący jest stopiony, tak że tylko zbudowany obiekt pozostaje stały. Materiałami drukarskimi mogą być również polimery lub metale. Do drukowania atramentowego 3D można stosować różne materiały, a kluczową właściwością jest temperatura topnienia, która jest ważna dla procesu utwardzania drukowanego obiektu [4].

### 2.5. Electron Beam Melting (EBM)

*Electron Beam Melting* to innowacyjna technologia projektowania addytywnego. W tej technologii materiał drukarski

jest topiony za pomocą wiązki elektronów. Stosowanym materiałem jest metaliczny proszek stopowy. Drukowanie odbywa się w próżni, aby zapobiec odbiciu elektronów od molekuł gazu. W komorze próżniowej można stosować metale reaktywne, takie jak tytan, bez obawy o utlenienie. Ta technologia, ze względu na wykorzystanie stopów tytanu jako surowca, jest szeroko stosowana w branży medycznej

### 2.6. Selective Laser Melting (SLM)

W tego typu technologii metal lub proszek ceramiczny umieszcza się na platformie, gdzie wiązka lasera służy do podgrzewania (spajania) materiału drukarskiego, energia do przetwarzania warstw jest zwykle od 100 do 1000 W. Laser porusza się szybko po powierzchni warstwy proszku, podgrzewając go, dzięki czemu spiekany (topiony) przekrój obiektu jest wykonywany w formie stałej. Nowa warstwa proszku o grubości 0,1 mm jest umieszczana na ukończonej warstwie, a laser podgrzewa kolejne warstwy przekroju modelu 3D. W rezultacie wszystkie warstwy obiektu są spiekane do siebie. Po zakończeniu procesu drukowane obiekty zazwyczaj wymagają niewielkiej końcowej obróbki, jak np. szlifowanie po zakończeniu procesu drukowania, co jest zaletą tej metody.

### 2.7. Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

Bezpośrednie spiekanie laserowe metali to prawie taka sama technologia co SLM, bo także tu proszek metaliczny jest stosowany jako materiał drukujący. Obiekty wykonane w technologii DMLS są z aluminium lub tytanu. Podobnie jak w przypadku selektywnego topienia laserowego, laser spieka niezbędne punkty przekroju zgodnie z modelem 3D obiektu. W tej technologii energia lasera jest mocniejsza, a warstwy drukowane są cieńsze, co pozwala na drukowanie mocniejszych, trwalszych przedmiotów o wysokiej precyzji.

### 2.8. Proces produkcji addytywnej

Procesy produkcji addytywnej są bardzo dobrze znane pod względem technologii drukowania 3D i strategii osadzania warstw, dzięki czemu można rozbić procedurę wszystkich technologii warstw addytywnych w 7 podstawowych krokach [2]:

#### 1. Stworzenie modelu cyfrowego

Jest to proces tworzenia obiektu, który ma zostać wydrukowany. Model cyfrowy jest przygotowywany przy użyciu oprogramowania CAD. Ponieważ model jest tworzony warstwa po warstwie, niektóre projekty obiektu wymagają optymalizacji schematów, ze względu na złożoność obiektu mogą być wykonane na etapie projektowania.

#### 2. Konwersja modelu CAD do formatu *Standard Tessellation Language* (STL)

Operację konwersji można wykonać za pomocą dowolnego standardowego oprogramowania CAD. Konwersja polega na zastąpieniu powierzchni modelu siatką trójkątów. Kiedy zaprojektowany obiekt jest przekonwertowany na format STL, model jest zorientowany na układ współrzędnych platformy drukarki i obsługiwany model STL jest podzielony na liczbę warstw.

#### 3. Ładowanie modelu STL do środowiska drukarki

Kiedy model STL został sczytany, zorientowany i pocięty na poziome warstwy, to można załadować go do środowiska obsługiwanego przez maszynę produkcyjną. Inne części mogą być dodawane do obiektu umieszczonego na platformie podczas przerw drukowania, w celu zachowania ciągłości produkcji elementu.

#### 4. Ustawienie parametrów procesu

Parametry procesu, takie jak moc cieplna, prędkość, wysokość platformy itp., są ustawiane w stosunku do właściwości budowanego komponentu. Optymalne parametry są unikalne dla każdego przetwarzanego materiału i zależą od sposobu druku oraz geometrii wykonywanego elementu. Etap optymalizacyjny powinien zostać wykonany przed drukowaniem właściwego elementu.

#### 5. Etap budowy

Na etapie budowy rozpoczyna się główny proces, tzn. część jest tworzona warstwa po warstwie przez upuszczenie proszku lub drutu (zależy od technologii AM), zgodnie z modelem CAD.

#### 6. Usunięcie komponentu końcowego przeznaczenia z platformy.

Po ukończeniu drukowania żadanego obiektu należy usunąć element z platformy oraz, jeśli zostały zastosowane, usunąć konstrukcje wsporcze.

#### 7. Przetwarzanie końcowe

Ostatni etap procesu dotyczy szeregu procedur wykończeniowych niezbędnych, aby wykonany element był użyteczny. Mogą to być: frezowanie, polerowanie, termiczne i/lub zabiegi mechaniczne.

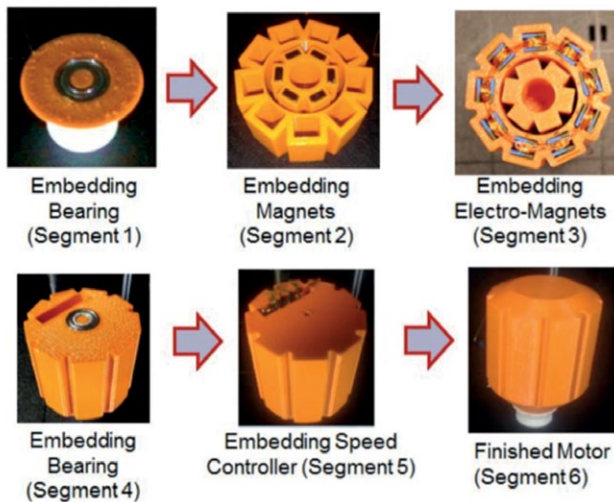
## 3. Wydrukowane silniki

Druk 3D jest procedurą bardzo wymagającą technicznie dla maszyn elektrycznych ze względu na wąskie tolerancje dla montażu części ruchomych i ich strukturalnego wykonania z wielu różnych materiałów. Maszyny elektryczne wymagają zarówno wzbudzenia do kontrolowania wytworzonego wewnątrz maszyny pola magnetycznego, jak i „prowadnic” strumienia ferromagnetycznego (rdzenia) do wzmocnienia oddziaływań magnetycznych wewnątrz maszyny.

Materiały te wykazują jednak niekompatybilne właściwości termiczne i wymagają hybrydowych metod drukowania wielomateriałowego do równoczesnego drukowania lub ostatecznego montażu półfabrykatów. W tym przypadku łożyska, magnesy i elektromagnesy są osadzone w maszynie podczas przerw w drukowaniu [9].

Dotychczas tylko kilka rodzajów maszyn elektrycznych wydrukowano za pomocą drukarek 3D. Zespołowi badawczemu z Chemnitz University of Technology jako pierwszemu udało się wydrukować maszynę elektryczną z różnych materiałów bez przerw w drukowaniu. Innowacyjność technologii jest dopiero sprawdzana, ale pokazuje ona, że technologia druku 3D ma wielki potencjał w dziedzinie maszyn elektrycznych [14].





Rys. 2. Proces osadzania kolejnych części maszyny podczas przerwy w druku 3D [9]

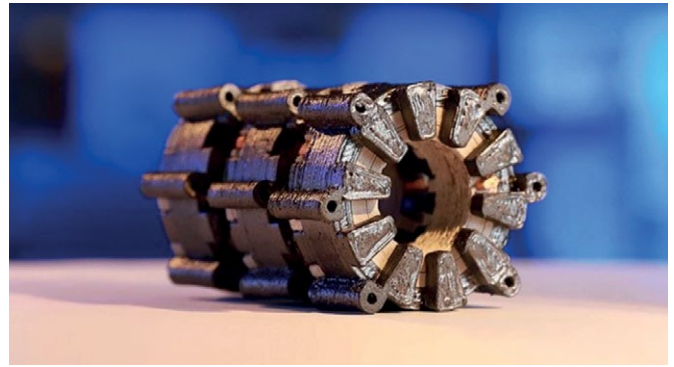
Najpopularniejszą i najprostszą technologicznie maszyną wydrukowaną w technologii druku 3D jest silnik reluktancyjny przełączalny. Atrakcyjność tej maszyny wynika z bardzo prostej konstrukcji, gdzie wirnik jest wykonany tylko z materiału ferromagnetycznego, a jego kształt jest wykonany w taki sposób, aby mógł wytworzyć reluktancyjny moment obrotowy. Rdzeń z tworzywa sztucznego jest nieoptymalny dla tego typu maszyny (rys. 3). Znacznie lepszym rozwiązaniem będzie rdzeń ferromagnetyczny, w którym gęstość strumienia magnetycznego wewnątrz maszyny ulegnie znacznej poprawie. Na rys. 4 i 5 zaprezentowane zostały silniki reluktancyjne wydrukowane za pomocą technologii SLM na Tallinn University of Technology.

Przy użyciu *Fused Deposition Modeling* na University of Wisconsin-Madison wydrukowano silnik elektrostatyczny, który działa poprzez przyciąganie i odpychanie ładunku elektrycznego, rys. 7. Silniki nie wymagają cewek ani przewodników magnetycznych. Cechują się prostą konstrukcją, niskim kosztem, wysoką wydajnością i niewielką wagą [11]. Często stosuje się je w systemach mikroelektromechanicznych (MEMS), w których naładowane płyty generują pole elektryczne w łatwiejszy sposób, niż cewki i rdzenie żelazne.

Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono wykonane „garażowe” projekty. Za pomocą komercyjnie dostępnych drukarek 3D wydrukowano bezrdzeniowe maszyny z tworzywa sztucznego. Taka maszyna posiada gorsze parametry elektromagnetyczne oraz cieplne w porównaniu do maszyny z rdzeniem ferromagnetycznym, natomiast tego typu maszyny mogą zostać wykorzystane w specjalnych aplikacjach, gdzie np. gabaryty maszyny lub cena odgrywają główną rolę.

Na Technical University of Munich i University of Nottingham wykonano obudowy maszyn elektrycznych do zastosowań w pojazdach elektrycznych.

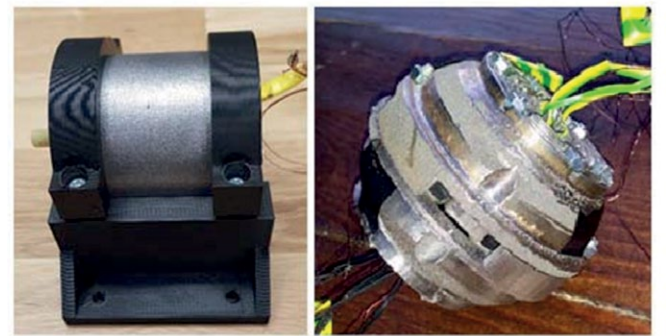
Na rys. 10 przedstawiono projekty wykonane w oprogramowaniu CAD i prototypowy sprzęt. W obu przypadkach w obudowie zastosowano unikalną zintegrowaną konstrukcję kanałów do chłodzenia cieczą, co zmniejsza ogólną liczbę części



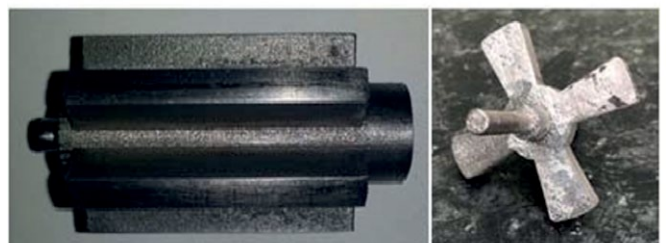
Rys. 3. Pierwszy silnik elektryczny wydrukowany metodą druku wielomateriałowego [14]



Rys. 4. Silnik reluktancyjny wydrukowany w technologii SLM [9]

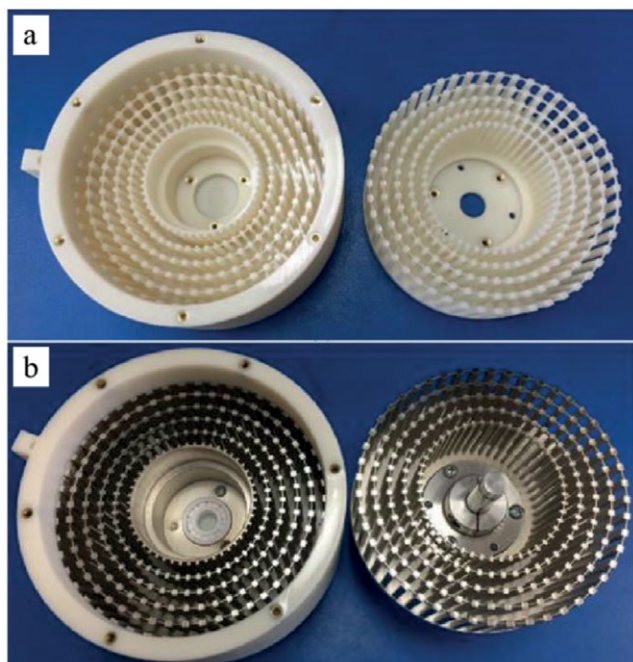


Rys. 5. Silnik reluktancyjny z: a) promieniowym; b) osiowym rozkładem pola [10]

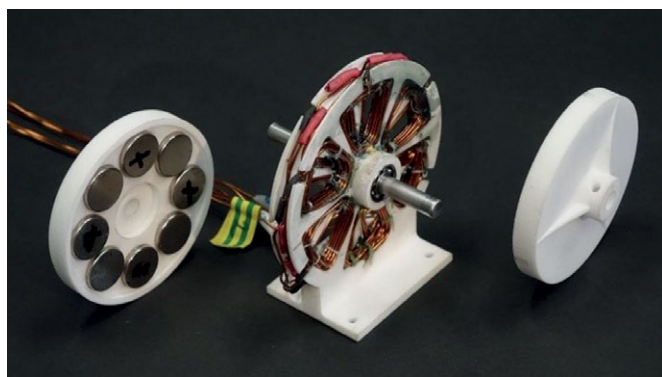


Rys. 6. Wirniki wydrukowane w technologii SLM: a) promieniowy; b) osiowy [10]





Rys. 7. Silnik elektrostatyczny wydrukowany w technologii FDM na University of Wisconsin-Madison [4, 9]

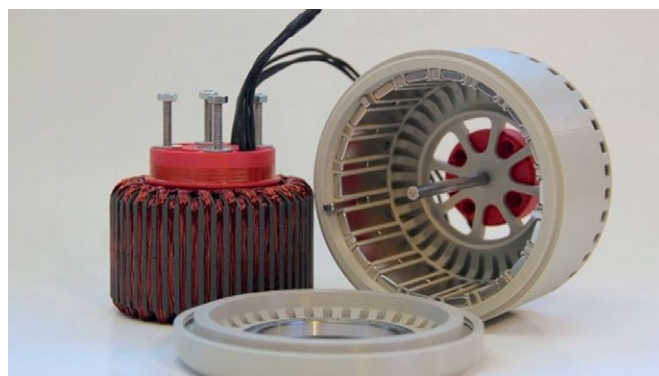


Rys. 8. Silnik tarczowy [15]

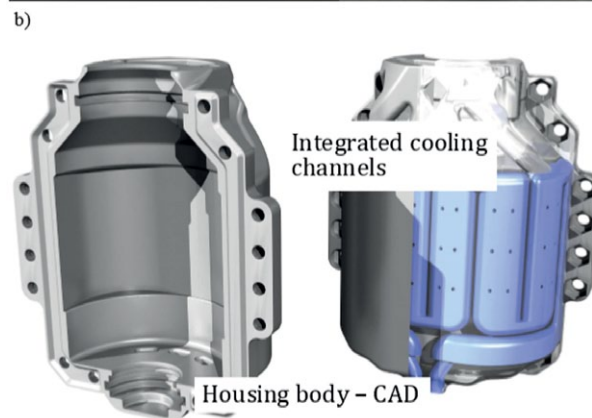
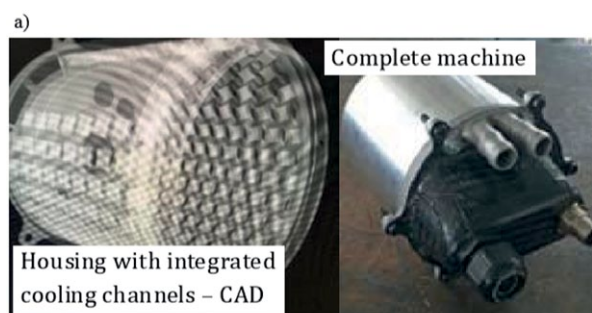
i poprawia ogólną wydajność systemu zarządzania temperaturą [6, 7]. Silnik na rys. 10a, według autorów, ma o 31% wyższy całkowity przepływ oraz o 20% większe przewodzenie ciepła i wydajność układu chłodzenia w porównaniu z konwencjonalną konstrukcją [6]. Autorzy nie podają szczegółów dotyczących stopu metalu użytego do wykonania obudowy, ale biorąc pod uwagę przewodność cieplną dostępnych stopów, najprawdopodobniej jest to stop aluminium.

#### 4. Podsumowanie

Drukowanie maszyn elektrycznych za pomocą technologii druku 3D jest obecnie we wstępnej fazie i wymaga wiele testów dotyczących zarówno samego drukowania, jak i obróbki końcowej ze względu na niskie tolerancje elementów maszyn elektrycznych. Obecnie wydrukowane elementy wykazują



Rys. 9. Silnik BLDC [13]



Rys. 10. Obudowa silnika elektrycznego ze zintegrowanymi kanałami do chłodzenia cieczą: a) model CAD oraz wykonana obudowa - Technical University of Munich; b) model CAD - University of Nottingham [6, 7]

chropowatości, ubytki, pęknięcia. Pełna produkcja maszyny elektrycznej musi być jeszcze osiągnięta bez żadnego montażu lub obróbki końcowej podczas lub po drukowaniu. Technologia może okazać się szczególnie korzystna przy wytwarzaniu stopów o słabej ciągliwości i przewodności cieplnej, takich jak stal o wysokiej zawartości krzemu.

Druk 3D może znacznie przyspieszyć prototypowanie nowych geometrii i struktur maszyn elektrycznych, których wykonanie konwencjonalnymi metodami byłoby bardzo kosztowne. Przy optymalnej technologii produkcji maszyn elektrycznych za pomocą druku 3D znacząco zmniejsza się czas wytwarzania maszyny, jak również istnieje możliwość zredukowania wymaganych zasobów ludzkich. Metaliczny druk 3D ma bardzo duże możliwości poprawy parametrów magnetycznych rdzeni ze względu na łatwą możliwość domieszkowania.

Technologia druku 3D bardzo dobrze mogłaby się sprawdzić podczas drukowania kadłubów maszyn elektrycznych, gdzie nie są wymagane aż tak niskie tolerancje konstrukcyjne (większe możliwości przy obróbce końcowej).

## Literatura

- [1] THOMAS D.: *The Development of Design Rules for Selective Laser Melting*. PhD, University of Wales, 2009.
- [2] GARIBALDI M.: *Laser Additive Manufacturing of Soft Magnetic Cores for Rotating Electrical Machinery: Materials Development and Part Design*. PhD in Mechanical Engineering.
- [3] CALIGNANO F., MANFREDI D., AMBROSIO E.P., BIAMINO S., LOMBARDI M., ATZENI E., SALMI A., MINETOLA P., IULIANO L., FINO P.: *Overview on Additive Manufacturing Technologies*. Proceedings of the IEEE, vol. 105, no. 4, 2017.
- [4] LEWIS J.A.: *Direct Ink Writing of 3D Functional Materials*. Advanced Functional Materials, vol. 16, no. 17, 2006.
- [5] AGUILERA E. ET AL.: *3D Printing of Electro Mechanical Systems*. International Solid Freeform Fabrication Symposium, 2013.
- [6] Additive Manufacturing moves TUfast [online], Available: <https://additive-news.com/additive-manufacturing-moves-tufast/>. -07.2019.
- [7] Nottingham PhD student wins Additive World Design Challenge award [online], Available: <https://www.nottingham.ac.uk/engineering/news-events/newslist/nottingham-phd-student-wins-additive-world-design-challenge-award.aspx>. - 07.2019.
- [8] WRÓBEL R., MECROW B.: *Additive Manufacturing in Construction of Electrical Machines – A Review*.
- [9] THISMUS H., KALLASTE A., BELAHCEN A., RASSÖLKIN A., VAIMANN T.: *Challenges of Additive Manufacturing of Electrical Machines*.
- [10] THISMUS H., KALLASTE A., BELAHCEN A., RASSÖLKIN A., VAIMANN T.: *Technologies for Additive Manufacturing of Electrical Machines*.
- [11] GE B., LUDOIS D.C., GHULE A.N.: *A 3D Printed Fluid Filled Variable Elastance Electrostatic Machine Optimized with Conformal Mapping*.
- [12] DILBEROGLUA U.M., GHAREHPAPAGHA B., YAMANA U., DOLENA M.: *The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0*.
- [13] 600W 3D printed BLDC: <https://www.instructionables.com/id/600-Watt-3d-printed-Halbach-Array-Brushless-DC-Ele/> - 07.2019.
- [14] Fully 3D-printed electric motors: <https://www.tu-chemnitz.de/tu/pressestelle/aktuell/8718/en> - 07-2019.
- [15] 3D printed axial brushless motor for drones: <https://www.youtube.com/watch?v=JkwLpAAfBVI> - 07.2019.

### artykuł recenzowany

Jan Mikoś

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

reklama



# Darmowa e-prenumerata!

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

**napędy i sterowanie**

miesięcznik naukowo-techniczny





# Zwykły DfAM już nie wystarcza, czyli co nowego słyszeć w designie

Helena Dodziuk

Zacznijmy od terminologii: pojęcie wytwarzanie addytywne (*Additive Manufacturing*, AM) odnosi się najczęściej do zastosowań przemysłowych, podczas gdy druk 3D, 3DP, albo oznacza wszystkie nieprzemysłowe zastosowania tej technologii, np. w edukacji, albo całą dziedzinę wytwarzania addytywnego [1]. Poniżej będziemy stosować te pojęcia wymiennie, chociaż większość podawanych informacji dotyczy zastosowań przemysłowych. Międzynarodowy Komitet F42 ASTM (*American Society for Testing and Materials*) oraz ISO TC 261 dokonały standaryzacji terminów stosowanych w tej dziedzinie [2].

## 1. Wstęp

Szybkie prototypowanie (ang. *rapid prototyping*) było pierwszym etapem zastosowań 3DP. Następnym etapem było szybkie oprzyrządowanie (ang. *rapid tooling*). Obecnie jesteśmy na etapie szybkiego wytwarzania (ang. *rapid manufacturing*), czyli wprowadzania 3DP do produkcji średnio- i wielkoseryjnej. Nie jest to prosty proces. W najszerszym sensie obejmuje całościowe ujęcie procesu wytwarzania addytywnego od pomysłu, poprzez design, produkcję oraz dystrybucję i opis zachowania wydrukowanych w 3D części w trakcie ich użytkowania wraz ze stworzeniem pakietów oprogramowania uwzględniających wszystkie te etapy. Jednym z nich jest design czyli projektowanie.

Jedną z najważniejszych zalet 3DP jest możliwość wytwarzania bezpośrednio z modelu trójwymiarowego bardzo skomplikowanych kształtów, często niemożliwych (lub bardzo trudnych) do otrzymania metodami tradycyjnymi [1]. Przykładem jest tutaj kula z mniejszą wydrążoną kulą w środku oraz części z poruszającymi się względem siebie

fragmentami. Jednak ze względu na różnice w stosowanych technologiach 3DP i ich implementacjach funkcjonalne i geometryczne charakterystyki wydrukowanych w 3D części mogą się znacznie różnić [3], a ich wytwarzanie doprowadziło do zmiany podejścia do projektowania. Jak podkreśla Todd Grimm [4], na początku wydawało się, że „wytwarzanie addytywne oferuje nieograniczone możliwości projektowania bez ograniczeń procesowych”. Rzeczywiście 3DP otwiera możliwości całkowicie nowego myślenia o projektowaniu. Ale za wszystko się płaci: addytywne wytwarzanie również nakłada ograniczenia. Według Grimma, DfAM polega na maksymalizacji swobody designu wraz z minimalizacją takich czynników, jak czas, koszt i łatwość wytwarzania (ang. *manufacturability*). Inżynier chcący zastosować DfAM musi całkowicie zmienić swój sposób myślenia o projektowaniu. A to jest trudne. Pytanie: czy chce i potrafi zmienić swój sposób myślenia? Grimm konkluduje, że nawet jeśli nie oplaca się „przestawić” na DfAM w bieżącym projekcie, to należy zacząć się interesować tym podejściem do projektowania, ponieważ obok innych swoich zalet pozwala ono osiągnąć imponującą efektywność działania produktu.

Na początku części do wydrukowania w 3D projektowano, korzystając z tradycyjnych programów komputerowych CAD (*Computer Added Design*) [5]. Następnie, wraz z przejściem wytwarzania od krótkich do średnich i wielkich serii i lepszym rozumieniem technologii 3DP, przestało to wystarczać. Ten nowy sposób projektowania nazwano projektowaniem dla wytwarzania addytywnego (ang. *Design for Additive Manufacturing*, DfAM). Było to

projektowanie nacelowane na jak największą efektywność działania wydrukowanej w 3D części. Jak wskazano na blogu Markforge [6], DfAM oznacza projektowanie z uwzględnieniem wymagań funkcjonalnych wydrukowanej części. W porównaniu z innymi metodami wytwarzania technologie AM charakteryzują się ogromną dowolnością w projektowaniu, pozwalając na wykonanie bardzo skomplikowanych kształtów nie większym kosztem niż koszt wykonania prostych części. Jest istotne, że ogromne zalety DfAM na ogół warto wykorzystywać, gdy chcemy wykonywać średnie lub długie serie produkcyjne. Najczęściej nie warto poświęcać dużo czasu projektanta, aby wykonać pojedynczą część [7]. Ważnym ograniczeniem wytwarzania addytywnego jest fakt, że właściwości wydrukowanej w 3D części są anizotropowe, tzn. są one zależne od kierunku nakładania warstw. Np. wytrzymałość materiału w kierunku nakładanych warstw jest na ogół większa niż w kierunku prostopadłym do niego. W DfAM należy wziąć pod uwagę nie tylko możliwość wydrukowania tej części, lecz spełnienie stawianych jej wymagań funkcjonalnych. Jeśli chcemy wydrukować w 3D np. część samolotową, to może warto (ze względu na wysoki koszt często stosowanego w tej dziedzinie tytanu lub jego stopów) nie drukować jej jako litej struktury, a wbudować w nią „dziurę”, ewentualnie ze wzmacniającą ją siatką. Taka siatka może ewentualnie też mieć anizotropowy charakter, aby skompensować anizotropię wyjściowej struktury [8].

Mani ze współpracownikami podjęli próbę sformułowania reguł DfAM [3]. Podkreślili oni, że dzisiejsi designerzy muszą się skonfrontować z tym, że nie znają możliwości AM, ograniczeń



związanych z zastosowanym procesem produkcyjnym oraz ich wpływu na produkt końcowy [9–11]. W związku z dużą ilością różnych technologii AM problemem jest wybór optymalnej metody wytwarzania dla projektowanej części ze względu na jej na funkcję, rozmiar, wykończenie powierzchni lub tolerancje. Szeroka gama stosowanych w AM materiałów, obejmująca metale, plastiki oraz materiały kompozytowe i ceramiczne w postaci proszków, drutów, filamentu lub cieczy, nie ułatwia tego zadania. W szczególności problemy z powtarzalnością rozmiarów wydrukowanych części ograniczają szerokie używanie AM w zastosowaniach o dużej wartości lub o wysokich wymaganiach [12]. Mając na uwadze wymienione powyżej trudności, Mani i wsp. uznali za konieczność opracowanie podstawowych zasad, które pomogą ustalić współzależności między geometrią, zastosowanym materiałem, procesem produkcyjnym i strukturą oraz ułatwić przyszły rozwój systemów eksperckich i projektowania baz danych.

Angelle Erickson sformułowała na swoim blogu zasady dla DfAM [7]. Na początku stwierdziła ona, że 3DP obejmuje szereg technologii wytwarzania i projektowanie DfAM będzie zależało od tego, w jakiej technologii ma być wykonany projektowany przedmiot, ponieważ różne technologie wymagają różnych metod optymalizacji. W swoich uwagach Erickson ograniczyła się do technologii FDM [13] i PolyJet [14]. Wyróżnia ona dobrze i źle wdrożony AM. Ten ostatni właściwie niczym się nie różni od tradycyjnego designu, w którym menezjerowie narzucają ograniczenia budżetowe na inżynierię i projektowanie. Taki design wykonywany jest za pomocą tradycyjnego projektowania i częściowego wykorzystania celów projektu, a całość wienczy wykonanie techniką druku 3D z marginalnym wykorzystaniem jego specyfiki. Na końcu informacja zwrotna o udanym wydruku przekazywana jest na poziom inżynierii/designu. Natomiast w dobrze wdrożonym AM wzajemne zależności między trzema etapami (zarządzaniem, inżynierią i projektowaniem oraz wykonaniem) są dużo bardziej skomplikowane. Nie tylko zmieniają się

przesyłane z góry na dół „polecenia”, lecz również na każdym etapie towarzyszy im informacja zwrotna. Kierownictwo (zarządzanie) narzuca ograniczenia budżetowe oraz przekazuje warunki wynikające z zastosowania AM (Erickson nazywa te ograniczenia i warunki Inicjatywami AM), natomiast na etapie inżynierii/designu nie tylko wykorzystuje się projektowanie AM, lecz również uwzględnia cały projektowany proces. Dodatkowo całemu procesowi towarzyszy informacja zwrotna. Wykonawcy przekazują inżynierom/designerom, które części udało się, a których nie udało się prawidłowo wydrukować w 3D, oraz dodatkowe informacje o procesie drukowania. Z kolei inżynierowie/designerzy przekazują zarządowi swoje raporty wykorzystania i możliwości zastosowanych procedur oraz rekomendacje do wykorzystania w przyszłości. Należy zauważyć, że dobre lub złe zastosowanie DfAM daje na ogół różne wyniki: ta sama część zaprojektowana przy użyciu tego pierwszego podejścia różni się kształtem i jest na ogół lepsza od części zaprojektowanej z wykorzystaniem tradycyjnego designu, czyli złego zastosowania DfAM. A więc dobre zastosowanie DfAM daje, czasami bardzo istotne, oszczędności zużytego materiału. Warto podkreślić, że największe zyski z zastosowania DfAM uzyskuje się dla produkcji dużych serii, zaś najmniejsze przy szybkim prototypowaniu, przy czym wykorzystanie istotnych korzyści DfAM przy stosowaniu różnych technologii druku 3D wymaga stosowania różnych rodzajów optymalizacji. W rezultacie możemy uzyskać redukcję zasobów (surowców, kosztów, czasu drukowania czy też czasu dotyku [15]) oraz zwiększenie jakości (tj. wzrost wytrzymałości, estetyki czy też funkcjonalności produktu).

Jak wspomniano powyżej, DfAM polega na projektowaniu części zorientowanym na ich funkcjonalność [6]. Jednak coraz szersze zastosowania przemysłowe wymusiły rozszerzenie takiego podejścia i uwzględnienie różnorodności stosowanych technologii AM oraz używanych materiałów do drukowania w 3D. Alfaiy i wsp. opublikowali niedawno pracę przeglądową podsumowującą poglądy

na nowoczesny DfAM [16]. Według tych autorów AM jest nowatorską metodą produkcji w zakresie projektowania, wytwarzania i dostarczania użytkownikom końcowym, zaś technologie AM zapewniają dużą elastyczność w projektowaniu złożonych komponentów, wysoce spersonalizowanych produktów, skutecznej minimalizacji odpadów, dużej różnorodności materiałów i zrównoważonych produktów. W swoim przeglądzie Alfaiy i wsp. omówili zagadnienia związane z projektowaniem struktur komórkowych i podpór, a także z orientacją wytwarzanej części, jej złożonością, konsolidacją i montażem, jak również z materiałami do produkcji oraz trwałością produktu.

W ciągu ostatnich 30 lat nastąpił bezprecedensowy rozwój AM. Było to możliwe dzięki opracowaniu nowatorskich technologii AM (takich jak stereolitografia (SLA) [17], selektywne spiekanie laserowe (SLS) [17], osadzanie topionego materiału (ang. *Fused Deposition Modeling*, FDM) [18], różne odmiany druku trójwymiarowego (ang. *3 Dimensional Printing*, 3DP) [19], wytwarzanie obiektów laminowanych (ang. *Laminative Object Manufacturing*, LOM) [20] i laserowe osadzanie materiałów (ang. *Laser Material Deposition*, LMD) [21] i wiele innych), nowych materiałów do drukowania w 3D oraz bardzo różnorodnych zastosowań [1]. To wszystko, wraz ze zwiększoną dokładnością drukarek 3D, spowodowało, że AM może obecnie stać się nowym standardem wytwarzania, jeżeli uda się zintegrowanie zalet projektowania inżynierskiego i prototypów w końcowym funkcjonalnym produkcie [22]. Przypomnijmy, że unikalne zalety AM obejmują złożoność kształtu, materiału i funkcjonalności, złożoność hierarchiczną, masową kustomizację (ang. *customization*, czyli dopasowanie produkcji), personalizację produktu dla konkretnego użytkownika i decentralizację jego wytwarzania [23, 24]. Mają one umożliwić projektantom design wysokiej jakości części, które zapewniają funkcjonalność, właściwości mechaniczne i obniżkę kosztu, przy jednoczesnym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych w systemach AM. Należy

jeszcze raz podkreślić, że technologie AM mają również swoje ograniczenia. Problemem jest drukowanie cienkich słupów i elementów wiszących [25], drobnych elementów, takich jak małe otwory, cienkie ścianki i szczeliny [26], konstrukcji nawisów [27, 28] oraz zamkniętych pustych przestrzeni, które uniemożliwiają usunięcie niestopionego materiału podpór [29]. Dodatkowo zniekształcenie termiczne [30], anizotropowe właściwości materiału [31], jak również koszt produktu i czas zużyty na jego wytworzenie [32] są istotnymi ograniczeniami AM, przy czym należy podkreślić, że ograniczenia te zależą od zastosowanej technologii AM [33].

Jak podkreślali wcześniej Thompson ze współpracownikami [33] oraz Todd Grimm [4], w przypadku DfAM projektanci różnią się znacznie swoją wiedzą na temat projektowania, narzędzi, zasad, procesów i metodologii. Szerokie wprowadzenie AM do przemysłu wraz z wykorzystaniem jego wszystkich zalet jest uzależnione od rozwoju i implementacji tej wiedzy.

## 2. Ogólna analiza DfAM przez Alfaify ze wsp. [16]

Wydaje się, że najbardziej kompleksowo podeszli do zmian w projektowaniu dla AM Alfaify ze współpracownikami [16]. Omówili oni zagadnienia związane z projektowaniem (a) struktur komórkowych i (b) podpór, (c) ich orientacją, (d) konsolidacją i montażem części oraz ich złożonością, a także z (e) materiałami oraz (f) trwałością produktu.

### a. Klasyfikacja designu dla AM

#### a1. Struktury komórkowe

Struktury komórkowe są to struktury porowate, którymi zainteresowano się ze względu na ich rolę przy wzmacnianiu trwałości mechanicznej [34, 35] w różnych aspektach, takich jak wysoki stosunek wytrzymałości do masy, wysoka zdolność przenoszenia ciepła, izolacyjność termiczna i pochłanianie energii. Składają się one z połączonych sieci stałych podpór, płytek lub małych komórek elementarnych (periodycznych lub przypadkowych), z którymi

mamy często do czynienia w przyrodzie (w szkielecie żywych komórek, gąbce, kości, koralu, drewnie i wielu innych organizmach żywych). Można je podzielić na cztery grupy: gąbki, struktury plastra miodu, sieci i inne konstrukty [36, 37].

Niegdyś wytwarzano struktury sieciowe, wykorzystując skomplikowane i drogie metody. W związku z tym rzadko je wykorzystywano mimo zalet związanych z ich lekką konstrukcją. AM stwarza możliwość ich łatwego wytwarzania [38, 39]. Ostatnio ukazuje się wiele prac na temat optymalizacji struktur komórkowych w DfAM (p. [16]), co więcej, prowadzi się również takie optymalizacje z narzuconymi celami, np. maksymalne współczynniki objętościowe, maksymalna rozszerzalność cieplna, ujemny współczynnik Poissona czy też złożone właściwości wielofunkcyjne. AM wykorzystano m.in. do wytworzenia sztywnych i bardzo lekkich struktur, struktur auksetycznych lub komórek dla materiałów akustycznych z ujemnym współczynnikiem refrakcji (p. [16]). DfAM struktur sieciowych wykorzystuje się do otrzymywania drogich materiałów funkcjonalnych o wyjątkowych właściwościach wykorzystywanych m.in. w lotnictwie i produkcji części samochodowych oraz przemyśle biomedycznym. Np. części samolotów muszą być lekkie i bardzo trwałe, robi się je więc z superstopów lub ceramiki odpornej na wysokie temperatury, jednak są one bardzo drogie. Stąd bardzo celowe jest wykorzystanie w tym wypadku struktur komórkowych. Np. pianka aluminiowa daje wyższą odporność na deformacje [40] i izotropowe właściwości mechaniczne; dlatego też w wysięgnikach ogonowych śmigłowców Boeinga stosuje się piankowe konstrukcje z aluminium i tytanu. Struktury komórkowe wykorzystuje się również w implantach i wielu innych zastosowaniach medycznych.

#### a2. Konsolidacja części i ich montaż

Konsolidacja części umożliwia zmniejszenie ich ilości oraz uproszczenie struktury produktu, na ogół pozwalając również na obniżenie jego kosztów oraz

wagi, a także ulepszając jego działanie (ang. *performance*) [41]. Taka strategia jest szeroko stosowana w przemyśle [42] i badaniach naukowych [43, 44]. GE, które było pionierem w wykorzystaniu konsolidacji części w druku 3D (pamiętny przykład wydrukowania dyszy silnika odrzutowego jako jednej części już w 2013 roku [45]), pokazało ostatnio wydrukowany w 3D silnik helikoptera składający się z 14 części zamiast 900 [46]. Dzięki projektowaniu dla montażu (ang. *Design for Assembly*, DfA) w AM uzyskuje się mniej złożoną strukturę produktów, minimalny czas przetwarzania (z uwzględnieniem czasu montażu i rozbudowy) [47].

W większości wcześniej prowadzonych prac nadrzędnym celem DfAM było jak najlepsze działanie (ang. *performance*) wydrukowanej w 3D części z jednoczesną obniżką kosztów, jej lepsza funkcjonalność z uwzględnieniem wytycznych dotyczących projektowania (ang. *design guidance*). Ponche i wsp. wprowadzili nową metodologię DfAM dotyczącą wymagań designu oraz specyfikacji wytwarzania i montażu [48]. Wcześniej Rosen wykorzystał komputerowy system DfAM do planowania procesu wytwarzania, wspomagania modelowania części i optymalizacji produkcji w celu znalezienia optymalnego czasu przetwarzania i montażu [49], zaś Thompson ze wsp. [33] przedstawili możliwości designu, jego zalety i swobody w zastosowaniu do drukowanych w 3D części.

Należy podkreślić, że konsolidacja części i montażu jest spektakularnym przykładem wykorzystania jednej z istotnych zalet druku 3D, a mianowicie możliwości drukowania bardzo skomplikowanych kształtów bez dodatkowych kosztów. Pozwala ona na znaczne obniżenie kosztów montażu (narzędzia do jego przeprowadzenia są niepotrzebne) oraz uproszczenie zarządzania produkcją [50].

#### a3. Podpory

Procesowi druku 3D towarzyszą siły wywierane na drukowaną część (np. siły grawitacyjne w przypadku nawisów, naprężenia termiczne lub siły generowane przez sam proces drukowania),

które wymuszają wprowadzenie podpór. Różne strategie stosuje się, aby zredukować lub wyeliminować wpływ tych sił na dokładność wydruków, ich wytrzymałość i funkcjonalność. Strategie te zależą od stosowanej technologii AM i użytych materiałów. Np. części wykonane z polimerów za pomocą metody SLS nie wymagają podpór, podczas gdy przy drukowaniu części SLS z metalu nie można ich pominąć. Podpory takie są konieczne dla zapewnienia lepszej jakości i dokładności wydruków, np. gdy proces drukowania generuje dużo ciepła, które podpora pomaga odprowadzić. Przy projektowaniu drukowanych podpór projektant musi uwzględnić czas ich drukowania, możliwości (ang. *removability*) i sposoby ich usunięcia (ang. *manner of removal*) oraz właściwości wydrukowanej części po usunięciu podpór. Problemowi podpór poświęcono wiele prac (p. prace cytowane w [16]).

#### a4. Złożoność części

Jak wspomniano, możliwość wytwarzania bardzo skomplikowanych obiektów bez generowania dodatkowych kosztów różni 3DP od metod tradycyjnych. Wykorzystują to artyści, rzemieślnicy i designerzy przemysłowi w jubilerstwie, meblarstwie i wielu innych dziedzinach. Jednym z ciekawszych przykładów wytwarzania skomplikowanych struktur wewnętrznych, które zwiększają funkcjonalność w wielu zastosowaniach, są np. zintegrowane kanały powietrzne [51], wewnętrzne mikrołopatki do okulistycznych urządzeń medycznych [52] czy też najszerzej stosowane konformalne kanały chłodzące [53, 54]. Szczególnie interesujące efekty daje wykorzystanie stopów z pamięcią kształtu w drukowanych w 3D do skomplikowanych struktur wewnętrznych [55]. Warto tutaj wspomnieć o obszernym przeglądzie drukowanych w 3D sensorów Khosravaniego i Reinicke [56].

#### a5. Materiały do drukowania

Materiały to obecnie bardzo istotny temat w dziedzinie druku 3D. W ostatnich latach w ich produkcję włączyły się wielkie koncerny chemiczne, np. BASF utworzył specjalną jednostkę 3D

Printing Solutions [57] zajmującą się produkcją materiałów do 3DP. Zaproponowano setki, jeśli nie tysiące materiałów do 3DP. Najpopularniejsze z nich (z pominięciem materiałów do biodruku [58]) są wymienione na stronie Formlabs [59]. Ngo ze wsp. podzielił materiały do drukowania na cztery grupy (w pracy [16] wymieniono ich błędnie pięć): metale i stopy, polimery i kompozyty, materiały ceramiczne oraz betony [60]. Niektóre materiały do drukowania są otrzymywane metodą 3DP. Polimery i materiały kompozytowe są najbardziej popularne w druku 3D. Rośnie znaczenie druku 3D w metalu.

#### a6. 3DP a zrównoważony rozwój (ang. *sustainability*)

Uwzględnianie zrównoważonego rozwoju w designie polega na tworzeniu produktów charakteryzujących się zoptymalizowanymi efektami ekonomicznymi i społecznymi, których negatywny wpływ na środowisko został zminimalizowany. Polega on m.in. na wytwarzaniu trwałych produktów, użyciu materiałów z recyklingu, stosowaniu wysoko wydajnych metod wytwarzania, wykluczeniu lub przynajmniej ograniczeniu stosowania niebezpiecznych materiałów i budowaniu głębokiego związku między produktem a konsumentem [16]. Tądese ze wsp. przedyskutowali wskaźniki wydajności ze względu na zrównoważony rozwój [61].

#### b. Dyskusja

##### b1. Wytyczne dla DfAM

Alfify i wsp. [16] podsumowali swoje rozważania, wprowadzając wytyczne (ang. *guidelines*) dla DfAM. Uważają oni, że DfAM jest wciąż w powijakach. Nadal brakuje zrozumienia, kiedy i jak projektować dla AM; brakuje również technologii, które wspierałyby DfAM. Medellin-Castillo i Zaragoza-Siqueiros omówili wytyczne projektowe dla DfAM przy wydrukach w technologii FDM, koncentrując się między innymi na wytwarzaniu, montażu, minimalizacji ryzyka, zrównoważonym rozwoju, standaryzacji, zapobieganiu korozji, recyklingu, trwałości, materiałach, konserwacji i minimalizacji kosztów [62].

Natomiast ogólne wytyczne dotyczą kątów nachylenia nawisów (ang. *inclination angles of overhang parts*) [33, 63], unikania użycia podpór [33, 64], jeżeli to jest tylko możliwe, stosowania wydrążonych części w celu zmniejszenia czasu wydruku i ilości zużytego materiału [65–67]. Dodatkowo zazębiane części mogą być używane w przypadku problemów związanych z montażem [68], zaś drukowanie w 3D dużych części może wymagać ich podziału na mniejsze fragmenty [64]. Oczywiście zmniejszenie ilości części prowadzi do redukcji czasu montażu [64, 65, 69].

Projektanci muszą nauczyć się pełnego wykorzystania zalet AM, aby uzyskać istotne rozwiązania przemysłowe z dużą wartością dodaną. Należy rozwijać teorie designu, metody oraz odpowiednie narzędzia, procesy i techniki [70], aby uwzględnić w tych systemach właściwe powiązanie geometrii i stosowanych materiałów z jakością. Należy również opracować odpowiednie narzędzia wdrożeniowe, aby wspierać projektowanie struktur komórkowych, heterogenicznych fragmentów, materiałów, rusztowań stosowanych w biodruku [71] itp. Jest istotne, żeby dla każdego projektowanego obiektu brać pod uwagę jego własne wymagania i właściwości.

##### b2. Narzędzia stosowane w DfAM

Wg Alfify i współpracowników [16] ważnym zadaniem na bieżącym etapie jest opracowanie narzędzi, teorii, metod oraz procesów i udostępnienie ich instytucjom edukacyjnym i przemysłowym. Zaproponowano szereg metod DfAM i opracowano oprogramowanie komputerowe obejmujące m.in. projektowanie oparte na modelowaniu geometrycznym [72], algorytmach ewolucyjnych [73, 74] oraz optymalizacji topologicznej [75] stosowane w reprezentacji projektu, jego analizie i optymalizacji [73]. Narzędzia te obejmują projektowanie wstępne Solidworks (Dassault Systèmes, Bellevue, WA, USA) [76], Fusion 360 (Autodesk, San Rafael, CA, USA) [77], and Rhino (Robert McNeel & Associates, Seattle, WA, USA) [78], generację i projektowanie podpór przy wykorzystaniu bioinspirowanej metody projektowania



generatywnego [25] i szereg innych metod [27, 29–32, 79–82].

Główną konkluzją omawianej pracy Alfaify i wsp. [16] jest to, że projektanci muszą nauczyć się nowego, nowatorskiego myślenia, dążąc do stworzenia potężnych rozwiązań przemysłowych pozwalających na uzyskanie pełnych korzyści z zastosowania AM. W tym celu należy opracować teorie designu, jego metody i narzędzia oraz procesy i techniki wykorzystując współzależności między geometrią, materiałami oraz jakością drukowanych w 3D układów. Design dla AM musi być znacznie rozwinięty; nie może on być zorientowany jedynie na działanie drukowanej w 3D części, musi uwzględnić również wymagania procesu produkcyjnego (ang. *manufacturability*).

### 3. Wnioski końcowe


Reasumując, jesteśmy na trudnym etapie dostosowania 3DP do przemysłowych zastosowań średnio- i wielkoseryjnych, przy czym DfAM musi uwzględniać nie tylko funkcjonalność produktu, lecz również ograniczenia związane z jego wytwarzaniem (ang. *manufacturability*). Projektowanie części do wydrukowania w 3D musi być wbudowane w cały proces od pomysłu, poprzez wytwarzanie i kontrolę jakościową wydrukowanej w 3D części (ang. *end-to-end workflow*) [83,84], aż do kontrolowania jej jakości w trakcie używania.

### Literatura

- [1] DODZIUK H.: *Druk 3D/AM. Zastosowania oraz skutki społeczne i gospodarcze*. PWN, Warszawa 2019.
- [2] ASTM E2987/E2987M, 2016, Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies.
- [3] MANI M., WITHERELL P., JEE H.: *Design rules for additive manufacturing: a categorization*, 2017/8/6, International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, ASME.
- [4] GRIMM T., 16 III 2020, *Manufacturing Blog: Should You Design for Additive Manufacturing?*, <https://www.asme.org/topics-resources/content/manufacturing-blog-should-you-design-for-additive-manufacturing>, [dostęp 26 II 2022].
- [5] BERNSTEIN L., 11 paźdz. 2020, *What is computer-aided design and why it's important*, <https://www.procore.com/jobsite/what-is-computer-aided-design-cad-and-why-its-important/>, [dostęp 26 II 2022].
- [6] <https://markforged.com/resources/blog/design-for-additive-manufacturing-dfam> [dostęp 26 II 2022].
- [7] ERICKSON A., 26 Dec. 2018, *7 principles for design for additive manufacturing*, <https://www.cati.com/blog/2018/12/7-design-additive-manufacturing-dfam-principles/> [dostęp 5 II 2022].
- [8] *Design for additive manufacturing (DfAM) 3D printing strategies*, <https://markforged.com/resources/blog/design-for-additive-manufacturing-dfam> [dostęp 26 II 2022].
- [9] GIBSON I., GOENKA G., NARASIMHAN R., BHAT N., *Design rules for additive manufacture*, <https://research.utwente.nl/en/publications/design-rules-for-additive-manufacture> [dostęp 4 III 2022].
- [10] MEISEL N., WILLIAMS C. (October 12, 2015). *An Investigation of Key Design for Additive Manufacturing Constraints in Multimaterial Three-Dimensional Printing*. ASME. J. Mech. Des. November 2015; 137(11): 111406. <https://doi.org/10.1115/1.4030991>.
- [11] Ko H., MOON S.K., HWANG J.: *Design for additive manufacturing in customized products*. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 16, 2369–2375 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12541-015-0305-9>.
- [12] MANI M., LANE B., DONMEZ A., FENG S., MOYLAN S., AND FESPERMAN R., 2015, *Measurement Science Needs for Real-Time Control of Additive Manufacturing Powder Bed Fusion Processes*, NIST IR 8036, National Institute of Standards and Technology.
- [13] GRAMES E., 9 IX 2020, *What is FDM 3D printing – simply explained*, <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/> [dostęp 26 II 2022].
- [14] GREGURIC L., 29 VI 2019, *PolyJet – 3D printing technologies simply explained*, <https://all3dp.com/2/polyjet-3d-printing-technologies-simply-explained/> [dostęp 26 II 2022].
- [15] Czas dotyku, tj. czas, w którym pracuje się nad produktem, zwiększając jego wartość. Jest on na ogół dużo mniejszy niż całkowity czas produkcji, w który wliczony jest czas kolejowania, przesuwania itp. <http://www.sixsigmatrainingfree.com/touch-time.html> [dostęp 27 lutego 2022].
- [16] ALFAIFY A., SALEH M., ABDULLAH F.M., AL-AHMARI A.M., *Design for additive manufacturing: a systematic review*, Sustainability 2020, 12, 7936 (22 strony); doi:10.3390/su12197936, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/7936/html>, dostęp 5 marca 2022.
- [17] BEAMAN J.J., BARLOW J.W., BOURELL D.L., CRAWFORD R.H., MARCUS H.L., MCALEA K.P.: *Solid freeform fabrication: A new direction in manufacturing*. Kluwer Acad. Publ. Norwell Ma 1997, 2061, 25–49.
- [18] COMB J., PRIEDEMAN W., TURLEY P.W.: *FDM® Technology process improvements*. In Proceedings of the 1994 International Solid Freeform Fabrication Symposium, UT Austin, TX, USA, 8–10 June 1994, pp. 42–49.
- [19] SACHS E.M., HAGGERTY J.S., CIMA M.J., WILLIAMS P.A.: *Three-Dimensional Printing Techniques*. Google Patents No. 5,204,055, 20 April 1993.
- [20] FEYGIN M., HSIEH B.: *Laminated object manufacturing (LOM): A simpler process*. In Proceedings of the 1991 International Solid Freeform Fabrication Symposium, UT Austin, TX, USA, 12–14 August 1991, pp. 123–130.
- [21] MAZUMDER J., SCHIERER A., CHOI J.: *Direct materials deposition: Designed macro and microstructure*. Mater. Res. Innov. 1999, 3, 118–131.
- [22] LAVERNE F., SEGONDS F., ANWER N., LE COQ M.: *DFAM in the design process: A proposal of classification to foster early design stages*. In Proceedings of the Confere 2014 Croatia, Sibenik, Croatia, 3–4 April 2014.
- [23] EDGAR J., TINT S.: *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Johns. Matthey Technol. Rev. 2015, 59, 193–198.

- [24] KO H., MOON S.K., HWANG J.: *Design for additive manufacturing in customized products*. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 2015, 16, 2369–2375.
- [25] ZHANG K., CHENG G.: *Three-dimensional high resolution topology optimization considering additive manufacturing constraints*. Addit. Manuf. 2020, 35, 101224.
- [26] AMEEN W., AL-AHMARI A., ABDULHAMEED O.: *Design for metal additive manufacturing: An investigation of key design application on electron beam melting*. Int. J. Mech. Aerosp. Ind. Mechatron. Manuf. Eng. 2019, 13, 264–269.
- [27] ZHANG W., ZHOU L.: *Topology optimization of self-supporting structures with polygon features for additive manufacturing*. Comput. Methods Appl. Mech. Eng. 2018, 334, 56–78.
- [28] ZHANG K., CHENG G., XU L.: *Topology optimization considering overhang constraint in additive manufacturing*. Comput. Struct. 2019, 212, 86–100.
- [29] XIONG Y., YAO S., ZHAO Z.-L., XIE Y.M.: *A new approach to eliminating enclosed voids in topology optimization for additive manufacturing*. Addit. Manuf. 2020, 32, 101006.
- [30] PENG H., GHASRI-KHOUSANI M., GONG S., ATTARDO R., OSTIGUY P., ROGGE R.B., GATRELL B.A., BUDZINSKI J., TOMONTO C., NEIDIG J.: *Fast prediction of thermal distortion in metal powder bed fusion additive manufacturing: Part 2, a quasi-static thermo-mechanical model*. Addit. Manuf. 2018, 22, 869–882.
- [31] DAPOGNY C., ESTEVEZ R., FAURE A., MICHAILIDIS G.: *Shape and topology optimization considering anisotropic features induced by additive manufacturing processes*. Comput. Methods Appl. Mech. Eng. 2019, 344, 626–665.
- [32] SABISTON G., KIM I.Y.: *3D topology optimization for cost and time minimization in additive manufacturing*. Struct. Multidiscip. Optim. 2020, 61, 731–748.
- [33] THOMPSON M.K., MORONI G., VANEKER T., FADEL G., CAMPBELL R.I., GIBSON I., BERNARD A., SCHULZ J., GRAF P., AHUJA B.: *Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints*. CIRP Ann. 2016, 65, 737–760.
- [34] GIBSON L.J., ASHBY M.F.: *Cellular Solids: Structure and Properties*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1999.
- [35] FIELDING G.A., BANDYOPADHYAY A., BOSE S.: *Effects of silica and zinc oxide doping on mechanical and biological properties of 3D printed tricalcium phosphate tissue engineering scaffolds*. Dent. Mater. 2012, 28, 113–122.
- [36] NAZIR A., ABATE K.M., KUMAR A., JENG J.-Y.: *A state-of-the-art review on types, design, optimization, and additive manufacturing of cellular structures*. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2019, 104, 3489–3510.
- [37] CHU C., GRAF G., ROSEN D.W.: *Design for additive manufacturing of cellular structures*. Comput. Aided Des. Appl. 2008, 5, 686–696.
- [38] VAYRE B., VIGNAT F., VILLENEUVE F.: *Designing for additive manufacturing*. Procedia CIRP 2012, 3, 632–637.
- [39] VAYRE B., VIGNAT F., VILLENEUVE F.: *Metallic additive manufacturing: State-of-the-art review and prospects*. Mech. Ind. 2012, 13, 89–96.
- [40] BANHART J.: *Progress in Materials Science*. Manuf. Characterisation Appl. Cell. Met. Met. Foam. 2001, 46, 559–632.
- [41] BOOTHROYD G.: *Product design for manufacture and assembly*. Comput. Aided Des. 1994, 26, 505–520.
- [42] DIETRICH D.M., CUDNEY E.: *Impact of integrative design on additive manufacturing quality*. Int. J. Rapid Manuf. 2011, 2, 121–131.
- [43] KUMKE M., WATSCHKE H., VIETOR T.: *A new methodological framework for design for additive manufacturing*. Virtual Phys. Prototyp. 2016, 11, 3–19.
- [44] YANG S., TALEKAR T., SULTHAN M.A., ZHAO Y.F.: *A generic sustainability assessment model towards consolidated parts fabricated by additive manufacturing process*. Procedia Manuf. 2017, 10, 831–844.
- [45] ZALEWSKI, 5 marca 2015, <https://fortune.com/2015/03/05/ge-engineering-3d-printing/> [dostęp 7 marca 2022].
- [46] KELLNER T.: *An epiphany of disruption: GE additive chief explains how 3D printing will upend manufacturing*. GE Rep. 2017, 13. Available online: <https://www.ge.com/reports/epiphany-disruption-ge-additive-chiefexplains-3d-printing-will-upend-manufacturing/> [dostęp 7 marca 2022].
- [47] OH Y., BEHDAD S., ZHOU C.: *Part Separation Methods for Assembly Based Design in Additive Manufacturing*. In Proceedings of the ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Cleveland, OH, USA, 6–9 August 2017.
- [48] PONCHE R., KERBRAT O., MOGNOL P., HASCOET J.Y.: *A novel methodology of design for Additive Manufacturing applied to Additive Laser Manufacturing process*. Robot. Comput. Integr. Manuf. 2014, 30, 389–398.
- [49] ROSEN D.W.: *Computer-aided design for additive manufacturing of cellular structures*. Comput. Aided Des. Appl. 2007, 4, 585–594.
- [50] LIU J.: *Guidelines for AM part consolidation*. Virtual Phys. Prototyp. 2016, 11, 133–141.
- [51] JIN T.: *Development of Concentric Semi-Automated Manipulator for Assembly Process*. Ph.D. Thesis, Universiti Putra Malaysia, Seri Kembangan, Selangor, Malaysia, 2018.
- [52] CHOI J.W., YAMASHITA M., SAKAKIBARA J., KAJI Y., OSHIKA T., WICKER R.B.: *Combined micro and macro additive manufacturing of a swirling flow coaxial phacoemulsifier sleeve with internal micro-vanes*. Biomed. Microdevices 2010, 12, 875–886.
- [53] ALTAFA K., RANI A.M.A., RAGHAVAN V.R.: *Prototype production and experimental analysis for circular and profiled conformal cooling channels in aluminium filled epoxy injection mould tools*. Rapid Prototyp. J. 2013, 19, 220–229.
- [54] GARCIA M., GARCIA-PANDO C., MARTO C.: *Conformal cooling in moulds with special geometry*. In Proceedings of the Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping, Leiria, Portugal, 28 September–1 October 2011; pp. 409–412.
- [55] DAPINO M.J.: *Smart structure integration through ultrasonic additive manufacturing*. In Proceedings of the ASME 2014 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent

- Systems, Newport, RI, USA, 8–10 September 2014.
- [56] KHOSRAVANI M.R., REINICKE T.: *3D-printed sensors: Current progress and future challenges*. Sens. Actuators A Phys. 2020, 305, 11191.
- [57] [https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/group-companies/BASF\\_New-Business-GmbH/our-solutions/3d-printing.html](https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/group-companies/BASF_New-Business-GmbH/our-solutions/3d-printing.html) [dostęp 7 marca 2022].
- [58] VANAËI S., PARISI M.S., VANAËI S., SALEMIZADEHPARISI F., VANAËI H.R.: *An Overview on Materials and Techniques in 3D Bioprinting Toward Biomedical Application*, Engineered Regeneration, 2, 2021, 1–18, <https://doi.org/10.1016/j.engreg.2020.12.001>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266613812030013X> [dostęp 7 marca 2022].
- [59] <https://formlabs.com/eu/blog/3d-printing-materials/> [dostęp 7 marca 2022].
- [60] NGO T.D., KASHANI A., IMBALZANO G., NGUYEN K.T., HUI D.: *Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges*. Compos. Part B Eng. 2018, 143, 172–196.
- [61] TADDESE G., DURIEUX S., DUC E.: *Sustainability performance indicators for additive manufacturing: A literature review based on product life cycle studies*. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2020, 107, 1–26.
- [62] MEDELLIN-CASTILLO H.I., ZARAGOZA-SIQUEIROS J.: *Design and Manufacturing Strategies for Fused Deposition Modelling in Additive Manufacturing: A Review*. Chin. J. Mech. Eng. 2019, 32, 53.
- [63] Manufacturing, S.D. Design for Additive Manufacturability: FDM Basics; Stratasys Direct Inc.: Valencia, CA, USA, 2016.
- [64] GIBSON I., ROSEN D.W., STUCKER B.: *Design for additive manufacturing*. In Additive Manufacturing Technologies; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2010; pp. 299–332.
- [65] YANG S., ZHAO Y.F.: *Additive manufacturing-enabled design theory and methodology: A critical review*. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2015, 80, 327–342.
- [66] PHATAK A., PANDE S.: *Optimum strategies for hollowing and part orientation in additive manufacturing*. Int. J. Precis. Technol. 2016, 6, 61–77.
- [67] JIANG J., XU X., STRINGER J.: *Optimization of process planning for reducing material waste in extrusion based additive manufacturing*. Robot. Comput. Integr. Manuf. 2019, 59, 317–325.
- [68] BAPTISTA R., PRAGANA J., BRAGANÇA I., SILVA C., ALVES L., MARTINS P.: *Joining aluminium profiles to composite sheets by additive manufacturing and forming*. J. Mater. Process. Technol. 2020, 279, 116587.
- [69] AMETA G., LIPMAN R., MOYLAN S., WITHERELL P.: *Investigating the role of geometric dimensioning and tolerancing in additive manufacturing*. J. Mech. Des. 2015, 137.
- [70] ABRAMOVICI M., GÖBEL J.C., SAVARINO P., GEBUS P.: *Towards smart product lifecycle management with an integrated reconfiguration management*. In Proceedings of the IFIP International Conference on Product Lifecycle Management, Seville, Spain, 10–12 July 2017; pp. 489–498.
- [71] PODSHIVALOV L., GOMES C.M., ZOCCA A., GUENSTER J., BAR-YOSEPH P., FISCHER A.: *Design, analysis and additive manufacturing of porous structures for biocompatible micro-scale scaffolds*. Procedia CIRP 2013, 5, 247–252.
- [72] TEDIA S., WILLIAMS C.B.: *Manufacturability analysis tool for additive manufacturing using voxel-based geometric modeling*. In Proceedings of the 27th Annual International Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium, Austin, TX, USA, 8–10 August 2016; pp. 3–22.
- [73] HUANG J., CHEN Q., JIANG H., ZOU B., LI L., LIU J., YU H.: *A survey of design methods for material extrusion polymer 3D printing*. Virtual Phys. Prototyp. 2020, 15, 148–162.
- [74] GU G.X., WETTERMARK S., BUEHLER M.J.: *Algorithm-driven design of fracture resistant composite materials realized through additive manufacturing*. Addit. Manuf. 2017, 17, 47–54.
- [75] MADELEIN P., 23 września 2021, <https://www.3dnatives.com/en/topological-optimization-software-for-3d-printing-230920214/>, dostęp 10 marca 2022.
- [76] <https://www.3ds.com/products-services/solidworks/> [dostęp 10 marca 2022].
- [77] <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Modeling-3D-Printing-Autodesk-Design-Suites-2013> [dostęp 10 marca 2022].
- [78] [https://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros\\_3D](https://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D), dostęp 10 marca 2022.
- [79] DI ANGELO L., DI STEFANO P., DOLATNEZHADSOMARIN A., GUARDIANI E., KHORRAM E.: *A reliable build orientation optimization method in additive manufacturing: The application to FDM technology*. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2020, 108, 263–276.
- [80] SHEN H., YE X., XU G., ZHANG L., QIAN J., FU J.: *3D printing build orientation optimization for flexible support platform*. Rapid Prototyp. J. 2020, 26, 59–72.
- [81] CHENG L., LIANG X., BAI J., CHEN Q., LEMON J., TO A.: *On utilizing topology optimization to design support structure to prevent residual stress induced build failure in laser powder bed metal additive manufacturing*. Addit. Manuf. 2019, 27, 290–304.
- [82] SHARMA G., GURUMOORTHY B.: *Modeling multiply connected heterogeneous objects using mixed-dimensional material reference features*. J. Comput. Des. Eng. 2019, 6, 337–347.
- [83] MOHIT A., 19 sierpnia 2021, <https://layers.app/blog/best-3d-printing-management-software-solutions/> [dostęp 12 marca 2022].
- [84] LAVI G., 14 Stycznia 2022, <https://all3dp.com/1/3d-printing-workflow-mes-software-buyers-guide/> [dostęp 12 marca 2022].

 Prof. Helena Dodziuk,  
IChF PAN, Warszawa  
e-mail: hdodziuk@gmail.com



# Drukowane w 3D stroje i wearable

Helena Dodziuk

**D**ruck 3D kojarzy się, jeśli w ogóle z czymś się kojarzy, z przemysłem albo z medycyną. I rzeczywiście nie tylko części pojazdów, ale również silniki odrzutowe są wytwarzane przy wykorzystaniu tej metody. W opiece zdrowotnej wykorzystuje się druk 3D m.in. do planowania trudnych operacji chirurgicznych, np. rozdzielania rodzeństw syjamskich, czy też do wytwarzania tanich protez dopasowanych do ciała pacjenta. Można drukować w 3D rowery i torty, domy i instrumenty muzyczne, a także stroje: suknie, obuwie i piękną biżuterię. Popatrzmy na zdjęcie zespołu współpracującego z MONAD Studio. Wszystkie pokazane na nim instrumenty muzyczne zostały wydrukowane w 3D. Dodatkowo w ten sam sposób zrobiono buty solistki i jej protezę.

Ale co to jest w ogóle druk 3D? Jest to tzw. wytwarzanie addytywne. Polega ono w dużym uproszczeniu na dodawaniu kolejnych warstw materiału zgodnie z programem komputerowym. Addycja to dodawanie, w odróżnieniu od wytwarzania subtraktywnego, w którym, jak rzeźbiarz z bloku marmuru lub tokarz z kawałka metalu, usuwa się niepotrzebny materiał. A z czego można drukować? Odpowiedź brzmi: prawie ze wszystkiego, m.in. z plastiku, metalu, gliny, włókien węglowych, cukru i czekolady. Można, i wiązane są z tym ogromne nadzieje, drukować w 3D z komórek, nawet z komórek macierzystych. Drukowanie w 3D organów zastępczych to „muzyka przyszłości”, ale firma Arcam chwaliła się już w 2018 roku, że jej wydrukowane w 3D protezy biodrowe wszczepiono stu tysiącom ludzi. A były to protezy lepiej dopasowane do ciała konkretnego pacjenta niż protezy standardowo wykonane. Protezy kończyn dla biednych lub ofiar min



**Rys. 1.** Występ na wystawie „Inicjatywa Młodych Artystów” bionicznej pop artystki Victorii Modesty ubranej w wydrukowany w 3D interaktywny dźwiękowy gorset i „kły” (proteza i buty są również wydrukowane w 3D). Zaprojektowali je MONAD Studio i Anouk Wipprecht. Artystce towarzyszyli muzycy grający na zaprojektowanych przez MONAD Studio instrumentach

© MONAD Studio

przeciwpiechotnych w Azji i Afryce drukują w 3D z plastiku bezpłatnie fundacje charytatywne.

Druk 3D ma wiele zalet, dzięki czemu znalazł tak wiele zastosowań. Jedną z najciekawszych jest możliwość taniego wytwarzania przedmiotów o bardzo skomplikowanych kształtach, np. mających dziury w środku. Dzięki temu można oszczędzić drogie materiały, takie jak tytan lub jego stopy, stosowane w częściach samolotów. Podobnie cenna dla przemysłu jest możliwość drukowania w 3D elementów, których fragmenty mogą poruszać się względem siebie. Ogromną zaletą zastosowania druku 3D, zresztą nie tylko w modzie, jest stworzenie całkiem nowych możliwości. Pozwalają one na otrzymywanie modeli, których stworzenie nie byłoby możliwe lub byłoby bardzo trudne bez zastosowania tej metody wytwarzania.

Projektowanie strojów do wydrukowania w 3D często zaczyna się od zaprojektowania materiału, z którego zrobiony będzie model. Takie materiały mają różnorodne faktury i inne właściwości. Np. firma Nervous Systems, drukując we współpracy z firmą Shapeways w 3D sukienkę Kinematic Dress

(rys. 2), stworzyła elastyczny materiał zbudowany z ząbkujących się kółeczek. Z jednej strony pozwoliło to na wydrukowanie całej złożonej sukni w jednym kawałku, a warto pamiętać, że przestrzeń robocza większości drukarek 3D jest niewielka. Z drugiej zagwarantowało, że będzie ona harmonijnie falować podczas ruchu modelki, co można zobaczyć na stronie <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/albums/dress-in-motion/> i na rys. 2. Warto podkreślić, że model ten zakupiło szereg muzeów, m.in. słynne nowojorskie Museum of Modern Art, MoMA. Inną suknię zamówiło w firmie Nervous Systems Muzeum Sztuk Pięknych z Bostonu. Przy okazji, projektując suknię Kinematic Dress, opracowano sieciową aplikację Kinematics Cloth, pozwalającą użytkownikom zaprojektować szereg dopasowanych do klienta sukni, spódnic i bluzek z wykorzystaniem różnych wzorów materiałów do wydrukowania w 3D. Jak przekonują autorzy projektu, projektowanie strojów z wykorzystaniem tej aplikacji jest dużo prostsze niż ich tworzenie przy użyciu standardowych narzędzi wspomagane komputerowo projektowania CAD.



Rys. 2. The Kinematic Dress firmy Nervous Systems wydrukowany we współpracy z Shapeways, zdjęcie Steve'a Marsela © Nervous Systems

Jak już powiedzieliśmy, druk 3D stosuje się do tworzenia strojów, butów czy też biżuterii. Wypada wspomnieć, że pierwsza sukienka wydrukowana w 3D dla tancerki Dity von Teese była bardzo niewygodna, ale nie zniechęciło to projektantów. Wygodne i interesujące, ale niekoniecznie dla każdego, były stroje projektantki Noa Raviv wydrukowane w firmie Stratasys i pokazane na wystawie w Nowojorskim Metropolitan Museum of Art w 2016 roku (rys. 3).

Fascynująca była sukienka zaprojektowana przez projektantów threeASFOUR i Trava Fitcha, nazwana Harmonograph Dress (rys. 4). Była ona częścią kolekcji Biomimicry, czyli Naśladowanie Przyrody.

Jeśli przyjrzymy się bliżej materiałom, z których zrobiona jest taka sukienka, to widzimy skomplikowane struktury, których uzyskanie wcale nie było proste. Wykorzystano w tym celu nowatorską w tamtych czasach drukarkę 3D firmy

Stratasys, umożliwiającą mieszanie trzech różnych materiałów o różnej sztywności i innych właściwościach.

Piękny i elegancki był zaprojektowany przez Anouk Wipprecht wydrukowany w 3D w 2014 roku strój Synapse Dress pokazany na rys. 5, wykonany we współpracy z Niccolo Casasem.

We współpracy z firmą Intel projekt ten wyewoluował potem w fascynujący *wearable* (rys. 6), czyli obiekt do noszenia o różnorodnych dodatkowych funkcjonalnościach. Wbudowane w niego zostało szereg mikroczujników do odczytu biosygnatów nadawanych przez noszącą go osobę, które aktywują lampki LED o dużej mocy. Gdyby ktoś zbliżył się za bardzo do modelki i czułaby się ona nieswojo, czujniki wychwytywałyby np. jej podwyższone tętno i przekazywałyby sygnał do lamp LED. Migotałyby one wtedy, wskazując intruzowi, że jest niepożądany. Podobne, chociaż nie zawsze tak zaawansowane, możliwości miał model zaprojektowany również przez Anouk Wipprecht i Niccolo Casassa – Smoke Dress, który na niepożądaną bliskość reagował smugą dymu, a także jej Spider Dress zaprojektowany we współpracy z Intelem i Philipem H. Wilkiem, w którym strój reagował na



Rys. 3. Spódnica z bluzką (z lewej) i sukienka (z prawej) projektantki Noa Raviv z kolekcji prêt-à-porter z 2014 roku © H. Dodziuk



Rys. 4. Sukienka Harmonograph Dress ©2021 Stratasys Ltd



Rys. 5. Projekt Synapse Dress, model z 2014 roku Fot.: Jason Perry





Rys. 6. Modyfikacja modelu Synapse Dress zaprojektowanego przez Anouk Wipprecht



Rys. 7. Strój zaprojektowany przez Olega Sorokę © O. Soroka

bliskość stroszeniem przyczepionych do ramion kolców. Warto przypomnieć, że również pokazane na rys. 1 nietypowy instrument artystki, jej proteza i buty zostały zaprojektowane we współpracy z Anouk Wipprecht.

Ciekawą fakturę ma strój zaprojektowany przez Olega Sorokę (rys. 7).

Michaella Jansen van der Vuuren zaprojektowała również bardzo efektowne buty (rys. 8) i bransoletki na ręce i nogi (rys. 9).

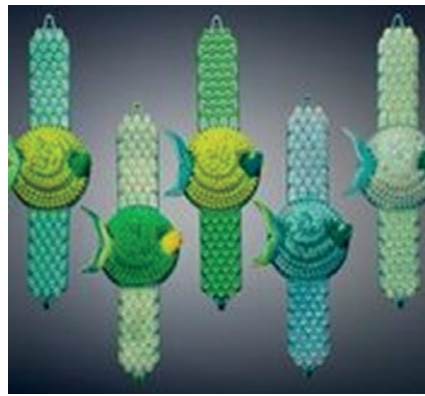
Kończąc omawianie strojów, warto pokazać elementy kostiumu kąpielowego wykonane przez polską firmę Sinterit na konkurs piękności w Afryce Południowej (rys. 10).

Korzystając z technologii druku 3D, wykonuje się nie tylko suknie, lecz również obuwie, biżuterię i inne elementy stroju. Obecnie wiele modeli pokazują designerzy w swoich kolekcjach, a najbardziej interesujące modele kupowane są przez największe muzea. Wydaje się, że najciekawsze są obecnie i będą rozwijały się w przyszłości modele *wearable*, łączące piękno stroju z jego funkcjonalnością. Z drugiej strony coraz częściej elementy stroju, zwłaszcza obuwie, wykonywane są w skali masowej. Podobnie jak dla obuwia, przy wytwarzaniu biżuterii metodą druku 3D bardzo cenne jest ich dopasowanie do rozmiarów i gustu klienta. ■

Prof. Helena Dodziuk,  
IChF PAN, Warszawa  
e-mail: hdodziuk@gmail.com



Rys. 8. Wydrukowane w 3D buty Serpent zaprojektowane przez Michaellę Jansen van Vuuren wydrukowane w 3D przez firmę Stratasy



Rys. 9. Bransoletki na ręce i nogi tej samej designerki



Rys. 10. Dekoracje stroju na wybory Miss w Afryce Południowej wydrukowane przez polską firmę Sinterit

reklama



**ROBOTYKA.PL**

centrum polskiej robotyki



# Kompatybilność uszczelnień z cieciami roboczymi

Ewa Kania

Uszczelnienia elastomerowe są rozwiązaniem szeroko stosowanym w życiu codziennym, jak również w maszynach produkcyjnych praktycznie każdej branży przemysłu. Na niezawodność pracy węzła wpływa wiele czynników, a do utraty szczelności może dochodzić zarówno warunkach statycznych, jak i dynamicznych. Często od właściwego doboru uszczelnień oraz cieczy roboczych zależy bezpieczeństwo pracy oraz jakość przeprowadzanych procesów.

W przemyśle stosowanych jest wiele rodzajów uszczelnień. Najczęściej w urządzeniach i systemach hydraulicznych stosuje się takie typy elastomerów, jak:

- kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe (NBR);
- kauczuki fluoro-węglowodorowe (FKM);
- kauczuki etylenowo-propylenowodienne (EPDM);
- uwodornione kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe (HNBR);
- kauczuki butylowe (IIR);
- kauczuki poliakrylowe (ACM);
- kauczuki silikonowe (VMQ);
- kauczuki chloroprenowe (CR);
- poliuretany (EU i AU).

Uszczelnienia muszą być odpowiednio dobrane, by mogły zapewnić bezawaryjną pracę. Należy zwracać uwagę na warunki otoczenia, w jakim są stosowane. Maszyny często pracują w zmiennych warunkach obciążeń mechanicznych i temperatury, są poddawane działaniom innych czynników powodujących zużycie uszczelnień. Uszczelnienia narażone są na działanie cieczy eksploatacyjnych, często w warunkach wysokich temperatur oraz ciśnień.

Niejednokrotnie pracują w środowisku substancji agresywnych, takich jak: amoniak, środki płuczące oraz dezynfekujące,

wysokie ciśnienie i duże prędkości przepływu. Uszczelnienia mają nie tylko wpływ na trwałość maszyn i urządzeń pracujących w przemyśle, ale również ograniczają niekontrolowane wycieki. Jest to bardzo istotny szczegół z uwagi na starty ekonomiczne wynikające z potrzeby uzupełniania cieczy eksploatacyjnych oraz kar wynikających z coraz bardziej rygorystycznych przepisów związanych z ochroną środowiska. Wybór uszczelnienia nie jest prosty ze względu na występującą dużą różnorodność dostępnych na rynku rozwiązań technicznych i materiałowych. Podczas doboru właściwego rodzaju uszczelnienia najlepiej skorzystać z porad profesjonalistów oferujących tego typu produkty. Pierwszym i najważniejszym czynnikiem jest dobór uszczelnienia ze względu na rodzaj medium, jakie będzie uszczelniane. Ważne jest, aby materiał, z którego zostało wykonane uszczelnienie, dobrze współpracował z danym medium. Oczywiście w doborze uszczelnień należy zwrócić również uwagę na warunki pracy układu: na temperaturę i ciśnienie pracy.

Rodzaj stosowanej cieczy eksploatacyjnej ma kluczowe znaczenie, np. ciecze hydrauliczne w porównaniu do olejów hydraulicznych wykazują szereg wad, jak:

- niska lepkość (podobna do wody), co wiąże się ze zwiększonymi wyciekami zewnętrznymi i przeciekami wewnętrznymi układu hydraulicznego;
- słaba smarność;
- podatność na korozję mikrobiologiczną.

Elastomery są stosowane do produkcji takich komponentów hydrauliki, jak uszczelnienia dla hydrauliki siłowej, uszczelnienia spoczynkowe pęcherzy lub przepony hydroakumulatorów i węże ciśnieniowe.



Do najczęściej stosowanych kauczuków i elastomerów w hydraulice należą:

## Kauczuki NBR

Dominującym rodzajem elastomerów w hydraulice są kauczuki akrylonitrylowo-butadienowe. Są one odporne na oleje mineralne, trudnopalne ciecze hydrauliczne HFAE, HFAS, HFB HFC i ciecze biodegradowalne.

## Kauczuki HNBR

Elastomery HNBR są uwodornionym kauczukiem NBR otrzymanym przez hydrofinishing części ich podwójnych wiązań przez ich nasycenie. Ich charakterystyka i stosowanie są podobne do NBR, lecz w wysokich temperaturach eksploatacji i o zwiększonej odporności chemicznej.

## Kauczuki EPDM

Kauczuki etylenowo-propylenowo-butadienowe nie są odporne na bazy olejów mineralnych. Stosuje się je przede wszystkim w układach hydraulicznych z trudnopalnymi cieciami typu HFDR, tj. estrami fosforanowymi: zarówno alkiłowymi, jak i aryłowymi. Są one doskonałe podczas stosowania w środowisku pary wodnej i gorącej wody.

### Elastomery poliuretanowe

Elastomery poliuretanowe zaliczane są do elastomerów termoplastycznych. Posiadają doskonałe własności mechaniczne i chemiczne, w szczególności:

- wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie;
- odporność na ścieranie i rozdzieranie;
- niski współczynnik tarcia;
- podczas eksploatacji żywotność kilkakrotnie większa od wyrobów kauczukowych;
- twardości od 600 ShA do 700 ShA;
- odporność na oleje, rozpuszczalniki, słabe kwasy i zasady;
- odporność na działanie tlenu, ozonu, promieniowania świetlnego i UV;
- dobre właściwości sprężyste.

Technologia produkcji elastomeru poliuretanowego jest procesem skomplikowanym, zależnym od wielu czynników i operacji jednostkowych, takich jak:

- dobór pod względem ilościowym i jakościowym odpowiednich polimerów, składników dodatkowych komponentów chemicznych;
- prawidłowych i powtarzalnych warunków operacji jednostkowych przetwórczych (mieszanie, odgazowanie, temperatura stabilnego formowania).

Wyżej wymienione czynniki i warunki decydują o powtarzalności własności wytrzymałościowych elastomeru poliuretanowego i jego żywotności podczas eksploatacji.

Elastomery poliuretanowe są podatne na działanie wody. Doboru tych tworzyw na materiały uszczelniające należy dokonać poprzez badania ich chłonności – chemisorpcji wody (działanie hydrolizujące) oraz odporności cieczy hydraulicznej (zawierającej wodę) na temperaturę. Zjawisko to ściśle związane jest z liczbą czynnych wiązań wodorowych w łańcuchu molekularnym poliuretanu. Im więcej tych wiązań, tym większa odporność na oddziaływanie cieczy hydraulicznych. Wzrost liczby wiązań wodorowych powoduje wzrost twardości poliuretanów. Stąd bezpośrednio przełożenie pomiędzy twardością poliuretanów termoplastycznych a ich odpornością na hydrolizę.

Zarówno temperatura, jak i medium hydrauliczne posiadają wpływ na procesy hydrolizy materiałów wykonanych

z elastomeru poliuretanowego mających zastosowanie jako uszczelnienia. Dlatego dobór właściwego gatunku poliuretanu ma zasadniczy wpływ na odporność hydrolityczną oraz właściwości fizyczne i mechaniczne uszczelnień. Jest to szczególnie istotne w układach hydraulicznych.

Elastomery stosowane w układach hydraulicznych będące w kontakcie z mediami roboczymi ulegają następującym procesom fizykochemicznym:

- absorpcji cieczy hydraulicznej przez elastomer;
- ekstrakcji z elastomerów rozpuszczających się składników, zwłaszcza plastyfikatorów i środków przeciwstarzeniowych.

Konsekwencją tych procesów jest zmiana objętości. Do zmiany objętości może dochodzić na skutek pęcznienia lub kurczenia. Z pęcznieniem mamy do czynienia wtedy, gdy absorpcja jest większa od ekstrakcji. Z kurczeniem mamy do czynienia wówczas, gdy ekstrakcja jest większa od absorpcji.

Pęcznienie wzrasta z czasem zanurzenia do punktu, gdy więcej cieczy nie może już zostać zaabsorbowanej i objętość rozprężona pozostaje stała. Pęcznienie także jest zależne od temperatury. Jako generalną zasadę przyjmuje się: im wyższa temperatura, tym większe dążenie do równowagi ekspansji. Czas potrzebny dla równowagi pęcznienia jest proporcjonalny do kwadratu grubości badanej próbki.

Zmiana objętości może zmieniać właściwości fizyczne elastomeru, jak: twardość, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie. Ponadto pewne dodatki w cieczach hydraulicznych mogą reagować chemicznie z elastomerem, szczególnie w podwyższonych temperaturach, prowadząc do ważnych zmian właściwości chemicznych i fizycznych materiałów elastomerowych, jak wzrost kruchości. Takie zmiany mogą poważnie oddziaływać na właściwości stosowanych elastomerów w układach hydraulicznych.

Kauczuki oraz elastomery mogą współpracować z cieczami hydraulicznymi jedynie wtedy, gdy nie ulegają zmianie ich właściwości fizyczne w dopuszczalnym przedziale wymagań. Jedynie zgodność wzajemnego oddziaływania elastomerów i mediów

roboczych pozwala na ich bezpieczne stosowanie w napędach i sterowaniach hydraulicznych.

Dlatego materiały uszczelniające muszą charakteryzować się zgodnością wzajemnego oddziaływania ze stosowanym medium roboczym. Aby to potwierdzić, należy przeprowadzić badania kompatybilności uszczelnień ze stosowanym medium roboczym.

Takie badania należy przeprowadzać w wyspecjalizowanym laboratorium.

Badania można przeprowadzić zarówno na medium roboczym oraz uszczelnieniach, które mają być stosowane w układzie, jak i wykonać je na elastomerach i cieczach wzorcowych. Oleje mineralne i paliwa podlegają znacznym wahaniom składu chemicznego, dlatego przeprowadzając badania kompatybilności, najlepiej zastosować rzeczywistą cieść.

Elastomerowe materiały stosowane aktualnie w technice i dostępne w handlu zawierają znacznie więcej składników aniżeli mieszanki standardowe. Takie gumy komercyjne spełniają odpowiednie wymagania co do właściwości technicznych i przetwórczych, a ich składu producent najczęściej nie ujawnia. Dlatego tego rodzaju wyroby nie są polecane do oceny jakości i wymagań w kontekście atestacji i w procesach dopuszczania do stosowania w cieczach hydraulicznych.

Norma ISO 6072:2011 określa skład oraz procedury mieszania i wulkanizacji pięciu typów elastomerów wzorcowych:

- standardowy elastomer NBR 1 zawiera 28% akrylonitrylu, zaś tlenek cynku i sadza FEF wg ASTM N 550 jako wypełniacz oraz środki wulkanizujące;
- standardowy kauczuk NBR 2 zawiera 34% akrylonitrylu, a jako wypełniacz tlenek cynku i sadzę FEF wg ASTM N 550, kwas stearynowy jako zmiękcacz oraz środki wulkanizujące;
- standardowy elastomer EPDM1 zawiera termopolimer etylenowo-propylenowo-dienowy, sadzę FEF wg ASTM N 550, tlenek cynku jako wypełniacz oraz środki wulkanizujące;
- wzorcowa mieszanka kauczuku fluoro-węglowodorowego FKM 2 zawiera kopolimer fluorku winylidenu i sześciofluoropropylenu, sadzę MT wg

ASTM N 990, tlenek magnezu i wodorotlenek wapnia jako wypełniacz oraz środki wulkanizujące;

- mieszanka wzorcowa uwodornionego kauczuku akrylo-nitrylowo-butadienowego HNBR 1 zawiera 35% akrylonitrylu jako wypełniacz, sadzę FEF wg ASTM N 550 oraz środki wulkanizujące.

Badanie kompatybilności elastomerów z cieczami eksploatacyjnymi wykonuje się zgodnie z normą: ISO 1817:2011: *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of the effect of liquids.*



Badanie polega na określeniu: zmiany masy, objętości i wymiarów ilości substancji wyekstrahowanych, zmian twardości i właściwości wytrzymałościowych przy rozciąganiu po wyjęciu z cieczy lub po wyjęciu z cieczy i wysuszeniu.

Oznaczenie zmian objętości, twardości, wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenie przy zerwaniu wykonuje się w oparciu o normę ISO 1817:2011, punkt 8.1, stosując ciecz, temperaturę.

Określenie zmian objętości zgodnie z ISO 1817:2011, punkt 8.4 Określenie zmian twardości zgodnie z ISO 1817:2011, punkt 8.6. Zmiany wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenie przy zerwaniu zgodnie z ISO 1817:2011 punkt 8.3.

Laboratorium Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. przeprowadza badania kompatybilności elastomerów w odniesieniu do zmiany twardości i objętości badanych uszczelnień.

Badanie polega na zmierzeniu twardości i objętości badanej uszczelki, a następnie zanurzeniu jej w cieczy roboczej na określony czas i w określonej

**Tabela 1**

Lp.	Ciecz hydrauliczna	Symbol kategorii	Rodzaj badanego elastomeru	Temperatura °C(±1)	Czas badania h(±2)
1	Oleje hydrauliczne mineralne	HH, HL, HM, HR, HV	NBR 1,2	100	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
2	Roztwory polimerowe w wodzie	HFC HFC-E	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
3	Emulsje oleju w wodzie	HFAE	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
4	Roztwory związków chemicznych w wodzie	HFAS	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
5	Emulsja typu woda w oleju	HFB	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
6	Estry alkilo-fosforowe	HFDR	EPDM 1	100	1000 oraz 168
7	Estry arylo-fosforowe	HFDR	FKM 2	100	1000 oraz 168
			EPDM 1		
8	Estry syntetyczne poliole	HFDU	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			NBR 1,2		
			FKM 2	80	
9	Biodegradowalne estry syntetyczne	HEES	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2	80	
10	Trójglicerydy (baza olejów roślinnych)	HETG	NBR 1,2	60	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
11	Poliglikole	HEPG	NBR 1,2	100	1000 oraz 168
			HNBR 1		
			FKM 2		
12	Polialfaolefiny i podobne węglowodory	HEPR	NBR 1,2	100	1000 oraz 168

temperaturze. Po upływie tego czasu elastomery są oczyszczane, suszone i poddawane ponownie badaniu twardości i objętości.

Laboratorium może również dokonać oceny wizualnej powierzchni elastomerów. Wynik stanowi różnica zmiany twardości i objętości przed badaniem i po badaniu. Wynik zmiany objętości podawany jest w procentach.

Warunki prowadzenia badania są określone w normie: ISO 6072:2011. Tabela 1 określa warunki badania standardowych elastomerów i cieczy hydraulicznych dla określenia elastomerowego wskaźnika zgodności (ECI).

Czas badania 1000 h jest badaniem standardowym, lecz badanie 168 h dostarcza wystarczającej informacji o zgodności.

Warunki badania cieczy hydraulicznych z elastomerami technicznymi określają normy, instrukcje, warunki techniczne dla poszczególnych rodzajów cieczy hydraulicznych (H, HF, HE). Dobór warunków prowadzenia badania może być również wynikiem umownym między laboratorium wykonującym badanie a zleceniodawcą.

Norma: ISO 6072:2011 wprowadza pojęcie elastomerowego wskaźnika zgodności.



Tabela 2. Przykłady określenia ECI

Lp.	Badany elastomer	$\Delta V$ [%]	$\Delta H$ [IRHD]	$\Delta R_t$ %	$\Delta \epsilon_r$ %
1	NBR 1	+15	-4	-6	-10
2	EPDM 1	+8	-3	-5	-11

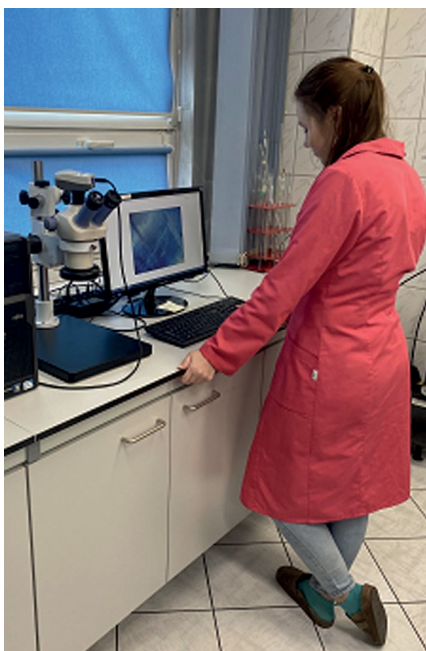
1) NBR 1 +15 - 04 -06 -10

2) EPDM 1+08 - 03 -05 -11

Elastomerowy wskaźnik zgodności ECI (*elastomer compatibility index*) stanowi proste i jednoznaczne symboliczne oznaczenie zawierające poniżej wyszczególnione dane:

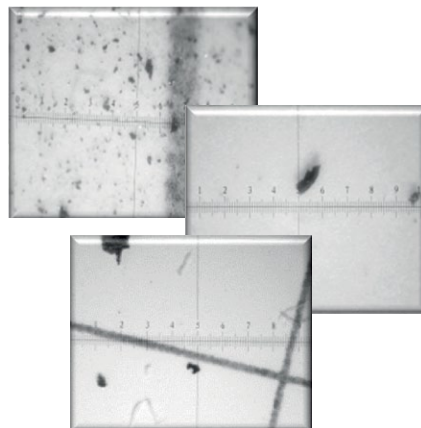
- stosowany wzorcowy elastomer;
- procentową zmianę objętości 
$$\Delta V = \frac{V - V_0}{V_0} \cdot 100;$$
- zmianę twardości w IRHD  $\Delta H = H - H_0;$
- procentową zmianę wytrzymałości na rozciąganie ( $\Delta R_t$ );
- procentową zmianę względnego wydłużenia w chwili zerwania ( $\Delta \epsilon_r$ ).

Elastomerowy wskaźnik zgodności ECI ułatwia ocenę uszczelnień wzorcowych w cieczach hydraulicznych. Problemy destrukcyjnego oddziaływania cieczy roboczych na uszczelnienia nie zawężają się tylko na wyciekach. Bardzo często zdarza się, że ciecze, które nie są kompatybilne ze stosowanymi uszczelnieniami, powodują kruchość ich powierzchni. Drobne cząstki elastomerów krążą wówczas w medium roboczym, co ma wpływ na pogorszenie wymaganego poziomu czystości medium



roboczego, co jest szczególnie istotne w układach hydraulicznych. Należy mieć świadomość, że gdy stosowane dodatki uszlachetniające w olejach nie są stabilne w wysokich temperaturach, tworzą się produkty utleniania, które z wyżej wymienionymi zanieczyszczeniami stałymi, w tym przypadku cząstkami uszczelnień, przyczyniają się do tworzenia osadów i szlamów w olejach.

Nagromadzenie się cząstek stałych w oleju jest jedną z podstawowych przyczyn zużywania się maszyn, stąd bardzo istotne są badania kompatybilności uszczelnień, jak również stała kontrola zawartości ciał stałych w oleju eksploatowanym.




Akredytowane niezależne laboratorium Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. w Łędzinach wykonuje kompleksowe usługi badawcze i doradcze w zakresie środków smarnych i eksploatacyjnych. Prowadzi monitoring środków smarnych oraz diagnostykę stanu urządzeń na podstawie analiz wykorzystywanych mediów roboczych.

Powyższa problematyka jest również przedmiotem organizowanych cyklicznie przez CBiDGP konferencji „Teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania środków smarnych i eksploatacyjnych”. Tegoroczne spotkanie odbędzie się w dniach 22–23 czerwca w Wiśle. Szczegółowe informacje dostępne są na stronie [www.cbidgp.pl/konferencje](http://www.cbidgp.pl/konferencje).



## Literatura

- [1] Norma ISO 6072:2011 *Rubber – compatibility between hydraulic fluids and standard elastomeric materiale*.
- [2] Norma ISO 1629: *Rubber and latices – Nomenclature*.
- [3] Norma ISO 1817:2011: *Rubber – vulcanized or thermoplastic-Determination of the effect of liquids*.
- [4] ŚLANINA F., STEINMEC F.: *Ciecze hydrauliczne HFA w obudowach zmechanizowanych wyrobisk ścianowych*. Materiały konferencyjne: Oleje i środki smarne – 2007, Szczyrk.
- [5] PŁONKA Z.: *Odporność elementów uszczelniających na trudnopalne ciecze hydrauliczne stosowane w maszynach i urządzeniach górniczych*. „Maszyny górnicze” 3/2012.
- [6] Materiały własne CBiDGP Sp. z o.o.

 mgr Ewa Kania

Centrum Badań i Dozoru Górnictwa  
Podziemnego Sp. z o.o. w Łędzinach  
e-mail: [e.kania@cbidgp.pl](mailto:e.kania@cbidgp.pl)

# Zmiana parametrów oleju silnikowego w trakcie próby trwałościowej na hamowni silnikowej

Andrzej Suhecki, Joanna Śledź, Krzysztof Brodzik

## 1. Wstęp

Oleje silnikowe spełniają w silniku szereg funkcji, od typowo trybologicznych, takich jak zagwarantowanie pracy wszystkich węzłów tarcia (skojarzeń trących), przez uszczelnianie cylindrów aż do transportowania do filtra oleju zanieczyszczeń z układu.

Główne wymagania stawiane olejom silnikowym:

- smarowanie elementów współpracujących w celu zmniejszenia tarcia i zapobieganie zniszczeniom powierzchni i zatarciom;
- wymywanie zanieczyszczeń i zapobieganie korozji;
- odprowadzanie ciepła;
- wydłużenie trwałości oleju ze względu na bardzo duże przebiegi;
- ograniczenie emisji związków szkodliwych;
- doszczelnienie komory spalania.

Zapewnienie wymaganej wszechstronności oleju silnikowego uzyskuje się poprzez połączenie odpowiedniej bazy olejowej z dodatkami uszlachetniającymi. Nawet najlepszej jakości oleje bazowe nie są w stanie jednocześnie zapewnić odpowiednich właściwości nisko- i wysokotemperaturowych, odpowiedniej odporności na utlenianie prowadzącej do tworzenia nierozpuszczalnych

wydzielin i osadów oraz usunąć zanieczyszczeń z układu. Wymienione wyżej główne wymagania stawiane olejom silnikowym sprawiają, że niezbędne jest stosowanie dodatków pełniących różne funkcje (tabela 1).

Do najważniejszych właściwości oleju silnikowego z punktu widzenia eksploatacji należą:

**Lepkość kinematyczna:** parametr ten odpowiada za zachowanie się oleju w warunkach smarowania. Lepkość w 100°C odpowiada lepkości oleju w normalnych warunkach pracy, a w 40°C odpowiada pracy na zimnym silniku.

**Całkowita liczba zasadowa (Total Basic Number):** wskazując na ilość dodatków o charakterze zasadowym, charakteryzuje ona zdolności myjąco-dyspergujące oleju. TBN jest miarą zawartości detergentów i dyspergatorów w oleju. Im większa, tym lepsze są właściwości myjące i neutralizujące kwaśne produkty spalania paliwa czy oleju. Im większa zawartość siarki w paliwie, tym większa powinna być liczba zasadowa oleju. Oleje do silników wysokoprężnych powinny mieć wyższą TBN ze względu na cięższe warunki pracy.

**Zawartość pierwiastków:** jeden z podstawowych parametrów monito-

**Streszczenie:** Niniejsze opracowanie przedstawia wyniki badań czterech rodzajów olejów silnikowych o podobnej klasie lepkościowej, różnych producentów. Badania polegały na przeprowadzeniu 400-godzinnych testów trwałościowych na hamowni silnikowej, na czterech nowych silnikach o zapłonie samoczynnym, o pojemności 1,9 l. Przedstawiono wyniki analiz chemicznych próbek olejów pobranych w trakcie testów. Zaprezentowano analizę zmian podstawowych parametrów określających jakość oleju w trakcie próby trwałościowej, takich jak lepkość kinematyczna, zawartość sadzy, wartość TBN i ilości pierwiastków metali. Zaproponowano limity podstawowych parametrów oleju określające jego własności trwałościowe.

rowanych w olejach eksploatowanych. W początkowym etapie eksploatacji oleju najbardziej istotne są stężenia takich pierwiastków, jak: Ba, Ca, Mg, P i Zn. Niektóre formułacje i dodatki mogą zawierać również B, Na, K i Mo.

Źródłem pochodzenia poszczególnych pierwiastków w oleju mogą być [1, 2]:

- dodatki do olejów – Ca, Zn, B, Ba, Mg, P, Si, S;
- Si – tłoki;
- S – paliwo (na skutek połączenia siarki z wodą powstają tlenki siarki);
- Fe – cylindry, popychacze, blok silnika, pompa oleju, układ rozrządu, wał korbowy;
- Cr – tuleje, pierścienie tłokowe;
- Al – tłoki, łożyska, popychacze, chłodnica powietrza, pompa oleju, dodatki;
- Cu – łożyska;
- Pb – łożyska;
- Sn – łożyska.

Tabela 1. Funkcje dodatków uszlachetniających i ich przykłady

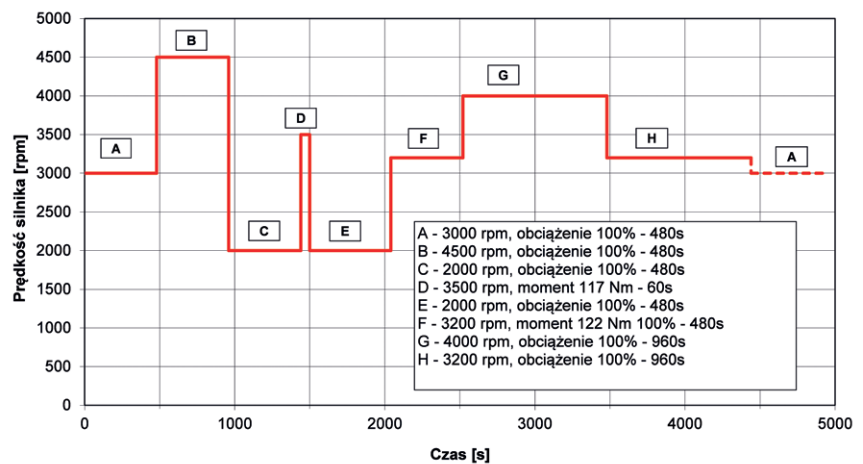
Funkcja	Przykład
Modyfikatory lepkości	Kopolimery olefinowe, poliizobutyleny, polimetakrylany, kopolimery styrenowo-izoprenowe, kopolimery styrenowo-butadienowe
Inhibitory utleniania	Pochodne fenolu, aminy aromatyczne, organiczne związki siarki, fosforyny, związki miedzi, związki boru
Detergenty	Sulfoniany, fenolany, salicylany metali (głównie Ca i Mg)
Dyspergatory	Alkilo pochodne fenoli, oligomery poliizobutyleny i etylenu-propylenu z O i N w grupach funkcyjnych
Przeciwzużyciowe (AW)	Alkiloditiofosforany metali, fosforyny, karbaminiany
Przeciwzatarciowe (EP)	Organiczne związki S, P i Cl
Inhibitory korozji	Pochodne kwasu bursztynowego, aminy, fosforany, sulfoniany, tiazole

Zawartość sadzy: monitorowanie tego parametru w trakcie eksploatacji oleju silnikowego pozwala na ocenę efektywności dyspergatorów obecnych w oleju. Ich słaba efektywność może prowadzić do tworzenia się dużych cząstek sadzy (zatykających filtr oleju i kanały olejowe), będących jedną z przyczyn powstawania szlamów w misce olejowej. Wzrost ilości sadzy oleju powoduje wzrost sił tarcia i zwiększenie zużycia współpracujących elementów [5].

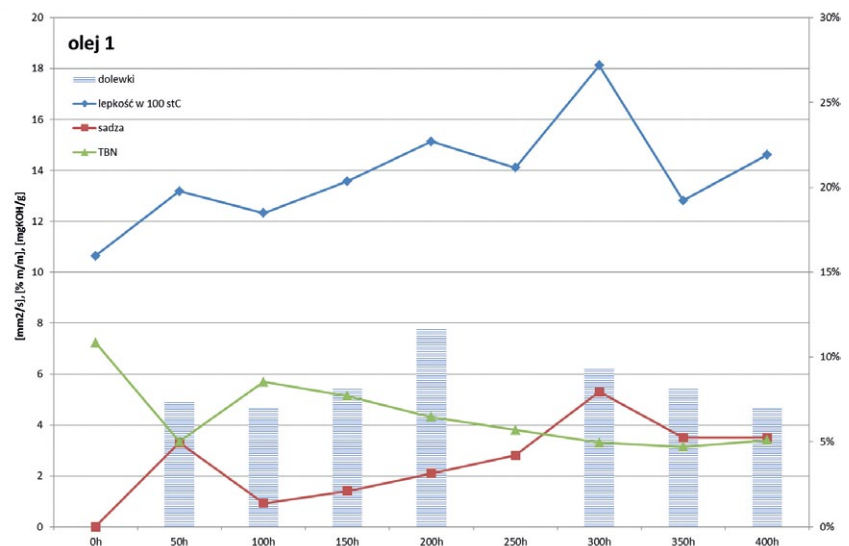
W celu monitorowania jakości oleju silnikowego w trakcie pracy istotne jest również określenie takich parametrów, jak:

- **ilość zanieczyszczeń nierozpuszczalnych/cząstek stałych:** może być problematyczne w przypadku olejów zawierających dużo sadzy, gdy zliczanie cząstek zazwyczaj opiera się na metodach optycznych;
- **liczba kwasowa:** mówiąca o ilości zanieczyszczeń kwaśnych w oleju pochodzących z przedmuchiów spalin lub częściowego utleniania składników oleju z wytworzeniem kwasów organicznych, zwiększenie liczby zasadowej wskazuje na zwiększone ryzyko korozji;
- **spektroskopia w podczerwieni:** pozwala na stwierdzenie obecności sadzy, wody, glikolu i paliwa w próbce oleju, możliwe jest też monitorowanie zmian w ilości produktów degradacji oleju, np. produktów utleniania, azotanów czy siarczanów;
- **zawartość wody:** ilość wody w oleju jest najczęściej oznaczana metodą Karla Fischera (wolumetrycznie lub kulometrycznie), a jej obecność może wynikać z przecieków płynu chłodniczego, kondensacji atmosferycznej, przerywanej pracy silnika oraz obsługi w niskiej temperaturze. Na dokładność oznaczenia ma wpływ m.in. obecność dodatków zawierających siarkę;
- **temperatura zapłonu i rozcieńczenie paliwem:** obecność paliwa w oleju istotnie wpływa na efektywność oleju silnikowego, szczególnie na parametry lepkościowe, i może powodować zagrożenie pożarem.

Dążenie do wydłużenia czasu pracy olejów silnikowych bez istotnych negatywnych skutków dla silnika



Rys. 1. Elementarny cykl testu



Rys. 2. Zestawienie wyników badań dla oleju 1

zaowocowało opracowaniem wielu metod badawczych pozwalających na powtarzalne i odtwarzalne określenie właściwości oleju. Wspólny wysiłek producentów samochodów, paliwa i środków smarowych pozwolił na przestrzeni kilkudziesięciu lat ograniczyć zarówno ilość zużywanego paliwa, jak i – nawet w większym stopniu – ilości środków smarowych. Trzy podstawowe systemy specyfikacji właściwości olejów: trójstronny system API (Ameryka Północna), system ILSAC (Japonia, zbliżony do API) oraz system ACEA (Europa) z czasem stają się coraz bardziej jednolite. W Ameryce trójstronny system API opiera się na pracy ASTM definiującej

metody badawcze i wymagania SAE, wskazującej potrzeby i łączącej zebrane informacje w swoich poradnikach, oraz API, rozwijającej i kontrolującej oznaczenia oraz język komunikacji z użytkownikami. W Europie rolę zbliżoną do amerykańskiego ASTM pełni CEC, przy czym jego aktywność ogranicza się do badań silnikowych. Metody badawcze dotyczące środków smarowych są opracowywane przez instytucje takie, jak Energy Institute (dawniej Institute of Petroleum) czy Niemiecki Komitet Normalizacyjny (DIN). Wymagania jakościowe dotyczące olejów silnikowych są również opracowywane przez producentów samochodów (OEM),



takich jak Volkswagen, GM, Daimler-Benz, Peugeot czy Fiat. W niniejszej pracy skoncentrowano się na analizie wyników uzyskanych w oparciu o wymagania jednej z takich specyfikacji.

## 2. Opis badań

Badaniom poddano cztery rodzaje olejów silnikowych o podobnej klasie lepkościowej, ale różnych producentów. Badania polegały na przeprowadzeniu 400-godzinnych testów trwałościowych na hamowni silnikowej. Do badań użyto 4 nowych silników o zapłonie samoczynnym, tego samego typu, o pojemności 1,9 l. Elementarny cykl testu trwałościowego trwał 74 min (4440 s) i był powtarzany 325 razy dla osiągnięcia całkowitego czasu 400 godzin. Elementarny cykl pracy silnika w teście przedstawiono na rys. 1.

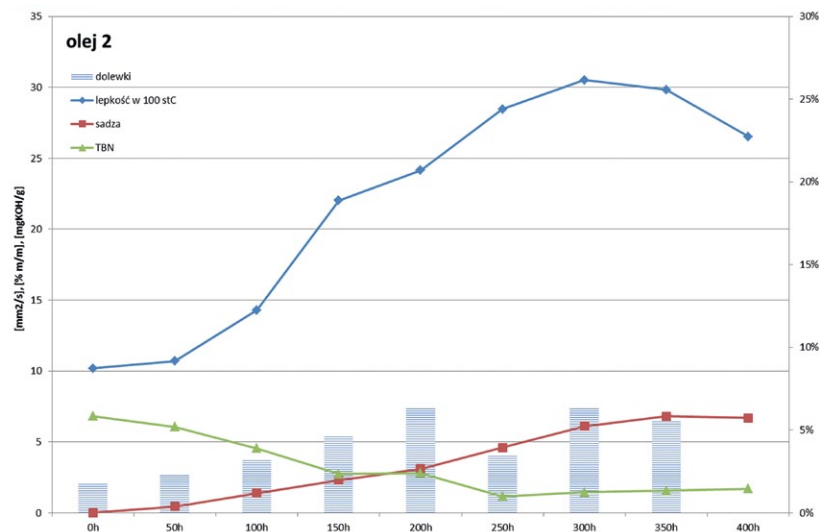
W trakcie testu, co 50 godzin, pobierano próbkę oleju i przeprowadzono analizę chemiczną zmian podstawowych parametrów oleju, jak również ilości zanieczyszczeń. Do analiz użyto następującej aparatury:

- spektrometr emisyjny ICP-OES Optima 4300 DV (Perkin-Elmer, USA);
- waga analityczna (Radwag, Polska);
- lepkościomierz Mini AV-X (Cannon, USA);
- titrator GT-200 (Mitsubishi, Japonia);
- spektrometr FTIR Nicolet 6700 (Thermo, USA).

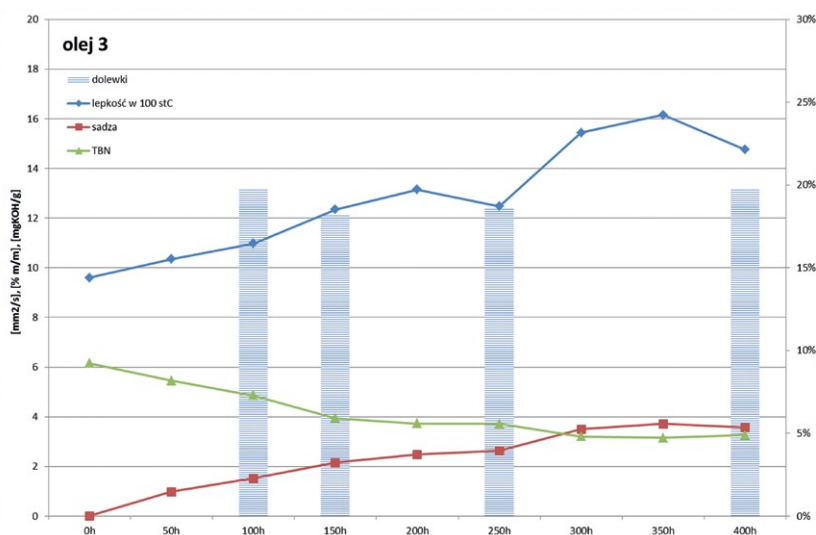
## 3. Wyniki badań

Zmiany właściwości olejów silnikowych odniesiono do wymagań norm uznanych producentów silników spalinyowych, jak również do doświadczeń własnych, i zaproponowano następujące limity niektórych parametrów oleju: **zawartość sadzy-max. 4[%], Fe-max. 550[ppm], TBN-min. 2,5[mgKOH/g]**.

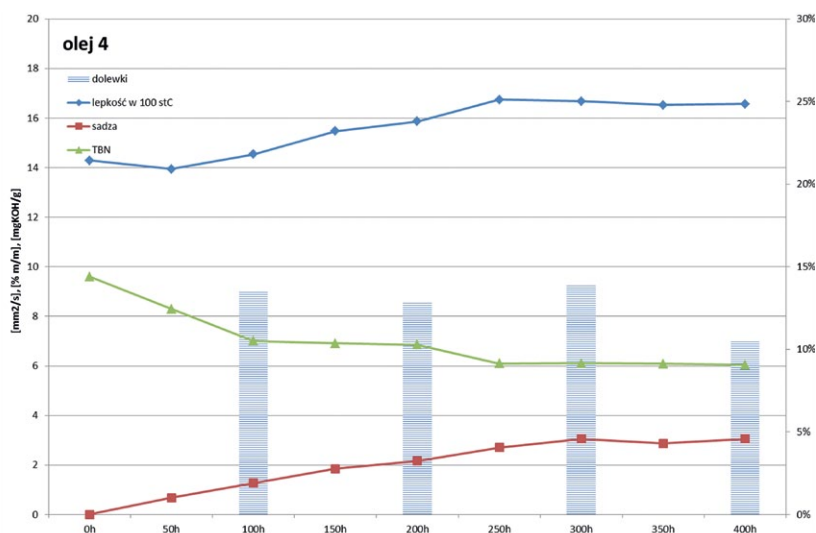
W trakcie próby 400 godzin w oleju 3 i 4 nie została przekroczona zawartości sadzy 4%. Chociaż w pozostałych olejach wartość ta została przekroczona, nie miało to większego wpływu na pracę i zużycie silnika. Zwiększaniu zawartości sadzy w oleju silnikowym w trakcie testu towarzyszy zwiększanie lepkości, przy czym w przypadku oleju 3 i 4 zmiany te występują w największej korelacji. W trakcie eksploatacji widocznie



Rys. 3. Zestawienie wyników badań dla oleju 2



Rys. 4. Zestawienie wyników badań dla oleju 3



Rys. 5. Zestawienie wyników badań dla oleju 4

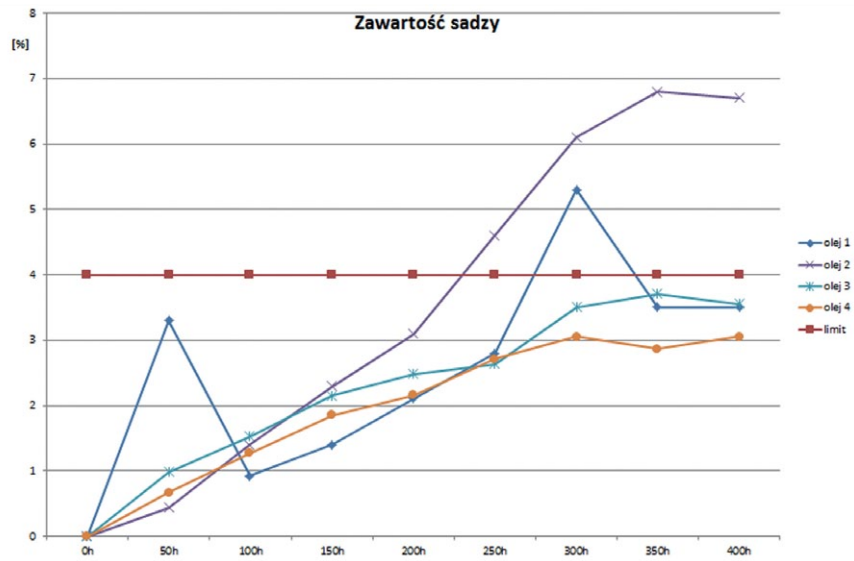
zmniejsza się liczba zasadowa, wskazując na zużywanie się dodatków odpowiadających za neutralizację kwaśnych produktów spalania paliwa oraz degradacji oleju. Na rysunkach 2–5 oprócz zmian lepkości, zawartości sadzy i TBN przedstawiono również wielkość dolewek świeżego oleju w trakcie badań. Porównanie udziału dolewek w całkowitej objętości oleju silnikowego z oznaczonymi właściwościami pozwala na wyciągnięcie wniosków świadczących o poprawie jakości środka smarowego na skutek dodatku jego świeżej porcji. Szczególnie w przypadku oleju 3 i 4 każda z zastosowanych dolewek powodowała zmniejszenie szybkości degradacji oleju, co jest wyraźnie widoczne na podstawie zmian TBN.

Wartość TBN dla olejów 1, 3 i 4 była większa od 3 mgKOH/g. Jedynie dla oleju 2 spadła do wartości 1,16 mgKOH/g. Z tego można wnioskować, że pakiet dodatków uszlachetniających zastosowany w oleju 2 nie zapobiegał degradacji oleju w wystarczającym stopniu. Z kolei pomimo dobrych parametrów lepkości, zawartość sadzy i TBN w oleju 1 zmieniają się w sposób nieregularny. Może to być spowodowane dolewkami oleju lub może świadczyć o pewnych nieprawidłowościach przy współpracy newralgicznych elementów silnika.

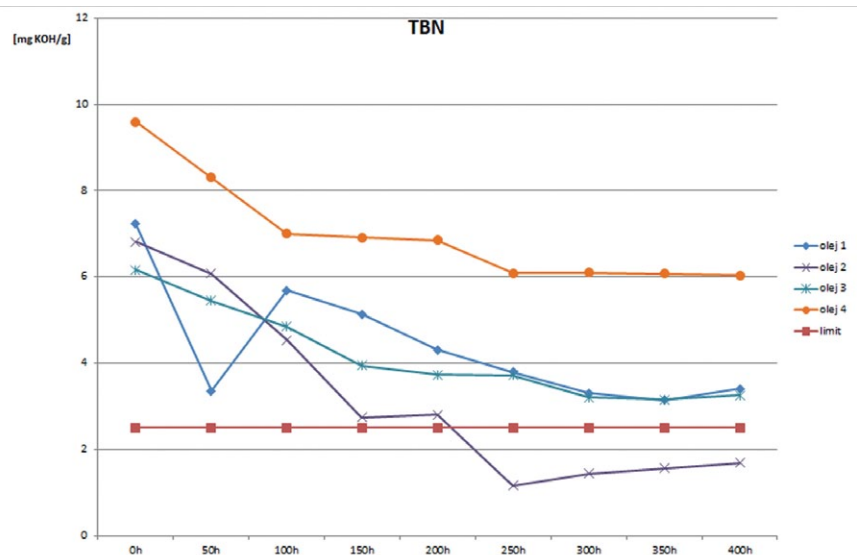
Pomiędzy olejami stwierdzono również znaczące różnice w zmianach stosunku zawartości sadzy do lepkości. Olej 2 wykazuje największy procentowy wzrost lepkości w stosunku do wzrostu zawartości sadzy. W tym oleju odnotowano największy przyrost zawartości sadzy. W oleju 4 natomiast zauważyć można najmniejsze zmiany lepkości, pomimo że przyrost ilości sadzy w olejach 1, 3 i 4 był na podobnym poziomie.

W trakcie próby monitorowano również ilości pierwiastków w oleju. Wyraźny wzrost takich pierwiastków, jak Fe, Al, Cu, Si, Pb, może świadczyć o nieprawidłowej współpracy smarowanych elementów.

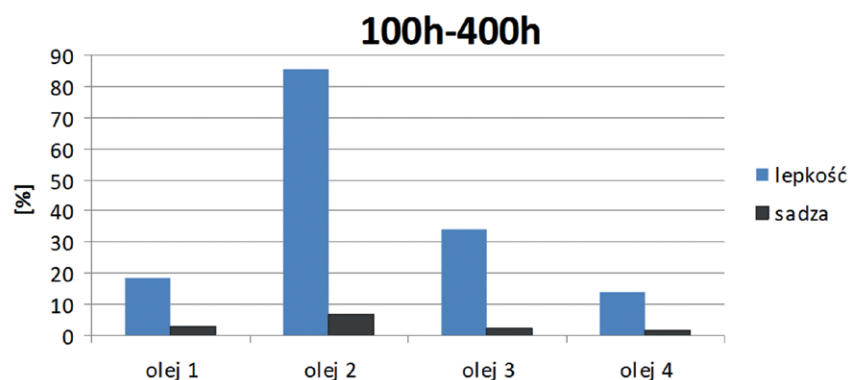
Przyjmując limit dla Fe 550 ppm, stwierdzono, że jedynie w przypadku oleju 1 norma została przekroczona po około 300 godzinach pracy, co może świadczyć o nadmiernym zużyciu elementów takich, jak cylindry, popychacze,



Rys. 6. Zawartość sadzy w olejach w trakcie próby

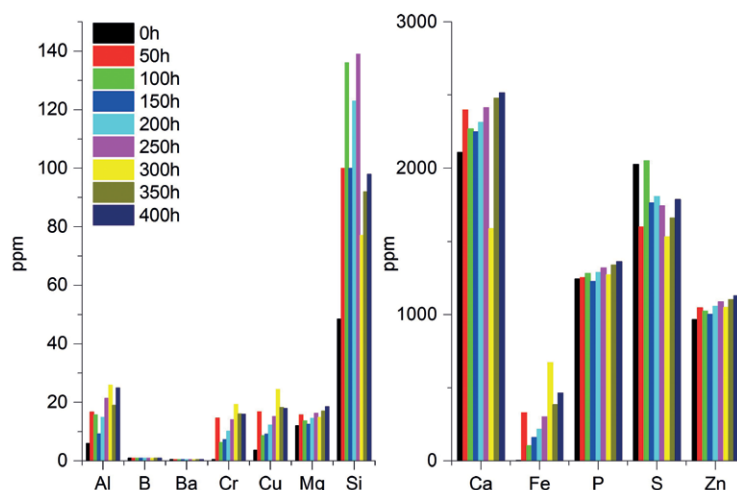


Rys. 7. Wielkość TBN w olejach w trakcie próby

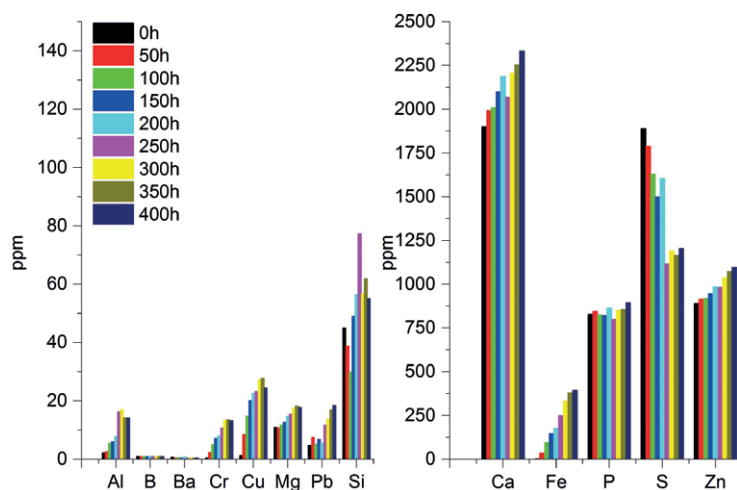


Rys. 8. Porównanie wzrostu lepkości w stosunku do wzrostu zawartości sadzy

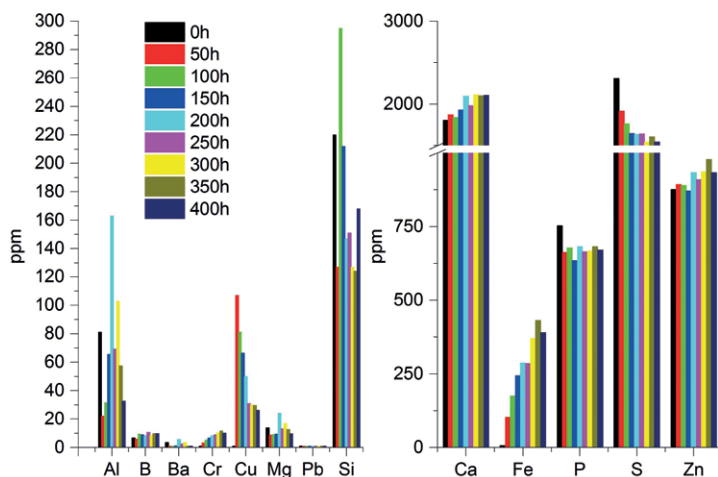
wał korbowy itp. (rys. 9). Znaczny wzrost sadzy w oleju w tym samym czasie może świadczyć o nieprawidłowej współpracy tłoków i pierścieni z tuleją cylindrową. Jednak pomiary metrologiczne po próbie nie potwierdziły jednoznacznie tego zjawiska. Analiza składu pierwiastkowego próbek oleju 1 i 2 jednoznacznie wykluczyła obecność w nich dodatków opartych na borze i barze, a dodatki zawierające wapń były obecne na poziomie zbliżonym do oleju 3. W trakcie badań stanowiskowych stwierdzono znaczące zmniejszenie stężenia siarki w olejach, wskazujące na postępujące zużycie dodatków uszlachetniających. W oleju 2 stwierdzono największy przyrost ilości ołowiu pochodzącego najprawdopodobniej z półpanewek łożysk. Natomiast zawartość miedzi mogącej pochodzić również z półpanewek łożysk zwiększyła się znacznie na początku testu w oleju 3, po czym jej zawartość zmniejszała się prawdopodobnie na skutek dolewek świeżego oleju. Zmiany zawartości pozostałych pierwiastków zachodziły w podobny sposób dla wszystkich olejów. Analiza wyników wskazuje, że najlepszy z punktu widzenia eksploatacji wydaje się być olej nr 4, ponieważ przy znacznym zanieczyszczeniu oleju sadzą po 100 i 200 godzinach pracy wzrost wartości lepkości kinematycznej był najmniejszy w stosunku do wzrostu zawartości samej sadzy. Zmiany lepkości w tym oleju przez cały czas były najmniejsze. Zmiany zawartości pierwiastków zużyciowych również świadczą o jego dobrych właściwościach użytkowych, co jest zapewne wynikiem większej zawartości dodatków uszlachetniających. Olej ten charakteryzował się największą zawartością wapnia i siarki. Wartość TBN także odnotowuje najmniejszy spadek dla tego oleju, co oznacza, że jego zdolność do neutralizowania zanieczyszczeń kwaśnych pogorszyła się w znacznie mniejszym stopniu niż w innych olejach. Olej nr 3 zawiera najwięcej dodatków opartych na krzemie (ok. 200 ppm w świeżym oleju) i był jedynym spośród porównywanych zawierającym również dodatki oparte na borze. Pomimo różnic w ilości poszczególnych pierwiastków w olejach pomiary metrologiczne wykonane przed i po próbie wykazały bardzo



Rys. 9. Zmiany zawartości pierwiastków w oleju 1



Rys. 10. Zmiany zawartości pierwiastków w oleju 2



Rys. 11. Zmiany zawartości pierwiastków w oleju 3



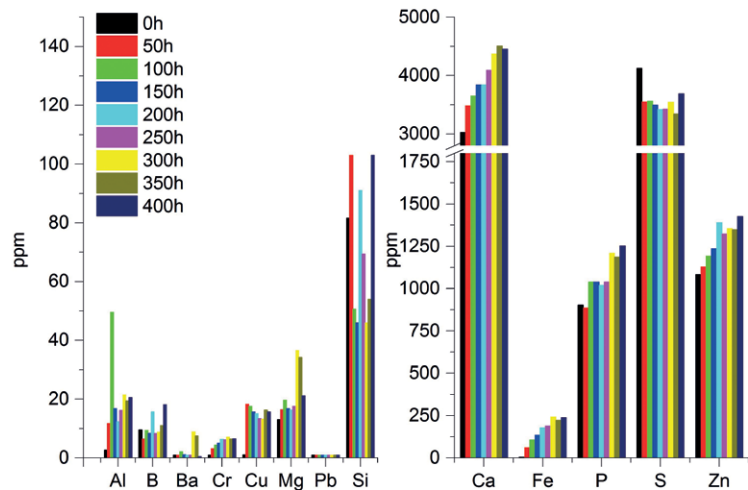
zbliżone wartości zużyć newralgicznych części silnika dla wszystkich czterech silników.

#### 4. Wnioski

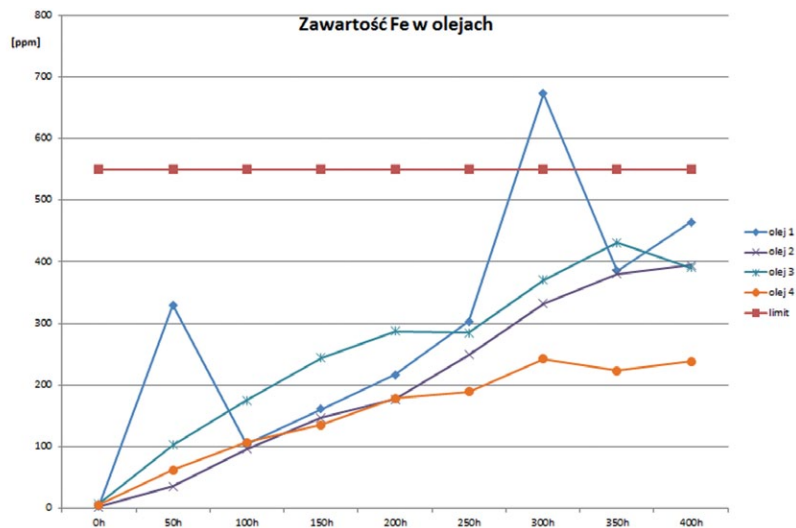
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że testy olejów silnikowych na stanowiskach hamowanych są szybką i dobrą metodą oceniającą jakość badanego oleju. Czas trwania i przebieg testu powinny być dostosowane do klasy oleju i do rodzaju jego zastosowania w trakcie eksploatacji silnika. Próba 400 godzin potwierdzająca jakość danego oleju może być przeprowadzona na hamowni silnikowej w ciągu jednego miesiąca.

Podstawowymi parametrami służącymi do określenia jakości i przydatności nowego oleju do danego zastosowania są:

- Zawartość sadzy w oleju. Przyjęto wartość graniczną max. 4%, jednak należy przeprowadzić dodatkowe analizy i badania w celu potwierdzenia, czy można zwiększyć tę wartość do 5%.
  - Wartość TBN. Przyjęto wartość graniczną min. 2,5 mgKOH/g. Należy przeprowadzić analizy, czy można zmniejszyć tę wartość do 2 mgKOH/g.
  - Zawartość Fe. Przyjęto wartość graniczną 550 ppm, jednak na podstawie przeprowadzonych badań można zaproponować wartość 500 ppm.
  - Lepkość kinematyczna. Nie powinna się zmienić o 50%. Zjawisko spadku lepkości związane jest głównie z rozrzedzeniem oleju silnikowego olejem napędowym podczas regeneracji filtra DPF oraz ze wzrostem zawartości sadzy. Jeżeli ilość oleju napędowego w oleju silnikowym jest na poziomie do 1%, odnotowujemy wzrost lepkości oleju spowodowany wzrostem ilości sadzy.
  - Nagły wzrost (powyżej 100 ppm) takich pierwiastków, jak Al, Pb, Cu, Sn, Cr, Si, może świadczyć o nieprawidłowej współpracy takich elementów silnika, jak tłoki, pierścienie tłokowe, łożyska.
- Przeprowadzone badania i analizy potwierdziły również starą zasadę, że korzystne są nawet niewielkie dolewki świeżego oleju w trakcie eksploatacji silnika. Dolewki te powodują, że parametry oleju wolniej podlegają degradacji.



Rys. 12. Zmiany zawartości pierwiastków w oleju 4



Rys. 13. Zawartość Fe w olejach w trakcie próby

#### Literatura

- [1] TOTTEN G.E. [ED.]: *Fuels and lubricants handbook: technology, properties, performance and testing*. ASTM International, 2003
- [2] URZĘDOWSKA W., STĘPIEŃ Z.: *Wybrane zagadnienia dotyczące zmian właściwości silnikowego oleju smarowego w eksploatacji*. NAFTA-GAZ, 12/2012.
- [3] SUCHECKI A., NOWAKOWSKI J., GÓRNA H.: *Rozcieńczanie oleju silnikowego olejem napędowym*. Środki Smarowe 2014, Muszyna.
- [4] MANG T., DRESEL W., [EDS.]: *Lubricants and lubrication*, 2nd Edition, WILEY-VCH Verlag, 2007.
- [5] MRUK A.: *Wpływ obecności sadzy w oleju silnikowym na jego własności tribologiczne*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej z. 7-M/2008.

Andrzej Suchecki – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej;  
Joanna Śledź – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej;  
Krzysztof Brodzik – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej

# Zestawienie firm

## automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Napędy</b>	
<p><b>Cantoni Group</b> ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn</p>	<p>tel. 33 813 87 00 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com</p> <p>Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 6000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.</p>
<p><b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p> <p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>
<p><b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów</p>	<p>tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl</p> <p>Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgła.</p>
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<p><b>COMPARTA Zajdel Sp. z o.o.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła</p>	<p>e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl</p> <p>Oferuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• switche przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC - PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER;</li> <li>• zdalny dostęp SECOMEIA - najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych.</li> </ul> <p>Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL</p>
<p><b>Endress+Hauser Polska sp. z o.o.</b> Wołowska 11 51-116 Wrocław</p>	<p>tel. 71 773 00 00 e-mail: info.pl@endress.com</p> <p>Endress+Hauser to światowy lider w obszarze aparatury pomiarowej, usług i rozwiązań automatyki przemysłowej. Produkujemy układy do pomiaru przepływu, poziomu, ciśnienia, temperatury, analizy cieczy i gazów oraz rejestracji danych. Optymalizujemy procesy produkcyjne pod kątem wzrostu wydajności, bezpieczeństwa i redukcji wpływu na środowisko.</p>
<p><b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Siwka 11 31-588 Kraków</p>	<p>tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolaska.pl www.fatek.pl</p> <p>Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek. Oferujemy kompleksowe wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, doboru komponentów oraz pełnego wsparcia dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia.</p>

Automatyka przemysłowa (cd.)		
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl	Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Złoty Potok 10/16 02-699 Warszawa	tel. 22 855 18 30 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl	Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwigów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.
<b>PI-TRONIX Sp. j.</b> ul. Zwierzchowskiego 5 A 61-248 Poznań	tel. 606 757 477 e-mail: biuro@pi-tronix.com pi-tronix.com.pl	Jesteśmy integratorem automatyki przemysłowej. Zajmujemy się projektowaniem i wykonawstwem maszyn przemysłowych tworzonych indywidualnie pod potrzeby klienta. Maszyny u nas wykonywane są kompleksowo. Specjalizujemy się w realizacji maszyn montażowych i produkcyjnych.
<b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów	tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl	SKAMER-ACM to sprawdzony partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni; sprzedaż urządzeń i systemów branży AKPiA, systemy wizualizacji procesów przemysłowych; systemy monitoringu, efektywności produkcji i energii; pomiary wilgotności i tlenu w gazach; instalacje elektryczne, teletechniczne i HVAC; układy odzysku energii w procesach przemysłowych, odnawialne źródła energii; kompleksową realizację systemów detekcji pożaru w szafach sterowniczych; audyty, opracowania i ekspertyzy specjalistyczne; dostosowanie maszyn do minimalnych wymagań w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, oznakowanie maszyn znakiem CE.
Aparatura kontrolno-pomiarowa		
<b>TRONIA Sp. z o.o.</b> ul. Sycowska 11 02-266 Warszawa	tel. 781 991 168 e-mail: tronia@poczta.onet.pl tronia.pl	Tronia jest znanym producentem rejestratorów zakłóceń elektrycznych. Nasze produkty są w Elektrowni Bełchatów, Hucie Miedzi „Głogów” i wielu innych obiektach. Wyróżnia je modułowa konstrukcja, ułatwiająca dostosowanie parametrów urządzenia do bieżących potrzeb użytkownika.
Hydraulika		
<b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza</b> <b>Noram Sp. z o.o.</b> Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry	tel. 32 381 05 20 tel. 32 381 05 21 e-mail: noram@noram.com.pl www.noram.com.pl	Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego oraz odlewy żeliwne i staliwne w stanie surowym lub obrobionym, wraz z modelami. Profile używane są jako materiał wyjściowy do wykonania elementów hydrauliki i pneumatyki.



Utrzymanie ruchu		
<p><b>Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. (CBiDGP)</b> ul. Łędzińska 8 43-143 Łędziny</p>	<p>tel. 32 32 42 200 fax 32 32 42 205 e-mail: cbidgp@cbidgp.pl www.cbidgp.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badania rzeczoznawcze maszyn i urządzeń górniczych, w tym urządzeń budowy przeciwwybuchowej.</li> <li>• Badania zagrożeń metanowych.</li> <li>• Pomiary i badania maszyn i urządzeń mechanicznych i elektroenergetycznych.</li> <li>• Badania diagnostyczne.</li> <li>• Pomiary i badania środowiska pracy.</li> <li>• Pomiary i badania czynników środowiska naturalnego.</li> </ul>
<p><b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o.</b> Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry</p>	<p>tel. 32 381 05 20 tel. 32 381 05 21 e-mail: noram@noram.com.pl www.noram.com.pl</p>	<p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego oraz odlewy żeliwne i stalowe w stanie surowym lub obrabionym, wraz z modelami. Profile używane są jako materiał wyjściowy do wykonania elementów hydrauliki i pneumatyki.</p>
<p><b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>
<p><b>WYTWÓRNIA SPRZĘTU ELEKTROENERGETYCZNEGO AKTYWIZACJA</b> ul. Stadionowa 24 31-751 Kraków</p>	<p>tel. 12 644 08 92 e-mail: wse@aktywizacja.com.pl www.aktywizacja.com.pl</p>	<p>WSE Aktywizacja produkuje, prowadzi serwis i badania okresowe elektroenergetycznego sprzętu ochronnego. W ofercie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• drążki izolacyjne: uniwersalne UDI, teleskopowe TDI;</li> <li>• uziemiacze: przenośne, uszyniacze;</li> <li>• wskaźniki: niskiego, średniego i wysokiego napięcia, uzgadniacze faz;</li> <li>• przyrządy, mierniki i detektory pola elektrycznego;</li> <li>• wyroby elektroizolacyjne z gumy oraz inny sprzęt ochronny BHP.</li> </ul>

reklama



Preferujesz internet?

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

## BIBLIOTEKA



Tadeusz Glinka  
**Ćwiczenia tablicowe z transformatorów i maszyn elektrycznych**  
 Wydawnictwo WNT  
 Rok wydania: 2022

Książka jest podręcznikiem akademickim adresowanym dla studentów i uczniów szkół technicznych studiujących i uczących się na kierunkach elektrycznych, a także dla nauczycieli akademickich i nauczycieli szkół technicznych prowadzących ćwiczenia tablicowe z transformatorów i elektromechanicznych przetworników energii. W poszczególnych ćwiczeniach przedstawiono budowę obwodów magnetycznych i uzwojeń: transformatorów i maszyn elektrycznych (indukcyjnych, synchronicznych, prądu stałego i wzbudzanych magnesami trwałymi) oraz ich działanie, parametry i charakterystyki elektromechaniczne.

W poszczególnych ćwiczeniach rozwiązywane są problemy spotykane w eksploatacji: transformatorów, dławików i maszyn elektrycznych wirujących. Książka umocowana jest w praktyce, każda z maszyn istnieje, dla wielu z nich podane są konkretne miejsca zastosowania. W poszczególnych ćwiczeniach pokazano energooszczędność maszyn elektrycznych zasilanych z energoelektrycznych przemienników częstotliwości i wykorzystanie transformatorów i prądnic w odnawialnych źródłach energii.

Podręcznik dopełnia cyklu książek tego autora wydanych przez PWN, tj.: *Maszyny elektryczne i transformatory* (2018), *Maszyny elektryczne z magnesami trwałymi* (2018) oraz *Eksploatacja i diagnostyka maszyn elektrycznych i transformatorów* (2019), której współautorem jest Sławomir Szymaniec. Materiał teoretyczny przedstawiony w ww. książkach w podręczniku *Ćwiczenia tablicowe* jest zilustrowany przykładami obliczeniowymi.



Piotr Franaszek, Paweł Grata,  
 Anna Kozicka-Kołaczkowska, Mariusz Ruszel,  
 Grzegorz Zamoyski  
**Ignacy Łukasiewicz. Prometeusz na ludzką miarę**  
 (bezpłatny e-book)  
 Państwowy Instytut Wydawniczy  
 Rok wydania: 2021

Rok 2022 został ogłoszony „Rokiem Ignacego Łukasiewicza”. Wynalazca, przemysłowiec, działacz polityczny i społeczny oraz filantrop doczekał się pełnej biografii po angielsku. Teraz jest ona dostępna także bezpłatnie.

Autorami książki *A Prometheus on a Human Scale – Ignacy Łukasiewicz* (polski tytuł: *Ignacy Łukasiewicz. Prometeusz na ludzką miarę*) jest grupa uznanych badaczy. Profesorowie Piotr Franaszek (Uniwersytet Jagielloński), Paweł Grata (Uniwersytet Rzeszowski) oraz Grzegorz Zamoyski (Politechnika Rzeszowska) specjalizują się w dziejach gospodarczych i społecznych południowo-wschodniej Polski. Dziennikarka i pisarka Anna Kozicka-Kołaczkowska zajmuje się historią sektora energetycznego w Instytucie Polityki Energetycznej, a prof. Mariusz Ruszel (pomysłodawca inicjatyw upamiętniających postać Łukasiewicza) jest prezesem Instytutu Polityki Energetycznej, specjalizuje się w problematyce bezpieczeństwa energetycznego.

Pomysł na stworzenie książki o Ignacym Łukasiewiczu w języku angielskim pojawił się podczas I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”, która odbyła się na Politechnice Rzeszowskiej im. I. Łukasiewicza. Przyczyniły się do tego rozmowy Mariusza Ruszela z Michałem Kurtyką, który pełnił wówczas funkcję podsekretarza stanu w Ministerstwie Energii, a także Aleksandrem Zawiszą, zastępcą dyrektora w OSP Gaz-System SA oraz Piotrem Szlagowskim, dyrektorem z GK PGNiG.

– Dostrzegliśmy wtedy, że za granicą nie ma wiedzy o początkach polskiego przemysłu naftowego, o jego polskich pionierach i naszych

wynalazkach, przede wszystkim o opracowaniu metody rafinacji ropy naftowej, która pozwoliła na przemysłowe zastosowanie tego surowca – mówi Mariusz Ruszel, prof. Politechniki Rzeszowskiej i prezes Instytutu Polityki Energetycznej im. I. Łukasiewicza.

Projekt został zainicjowany przez Instytut Polityki Energetycznej, a finansowo został wsparty przez Fundację Muzeum Przemysłu Naftowego i Gazowniczego im. I. Łukasiewicza w Bóbrce, PERN, OSP Gaz-System SA i Bank Gospodarstwa Krajowego. Książka ukazała się w międzynarodowym wydawnictwie Peter Lang.

Książka *Ignacy Łukasiewicz. Prometeusz na ludzką miarę* ukazuje postać Ignacego Łukasiewicza wielowymiarowo. Dodatkowo jeden z rozdziałów autor poświęcił przybliżeniu czytelnikowi realiów gospodarczej codzienności Galicji II połowy XIX wieku, natomiast w aneksie przypomnieli, że spośród Polaków nie tylko Łukasiewicz założył się dla rozwoju światowego przemysłu naftowego, ale również Witold Zglenicki.

– Ignacy Łukasiewicz żył i pracował na Podkarpaciu, czyli na południowo-wschodnich terenach Rzeczypospolitej Polskiej – mówi prof. Piotr Franaszek. – W owym czasie obszar ten był częścią Galicji i stanowił najbardziej na północ wysuniętą prowincję monarchii austriackiej, od końca lat sześćdziesiątych XIX wieku przekształconej w monarchię austro-węgierską, w obrębie organizmu państwowego której teoretycznie pozostawał do roku 1918 – do końca I wojny światowej i odzyskania niepodległości przez Polskę. Miały tu miejsce ważne wydarzenia polityczne, a także przeobrażenia społeczne i gospodarcze, które w ogromnej mierze ukształtowały osobowość Łukasiewicza.

Anna Kozicka-Kołaczkowska, dziennikarka i popularyzatorka historii, zwraca uwagę, że „dzieło Ignacego Łukasiewicza jest jednym z tych fenomenów historii, które uczyniły ziemię polską sercem Europy i pępek świata”.

– Dokładnie w połowie XIX stulecia naszej ery Ignacy Łukasiewicz zapalił światło, które błyskawicznie opanowało cały glob – mówi Anna Kozicka-Kołaczkowska.

## TEMATYKA

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny

**Nr 5 (277)**  
Rok XXIV  
Maj 2022

- Termowizja, monitoring, pomiary
- Maszyny i napędy elektryczne
- Technologie przyrostowe 3D
- Napędy hybrydowe
- Diagnostyka i kontrola urządzeń
- Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – *Industrial Internet of Things*)



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

1/2022 (273)

2/2022 (274)

3/2022 (275)

4/2022 (276)

**5/2022 (277)**

6/2022 (278)

7-8/2022 (279-280)

9/2022 (281)

10/2022 (282)

11/2022 (283)

12/2022 (284)

## PRENUMERATA

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

Cena prenumeraty rocznej wynosi 237,60 zł (w tym 8% VAT).

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

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.



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

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



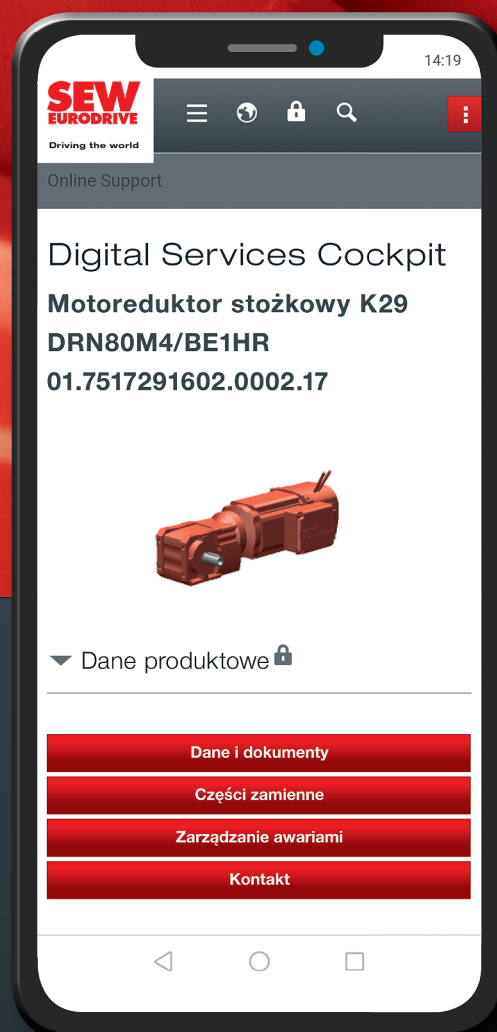
## **Pomożemy Ci:**

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

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



# Etykieta produktu - nowy dostęp do usług cyfrowych



Etykieta produktu pozwala na szybkie i proste powiązanie produktu z naszymi cyfrowymi usługami. Wystarczy zeskanować kod QR i skorzystać z wielu naszych usług cyfrowych, a dokładnie: dostęp do wszystkich danych i dokumentów dla określonych produktów, wizualną kontrolę pozycji pracy napędu, szybki dostęp do analiz błędów oraz zamówień usług serwisowych, jak również zamawianie części zamiennych czy też nowych odpowiedników. Chcesz dowiedzieć się więcej?

Wystarczy zeskanować i wypróbować nasze rozwiązania.