

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

Nr 5 (253)

Rok XXII

Maj 2020

ISSN 1507-7764  
Indeks 36018X

Cena: 10,80 zł  
(w tym 8% VAT)

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

# HPD<sup>2</sup>

Maksymalna wydajność

HITACHI  
Inspire the Next

MARKEL  
energoelektronika to nasza pasja



Przerwa?

Skanuj by  
zobaczyć  
krótki film  
dokumentalny.



... czy czas pracy?

Skanuj by  
zobaczyć  
dane produktu.



MARKEL  
energoelektronika to nasza pasja

Markel Sp. z o.o.  
05-500 Piaseczno  
ul. Okulickiego 7/9  
tel. 22 428 10 29  
markel@markel.pl

| Numer, miesiąc wydania           | Temat przewodni numeru   | Uzupełnienie tematyki  |
|----------------------------------|--|--|
| 1 (249)<br>Styczeń               | <b>PRZEMYSŁ 4.0<br/>TECHNOLOGIE 3D</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w górnictwie</li> <li>• Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatyzacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> </ul>   |
| 2 (250)<br>Luty                  | <b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI<br/>EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo sieci przemysłowych</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> </ul>  |
| 3 (251)<br>Marzec                | <b>AUTOMATYKA I ROBOTYKA</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Termowizja</li> <li>• Aparatura kontrolno-pomiarowa</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> </ul>  |
| 4 (252)<br>Kwiecień              | <b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulika w technice mobilnej</li> <li>• Sterowanie procesami</li> <li>• Efektywność energetyczna</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych</li> <li>• Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji</li> <li>• Przesył energii</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul> |
| 5 (253)<br>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 (254)<br>Czerwiec              | <b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE<br/>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 (255/256)<br>Lipiec/sierpień | <b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE<br/>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 (257)<br>Wrzesień              | <b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE<br/>AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> </ul>  |
| 10 (258)<br>Październik          | <b>HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Przemysł 4.0</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 (259)<br>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 (260)<br>Grudzień             | <b>CYFRYZACJA W PRZEMYŚLE<br/>AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Napędy elektryczne i hydrauliczne</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>   |

**Adres redakcji:**

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

**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zając

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

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

**Redaktor statystyczny:** Ludmiła Urbińska

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

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny

tel. 32 755 23 18 • e-mail: redakcja.tech@drukart.pl

**Marketing:**

Aleksandra Misiewicz • tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl  
Ester Krauze • tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl  
Agnieszka Gutowska • tel./fax 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

**Dział prenumerat:** Norbert Klencz

tel./fax 32 755 15 74 • e-mail: prenumerata@drukart.pl

**Podstawowa korekta tekstu:** Marta Chamów**Rada Programowa:**

- prof. zw. dr hab. inż. 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 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 Pietruszewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog
- prof. Jacek S. Stecki
- dr hab. inż. Michał Stosiak
- dr inż. Zbigniew Szulc
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak
- dr inż. Grzegorz Wiciak

**Redaktor tematyczny:** prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek**Wydawca:** Wydawnictwo Druk-Art SC

47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

**Patronat honorowy:**

Instytut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Łódzkiej

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

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

Redakcja deklaruje, że pierwotną wersją wydawanego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” jest wersja drukowana (papierowa).

„Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

**Szanowni Państwo!**

**C**iała otaczająca nas materia podlegająca prawom fizyki, podlega także prawom metrologii.

Ta strategiczna dziś dziedzina wiedzy ma za sobą ponad 10 tys. lat udokumentowanej historii. Na szczęście daleko za nami czasy żmudnego poszukiwania możliwie najlepszych metod dokonywania pomiarów i obiektywizacji wynalezionych jednostek.

Współcześnie dysponujemy wieloma sposobami dokonywania pomiarów oraz zasadami interpretacji uzyskanych w ich efekcie wyników. Postępy elektroniki, a zwłaszcza rozwój techniki cyfrowej, komputeryzacja oraz rozwój telekomunikacji bezprzewodowej otworzyły nowe rozległe perspektywy dla metrologii. Nie oznacza to oczywiście, że nic już w tej newralgicznej dziedzinie wiedzy nie można zrobić. Nauka bowiem, w zakresie pomiarów ciągle wiele ma do powiedzenia. Przekonują o tym autorzy artykułów znajdujących się również na łamach naszego pisma.

W aktualnym numerze doświadczeniami w pomiarach oraz diagnostyce maszyn i urządzeń podzielili się prof. Tadeusz Glinka i prof. Sławomir Szymaniec. Artykuł ma na celu podkreślenie, że współcześnie, w okresie stale rosnących wymagań wobec wydajności oraz redukcji kosztów produkcji w przemyśle i energetyce, koniecznością staje się właściwa eksploatacja i diagnostyka maszyn. Podstawowym zadaniem stawianym inżynierom jest bowiem ciągły wzrost wydajności maszyn i urządzeń. Autorzy przedstawili m.in. wyniki badań, w szczególności omawiając sposoby diagnozowania łożyska tocznego oraz prezentując specjalistyczne metody pomiarów diagnostycznych.

Aparaturowe aspekty pomiarów wyładowań niepełnych maszyn elektrycznych zaprezentowali natomiast dr inż. Piotr Paduch i prof. dr hab. inż. Sławomir Szymaniec. W swych artykułach, w części I i II, na podstawie przeprowadzanych badań przemysłowych potwierdzają oni, że czujniki typu RTD, pasywne i aktywne, skutecznie umożliwiają detekcję wyładowań i mogą być alternatywą dla sprzęgaczy pojemnościowych pod warunkiem, że w obiekcie mierzonym zostały zainstalowane czujniki temperatury Pt100 lub anteny pętlowe.

Diagnostyka drganiowa trakcyjnych maszyn elektrycznych stała się zaś przedmiotem rozważań dr inż. Marcina Barańskiego. W swej publikacji Autor przedstawia drganiową metodę diagnozowania silników trakcyjnych wzbudzanych magnesami trwałymi, które są wykorzystywane m.in. w pojazdach elektrycznych.

W numerze majowym, oprócz artykułów naukowych i publikacji technicznych o produktach, sporo miejsca poświęciliśmy instrukcji stanowiącej wyposażenie maszyny i instrukcji bhp dla stanowisk pracy, jak również obecnej sytuacji związanej z koronawirusem. Znajdą Państwo na naszych stronach teksty, które stanowią omówienie powyższych tematów z nieco innej perspektywy.

Zapraszam do ciekawej lektury

Katarzyna Zając

Redaktor naczelna





## CO W NUMERZE



### Str. 8

Struktura półprzewodnikowa Side Wall Gate – następcą technologii Trench



### Str. 12

Simplified Motion Series. Łatwe pozycjonowanie



### Str. 15

LD120 – przemysłowe wyświetlacze programowalne



### Str. 18

Rozwiązania napędowe do aplikacji o zwiększonych wymaganiach higienicznych

- 5 Nowości techniczne
- 81 Zestawienie wybranych firm działających w branży
- 89 Biblioteka

## Nauka

- 28 Zróżnicowanie systemów online monitorowania stanu technicznego agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi AC – R. Nowicki, A. Duyar
- 36 Diagnostyka maszyn i urządzeń – uwagi ogólne – T. Glinka, S. Szymaniec
- 50 Aparaturowe aspekty pomiaru wyładowań niezupełnych maszyn elektrycznych. Część 1 – P. Paduch, S. Szymaniec
- 56 Aparaturowe aspekty pomiaru wyładowań niezupełnych maszyn elektrycznych. Część 2 – P. Paduch, S. Szymaniec
- 64 Diagnostyka drganiowa trakcyjnych maszyn elektrycznych – przykład niewyważenia – M. Barański
- 68 Instrukcje stanowiące wyposażenie maszyny a instrukcje bhp dla stanowisk pracy – J. Gierasimiuk
- 72 Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych. Cz. 2. Kolejowy napęd elektryczny – A. Dębowski
- 76 Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych. Cz. 3. Samochodowy napęd elektryczny – A. Dębowski

## Technologie i produkty

- 8 **TEMAT Z OKŁADKI:** Struktura półprzewodnikowa Side Wall Gate – następcą technologii Trench – Markel Sp. z o.o.
- 12 **TEMAT Z OKŁADKI:** Simplified Motion Series. Łatwe pozycjonowanie – FESTO Sp. z o.o.
- 15 Napędzamy automatyzację... – D.J. Kowalski – 5sAUTOMATE.com
- 15 LD120 – przemysłowe wyświetlacze programowalne – SEM
- 17 Szkoła enkoderów firmy LeineLinde. Cz. 3. Mechanika (montaż enkodera) – TERM Tomasz Sobczak
- 18 Rozwiązania napędowe do aplikacji o zwiększonych wymaganiach higienicznych – NORD Napędy Sp. z o.o.
- 20 Właściwości i znaczenie przewodów HELUCONTROL® JZ-520-HMH LS0H GREY i HELUCONTROL® JZ-520-HMH-CLS0H GREY – HELUKABEL Polska Sp. z o.o.

## Informacje branżowe

- 16 Krajowe Inteligentne Specjalizacje – czym są? – M. Osińska – MS-CONSULTING
- 22 Polski przemysł wspiera walkę z koronawirusem

## Indeks reklam

|                              |           |                         |    |                      |       |
|------------------------------|-----------|-------------------------|----|----------------------|-------|
| ▷ 5sAUTOMATE.....            | 5, 15, 87 | ▷ FESTO.....            | 92 | ▷ N.B.C. Polska..... | 5     |
| ▷ Befared.....               | 29        | ▷ HELUKABEL Polska..... | 20 | ▷ NORD Napędy.....   | 19    |
| ▷ Cantoni GROUP.....         | 41        | ▷ MARCEL.....           | 1  | ▷ Robotyka.com.....  | 62    |
| ▷ ELHAND Transformatory..... | 43        | ▷ Merazet.....          | 6  | ▷ SEM.....           | 6, 15 |
|                              |           | ▷ MP Filtri.....        | 7  | ▷ STAUFF Polska..... | 39    |
|                              |           | ▷ MS-CONSULTING.....    | 16 | ▷ TERM.....          | 17    |



## NOWOŚCI TECHNICZNE

## 5sAUTOMATE | AirSkin

Blue Danube Robotics to austriacka firma skoncentrowana na współpracy robota z człowiekiem. AIRSKIN to nowoczesne rozwiązanie z zakresu bezpieczeństwa, które stanowi dodatkowe zabezpieczenie w różnego rodzaju aplikacjach, pracuje jako sensor na końcówce robota (EOAT), na robotach mobilnych, ale również na maszynach w ruchu. Rozwiązania AIRSKIN pozwalają na wyłączenie wygroźień, w niektórych przypadkach transformację robotów przemysłowych w aplikacjach bez siatek (aplikacje kolaboratywne).



Opatentowana AIRSKIN® by BLUE DANUBE ROBOTICS to czuła na dotyk skórka na robota.

AIRSKIN® to miękka, cienka skórka z elastyczną strukturą i inteligentną elektroniką zarządzającą bezpieczeństwem. Można ją zamontować bezpośrednio na robocie. Czujnik ciśnieniowy wykrywa różnice ciśnień wewnątrz AIRSKIN® i załącza system bezpieczeństwa w danej aplikacji.

Innowacyjne narzędzie jest dostępne praktycznie dla każdego typu/marki robota i obecnie jest jedynym takim rozwiązaniem.

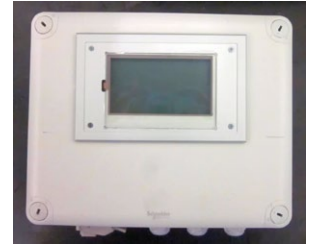
Największe zalety dla klienta rynku automatyzacji:

- nie wymagają dużej ilości miejsca, redukują nawet do 90% miejsca na produkcji (brak wygroźień);
- aplikację można przyspieszyć i zwiększyć moc, będąc cały czas w trybie kolaboratywnym;
- otrzymują certyfikowany system bezpieczeństwa.

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

## Datalogger – rejestrator danych i ogranicznik obciążenia jednocześnie

Jest to urządzenie z mikroprocesorem, wyposażone w podświetlany wyświetlacz graficzny, ekran dotykowy, zegar wewnętrzny z baterią, cyfrowe porty wejścia/wyjścia, port szeregowy RS232, 24-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy i pamięć na karcie SD.



Urządzenie jest przeznaczone do monitorowania stanu wciągarki lub dwóch wciągarek (A+B) i ochrony przed chwilowym lub skumulowanym przeciążeniem. W pamięci na karcie SD rejestruje trzy ruchy suwnicy oraz ich czas trwania, wartość i czas podnoszenia obciążenia oraz datę i godzinę, kiedy ruch ma miejsce. Stałe monitoruje brak obciążenia i przeciążenie, zarządzając dwoma konkretnymi wyjściami cyfrowymi (wyjście 2 i wyjście 3). W przypadku anomalii aktywuje sygnał błędny (wyjście 1).

Funkcje nadzoru pozwalają obliczyć okres bezpiecznej eksploatacji wciągarki zgodnie z normą F.E.M. 9.755, określić rzeczywiste spektrum obciążenia, zmierzyć godziny pracy każdego ruchu, obliczyć wykonane cykle i procent cykli pozostałych do wykorzystania. Wciągarka często przeciążana będzie miała krótszy okres bezpiecznej eksploatacji. Do rejestratora danych można dołączyć wyświetlacz wielocyfrowy poprzez port szeregowy lub łącze radiowe. Ponadto przewidziana jest transmisja szeregową z użyciem protokołu MODBUS albo z użyciem modułu PROFIBUS. Za pomocą specjalnego programu dane z karty można skopiować na komputer, a następnie rozkodować.

N.B.C. Polska Sp. z o.o.  
www.nbc-el.pl

reklama

Które wydanie  
jest dla Ciebie?

6/2020

Przemysł maszynowy, innowacje  
Przemysł 4.0

7-8/2020

Systemy automatyzacji w górnictwie  
Automatyzacja transportu szynowego

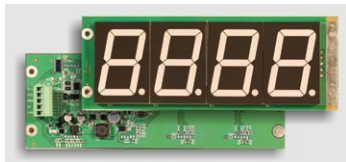
9/2020

Automatyka w energetyce  
Automatyka w przemyśle spożywczym

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Moduły wyświetlaczy do urządzeń automatyki

Firma SEM oferuje moduły wyświetlaczy LED do urządzeń pomiarowych i automatyki przemysłowej, które mogą być wbudowane w drzwi szaf sterowniczych lub obudowy maszyn i urządzeń. Moduły wyświetlają informacje cyfrowe, a także, w wersji z matrycą LED, teksty i symbole graficzne. Duże, jasne znaki LED o wysokości 6 centymetrów są czytelne z odległości do 25 metrów. Moduły mają typowe interfejsy szeregowy i obsługują protokół Modbus RTU, dzięki czemu mogą współpracować z dowolnymi sterownikami PLC i komputerami przemysłowymi. Producent zapewnia też wsparcie techniczne i adaptację protokołów komunikacyjnych dla różnych platform programistycznych i niestandardowych protokołów. Są przeznaczone do zasilania napięciem stałym 24 V. Zastosowano w nich zabezpieczenia przepięciowe interfejsu i obwodu zasilania. Na zamówienie są wykonywane w innych wielkościach, w pełni dostosowane do koncepcji zamawiającego. Znajdują zastosowanie jako liczniki sztuk, wyświetlacze prędkości i wydajności maszyn. Są także stosowane w myjniach samochodowych.



Producent: SEM  
www.sem.pl

### Kamera termowizyjna E5xt marki FLIR

Kamera termowizyjna E5xt marki FLIR to niezawodne urządzenie do sprawdzania instalacji elektrycznych. Idealnie sprawdza się również w przeprowadzaniu inspekcji budowlanych. Kamera FLIR E5xt przeznaczona jest do pracy w terenie. To precyzyjne, wytrzymałe i wygodne w użytkowaniu urządzenie. Jest łatwa w transporcie – dzięki poręcznej torbie kamerę oraz inne narzędzia niezbędne do pomiarów można łatwo i bezpiecznie przewozić.



Kamera FLIR E5xt to bardzo funkcjonalne rozwiązanie technologiczne – zaawansowany system MSX automatycznie wyostroi obraz, co pozwala na szybką interpretację i rozpoznanie usterek. Aplikacja FlirTools umożliwi łatwe przechowywanie i archiwizowanie obrazów, które zapisywane są w formacie JPG. Kamera pozwala nam stworzyć raport, a następnie przesłać go dalej, bezpośrednio z miejsca, gdzie wykonujemy badania.

Zalety kamery termowizyjnej FLIR E5xt:

- wytrzymała obudowa i ergonomiczna rączka – idealnie sprawdzają się w pracy terenowej, a także na wysokościach;
- intuicyjne oprogramowanie – dostępne w języku polskim, pozwala na szybkie i łatwe pomiary bez odbywania dodatkowych szkoleń;

- technologia MSX – przetwarzanie obrazu za pomocą tego rozwiązania pozwala na szybką interpretację wyników;
- zestaw narzędzi Flir Tools – sprawne archiwizowanie zdjęć i tworzenie raportów.

Kamerę termowizyjną FLIR E5xt, inne kamery marki FLIR oraz urządzenia pomiarowe znajdziesz w ofercie Merazet SA.

Merazet SA  
www.merazet.pl

### Analizator MGAprime Q od MRU GmbH to najnowsza wersja analizatora przeznaczonego do wymagającego i dokładnego badania spalin

To pierwszy na świecie analizator zgodny z normą EN 15267-4 z roku 2017, dotyczącą grupy analizatorów przenośnych.

Dzięki zdobyciu odpowiedniego certyfikatu oraz zachowaniu kompaktowych rozmiarów jest wyjątkowym urządzeniem, które znacząco ułatwi przeprowadzanie wszelkich badań. W pracy prowadzonej często na dużych wysokościach, w miejscach o utrudnionym dostępie, masa i wymiary sprzętu, który trzeba ze sobą zabrać, mają duże znaczenie.



Jednocześnie zachowana jest dokładność pomiarowa spełniająca wymagania do kontrolowania np. stacjonarnych systemów pomiaru ciągłego.

Pomiar tlenu dokonywany jest metodą paramagnetyczną, a pozostałe składniki: CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HC (jako C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) – metodą NDIR. Specjalny wariant modułu podczerwieni pozwolił na zmniejszenie dryftu w trakcie pomiarów. Dodatkowym wyposażeniem jest specjalny układ APE dozujący 10% kwas H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Pomaga to przy dokładnym pomiarze małych wartości NO<sub>2</sub> oraz SO<sub>2</sub>.

Analizator MGAprime Q marki MRU integruje w sobie:

- grzany wąż oraz sondę pomiarową z regulacją temperatury;
- wydajną pompę do zasysania spalin;
- kilkustopniowy poziom filtracji;
- podwójną chłodnicę z pompami odprowadzającymi kondensat;
- duży, kolorowy, dotykowy 7-calowy wyświetlacz zapewniający wygodną obsługę oraz łatwe odczytywanie danych;
- wytrzymałą aluminiową obudowę.

Merazet SA – wyłączny dystrybutor aparatury MRU w Polsce.

Merazet SA  
www.merazet.pl

# NEW LIFE FOR YOUR BUSINESS




## FILTRY HYDRAULICZNE MADE IN ITALY

MP Filtri jako międzynarodowa spółka, założona w 1964 roku, oferuje rozwiązania dla przemysłu hydraulicznego, które są w stanie sprostać wszelkim wymaganiom. Dzięki inwestycjom w badania i rozwój oraz wiedzy i doświadczeniu pracowników technicznych opracowujemy zaawansowane technologicznie filtry o dużej wydajności technicznej.



PASJA DO WYKONYWANIA

Podążaj za nami 



mpfiltri.com



# Struktura półprzewodnikowa Side Wall Gate – następca technologii Trench

Nowa struktura krzemowa tranzystorów, nazwana Side Wall Gate, charakteryzuje się doskonałymi parametrami przekraczającymi barierę wyznaczaną dotychczas przez strukturę typu Trench. Stanowi ona wypełnienie luki pomiędzy standardowymi półprzewodnikami krzemowymi a technologiami o podwyższonym paśmie zabronionym.

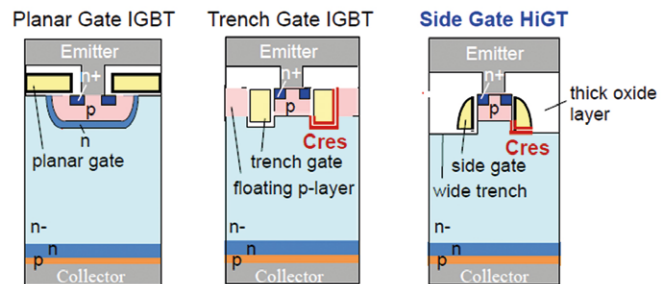
Technologia Bipolarnych Tranzystorów z Izolowaną Bramką (IGBT) stanowi podstawę większości projektowanych obecnie przekształtników. Ich bipolarna struktura umożliwia procesy łączeniowe w aplikacjach dużych mocy i pozwala efektywnie przetwarzać energię w przemyśle, trakcji, dystrybucji i przesyłach czy przemyśle motoryzacyjnym. Z drugiej strony pojawiają się rynkowe elementy półprzewodnikowe o podwyższonym paśmie zabronionym. To duża nowość w aplikacjach najwyższych mocy. Główną ich zaletą są niskie straty mocy. Hitachi jest firmą promującą ten rodzaj najnowszej technologii poprzez publikacje akademickie oraz wprowadzanie produktów w technologii SiC w obudowach nHPD2. Jednak nie oznacza to, że technologie oparte na krzemie nie znajdą w przyszłości swojego zastosowania na rynku.

## Wstęp

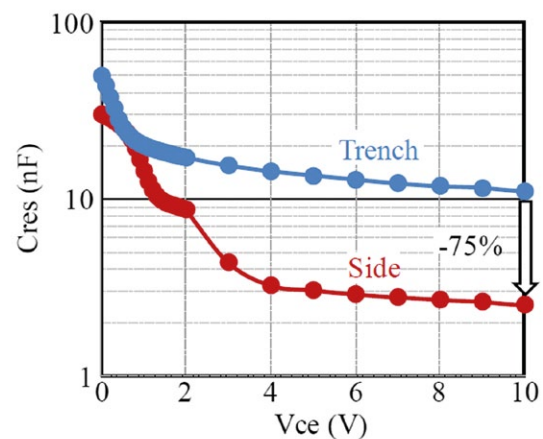
Dominujący na rynku półprzewodników mocy element IGBT od momentu jego wprowadzenia zapewnił dużą poprawę wydajności urządzeń. W latach 80. XX w. tranzystory IGBT typu Planar Gate były technologią opartą na pojedynczym krzemowym rdzeniu. Ich następcą w latach 90. stały się elementy Trench Gate. Od czasu tej skokowej zmiany technologia Trench Gate szybko zbliżyła się do szczytu swojej wydajności. Technologia węgla krzemu (SiC) jest postrzegana dzisiaj jako element zaspokojenia potrzeby ciągłego doskonalenia, chociaż nie jest pozbawiona wad. Jednym z największych problemów SiC jest stosunek kosztów do niezawodności i wydajności. Staramy się wypełnić lukę między technologią Trench Gate a elementami SiC MOS, mając świadomość dwóch głównych parametrów rynkowych – kosztów i niezawodności. HITACHI stawia się na pozycji lidera, który jako pierwszy uruchomi produkty oparte o rewolucyjną technologię krzemową: Side Wall Gate (SWG).

## Budowa

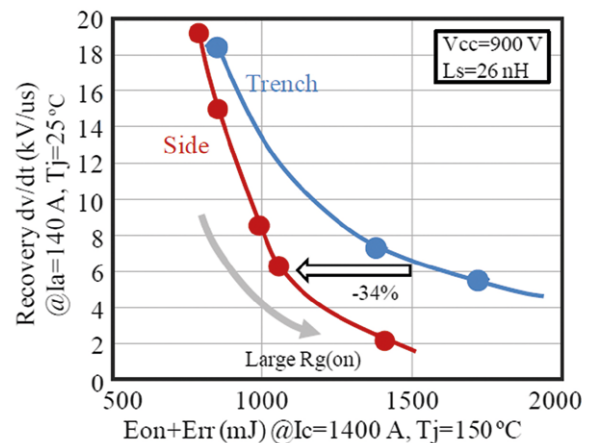
Tranzystory Side Wall Gate posiadają nowy typ struktury IGBT, w której gruba warstwa tlenku pokrywa większość powierzchni bramki, pozostawiając tym samym mniejsze



Rys. 1. Przekroje struktur tranzystorów IGBT wykonane w różnych technologiach



Rys. 2. Porównanie Side Wall Gate z Trench: zależność Cres - Vce



Rys. 3. Charakterystyka dv/dt diody w funkcji strat łączeniowych (Eon+Err)

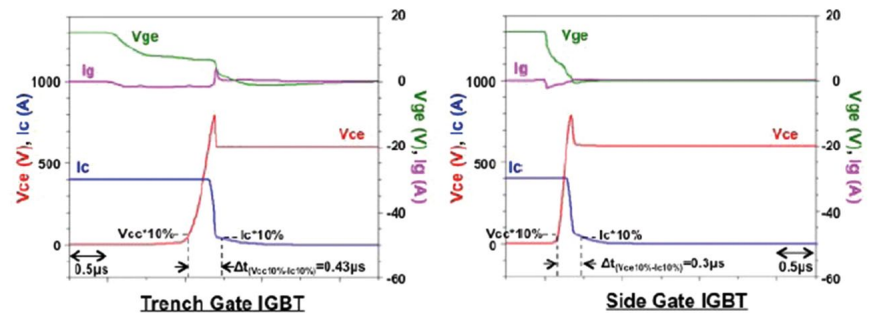
odsłonięte domieszkowane obszary typu  $p$  oraz  $n$  (rys. 1). Taka budowa pozytywnie wpływa na efekt Millera poprzez zmniejszenie pojemności  $C_{res}$  i daje możliwość poprawy charakterystyki zdolności zaporowych diody ( $dv/dt$ ) w funkcji strat łączeniowych diody ( $E_{on}+E_{err}$ ) w porównaniu do powszechnie stosowanych modułów IGBT (rys. 3).

Jednocześnie redukcja pojemności wpływa na zmniejszenie strat wyłączenia tranzystora IGBT.

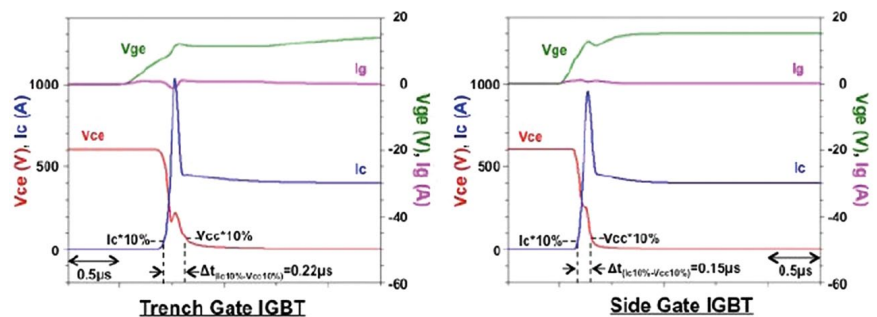
### Motywacje

Podczas gdy producenci urządzeń półprzewodnikowych dążą do rozwiązań o podwyższonych częstotliwościach łączeniowych w celu obniżenia kosztów systemowych, a w szczególności dużych i ciężkich elementów indukcyjnych, rzadko rozwiązania te są w stanie wydobyć parametry półprzewodników zaoferowane w kartach katalogowych. Dla przykładu w sterowaniu silnika ograniczenia są nakładane przez specyfikację izolacji uzwojeń, co prawdopodobnie zmusi projektanta falownika do zmniejszenia swoich ambicji dotyczących szybszego przełączania, gdy poziom  $dV/dt$  osiąga lub przewyższa bezpieczne warunki pracy silnika. Jeśli zostanie on zmuszony do ograniczenia częstotliwości przełączania z powodu ograniczeń  $dV/dt$ , korzyści związane z wydajnością modułu szerokopasmowego, na przykład MOS SiC, mogą zostać utracone, a koszt stanie się nagle krytyczną barierą. W takich przypadkach rozwiązanie pośrednie staje się coraz bardziej interesujące i stanowi kluczową motywację do wprowadzenia przez HITACHI struktury Side Wall Gate.

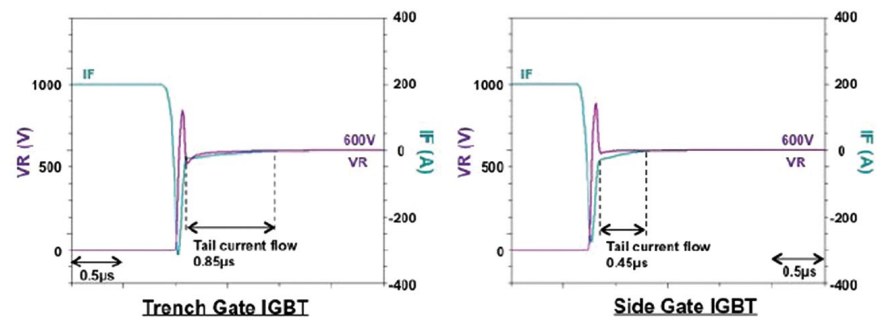
Rozważmy przyrządy o klasie napięciowej 600–1200 V, zaadaptowane w konstrukcji falownika. Przyjmuje się w tym przypadku, że częstotliwość przełączania ( $f_{sw}$ ) jest stosunkowo wysoka. Szczególnie jeśli porównujemy ją z aplikacjami, gdzie stosuje się półprzewodniki o klasie napięciowej 6500 V. W przypadku niskich napięć zmniejszenie strat łączeniowych będzie kluczowe ze względu na dominację zdarzeń przełączania w porównaniu z przewodnictwem statycznym. Ważne jest również, aby



Rys. 4. Wyniki symulacji przebiegów wyłączenia



Rys. 5. Wyniki symulacji przebiegów załączenia



Rys. 6. Wyniki symulacji przebiegów wyłączenia diody

tłumić napięcie udarowe podczas przełączania, zapewniając solidną konstrukcję systemu o wysokiej niezawodności.

Teraz rozważmy sektor motoryzacyjny, jeden z sektorów rynkowych, które szybko adaptują technologię tranzystorów IGBT do napędu pojazdów. Sytuację tę wymusza konieczność zmniejszenia emisji  $CO_2$  zgodnie ze standardami EU6c. Na producentów nakłada się kilka obowiązkowych ograniczeń dotyczących kosztów, rozmiarów oraz niezawodności układów. Mimo tego producenci muszą

zachować doskonałe wrażenia z jazdy. Elementy WBG byłyby logiczną bazą wyjściową dla falownika, ale koszty systemu mogą znacząco wzrosnąć, jeżeli częstotliwość przełączania jest ograniczona do 12 kHz przez silnik elektryczny. Wyzwaniem jest, aby uzyskać lepszą charakterystykę przełączania bez naruszenia ograniczeń izolacji silnika. Biorąc to pod uwagę, struktura tranzystora IGBT Side Wall Gate jest doskonałą alternatywą zapewniającą kompromis pomiędzy kosztami i wydajnością systemu.

W wysoce konkurencyjnym środowisku cenowym urządzenia wysokonapięciowe SiC mogą czasami stać się ofiarą własnego sukcesu, obawiając się komercyjnych wymagań systemowych, pomimo ich nieodłącznych zalet technicznych. Z drugiej strony, oparty na krzemowej strukturze i istniejących liniach produkcyjnych Side Wall Gate jest porównywalny pod względem kosztów produkcji oraz czasów dostawy do technologii tradycyjnych Planar i Trench.

## Side Wall Gate: Automotive 1200V IGBT

Rysunek 4 porównuje orientacyjne przebiegi wyłączenia tranzystora IGBT typu Trench Gate i Side Wall Gate (SWG). SWG pozwala na 30% szybsze wyłączenie dzięki mniejszej pojemności Millera. Pomimo szybszego wyłączenia tranzystora IGBT wartość  $di/dt$ , przy której napięcie szczytowe zostało osiągnięte, ma taki sam poziom jak przy konwencjonalnej strukturze urządzenia, co jest istotną zaletą SWG. Straty wyłączenia ( $E_{off}$ ) są około 40% niższe w porównaniu do konwencjonalnego Trench IGBT przy tym samym  $V_{CE(sat)}$ , co ilustruje rysunek 4.

Porównanie przebiegów załączania pokazano z kolei na rysunku 5. SWG wykazuje szybsze załączanie, podobnie jak było to w przypadku wyłączenia. Prąd szczytowy SWG jest mniejszy niż dla konwencjonalnego tranzystora IGBT. Obniżenie strat zarówno w tranzystorze SWG, jak i w diodzie modułu pozwala osiągnąć zadowalającą redukcję strat Eon całkowitych na poziomie 12%.

Przebiegi odzyskiwania zdolności zaporowych diody modułu Trench oraz SWG zostały pokazane na rysunku 6. Zarówno prąd szczytowy, jak i prąd końcowy są mniejsze przy zastosowaniu technologii SWG. Pomimo identycznego  $V_f$  w obu przypadkach możemy zaobserwować redukcję strat podczas odzyskiwania zdolności zaporowych diody w module SWG nawet do 9% (Err).

## Badania na poziomie modułu

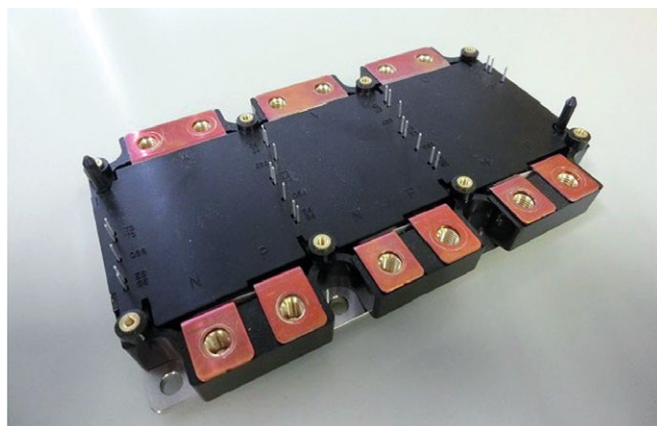
W celu potwierdzenia charakterystyk na poziomie urządzenia w odniesieniu do danych symulacyjnych tranzystory IGBT SWG zostały umieszczone w obudowie HITACHI  $98,5 \times 168$  mm (rysunek 7). Wyniki pomiarów są zgodne z modelem symulacyjnym dla przebiegów wyłączenia, załączania i odzyskiwania zdolności zaporowych diody (rysunki 8).

$E_{off}$  nowego Side Wall Gate IGBT potwierdza mniejsze straty mocy niż w przypadku konwencjonalnego tranzystora IGBT. Podobnie  $E_{on} + E_{err}$  przy zastosowaniu odpowiedniego rezystora bramkowego są zgodne z danymi uzyskanymi podczas symulacji.

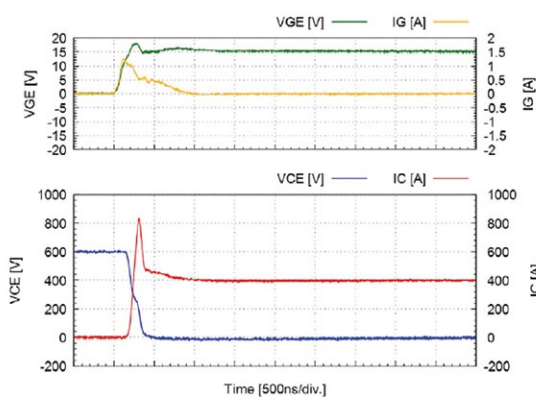
Ze względu na mniejszą pojemność Millera, wynikającą z konstrukcji SWG, napięcie bramka – emiter staje się bardziej stabilne przy niższym szczycie  $V_{ge}$ . Ta wyróżniająca się cecha, w porównaniu do konwencjonalnej struktury Trench Gate, generuje mniejszy o 30% szczytowy prąd zwarcia.

## Następne kroki

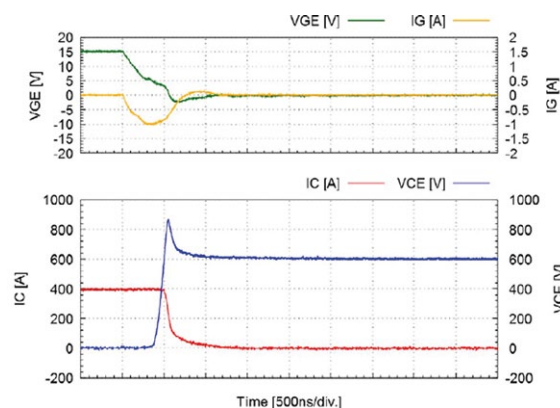
Po pierwszym zaprezentowaniu produktu Side Wall Gate w postaci modułu MBB400TX12A w czwartym kwartale 2017 roku (3-fazowy moduł *pin-fin* o nominalnych wartościach



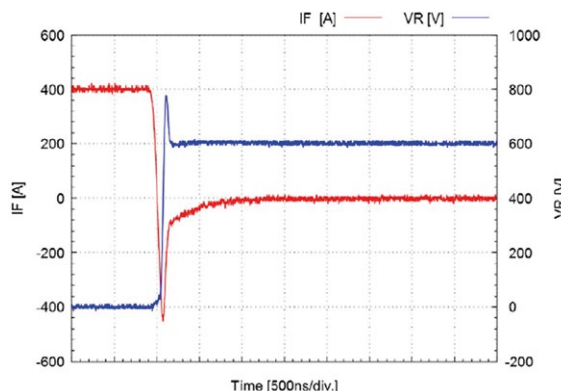
Rys. 7. Moduł testowy 400 A/1200 V 6-w-1



Rys. 8 a. Pomiar załączania

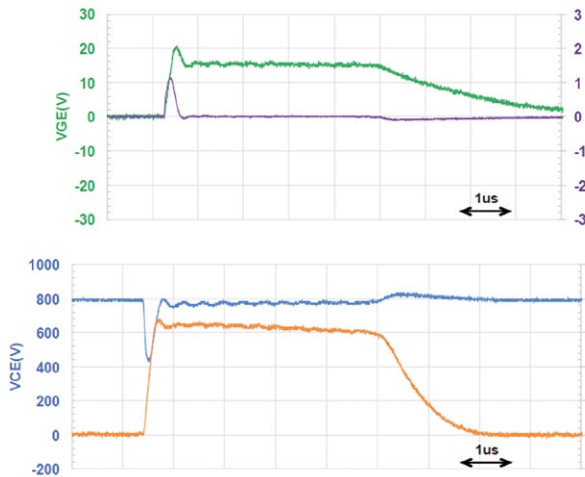


Rys. 8 b. Pomiar wyłączenia



Rys. 8 c. Przebiegi odzyskiwania zdolności zaporowych diody





Rys. 9. Przebiegi dla zwarcia I typu (VGE = 15 V)

400 A / 1200 V) linia zostanie rozszerzona w celu osiągnięcia poziomu napięcia elementów do 6500 V. Pokrycie klas napięciowych od 600 V do 6500 V przyniesie Side Wall Gate zasłużoną pozycję rynkową pierwszej od 20 lat rewolucyjnej technologii IGBT opartej na krzemie. Rodziny obudów typu *pin-fin* dedykowane dla układów chłodzenia wodnego, zarówno w tradycyjnym HV-IHM, jak i w nowym standardzie nHPD2, będą wspierane technologią SWG. MBN1000FH65G2 będzie flagowym produktem w technologii Side Wall Gate. Jest to moduł o parametrach znamionowych 1000 A i 6500 V (obecnie dostępny w wersji do testów).

Informacje dla pierwszej specyfikacji z serii „A” Side Wall Gate dla rodziny napięć 600–1200 V oraz serii „G2” (napięcia większe i równe 1700 V) zostały przedstawione w środowisku akademickim za pośrednictwem publikacji Y. Takeuchiego „A Novel Hybrid Power Module with Dual Side Gate HiGT and SiC-SBD” ISPSD 2017. Artykuł przedstawia długoterminową wizję oferowaną przez technologię Side Wall Gate.

### Podsumowanie

HITACHI zakończyło pierwszą fazę swojej strategii, która ma na celu zlikwidowanie dużej różnicy wydajności pomiędzy elementami krzemowymi a elementami z węgla krzemu przy jednoczesnej próbie obniżania kosztów aplikacji pośrednich. Dzięki niskiemu poziomowi Cres struktury Side Wall Gate możliwe jest przełączanie wyższych częstotliwości z 20% niższymi stratami, unikając jednocześnie zagrożenia zniszczenia uzwojeń silnika. Bazując na tradycyjnym surowcu, którym jest krzem, możemy łatwo określić niezawodność oraz opłacalność systemów, szczególnie w przypadku aplikacji o dużej skali, np. samochodowych układów napędowych. W porównaniu do układów opartych na elementach o podwyższonym paśmie zabronionym wydajność SWG będzie mniejsza, ale koszty systemu będą niższe. ■

Dane kontaktowe:

Radosław Sobieski  
Markel Sp. z o.o., ul. Okulickiego 7/9  
05-500 Piaseczno, Polska  
tel.: 22 428 10 29 lub e-mail: markel@markel.pl

Chris White  
Hitachi Europe Limited, Whitebrook Park  
Maidenhead, SL6 8YA, United Kingdom  
tel.: +44 (0)1628 585148 lub e-mail: nHPD2@hitachi-eu.com



Markel Sp. z o.o.  
ul. Okulickiego 7/9  
05-500 Piaseczno  
tel. 22 428 10 29  
e-mail markel@markel.pl

reklama



Preferujesz internet?

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

## Simplified Motion Series

# Łatwe pozycjonowanie

Simplified Motion Series łączy prostotę pneumatyki z zaletami automatyzacji elektrycznej. Zintegrowane napędy tego typu są doskonałą alternatywą dla tych wszystkich użytkowników, którzy szukają rozwiązań elektrycznych do bardzo prostych zadań ruchu i pozycjonowania, ale bez skomplikowanego uruchamiania wymaganego w przypadku tradycyjnych napędów elektrycznych. Nie ma potrzeby stosowania żadnego oprogramowania, ponieważ obsługa opiera się na zasadzie *plug and work*. Cyfrowe wejścia/wyjścia oraz IO-Link® są zawsze zintegrowane – produkt posiada oba typy sterowania w standardzie.

### Integracja

Simplified Motion Series nie wymaga żadnych dodatkowych komponentów, ponieważ wszystkie niezbędne komponenty elektroniczne i moduły są połączone w zintegrowanym napędzie.



Kompletne rozwiązanie jest zoptymalizowane dla prostych ruchów między dwoma mechanicznymi położeniami końcowymi bez konieczności rezygnacji ze zoptymalizowanych charakterystyk działania, łagodnie amortyzowanego wysuwania i cofania do położen końcowych czy uproszczonych funkcji wciskania i ściskania.

### Najważniejsze cechy

- Uproszczona funkcjonalność dla prostych aplikacji.
- Szeroka oferta dostępnych napędów.
- Zintegrowane sterowniki silników eliminują potrzebę zastosowania szafki sterowniczej.
- Szybkie i proste uruchamianie bez oprogramowania i potrzeby posiadania specjalistycznej wiedzy.
- Cyfrowe We/Wy lub IO-Link® zintegrowane jako standard.

### Prostota

Ta elektryczna alternatywa dla bardzo prostych zadań ruchu i pozycjonowania nie wymaga typowego procesu uruchamiania, stosowanego w przypadku tradycyjnych systemów napędów elektrycznych, który jest dość często skomplikowany.

Simplified Motion Series uruchamia się w sposób szybki i prosty bez oprogramowania, komputera lub dodatkowego osprzętu, ponieważ wszystkie parametry można ustawić ręcznie bezpośrednio na napędzie.

### Przegląd produktów – Simplified Motion Series

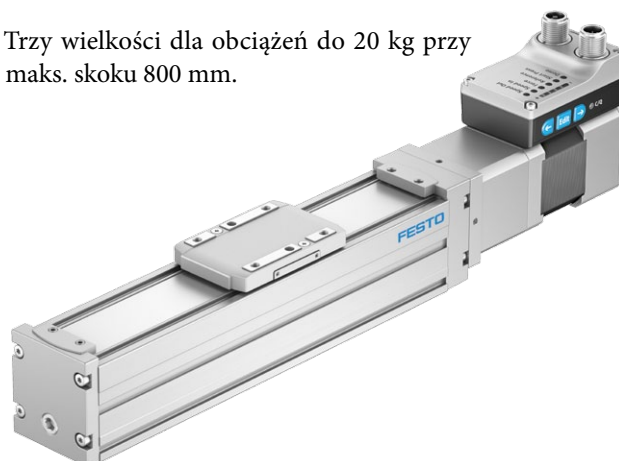
Simplified Motion Series składa się z liniowych i obrotowych napędów elektromechanicznych wraz z prostym i zoptymalizowanym pod kątem aplikacji połączeniem silnika i napędów serwo, które tworzą tak zwany zintegrowany napęd. Takie rozwiązanie nie wymaga dodatkowych komponentów do instalacji w szafce sterowniczej, ponieważ Simplified Motion Series jest montowany bezpośrednio w maszynie.

Elektryczna alternatywa dla bardzo prostych zadań ruchu i pozycjonowania nie wymaga typowego procesu uruchamiania, stosowanego w przypadku tradycyjnych systemów napędów elektrycznych, który może być dość skomplikowany. Oferuje również zoptymalizowane charakterystyki ruchu, takie jak łagodnie amortyzowane wysuwanie i cofanie do położen końcowych czy uproszczone funkcje wciskania i ściskania. Dodatkowo jako standard jest zintegrowana sygnalizacja o położeniu końcowym, dzięki czemu nie są wymagane żadne zewnętrzne czujniki.

### Napęd ze śrubą ELGS-BS

Bardzo kompaktowy, ekonomiczny napęd ze śrubą i z precyzyjnym oraz wytrzymałym prowadzeniem na łożyskach kulkowych.

- Trzy wielkości dla obciążeń do 20 kg przy maks. skoku 800 mm.



### Napęd z paskiem zębatym ELGS-TB

Niezwykle ekonomiczny i trwały napęd z paskiem zębatym i z wytrzymałym prowadzeniem na łożyskach kulkowych.

- Dwie wielkości dla prędkości do 1,3 m/s przy maks. skoku 2000 mm.



Wspólne cechy:

- Zamocowana na stałe osłona ze stali szlachetnej zabezpieczająca prowadnicę i pasek zębaty/śrubę.
- Unikalny system montażowy typu *one-size-down* do mocowania ze sobą oraz z jednostką mini EGSS.
- Opcjonalnie: przyłącze podciśnienia dla zmniejszenia emisji cząstek stałych z napędu do systemu.
- Możliwość obrotu silnika  $4 \times 90^\circ$  i zmiany jego położenia w dowolnym momencie.

### Jednostka mini EGSS

Mocna i wytrzymała jednostka mini wyposażona w płynnie pracującą śrubę jest bardzo ekonomicznym i kompletnym rozwiązaniem do pionowych ruchów w osi Z lub ruchów liniowych z prowadzeniem w każdej pozycji montażu.



- Trzy wielkości z maks. skokiem 200 mm.
- Elektryczny napęd obrotowy ERMS może być montowany bezpośrednio bez potrzeby użycia adapterów.
- Opcjonalnie: możliwość podłączenia sprężonego powietrza zapobiega przedostawaniu się zanieczyszczeń i wilgoci z i do otoczenia.
- Unikalny system montażowy typu *one-size-down* w połączeniu z napędem z paskiem zębatym i napędem ze śrubą ELGS-BS/-TB.
- Możliwość obrotu silnika  $4 \times 90^\circ$  i zmiany jego położenia w dowolnym momencie.

### Siłownik elektryczny EPCS

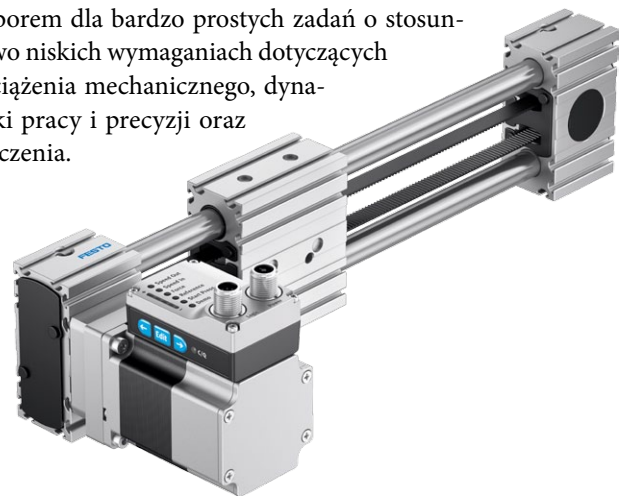
Siłownik EPCS może być wykorzystywany do pojedynczych ruchów liniowych w każdej pozycji montażu, a płynnie pracujący napęd ze śrubą toczną zapewnia precyzyjne i szybkie pozycjonowanie. Siłownik elektryczny jest bardzo ekonomicznym i kompletnym rozwiązaniem, które jest doskonałe do wielu aplikacji, np. pozycjonowanie lub ściskanie, dystrybucja, sortowanie lub wyrzucanie oraz jako oś Z w systemach manipulacyjnych.



- Trzy wielkości z maks. skokiem 500 mm.
- Prosta i ekonomiczna sygnalizacja położenia wykorzystująca czujnik zbliżeniowy.
- Opcja: możliwość podłączenia sprężonego powietrza zapobiega przedostawaniu się zanieczyszczeń i wilgoci z i do otoczenia.
- Unikalny system montażowy typu *one-size-down* w połączeniu z napędem z paskiem zębatym i napędem ze śrubą ELGS-BS/-TB.
- Możliwość obrotu silnika  $4 \times 90^\circ$  i zmiany jego położenia w dowolnym momencie.

### Napędy ELGE z paskiem zębatym

Napędy z paskiem zębatym zapewniają bardzo dobrą charakterystykę ruchową dzięki prowadzeniu na łożyskach kulkowych. To kompletne rozwiązanie o zoptymalizowanej konstrukcji w atrakcyjnej cenie jest doskonałym i ekonomicznym wyborem dla bardzo prostych zadań o stosunkowo niskich wymaganiach dotyczących obciążenia mechanicznego, dynamiki pracy i precyzji oraz otoczenia.



- Żywotność mechaniczna przy pełnym obciążeniu minimum 5000 km.
- Opcjonalna sygnalizacja położenia końcowych z czujnikami zbliżeniowymi.



- Możliwość montażu silnika po obu stronach, nad lub pod, a także obrotu silnika  $4 \times 90^\circ$  i zmiany jego położenia w dowolnym momencie.

### Napęd obrotowy ERMS

Napęd obrotowy ERMS jest atrakcyjnym cenowo rozwiązaniem dla prostych zadań obracania, ale może być również wykorzystywany w zastosowaniach z większym obciążeniem. Napęd może przenosić duże siły oraz momenty dzięki obrotowej płycie ze sztywnymi, precyzyjnymi i bezluzowymi łożyskami kulkowymi.



- Dwie wielkości 25 i 32 z kątem obrotu  $90^\circ$  i  $180^\circ$ .
- Uszczelniony otwór przelotowy umożliwiający doprowadzenie zasilania lub przewodów.
- Napęd można bezpośrednio łączyć z elektrycznymi jednostkami mini EGSL, EGSC oraz EGSS.

W celu uruchomienia wystarczy ustawić wszystkie istotne parametry bezpośrednio na napędzie:

- prędkość ruchu „wysuwania” i „cofania”;
- zadana siła w położeniu „wysuwania”;
- ustawianie referencyjnego położenia końcowego;
- ustawianie położenia „Rozpocznij ruch z kontrolą siły”;
- sterowanie ręczne.



Dodatkowe, rozszerzone funkcje są dostępne za pośrednictwem IO-Link®: zdalne ustawianie parametrów ruchu, funkcja kopiowania i tworzenia backupu, funkcje odczytu istotnych parametrów procesu.

Przyłącza elektryczne za pomocą wtyczki M12:

- zasilanie (4-pin): zasilanie silnika;
- logika (8-pin): sygnał sterujący, sygnał czujnika i zasilanie zintegrowanej elektroniki.

### Podłączenie i uruchomienie zintegrowanego napędu

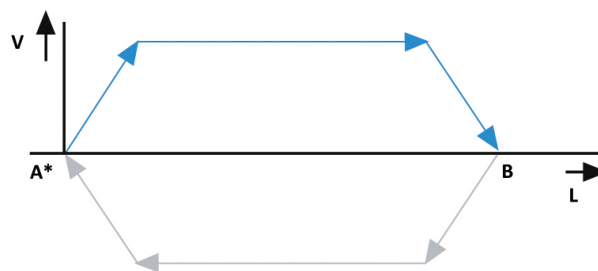
Simplified Motion Series sterowany jest poprzez cyfrowe We/Wy lub IO-Link. Oba typy sterowania są zintegrowane jako standard.

Sterowanie za pomocą cyfrowych We/Wy jest bardzo proste i podobne do sterowania zaworem pneumatycznym, natomiast alternatywne połączenie za pomocą IO-Link zapewnia bardzo elastyczne sterowanie, jak również funkcje dodatkowe.

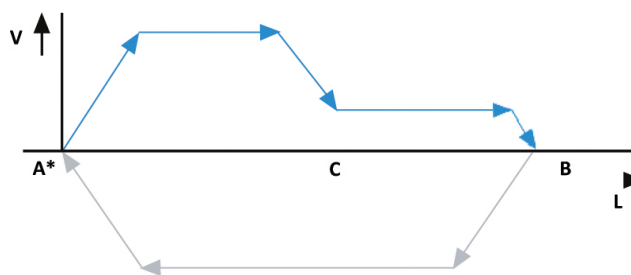
Sygnalizacja położenia końcowego jest zintegrowana w standardzie, a jej funkcjonalność odpowiada konwencjonalnemu czujnikowi zbliżeniowemu. Uruchamianie jest szybkie i proste, bez konieczności stosowania jakiegokolwiek oprogramowania, komputerów czy innych akcesoriów, ponieważ wszystkie parametry można regulować ręcznie bezpośrednio na napędzie.

### Funkcje Simplified Motion Series

Podstawowy profil dla ruchu między dwoma położeniami końcowymi – ze sterowaniem prędkością



Rozszerzony profil ruchu dla uproszczonych funkcji wciskania i ściskania – sterowanie prędkością i siłą



→ „Wysuw”

→ „Powrót”

A\* Referencyjne położenie końcowe

B Pozycja docelowa

C Pozycja rozpoczęcia procesu wciskania z zadaną siłą

# FESTO

FESTO Sp. z o.o.

ul. Mszczonowska 7

05-090 Raszyn

tel. 22 711 41 00

fax 22 711 41 02

e-mail: festo\_poland@festo.com

www.festo.pl

# Napędzamy automatyzację...


5sAUTOMATE jest preferowanym dystrybutorem Universal Robots – duńskiego producenta robotów współpracujących – oraz wielu światowej klasy partnerów. Dzięki ich rozwiązaniom oferujemy systemy *out-of-the-box / plug-and-play*.

Większość oferowanych przez nas rozwiązań to oparte o przyjazny interfejs użytkownika najnowocześniejsze technologicznie urządzenia. Certyfikowane przez Universal Robots końcówki UR+ to gwarancja niezawodnej współpracy i weryfikacji pod kątem bezpieczeństwa.

Automatyzujemy takie procesy, jak:


- paletyzowanie i depaletyzacja;
- *pick and place*;
- montaż;
- obsługa maszyny;
- klejenie;
- wkręcanie i odkręcanie;
- nabijanie;
- malowanie (z wyjątkiem środowiska EX);
- polerowanie/szlifowanie;
- spawanie;
- śledzenie rolek/taśmy;
- deburring;

- procesy laboratoryjne/pomiarowe;
  - kontrola jakości.
- Zapraszamy do kontaktu. ■

 Daniel J. Kowalski, Prezes Zarządu 5sAUTOMATE Sp. z o.o.

5sAUTOMATE.com

reklama



UNIVERSAL ROBOTS Preferred Distributor

info@5sAUTOMATE.com

we drive automation...

robotize FM SYSTEME EWELLIX Cobot Lift

dhs 3D INFOTECH bagger-meehan

UNIVERSAL ROBOTS SETUP ROBOTICS YOURING AIRSKIN Pickit ROBOTIQ CTE

## LD120 – przemysłowe wyświetlacze programowalne

Wyświetlacze alfanumeryczne serii LD120 znajdują zastosowanie w automacie przemysłowej.



Umożliwiają wyświetlanie danych liczbowych i komunikatów tekstowych. Mogą być swobodnie programowane przez użytkownika, tak aby jednocześnie wyświetlać kilka różnych informacji i dynamicznie zmieniać podział ekranu. Każdy zestaw danych może mieć swój „ekran”. Dane można wyświetlać w jednym lub dwóch rzędach. W jednym rzędzie mieszczą się duże cyfry lub znaki alfanumeryczne o wysokości 120 mm, które są dobrze czytelne z odległości 50 metrów. W dwóch rzędach mieszczą się znaki o wysokości 50 mm. Podział matrycy diodowej można zaprogramować na stałe lub zmieniać go dynamicznie, wysyłając wraz z danymi informacje o rozmieszczeniu tekstów. Polega to na określeniu sektorów matrycy LED i przypisaniu im oddzielnych rejestrów protokołu Modbus. Ekran LD120 składa się z jednego lub kilku modułów matryc diodowych o rozdzielczości 64×16 pikseli. Seria LD120 to trzy modele z matrycami o różnej długości: 64×16, 128×16 i 192×16 pikseli. Najdłuższa z wersji może pomieścić dwie linie po 32 znaki tekstu lub 18 znaków o podwójnej wysokości.

Wyświetlacze komunikują się z otoczeniem przez interfejsy szeregowy, z użyciem protokołu Modbus RTU lub przez port Ethernet z protokołem Modbus TCP. LD120 są produkowane w standardzie przemysłowym, w trwałych obudowach o stopniu ochrony IP54. ■

Producent: SEM

www.sem.pl

reklama



2017-03-06 12:14:26

OEE: 65.1% PLN: 69

CEL: 6580 WYN: 55

ZATRZYMANE EFF: 0.0%

**Monitoring produkcji**

**Wyświetlacze**

**Mierniki**

**Liczniki**

www.sem.pl

**SEM**

# Krajowe Inteligentne Specjalizacje – czym są?

Marta Osińska

Krajowe Inteligentne Specjalizacje (KIS) to obszary, których rozwój ma zapewnić kreację innowacyjnych rozwiązań społeczno-gospodarczych, wzrost wartości dodanej gospodarki oraz zwiększenie jej konkurencyjności. To właśnie obszary wskazane w Inteligentnych Specjalizacjach traktowane są jako posiadające największy potencjał i zasoby, pozwalające w największym stopniu urzeczywistnić założenia Strategii UE.

**W**nioskodawcy ubiegający się o wsparcie w ramach każdego z projektów unijnych w obrębie Programów Krajowych powinni mieć na uwadze, by ich projekty realizowane były w obszarach zgodnych z Inteligentnymi Specjalizacjami. Proces identyfikacji Specjalizacji, który – jak warto zaznaczyć – nie jest zakończony (podlegają one ciągłej weryfikacji i aktualizacji na bazie monitorowania zmian społeczno-gospodarczych), pozwala na skupienie inwestycji w obrębie B+R oraz innowacji w obszarach o największym potencjale innowacyjnym i konkurencyjnym. W ten sposób inwestycje mogą w większym stopniu sprostać wyzwaniom, przed którymi obecnie staje nasz kraj, i przynieść korzyści społeczno-gospodarcze. Inteligentne Specjalizacje w pewnym sensie są więc drogowskazem dla planowanych inwestycji – definiują obszary, w których wdrożenia innowacyjnych rozwiązań technologicznych mają większą szansę na rynkowy sukces.

Obecnie wyodrębnionych jest 14 Inteligentnych Specjalizacji:

- KIS 1 Zdrowe społeczeństwo;
- KIS 2 Innowacyjne technologie, procesy i produkty sektora rolno-spożywczego i leśno-drzewnego;
- KIS 3 Biotechnologiczne i chemiczne procesy, bioprodukty i produkty chemii specjalistycznej oraz inżynierii środowiska;
- KIS 4 Wysokosprawne, niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii;
- KIS 5 Inteligentne i energooszczędne budownictwo;
- KIS 6 Rozwiązania transportowe przyjazne środowisku;
- KIS 7 Gospodarka o obiegu zamkniętym;
- KIS 8 Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocessy i nanoprodukty;
- KIS 9 Elektronika i fotonika;
- KIS 10 Inteligentne sieci i technologie informacyjno-komunikacyjne oraz geoinformacyjne;
- KIS 11 Elektronika drukowana, organiczna i elastyczna;

- KIS 12 Automatyizacja i robotyka procesów technologicznych;
- KIS 13 Inteligentne technologie kreatywne;
- KIS 14 Technologie morskie.

Warto wspomnieć o tym, że przedsiębiorcy również mogą wziąć sprawy we własne ręce i uczestniczyć w procesie identyfikowania nowych i rozwoju już istniejących Inteligentnych Specjalizacji. Tzw. proces przedsiębiorczego odkrywania umożliwia zaangażowanie się firm oraz naukowców w definiowanie obszarów priorytetowych dla polskiej gospodarki. Pozwoli to na uwzględnienie bieżących potrzeb i barier. Prowadzony przez Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii proces przedsiębiorczego odkrywania obejmuje różne działania, do których zalicza się m.in. analizy typu *foresight*, analizy danych statystycznych i danych jakościowych, analizy krzyżowe, konsultacje społeczne, spotkania warsztatowe, spotkania bilateralne z kluczowymi interesariuszami, konferencje, posiedzenia Grup Roboczych ds. KIS i Grupy Konsultacyjnej ds. KIS, *smart labs* oraz partnerstw tematycznych. Dzięki zastosowaniu takich działań proces identyfikowania Inteligentnych Specjalizacji jest procesem angażującym podmioty społeczne, gospodarcze i naukowe. W ten sposób możliwe jest odkrywanie tych dziedzin, które przez swoje zasoby i potencjał rozwojowy stają się szansą na rozwój, oraz tych dziedzin, które są odpowiedzią na bieżące wyzwania społeczne i środowiskowe. ■

 Marta Osińska



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



# Szkoła enkoderów firmy LeineLinde.

## Cz. 3. Mechanika (montaż enkodera)

W bieżącym numerze prezentujemy Państwu kolejny artykuł z cyklu „Szkoła Enkoderów” – tym razem będą to informacje na temat poprawnego montażu enkodera.

Aby enkodery o wysokiej rozdzielczości w ogóle mogły być używane, muszą zostać prawidłowo zamontowane. Ogólna zasada mówi, że połączenie zawsze powinno być elastyczne. Łożyska enkodera są w stosunku do siebie napięte i dlatego nie wykazują luzu. Jeżeli wałek enkodera zamontuje się sztywno w stosunku do wałka silnika, to łożyska enkodera muszą przyjmować dużą część obciążenia, czego zbyt długo nie wytrzymają. Jeszcze gorsza jest sytuacja przy sztywnym połączeniu i niewłaściwie dobranych wałkach. Może to prowadzić do bardzo dużych naprężeń na wałku enkodera, w wyniku czego może on szybko ulec zniszczeniu (w przypadku ekstremalnym np. przez złamanie wałka).

Enkodery z wałkiem muszą być szczególnie dokładnie ustawione w płaszczyźnie promieniowej, a połączenie elastyczne musi być na tyle staranne, aby wartości pomiarowe przy ewentualnym błędzie „wyosiowania” nie

zostały zafalszowane. Poza tym przy szybkich dynamicznych przebiegach należy uwzględnić sztywność skręcania i ewentualne rezonanse. W przypadku enkoderów z tuleją ważne jest dobre wycentrowanie wałka montażowego, a ramię momentowe (ewentualnie połączenie statora) nie może wykazywać luzu.

W typowym przykładzie enkodera z wałkiem model 800 z 2048 impulsami i ramieniem momentowym zamocowanym przy kącie 46 mm maksymalny błąd enkodera  $\pm 50$  el° odpowiada niewłaściwemu centrowaniu 0,020 mm (wahnięcie 0,04 mm) lub odpowiednio – luzowi ramienia momentowego  $\pm 0,02$  mm. Większe błędy montażowe będą więc powodowały odchylenia kątowe wykraczające powyżej maksymalnych błędów podanych w specyfikacji enkodera.

W enkoderach tulejowych dochodzi do tego wibracja, na którą urządzenie jest przez cały czas narażone, jeżeli jest zamontowane na wałku z biciem. Tak więc enkoder zamontowany z biciem 0,1 mm jest przy 3600 obr./min i częstotliwości 60 Hz narażony ciągle na przyspieszenie 7 m/s<sup>2</sup>. Enkodery zwykle dobrze to wytrzymują, ale może się

również zdarzyć, że poprzez tarcie zostanie uszkodzona izolacja jednego z kabli przyłączeniowych w impulsatorze.

Warto również wspomnieć o żywotności enkodera, która zależy od poprawnego zamontowania enkodera na wałku silnika. Urządzenie posiada łożyska ze smarem stałym. Jeżeli łożysko enkodera jest ciągle silnie obciążone, to żywotność całego urządzenia zostaje ograniczona nie przez niedobór smaru, lecz przez zwykłe ścieranie się łożyska (zmęczenie powierzchni rowków, w których poruszają się kulki). Żywotność w takim przypadku znacznie się zmniejsza. Dlatego bardzo ważne jest prawidłowe zamontowanie i wyosiowanie enkodera względem wałka silnika, na którym pracuje.



**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  
www.term.pl

reklama

**ENKODERY  
RESOLWERY  
STEROWNIKI  
BEZPIECZNIKI  
TACHOPRĄDNIC**

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

# Rozwiązania napędowe do aplikacji o zwiększonych wymaganiach higienicznych

Zapewnienie wysokiej czystości urządzeń ze względów higienicznych i technologicznych jest przedmiotem troski i celem działań producentów wielu branż, a w szczególności branży spożywczej i farmaceutycznej. W aktualnej sytuacji światowej pandemii COVID-19 treści bezpieczeństwa zdrowotnego nabierają dodatkowej siły i znaczenia. Napędy NORD stanowią optymalne rozwiązanie, gdy wymagane jest utrzymanie najwyższej higieny w zakładzie. Zapraszamy na przegląd rozwiązań, jakie NORD stosuje w tym celu w swoich napędach.

## Jednostki napędowe o gładkiej powierzchni

Dla maszyn i urządzeń w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, szczególnie w okresie zaostrzonych wymagań co do sterylizacji i dezynfekcji, koniecznością są konstrukcje zapewniające wyższą higienę. Okresowe czyszczenie i sterylizacja, zwykle wykonywane w trakcie pracy, są kluczowym warunkiem, który zaostrza wymagania stawiane technice napędowej stosowanej w zakładach produkcyjnych tego typu. NORD oferuje kompleksowe rozwiązanie systemów napędowych dla takich aplikacji. NORD oferuje szeroki asortyment systemów napędowych w odpornych na korozję obudowach odlewanych z aluminium, zoptymalizowanych dla potrzeb czyszczenia przez zmywanie. Napędy mogą z łatwością wytrzymać wysokociśnieniowe czyszczenie parowe, a także kontakt z agresywnymi mediami. System nadaje się do stosowania z kwasami i ługami. Ponieważ wszystkie przejścia między powierzchniami mają duże promienie (brak ostrych kątów lub zagłębień) płyny czyszczące łatwo można zmyć w każdej pozycji montażu.

## Energooszczędne gładkie silniki NORD IE3/IE4/IE5+

Silniki NORD bez uźębowań są produkowane w naszych własnych fabrykach i dostarczane na wszystkie ważne rynki na całym świecie. Dzięki łatwo zmywalnej wersji silniki mogą być stosowane w przemyśle spożywczym i innych obszarach. Poziomą wydajności

IE3 gwarantuje oszczędność zasobów. Dzięki aluminiowej obudowie (stopień ochrony IP66) silniki są chronione przed korozją. Silniki synchroniczne o sprawności IE4 lub super premium pracują znacznie bardziej wydajnie niż silniki indukcyjne, szczególnie w zakresie obciążenia częściowego. Skutkuje to istotnie niższymi kosztami zużycia energii i eksploatacji. Ponadto silniki zapewniają szczególnie wysoką gęstość mocy i bardzo długą trwałość użytkową. Najnowsza generacja silników NORD znacznie zmniejsza straty i osiąga sprawność znacznie przekraczającą klasę sprawności IE5. Niewentylowany silnik o gładkiej powierzchni osiąga wysoką wydajność w szerokim zakresie momentu obrotowego, dzięki czemu optymalnie nadaje się do pracy w zakresie częściowego obciążenia. Dzięki higienicznej konstrukcji zmywalnej jest łatwy do czyszczenia. Zapewnia również wysoką odporność na korozję – jest idealny do stosowania w obszarach, gdzie wymagana jest wysoka higiena.

## Szybkozłącza ze stali nierdzewnej

Do swoich silników NORD oferuje również szybkozłącza ze stali nierdzewnej. Rozwiązanie takie posiada konstrukcję w wersji prostej lub kątowej, w technologii *Plug-and-Play*, ułatwiającą instalację i montaż silnika. Wykonanie ze stali nierdzewnej zapewnia wysoką odporność na korozję. Opcja ta zapewnia zasilanie, hamulec i termistor



w jednym złączu. Zalety rozwiązania to: oszczędność kosztów dzięki krótszemu przestojowi maszyny, brak konieczności ponownego okablowania skrzynki zaciskowej, zmniejszone ryzyko wniknięcia wody po ponownym podłączeniu. Dodatkowo jednostka napędowa może być wymieniona bez certyfikowanego personelu elektrotechnicznego. Szybkozłącza nadają się do wszystkich wymagań przemysłu spożywczego i współpracują idealnie w połączeniu z gładkimi silnikami NORD i systemem nsd tupH.

## Nsd tupH – zabezpieczenie antykorozyjne aluminium

NORD DRIVESYSTEMS ma teraz odpowiedź na wymagania stawiane technologii napędowej przy pracy w ekstremalnych warunkach środowiskowych, gdzie w wielu produktach pracują standardowe motoreduktory – jednakże bez konieczności użycia stali nierdzewnej i z wybitnym stosunkiem ceny do wydajności. Nsd tupH (system konwersji powierzchni) to proces głębokiej obróbki powierzchni aluminiowych. W procesie elektrolitycznym powierzchnia jest głęboko uszczelniona i nierozdzielnie

związana z materiałem podłoża. W ten sposób aluminium staje się odporne na korozję podobnie jak stal nierdzewna. Powierzchnie pokryte nsd tupH są łatwe do czyszczenia i są w dużej mierze odporne na kwasy i zasady. Możliwe jest nawet użycie myjek wysokociśnieniowych lub różnorodnych agresywnych mediów. Jednostki napędowe nsd tupH to solidna i trwała alternatywa dla malowanych motoreduktorów lub wersji ze stali nierdzewnej. Obróbka nsd tupH jest dostępna dla wszystkich produktów NORD wykonanych z aluminium.

#### Gdzie warto stosować nsd tupH?

- Czyszczenie chemiczne (spłukiwanie całego zakresu PH).
- Wysoka wilgotność otoczenia.
- Obszary morskie i przybrzeżne.
- Przemysł spożywczy i napoje.
- Wyposażenie dla mycia samochodów.
- Mleczarnie.
- Przemysł farmaceutyczny.
- Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne.

Zapewniamy możliwość wykonania testu odporności rozwiązania nsd tupH w rzeczywistym środowisku pracy urządzenia na testowych próbnikach. Zapraszamy do kontaktu z naszymi pracownikami.

#### Elektronika napędowa

NORD oferuje również przetwornice częstotliwości przystosowane do łatwego zmywania i odporne na korozję dzięki użyciu systemu ochrony powierzchni nsd tupH. Rozrusznik z funkcją łagodnego rozruchu i rewersji NORDAC START – SK 135E (od 0,12 do 7,5 kW) – jest zdecentralizowanym, elektronicznym, odpornym na zużycie starterem silnika do miękkiego uruchamiania silników różnego typu. Wyposażony jest w funkcję pracy rewersyjnej i wewnętrzne zabezpieczenie silnika, więc można go swobodnie integrować z dowolnym systemem. Przetwornica częstotliwości NORDAC BASE – SK 180E (IE2, od 0,25 do

2,2 kW) – jest ekonomicznym rozwiązaniem napędowym NORD w sektorze technologii zdecentralizowanych przetwornic częstotliwości. NORDAC BASE to zakup technologii o mocnej konstrukcji opracowanej specjalnie jako rozwiązanie do prostych zastosowań, do zamontowania poza szafą sterowniczą. ■



NORD Napędy Sp. z o.o.  
Zakrzów 414  
32-003 Podłęże  
tel. 12 288 99 00  
fax 12 288 99 11  
e-mail: biuro@nord.com  
www.nord.com

reklama

# MÓJ FALOWNIK JEST PRODUKCJI NORD! NOWY NORDAC® LINK

- Prosta instalacja  
Plug and Play
- W pełni konfigurowalny  
do wymogów aplikacji
- Integrowalny z wszystkimi  
popularnymi systemami  
sieciowymi

**REDUKTOR + SILNIK + FALOWNIK = KOMPLETNY SYSTEM NAPĘDOWY**

NORD Napędy sp. z o.o. | tel.: +48 12 288 99 00 | biuro@nord.com

**nord.com**



# Właściwości i znaczenie przewodów HELUCONTROL® JZ-520-HMH LSOH GREY i HELUCONTROL® JZ-520-HMH-C LSOH GREY

Przewody HELUCONTROL® JZ-520-HMH LSOH GREY i HELUCONTROL® JZ-520-HMH-C LSOH GREY są przeznaczone przede wszystkim do stosowania w miejscach oraz budynkach skupiających dużą ilość osób, czyli w budynkach o charakterze Zagrożenia Ludzi (ZL), w których wymagane jest bezpieczeństwo pożarowe na bardzo wysokim poziomie. Takimi budynkami są m.in.: biurowce, wieżowce, szpitale, instytucje oświaty oraz kultury, lotniska, dworce, metro. Przeznaczone są również do realizacji układów pomiarowych, monitorujących i sterujących w obrabiarkach, systemach przenośników taśmowych, liniach produkcyjnych, instalacjach przemysłowych i klimatyzacji. Nadają się do stosowania w stałych i elastycznych aplikacjach z niewielkim lub średnim obciążeniem mechanicznym, okazjonalnym swobodnym ruchem i brakiem obciążenia rozciągającego. Przewody nadają się do stosowania zarówno w suchych, jak i wilgotnych lub nawet mokrych miejscach oraz do mocowania/prowadzenia na powierzchni ściany. Są również olejoodporne.



Przewody HELUCONTROL® występują w dwóch szeregach wymiarowych – nieekranowane i ekranowane (wersja „C”), zgodnie z wymaganiami dyrektywy kompatybilności elektromagnetycznej (EMC, 2014/30/EU). Z powodu wzrastającego nasycenia systemów zasilania i sterowania urządzeniami elektronicznymi większość naszych produktów występuje obecnie w wersjach ekranowanych. Dzięki temu projektanci i użytkownicy mogą stosować się do wymagań dla realizacji instalacji stacjonarnych, korzystając z naszych badań i doświadczenia jako ich pierwotnego producenta (w sensie normy PN-EN 61439).

Właściwości przewodu, z punktu widzenia użytkownika i/lub podmiotu instalującego, dzielą się na dwie grupy: elektromechaniczne (użytkowe w warunkach normalnej eksploatacji) i pożarowe (czyli awaryjne, istotne zwłaszcza przy stosowaniu w budynkach, gdzie właśnie kable i przewody muszą spełniać wymagania rozporządzenia CPR).

Pod względem elektrycznych właściwości użytkowych przewody tej rodziny legitymują się następującymi cechami.

Znamionowe napięcie pracy  $U_0/U = 300/500$  V AC, co jest absolutnie wystarczające dla obwodów sygnałowych, jednofazowych czy trójfazowych na napięcie nominalne 400 V. Przy czym napięcie testu wynosi 2 kV.

Przewód posiada żyły wielodrutowe giętkie kl. 5, co pozwala użytkować je nie tylko do połączeń stacjonarnych, ale i w większości rodzajów połączeń ruchomych. Przy czym minimalny promień zginania przewodów dla ułożenia na stałe i połączeń elastycznych (ruchomych) wynosi odpowiednio  $4\varnothing$  i  $12,5\varnothing$  przewodu. Przewody te zostały tak skonstruowane, aby w obu

wersjach – ekranowanej i nieekranowanej – mieć taki sam promień zginania, co nie jest zbyt często spotykane.

Przewód, w zależności od potrzeb, jest dostępny w wersji z żyłą ochronną lub bez. Żyły są oznaczone numerami.

Ze względu na optymalizację do zapotrzebowania rynku dostępne są następujące liczby żył dla danych przekrojów:

| Przekrój żyły [mm <sup>2</sup> ] | Liczba żył kabli nieekranowanych | Liczba żył kabli ekranowanych |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 0,5                              | 2-25                             | 2-25                          |
| 0,75                             | 2-25                             | 2-25                          |
| 1,0                              | 2-25                             | 2-25                          |
| 1,5                              | 2-25                             | 2-25                          |
| 2,5                              | 2-12                             | 2-12                          |
| 4,0                              | 2-7                              | 2-7                           |
| 6,0                              | 2-7                              | 2-7                           |
| 10,0                             | 2-7                              | 2-7                           |

Niektóre liczby żył są dostępne bez żyły ochronnej.

Pod względem właściwości pożarowych przewód posiada klasę CPR:

B2ca, gdzie „B2” – oznacza klasę palności, a „ca” – jest skrótem od słowa „cable”, stosowanym w celu rozróżnienia od innych wyrobów budowlanych.

Przypomnijmy, że wyrób przynależny do euro klasy B2ca musi spełniać następujące warunki wg PN-EN 50399:

- rozprzestrzenianie się płomienia (zasięg szkód)  $FS \leq 1,5$  m;
- całkowita ilość wydzielonego ciepła podczas badania w czasie 1200 s  $THR_{1200s} \leq 15$  MJ;
- tempo uwalniania się energii cieplnej (uśrednione dla okresu 30 s)  $HRR \leq 30$  kW;
- tempo rozprzestrzeniania się ognia  $FIGRA \leq 150$  Ws<sup>-1</sup>;
- rozprzestrzenianie się płomienia według PN-EN 60332-1-2, a po zakończonym badaniu obszar zwęglenia nie może być większy niż H£425 mm,

s1a – wydzielanie dymu:  $TSP_{1200s} < 50$  m<sup>2</sup> i max. SPR  $< 0,25$  m<sup>2</sup>/s i transmitancja światła według PN-EN 61034-2  $> 80\%$ .

Pamiętajmy, że aż dwie trzecie śmiertelnych ofiar pożarów spowodowane jest nie przez ogień, tylko przez dym!

d0 – brak płonących kropli;

a1 – konduktywność  $< 2,5$  μS/mm i pH  $> 4,3$

(do stosowania w budynkach, w których przebywają duże grupy ludzi).

Posiada zatem najwyższą możliwą w tej chwili technologicznie do uzyskania klasyfikację dla kabli i przewodów skonstruowanych w oparciu o termoplastyczne materiały izolacyjne.

Przewody jak wyżej, aby uzyskać potwierdzenie ich właściwości użytkowych, muszą być poddane badaniu systemu oceny zgodności typu „1+” (certyfikat poniżej), czyli:

- ocenie właściwości użytkowych wyrobu (budowlanego) na podstawie badań (w tym pobrania próbek);
- wstępnej inspekcji zakładu produkcyjnego i zakładowej kontroli produkcji;
- stałego nadzoru, oceny i ewaluacji zakładowej kontroli produkcji;
- kontrolnego pobierania próbek przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu.

Proponujemy zapoznać się z fragmentem certyfikatu dla danych przewodów (rys. 1.)

Certyfikat musi posiadać oznaczenie identyfikujące firmę (*Certification body*) uprawnioną do jego wydania po wykonaniu stosownych badań. Badanie certyfikujące wykonywane jest na terenie Unii Europejskiej raz, niezależnie od kraju, z którego pochodzą podmiot zlecający badania i firma notyfikowana.

Zapis NPD oznacza: „właściwości nie określono”; zapis stosowany do znormalizowanego opisu niektórych właściwości materiału. Opcja NPD może mieć zastosowanie w takich przypadkach i na takich obszarach, gdzie dla danego zakresu zastosowania wyrobów nie podlega wymaganiom zawartym

| Product type:  | HELUKABEL® HELUCONTROL® JZ-520 HMH-C<br>LSOH GREY<br>Constructions: from 2x0,5 to 7x10  |  |             |                  |                 |                      |     |
|--|---|--|-------------|------------------|-----------------|----------------------|-----|
| Manufacturer:  | <b>HELUKABEL GmbH</b><br>Dieselstr. 6-12<br>71282 Hemmingen   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Intended use:  | Cables and wires for the transmission of electricity and electronic signals (data) in buildings   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Systems of assessment and verification of constancy of performance (AVCP): | 1+  |  |             |                  |                 |                      |     |
| Harmonised standard:   | EN 50575:2014+A1:2016   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Certification body:  | NB 2728   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Declared performance:  |   |  |             |                  |                 |                      |     |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Performance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reaction to fire</td> <td>B2ca s1a, d0,a1</td> </tr> <tr> <td>Hazardous substances</td> <td>NPD</td> </tr> </tbody> </table> |  | Performance | Reaction to fire | B2ca s1a, d0,a1 | Hazardous substances | NPD |
|  | Performance   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Reaction to fire   | B2ca s1a, d0,a1   |  |             |                  |                 |                      |     |
| Hazardous substances   | NPD   |  |             |                  |                 |                      |     |

Rys. 1

w odpowiednich przepisach. Opcja NPD może nie mieć praktycznego zastosowania w przypadku, gdy dana właściwość określana jest za pomocą poziomu granicznego. ■

HELUKABEL Polska Sp. z o.o.

#### WYDARZENIA

##### ● Poduszka energochłonna TMA – zasada działania

Jednym z największych wyzwań, przed jakimi stoją osoby organizujące pracę robotników zajmujących się utrzymaniem dróg, jest zapewnienie ich bezpieczeństwa. Pędzące samochody, nie zawsze dobra widoczność i zmieniające się warunki pogodowe sprawiają, że zabezpieczenie pracowników przed wypadkami może być nie lada wyzwaniem. Wśród popularnych rozwiązań pozwalających na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa znajduje się poduszka zderzeniowa TMA. Czy jest skuteczna? Jak działa?

Poduszka zderzeniowa to długa na 4 metry i wysoka na 1,6 metra osłona, ciągnięta przez samochód osobowy. Wykonana jest z odbłaskowych materiałów i wyposażona w oświetlenie LED – co zapewnia optymalną widoczność nawet podczas gęstej mgły czy silnych opadów deszczu. Jednak nie w tym tkwi jej skuteczność – poduszka pozwala bowiem na zminimalizowanie skutków wypadków samochodowych, które są największym zagrożeniem dla zdrowia i życia pracowników. Niestety, kierowcy coraz częściej korzystają z telefonów komórkowych podczas prowadzenia samochodu, przekraczają dopuszczalną prędkość czy wykazują się brawurą – nawet podczas jazdy z dużą prędkością, co stwarza ryzyko nie tylko dla nich samych, ale również dla pracowników drogowych, zajmujących się remontami i utrzymaniem ich w należytym stanie. Z tych powodów samo dbanie o należyte oznaczenie prowadzonych prac w obszarze pasa drogowego nie zawsze okazuje się wystarczające.

Na jakiej więc zasadzie działa poduszka zderzeniowa? Jest ona w stanie przejąć energię kinetyczną rozpędzonego samochodu. Jak wyjaśnia Jan Leszczyński z firmy Tioman:

– Ten sprzęt zatrzyma samochód osobowy, który będzie się poruszał z prędkością 100 kilometrów na godzinę i nie może ważyć więcej niż dwie tony.

Jest więc w stanie bezpiecznie zatrzymać większość samochodów osobowych, minimalizując poniesione obrażenia zarówno przez kierowcę, jak i pracowników. Taka poduszka jest łatwa w instalacji i rozstawieniu (całość można wykonać bez wysiadania z kabiny pojazdu) i jest gotowa do użycia zaledwie w kilkanaście sekund.

W bieżącym roku wydarzyły się 4 kolizje z udziałem poduszki zderzeniowej TMA. W jednym z nich w rozstawioną osłonę uderzył rozpędzony samochód dostawczy, który nawet nie rozpoczął hamowania. Na szczęście dzięki zastosowaniu poduszki zderzeniowej nie tylko w tym, ale również w pozostałych 3 zdarzeniach obyło się bez ofiar, w czym główna zasługa specjalnej konstrukcji samej poduszki.

Zalety poduszki zderzeniowej dostrzegają również sami pracownicy zajmujący się utrzymaniem dróg. W wywiadach przyznają, że dzięki jej obecności czują się bezpieczniej i pozytywnie oceniają pracodawcę, który inwestując w takie rozwiązania, rzeczywiście dba o ich pomyślność.

Świadomość dotycząca zagrożeń i sposobów ich eliminacji z każdym rokiem rośnie. Niemała w tym zasługa krajów Zachodniej Europy, w których od dawna kładzie się ogromny nacisk na bezpieczeństwo – niezależnie od profilu wykonywanych prac. W związku z tym w wielu europejskich państwach wykorzystanie poduszki jest standardem. Przykładowo w znacznie mniejszej Belgii od lat z powodzeniem są one stosowane i obecnie na wyposażeniu służb drogowych jest ich ponad 10 razy więcej niż w naszym kraju. Pozwala to mieć nadzieję, że również i Polsce poduszki zderzeniowe staną się często spotykanym na drogach standardem, dzięki którym dziesiątki osób uda się uratować przed skutkami wypadków drogowych. Stałoby się to z korzyścią dla nas wszystkich.

Źródło: tioman.pl

# Polski przemysł wspiera walkę z koronawirusem

Konsekwencje pandemii koronawirusa SARS-CoV-2 są odczuwalne na całym świecie. Wpływ koronawirusa na polską gospodarkę będzie niebagatelny. Dość wspomnieć, że Ministerstwo Finansów tnie budżetowe prognozy wzrostu gospodarczego na ten rok niemal o połowę. Z pierwotnie planowanych 3,7 proc. może nie zostać nawet 2 proc. W tym kontekście postawa i zaangażowanie polskich firm, zakładów przemysłowych jest budująca. Jak dostawcy technologii dla przemysłu reagują na bieżącą sytuację? Przedstawiamy inicjatywy firm, które zapewniają wsparcie w tych wyjątkowych czasach.



**Paweł Jan Majewski**  
Prezes Zarządu  
Grupa LOTOS

**Redakcja:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**P.J.M.:** – Grupa LOTOS włączyła się przede wszystkim w pomoc polskiej służbie zdrowia i służbom mundurowym. To oni znajdują się na pierwszej linii frontu i wciąż potrzebują naszej pomocy. Jesteśmy wdzięczni lekarzom, pielęgniarkom, żołnierzom i innym służbom za ich wkład w walkę ze skutkami pandemii. Jako państwowy koncern, współpracujemy z polskim rządem. Nasza pomoc jest wielowymiarowa – to zarówno wsparcie finansowe, jak również zniżki na stacjach dla służb mundurowych, karty paliwowe dla szpitali czy zakup środków ochrony.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielili Państwo pomocy?

**P.J.M.:** – Jeszcze w marcu zdecydowaliśmy się przekazać, za pośrednictwem Fundacji LOTOS, 5 mln zł dla czterech placówek medycznych w województwie pomorskim oraz zachodniopomorskim: 7. Szpitala Marynarki Wojennej z Przychodnią SPZOZ w Gdańsku, Uniwersyteckiego Centrum Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni, Samodzielnego Publicznego Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Szczecinie oraz Szpitala Wojewódzkiego im. Mikołaja Kopernika w Koszalinie. Ponadto LOTOS wsparł Szpital Specjalistyczny w Jaśle, Szpital Wojewódzki w Bielsku-Białej, Beskidzkie Centrum Onkologii – Szpital Miejski im. Jana Pawła II (Bielsko-Biała) oraz Wojewódzki Szpital im. Ojca Pio w Przemyślu. Wszystkie 19 zakaźnych

szpitali jednoimiennych w całej Polsce otrzymało 400 specjalnych kart paliwowych na łączną kwotę 2 mln zł. Spółka LOTOS Paliwa przekazała też 1500 litrów płynu do dezynfekcji Wojewódzkiej Stacji Pogotowia Ratunkowego w Szczecinie, a sześć placówek medycznych na Pomorzu: w Człuchowie, Gdańsku, Helu, Kartuzach, Pucku i Starogardzie Gdańskim otrzymało auta do przewozu pacjentów, próbek i materiałów medycznych. Grupa LOTOS przekazała też środki dezynfekujące i ochrony osobistej Wojewódzkiemu Szpitalowi Specjalistycznemu w Częstochowie oraz przychodni w Gdańsku-Brzeźnie.

**R.:** – Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**P.J.M.:** – Nasza pomoc to miliony złotych i tony sprzętu medycznego. M.in. do Uniwersyteckiego Centrum Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni trafiły specjalistyczne łóżka do intensywnej terapii z materacami przeciwoodleżynowymi, a także nowoczesny aparat USG. Z kolei Samodzielny Publiczny Wojewódzki Szpital Zespołowy w Szczecinie zakupił ambulans, 48 łóżek z szafkami i materacami przeciwoodleżynowymi, a także urządzenie do dezynfekcji powietrza z użyciem plazmy. Ponadto udało się kupić respiratory. Pracownicy szpitala w Koszalinie mogą teraz korzystać z komory BIO-BAG, służącej do transportu chorych. Dodatkowo dla 7. Szpitala Marynarki Wojennej z Przychodnią SPZOZ w Gdańsku Grupa LOTOS zakupiła osiem kardiomonitatorów, moduł EEG i wózek akumulatorowy do przewozu odpadów skażonych.

LOTOS zaangażował się też w akcje ułatwiające pracę służb mundurowych. Inspekcja Transportu Drogowego, Straż Graniczna, Wojsko Polskie, Pogotowie Ratunkowe, Straż Pożarna, Policja, Straż Miejska i Służby Celno-Skarbowe na stacjach LOTOSU w całej Polsce mogą skorzystać z bezpłatnej kawy czy herbaty. W obiektach z ofertą Cafe Punkt czekają na nich specjalne promocje. Wydano już tysiące napojów. Żołnierze 7. Pomorskiej Brygady Wojsk Obrony Terytorialnej, w związku z działaniami w czasie pandemii koronawirusa, tankują na wybranych naszych stacjach za darmo.



Na zlecenie polskiego rządu, współorganizowaliśmy także trzy transporty środków medycznych z Chin. Samoloty przywiozły do Polski ogromną liczbę środków do walki z koronawirusem. Sprowadzone kombinezony, przyłbice i ochraniacze trafiły do szpitali w całym kraju zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Zdrowia.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany w tym zakresie?

**P.J.M.:** – Chcemy dalej wspierać szpitale, ale jednocześnie pomagać polskim przedsiębiorcom wrócić do normalności. Wiemy, że pandemia koronawirusa znacząco odbiła się także na gospodarce. Spółka LOTOS Oil ogłosiła program „Razem

w przyszłość”, czyli plan pomocowy, który ma wesprzeć kontrahentów spółki. Program „Razem w przyszłość” zakłada szereg rozwiązań – od dostępności płynu do dezynfekcji, po zmiany w umowach dystrybutorskich. Chcemy do pomocy namówić także naszych klientów – od 1 maja kierowcy tankujący na stacjach LOTOS mogą przekazać swoje punkty z programu Navigator na badania związane z leczeniem koronawirusa. Spółka LOTOS Paliwa wsparła też bezpłatny program „Służba i Pomoc” Fundacji Dorastaj z Nami, dzięki któremu przystępujący do niego strażacy, policjanci, żołnierze, ratownicy górscy i medycy mogą otrzymać zniżki na paliwo na stacjach LOTOSU. Nasza pomoc jeszcze się więc nie kończy. ■

## Magdalena Hilszer

Dyrektor Departamentu Public Relations i Komunikacji Enea

**R.:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**M.H.:** – Od momentu ogłoszenia w kraju stanu zagrożenia epidemicznego wdrożyliśmy procedury i działania, których celem jest zapewnienie ciągłości pracy Grupy Enea dla zagwarantowania nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej dla milionów Polaków. W Grupie działa sztab kryzysowo-koordynacyjny, który przygotował Grupę na nowe wyzwania związane z koronawirusem i na bieżąco monitoruje sytuację w całej organizacji. Podobne sztaby kryzysowe działają również w kluczowych spółkach. Szybko zreorganizowaliśmy sposób pracy, zapewniając możliwość pracowania w trybie zdalnym, przy zachowaniu ciągłości procesów. Tam, gdzie praca zdalna nie jest możliwa, np. w spółkach odpowiedzialnych za wytwarzanie czy dystrybucję energii, wprowadziliśmy podział na grupy z cotygodniową rotacją, tak zaplanowaną, aby pracownicy nie spotykali się ze sobą. Grupa Enea jest także zabezpieczona w razie zachorowań wśród personelu krytycznego elektrowni. Przygotowaliśmy procedury awaryjne dla służb zarządzających siecią dystrybucyjną. Nasza Grupa sprawnie działa w obliczu zagrożenia epidemicznego i zapewnia bezpieczeństwo energetyczne milionom Polaków. W trosce o zdrowie klientów i pracowników już 13 marca tymczasowo i do odwołania zamknięte zostały Biura Obsługi Klienta. Zachęcamy do korzystania ze zdalnych kanałów kontaktu (infolinii, eBOK, czatu).

Zaangażowaliśmy się również w pomoc instytucjom działającym na rzecz ograniczania rozprzestrzeniania się wirusa. Od początku ogłoszenia w Polsce stanu zagrożenia epidemicznego za pośrednictwem Fundacji Enea do szpitali i placówek medycznych w całej Polsce trafiło ponad 3,4 mln zł. Poza

wsparciem finansowym przekazywana jest pomoc rzeczowa. W działania angażują się spółki Grupy Enea, oferując konkretną pomoc instytucjom i organizacjom w swoim najbliższym otoczeniu.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielili Państwo pomocy? Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**M.H.:** – Za pośrednictwem Fundacji Enea pomoc otrzymało kilkadziesiąt placówek z terenu działania naszej Grupy. Wśród nich są szpitale m.in. z Bydgoszczy, Koźienic, Piły, Poznania, Radomia, Szczecina czy Zielonej Góry. Poza szpitalami wsparcie finansowe otrzymały służby ratunkowe, sanitarno-epidemiologiczne czy Polskie Towarzystwo Higieniczne. Pieniądze przeznaczone są – zgodnie z zapotrzebowaniem poszczególnych placówek – na specjalistyczny sprzęt medyczny oraz środki higieny i ochrony osobistej. Do szpitali, domów pomocy społecznej, hospicjów w regionach, w których funkcjonują spółki Grupy Enea, zostały przekazane maty dekontaminacyjne, materace przeciwoleżynowe, zestawy rękawiczek i maseczek, przyłbice, mydła w płynie, środki higieny osobistej, środki bakteriobójcze czy woda. W pomoc instytucjom z terenu województwa lubelskiego zaangażował się Lubelski Węgiel Bogdanka. Należąca do Grupy Enea kopalnia przekazała dodatkowo 740 tys. zł.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany w tym zakresie?

**M.H.:** – Grupa Enea, jako drugi największy w kraju wytwórca energii elektrycznej i dostawca prądu dla północno-zachodniej części Polski, jest ważną częścią systemu elektroenergetycznego Polski. Tak jak przed epidemią, pracownicy niezmiennie 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu dbają o bezpieczeństwo energetyczne kraju. W energetyce wielu zadań nie da się zrealizować zdalnie, dlatego załogi, z zachowaniem niezbędnych procedur bezpieczeństwa, pracują w elektrowniach, elektrociepłowniach czy na posterunkach energetycznych. ■

### Artur Maciejczyk

Prezes Zarządu Spółki

Grupa Azoty Automatyka Sp. z o.o.

**R.:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**A.M.:** – Jako przedsiębiorstwo wchodzące w skład Grupy Azoty SA, czujemy się odpowiedzialni zarówno za zdrowie swoich pracowników, jak i wypełnianie zamierzonych wcześniej celów. Dokładamy wszelkich starań, aby przy zachowaniu niezbędnych środków ostrożności zachować ciągłość realizowanych prac, a także dotrzymać ustalonych terminów ich realizacji.

Funkcjonując na terenie dużego Zakładu, jesteśmy zobligowani do dotrzymania szeregu regulacji określających zasady funkcjonowania w czasie epidemii. Oczywiście jest fakt ograniczenia bezpośrednich kontaktów, zarówno między współpracownikami, jak i kontrahentami. W trosce o wzajemne bezpieczeństwo z pomocą przychodzi nam technologia. W miarę możliwości techniczno-organizacyjnych wszelkie spotkania prowadzone są za pośrednictwem komunikatorów, dzięki czemu kluczowe decyzje, wszelkie negocjacje i ustalenia podejmowane są bez opóźnień czasowych.

Unikamy narad, szkoleń czy wspólnego spożywania posiłków. Znacznie częściej korzystamy z telefonów, maili i kamer internetowych. Dzięki wykorzystaniu systemu pracy zdalnej ograniczamy liczbę pracowników przebywających w jednym budynku. Naturalnie, wszystkie osoby przebywające fizycznie w pracy stosują się do podstawowych zasad higieny, korzystamy z maseczek ochronnych i płynów dezynfekujących.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielili Państwo pomocy? Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**A.M.:** – Grupa Azoty, w skład której wchodzimy, koordynuje działania w ramach społecznej odpowiedzialności biznesu na szczeblu korporacyjnym i prowadzi je przez swoje kluczowe spółki. Już w połowie marca Grupa Azoty SA, Grupa Azoty ZAK SA, Grupa Azoty Zakłady Chemiczne Police SA i Grupa Azoty Zakłady Azotowe „PUŁAWY” SA podjęły decyzję o przekazaniu po 750 tys. zł darowizn zakładom opieki zdrowotnej,

szpitalom, służbom sanitarnym zlokalizowanym w regionach swojej działalności z przeznaczeniem na walkę z epidemią. Od tego czasu ta kwota jeszcze wzrosła, spółki przekazały też darowizny rzeczowe w postaci środków ochrony osobistej i płynów odkażających dla placówek medycznych i służb sanitarnych. Jesteśmy dumni, że będąc częścią tak wielkiej Grupy, mamy swój pośredni wkład w niesienie pomocy dotkniętym skutkom pandemii.

Wspomnianą pomoc odczuwamy tym bardziej, że w samym Tarnowie wsparcie ze strony Grupy Azoty SA objęło kluczowe dla miasta placówki zdrowia. Za otrzymaną darowiznę tarnowski Specjalistyczny Szpital im. E. Szczeklika mógł dokonać zakupu m.in. przewoźnego aparatu RTG, który umożliwia wykonywanie zdjęć przy łóżku pacjenta, oraz szeregu urządzeń pomocniczych w postaci lamp bakteriobójczych czy respiratorów transportowych. Nie zapomniano oczywiście o personelu medycznym, który wyposażony zostanie w dodatkowe środki ochrony indywidualnej, takie jak rękawiczki, maski i kombinezony. Oprócz ośrodków miejskich Grupa Azoty SA zadbała także o placówki w regionie, kierując pomoc rzeczową również do Szpitala Powiatowego w Dąbrowie Tarnowskiej.

Spółki Grupy Azoty zaoferowały także użyczenie samochodów służbowych ośrodkom i placówkom medycznym do przewozu próbek, materiałów medycznych oraz personelu medycznego i pacjentów. W miarę potrzeb tzw. transport zastępczy skierowany zostanie do placówek ochrony zdrowia zlokalizowanych w pobliżu siedzib i oddziałów Spółek Grupy. Także my, czyli Grupa Azoty AUTOMATYKA, przeznaczylimy jeden z naszych samochodów na ten cel.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany w tym zakresie?

**A.M.:** – Mamy dalekosiężne plany, jednak ich realizacja zależy będzie w dużej mierze od rozwoju sytuacji w skali ogólnokrajowej, a nawet światowej. Jako spółka w dalszym ciągu będziemy dążyli do realizacji zamierzeń i wywiązania się z już rozpoczętych prac. Epidemia koronawirusa wymusza na nas konieczność dostosowania się do panujących warunków. Jesteśmy jednak przekonani, że przy zachowaniu odpowiednich standardów działania będziemy mogli efektywnie pracować, a w miarę możliwości także pomagać tym, którzy bardziej niż my mierzą się z chorobą. ■

### Paweł Maliszewski

Członek Zarządu, Ekspert Elektromobilności  
blinkee.city

**R.:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**P.M.:** – Oprócz pomocy innym, w pierwszej kolejności zadbałimy o to, aby nasze pojazdy były możliwie najbezpieczniejsze. Zainwestowaliśmy w procedurę dodatkowego dezynfekowania pojazdów, aktualnie są one dezynfekowane kilka razy w ciągu dnia, tj. przy każdym serwisowaniu czy wymianie baterii. W kufrach skuterów od zawsze znajdowały się czepki jednorazowe, które zapewniają komfort i higienę jazdy. Oprócz tego postaraliśmy się, aby nasi użytkownicy mieli dostęp do

produktów, które obecnie są ciężko dostępne – rękawiczek, maseczek i środków do dezynfekcji. Uruchamiając nową metodę płatności, jaką jest prepaid, do pakietów minut dołączyliśmy również zestaw antywirusowy, który wyposaża naszego użytkownika w najpotrzebniejsze w obecnych czasach produkty, pozwalając mu poruszać się po mieście bez obaw. Dodatkowo obniżona została opłata dobową, co umożliwi korzystanie z pojazdu przez dłuższy czas, za niższą cenę.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielił Państwo pomocy?

**P.M.:** – Jest ich wiele, począwszy od pomocy restauracjom, poprzez udostępnienie naszych pojazdów w atrakcyjnej cenie, po udostępnienie pojazdów wolontariuszom z Warszawy, Katowic, Płocka, Bydgoszczy, Białegostoku, Grudziądza oraz innych miast, współpracę z twórcami aplikacji IHELPU oraz Stołecznymi Harcerzami. Nie zapomnieliśmy również o medykach – bohaterach kwarantanny – dla nich przygotowaliśmy darmowe przejazdy do końca trwania kwarantanny. Oprócz tego nawiązaliśmy współpracę z City-Drive, Glovo oraz UberEats, umożliwiając tym pracę kurierom, którzy nie mają własnego środka transportu.

**R.:** – Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**P.M.:** – Naszą misją było danie tego, co mamy najlepsze – ekologicznego oraz bezpiecznego środka komunikacji indywidualnej, który ułatwi pomoc innym bądź dotarcie do pracy czy do sklepu. Chcieliśmy również wesprzeć tych, którzy chcą pomóc, ale nie mają własnego auta, dając im nasz pojazd.

Nadawaliśmy stuprocentowe zniżki, udostępniliśmy kody rabatowe, podpisaliśmy specjalne umowy na atrakcyjnych warunkach.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany w tym zakresie?

**P.M.:** – Nie zatrzymujemy się, nadal chcemy pomagać i robić jak najwięcej dla Polaków w obecnej sytuacji. Analizujemy potrzeby, jakie występują, i staramy się reagować na nie. Jesteśmy świadomi tego, że pojazdy elektryczne to świetna alternatywa dla autobusu czy tramwaju miejskiego, która pozwala na poruszanie się w pojedynkę oraz omijanie tłumów na przystankach. Dodając do tego zestawy antywirusowe, powstaje realnie najbezpieczniejszy środek transportu, który może wybrać każdy, kto potrzebuje dotrzeć do i z pracy czy sklepu. ■

## Jan Kolański

Prezes Zarządu, Colian Sp. z o.o.

**R.:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**J.K.:** – Pandemia zmieniła codzienność nas wszystkich i spowodowała, że w ekspresowym tempie musieliśmy dostosować się do dynamicznie zmieniającej się sytuacji. Bardzo szybko ustaliliśmy trzy priorytety – ochrona zdrowia pracowników, zapewnienie bezpieczeństwa produktów oraz ciągłości produkcji. To największe wyzwania, z którymi mierzymy się od początku epidemii. Znacznie wcześniej, niż zaczęły obowiązywać formalne restrykcje, wprowadziliśmy szereg procedur zgodnych z zaleceniami Głównego Inspektoratu Sanitarnego, Ministerstwa Zdrowia oraz WHO. Realizujemy obowiązkowy pomiar temperatury i dezynfekcję rąk wszystkich osób wchodzących na teren firmy. Zakłady zostały podzielone na strefy, a kontakt między nimi ograniczony do absolutnego minimum. W części z nich obowiązują przerwy pomiędzy zmianami produkcyjnymi, aby wyeliminować kontakt wśród pracowników poszczególnych zespołów. Ograniczyliśmy wizyty osób z zewnątrz, a wszelkie spotkania biznesowe realizujemy zdalnie. Kładziemy też bardzo duży nacisk na ciągłą edukację pracowników w zakresie właściwego stosowania środków ochrony osobistej, a także instrukcji dotyczących higieny i ograniczenia kontaktów w czasie przerw w pracy. Dzięki podejmowanym działaniom

świadomość naszych pracowników jest bardzo wysoka. Mamy świetny zespół, który nie raz pokazał, że w trudnej sytuacji potrafi się zmobilizować i stanąć na wysokości zadania. Proszę też pamiętać, że Colian jest kluczowym pracodawcą w regionach, gdzie funkcjonują nasze zakłady, dlatego spoczywa na nas ogromna odpowiedzialność nie tylko za naszych pracowników, ale także za sytuację ich rodzin. Dlatego od samego początku staramy się działać pomocowo, zarówno na skalę ogólnopolską, jak i lokalną.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielił Państwo pomocy?

**J.K.:** – Na początku uruchomiliśmy program „Colian Pomaga”, aby działać systemowo, a dzięki temu skutecznie. W pierwszym kroku wsparliśmy produktowo wszystkie szpitale przekształcone w zakaźne do walki z COVID-19 w naszym kraju. Do pracowników medycznych i pacjentów trafiło 160 tysięcy sztuk słodczy i napojów niegazowanych, w tym wafelków „Grzeński”, batoników Goplana „Break”, ciastek „Petit Beurre” Jutrzenki, czekoladek od Goplany oraz napojów niegazowanych Hellena. Chociaż w ten sposób mogliśmy podziękować personelowi medycznemu za ich wysiłek, a pacjentom osłodzić trudne chwile. Dostawy zrealizowaliśmy za pośrednictwem Colian Logistic, spółki wchodzącej w skład naszej Grupy. Cieszę się, że szybko ruszyła lawina pomocy ze strony różnych firm i podmiotów na skalę ogólnokrajową, a my byliśmy jednymi z pierwszych. W kolejnych działaniach postanowiliśmy skupić się na pomocy w regionie i wspieraniu lokalnych inicjatyw, działających na rzecz środowiska medycznego.



**R.:** – Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**J.K.:** – Wybranim szpitalom w kraju przekazaliśmy maseczki ochronne oraz produkty naszych kultowych marek. Swoje działania skupiliśmy w głównej mierze na jednostkach zlokalizowanych w pobliżu miejsc naszych zakładów oraz tych, które w ostatnim czasie zostały przekształcone w zakaźne. Mając odczucie, że w obecnej sytuacji zapomnieliśmy o pozostałych pacjentach, chorujących na inne schorzenia niż COVID-19, postanowiliśmy we współpracy z wydawnictwem Martel przekazać wybranym szpitalom lub oddziałom dziecięcym zestawy książek dla najmłodszych. Są to zarówno treści terapeutyczne, jak i bajki, których lektura na pewno umili pobyt w szpitalu.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany?

**J.K.:** – Nauczyliśmy się żyć z pandemią. Mam wrażenie, że każdy z nas zdaje sobie sprawę z tego, jak duże zagrożenie niesie ze sobą koronawirus, i stara się przestrzegać najwyższych standardów bezpieczeństwa. To duży sukces. W chwili obecnej musimy skupić swoje działania na ratowaniu naszej gospodarki. Zachowanie ciągłości produkcji i utrzymanie miejsc pracy to priorytet. Ogromna zapaść w biznesie może wywołać szkody znacznie większe niż pandemia i to nie tylko finansowe. Przekłada się to również na nasz stan psychiczny i zdrowotny. Mówiąc więc o planach na przyszłość, uważam, że należy skoncentrować swoje działania na sumiennej i konsekwentnej pracy, nie zapominając o toczącej się w tle walce z koronawirusem. ■

### Adam Krzykowski

Prezes Zarządu

AK Construction Sp. z o.o.

**R.:** – Jakie działania, jako firma, podjęli Państwo w okresie walki z koronawirusem?

**A.K.:** – W celu ograniczenia ryzyka zakażenia oraz rozprzestrzeniania się wirusa dokonaliśmy zmiany systemu pracy na tryb dwuzmianowy, częściowo zmniejszając kontakty pracowników. Zwiększyliśmy również reżim sanitarny poprzez zastosowanie środków ochrony, takich jak maski ochronne, preparaty do dezynfekcji rąk i powierzchni czy stosowanie przyłbic.

**R.:** – Jakim ośrodkiem udzielili Państwo pomocy?

**A.K.:** – Nasza firma, jako członek Business Centre Club, w odpowiedzi na apel Kanclerza Łoży Gdańskiej przyłączyła

się do wspaniałej inicjatywy wsparcia pomorskich szpitali i placówek opieki zdrowotnej.

Dokładamy również wszelkich starań, aby w tym trudnym czasie wspierać lokalnych dostawców oraz osoby, którym sytuacja uniemożliwia prowadzenie dotychczasowej działalności i np. zajęły się szyciem masek ochronnych.

**R.:** – Jaki był zakres przedmiotowej pomocy?

**A.K.:** – W wyniku akcji zorganizowanej przez władze oraz członków Łoży Gdańskiej BCC do szpitali trafiły m.in. respiratory, kardiomonitoring oraz 100 000 masek chirurgicznych. Cieszymy się, że mogliśmy brać udział w tym przedsięwzięciu.

**R.:** – Jakie są dalsze Państwa plany w tym zakresie?

**A.K.:** – Zamierzamy wspierać lokalną przedsiębiorczość, a mimo oczywistych komplikacji w dalszym ciągu prowadzimy akcje rekrutacyjne, chcąc zwiększać zatrudnienie, które niestety wiele osób może w najbliższym czasie stracić. ■

reklama

# Darmowa e-prenumerata!

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



**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny



### ● **Innowacyjny czujnik ubieralny od MIT**

Inżynierowie z MIT opracowali metodę tworzenia koszulek i innych elementów odzieży z osadzonymi wewnątrz elektronicznymi czujnikami do pomiaru czynności życiowych, temperatury i ruchu.

Technologia pozwoli lekarzom na uważne monitorowanie pacjentów w ciągu dnia, a dzięki dalszemu rozwojowi umożliwi potencjalnie wykrywanie wielu różnych chorób sercowo-naczyniowych. To również spore udogodnienie dla sportowców.

Zespół naukowców użył poliestrowej koszulki jako bazy do zintegrowania swoich czujników. Poliester jest rozciągliwy i doskonale nadaje się do odprowadzania potu z ciała. Innowacyjne sensory mają formę elastycznych pasków pokrytych żywicą epoksydową, które są wplecione w materiał, dzięki czemu mogą mieć stały kontakt z gołą skórą. Dzięki powłoce koszulkę można prać w pralce, a czujniki można łatwo usunąć z tkaniny i przenieść do innego elementu odzieży bez ich uszkodzenia.

Prototyp wyposażono w 30 sensorów temperatury oraz akcelerometr, który wykrywa tętno, oddech oraz ruch użytkownika. Zebrane dane są przesyłane do centralnej jednostki elektronicznej umieszczonej na koszulce, która może bezprzewodowo przesyłać odczyty do smartfonu lub innego urządzenia.

Źródło: medgadget

### ● **Robotycy spoglądają w stronę gepardów**

Najszybsze na świecie zwierzęta lądowe – gepardy – osiągają niewiarygodne prędkości dzięki gwałtownemu zginaniu kręgosłupa pomiędzy dwoma ściśle określonymi stanami ruchu. Konsorcjum amerykańskich naukowców rozpoczęło niedawno prace nad replikacją tej techniki w ramach budowy miękkiego robota. Nowo powstałe urządzenie zostało ochrzczone mianem LEAP.

Zamiast mięśni i biologicznego kręgosłupa silikonowy robot posiada dwa miękkie pneumatyczne siłowniki i elastyczny sprężynowy kręgosłup. Naprzemienne pompowanie i upuszczanie

powietrza z dwóch siłowników powoduje gromadzenie się i nagłe uwolnienie energii, co z kolei zmusza sprężynę do natychmiastowego wygięcia osi robota z jednego stabilnego stanu w drugi. W rezultacie bot może wywierać maksymalną siłę skierowaną bezpośrednio w podłoże, dokładnie w momencie wykonywania skoku.

Korzystając z tej metody, LEAP może galopować z prędkością do 2,7 długości ciała na sekundę na płaskich i twardych powierzchniach. Gdy zostanie wyposażony w pletwę, może natomiast pływać z maksymalną prędkością 0,78 długości ciała na sekundę. Dotychczas znane miękkie roboty osiągają odpowiednio wartości 0,8 i 0,7. Zespół stworzył kilka małych robotów, z których każdy ma długość około 7 cm i wagę około 45 gramów. Dzięki specyfice wykonywanych ruchów są zdolne do współpracy.

– Potencjalne zastosowania naszego wynalazku obejmują technologie wykorzystywane w poszukiwaniach i akcjach ratowniczych, w których niezbędna jest szybkość, oraz robotyzację procesów produkcji przemysłowej – powiedział profesor Jie Yon z Uniwersytetu Południowej Karoliny, biorący udział w badaniach.

Źródło: newatlas

### ● **Voith przejmuje producenta silników**

Globalna firma technologiczna Voith przejęła kontrolę nad austriackim producentem silników i generatorów Elin Motoren, nabywając 70% udziałów w spółce za nieujawnioną kwotę. Elin pozostanie niezależną firmą i będzie nadal używać swojej marki.

Przedsiębiorstwo, którego historia sięga 1892 roku, zatrudnia około 1000 pracowników i generuje roczny obrót w wysokości około 120 milionów euro. Firma produkuje silniki elektryczne oraz generatory niskiego, średniego i wysokiego napięcia – głównie w małych seriach – ale także systemy dostosowane bezpośrednio do potrzeb przemysłowych. Działa w branżach energetyki, tworzyw sztucznych, górnictwa oraz ropy i gazu.

– Przejęcie Elin Motoren jest ważnym krokiem strategicznym dla naszej

firmy – powiedział prezes i dyrektor generalny Voith Turbo, dr Uwe Knotzer. – Jego portfolio stanowi wyjątkowe uzupełnienie dla naszych napędów przemysłowych i wspiera naszą pozycję niezależnego od technologii dostawcy systemów napędowych. Dzięki Elin Motoren jesteśmy w stanie zaoferować naszym klientom znaczną przewagę w zakresie elektryfikacji układów napędowych.

– Voith realizuje strategię digitalizacji aplikacji przemysłowych, podobnie jak Elin Motoren – dodał dyrektor generalny Elin, Wolfgang Landler. – Nadchodząca współpraca między obiema firmami pozwoli nam zaoferować niezwykłą wartość dodaną. Razem możemy opracować rozwiązania systemowe, a zwłaszcza technologie w zakresie digitalizacji.

Rodzina Voith, została założona w 1867 roku, a obecnie zatrudnia ponad 19 000 pracowników w 60 krajach, a jej sprzedaż to 4,3 miliardów euro.

Źródło: drivesncontrols

### ● **W Lublinie powstanie Centrum Nauki**

W Lubelskim Parku Naukowo-Technologicznym powstanie Centrum Nauki przeznaczone do jej popularyzacji wśród dzieci i młodzieży szkolnej. Lublin stawia na multimedialną formę przekazu.

W ramach siedmiomilionowej inwestycji powstaną wystawy stałe i tymczasowe z różnych dziedzin techniki. Ekspozycja stała zostanie podzielona na siedem stref. W ramach jednej z nich – „Robotyki i technologii” – będzie można zaprojektować własny proces produkcyjny lub sterować łazikiem marsjańskim. „Człowiek i technologia” pozwoli natomiast np. zajrzeć do wnętrza ludzkiego ciała dzięki symulowanej operacji laparoskopowej.

Centrum Nauki stanie w niezagospodarowanej części Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego. Prace projektowe ruszyły w maju ubiegłego roku, a dokumentacja gotowa była już pod jego koniec. Prace wykonawcze nad finansowanym przez samorząd województwa lubelskiego obiektem mają rozpocząć się niebawem.

Źródło: pap

# Zróźnicowanie systemów online monitorowania stanu technicznego agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi AC

Ryszard Nowicki, Ahmet Duyar

## 1. Wprowadzenie

Nadzór stanu technicznego silników elektrycznych jest realizowany w zróźnicowany sposób w zależności od krytyczności maszyn, które te silniki napędzają, i w konsekwencji od zaplanowanej dla maszyn strategii utrzymania ruchu (UR) [1, 2]. Zazwyczaj bardziej zaawansowana strategia jest stosowana dla agregatów wyższej ważności (co na ogół jest skorelowane z mocą napędów). Dla maszyn dużej i średniej ważności zalecane jest co najmniej monitorowanie węzłów łożyskowych w zakresie pomiarów drgań i temperatur oraz monitorowanie temperatur uzwojeń, zgodnie z wymaganiami standardu API 670 [3, 4]. Standard ten zaleca włączenie ww. pomiarów do zintegrowanego systemu monitorowania i zabezpieczeń.

W przypadku silników pracujących na średnim napięciu stosowane są również często zabezpieczenia elektryczne. Bardziej zaawansowane systemy zabezpieczeń posiadają także możliwość podłączenia czujników temperatur: przede wszystkim otoczenia, ale także uzwojeń, węzłów łożyskowych oraz oleju w systemie smarowania. Wymienione pomiary temperatury mogą być podłączane do systemu zabezpieczeń elektrycznych w przypadkach, w których nie jest stosowany nadzór zgodny ze standardem API 670. W przypadku nadzoru zgodnego z API 670, który uwzględnia także pomiary temperatur węzłów łożyskowych oraz wymaga równoległego włączenia takich pomiarów do systemu zabezpieczeń elektrycznych, sygnały z sensorów temperatury węzłów łożyskowych winny zostać powielone.

Dla agregatów średniej ważności, a więc takich, które niekoniecznie wymagają włączenia do systemu zabezpieczeń,

a także takich agregatów, które nie umożliwiają łatwej instalacji czujników w ich wszystkich węzłach łożyskowych, jednak wciąż celowe jest dla nich monitorowanie stanu technicznego, preferencją użytkownika może być wykorzystanie sprzętowego systemu detekcji anomalii [5, 6, 7]. Atrakcyjność monitorowania anomalii wynika ze sposobu instalowania sensorów sygnałów dynamicznych: są one instalowane w szafach sterowniczych, z których prowadzone jest zasilanie do silników, a pomiary ograniczają się do dynamicznych pomiarów napięć i prądów. Taki montaż minimalizuje także pewne problemy aplikacyjne dla maszyn pracujących w strefach Ex.

Rozwiązania takie bywają efektywnie stosowane np. dla agregatów pomp zatapialnych, pomp pionowych (tu w przypadku monitorowania drgań mechanicznych pewne problemy instalacyjne mogą dotyczyć utwierdzenia czujników drgań w dolnym węźle łożyskowym pompy), a także w przypadku agregatów wykorzystywanych w strefach zagrożenia wybuchowego (np. w kopalniach z zagrożeniem metanowym).

Celem artykułu jest omówienie nowych możliwości rozwiązania systemowego, które umożliwiają lepszą kontrolę stanu technicznego agregatów wyposażonych w zaawansowane zabezpieczenia elektryczne.

## 2. Utrzymanie ruchu warunkowane stanem technicznym

Dla predykcyjnego (lub jeszcze bardziej zaawansowanego) utrzymania ruchu niezbędne jest zastosowanie jakiegoś systemu diagnostyki [1]. W tym celu mogą być wykorzystywane:

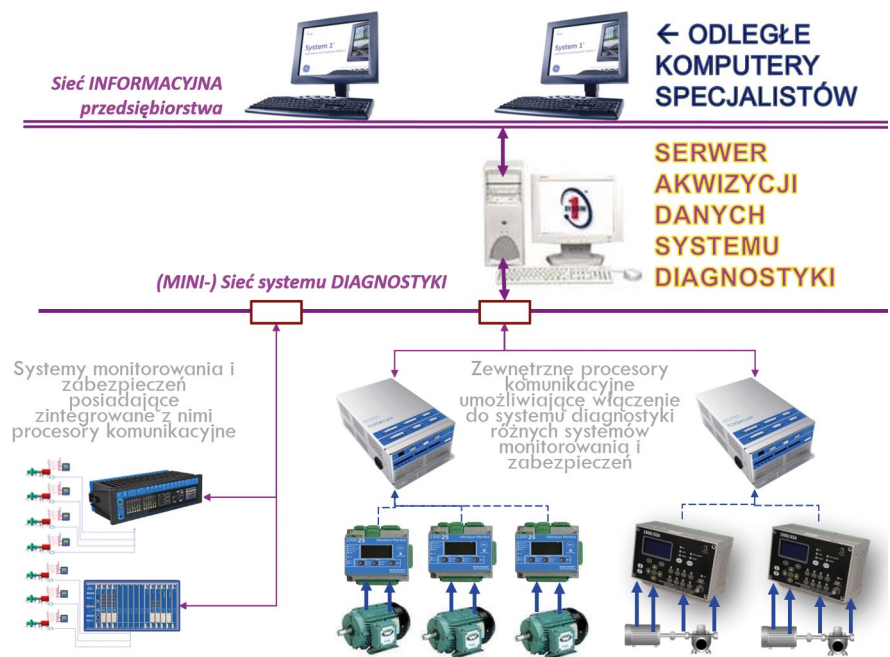
**Streszczenie:** Od wielu lat monitorowanie i diagnostyka wirnikowych maszyn elektrycznych są realizowane z pomocą analizy napięć i prądów. Podejście takie umożliwia rozpoznawanie nieprawidłowości w zasilaniu silników AC, niesprawności ich obwodów elektrycznych, a także rozpoznawanie pogorszenia mechanicznego stanu technicznego wszystkich części agregatu. W przypadku napędów większych mocy stosowane są powszechnie przekaźniki zabezpieczające, natomiast dla agregatów z napędami o niższej mocy mogą być wykorzystywane monitory anomalii. Nadzór większej grupy agregatów wymaga wdrożenia systemu umożliwiającego predykcyjne utrzymanie ruchu. W artykule pokazano przykłady kilku rozwiązań systemowych, jakie mogą być wykorzystywane na tę okoliczność.

A. Systemy diagnostyki kompatybilne sprzętowo i programowo z systemami monitorowania i zabezpieczeń. Przykładem mogą być systemy SYSTEM 3500 oraz ORBIT 60, które posiadają wewnętrzne procesory komunikacyjne (w SYSTEM 3500 jest to TDI, natomiast w systemie ORBIT 60 jest to CMM<sup>1</sup>), umożliwiające konwersję i transmisję danych dynamicznych (+ oczywiście sprzętowo realizowanych pomiarów statycznych) do serwera akwizycji danych (=SAD) systemu diagnostyki, na którym zainstalowane jest oprogramowanie SYSTEM 1 EVO. Rozwiązanie takie pokazano z lewej strony rys. 1.



B. W przypadku, w którym wykorzystywane są systemy monitorowania i zabezpieczeń nieposiadające wewnętrznych procesorów komunikacyjnych, w większości przypadków możliwe jest ich podłączenie do systemu diagnostyki z pomocą zewnętrznych procesorów komunikacyjnych, które umożliwiają akwizycję i analizę sygnałów w zakresie podobnym do tych, które wymieniono w punkcie „A”. Przykład takiego rozwiązania, które wykorzystuje zewnętrzne procesory komunikacyjne TDISecure [8] umożliwiające transmisję sygnałów do systemu diagnostyki SYSTEM 1, pokazano w prawej części rys. 1.

Systemy diagnostyki<sup>2</sup> wymienione w punktach (A) i (B) pracują z sygnałami analogowymi, a do serwera z procesorów komunikacyjnych przekazywane są już przebiegi czasowe w postaci cyfrowej. Gromadzenie danych, dalsze przetwarzanie



Rys. 1. Rozwiązanie systemowe kompatybilne sprzętowo i programowo, wspomagające zaawansowane UR

reklama

**BEFARED**  
Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

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

**www.befared.pl**

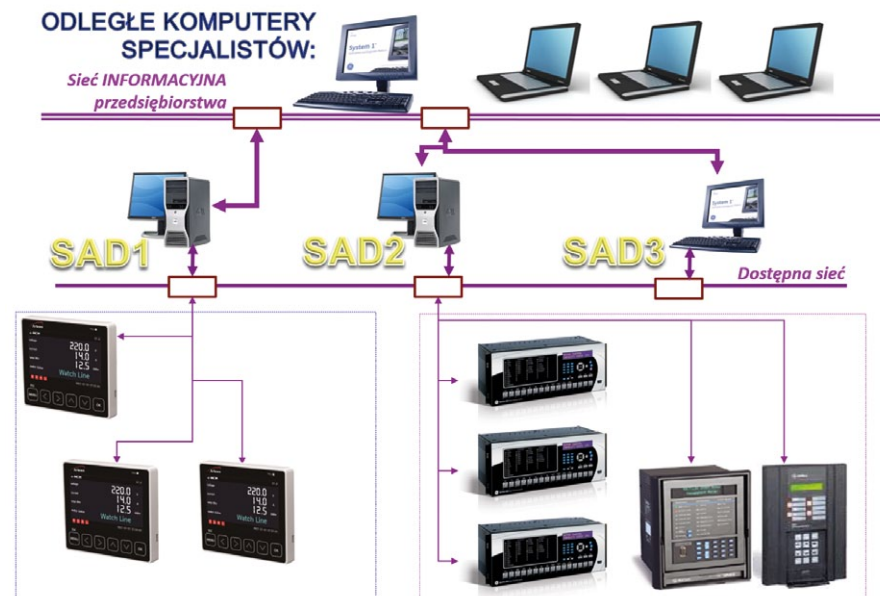
Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów BEFARED S.A.  
ul. Grażyńskiego 71; 43-300 Bielsko-Biała  
tel.: +48 33 812 60 31 - 35; fax: +48 33 815 93 63  
http://www.befared.pl; email: befared@befared.pl

sygnałów oraz wizualizacja, są realizowane na serwerze systemu diagnostyki. Serwer ten winien również realizować akwizycję zmiennych procesowych i środowiskowych, co wymaga jego interfejsowania z DCS.

C. Systemy diagnostyki, posiadające możliwość akwizycji funkcji będących wynikiem przetworzenia sygnałów dynamicznych. Funkcją taką jest np. analiza widmowa. Zadaniem systemu diagnostyki jest w tym przypadku konwersja danych (tu charakterystycznych składowych widma) w informacje użyteczne dla służb UR, mówiące np. o (i) jakości zasilania, (ii) stanie technicznym obwodów elektrycznych silnika, (iii) stanie technicznym napędzanej przez silnik maszyny etc.

W lewej dolnej części rys. 2 pokazano panele systemu e-MCM służące do monitorowania anomalii pracy agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi. System e-MCM jest najnowszą wersją systemu detekcji anomalii firmy ARTESIS (natomiast w tej części rysunku mogłyby się również znaleźć inne wyroby klasy e-MCM, jak np. system AnomAlert) i posiada te wszystkie funkcjonalności, które dla systemu AnomAlert zostały opisane w [5, 6, 7]. Systemy te wykonują m.in. analizę widmową. Dane z sensorów są gromadzone i przetwarzane przez specjalizowane monitory, które w dalszej kolejności są podłączone do jednego (w przypadku małej aplikacji) lub różnych (w przypadku aplikacji rozbudowanej w dużym przedsiębiorstwie) SAD-ów<sup>3</sup>.

Jako rozwiązanie systemowe, możliwość akwizycji danych z systemów zabezpieczeń elektrycznych została pierwotnie wykorzystana i wdrożona w systemie diagnostyki SYSTEM 1 dla zabezpieczeń silników klasy MULTILIN. Specjalny RuelPak, tzn. oprogramowanie o funkcjonalności ekspertowej, dokonuje konwersji wyekstrahowanych danych statycznych na informacje użyteczne dla służb utrzymania ruchu. SYSTEM 1, jako system wielofunkcyjny, umożliwia również zarządzanie danymi statycznymi dostępnymi z systemów e-MCM, AnomAlert i podobnych. Jego możliwości ograniczają się jednak jedynie do prezentacji danych statycznych



Rys. 2. Rozwiązanie systemowe umożliwiające wnioskowanie o stanie technicznym, bazujące na analizach widmowych prądów/napięć

dedykowanych anomalii dotyczącym (i) zasilania agregatu, (ii) stanu elektrycznego oraz (iii) stanu mechanicznego agregatu.

Jak wynika z powyższego opisu, interfejsowanie systemów klasy e-MCM z SYSTEM 1 jest zrealizowane w ograniczonym zakresie, bowiem nie daje możliwości prezentacji (i wykorzystania) generowanych przez te systemy analiz widmowych.

Alternatywnie prezentacja danych z monitorów klasy e-MCM jest możliwa w systemie monofunkcyjnym, jakim jest specjalizowane oprogramowanie firmy ARTESIS dedykowane tym monitorom: ARTESIS MCM-SCADA. W tym przypadku do pojedynczego SAD-a ARTESIS można podłączyć do kilkuset monitorów klasy e-MCM.

MCM-SCADA oprócz prezentacji danych statycznych (tak jak to jest dostępne z pomocą SYSTEM 1) umożliwia także prezentację analiz widmowych w zakresie widma normalnego, widma granicznego (widma te są wypracowywane w fazie samouczenia się urządzenia monitorującego – przykład takich widm pokazano w [7]) oraz widma bieżącego. Możliwość oglądania wymienionych widm daje szybki pogląd tak na stan techniczny agregatu, jak i realizowanego procesu, a w przypadku sygnalizowania jakiejś anomalii umożliwia specjalistom

bardziej krytyczne spojrzenie na dane źródłowe stanowiące podstawę sformułowanej oceny o przyczynach odpowiedzialnych za wystąpienie anomalii.

W dolnej prawej części rys. 2 pokazano grupę zabezpieczeń silników elektrycznych (na przykładzie produktów z serii General Electric MULTILIN), które umożliwiają gromadzenie dynamicznych przebiegów czasowych sygnałów elektrycznych. Dotychczas nie było dostępne rozwiązanie systemowe umożliwiające dla tego typu monitorów/zabezpieczeń gromadzenie danych, a dodatkowo ich inteligentne przetwarzanie oraz prezentację podobną do tej, jaką umożliwia MCM-ARTESIS.

Podjęto zatem zadanie opracowania takiego rozwiązania systemowego, które umożliwiłoby, w ramach przemysłowej sieci zakładowej [10], prowadzenie bardziej zaawansowanego nadzoru ważnych agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi, które są wyposażone w zabezpieczenia elektryczne udostępniające akwizycję sygnałów dynamicznych w postaci cyfrowej. Opracowany został system i-MCM, który opisano w kolejnym punkcie.

### 3. Rozwiązanie systemowe i-MCM

Punktem wyjścia do budowy systemu było doświadczenie zgromadzone przy wdrażaniu wcześniejszych wersji



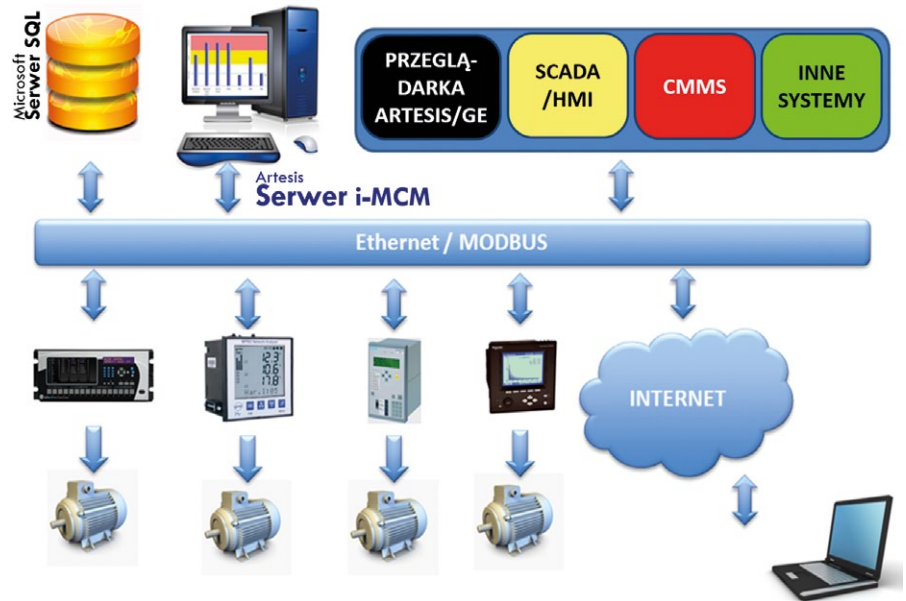
sprzętowego systemu detekcji anomalii e-MCM. Funkcjonalność tych systemów zapewnia m.in. akwizycję danych dynamicznych, ich pierwotny *post processing* prowadzący się do wykonywania analizy widmowej, proces samokształcenia na okoliczność wygenerowania widm: normalnego oraz granicznego, a także wtórny *post processing*, w ramach którego, w oparciu o widmo bieżące, generowana jest nie tylko ocena w kategoriach stan normalny *versus* nienormalny, ale także w przypadku rozpoznania anomalii, w oparciu o inteligentne algorytmy wnioskowania, ma miejsce ocena najbardziej prawdopodobnych przyczyn jej wystąpienia.

Dodanie funkcjonalności umożliwiających realizowanie utrzymania ruchu bazującego na zmianie stanu technicznego jest możliwe na poziomie oprogramowania systemowego, np. z poziomu SAD-a dedykowanego temu zadaniu.

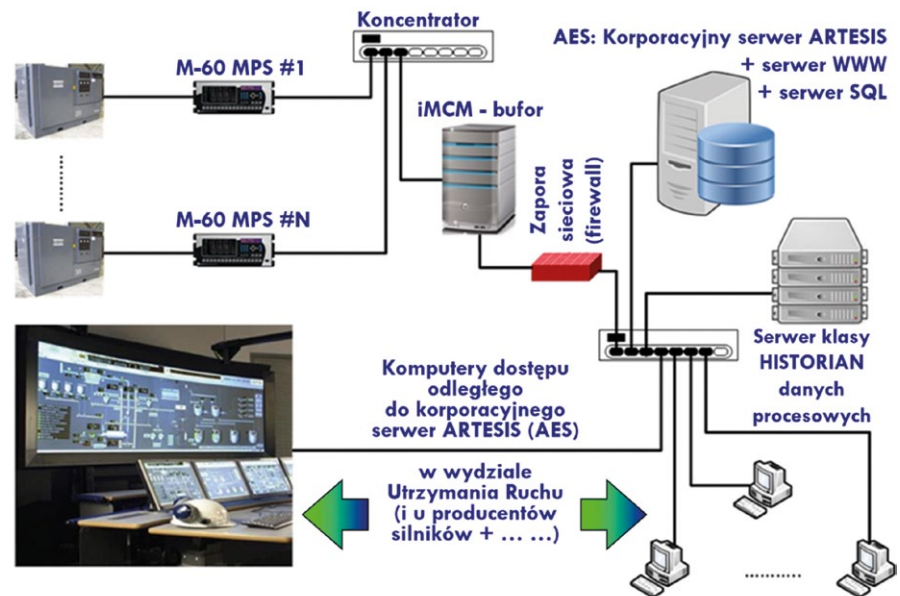
Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu rynkowemu, firma ARTESIS opracowała specjalizowany system i-MCM, który umożliwia akwizycję danych z dużej grupy monitorów i zabezpieczeń klasy MULTILIN, dedykowanych zarówno silnikom elektrycznym (m.in. M60 MPS, 469 MPS, 369 MPS, 339 MPS), jak i generatorom (w tym m.in. G60 GPS). Wszystkie wymienione systemy zabezpieczeń posiadają możliwość gromadzenia danych dynamicznych dla prowadzonych pomiarów elektrycznych i posiadają wyjście sprzętowe umożliwiające link sieciowy do SAD. Na rys. 3 pokazano strukturę systemu, który może być zaimplementowany na bazie istniejącej już infrastruktury sieci przemysłowej.

Do systemu i-MCM mogą być oczywiście podłączone także wyroby innych producentów o podobnym przeznaczeniu do produktów MULTILIN, które posiadają wyjście cyfrowe umożliwiające eksport danych dynamicznych, tzn. wyjście cyfrowe o właściwościach podobnych do buforu ww. produktów MULTILIN.

Serwer i-MCM zajmuje się gromadzeniem danych dynamicznych i poprzez zabezpieczenie sieciowe komunikuje się z serwerem ARTESIS (=AES – pokazano go na rys. 4), który jest bezpośrednio odpowiedzialny za proces oceny stanu technicznego. AES dodatkowo



Rys. 3. Struktura systemu akwizycji symptomów stanu technicznego z systemów zabezpieczenia silników



Rys. 4. Struktura systemu uruchomionego w testowej rafinerii

gromadzi również wybrane dane z serwera procesowych danych historycznych, co umożliwia zwiększenie poprawności wnioskowania o stanie technicznym w przypadkach, w których symptomy stanu technicznego są znacząco skorelowane ze zmiennymi procesowymi.

#### 4. Testowe wdrożenie systemu

Testowe wdrożenie systemu iMCM/AES zrealizowano w roku 2014 w Rafinerii Kirikkale w Turcji [ 10], w której

napędy ważnych agregatów są zasilane 3-fazowo i nadzorowane z pomocą zabezpieczeń elektrycznych M60 MPS. Celem wdrożenia było z jednej strony zwiększenie produktywności oraz efektywności finansowej działania rafinerii, z drugiej natomiast zweryfikowanie poprawności i skuteczności działania opracowanego systemu.

Nim przystąpiono do implementacji, postawione zostały ze strony rafinerii dodatkowe wymagania:



- implementacja zostanie dokonana w sposób niezaburzający ciągłości produkcji;
- skonfigurowanie wykorzystywanych już w procesie produkcyjnym systemów SCADA/DCS nie zostanie naruszone;
- wprowadzenie dodatkowych elementów systemowych nie spowoduje negatywnego oddziaływania na wcześniej już pracujące w sieci systemy;
- zapewnione zostanie pełne bezpieczeństwo cybernetyczne.

Strukturę wdrażanego systemu pokazano na rys. 4. Dane gromadzone z MPS-ów są przesyłane do serwera iMCM z wykorzystaniem istniejącej sieci przemysłowej (wykorzystywanej także na okoliczność realizacji różnych innych zadań). Serwer i-MCM komunikuje się poprzez zaporę sieciową z AES. Na AES zaimplementowane jest oprogramowanie wykorzystujące inteligentne procedury wnioskowania o stanie technicznym, podobne do tych, jakie są wykorzystywane w sprzętowych systemach rozpoznawania anomalii klasy e-MCM.

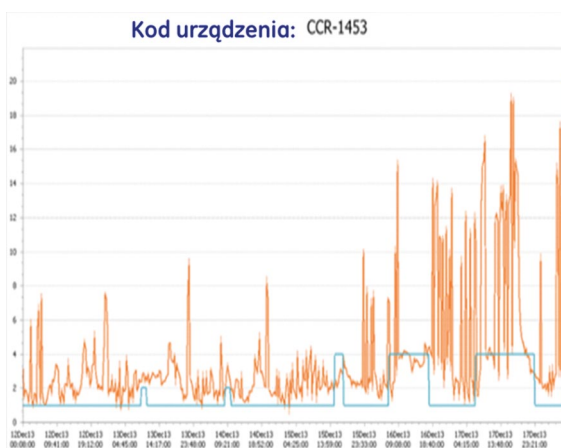
### 5. Przykłady wnioskowania

Wnioskowanie o stanie technicznym może być prowadzone w oparciu o różne analizy. Tu zostaną pokazane dwa przykłady, w których wykorzystano: (i) analizę trendu oraz (ii) analizę widmową.

Na rys. 5 pokazano trend miary zmiany stanu technicznego sprężarki śrubowej. Wzrost wartości bieżących dla osi Y (krzywa brązowa) świadczy o powiększającym się odstępstwie bieżącego stanu technicznego w stosunku do stanu uznawanego za normalny i pokazanego na rysunku w kolorze niebieskim (ta krzywa podlega również niewielkim zmianom, co jest wynikiem jej uzależnienia od bieżących obciążeń procesowych). Te coraz większe wartości wskazań dla osi Y mówią o powiększającej się nienormalności stanu technicznego.

Podjęto decyzję o odstawieniu agregatu i dokonaniu jego przeglądu. Stwierdzono uszkodzenie łożyska silnika oraz zanieczyszczenie uzwojeń stojana rozbryzgami spalonego smaru łożyskowego – rys. 6.

W tym konkretnym przypadku koszty przeprowadzonych działań służb UR



Rys. 5. Indykacja zmiany stanu technicznego sprężarki śrubowej na bazie trendu „miary diagnostycznej”



Rys. 6. Uszkodzone łożysko silnika oraz zanieczyszczone uzwojenia stojana

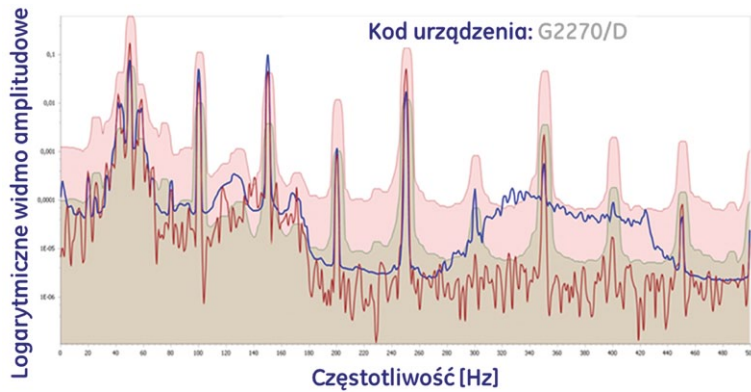
(naprawa silnika oraz przeprowadzonej przy okazji prewencyjnej wymiany łożysk sprężarki) wyniosły ~26 000 USD. Natomiast oszacowanie hipotetycznych kosztów, które mogły zostać poniesione w konsekwencji niespodziewanej awarii i w konsekwencji stosowania reakcyjnego UR (dla najbardziej niekorzystnego scenariusza) dawało kwotę 365 000 USD, a więc kilkunastokrotnie wyższą od poniesionych kosztów.

W kolejnym przykładzie zaprezentowano dane dotyczące agregatu pompowego pracującego w obwodzie wody chłodzącej chłodni. W związku z tym, że w przykładzie tym będzie wykorzystywana analiza widmowa obrazująca kilka widm, najpierw zostanie opisane, jak się ją uzyskuje i jak w oparciu o nią prowadzi się wnioskowanie.

W początkowej fazie pracy systemy klasy e-MCM (czyli systemy sprzętowego generowania anomalii) generują charakterystyki odpowiadające stanowi normalnemu (z założenia monitorowane w tej fazie pracy systemu

urządzenia znajdują się w dobrym stanie technicznym). Podobnie działa system i-MCM (tzn. systemy programowego generowania anomalii), który jeśli jest podłączony do ww. systemu zabezpieczeń MULTILIN, w początkowej fazie działania winien wygenerować charakterystyki odpowiadające stanowi normalnemu. Na rys. 7 pokazano przykładową typową analizę, na której znajduje się kilka krzywych przedstawiających widma. Są to:

- krzywa ograniczająca pole szarobrązowe – obrazuje ono statystycznie wyznaczone widmo odpowiadające normalnemu stanowi technicznemu agregatu;
- krzywa ograniczająca pole bladobiałe – obrazuje ono statystycznie wyznaczone widmo odpowiadające granicznie akceptowalnemu stanowi technicznemu agregatu; przekroczenie tej krzywej jest równoznaczne z pojawieniem się alarmu zalecającego odstawienie agregatu i przekazaniem go do naprawy;



Rys. 7. Indykacja zmiany stanu technicznego pompy na bazie analizy widmowej



Rys. 8. Zanieczyszczenia filtra na ssaniu pompy

- krzywa brązowa – pokazuje przykładową bieżącą analizę widmową odpowiadającą normalnemu/dobremu stanowi technicznemu;
- krzywa granatowa – pokazuje przykładową bieżącą analizę widmową, na podstawie której wygenerowany został alarm, bowiem nieznacznie została przekroczona charakterystyka granicznie akceptowalnego stanu technicznemu.

W tym przypadku system i-MCM wygenerował alarm w konsekwencji turbulizacji przepływu medium, co w analizie widmowej (rys. 7, który prezentuje analizę widmową wykonaną w paśmie do 500 Hz) jest widoczne jako podniesienie poziomu drgań dla składowych widma w paśmie 320–440 Hz.

W opisywanym przypadku zostało fragmentarycznie i nieznacznie przekroczone widmo graniczne akceptowalnego stanu technicznego przez krzywą granatową (co ma miejsce dla częstotliwości ~330 Hz). Po zatrzymaniu pompy stwierdzono zanieczyszczenia filtra po stronie ssania, co zostało pokazane na rys. 8. Zanieczyszczenia przyczyniły się do zwiększenia oporów po stronie ssania, co spowodowało zmniejszone ciśnienie na ssaniu pompy i w konsekwencji pojawienie się kawitacji na jej wirniku [11].

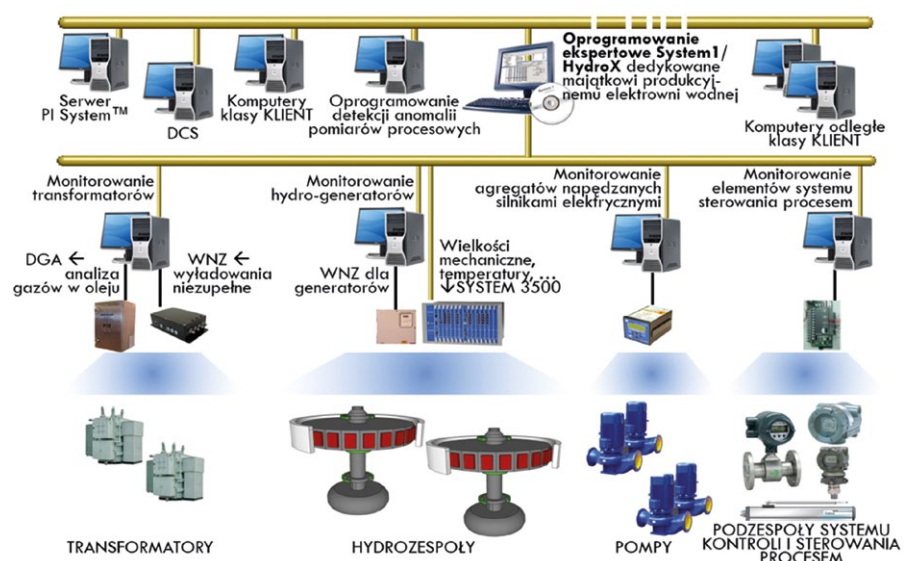
Usunięcie przyczyny mniejszej drożności filtra spowodowało poprawę w działaniu pompy, a obraz omawianego symptomu stanu technicznego (pokazany na rys. 7 z pomocą krzywej brązowej) znalazł się prawie w pełnym zakresie częstotliwości w polu szarobrazowym, tzn. w polu normalnego stanu technicznego agregatu pompowego.

## 6. Kompleksowe rozwiązania

Kompleksowość systemu wykorzystywanego przez służby utrzymania ruchu może być zróżnicowana. W tym celu mogą być stosowane rozwiązania systemowe, które wykorzystywane są do oceny działania bardzo zróżnicowanego majątku produkcyjnego i wykorzystujące dane z bardzo zróżnicowanych pomiarów lub też takie, które są nastawione bądź to na specyficzny majątek produkcyjny, bądź też na specyficzny rodzaj środków technicznych wykorzystywanych w celu nadzoru. I tak np. producenci systemów zabezpieczeń silników oraz systemów identyfikujących nie-normalność pracy agregatów, na które składają się maszyny napędzane silnikami elektrycznymi, dążą do podniesienia atrakcyjności systemów oferowanych

na rzecz wspomagania służb utrzymania ruchu w zakresie możliwie wczesnego rozpoznawania pogarszania się stanu technicznego. Poniżej omówiono trzy takie rozwiązania systemowe, ograniczając się do systemów i produktów wymienianych wcześniej w artykule.

Firma BENTLY NEVADA oferuje dla kompleksowego nadzoru stanu technicznego systemu diagnostyki SYSTEM 1 EVO, który umożliwia akwizycję, wizualizację i zaawansowane przetwarzanie wszelkich pomiarów wspomagających kontrolę zmian stanu technicznego. Na rys. 9 pokazano przykład wdrożenia tego systemu<sup>4</sup> w elektrowni wodnej. Do systemu, poza typowymi pomiarami wielkości mechanicznych i temperatur, zostały w tym przypadku włączone także różne inne pomiary z tzw. elektrycznego



Rys. 9. Przykładowe zastosowanie SYSTEM 1 w systemowej elektrowni wodnej

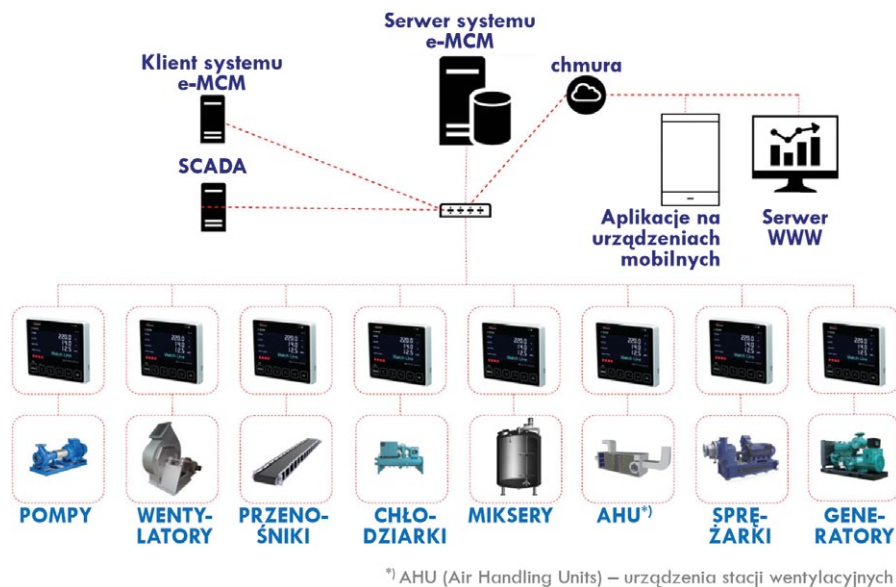


majątku produkcyjnego. I tak były to m.in. pomiary wyładowań niezupełnych dla transformatorów oraz generatorów, a także pomiary elektryczne z silników elektrycznych o mocy do kilkudziesięciu kW napędzających różne pompy – w tym także pompy układu olejowego łożysk hydrozespołów (o mocy ~300 MW). Mimo że pompy te były podwójnie rezerwowane, to ze względu na ich ważność zdecydowano się na rozszerzenie ich już istniejącego monitoringu drganiowego i temperaturowego o dodatkowy monitoring elektryczny z wykorzystaniem monitorów detekcji anomalii AnomAlert.

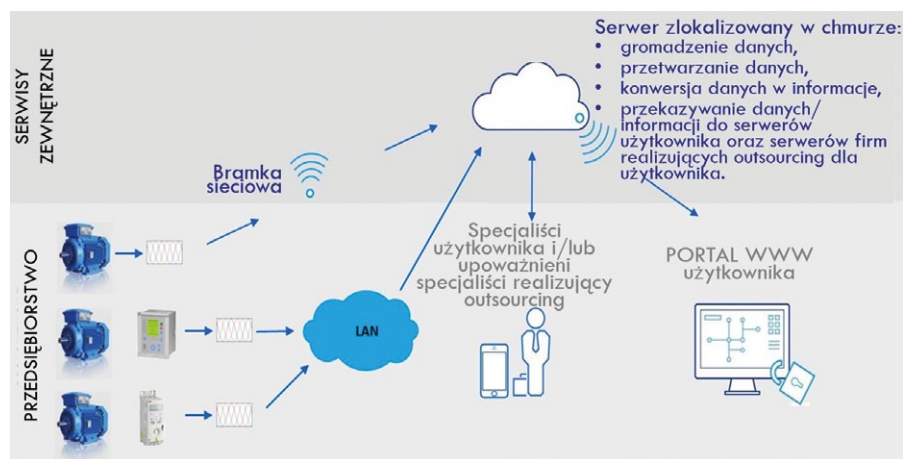
Wszystkie pomiary wykorzystywane przez służby utrzymania ruchu były gromadzone przez SYSTEM1, tzn. w systemie tym były dostępne również pomiary realizowane przez monitory AnomAlert.

Firma ARTESIS dla swojego ostatniego produktu, jakim jest e-MCM, daje możliwość podłączenia wielu e-MCM-ów do oprogramowania wspomagającego wnioskowanie o stanie technicznym agregatu, które jest dedykowane temu produktowi. Stosowanie takiego rozwiązania systemowego staje się szczególnie atrakcyjne w przypadku, w którym użytkownik jest zainteresowany predykcyjnym utrzymaniem ruchu, natomiast do tej pory nie wdrożył bardziej zaawansowanego systemu diagnostyki. Strukturę takiego rozwiązania pokazano na rys. 10, na którym również wymieniono typowe maszyny, które są napędzane silnikami elektrycznymi i są włączane do takiego nadzoru umożliwiającego realizowanie utrzymania ruchu na bazie dobrej informacji o zmianach stanu technicznego. Zauważmy, że dla szeregu wymienionych tu rodzajów maszyn nie jest na ogół wykorzystywane monitorowanie stanu technicznego z pomocą drgań mechanicznych. Samodzielne zastosowanie e-MCM umożliwia śledzenie zmian stanu technicznego dotyczącego zarówno obwodów elektrycznych, jak i podzespołów mechanicznych.

Firma General Electric oferuje produkty MULTILIN do zabezpieczeń pracy różnego majątku elektrycznego, w tym również silników elektrycznych. Systemy zabezpieczeń elektrycznych nie



Rys. 10. Możliwość objęcia systemowym nadzorem agregatów nadzorowanych z pomocą systemów detekcji anomalii e-MCM



Rys. 11. Wykorzystanie chmury dla zwiększenia efektywności działania służb utrzymania ruchu

były w przeszłości typowo stosowane do wspomagania nadzoru stanu technicznego, bowiem nie posiadały zaszytych w sobie procedur inteligentnego wnioskowania o stanie technicznym ani tym bardziej procedur samouczenia się. Natomiast w przypadku systemu zabezpieczeń MULTILIN 869<sup>5</sup> (a więc systemu umożliwiającego dodatkowo pracę na rzecz predykcyjnego/proaktywnego utrzymania ruchu) jego producent umożliwia zastosowanie firmowego oprogramowania EnerVista. Podobnie jak w przypadku rozwiązania systemowego pokazanego na rys. 10, możliwe jest nadzorowanie wielu maszyn

wyposażonych w zabezpieczenie MULTILIN 869 z pomocą jednego serwera. Oprogramowanie EnerVista umożliwia wgląd nie tylko w dane bieżące, ale również w dane historyczne zgromadzone w urządzeniu.

## 7. Zakończenie

Internet przemysłowy posiada wznoszące znaczenie także dla UR dzięki mnogości pomiarów, które coraz łatwiej można transmitować do chmury, w niej przetwarzać i wykorzystywać pozyskiwane tą drogą informacje dla obniżenia kosztów UR [12]. W ramach internetu przemysłowego istnieje łatwa możliwość



zainstalowania specjalizowanego i inteligentnego oprogramowania systemowego, umożliwiającego na bazie dynamicznych przebiegów czasowych wielkości elektrycznych rozpoznawanie anomalii pracy różnych agregatów tak, jak to zostało pokazane na trzech przykładach powyżej.

Dla każdego z tych przykładów można wyobrazić sobie różne scenariusze wdrożenia systemu, poczynając od rozwiązania lokalnego, tzn. takiego, które wykorzystuje jedynie serwery i infrastrukturę sieciową zlokalizowaną w przedsiębiorstwie, a kończąc na takim, które wykorzystuje możliwości PRZEMYSŁU 4.0, w tym m.in. chmury, tak jak to zostało zaprezentowane przez firmę ARTESIS na rys. 11.

Chmura przejmuje na siebie różne funkcjonalności (tak jak to zostało wymienione na rys. 11 w jego prawej górnej części) i może zwrotnie przekazywać dane i informacje czy to bezpośrednio do właściciela majątku produkcyjnego, czy też do współpracujących z nim na bazie outsourcingu partnerów.

Producenci takich systemów współcześnie najczęściej dbają o zapewnienie bezpieczeństwa cybernetycznego wykorzystywanej w przedsiębiorstwie sieci przemysłowej.

Zauważmy, że takie kompleksowe rozwiązania buduje się najefektywniej dla pewnych znormalizowanych lub zstandardyzowanych rozwiązań. Podobnie jak w przypadku nadzoru drgań mechanicznych, ich włączenie do tzw. systemu diagnostyki jest technicznie i funkcjonalnie najefektywniejsze wtedy, kiedy interfejsowaniu z nim podlegają systemy monitorowania i zabezpieczeń w jednym standardzie (np. SYSTEM 3500, ORBIT 60), podobnie jak dla systemów wykorzystujących dynamiczne analizy prądów i napięć ich włączenie do jednego systemu jest najefektywniejsze wtedy, kiedy są to systemy jednego typu. W przypadku, w którym zróżnicowanie podłączanych do serwera urządzeń wzrasta, a tym bardziej wtedy, gdy wrasta również liczność zbioru producentów tych systemów, ich połączenie w jeden system staje się bardziej skomplikowane (i tym samym droższe), a jakość (mierzona funkcjonalnością diagnostyczną) na ogół się pogarsza.

Na koniec zauważmy jeszcze, że takie systemowe rozwiązanie jest proekologiczne, bowiem dzięki realizowanym pomiarom posiada doskonałe możliwości w zakresie bieżącej automatycznej kontroli sprawności termodynamicznej maszyn i urządzeń. Realizuje ono automatycznie informowanie służb UR w przypadku obniżenia się sprawności bieżącej poniżej dolnej granicznie dopuszczalnej sprawności termodynamicznej agregatu. Ze względu na fakt, że regresja sprawności na ogół nie jest odpowiednio wcześniej rozpoznawana przez obsługę zautomatyzowanie tego procesu przyczynia się tym samym do lepszego wykorzystania energii elektrycznej.


### Przypisy

1. TDI = Transient Data Interface, CMM = Condition Monitoring Module.
2. Pod pojęciem „system diagnostyki” rozumie się serwer systemu diagnostyki wraz z oprogramowaniem, procesory komunikacyjne oraz sieć łączącą systemy monitorowania i zabezpieczeń z wymienionymi komponentami.
3. SAD = Serwer Akwizycji Danych Diagnostycznych.
4. SYSTEM 1 stanowi poprzednią generację SYSTEM 1 EVO.
5. W połowie 2017 roku firma General Electric wprowadziła w tym typie urządzenia firmware z opcjonalnym modułem diagnostyki ESA (*Electrical Signature Analysis*, czyli analiza podpisu na bazie pomiarów elektrycznych), z językiem polskim w menu urządzenia oraz oprogramowaniu narzędziowym. MULTILIN 869 z opcją EAS prowadzi diagnostykę w sposób ciągły, w trakcie pracy silnika, i nie wykorzystuje żadnej dodatkowej aparatury poza tą, która jest typowo używana przez przekaźniki zabezpieczeniowe. Szczegółowe informacje o danych gromadzonych przez ten przekaźnik i mogących wspomagać służby utrzymania ruchu opisano w [9].

### Literatura

- [1] NOWICKI R.: *Zróżnicowanie systemów online nadzoru stanu technicznego agregatów z napędami elektrycznymi*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 89/2011.

- [2] NOWICKI R.: *Nadzór stanu technicznego agregatów z napędami elektrycznymi – wprowadzenie do tematyki*. „Napędy i Sterowanie” 10/2013.
- [3] NOWICKI R.: *Klasyczne metody nadzoru stanu technicznego agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi*. „Napędy i Sterowanie” 11/2013.
- [4] API STD 670, Machinery Protection Systems, 5th edition, NOV 2014.
- [5] HATCH CH.T., KUZKAYA C.: *AnomAlert Motor Anomaly Detector – Under the Hood*. „ORBIT” Vol. 32, 2012, No. 2.
- [6] SONG J., NOWICKI R., DUYAR A.: *Zastosowanie modelowania diagnostycznego dla wspomagania predykcyjnego utrzymania ruchu i zwiększenia efektywności energetycznej w hucie*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2(99)/2013.
- [7] SONG J., NOWICKI R., DUYAR A.: *Sprzętowe rozpoznawanie anomalii pracy agregatów napędzanych silnikami elektrycznymi*. „Napędy i Sterowanie” 1/2014.
- [8] TAYLOR J.K.: *Announcing the TDISecure Communication Processor*. „ORBIT” Vol. 33, 2013, No. 4.
- [9] JUSZCZYK, A.: *Diagnostyka silników wykorzystująca wielkości pomiarowe aparatury zabezpieczeniowej*. „Wiadomości Elektrotechniczne” 11(85)/2017.
- [10] BILGIN E., OZDEMIR H., CIVELEK Y., ÖNEL I., DUYAR A.: *Use of Industrial Big Data for “No Unplanned Downtime” at Tupras Refinery (...)*, Austorque Machines 2014, Sydney, Australia.
- [11] NOWICKI R.: *(Niczym krewetki...) Nowe możliwości w zakresie nadzoru pomp*. „Pompy. Pompownie” 2/2017.
- [12] *Industrial Internet 101*. „ORBIT” Vol. 33, 2013 No. 4.

 dr inż. Ryszard Nowicki  
e-mail: Ryszard.Nowicki@vp.pl  
niezależny ekspert, NOVITECH+;  
prof. dr. Ahmet Duyar  
e-mail: Ahmet.Duyar@artesis.com  
ARTESIS TECHNOLOGY SYSTEMS AS

# Diagnostyka maszyn i urządzeń – uwagi ogólne

Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec

Współcześnie, w okresie stale rosnących wymagań wobec wydajności oraz redukcji kosztów produkcji w przemyśle i energetyce, koniecznością staje się właściwa eksploatacja i diagnostyka maszyn. Często uszkodzenia niewielkich elementów napędowych skutkują znacznymi stratami wynikającymi z nieprzewidzianego zatrzymania procesu produkcyjnego oraz nieplanowych prac remontowych. Diagnostyka maszyn i urządzeń oraz monitorowanie parametrów ich pracy pozwalają uniknąć skutków awarii, właściwie zaplanować okresy przeglądów i remontów maszyn i urządzeń oraz znacznie wydłużyć czas ich eksploatacji [2.1–2.33].

Maszyny przemysłowe tworzą coraz to bardziej złożone zespoły, towarzyszy temu coraz intensywniejsza produkcja przemysłowa i eksploatacja maszyn i urządzeń, często 24 godziny na dobę, czyli w ruchu ciągłym. Podstawowym zadaniem stawianym inżynierom jest ciągły wzrost wydajności maszyn i urządzeń. Wzrostowi wydajności powinno towarzyszyć zwiększenie starań o zapewnienie pełnej sprawności maszyn i urządzeń. Trzeba to pogodzić ze stale malejącą liczebnością personelu odpowiedzialnego za utrzymanie ruchu i serwisu maszyn i urządzeń. Wzrastająca wartość maszyn i urządzeń w przemyśle kieruje uwagę służb utrzymania ruchu i służb eksploatacyjnych na unowocześnianie zasad eksploatacji i serwisu.

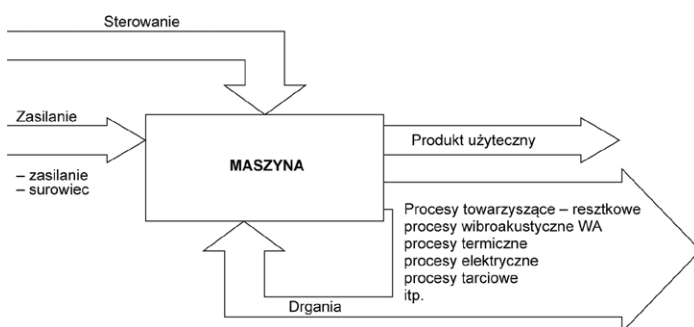
Stawiane są żądania wysokiej efektywności, niezawodności i konieczności spełnienia innych cech świadczących o sprawnym i prawidłowym wykonywaniu zadań eksploatacyjnych. Pociąga to za sobą konieczność opracowania i ciągłego udoskonalania metod umożliwiających zbieranie oraz analizowanie informacji o właściwościach funkcjonujących maszyn i urządzeń, o stopniu ich zdadności do wykonywania przewidzianych przez inżynierów zadań. Można powiedzieć, że stawiane jest co chwilę pytanie: jaki jest stan techniczny maszyny i urządzenia, jak się one zachowują, czy mają jakieś uszkodzenia? Efektywna organizacja procesów zmierzających do odpowiedzi na postawione wcześniej pytania jest podstawowym zadaniem diagnostyki technicznej [2.1–2.33]. Bezpieczeństwo eksploatacji, dyspozycyjność oraz trwałość i niezawodność maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie produkcyjnym mają decydujący wpływ na kondycję ekonomiczną przedsiębiorstwa [2.1–2.33]. Znaczne straty produkcyjne mogą być skutkiem nieprzewidzianych awarii maszyn i urządzeń, a w konsekwencji ich postoju. Do tego dochodzą często bardzo kosztowne naprawy. Konieczne jest dysponowanie informacjami na bieżąco o zmianach stanu dynamicznego maszyn, o stopniu zaawansowania ich zużycia, rodzaju i poziomie uszkodzeń, po to, aby przewidzieć awarie i w miarę możliwości wcześniej podjąć odpowiednie działania zapobiegawcze. Prowadzenie eksploatacji maszyn i urządzeń na podstawie ich obserwacji przez obsługę jest niewystarczające. Diagnostyka maszyn i urządzeń oraz monitorowanie parametrów ich pracy pozwalają uniknąć

awarii, właściwie zaplanować okresy przeglądów i remontów oraz znacznie wydłużyć czas ich eksploatacji. Organizacyjna i finansowa atrakcyjność diagnostyki zespołów maszynowych oraz ciągły postęp w elektronice i jej dostępność zachęcają do intensywnego stosowania diagnostyki maszyn i urządzeń [2.23–2.25].

Jak pisze prof. Wojciech Cholewa [2.43], diagnostyka techniczna jest dziedziną intensywnie rozwijaną od połowy ubiegłego wieku. Obejmuje ona diagnostykę maszyn i diagnostykę procesów. W niniejszej książce ograniczymy się do diagnostyki maszyn i urządzeń.

## 1. Diagnostyka techniczna maszyn

Według prof. Czesława Cempla [2.13, 2.14] diagnostyka techniczna to dziedzina wiedzy, której celem jest określenie szeroko rozumianego stanu technicznego maszyn i urządzeń za pomocą obiektywnych metod i środków poprzez badania bezpośrednie ich właściwości i badania pośrednie procesów towarzyszących, tzw. procesów resztkowych. Każdy proces użyteczny wykonywany przez maszyny i urządzenia występuje w towarzystwie generacji procesów resztkowych typu wibroakustycznego, elektrycznego, termicznego itp. [2.13]. Współdziałanie maszyny z otoczeniem przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Współdziałanie maszyny z otoczeniem w dowolnym procesie produkcyjnym [2.13]

Według tego samego autora cel użyteczny diagnostyki maszyn charakteryzuje się trzema zadaniami:

- diagnoza – określenie bieżącego stanu technicznego;
- geneza – określenie przyczyn zaistnienia obecnego stanu;
- prognoza – określenie horyzontu czasowego przyszłej zmiany stanu technicznego.

Przesłanki [2.13, 2.14] do obiektywnej oceny stanu danej maszyny dają pomiary dostępnych do obserwacji symptomów (objawów) stanu technicznego i następnie wnioskowanie na podstawie otrzymanych danych. Symptom stanu [2.13, 2.14] zawiera w sobie trzy grupy parametrów i charakterystyk możliwych do obserwacji:

- parametry funkcjonalne, robocze maszyny elektrycznej (np. moc, prędkość, prąd);
- parametry i charakterystyki będące bezpośrednim symptodem zużycia (np. luzy, odchyłki kształtu i wymiarów w stosunku do wzorca);
- badanie procesów resztkowych (np. drgania, hałas, strumień osiowy, wyładowania niezupełne – *wnz*).

Każda maszyna przechodzi cztery fazy swego istnienia: konstruowanie, wytwarzanie, eksploatację i złomowanie. Na każdym etapie należy prowadzić stosowną diagnostykę. W sposób poglądowy przedstawiono to na rys. 2 [2.23]. Na rys. 3 przedstawiono ideę diagnostyki eksploatacyjnej maszyn [2.19–2.22].

W sposobie podejścia do diagnostyki autor [2.23] wyodrębniła jako oddzielną fazę życia maszyny – obszar złomowania, natomiast w fazie eksploatacji – obszar remontu, modernizacji i retrofitu [2.23]. Autor [2.23] uważa również, że faza eksploatacji zawierać w sobie może fazę procesu technologicznego z udziałem danej maszyny. Wykorzystanie metod diagnostyki technicznej na każdym etapie życia maszyny elektrycznej jest podstawowym elementem racjonalnego zachowania użytkownika maszyny. Na podstawie analizy sygnałów generowanych przez maszyny i urządzenia określa się ich stan, przewidując przy tym terminy koniecznych przeglądów i remontów – rys. 3. Spośród nowoczesnych metod badań diagnostycznych maszyn należy wyróżnić bardzo efektywne badania opierające się na wykorzystaniu informacji zawartych w sygnałach towarzyszących normalnej pracy maszyn [2.13, 2.14].

Podsumowując dotychczasowe rozważania, można stwierdzić, że głównym zadaniem diagnostyki maszyn i urządzeń jest rozpoznawanie stanu obiektu na podstawie dostępnych o nim informacji [2.43]. Stosowane metody takiego postępowania można podzielić ogólnie na dwie klasy [2.13, 2.14, 2.43]:

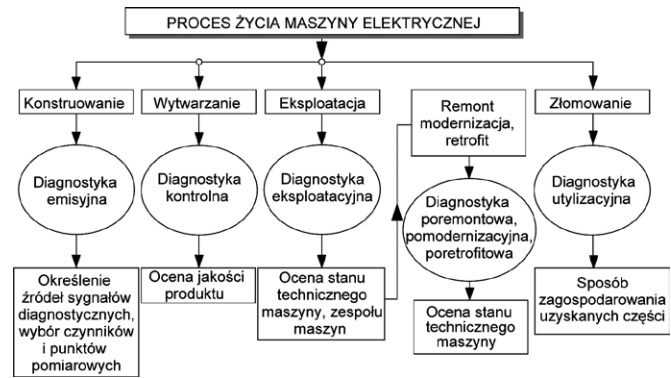
- diagnostyka symptomowa;
- diagnostyka wsparta modelami.

Diagnostyka symptomowa w opinii autorów monografii przeważa w zastosowaniach przemysłowych. Opiera się ona głównie na czynnym i biernym eksperymencie diagnostycznym [2.13, 2.14, 2.43]. Istotną zaletą diagnostyki symptomowej jest możliwość jawnego wykorzystania posiadanej wiedzy podczas postępowania diagnostycznego. *Postępowaniem alternatywnym do diagnostyki symptomowej jest diagnostyka wsparta modelami. Jej istotą jest porównanie wyników obserwacji działającego obiektu z wynikami symulowanego jego działania za pomocą posiadanego modelu i przy założeniu, że wejścia do procesu symulacji odpowiadają wejściom obserwowanym dla rozpatrywanego obiektu* [2.43].

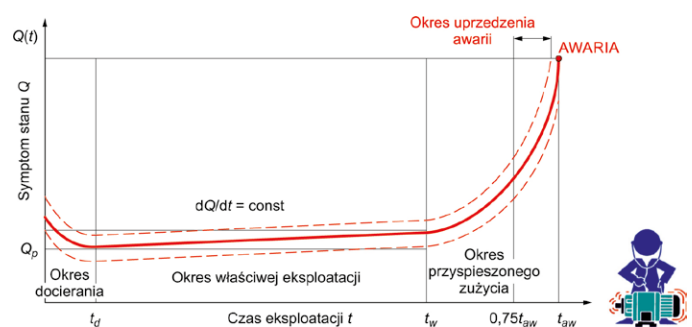
Przedstawione przez autorów niniejszej monografii metody diagnozowania maszyn elektrycznych i transformatorów mieszczą się w klasie diagnostyki symptomowej.

## 2. Symptomy uszkodzeń – zagadnienia ogólne

Diagnostyka techniczna maszyn i urządzeń, a w szczególności diagnostyka eksploatacyjna jest związana głównie ze strategią utrzymania maszyn w danym zakładzie przemysłowym, zależną od ich stanu technicznego. Określenie stanu technicznego maszyn i urządzeń odbywa się na podstawie analizy symptomów towarzyszących ich eksploatacji. Za symptomy autorzy



Rys. 2. Cele diagnostyki na poszczególnych etapach życia maszyny elektrycznej [2.23]



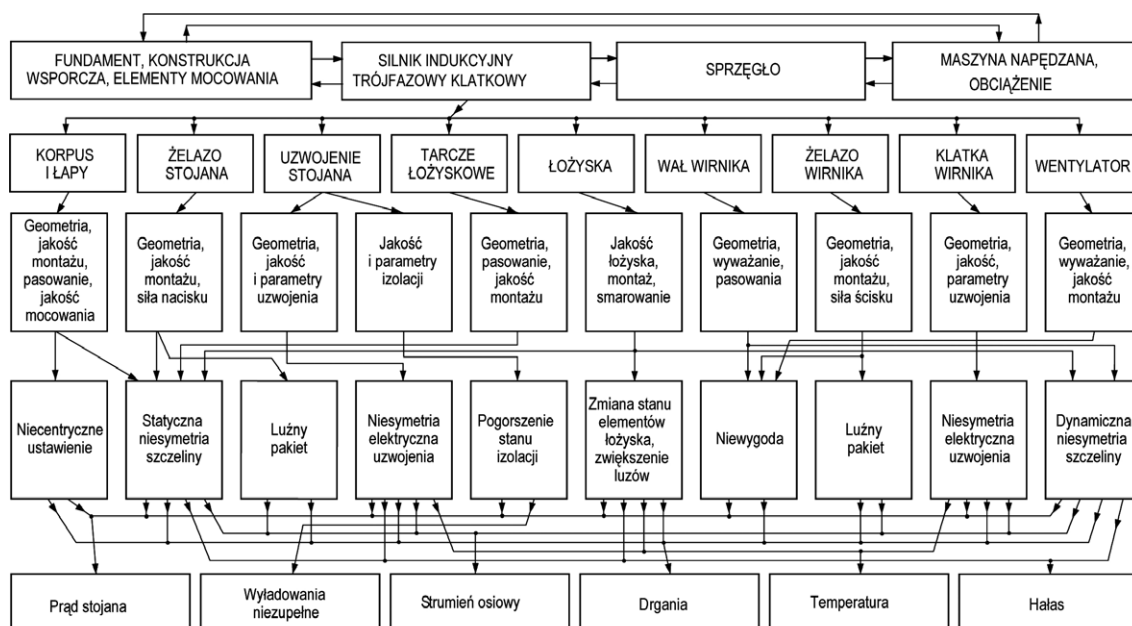
Rys. 3. Idea diagnostyki eksploatacyjnej maszyn, krzywa życia maszyn [2.5–2.12, 2.19–2.22]

uwzględniają ogół wielkości fizycznych związanych z pracą danej maszyny i urządzenia, a w szczególności zmiany tych wielkości. Odnosząc to przykładowo do silników indukcyjnych trójfazowych klatkowych, do symptomów towarzyszących ich pracy autorzy zaliczają charakterystyczne zmiany: prądu stojana, strumienia osiowego, drgań, temperatury, hałasu, wyładowań niezupełnych.

Zmiana symptomu może być związana ze zmianą obciążenia silnika bądź ze zmianą jego stanu technicznego, albo ze zmianą jednego i drugiego. W celu rozróżnienia zmiany obciążenia od zmiany stanu technicznego należy wykonać analizę tych zmian, przeprowadza się to w czasie procedury diagnostycznej. Określenie sposobu diagnozowania eksploatacyjnego przykładowo silników indukcyjnych klatkowych, podobnie jak i dla innych maszyn, musi być poprzedzone analizą mechanizmu powstawania danego uszkodzenia, które prowadzi do awarii lub do zatrzymania napędu i wykonania remontu. Trzeba prześledzić możliwą drogę powstawania uszkodzenia w maszynie i urządzeniu oraz określić symptomy towarzyszące ich eksploatacji, które będą reagowały już na początku pojawienia się uszkodzenia w możliwie najkrótszym czasie.

Na rys. 4 przedstawiono opracowany przez autora [2.23] uproszczony schemat przyczynowo-skutkowy występowania symptomów uszkodzenia w silnikach indukcyjnych trójfazowych klatkowych używanych w napędach przemysłowych. Pokazano w uproszczony sposób wzajemne zależności oraz





**Rys. 4.** Ogólny, uproszczony schemat przyczynowo-skutkowy występowania symptomów uszkodzenia w silnikach indukcyjnych trójfazowych klatkowych [2.13]

drogi powstawania zmian danego symptomu. Zwraca uwagę bardzo złożony mechanizm występowania symptomów uszkodzenia. Aby zmniejszyć awaryjność zespołów maszynowych w przedsiębiorstwach, ustalono [2.23] warunki konieczne, jakich należy bezwzględnie przestrzegać dla zapewnienia należytego utrzymania ruchu zespołów maszynowych. Są to [2.23]:

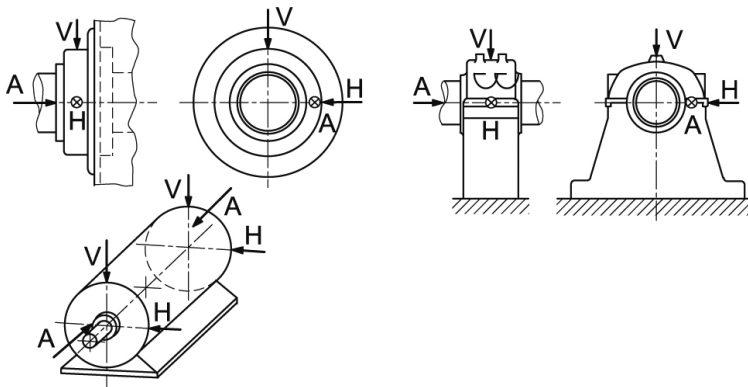
- udział zespołu diagnostycznego w odbiorach nowych maszyn i urządzeń;
- silniki bezwzględnie przed oddaniem do eksploatacji należy sprawdzać w Stacji Prób i Pomiarów z właściwym wyposażeniem badawczym (fundament do badań, stanowisko, aparatura), zarówno pod względem elektrycznym, jak i dynamicznym oraz termicznym;
- prawidłowy dobór silnika do wymagań napędzanego urządzenia oraz możliwości zasilania;
- prawidłowy dobór łożysk w napędzie i w maszynie napędzanej;
- prawidłowy dobór sprzęgła;
- właściwie zaprojektowana i wykonana konstrukcja wsporcza, fundament z elementami do mocowania silnika i maszyny napędzanej, dbałość o ich stan techniczny;
- napędy prawidłowo ustawione na konstrukcji wsporczej, fundamencie;
- wszystkie maszyny ustawiane z uwzględnieniem poprawek cieplnych;
- wszystkie wirniki wyważone z uwzględnieniem niewyważenia cieplnej;
- prawidłowe wyważanie wirnika zespołu: silnik + sprzęgło + maszyna napędzana;
- stosowanie właściwej techniki smarowania łożysk w zespole maszyn;
- dbałość o dobry stan izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych i transformatorów;

- stosowanie pomiaru temperatury tam, gdzie jest to konieczne;
- przestrzeganie zasad montażu i demontażu łożysk – podgrzewanie indukcyjne;
- przeprowadzanie remontów tylko wtedy, gdy stan techniczny maszyny i urządzenia wskazuje na jego konieczność; nie powinno się ingerować w sprawnie działającą maszynę i urządzenie; zalecana jest strategia utrzymania maszyn i urządzeń polegająca na eksploatacji zależnej od ich stanu technicznego. Powyższe uwarunkowania mają jednakową wagę.

### 3. Diagnostyka eksploatacyjna w przemyśle i energetyce

Najprostszą i najstarszą metodą diagnozowania maszyn wirujących pod względem mechanicznym są okresowe lub ciągłe pomiary szerokopasmowych poziomów drgań, które bazują na śledzeniu trendu zmian poziomu prędkości (głównie Europa) lub przyspieszenia drgań (głównie Ameryka, rzadziej Europa) w szerokim paśmie częstotliwości, obejmującym zakres widma częstotliwościowego maszyny. Zakres częstotliwości zależy od rodzaju maszyny [2.34, 2.35]. Zakres niezbędny do oceny maszyny z łożyskami tocznymi powinien zawierać częstotliwości wyższe niż w przypadku maszyny z łożyskami ślizgowymi. Dla silników WN częstotliwości żłobkowe znajdują się powyżej 1 kHz. Oznacza to, że zakres pomiarowy powinien obejmować co najmniej pasmo od 10 Hz do 2,0 kHz [2.23]. Dla maszyn wolnoobrotowych jest zalecana dolna granica częstotliwości na poziomie 2 Hz [2.23]. Autorzy zwracają uwagę na istotną różnicę w stosunku do poprzednich wymagań normowych. W przeszłości intensywność drgań wyznaczała wartość skuteczna prędkości drgań mierzona w paśmie od 10 Hz do 1 kHz.

Wielkości otrzymane z pomiarów w szerokim paśmie częstotliwości, obejmującym zakres widma częstotliwościowego



Rys. 5. Punkty pomiarowe w silniku poziomym wg norm [2.34, 2.35]

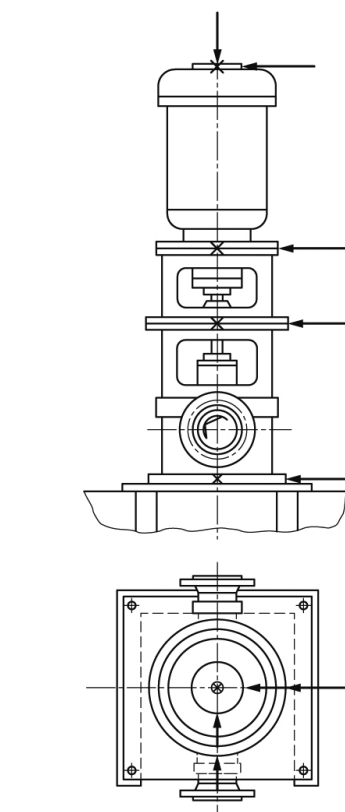
maszyny, są porównywane z dopuszczalnymi granicznymi poziomami wibracji określonymi w normie ISO 10816 [2.34] oraz normie ISO 7919 [2.35] i na tej podstawie maszyna jest oceniana, a następnie jest podejmowana decyzja o dalszej eksploatacji lub zatrzymaniu danej maszyny. Według normy ISO 10816 do oceny stanu technicznego maszyny należy wykonać pomiary wartości skutecznej prędkości drgań w ustalonym zakresie częstotliwości  $V_{RMS}$  w punktach przedstawionych na rys. 5 i rys. 6 oraz porównać wyniki ze wskazaniem norm. Natężenie drgań maszyny to największa ze zmierzonych wartości  $V_{RMS}$  w punktach pomiarowych.

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} \quad (1)$$

gdzie:

$V_{RMS}$  – wartość skuteczna prędkości drgań w określonym przedziale częstotliwości;  $T$  – przedział czasu, dla którego określa się  $V_{RMS}$ , czas całkowania;  $v(t)$  – prędkość drgań, sygnał prędkości drgań.

Bezwzględne wartości  $V_{RMS}$  podane przez normy nie zawsze są trafne, zważywszy na indywidualne cechy poszczególnych maszyn, impedancję mechaniczną w punkcie pomiaru, niemniej są one ogólnie użyteczne. Wskazują bowiem na ważność wzrostu poziomu drgań w różnym stopniu dla różnych maszyn. W normie ISO 10816 (rys. 9) stwierdza się, iż wzrost wartości  $V_{RMS}$  2,5-krotny (o 8 dB) jest zmianą istotną, ponieważ pokrywa jedną klasę jakości. Wzrost  $V_{RMS}$  10 razy (o 20 dB) lub więcej jest poważny, ponieważ może



Rys. 6. Punkty pomiarowe na pionowym zespole maszynowym wg normy [2.34, 2.35]

zmienić klasyfikację maszyny – „dobry stan techniczny” na „nie dopuszczalny stan techniczny”. W praktyce diagnostycznej wykonuje się pomiary drgań na obudowie łożysk lub na tarczach łożyskowych w obszarze największej sztywności albo na korpusie maszyny w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach (X, Y, Z) w płaszczyźnie prostopadłej do osi wału w kierunku poziomym i pionowym oraz wzdłuż osi wału na wysokości osi, możliwie jak najbliżej wału. Ilustrują to rys. 7 i 8.

reklama



### Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania



Systemy Pomiarowe



Technika Filtracji



Diagtronics



Akcesoria Hydrauliczne



Zawory Kulowe



Złącza Hydrauliczne



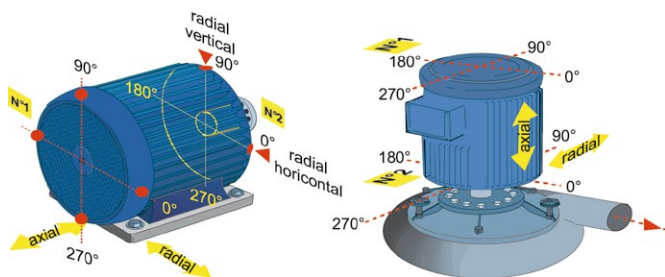
NOWOŚĆ!  
STAUFF  
Connect

Technologia Złącz Rurowych od STAUFF

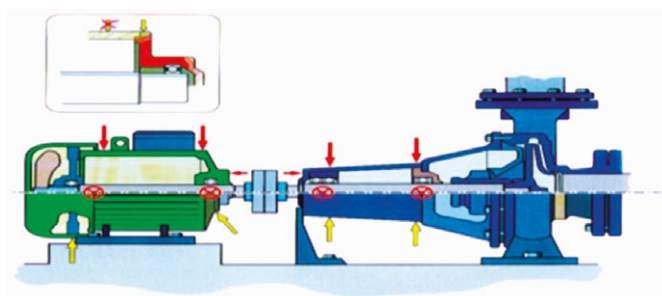


STAUFF Polska Sp. z o.o.  
Miszewko 43 A • 80-297 Banino  
Tel.: 058 660 11 60 • Fax: 058 629 79 52  
sales@stauff.pl

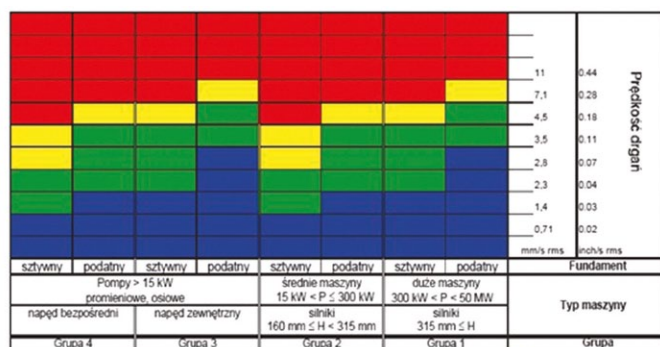
www.stauff.pl



Rys. 7. Punkty pomiarowe i kierunki pomiarów drgań dla przykładowego silnika poziomego i pionowego [2.36]



Rys. 8. Punkty pomiarowe i kierunki pomiarów drgań dla przykładowego agregatu pompowego [2.36]



Rys. 9. Graniczne dopuszczalne poziomy wibracji wg normy PN-EN-ISO 10816 [2.34]

Do oceny stanu drganiowego maszyn, utożsamianego z ich stanem dynamicznym, w praktyce przyjmuje się najczęściej podział na cztery strefy dynamiczne:

- **A – STAN DOBRY.** Na rys. 9 kolor niebieski. Poziom drgań nowo oddanych do eksploatacji maszyn powinien zawierać się w tej strefie.
- **B – STAN UŻYTECZNY.** Na rys. 9 kolor zielony. Maszyny, których poziom drgań zakwalifikowano do tej strefy, mogą pracować długotrwale bez ograniczeń.
- **C – STAN WARUNKOWO DOPUSZCZALNY.** Na rys. 9 kolor żółty. Maszyny, których poziom drgań zawiera się w tej strefie, uważa się zwykle za nienadające się do długotrwałej pracy ciągłej. Na ogół maszyna może pracować przez ograniczony czas, aż będzie możliwość podjęcia działań zapobiegawczych, remontowych.

Tabela 1. Klasyfikacja stref dla poszczególnych grup maszyn – drgania bezwzględne [2.34]

| GRUPA | POSADOWIENIE | GRANICE STREFY | PRĘDKOŚĆ DRGAŃ, WARTOŚĆ SKUTECZNA $V_{RMS}$ [mm/s] |
|-------|--------------|----------------|--|
| 1     | Sztwywny     | A/B            | 2,3  |
|       |              | B/C            | 4,5  |
|       |              | C/D            | 7,1  |
| 1     | Sprężyste    | A/B            | 3,5  |
|       |              | B/C            | 7,1  |
|       |              | C/D            | 11   |
| 2     | Sztwywny     | A/B            | 1,4  |
|       |              | B/C            | 2,8  |
|       |              | C/D            | 4,5  |
| 2     | Sprężyste    | A/B            | 2,3  |
|       |              | B/C            | 4,5  |
|       |              | C/D            | 7,1  |
| 3     | Sztwywny     | A/B            | 2,3  |
|       |              | B/C            | 4,5  |
|       |              | C/D            | 7,1  |
| 3     | Sprężyste    | A/B            | 3,5  |
|       |              | B/C            | 7,1  |
|       |              | C/D            | 11   |
| 4     | Sztwywny     | A/B            | 1,4  |
|       |              | B/C            | 2,8  |
|       |              | C/D            | 4,5  |
| 4     | Sprężyste    | A/B            | 2,3  |
|       |              | B/C            | 4,5  |
|       |              | C/D            | 7,1  |

Tabela 2. Klasyfikacja stref dla maszyn o mocy znamionowej poniżej 15 kW – drgania bezwzględne [2.34]

| GRANICE STREFY | PRĘDKOŚĆ DRGAŃ, WARTOŚĆ SKUTECZNA $V_{RMS}$ [mm/s] |
|----------------|--|
| A/B            | 0,71   |
| B/C            | 1,80   |
| C/D            | 4,50   |

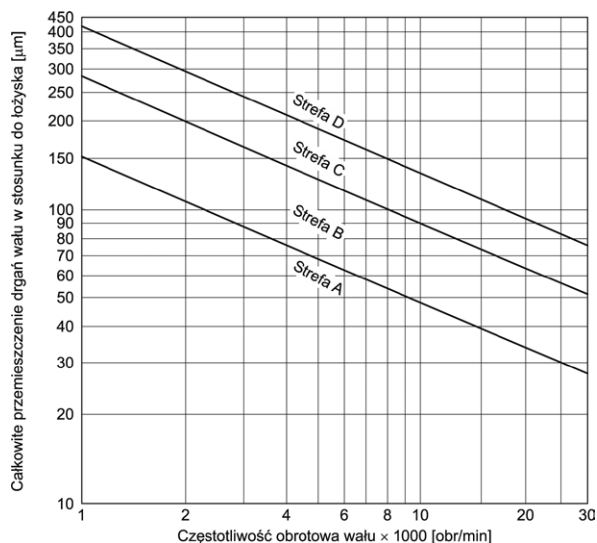
- **D – STAN NIEDOPUSZCZALNY.** Na rys. 9 kolor czerwony. Wartości poziomu drgań w tej strefie są uważane za zbyt duże i wskazują na możliwość wystąpienia uszkodzenia maszyny. Po osiągnięciu takiego poziomu drgań maszynę należy wyłączyć.

### Podział maszyn na grupy dynamiczne

Ze względu na grupy dynamiczne maszyn w praktyce przyjmuje się najczęściej podział przeprowadzony stosownie do typu maszyny, mocy znamionowej lub wzniosu osi wału, zgodnie z normą ISO 10816:

- **Grupa 1:** Wielkie maszyny o mocy znamionowej ponad 300 kW; maszyny elektryczne o wzniosie osi wału  $H \geq 315$  mm (maszyny te mają zazwyczaj łożyska ślizgowe, zakres prędkości obrotowych rozciąga się od 120 obr./min do 15000 obr./min).
- **Grupa 2:** Maszyny o średniej mocy znamionowej powyżej 15 kW aż do 300 kW włącznie; maszyny elektryczne o wzniosie osi wału  $160 \text{ mm} \leq H < 315$  mm (maszyny te mają zazwyczaj łożyska toczne i prędkości obrotowe powyżej 600 obr./min).





Rys. 10. Klasyfikacja stref dla poszczególnych maszyn - drgania względne [2.35]

- **Grupa 3:** Pompy z wirnikami wielołopatkowymi i z oddzielnym napędem (odśrodkowe, o mieszanym przepływie lub o przepływie osiowym) o mocy znamionowej powyżej 15 kW (maszyny tej grupy mogą mieć łożyska ślizgowe lub łożyska toczne).
- **Grupa 4:** Pompy z wirnikami wielołopatkowymi i z wbudowanym napędem (ośrodkowe, o mieszanym przepływie i o przepływie poosiowym) o mocy znamionowej powyżej 15 kW (maszyny tej grupy mogą mieć łożyska ślizgowe lub łożyska toczne).  
Dodatkowo, do czasu ukazania się stosownej części ISO 10816:
- **Grupa maszyn** o mocy znamionowej poniżej 15 kW.  
Wymagania drganiowe wobec maszyn przedstawiono w tabeli 1, tabeli 2 i na rys. 10.

#### 4. Podstawy badań diagnostycznych

Wynik pomiaru drgań w punktach pomiarowych na powierzchni maszyny (rys. 7, rys. 8) jest odbiciem sił powstających w maszynie, a transmitowanych do tych punktów. Bieżąca wartość prędkości drgań w danym punkcie jest proporcjonalna do intensywności tych sił i do mobilności konstrukcji maszyny w tym punkcie – rys. 11 [2.7, 2.20, 2.22]. Mobilność jest odwrotnością impedancji mechanicznej w danym punkcie i jest miarą łatwości wprowadzenia konstrukcji maszyny w ruch [2.7, 2.20, 2.22]. Zależność pomiędzy siłą, mobilnością i prędkością drgań dla przykładowego punktu w przykładowym zespole maszynowym przedstawiono na rys. 11. Stosując skale logarytmiczne, można dodać do siebie widma siły oraz mobilności i uzyskać wypadkowe widmo prędkości drgań. Charakterystyka mobilności maszyn z reguły zmienia się w czasie nieznacznie. Można w związku z tym z dużym stopniem prawdopodobieństwa założyć, że zwiększenie intensywności drgań maszyny jest spowodowane zwiększeniem intensywności sił w tym samym stopniu [2.7, 2.20, 2.22].

# Cantoni<sup>®</sup>

## GROUP

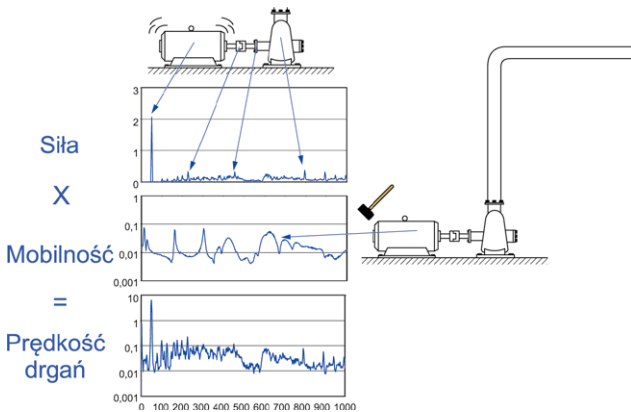
# DRIVING YOUR BUSINESS



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



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

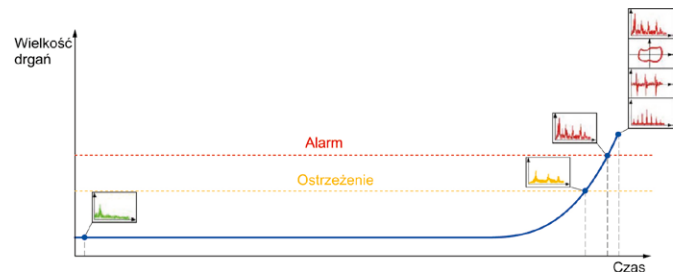


**Rys. 11.** Mechanizm fizyczny powstawania drgań [2.7, 2.20]

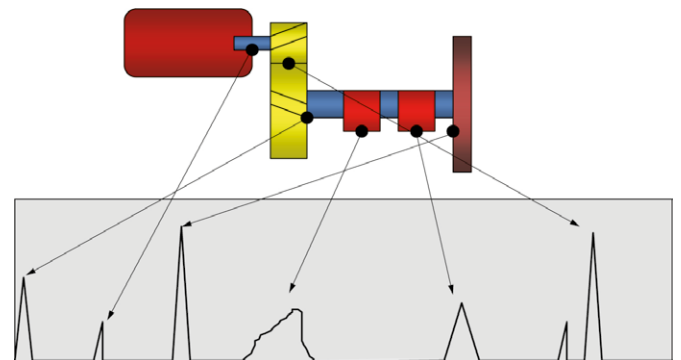
Z badań nad mobilnością maszyn [2.20, 2.22] wynika, że dla podobnych maszyn mobilność w określonym punkcie pomiarowym może różnić się nawet 1000 razy. Oznacza to, że stosowanie tych samych bezwzględnych wartości granicznych drgań do oceny stanu dynamicznego maszyn jest wątpliwe. Znacznie wiarygodniejsze jest ocenianie na podstawie względnych zmian w czasie.

W praktyce w diagnostyce drganiowej maszyn podstawą oceny ich stanu jest śledzenie trendu zmian poziomów drgań maszyn w czasie oraz analiza widmowa drgań zorientowana na znalezienie fizycznych przyczyn występowania określonych dominant w widmie drgań. Ilustrują to rys. 12–14. Od chwili pierwszego uruchomienia maszyn powinno się prowadzić systematyczne pomiary drganiowe. Pomiary należy wykonywać aparaturą przenośną lub stacjonarną. Mierzy się szerokopasmowe poziomy drgań ( $V_{RMS}$ ,  $A_{RMS}$ ), celem jest również wykonanie analizy częstotliwościowej sygnału. Otrzymane widma są widmami wzorcowymi dla maszyny w stanie dobrym. Staramy się ustalić przyczyny występowania poszczególnych dominant w widmie – rys. 13. Mamy do wyboru: własny eksperyment diagnostyczny na specjalnym stanowisku diagnostycznym – rozdział 10, eksperyment na badanym zespole maszynowym lub specjalistyczną literaturę [2.1–2.33].

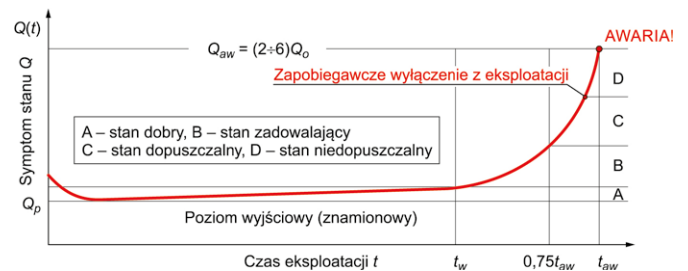
Na specjalistycznym stanowisku diagnostycznym można w miarę dowolnie eksperymentować. Wprowadzamy celowo poszczególne „wady i niesprawności”, na przykład: niewyważę, określonego rodzaju nieosiowość, określonego rodzaju luz, uszkodzenie łożyska tocznego, określone uszkodzenie łożyska ślizgowego itd. Mierzymy drgania w punktach pomiarowych (głównie na łożyskach we wszystkich kierunkach) i obserwujemy charakterystyczne zmiany w widmie drgań. Stwierdzamy, że występują charakterystyczne dominanty i obszary w widmie, które wyróżniają określony przypadek diagnostyczny – rys. 15, rys. 16, rys. 18. Przy braku specjalistycznej aparatury możemy się zdecydować na najprostszą, tzw. subiektywną, ocenę diagnostyczną przez eksperta. Przykład najprostszego sposobu diagnozowania łożyska tocznego przez jednego z autorów przedstawiono na rys. 17. Wynik specjalistycznych pomiarów diagnostycznych analizatorem drgań tego samego łożyska pokazano na rys. 18. Jest to detekcja obwiedni przyspieszenia drgań,



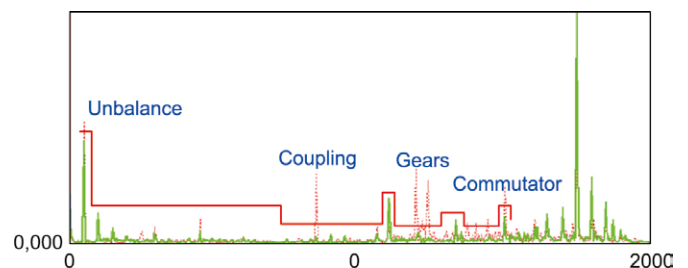
**Rys. 12.** Trend zmian w czasie poziomów drgań dla przykładowej maszyny [2.19–2.22]



**Rys. 13.** Widmo drgań dla przykładowej maszyny. W uproszczony sposób wskazano fizyczne pochodzenie poszczególnych dominant w widmie [2.19–2.22]

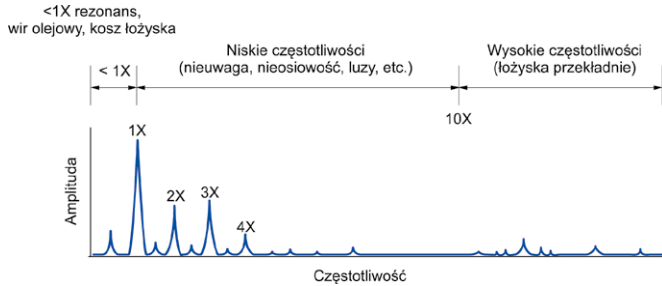


**Rys. 14.** Zalecane decyzje diagnostyczne i działania zapobiegawcze [2.19–2.22]

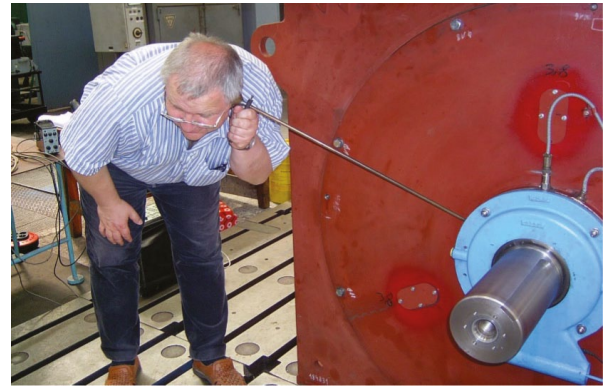


**Rys. 15.** Widmo drgań dla przykładowego zespołu maszynowego składającego się z silnika i przekładni. Wskazano pochodzenie poszczególnych dominant w widmie (unbalance – niewyważa; coupling – sprzęgło; gears – koło zębate; commutator – komutator) [2.20]





**Rys. 16.** Widmo drgań dla przykładowego zespołu maszynowego składającego się z silnika na łożyskach tocznych, przekładni, pompy na łożyskach ślizgowych. Wskazano fizyczne pochodzenie poszczególnych dominant w widmie [2.14]



**Rys. 17.** Najprostszy sposób diagnozowania łożyska tocznego – osłuchanie łożyska przez jednego z autorów

a właściwie zmodyfikowana metoda detekcji obwiedni [2.23]. Opinia eksperta o łożysku była bardzo negatywna, podobnie jak wynik specjalistycznych badań analizatorem. Silnik zatrzymano, łożysko zdemontowano. Uszkodzenie łożyska było bardzo poważne – rys. 19.

W czasie eksploatacji maszyny, hipotetycznie, po względnie długim czasie następuje wzrost szerokopasmowych poziomów drgań maszyny. Zbliża się stan określany jako OSTRZEŻENIE

(ALERT). W celu właściwego przebiegu procesu diagnozowania poszczególnych rodzajów maszyn Zespół Diagnostów w danym zakładzie przemysłowym powinien w porozumieniu z producentem danej maszyny ustalić wartości graniczne drgań określane jako OSTRZEŻENIE (ALERT). OSTRZEŻENIE informuje, że osiągnięto określoną wartość poziomu drgań, że nastąpiła znaczna niekorzystna zmiana stanu dynamicznego maszyny, który wymaga podjęcia środków zaradczych.

reklama

made in Poland

na rynku od **1980** roku

**elhand** TRANSFORMATORY

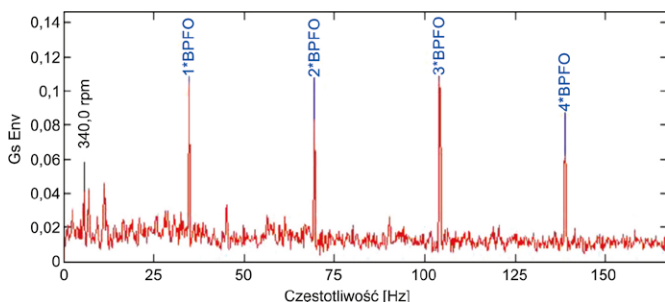
ELHAND Transformatory Sp. z o. o. Lubliniec

polska jakość

www.elhand.pl

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| O firmie   | Transformatory  | Filtry sinus  | Dławiki  |
| <p>Jesteśmy polską firmą istniejącą na rynku od 1980 r. Zakres naszej produkcji obejmuje urządzenia, które mogą pracować w różnych strefach klimatycznych. Wyróżnia nas jakość wykonania poparta licznymi certyfikatami, użycie najnowocześniejszych technologii oraz możliwość dopasowania parametrów urządzeń do indywidualnych potrzeb Klienta.</p> | <p>Nisko - i średnionapięciowe w zakresach mocy od 50 VA do 3 MVA. Wykonania typowe oraz specjalne, zgodne ze specyfikacją Klienta, np. chłodzone wodą, zintegrowane z dławikiem, przekształtnikowe, zmiany liczby faz (w układzie Scotta lub układzie V) i inne.</p> | <p>Zastosowanie filtru ElhandSF™ eliminuje niekorzystne zjawiska występujące na wyjściu falownika, przywraca sinusoidalny kształt prądom i napięciom, przy równoczesnym ograniczeniu prądów płynących do obudowy silnika i przewodu ochronnego PE.</p>  | <p>Sieciowe, silnikowe, kompensacyjne, wygładzające, ochronne, sprzęgające prądu stałego, bezrdzeniowe. Zakres mocy od 50 VAR do 250 KVAR.</p> |
| <p><b>NIEZAWODNE ROZWIĄZANIA</b></p>   |   | <p><b>INDYWIDUALNE DORADZTWO TECHNICZNE</b></p>   |  |
|  |   | <p>Filtry harmoniczných ElhandHF™</p> <p>Skutecznie ograniczają wartość współczynnika THDI prądu pobieranego z sieci i pozwalają spełnić wymagania norm PN EN 61000-3-12 i IEEE 519 w tym zakresie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● oszczędność energii</li> <li>● alternatywa dla układów wielopulsowych</li> <li>● duża skuteczność łagodzenia i filtrowania harmoniczných prądu</li> <li>● kompatybilność napędu zgodna z normami IEEE 519-1992 i PN-EN 61000-3-12</li> </ul> |  |





Rys. 18. Wynik specjalistycznych pomiarów diagnostycznych łożyska z rys. 19 – detekcja obwiedni wskazuje na uszkodzenie łożyska



Rys. 19. Łożysko toczne, którego awarię wykrył ekspert oraz specjalistyczna aparatura

Jeśli pojawi się OSTRZEŻENIE, to na ogół można kontynuować pracę w okresie, w którym jest prowadzona eksploatacja maszyny lub jej badania w celu określenia przyczyn zmiany charakteru drgań i ustalenia środków zaradczych. Wykonuje się wtedy analizę sygnału drganiowego i ustala przyczyny wzrostu drgań. Następnie zwiększa się częstotliwość pomiarów, przy każdym pomiarze wykonuje się analizę diagnostyczną sygnału. Jeżeli dostępnymi prostymi zabiegami technicznymi (np. wyważanie w łożyskach własnych, osiowanie, wyczyszczenie, przesmarowanie, dokręcenie, wymiana drobnych elementów) nie można obniżyć poziomu drgań, to należy przygotować się logistycznie i technicznie do zatrzymania maszyny i wykonania remontu. Jeżeli z różnych względów nie można maszyny zatrzymać, to z konieczności eksploatujemy ją dalej. Zwykle w niedalekim czasie dochodzimy do stanu ALARM – NIEBEZPIECZEŃSTWO. ALARM jest wartością graniczną poziomu drgań, powyżej której dalsza praca maszyny może spowodować awarię, uszkodzenie. Jeśli wartość ALARMU zostanie przekroczona, to należy niezwłocznie podjąć działania w celu radykalnego zmniejszenia poziomu drgań lub wyłączyć maszynę. Dla różnych miejsc i kierunków pomiarowych można określić różne wartości graniczne, które uwzględniają różnice w obciążeniu dynamicznym zespołów maszynowych i w sztywności fundamentu i konstrukcji wsporczej [2.23, 2.34, 2.35].

● **Nastawianie wartości granicznych OSTRZEŻENIA**

Wartości graniczne OSTRZEŻENIA różnych rodzajów maszyn mogą się znacznie różnić. Wybrane wartości nastawia się zwykle względem wartości podstawowej określonej

doświadczalnie dla danego położenia lub kierunku pomiaru maszyny. Jeśli nie określono wartości podstawowej, na przykład dla nowej maszyny, to OSTRZEŻENIE należy początkowo nastawić na podstawie doświadczeń z innymi podobnymi maszynami lub w odniesieniu do uzgodnionych wartości stosowanych przy odbiorze. Po pewnym czasie można będzie określić wartość podstawową, którą należy uwzględnić przy wyznaczaniu nowej wartości alarmu. Dla różnych łożysk maszyny można stosować różne nastawy alarmów odpowiadające różnym obciążeniom dynamicznym i sztywnościom stojaków łożyskowych.

- **Nastawianie wartości granicznych NIEBEZPIECZEŃSTWA**  
Wartości graniczne NIEBEZPIECZEŃSTWA dotyczą w zasadzie stanu dynamicznego maszyny. Zależą od określonych właściwości konstrukcyjnych maszyny. Dla maszyn o różnej konstrukcji mogą występować różnice i nie można podać wytycznych dotyczących bezwzględnych wartości NIEBEZPIECZEŃSTWA. Wartość NIEBEZPIECZEŃSTWA znajduje się na ogół w strefie C lub D.

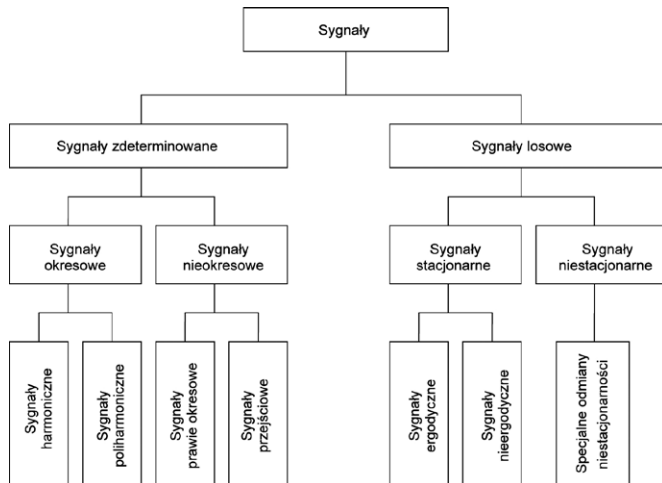
**5. Analiza sygnałów diagnostycznych – zagadnienia wybrane**

Przystępując do pomiarów diagnostycznych, należy określić rodzaj obiektów, które będziemy badać, a ściślej rodzaj maszyn i urządzeń, które są przedmiotem badań. Jak już wspomniano w podrozdziale 2, określenie sposobu diagnozowania eksploatacyjnego maszyn musi być poprzedzone bardzo dokładną analizą mechanizmu powstawania danego uszkodzenia, które prowadzi do awarii. Trzeba prześledzić możliwą drogę powstawania uszkodzenia i określić symptomy towarzyszące eksploatacji maszyn i urządzeń, które sygnalizują możliwość pojawienia się uszkodzenia w najbliższym czasie. Określenie wielkości, które reagują na uszkodzenie, pozwala określić rodzaj sygnałów, które będą przedmiotem badań i analiz.

**6. Elementy analizy sygnałów**

Sygnał to przebieg dowolnej wielkości fizycznej mogący być nośnikiem informacji. Każdy sygnał będący nośnikiem informacji o stanie technicznym maszyny jest nazywany sygnałem diagnostycznym [2.46–2.50]. W analizie wszystkich badanych sygnałów, które opisują zjawiska fizyczne, można wydzielić sygnały zdeterminowane i sygnały niezdeterminowane, czyli losowe. Analizę sygnałów zdeterminowanych można opisać ścisłymi zależnościami matematycznymi [2.46–2.50]. Z kolei sygnały niezdeterminowane występują w sposób przypadkowy, losowy i nie mogą być opisane w ścisłej zależności matematycznej. Opisu sygnałów niezdeterminowanych można dokonać jedynie za pomocą pewnych uśrednionych charakterystyk statycznych. Na rys. 20 przedstawiono ogólną klasyfikację sygnałów.

Podstawowa analiza sygnału diagnostycznego w praktyce odbywa się w dziedzinie czasu – przebieg sygnału, wykres funkcji w czasie – oraz w dziedzinie częstotliwości – widmo sygnału, wykres wartości skutecznych dla poszczególnych składowych sygnału w funkcji częstotliwości. Najczęściej analizuje się widmo wartości skutecznej danego sygnału, nazywane



Rys. 20. Ogólna klasyfikacja sygnałów [2.46]

w literaturze widmem amplitudowym (nieśluszenie) [2.46–2.50] oraz rzadziej widmo tzw. fazowe – wykres fazy dla poszczególnych składowych sygnału w funkcji częstotliwości.

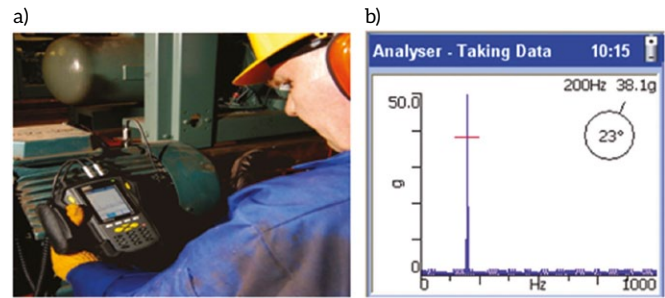
Analiza procesów dynamicznych, takich jak drgania materiałowe i drgania akustyczne maszyn, dowodzi, że tworzą je łącznie procesy zdeterminowane i procesy niezeterminowane – losowe [2.51]. W związku z tym, z punktu widzenia analizy ogólnej uważa się, że procesy wibroakustyczne mają charakter procesów losowych [2.46–2.50]. Tym samym sygnał wibroakustyczny towarzyszący pracy powyższych maszyn jest sygnałem losowym [2.46–2.50]. Wynik każdej obserwacji jest jednym z możliwych wyników, jakie mogą mieć miejsce. Implikuje to sposób analizy sygnałów wibroakustycznych maszyn [2.46–2.50]. Podobny charakter jak procesy wibroakustyczne maszyn mają sygnały wyładowań niezupełnych emitowane przez maszyny elektryczne. Są to procesy losowe. Pozostałe sygnały towarzyszące pracy maszyn elektrycznych mają w zdecydowanej większości charakter sygnałów zdeterminowanych.

### 6.1. Sygnały zdeterminowane

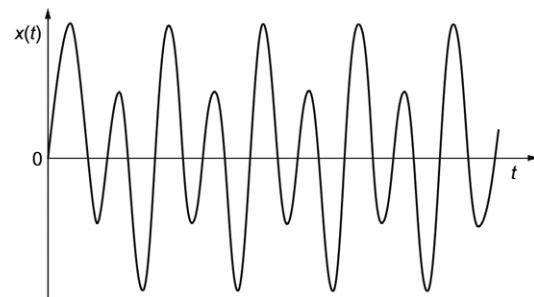
Sygnały zdeterminowane występują w praktyce w postaci zjawisk fizycznych opisujących różnego rodzaju mechanizmy, na przykład drgania niewyważonego wirnika, drgania akcelerometru usytuowanego na wzbudniku drgań pobudzanego z generatora sinusoidalnego itp. W praktyce technicznej spotyka się bardzo wiele zjawisk fizycznych, które z dużą dokładnością można opisać ścisłymi zależnościami matematycznymi. Podział sygnałów zdeterminowanych przedstawiono na rys. 20 [2.46].

#### Sygnały harmoniczne

Sygnały harmoniczne są to sygnały z grupy sygnałów okresowych. W analizie sygnałów stanowią jedną z najprostszych postaci funkcji czasu. Występują jako zjawiska fizyczne, na przykład wibracja źle wyważonego wirnika, drgania napięcia. Na rys. 21 przedstawiono przykład pomiaru sygnału drganiowego silnika w warunkach przemysłowych analizatorem



Rys. 21. Przykład pomiaru sygnału drganiowego silnika w warunkach przemysłowych (a) oraz widmo wartości skutecznej i fazy mierzonego sygnału dla składowej podstawowej (b)



Rys. 22. Przebieg przykładowego sygnału poliharmonicznego

oraz widmo wartości skutecznej i fazy mierzonego sygnału dla składowej podstawowej. Składowa podstawowa ma częstotliwość 200 Hz, wartość skuteczna przyspieszenia równa się 38,1 g ( $38,1 \times 9,81 \text{ m/s}^2$ , gdzie  $g$  – przyspieszenie ziemskie), a faza  $23^\circ$ . Dla sygnału harmonicznego widmo amplitudowe i fazowe ma kształt pojedynczego prążka. Przebieg sygnału sinusoidalnego opisuje następująca funkcja czasu:

$$x(t) = X(2\pi f_0 t + \vartheta) \quad (2)$$

gdzie:  $x(t)$  – przebieg funkcji w czasie  $t$ ;  $X$ ,  $|-X|$  – amplituda, wartość szczytowa dodatnia, ujemna;  $X + |-X|$  – wartość międzyszczytowa;  $f_0$  – częstotliwość;  $\vartheta$  – faza początkowa wyrażona w radianach;  $\frac{1}{f_0} = T_p$  – okres.

W uproszczonych rozważaniach teoretycznych często pomija się początkową fazę występującą we wzorze (2), wówczas wzór ma postać (3) i może być przedstawiony graficznie jako funkcja czasu lub interpretacja amplitudowo-częstotliwościowa:

$$x(t) = X \sin 2\pi f_0 t \quad (3)$$

#### Sygnały poliharmoniczne

Na rys. 22 przedstawiono przebieg przykładowego sygnału poliharmonicznego. Sygnały poliharmoniczne należą do grupy sygnałów okresowych, które są opisane funkcją czasu (4), przy czym wartości funkcji powtarzają się w jednakowych odstępach czasu. Funkcję tę można opisać zależnością:

$$x(t) = x(t \pm nT_p), \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

Przedział czasu, w którym zachodzi jeden pełny cykl, jest nazywany okresem  $T_p$ . Liczba cykli w jednostce czasu to częstotliwość podstawowa  $f_0$ . Sygnały harmoniczne są szczególnym przypadkiem sygnałów poliharmonicznych. Zjawiska fizyczne opisywane przez sygnały poliharmoniczne występują znacznie częściej niż zjawiska opisywane za pomocą prostych funkcji harmoniczných.

Sygnały poliharmoniczne można poza nielicznymi wyjątkami rozwinąć w szereg Fouriera wg wzoru [2.40]:

$$x(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos 2\pi n f_0 t + b_n \sin 2\pi n f_0 t) \quad (5)$$

gdzie:

$$f_0 = \frac{1}{T_p} \quad (6)$$

$$a_n = \frac{2}{T_p} \int_0^{T_p} x(t) \cos 2\pi n f_0 t dt, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

$$b_n = \frac{2}{T_p} \int_0^{T_p} x(t) \sin 2\pi n f_0 t dt, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (8)$$

W praktyce często faz początkowych nie bierze się pod uwagę i można wtedy zastosować wzór:

$$x(t) = X_0 + \sum_{n=1}^{\infty} X_n \cos(2\pi f_n t - \vartheta) \quad (9)$$

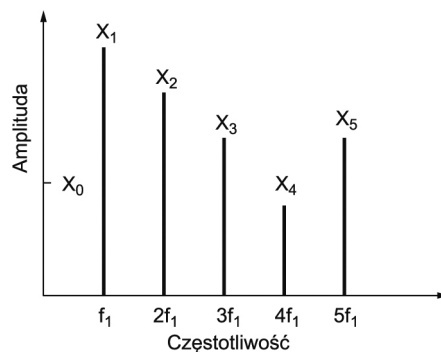
gdzie:

$$X_0 = \frac{1}{2}a_0 \quad (10)$$

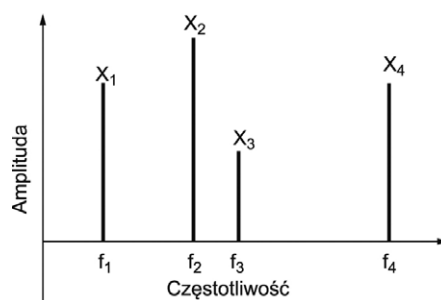
$$X_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

$$\vartheta_n = \arctg \frac{b_n}{a_n}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

W zapisie wzoru (9) widać, że składowe poliharmoniczne składają się ze składowej stałej  $X_0$  i nieskończonej liczby składowych sinusoidalnych, określonych jako harmoniczne o amplitudach  $X_n$  i fazach początkowych  $\vartheta_n$ . Częstotliwości wszystkich harmoniczných to całkowite wielokrotności częstotliwości podstawowej  $f_0$ . Na rys. 23 przedstawiono widmo amplitudowe sygnału poliharmonicznego. W widmie sygnałów poliharmoniczných w praktyce diagnostycznej można najczęściej zaobserwować tylko kilka harmoniczných  $f_n$ , bardzo często nie ma składowej stałej.



Rys. 23. Widmo amplitudowe sygnału poliharmonicznego [2.40]



Rys. 24. Widmo amplitudowe sygnałów prawie okresowych [2.40]

### Sygnały prawie okresowe

Sygnały okresowe można opisywać szeregiem fal sinusoidalnych, których częstotliwości są współmierne. Suma dwóch lub więcej fal sinusoidalnych tworzy sygnał okresowy tylko wtedy, gdy stosunki wszystkich możliwych par częstotliwości wyrażają się liczbami wymiernymi [2.46].

Sygnały prawie okresowe należą do grupy sygnałów nieokresowych i są opisywane matematycznie za pomocą zależności [2.46]:

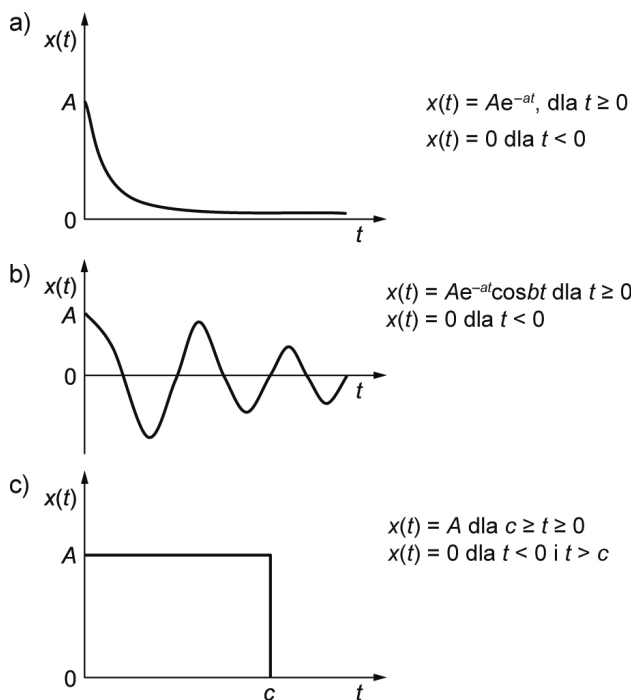
$$x(t) = \sum_{n=1}^{\infty} X_n \sin(2\pi f_n t + \vartheta_n) \quad (13)$$

Cechą sygnałów prawie okresowych jest ich widmo dyskretne, które jest analogiczne do widma sygnału poliharmonicznego z tą różnicą, że częstotliwości prążków nie są względem siebie współmierne, przynajmniej jeden iloraz częstotliwości składowych  $f_n/f_m$  jest liczbą niewymierną. Okres podstawowy tego sygnału równa się nieskończoności.

### Sygnały przejściowe

Na rysunku 25 przedstawiono trzy przykłady sygnałów przejściowych – niestabilnych. Sygnał z rys. 25 a przedstawia wykres temperatury cieczy w naczyniu względem temperatury otoczenia po wyłączeniu grzejnika. Na rys. 25 b są opisane drgania swobodne tłumione układu mechanicznego po ustaniu działania siły wymuszającej, a na rys. 25 c – naprężenia w linie, która





Rys. 25. Przebiegi przykładowych sygnałów przejściowych niestabilnych [2.46] (opis w tekście)

zrywa się w chwili  $c$  pod wpływem przyłożonego obciążenia. Do sygnałów przejściowych (niestabilnych) zalicza się wszystkie sygnały nieokresowe, które nie są sygnałami prawie okresowymi opisanymi wcześniej. Różnica występująca między sygnałami przejściowymi a sygnałami okresowymi lub prawie okresowymi jest taka, że pierwsze z nich nie mogą być przedstawiane za pomocą widma dyskretnego w przeciwieństwie do drugich.

W większości sygnałom przejściowym można przyporządkować widmo ciągłe, stosując całkę Fouriera – transformatę Fouriera, według wzoru:

$$X(f) = \int_0^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (14)$$

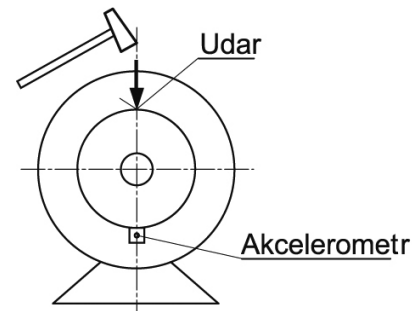
Funkcja  $X(f)$  nazywa się funkcją gęstości widmowej.

W ogólnym przypadku widmo Fouriera jest funkcją zespoloną o następującej postaci biegunowej [2.46]:

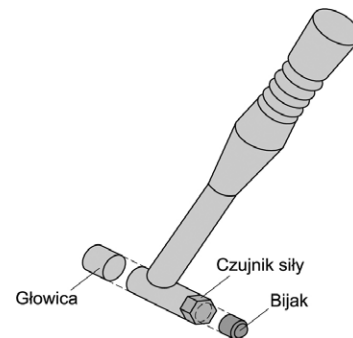
$$X(f) = |X(f)|e^{-j\theta(f)} \quad (15)$$

gdzie:  $|X(f)|$  – moduł funkcji;  $(f)$  – argument funkcji  $X(f)$ .

Oto przykład analizy sygnału przejściowego, jaki stosuje się w praktyce diagnostycznej [2.23]. Określenie częstotliwości drgań własnych węzłów łożyskowych powinno być standardem w ocenie diagnostycznej danej maszyny. W warunkach przemysłowych można to wykonać podczas postoju maszyny elektrycznej, mierząc drgania węzła łożyskowego w punkcie pomiaru drgań przy pobudzeniu do drgań węzła łożyskowego



Rys. 26. Pobudzenie do drgań węzła łożyskowego przykładowego silnika - szkic



Rys. 27. Budowa młotka udarowego

bardzo krótkim uderzeniem, najkorzystniej specjalistycznym młotkiem (rys. 26) [2.19]. Uderzenie krótkie w czasie zapewnia wzbudzenie do drgań w szerokim zakresie częstotliwości [2.46–2.50]. Należy uderzyć młotkiem (rys. 27) w obudowę łożyska (w tarczę łożyskową) po przeciwnej stronie usytuowania akcelerometru (rys. 26). Schemat blokowy układu do pomiaru drgań własnych węzła łożyskowego przy wymuszeniu do drgań udarem mechanicznym poprzez uderzenie młotkiem w badany obiekt przedstawiono na rys. 28.

Impuls siły uderzenia można opisać połówką sinusoidy:

$$F(t) = F_m \sin \frac{\pi}{t_0} t \quad \text{dla } 0 \leq t \leq t_0 \quad (16)$$

gdzie:  $F_m$  – amplituda siły uderzenia w węzeł łożyskowy;  $t_0$  – czas trwania uderzenia. Przedstawiona na rys. 29b odpowiedź drganiowa węzła łożyskowego silnika jest odpowiedzią dla impulsu w kształcie połówki sinusoidy o czasie trwania  $t_0 = 0,2$  ms przy amplitudzie  $F_m = 137,1$  N.

## 6.2. Sygnały losowe

Sygnały opisujące losowe zjawiska fizyczne nie mogą być opisane dokładnymi zależnościami matematycznymi, wynik każdej obserwacji sygnału jest jedyny. Wynik każdej obserwacji jest tylko jednym z wielu możliwych wyników, jakie mogą się zdarzyć [2.46]. Klasyfikację sygnałów losowych przedstawiono na rys. 20.

Pojedyncza funkcja czasu opisująca zjawisko losowe nazywa się funkcją losową lub realizacją przy skończonym przedziale czasu – sygnałem obserwowanym. Zbiór wszystkich funkcji

losowych stanowiących realizację danego zjawiska losowego nazywa się *procesem losowym* lub *procesem stochastycznym*. Sygnał uzyskany w wyniku obserwacji losowego zjawiska można zatem uważać za odcinek jednej fizycznej realizacji procesu losowego [2.46].

**Stacjonarne procesy losowe**

Zjawisko fizyczne mające charakter losowy można opisać w dowolnej chwili, obliczając wartości średnie w zbiorze funkcji losowych, reprezentujących dany proces [2.46]. *Wartość średnią* (pierwszy moment) procesu losowego w pewnej chwili  $t_1$  można wyznaczyć za pomocą sumowania wartości chwilowych każdej funkcji losowej zbioru w chwili  $t_1$  i podzielenia tej sumy przez liczbę funkcji losowych. W analogiczny sposób korelację (moment łączny zmiennej losowej) między wartościami procesu losowego w dwóch różnych chwilach (zwaną *funkcją autokorelacji*) wyznacza się metodą uśredniania w zbiorze iloczynów wartości chwilowych procesu w chwilach  $t_1$  i  $t_1 + r$ . Inaczej mówiąc, wartość średnią  $\mu_x(t)$  i funkcję autokorelacji  $R_x((t_1, t_1 + r))$   $R_x(t_1, t_1 + t)$  procesu losowego  $x(t)$  wyznacza się z zależności [2.46]:

$$\mu_x(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k(t_1) \tag{17}$$

$$R_x(t_1, t_1 + t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k(t_1) x_k(t_1 + t) \tag{18}$$

przy czym sumując, zakłada się, że występowanie każdej funkcji losowej jest jednakowo prawdopodobne. W ogólnym przypadku, gdy wartości funkcji  $x_k(t_1)$  i  $R_x(t_1, t_1 + t)$  są określone równaniami (17) i (18) i zmieniają się wraz ze zmianą czasu, wówczas proces losowy  $x(t)$  nazywa się *niestacjonarnym*. W szczególnym przypadku, gdy  $\mu_x(t_1)$  i  $R_x(t_1, t_1 + t)$  nie zależą od czasu  $t_1$ , proces losowy  $x(t)$  nazywa się *slabo stacjonarnym* i *stacjonarnym w szerszym sensie*. Średnia wartość slabo stacjonarnych procesów jest stała, a funkcja autokorelacji zależy tylko od przesunięcia  $\tau$ , tj.  $\mu_x(t_1) = \mu_x$  i  $R_x(t_1, t_1 + t) = R_x(\tau)$  [2.46].

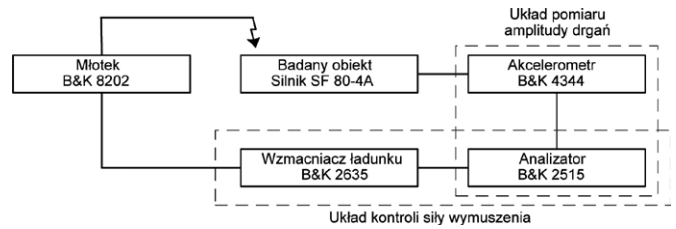
Dla procesu losowego  $x(t)$  można obliczyć nieskończony zbiór momentów wyższych rzędów i momentów łącznych; ich pełny zbiór opisuje rozkład probabilistyczny procesu. Gdy wszystkie możliwe momenty oraz momenty łączne nie zależą od czasu, wówczas proces  $x(t)$  nazywa się *ściśle stacjonarny* lub *stacjonarny w węższym sensie*. Dla wielu praktycznych przykładów stwierdzenie słabej stacjonarności procesu usprawiedliwia przyjęcie wniosku o ścisłej stacjonarności [2.46].

**Ergodyczne procesy losowe**

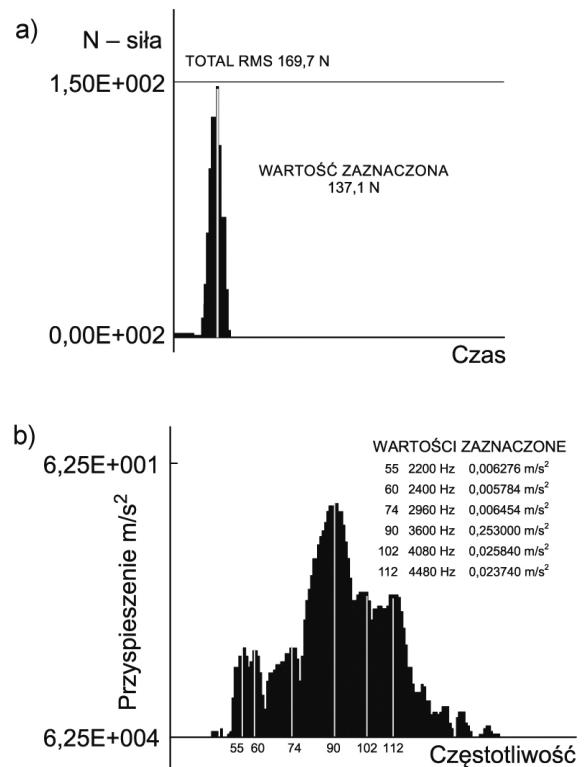
W poprzednim punkcie rozpatrzone było zagadnienie określania właściwości procesu losowego metodą uśredniania w zbiorze w poszczególnych chwilach czasu. Jednak w większości przypadków można również opisywać właściwości stacjonarnego procesu losowego metodą uśredniania w czasie poszczególnych funkcji losowych zbioru. Średnią wartość  $\mu_x(k)$  i funkcję autokorelacji  $R_x(\tau, k)$   $k$ -tej funkcji losowej określa się następującymi wyrażeniami [2.46]:

$$\mu_x(k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_k(t) dt \tag{19}$$

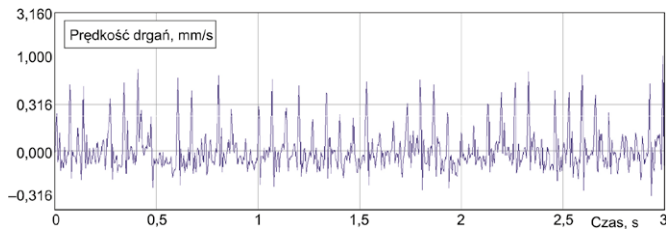
$$R_x(\tau, k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_k(t) \cdot x_k(t + \tau) dt \tag{20}$$



**Rys. 28.** Schemat blokowy układu do pomiaru drgań własnych węża łożyskowego przy wymuszeniu do drgań udarem mechanicznym poprzez uderzenie młotkiem w badany obiekt



**Rys. 29.** Drgania własne węża łożyskowego przykładowego silnika: a) pobudzenie, uderzenie młotkiem, siła w dziedzinie czasu; b) odpowiedź, widmo przyspieszenia drgań



Rys. 30. Sygnał prędkości drgań dla badanego silnika

### 6.3. Identyfikacja sygnałów

Aby dany sygnał zmierzyć i analizować, należy najpierw go zidentyfikować, czyli przypisać do danej klasy sygnałów – rys. 20. Przykładowo niech to będzie sygnał prędkości drgań dla danego silnika elektrycznego – rys. 30. Sygnał zmierzono w układzie z rys. 21.

Pomiary te, a także obserwacje oscyloskopowe pozwoliły na wyciągnięcie wniosków ogólnych. Na wartość chwilową prędkości drgań składają się przebiegi sinusoidalne o różnych częstotliwościach i przebiegi przypadkowe. Stwierdzono również w sygnale drganiowym modulację amplitudy. Taki wynik badań jest podstawą do zakwalifikowania sygnału drganiowego silników jako sygnału losowego.

W dalszym etapie badań postawiono hipotezę o stacjonarności tych sygnałów. Zweryfikowania tej hipotezy dokonano za pomocą badań dostępnych realizacji sygnałów, korzystając z testu na stacjonarność, opartego na teorii serii [2.46]. Test przebiegał następująco:

- podzielono dany sygnał na 20 jednakowych przedziałów czasowych 10-sekundowych, uważając, że w każdym przedziale sygnał jest niezależny;

- zmierzono dla każdego przedziału wartość skuteczną  $\Sigma V_{RMS}$ ;
- zbadano ciąg wartości skutecznych metodą nieparametryczną, stosując test oparty na teorii serii pod względem obecności podstawowego trendu; wyznaczono serię w ciągu wartości skutecznych w odniesieniu do mediany, a ich liczbę porównano z danymi tablicowymi [2.46] przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ ; z danych tablicowych wynika, że liczba serii winna się mieścić w przedziale 6–15, i tak było, co dowodzi stacjonarności sygnału drganiowego.

Po stwierdzeniu stacjonarności sygnału przyjęto założenie o ergodyczności sygnałów. Ten krok usprawiedliwia praktyka. Ogólnie określono więc sygnał drganiowy silników jako sygnał losowy stacjonarny ergodyczny. Podobnie postąpiono z sygnałem akustycznym silników. Stwierdzenie to pozwala na wyznaczenie charakterystyki całego procesu losowego – sygnału wibroakustycznego na podstawie badań jednej realizacji. Zakwalifikowanie sygnału wibroakustycznego silników jako sygnału losowego stacjonarnego ergodycznego implikuje analizę częstotliwościową tychże sygnałów, zważywszy na błędy spowodowane skończoną wartością czasu całkowania. W badaniach założono dopuszczalny unormowany błąd standardowy  $\epsilon \leq 10\%$ .

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

Fragment pochodzi z książki:

*Eksploatacja i diagnostyka maszyn elektrycznych i transformatorów,*

Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec,

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019

reklama

Napędzaj z nami przemysł

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



# Aparaturowe aspekty pomiaru wyładowań niezupełnych maszyn elektrycznych. Część 1

Piotr Paduch, Sławomir Szymaniec

## 1. Wstęp

Według autorów, w przodujących ośrodkach naukowo-badawczych zajmujących się diagnostyką stanu izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych zauważyć można cztery kierunkowe obszary prac badawczych:

- prace nad opracowywaniem nowych konstrukcji czujników do pomiarów *wnz*;
- prace nad opracowaniem uniwersalnego analizatora *wnz* z ulepszonymi osiągnięciami w zakresie tłumienia szumów i zakłóceń;
- prace nad opracowaniem urządzeń przenośnych, mobilnych;
- prace nad opracowaniem coraz to bardziej złożonych analizatorów, umożliwiających pomiary i analizę sygnałów *wnz* w bardzo szerokim zakresie czasu i częstotliwości, analizatory te umożliwiają wyznaczenie np. funkcji korelacji.

Nowo zaprojektowana aparatura spełnia najczęściej następujące wymagania:

- zastosowanie do różnego rodzaju urządzeń, maszyn wysokonapięciowych (WN);
- duże tłumienia różnego rodzaju szumów, zakłóceń;
- szeroki zakres dynamiki, np. 80 dB;
- możliwość pracy w trybie off-line i on-line;
- łatwy i przyjazny dla użytkownika interfejs oprogramowania;
- w miarę rozsądna cena produktu.

Procesy degradacji izolacji są związane z przemianami w strukturze materiałów izolacyjnych. Są to przemiany fizyczne występujące na poziomie molekularnym, przemiany chemiczne, dekompozycja materiału, rozwarstwienie i pękanie materiału, deformacje, powstające szczeliny powietrzne, zerwanie mechanizmu ciągłości izolacji itd. [3, 4, 6, 7, 9, 13]. Jak wykazują badania [14, 18, 19, 20, 21, 23], zjawiskom tym towarzyszą wyładowania niezupełne – *wnz*, (PD – *Partial Discharge*). Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń oparta o pomiar *wnz* nosi nazwę skrótową PD diagnostyki. Metody te są stosunkowo nowe i w świecie zachodnim coraz częściej stosowane [14, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 30, 32, 33]. W kraju można spotkać pojedyncze przypadki ich stosowania [2, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 24, 25, 30, 31, 32, 33].

Wyładowania niezupełne są wyładowaniami występującymi wewnątrz układu izolacyjnego, które tylko częściowo zwierają izolację między przewodnikami. Mogą być przyległe lub nie do przewodnika [8, 9, 18, 21, 22, 23]. Są one ogólnie uważane za wyładowania lokalne w izolacji i w wielu przypadkach ze znacznym wyprzedzeniem poprzedzają całkowite przebicie [8, 9, 10, 11, 18, 21, 22, 23, 24, 25]. Zagadnienie wykorzystania *wnz* do diagnostyki stanu izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych off-line jest przedstawione w literaturze [1, 2, 6, 9, 10, 11,

## 🇬🇧 EQUIPMENT ASPECTS OF ELECTRIC MACHINE DIAGNOSTICS BASED ON A PD – PART I

**Abstract:** Operation of electric machines is accompanied by partial discharges. Partial discharges have a very complex nature. Together with progressing use of machines, there is a change in the intensity of partial discharges with typical phase-resolved distributions. The diagnostics can be carried out using available partial charge detectors. The author's solutions regarding detectors and devices for measurements of partial discharges in electric machines in industrial conditions have proved to be successful. Results of measurements of partial discharges in motors depend on: the condition of their insulation, motor load, temperature of windings, humidity, level of external interference, and characteristics of partial discharge detectors and partial discharge analysing devices.

**Keywords:** insulation diagnostics of the high voltage electric machines

12, 15, 16, 24, 25, 30, 31, 32, 33]. Jak do tej pory, nie ma polskiej normy dotyczącej *wnz* w izolacji uzwojeń silników. W ocenie autorów jednolitych norm w tym zakresie nie ma również na świecie. Znane światowe firmy produkujące uzwojenia maszyn elektrycznych stosują własne, fabryczne normy, wprowadzając kryteria dotyczące intensywności *wnz* głównie dla uzwojeń generatorów. W kraju Instytut Energetyki w Poznaniu doprowadził do wprowadzenia krajowych kryteriów diagnozowania układów izolacyjnych prętów generatorów przez pomiar intensywności *wnz* metodą off-line [2, 30, 31, 32]. *Wnz* w układzie izolacyjnym towarzyszą różne zjawiska fizyczne, których obserwacja i pomiary mogą być wykorzystane do detekcji *wnz* i następnie do wyznaczenia wartości parametrów opisujących *wnz*. Zjawiskami tymi są między innymi [1, 2, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 24, 25, 30, 31, 32, 33]:

- występowanie impulsu prądowego;
- emisja fal elektromagnetycznych;
- zmiany strat dielektrycznych;
- reakcje chemiczne;
- udarowe odkształcenia sprężyste i towarzysząca im emisja fali akustycznej.

### 1.1. Pomiary *wnz* – rys historyczny

Historia rozwoju tzw. PD diagnostyki jest dosyć długa i istnieje na ten temat duża ilość publikacji [1, 2, 6, 9, 10, 11, 12,

15, 16, 24, 25, 30, 31, 32, 33]. Niełatwe jest zwięzłe przedstawienie szczegółowej chronologii rozwoju badań tego zjawiska. Początki badań sięgają 1777 roku, kiedy LICHTENBERG przeprowadzał eksperymenty w Royal Society w Getyndze. Używał elektroforu, czyli generatora ładunków wynalezione go przez Aleksandra VOLTE do elektryzowania cząstek pyłu [14]. W 1873 roku James Maxwell opublikował *Traktat o elektryczności i magnetyzmie*, który ma fundamentalne znaczenie dla projektowania detektorów PD, jak i rozwoju modeli fizycznych PD, co ułatwiło lepsze zrozumienie tego zjawiska [14]. Istotny przełom w badaniach PD to lata dwudzieste XX wieku, kiedy SCHERING w 1919 r. zbudował mostek pomiarowy i użył go w 1924 roku do pomiarów. W 1925 roku SCHWAIGER odkrył, że wyładowania koronowe powodują zakłócenia częstotliwości radiowych i dzięki temu można dokonać detekcji PD. Ten prosty test nazywa się Radio Interference Voltage – RIV [14]. Znaczny postęp w detekcji wyładowań nastąpił w momencie, kiedy pojawiły się oscyloskopy. W 1928 roku LLOYD i STARR zastosowali kondensator i oscyloskop do detekcji PD. Sposób ten umożliwił szerokopasmowy pomiar wyładowań koronowych, tzw. metoda parallelogramu [14]. Również w 1928 roku BYRSTLYN stworzył schemat zastępczy dla wyładowania niepełnego dla prądu przemiennego. Prace kontynuowali w 1932 roku GEMANT i PHILIPPOFF [14]. W 1936 r. ARMAN i STARR wykorzystali wąskopasmowe wzmacniacze oparte na obwodach rezonansowych [14]. W 1954 roku stały się dostępne pierwsze przenośne detektory PD, zaprojektowane przez MOLEA, który później (w 1970 roku) opracował pierwsze wytyczne dotyczące kalibratora PD. W 1960 r. DAKIN i MALINARIC zbudowali scalony mostek używany do badań PD [14]. W 1966 roku BAILEY oszacował czas trwania PD impulsów na kilka nanosekund i ich wpływ na pojemność dielektryka. Potwierdzono to w 1981 roku – prace FUJIMOTO i BOGGS, jak również w 1982 roku – prace BOGGS i STONE, wykorzystanie szerokopasmowego oscyloskopu (pasmo do 1 GHz) [14]. W 1976 roku dr LEMKE zmodyfikował układ, zwiększając jego czułość. Zaprojektował również jeden z pierwszych detektorów szerokopasmowych, gdyż do lat osiemdziesiątych używano detektorów w paśmie do 1 MHz. Wykorzystał w nich szerokopasmowe przedwzmacniacze impulsów PD (do częstotliwości 10 MHz). Umożliwiło to detekcję i lokalizację wyładowań, a także wyeliminowanie szumów i zakłóceń. Nie było wątpliwości, że pomiary PD w zakresie wysokich częstotliwości były znacznie bardziej efektywne [14]. W 1978 TANAKA i OKAMOTO stworzyli komputerowy system do analizy PD [14].

**Szumy elektromagnetyczne zawsze zakłócały pomiary PD.**

W 1973 roku OKAMOTO poruszył zagadnienie tłumienia szumów przy pomiarach PD. W tym samym roku PRAEHAUSER analizował zdolność zrównoważonego mostka do eliminacji szumów [14]. W 1975 roku BLACK zaprezentował system dyskryminatora impulsów PD w silnie zaszumionym środowisku [14]. W późniejszym okresie temat szumów obejmował:

- technikę uśredniania pomiarów;
- technikę korelacji;
- technikę filtrów pasywnych, aktywnych i adaptacyjnych;
- technikę dyskryminatorów okienkowych.

Burzliwy rozwój elektroniki, a szczególnie techniki mikroprocesorowej, spowodował, że pomiary wyładowań stały się bardziej dokładne.

## 1.2. Diagnostyka i monitoring izolacji uzwojeń

Monitorowanie i pomiary stanu izolacji maszyn elektrycznych stały się w ostatnich latach podstawą procedur zapewnianych ich bezawaryjną pracę. Nabrało to szczególnego znaczenia, kiedy w przemyśle i energetyce zaczęto stosować powszechnie do zasilania maszyn wysokie napięcia (WN). Wymusiło to zwrócenie uwagi na zjawisko wyładowań niezupełnych – niepowodującego natychmiastowego zniszczenia izolacji, ale poważnie pogarszającego jej jakość. Na podstawie licznych obserwacji i badań *wnz* stwierdzono, że nasilająca się ich częstotliwość, moc i ilość miejsc występowania mogą w niedługim czasie, przy sprzyjających warunkach (temperatura, wilgotność), doprowadzić do trwałego uszkodzenia izolacji, a w efekcie do awarii [1, 2, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 24, 25, 30, 31, 32, 33]. Konieczne stało się zatem konstruowanie urządzeń umożliwiających diagnozowanie izolacji i pomiar parametrów wyładowań niezupełnych. W krótkim czasie powstało wiele, mniej lub bardziej udanych, konstrukcji tzw. analizatorów PD współpracujących z różnego rodzaju detektorami wyładowań. Ich funkcjonalność, do dzisiejszego dnia, jest proporcjonalna do ceny. Współczesne analizatory wyładowań niezupełnych umożliwiają kompleksową analizę stanu izolacji maszyn elektrycznych. Niestety koszt ich zakupu jest jeszcze bardzo duży i mogą sobie na nie pozwolić zamożne firmy specjalizujące się w tego typu pomiarach. Do współpracy z analizatorami niezbędne są również detektory (czujniki) wyładowań niezupełnych, których koszt też bywa bardzo duży. W dalszym ciągu brak na rynku prostych, przystępnych cenowo wskaźników wyładowań (czujników, mierników, analizatorów), które w dużym stopniu ułatwiłyby wstępną diagnozę stanu izolacji maszyn elektrycznych w przemyśle i energetyce. W niniejszym artykule wykazano, że jest możliwe opracowanie i wykonanie niskokosztowych czujników *wnz* dla maszyn elektrycznych WN pracujących w warunkach przemysłowych oraz układów służących do ich kalibracji. Opracowana i wykonana aparatura umożliwi wykonanie pomiarów off-line i on-line stanu izolacji uzwojeń maszyn. Podstawowym wymaganiem wobec czujników, od których zaczyna się elektryczny tor pomiarowy, powinna być prostota konstrukcji, łatwy montaż i obsługa. Mogłyby one stać się tanim i powszechnym elementem toru pomiarowego *wnz* i zapewnić prawidłową i skuteczną detekcję *wnz*, zarówno w warunkach pracy on-line, jak i podczas postojów i zaplanowanych remontów – off-line, a co za tym idzie – umożliwić nieustanny monitoring i kontrolę stanu izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych w przemyśle i energetyce krajowej. W artykule opisano w szczególności antenowe czujniki *wnz* – stacjonarne i mobilne w oparciu o stosowane w maszynach elektrycznych czujniki do pomiaru temperatury – termorezystory typu RTD (z ang. *Resistance Temperature Detector*), np. PT100 w wersji pasywnej i aktywnej. Opracowane i wykonane czujniki, impedancje pomiarowe, kalibratory i aparatura pomiarowa spełniają wymagania stosowanych norm dotyczących pomiarów *wnz* [12, 17],

w szczególności umożliwiają pomiary *wnz* maszyn elektrycznych w warunkach przemysłowych, to znaczy w warunkach zakłóceń przemysłowych i przy występujących w praktyce warunkowaniach środowiskowych.

### 1.3. Tor pomiarowy elektrycznego pomiaru *wnz*

Elektryczny pomiar *wnz* jest w praktyce przemysłowej najczęstszym pomiarem *wnz*.

#### Charakterystyka toru pomiarowego wg normy IEC60270 [17]

Na rys. 1 a, b, c, d przedstawiono układy pomiarowe *wnz* według normy IEC60270 [17, 34]. Podczas pomiarów bezpośrednich (*straight detection*) impedancję pomiarową *CD* łączy się często szeregowo z kondensatorem sprzęgającym  $C_k$ , co zabezpiecza urządzenie pomiarowe przed przebicciem. Nieco większą czułość uzyskuje się w układzie pomiarowym, w którym impedancja pomiarowa jest połączona z obiektem. Wynika to z faktu, że do kondensatora  $C_k$  dodają się pojemności rozproszenia (rys. 1 a, b). Pomiary bezpośrednie są jednak narażone na zakłócenia zewnętrzne. Szerokie widmo impulsu wyładowania, mogące zawierać się od kilkuset kHz do jednego MHz, umożliwia stosowanie pomiarów z zastosowaniem systemu tzw. „quasi całkowania” [17, 26–29, 34]. Praktycznie, ze względu na wykorzystywanie do całkowania aktywnych filtrów pasmowych, wykorzystuje się dwa rodzaje układów pomiarowych – szerokopasmowe i wąskopasmowe. Znacznie lepsze efekty w tłumieniu zakłóceń można uzyskać w układzie mostkowym (*balanced detection*) (rys. 1 c), w którym impedancja pomiarowa składa się z dwóch części równoważonych oddzielnie i połączonych z masą. Największe tłumienie zakłóceń osiąga się w przypadku, gdy układ jest symetryczny, tzn.  $C_a = C_k$  [8]. W układzie szerokopasmowym impedancja pomiarowa zawiera układ równoległy *RLC*, w którym na *L* składa się dopasowujący transformator w. cz., galwanicznie oddzielający obwód wysokiego napięcia. Natomiast do pojemności *C* dołączona jest równoległe pojemność przewodu łączącego impedancję z układem pomiarowym (rys. 2) [26, 27, 28]. W takiej konfiguracji impulsy prądowe wyładowań niezupełnych są niewrażliwe na zmiany parametrów pojemności sprzęgającej  $C_k$  i obiektu badanego  $C_a$ . Pojemności te rozpatruje się jako szeregowo połączenie  $C_k$  i  $C_a$  równoległe do pojemności *C* impedancji (2), która stanowi filtr selektywny o częstotliwości rezonansowej [26]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC^*}} \quad (1)$$

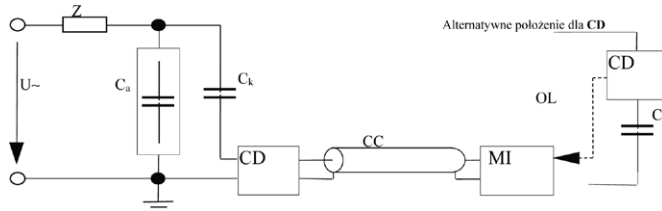
gdzie:

*L* i  $C^*$  indukcyjność i pojemność impedancji sprzęgającej [244]:

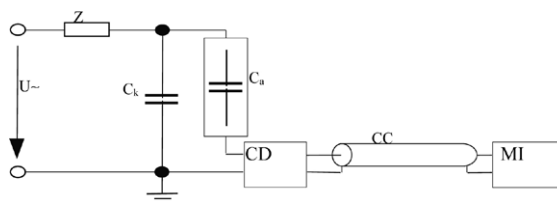
$$C^* = C_C = \frac{C_a C_k}{(C_a + C_k)} \quad (2)$$

Proporcjonalnie do dobroci obwodu *LC*, niepożądane częstotliwości harmoniczne mniejsze od  $f_1$  (dolna częstotliwość graniczna) i większe od  $f_2$  (górną częstotliwość graniczną) są tłumione. W układach szerokopasmowych częstotliwości graniczne określane są spadkiem wzmacnienia o 3 dB.

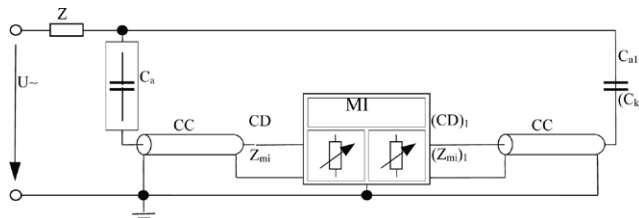
a. Układ bezpośredni z szeregowym kondensatorem sprzęgającym [34]



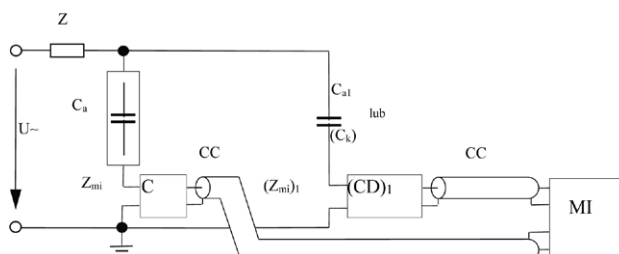
b. Układ bezpośredni z szeregowo połączonym obiektem [34]



c. Układ mostkowy [34]



d. Układ z detekcją polaryzacji [34]

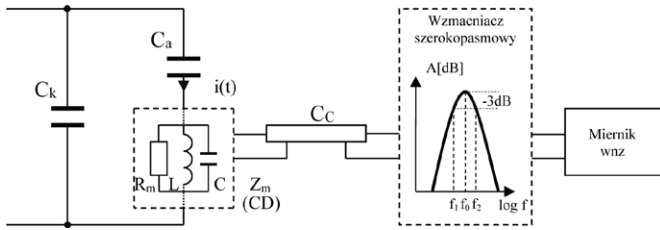


**Rys. 1.** Podstawowe układy pomiarowe PD wg IEC60270 [34], gdzie:

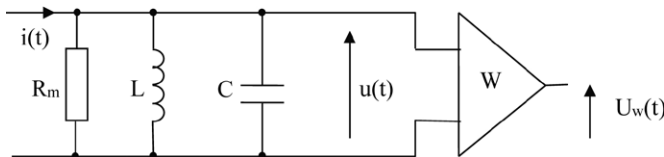
- $U\sim$  – sieć zasilająca;
- $Z_{mi}$  – impedancja wejściowa systemu pomiarowego;
- CC – przewód połączeniowy;
- OL – połączenie optyczne;
- $C_a$  – badany obiekt;
- $C_k$  – kondensator sprzęgający;
- CD – impedancja pomiarowa – sprzęgająca (*coupling device*);
- MI – urządzenie pomiarowe
- Z – filtr

Odpowiedzią układu na impuls prądowy *wnz* jest dobrze tłumiona oscylacja [26, 27, 28]. Schemat zastępczy impedancji pomiarowej, w dalszej części nazywanej też  $Z_m$ , z wyjściem na wzmacniacz przedstawia rysunek 3 [64]. Pobudzenie układu impulsem prądowym  $i(t)$  spowoduje, że napięcie wejściowe wzmacniacza  $u(t)$  można opisać zależnością [6]:

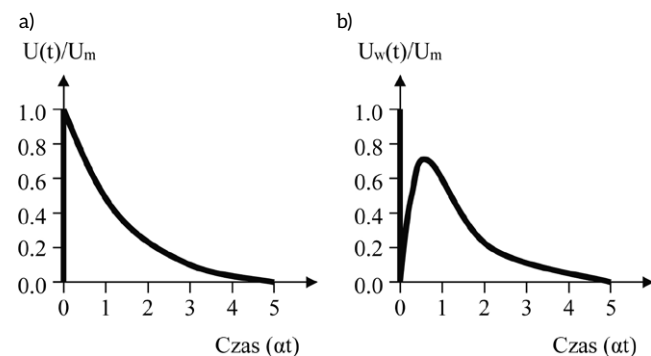




Rys. 2. Schemat układu pomiarowego w systemie szerokopasmowym [26]



Rys. 3. Schemat zastępczy impedancji pomiarowej  $Z_m$  ze wzmacniaczem W [6]



Rys. 4. Napięcie na wejściu wzmacniacza (a) i na wyjściu (b) -  $L=0$ ,  $\tau_w=0,3/\alpha$  [6]

$$u(t) = \frac{q_m}{c} e^{-at} \left[ \cos \omega t - \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega t \right] \quad (3)$$

gdzie:

$q_m$  – ładunek impulsu;

$\alpha = \frac{1}{2R_m C}$  – współczynnik tłumienia (przy założeniu dobroci  $Q < 1$ );

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$  – pulsacja drgań własnych;

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  – pulsacja rezonansowa LC.

Jeżeli założymy dużą dobroć obwodu i współczynnik tłumienia  $\alpha \ll \omega$ , można zależność 3 uprościć do [6]:

$$u(t) = \frac{q_m}{c} e^{-at} \cos \omega_0 t \quad (4)$$

W przypadku gdy  $Z_m \approx R_m$   $u(t)$  będzie aperiodycznym impulsem wykładniczym [6]:

$$u(t) = U_m e^{-at} \quad (5)$$

gdzie:

$\alpha = \frac{1}{R_m C}$  – współczynnik tłumienia.

Dla  $U_m = \frac{q_m}{c}$   $t = 0$ .

Dla wzmacniacza o paśmie ograniczonym napięcie wyjściowe  $U_w(t)$  można opisać [6]:

$$U_w(t) = \frac{U_m}{1 - \alpha \tau_w} \left[ e^{-at} - e^{-t/\tau_w} \right] \quad (6)$$

$\tau_w = R_w C_w$  – zastępcza stała czasowa wzmacniacza (rys. 4).

Dla różnych wartości pulsacji  $\omega$ , w stosunku do stałej wartości współczynnika  $\alpha$ , napięcie  $u(t)$  jest proporcjonalne do ładunku pozornego. Istotnym parametrem w przypadku różnych układów detekcji jest rozdzielczość czasowa impulsów. Jest ona potrzebna do rejestracji amplitudy następujących po sobie impulsów. Określa ją tzw. czas rozdzielczy  $\tau_r$ , który definiuje się jako czas, po którym wartość sygnału spadnie do 10% wartości szczytowej [6, 26, 27, 28]. Typowa rozdzielczość w paśmie od 40 do 400 kHz wynosi 5–9  $\mu s$  [6]. W międzynarodowej normie IEC60270 [17] pasmo częstotliwości dla pomiarów szerokopasmowych określa się przy spadku wzmocnienia o 6 dB, natomiast w dotychczasowej polskiej normie PN-86/E-04066 określała ją przy spadku wzmocnienia o 3 dB. W normie IEC60270 pasmo pomiarowe dla pomiarów szerokopasmowych definiuje się następująco [34]:

- dla dolnej częstotliwości granicznej

$$f_1: 30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz} \quad (7)$$

- dla górnej częstotliwości granicznej

$$f_2: f_2 \leq 500 \text{ kHz} \quad (8)$$

- dla wyznaczonego pasma

$$\Delta f: 100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 400 \text{ kHz} \quad (9)$$

System pomiaru wzn wąskopasmowy charakteryzuje się szerokością pasma filtra aktywnego w granicach kilku do kilkunastu kHz. Zasadę działania ilustruje rys. 5 [12]. W przyrządach pomiarowych o systemie wąskopasmowym częstotliwość rezonansowa i szerokość może być nastawiana płynnie od kilkadziesiąt kHz do kilku MHz [26, 27, 28]. Impedancja pomiarowa  $Z_m$  stanowi dla impulsów prądowych wyładowania filtr górno-przepustowy, a jej mała rezystancja powoduje, że impulsy nie są całkowane. Pojemność przewodu  $C_C$  jest zwarta falową impedancją  $Z_0$ . Napięcie podawane na wzmacniacz selektywny jest proporcjonalne do impulsu prądowego  $i(t)$ . Układ nie rozróżnia jednak polaryzacji impulsów [26, 27, 28]. W normie IEC60270 pasmo pomiarowe dla pomiarów wąskopasmowych definiuje się następująco [34]:

- szerokość pasma

$$\Delta f: 9 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 30 \text{ kHz} \quad (10)$$

- częstotliwość środkowa

$$f_m: 50 \text{ kHz} \leq f_m \leq 1 \text{ MHz} \quad (11)$$

Detekcja wąskopasmowa wykorzystywana jest w miernikach zakłóceń RDV (*Radio Disturbance Voltage*) i cechuje się małą rozdzielczością przy małej odporności na zakłócenia impulsowe. W obu systemach pomiarowych wskazana jest jednak kontrola oscyloskopowa. Istnieją bowiem zagrożenia niekontrolowanych uchybów pomiarowych, wynikających z dopuszczalnego czasu trwania impulsów *wnz* (szczególnie dotyczy to systemu wąskopasmowego, w którym czas zanikania impulsu jest stosunkowo długi). Czas ten jest określony przez górną częstotliwość pasma  $f_2$  w przypadku systemu szerokopasmowego lub  $f_m$  – średnią częstotliwość dla systemu wąskopasmowego [26, 27, 28]. Duże znaczenie przy pomiarach ma również kształt mierzonego impulsu wyładowczego [12, 26, 27, 28]. Wynika on bezpośrednio z mechanizmu *wnz* i przy wyładowaniach we wtrącinach gazowych ma zwykle kształt trójkąta o podstawie do 100 ns – rys. 5 a [12, 26, 27, 28].

Wyładowania we wtrącinach o większej średnicy mogą mieć kształt prostokątny o czasie trwania ok. 1  $\mu$ s, lub dłuższym (wyładowania w oleju) – rys. 5 b [12].

Istnieje wtedy niebezpieczeństwo wystąpienia błędów na skutek np. nasycenia się wzmacniaczy, gdyż większość przyrządów pomiarowych prawidłowo mierzy krótkie impulsy [12, 26, 27, 28]. Stopień zniekształcenia przebiegów impulsów na wyjściu wzmacniacza szerokopasmowego lub wąskopasmowego decyduje o rozdzielczości przyrządu pomiarowego – określa się go tzw. czasem lub okresem rozdzielczym  $T_r$ . Jest to okres czasowy, w którym zachodzi jeszcze prawidłowy pomiar ładunku  $q$ . Podawana jest także przez producentów maksymalna częstotliwość powtarzania impulsów *wnz* [12, 26, 27, 28]:

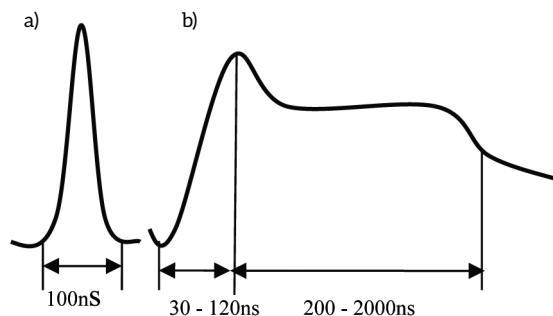
$$n_r = \frac{1}{T_r} \quad (12)$$

Prawidłowość pomiaru będzie zachowana, jeżeli czas trwania  $T_b$ , odpowiedzi miernika wyładowań, będzie mniejszy od czasu rozdzielczego  $T_r$  (1,5–3 razy) [12, 26, 27, 28]. Bardziej rozbudowane analizatory i mierniki wyładowań niezupełnych umożliwiają jednoczesny pomiar parametrów *wnz* i podgląd oscyloskopowy przebiegów. Pozwala to odróżnić *wnz* od zakłóceń i potwierdzić prawidłowość pomiaru.

## Podstawowe elementy toru pomiarowego

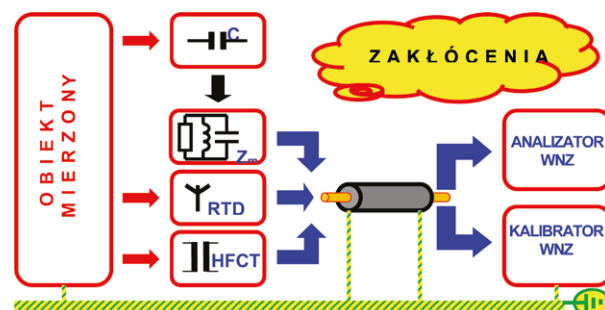
Do podstawowych elementów toru pomiarowego należy zaliczyć:

- obiekt badany;
- czujniki *wnz*;
- impedancję pomiarową;
- przewody połączeniowe;
- kalibratory *wnz*;
- analizatory *wnz*.



Rys. 5. Kształt oscylogramów prądów *wnz* [12, 26, 27, 28]:

a – typowy (trójkątny) we wtrącinie; b – we wtrącinie o dużej średnicy (>5 mm) po czasie przyłożenia napięcia >30 min



Rys. 6. Poglądowy schemat elektrycznego toru pomiarowego wyładowań niezupełnych [12]

Schemat poglądowy elektrycznego toru pomiarowego *wnz* przedstawia rys. 6.


## Obiekt mierzony

Z punktu widzenia niniejszego artykułu obiektem mierzonym jest uzwojenie silnika lub stojana generatora, a w zasadzie jego izolacja. Silnik, w którym zainstalowano czujniki RTD typu PT100, oprócz tradycyjnych sprzęgaczy pojemnościowych i impedancji pomiarowej, umożliwia zastosowanie do pomiarów przekładników wysokoczęstotliwościowych HFCT lub cewek Rogowskiego.

## Literatura

- [1] ADWEL: *PD monitoring*. Nota Aplikacyjna 2003.
- [2] ANDRZEJEWSKI K., TUŁODZIECKA E.: *Analiza intensywności wyładowań niezupełnych prototypowego układu izolacyjnego VPI stojana hydrogeneratora 200MW 15,75 kV*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne”, 64/2002.
- [3] BERTENSHAW D., SASIC M.: *On-line Partial Discharge Monitoring on MV motors-Casestudies on Improved Sensitivity Couplers*. Nota Aplikacyjna firmy ADWEL International Canada, 2002.
- [4] BLOKHINTSEV, GOLOVKOV M., GOLUBEV A., KANE C.: *Field Experiences on the Measurement of Partial Discharges on Rotating Equipment*, IEEE PES'98, February 1–5, Tampa.

- [5] DIMRUS: *Analizator R2200, nota aplikacyjna, dokumentacja 2011.*
- [6] FLORKOWSKA B., FLORKOWSKI M., WŁODEK R., ZYDRÓŃ P.: *Mechanizmy, pomiary i analiza wyładowań niezupełnych w diagnostyce układów izolacyjnych wysokiego napięcia.* Wyd. IPPT PAN, Warszawa 2001.
- [7] FLISOWSKI Z.: *Technika wysokich napięć.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1988.
- [8] GOLUBEV A., PAOLETTI G.: *Partial Discharge Theory and Technologies related to Medium Voltage Electrical Equipment.* 2000 IEEE. Reprinted, with permission, from Paper 99-25 presented at the IAS 34th Annual Meeting, Oct 3-7, '99, Phoenix, AZ.
- [9] GULSKI E.: *Diagnozowanie wyładowań niezupełnych w urządzeniach wysokiego napięcia w eksploatacji.* Wyd. Polit. Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [10] KANDORA W.: *Diagnostyka off-line izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych wykonanych w technologii Resin – Rich.* Rozprawa doktorska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska, Opole 2012.
- [11] KANDORA W., SZYMANIEC S.: *Badania i diagnostyka off-line izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych wykonanych w technologii Resin – Rich.* Oficyna Wydawnicza PO, Opole 2016, Studia i Monografie, Politechnika Opolska z. 439.
- [12] PADUCH P.: *Aparaturowe aspekty diagnostyki izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych.* Rozprawa doktorska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska, Opole 2017.
- [13] PAOLETTI G., GOLUBEV A.: *Partial Discharge Theory and Applications to Electrical Equipment, Diagnostics.* Cutler-Hammer Engineering Services 2001.
- [14] *PD diagnostics – its history and future, PD Workshop,* Alexandria, Virginia, Decmber 3&4 2001
- [15] PLUTECKI Z.: *Analiza wpływu mikroklimatu na emisję wyładowań niezupełnych maszyn elektrycznych w warunkach przemysłowej eksploatacji.* Studia i Monografie z. 325. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2012.
- [16] PLUTECKI Z., SZYMANIEC S.: *An analysis of the influence of microclimate on partial discharge emissions of electric machines in the conditions of industrial operation – own research.* Archives of Electrical Engineering, No 4, 2013., pp. 629–648.
- [17] PN-EN 60270. *Wysokonapięciowa technika probiercza. Pomiary wyładowań niezupełnych.*
- [18] Русов В.А.: *Измерение частотных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования.* Издательство УрГУПС 620034, г. Екатеринбург 2011.
- [19] RUSSWURM D.: *On-Site Partial Discharge Monitoring Using the differentia Lemke Probe LDP-5 and its accessories.* HV Testing, Monitoring and Diagnostics Workshop 2000.
- [20] RUX L.M., BERTENSHAW D.R.: *Assessing the condition of rotating machines stator winding insulation using the ramped direct high-voltage method.* INSUCON 2002, 18–20 June 2002, Berlin.
- [21] SASIC M., BERTENSHAW D.: *On-line Partial Discharge Monitoring on MV Motors – Case Studies on Improved Sensitivity Couplers and Interpretation Methods,* SDEMPED, ITALY 1–3 Sept. 2001 pp. 1–5.
- [22] SASIC M.: *Partial discharge measurement on rotating machines.* 9th National Congress of Electric Rotating Machinery September 29 to October 2, 1999, Veracruz, Mexico.
- [23] STONE G.C., BOULTER E.A., CULBERT I., DHIRANI H.: *Electrical insulation for rotating machines.* IEEE PRESS series on Power Engineering, USA, 2004.
- [24] SZYMANIEC S.: *Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń i stanu łożysk silników indukcyjnych klatkowych w warunkach przemysłowej eksploatacji.* Studia i Monografie z. 193, Wyd. Politech. Opolskiej, Opole 2006.
- [25] SZYMANIEC S.: *Badania, eksploatacja i diagnostyka zespołów maszynowych z silnikami indukcyjnymi klatkowymi.* Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013, Studia i Monografie, zeszyt 333.
- [26] Tettex Information 310: *Technika pomiaru wyładowań niezupełnych.*
- [27] Tettex Information 311: *Pomiary wyładowań niezupełnych. Problemy i możliwości ich rozwiązania z pomocą uniwersalnego systemu pomiarowego.*
- [28] Tettex Instruments: *Ultrasonic partial discharge detector 925.*
- [29] Tettex Instruments: *True Digital Partial Discharge Analysing System.*
- [30] TUŁODZIECKA E., ANDRZEJEWSKI K.: *Komputerowa diagnostyka izolacji maszyn elektrycznych wysokiego napięcia metodą pomiaru wyładowań niezupełnych.* Wyd. BOBRME, Katowice 1995, Zeszyty Problemowe Komel nr 50.
- [31] TUŁODZIECKA E., ANDRZEJEWSKI K.: *Wykrywanie stanów przedawaryjnych izolacji uzwojeń stojanów generatorów metodą bezpośredniego pomiaru wyładowań niezupełnych w układzie off-line.* „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne”, 52/1996.
- [32] ZUBELIK P., NADACZNY K., ANDRZEJEWSKI K., ZAJĄCZEK M.: *System oceny układów izolacyjnych hydro- i turbogeneratorów dużej mocy najnowszymi metodami, głównie przez pomiary i analizę wyładowań niezupełnych.* Instytut Energetyki – Zakład Izolacji, Poznań 2006.
- [33] ZYDRÓŃ P.: *Zastosowanie analizy czasowej i częstotliwościowej do badania wyładowań niezupełnych w układach izolacyjnych wysokiego napięcia.* Rozprawa doktorska, AGH Kraków, 2001.
- [34] IEC60270: 2000, *High voltage test techniques – Partial discharge measurements.*

 prof. dr hab. inż. Sławomir Szymaniec

Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Elektrowni, Diagnostyki i Inżynierii Komputerowej, e-mail: s.szymaniec@po.edu.pl;  
dr inż. Piotr Paduch

Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, e-mail: p.paduch@po.edu.pl



# Aparaturowe aspekty pomiaru wyładowań niezupełnych maszyn elektrycznych. Część 2

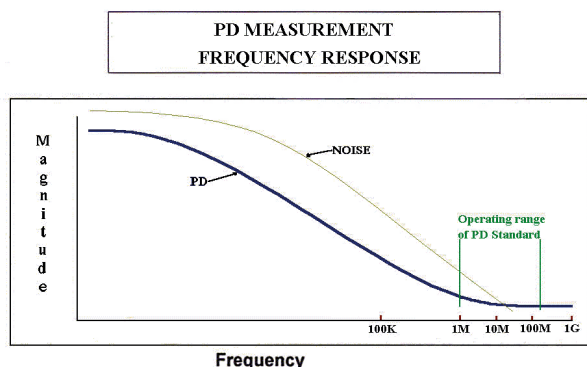
Piotr Paduch, Sławomir Szymaniec

## 1. RTD (Resistance Temperature Detector)

[1, 3-5, 8, 9, 11, 12, 18, 24, 25]

RTD to najczęściej stosowane czujniki termorezystorowe w maszynach elektrycznych, które oprócz swojej podstawowej funkcji mogą pełnić również rolę anten do detekcji wyładowań niezupełnych. Koszt stosowanych w maszynach elektrycznych termorezystorów waha się w granicach od kilku do kilkudziesięciu złotych, wyjątkowo kilkaset złotych. Konfigurację anten przy pomiarach *wnz* w silnikach, wg [24, 25], należy poprzedzić wyborem zakresu pomiaru *wnz* ze względu na wpływ zakłóceń przemysłowych oraz ustaleniem zakresu spodziewanych częstotliwości *wnz*, który zapewni możliwie najniższy poziom zakłóceń i szumów. Z długoletnich badań przemysłowych, jakie prowadziła firma ADWEL, wynika, że najkorzystniejszym zakresem częstotliwości jest zakres od 1–150 MHz (PDA PREMIUM) [1]. Podobne badania przeprowadzone przez VIBROCENTER ograniczyły ten zakres do 20 MHz [18] – rys. 1. Detekcja wyładowań niezupełnych odbywa się w układzie jak na rys. 2 i 3.

Do detekcji impulsów *wnz* wykorzystano rdzeń toroidalny typu RTP ze sproszkowanego żelaza, pracujący w paśmie do 200 MHz, zwykle oznaczony kolorem czarnym lub czerwono-czarnym, o wysokiej stabilności temperaturowej parametrów magnetycznych, często wykorzystywany w obwodach o dużej dobroci, na którym nawinięto uzwojenie pomiarowe. Przeprowadzone próby i zbudowane prototypy urządzenia z wykorzystaniem innego typu rdzeni nie przyniosły oczekiwanych wyników. Tak wykonany czujnik *wnz* pozwala na jednoczesny pomiar temperatury i *wnz*. Termorezystor w roli anteny umożliwia pomiar *wnz* przy pełnej izolacji, a sygnał indukuje się

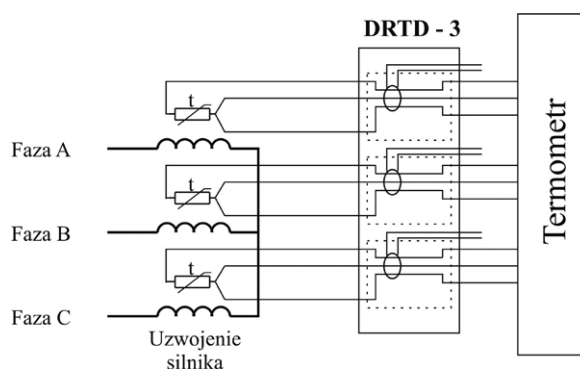


Rys. 1. Widmo *wnz* (PD) maszyn elektrycznych w czasie ich eksploatacji oraz widmo zakłóceń wg firmy ADWEL [1]

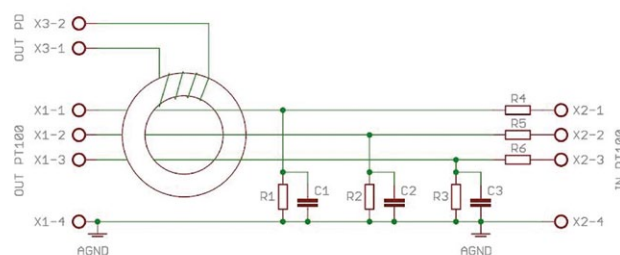
## 🇬🇧 EQUIPMENT ASPECTS OF ELECTRIC MACHINE DIAGNOSTICS BASED ON A PD – PART II

**Abstract:** Operation of electric machines is accompanied by partial discharges. Partial discharges have a very complex nature. Together with progressing use of machines, there is a change in the intensity of partial discharges with typical phase-resolved distributions. The diagnostics can be carried out using available partial charge detectors. The author's solutions regarding detectors and devices for measurements of partial discharges in electric machines in industrial conditions have proved to be successful. Results of measurements of partial discharges in motors depend on: the condition of their insulation, motor load, temperature of windings, humidity, level of external interference, and characteristics of partial discharge detectors and partial discharge analysing devices.

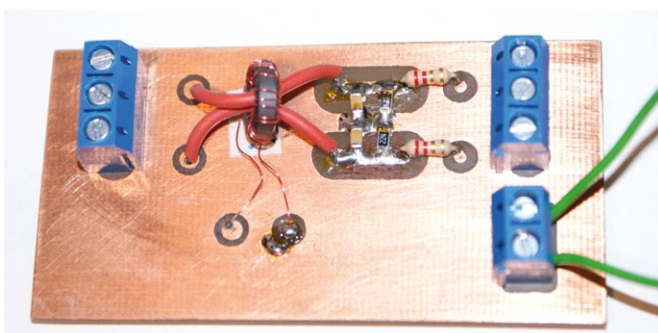
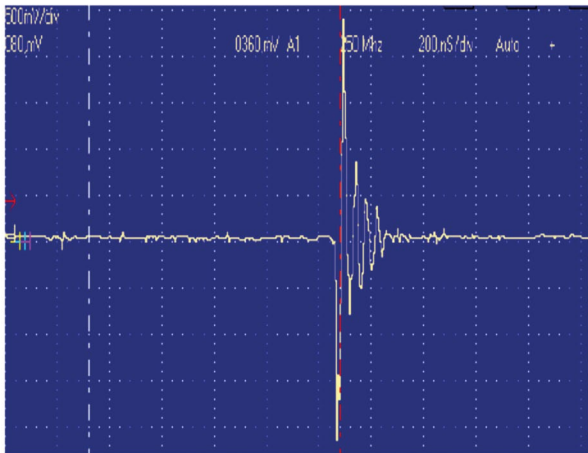
**Keywords:** insulation diagnostics of the high voltage electric machines



Rys. 2. Termorezystory Pt-100 w silniku wraz z zespołami antenowymi [12, 18]



Rys. 3. Schemat układu czujnika wyładowań niezupełnych [12]



Rys. 4. Przykład oscylogramu napięcia z anteny na bazie czujnika Pt100 (pomiar wzn silnika w Cementowni ODRA) i fotografia wykonanego prototypu [12]

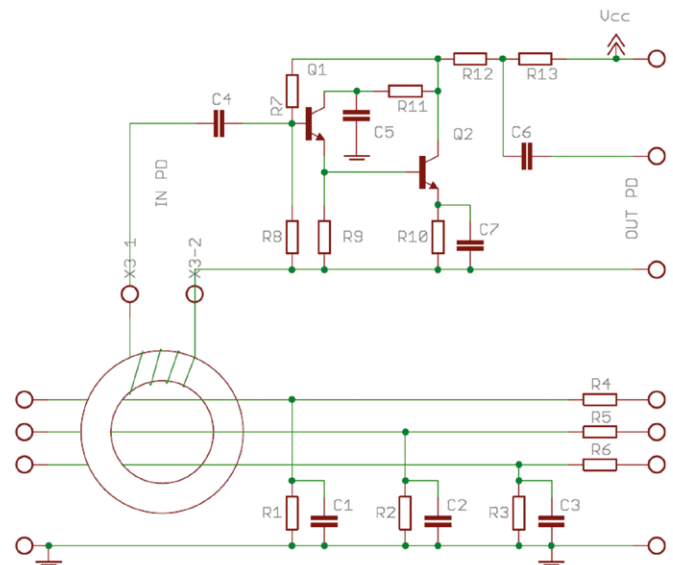
w uzwojeniu pomiarowym nawiniętym na rdzeniu toroidalnym. W warunkach pomiarowych jest możliwe podłączenie czujników Pt100, zarówno dwuprzewodowych, jak i trójprzewodowych. Znajdujące się na płytce filtry (elementy  $R1$  do  $R6$  i  $C1$  do  $C3$ ) zapewniają bezzakłócenowy monitoring temperatury. Przeprowadzone testy wykazały pełną przydatność tak wykonanego czujnika do monitoringu wyładowań niezupełnych. Koszt wykonanego czujnika stacjonarnego wynosi 50–120 złotych.

## 2. Prototyp aktywnego czujnika typu RTD do wyładowań niezupełnych

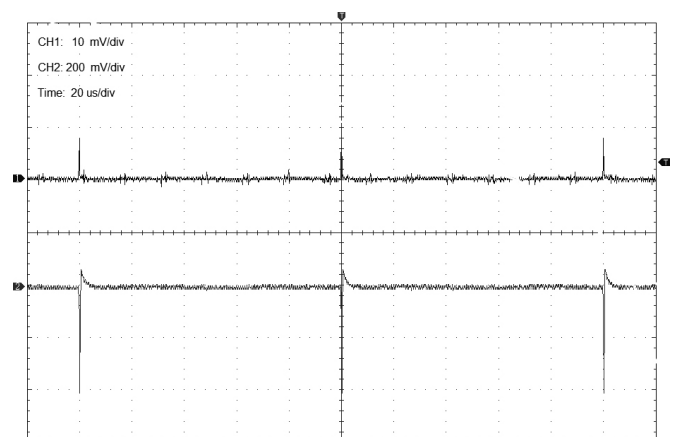
Kierując się głównie potrzebami przemysłu i energetyki krajowej, podjęto zadanie budowy niskokosztowego aktywnego czujnika typu RTD do pomiaru wyładowań niezupełnych.

### 2.1. Schemat ideowy, budowa, zasada działania

W mobilnych analizatorach wyładowań niezupełnych do ich właściwej detekcji wymagana jest amplituda impulsów na poziomie minimum kilkudziesięciu mV. Przy założeniu, że jako jedno ze źródeł sygnału wykorzystywane będą termorezystory typu PT100, wchodzące w skład tzw. czujników antenowych (anteny), należy uwzględnić, że amplituda sygnału wyjściowego z takich czujników może okazać się zbyt mała. Rozwiązaniem problemu zbyt małej amplitudy sygnału pomiarowego

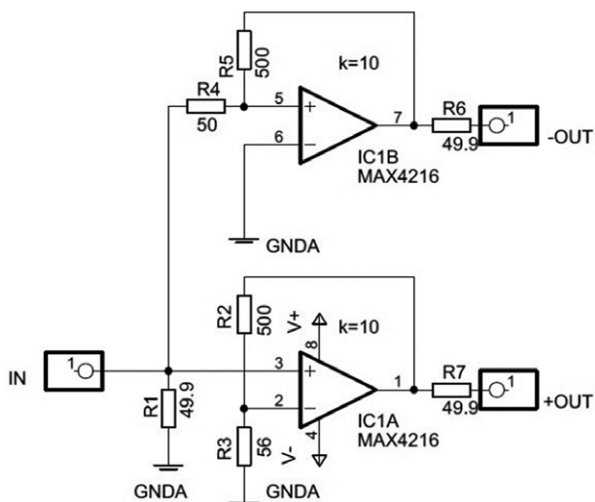


Rys. 5. Schemat aktywnego czujnika ze wzmacniaczem wstępnym na bazie tranzystorów dyskretnych [12]

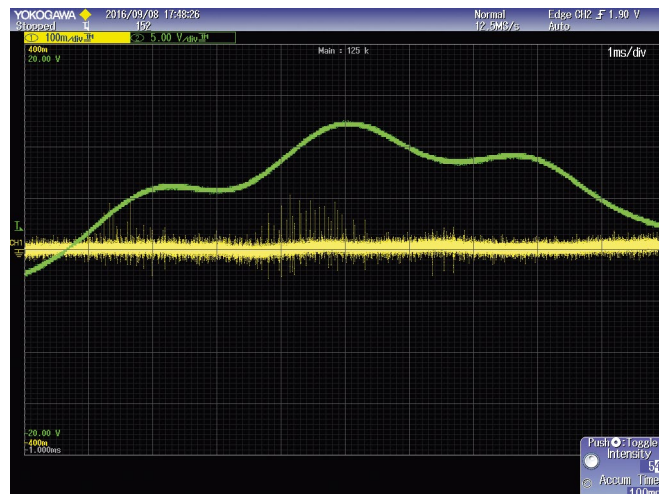


Rys. 6. Oscylogramy impulsów wejściowych (CH1) i wyjściowych przedwzmacniacza [12]

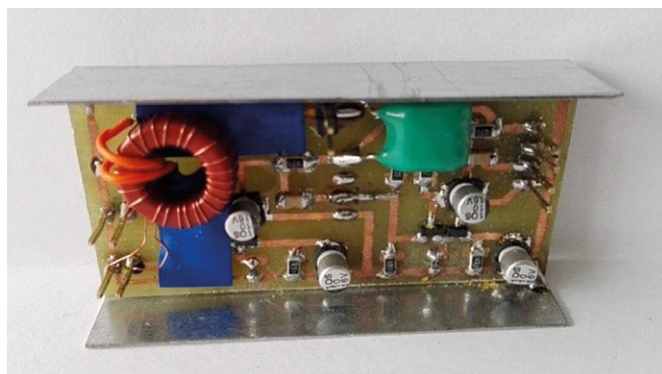
może być czujnik aktywny RTD z wbudowanym wzmacniaczem wstępnym [12]. Rys. 5 przedstawia schemat ideowy proponowanego czujnika aktywnego *wzn* z przedwzmacniaczem tranzystorowym. W obwodzie wejściowym wzmacniacza zastosowano wtórnik emiterowy. Takie rozwiązanie stosowane jest m.in. w sondach scyntylacyjnych, np. w sondzie SSU-70 produkcji ZZUJ „Polon”. Z wyjścia wtórnika impulsy podawane są na stopień wzmacniająco wykonany na bazie tranzystora *npn* w układzie OE. Wyjście wzmacniacza obciążono obustronnie dopasowaną linią przekazującą sygnał. W układzie zastosowano przewód trzyżyłowy, wykorzystując go do zasilania układu przedwzmacniacza napięciem 12 V i wyprowadzenia sygnału wyjściowego. Separację sygnału użytecznego od obwodu zasilania zapewniają elementy  $R13$  i  $C6$ . Na rys. 6 przedstawiono oscylogramy impulsów na wejściu (CH1) i wyjściu (CH2) przedwzmacniacza zainstalowanego w czujniku RTD [12]. Jako źródło impulsów wejściowych zastosowano generator arbitralny



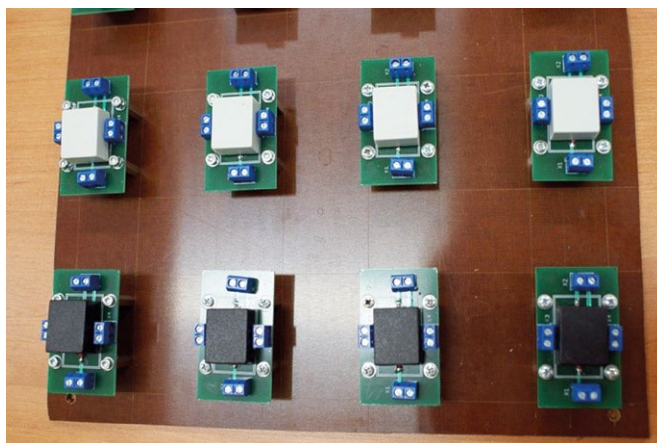
Rys. 7. Schemat ideowy wzmacniacza końcowego [12]



Rys. 9. Przykładowy pomiar *wnz*



Rys. 8. Prototyp aktywnego czujnika RTD [12]



Rys. 10. Zestaw czujników RTD o dwu wyjściach [12]

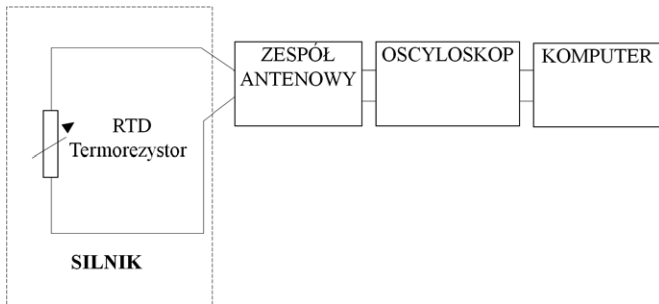
DG4062, który umożliwia generację impulsów o regulowanej szerokości do częstotliwości 60 MHz. Amplituda impulsów wejściowych wynosiła 10 mV. Na wyjściu przedwzmacniacza otrzymano odwrócone impulsy o amplitudzie dochodzącej do 400 mV. Jest to poziom sygnału użytecznego zapewniający możliwość dobrej współpracy ze sprzętem pomiarowym [12].

Dodatkowo opracowano wzmacniacz końcowy, aby uzyskać sygnał o amplitudzie umożliwiającej współpracę z modułem mikroprocesorowym. Zapewnia to pomiar częstotliwości powtarzania *n wnz*. Sygnał wyjściowy układu z rys. 7 może być wykorzystany do sterowania szybkiego licznika częstotliwości. Należy zwrócić jednak uwagę na możliwe do popełnienia błędy pomiaru, wynikające z dużej czułości licznika oraz innych zakłóceń, w tym szumów wzmacniacza. Wskazana jest zatem kontrola mierzonych impulsów na oscyloskopie. Moduł końcowy wzmacniacza zaprojektowano, wykorzystując podwójny wzmacniacz operacyjny MAX4216 pracujący do częstotliwości 300 MHz, tzw. *Rail-to-Rail*. Rys. 7 przedstawia schemat ideowy wykonanego wzmacniacza końcowego [12]. Wzmacniacz zawiera dwa tory: odwracający i nieodwracający. Dzięki temu otrzymano dwa przebiegi o takiej samej amplitudzie, lecz o przeciwnej polaryzacji.

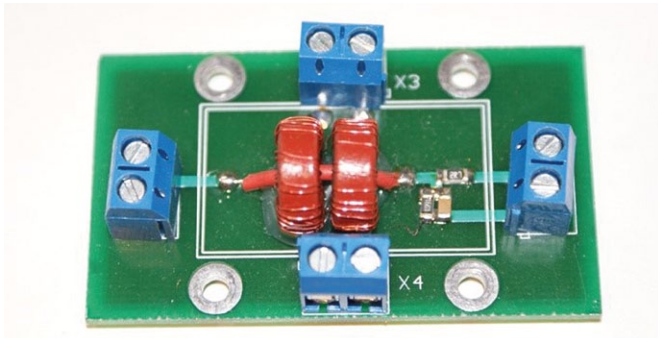
Taka konfiguracja wzmacniacza umożliwia wybór polaryzacji impulsów potrzebny do dalszej obróbki sygnału na wejściach przetwornika pomiarowego. Rys. 8 przedstawia fotografię wykonanego prototypu aktywnego czujnika RTD. Rys. 9 to zarejestrowany przebieg przykładowego wyładowania. Za jego wadę można uznać konieczność stosowania zasilania, ale w przyrządach i analizatorach *wnz* zawsze istnieje możliwość skorzystania z dodatkowo wyprowadzonego napięcia lub można zasiląć czujnik z własnego zasilacza DC. Przydatność i skuteczność czujników typu RTD została wielokrotnie przez autorów sprawdzona podczas badań przeprowadzonych w ramach kontroli stanu izolacji silnika napędowego młyna cementu w Cementowni ODRA. W wyniku doświadczeń przemysłowych opracowano zestaw czujników pomiarowych RTD o dwu wyjściach (rys. 10 i rys. 12).

Dwuwyjściowy czujnik umożliwia jednocześnie, niezależne wykorzystanie tego samego sygnału do pomiarów za pomocą różnych analizatorów stacjonarnego i mobilnego. Skuteczność czujników RTD sprawdzana była w układzie pomiarowym jak na rys. 11. Przykładowe pomiary z wykorzystaniem czujników RTD ilustrują rysunki 13 a, b, c, d [24, 25].





Rys. 11. Układ do pomiarów wzn silników przy użyciu RTD [24, 25]



Rys. 12. Czujnik RTD o dwu wyjściach (X3,X4) [12]

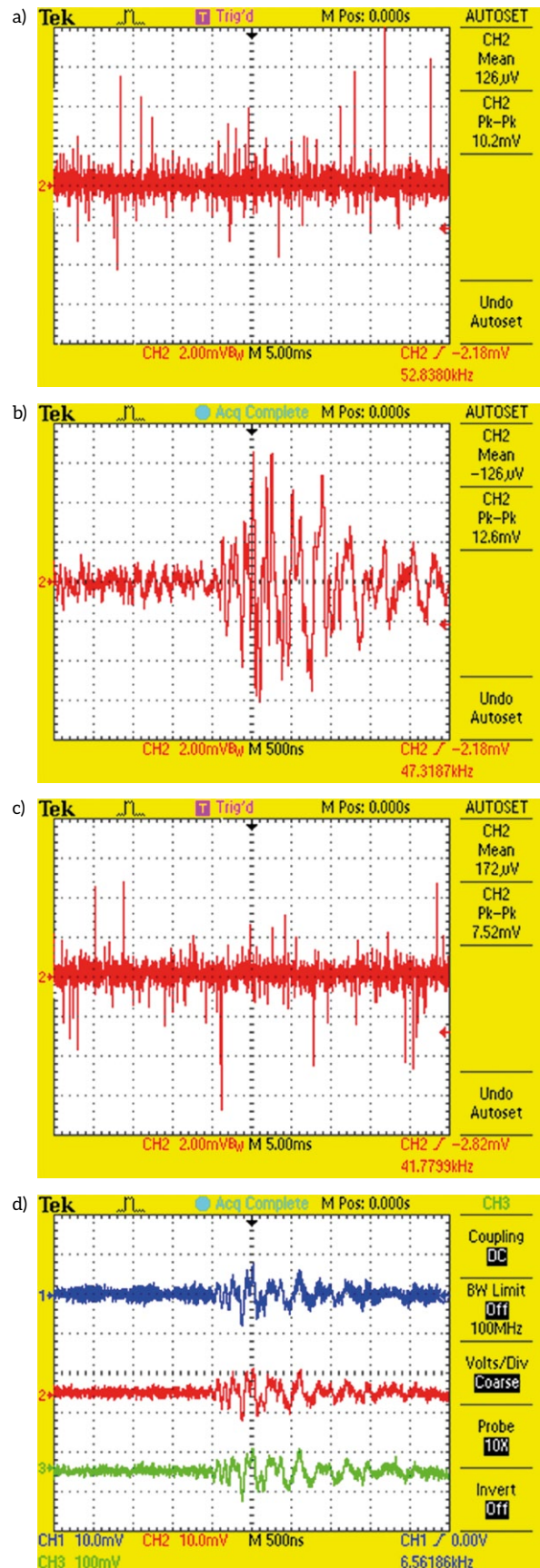
### 3. Impedancja pomiarowa

Na kształt impulsu prądowego wyładowania mogą wpływać elementy układu pomiarowego. Ideałem byłoby odtworzenie kształtu impulsu czasowego, co pozwoliłoby zidentyfikować przebieg fizyczny procesu wyładowania i określić prawdopodobną wadę lub uszkodzenie izolacji w obiekcie. W rzeczywistości przebieg jest odkształcony i przy pomiarach rutynowych wartości impulsów prądowych są zwykle całkowane. Oceny wyładowań dokonuje się na podstawie ładunków pozornych. Dlatego w procesie pomiarowym bardzo istotny jest właściwy dobór impedancji pomiarowej, która ma duży wpływ na rozdzielczość amplitudową i czasową całego pomiaru [12].

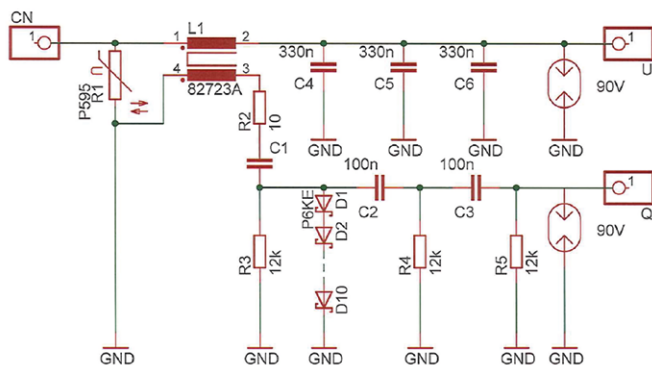
Dla EthosEnergy Poland SA w Lublińcu wykonano przy współpracy z dr. inż. Wojciechem Kandorą impedancję pomiarową, której schemat przedstawiono na rys. 14 [12]. Pasmo przenoszenia impedancji, którą przedstawia schemat, jest zgodne z wymaganiami normy IEC60270, która proponuje, aby mieściło się ono poniżej 20 dB wartości maksymalnej pasma pomiarowego [12]. Wejście układu jest dopasowane do pojemności sprzęgającej 1 nF i napięcia  $U = 60$  kV. Urządzenie posiada wbudowany filtr środkowoprzepustowy (20 dB – C1–C3, R2–R5) i zabezpieczenia przeciwprzepięciowe (D1–D10, iskrownik 90 V) oraz obwód pomiaru wysokiego napięcia ( $U_{wyj} = 50$  Vrms) [168].

Rys. 15 przedstawia wykonaną impedancję pomiarową [12]. Sygnał wzn wyprowadzono z gniazda typu BNC (PD), podobnie jak sygnał mierzonego napięcia ( $U$ ). Do podłączenia kondensatora służą zaciski bananowe o oznaczeniach  $C_N$  i GND, jak na rysunku 15.

Moduł impedancji nie ustępuje firmowym fabrycznym impedancjom, które na co dzień są używane w EthosEnergy Poland SA w Lublińcu. Autor [12] testował je podczas serwisowania.



Rys. 13. Pomiary wzn dla przykładowego silnika WN, oscylogramy napięć: a) i b) pomiary czujnikiem własnym (dla różnych skal czasu); c) pomiar RTD, dla innej chwili czasowej; d) pomiar RTD – wykres górny, pomiar czujnikiem własnym – wykresy środkowy i dolny, dla tej samej chwili czasowej [24, 25]



Rys. 14. Schemat ideowy prototypowej impedancji pomiarowej wykonanej dla EthosEnergy Poland SA w Lublińcu [12]



Rys. 15. Moduł wykonanej impedancji pomiarowej [168]

#### 4. Uniwersalny zestaw aparaturowy do pomiarów *wnz* silników własnej konstrukcji

W trakcie badań własnych opracowano uniwersalny zestaw aparaturowy do pomiarów *wnz* silników przemysłowych – rys. 16, którego zasadniczym elementem była cyfrowa karta oscyloskopowa DSO2904 i analizator *wnz* R500. Opracowany zestaw aparaturowy może być wykorzystany jako przenośny mobilny lub stacjonarny.

Czujnikami *wnz* są: 3 kondensatory sprzęgające bezindukcyjne, bezwyładowaniowe w opcji 300 pF, konstrukcji dr. inż. Wojciecha Kandory [10], 6 aktywnych czujników typu RTD własnej konstrukcji. Mogą być podłączone równocześnie dalsze czujniki, np.: 3 cewki Rogowskiego, czujniki HFCT, RFCT, SSC [24, 25]. Prąd silnika jest mierzony dodatkową cewką Rogowskiego (niskoczęstotliwościową). Równocześnie mierzona jest temperatura uzwojeń silnika oraz wilgotność względna. Pomiaru mogą być wykonywane w dowolnej opcji czasowej, poczynając od okresu co 5 sekund. Wielkościami mierzonymi są:  $n$ ,  $q$ ,  $\varphi$ ,  $Q_m$ ,  $PDI$ ,  $NQN+$ ,  $NQN-$ . Oprogramowanie umożliwia wizualizację wyników w opcji: wartości maksymalne, uśrednione, minutowe, godzinowe, dobowe, tygodniowe, za różne czasookresy pracy, w jednostkach bezwzględnych i względnych. Istnieje możliwość liczenia współczynników korelacji. Podstawową jednostką dla  $Q_m$  są mV i V. Jeżeli tory pomiarowe są



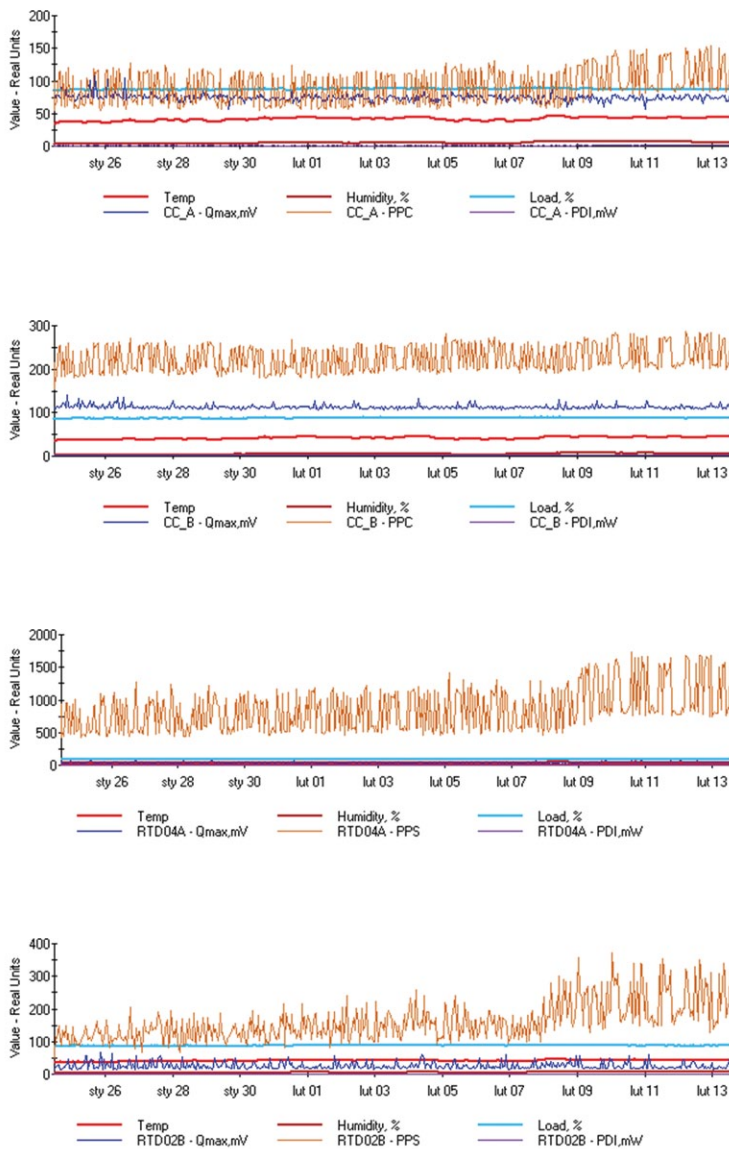
Rys. 16. Przenośny zestaw aparaturowy do pomiarów *wnz* silników [24, 25]

wcześniej wykalibrowane (przypadek bardzo rzadki), wtedy  $Q_m$  można wyrażać w jednostkach ładunku. Ograniczenie wpływu zakłóceń jest podobne jak w systemach do oceny stanu izolacji generatorów i hydrogeneratorów PDA [24, 25]. Układ pomiarowy ma tzw. „kanał szumowy”. Istnieje możliwość dodatkowego wykorzystania kanału szumowego, co umożliwia ustawienia wartości progowych poziomu sygnału uznanego za użyteczny [24, 25]. Urządzenie posiada możliwość podania na układ przekaźnikowo-stycznikowy informacji o przekroczeniu progów alarmowych dla  $Q_m$ ,  $PDI$  i trendu. Przykładowe wyniki pomiarów wykonanych przez autorów w jednej z cementowni przedstawiono na rys. 17. Był to monitoring stanu izolacji silnika z pomiarami wykonywanymi co godzinę. Pomiaru *wnz* wykonywane były przy użyciu 3 kondensatorów pomiarowych 300 pF – CC\_A, CC\_B i CC\_C, podpiętych do zacisków fazowych silnika: U, V, W oraz przy użyciu 6 termorezystorów – RTD01A, RTD04A, RTD02B, RTD05B, RTD03C i RTD06C, z czego 3 znajdowały się od strony napędowej, dalsze 3 od strony przeciwnapędowej, po 2 termorezystory na fazę U(A), V(B), i W(C). Równocześnie mierzone były prąd stojana, temperatura uzwojeń stojana oraz wilgotność względna.

Z analizy wyników pomiarów *wnz* badanego silnika wynikają następujące wnioski ogólne:

- Analiza fazowa-rozdzielcza *wnz* wykazuje stan zrównoważenia *wnz* o polaryzacji ujemnej i dodatniej z lokalnymi przewagami polaryzacji dodatniej, oznacza to występowanie punktów generacji *wnz* w środku izolacji oraz w okolicach czoł.
  - W okresie miesięcznym nie stwierdzono wyraźnej zależności intensywności *wnz* od temperatury, wilgotności względnej i obciążenia silnika.
  - Ogólnie stan izolacji silnika 1,4 MW, 6 kV, izol. F, napędu o znaczeniu krytycznym na podstawie wyników pomiarów *wnz* nie budzi zastrzeżeń.
- Wnioski z badań diagnostycznych przekazano właścicielowi silnika.





Rys. 17. Silnik o mocy 1,4 MW, 6 kV, izol. F, napędu o znaczeniu krytycznym, pomiar wnz przy użyciu kondensatorów i RTD, wykresy:  $Q_{max}$ , częstotliwości wnz - (PPS), PDI, temperatury, wilgotności i obciążenia silnika dla trybu dziennego

## 5. Wnioski końcowe

W zespole prof. dr. hab. inż. Sławomira Szymańca od roku 2000 trwają prace nad opracowaniem metodyki pomiarów wnz dla potrzeb krajowego przemysłu i energetyki, nad własnymi rozwiązaniami czujników do pomiarów wnz, nad konstrukcją sond pomiarowych oraz aparatury pomiarowej, w tym nad opracowaniem analizatorów mobilnych wnz. Opracowano i wykonano między innymi zespoły antenowe. Czujniki do pomiaru temperatury w silnikach typu termorezystory RTD, np. Pt100, wyposażone w zespoły antenowe własnej konstrukcji, stają się anteną służącą do pomiarów wnz w zakresie 1–20 MHz. Zespół antenowy umożliwia przeniesienie sygnału w.cz. z termorezystorów do układu pomiarowego wnz. W zespoły antenowe można wyposażyć dowolne RTD znajdujące się w silniku, jak również zamontować według potrzeb dodatkowe RTD w przestrzeniach czoł uzwojeń silników i wyposażyć je we

wspomniane zespoły antenowe. Zespół antenowy umożliwia podłączenie RTD o dowolnej konfiguracji (2, 3, 4 druty), zapewnia również bezpieczeństwo mierzącemu i chroni aparaturę pomiarową przed ewentualnym uszkodzeniem przez galwaniczne oddzielenie stojana od układu pomiarowego.

Opracowano również i wykonano bardzo prosty oraz tani czujnik wnz typu antena pętlowa. Antenę tworzy; długi przewód ( $L \gg d$ ,  $L$  – długość,  $d$  – średnica przewodu) poprowadzony wokół czoł uzwojeń silnika na elemencie wspornikowym, pierścieniu mocującym itp. Jest to najprostsza antena odbiorcza w MHz-owym zakresie częstotliwości, dobrana eksperymentalnie, wyposażona we wspomniany już zespół antenowy własnej konstrukcji [24, 25]. Szczegóły konstrukcji czujników antenowych stacjonarnych i mobilnych w oparciu o termorezystory RTD – Pt100 w wersji bierniej i aktywnej przedstawiono w pracy doktorskiej dr. inż. Piotra Paducha [12]. Opracowane konstrukcje są niskokosztowe co przedstawia tabela. 1.

Tabela 1. Przybliżony koszt wykonanych czujników

| Typ czujnika  | Koszt w złotych |
|---|-----------------|
| Czujniki wnz antenowe stacjonarne typu RTD pasywne    | 120             |
| Czujniki wnz antenowe stacjonarne typu RTD aktywne    | 160             |
| Czujniki wnz antenowe stacjonarne typu antena pętlowa | 160             |
| Czujniki wnz antenowe mobilne typu RTD                | 140             |

Na podstawie przeprowadzanych przez autorów badań przemysłowych można stwierdzić, że czujniki typu RTD, pasywne i aktywne, skutecznie umożliwiają detekcję wyładowań i mogą być alternatywą dla sprzączaczy pojemnościowych pod warunkiem, że w obiekcie mierzonym zostały zainstalowane czujniki temperatury Pt100 lub anteny pętlowe.

## Literatura

- [1] ADWEL: PD monitoring. Nota Aplikacyjna 2003.
- [2] ANDRZEJEWSKI K., TUŁODZIECKA E.: *Analiza intensywności wyładowań niepełnych prototypowego układu izolacyjnego VPI stojana hydrogenerators 200MW 15,75 kV*. „Zeszyty Problematyczne – Maszyny Elektryczne”, 64/2002.
- [3] BERTENSHAW D., SASIC M.: *On-line Partial Discharge Monitoring on MV motors-Casestudies on Improved Sensitivity Couplers*. Nota Aplikacyjna firmy ADWEL International Canada, 2002.
- [4] BLOKHINTSEV, GOLOVKOV M., GOLUBEV A., KANE C.: *Field Experiences on the Measurement of Partial Discharges on Rotating Equipment*, IEEE PES'98, February 1–5, Tampa.
- [5] DIMRUS: Analizator R2200, nota aplikacyjna, dokumentacja 2011.
- [6] FLORKOWSKA B., FLORKOWSKI M., WŁODEK R., ZYDRON P.: *Mechanizmy, pomiary i analiza wyładowań niepełnych*



- w diagnostyce układów izolacyjnych wysokiego napięcia. Wyd. IPPT PAN, Warszawa 2001.
- [7] FLISOWSKI Z.: *Technika wysokich napięć*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1988.
- [8] GOLUBEV A., PAOLETTI G.: *Partial Discharge Theory and Technologies related to Medium Voltage Electrical Equipment*. 2000 IEEE. Reprinted, with permission, from Paper 99-25 presented at the IAS 34th Annual Meeting, Oct 3–7, '99, Phoenix, AZ.
- [9] GULSKI E.: *Diagnostowanie wyladowań niepełnych w urządzeniach wysokiego napięcia w eksploatacji*. Wyd. Polit. Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [10] KANDORA W.: *Diagnostyka off-line izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych wykonanych w technologii Resin – Rich*. Rozprawa doktorska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska, Opole 2012.
- [11] KANDORA W., SZYMANIEC S.: *Badania i diagnostyka off-line izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych wykonanych w technologii Resin – Rich*. Studia i Monografie, Politechnika Opolska z. 439, Oficyna Wydawnicza PO, Opole 2016.
- [12] PADUCH P.: *Aparaturowe aspekty diagnostyki izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych*. Rozprawa doktorska. Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska, Opole 2017.
- [13] PAOLETTI G., GOLUBEV A.: *Partial Discharge Theory and Applications to Electrical Equipment, Diagnostics*. Cutler-Hammer Engineering Services 2001.
- [14] *PD diagnostics – its history and future, PD Workshop*, Alexandria, Virginia, December 3&4 2001
- [15] PLUTECKI Z.: *Analiza wpływu mikroklimatu na emisję wyladowań niepełnych maszyn elektrycznych w warunkach przemysłowej eksploatacji*. Studia i Monografie z. 325. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2012.
- [16] PLUTECKI Z., SZYMANIEC S.: *An analysis of the influence of microclimate on partial discharge emissions of electric machines in the conditions of industrial operation – own research*. Archives of Electrical Engineering, No 4, 2013., pp. 629–648.
- [17] PN-EN 60270. *Wysokonapięciowa technika probiercza. Pomiar wyladowań niepełnych*.
- [18] Русов В.А.: *Измерение частотных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования*. Издательство УрГУПС 620034, г. Екатеринбург 2011.
- [19] RUSSWURM D.: *On-Site Partial Discharge Monitoring Using the differentia Lemke Probe LDP-5 and its accessories*. HV Testing, Monitoring and Diagnostics Workshop 2000.
- [20] RUX L.M., BERTENSHAW D.R.: *Assessing the condition of rotating machines stator winding insulation using the ramped direct high-voltage method*. INSUCON 2002, 18–20 June 2002, Berlin.
- [21] SASIC M., BERTENSHAW D.: *On-line Partial Discharge Monitoring on MV Motors – Case Studies on Improved Sensitivity Couplers and Interpretation Methods*, SDEMPED, ITALY 1–3 Sept. 2001, pp. 1–5.
- [22] SASIC M.: *Partial discharge measurement on rotating machines*. 9th National Congress of Electric Rotating Machinery September 29 to October 2, 1999, Veracruz, Mexico.
- [23] STONE G.C., BOULTER E.A., CULBERT I., DHIRANI H.: *Electrical insulation for rotating machines*. IEEE PRESS series on Power Engineering, USA, 2004.
- [24] SZYMANIEC S.: *Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń i stanu łożysk silników indukcyjnych klatkowych w warunkach przemysłowej eksploatacji*. Studia i Monografie z. 193, Wyd. Politech. Opolskiej, Opole 2006.
- [25] SZYMANIEC S.: *Badania, eksploatacja i diagnostyka zespołów maszynowych z silnikami indukcyjnymi klatkowymi*. Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej 2013, Opole, Studia i Monografie, zeszyt 333.
- [26] Tettex Information 310: *Technika pomiaru wyladowań niepełnych*.
- [27] Tettex Information 311: *Pomiary wyladowań niepełnych. Problemy i możliwości ich rozwiązania z pomocą uniwersalnego systemu pomiarowego*.
- [28] Tettex Instruments: *Ultrasonic partial discharge detector 925*.
- [29] Tettex Instruments: *True Digital Partial Discharge Analysing System*.
- [30] TUŁODZIECKA E., ANDRZEJEWSKI K.: *Komputerowa diagnostyka izolacji maszyn elektrycznych wysokiego napięcia metodą pomiaru wyladowań niepełnych*. Wyd. BOBRME, Katowice 1995, Zeszyty Problemowe Komel nr 50, s. 65–73.
- [31] TUŁODZIECKA E., ANDRZEJEWSKI K.: *Wykrywanie stanów przedawaryjnych izolacji uzwojeń stojanów generatorów metodą bezpośredniego pomiaru wyladowań niepełnych w układzie off-line*. „Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne”, 52/1996.
- [32] ZUBELIK P., NADACZNY K., ANDRZEJEWSKI K., ZAJĄCZEK M.: *System oceny układów izolacyjnych hydro- i turbogeneratorów dużej mocy najnowszymi metodami, głównie przez pomiary i analizę wyladowań niepełnych*. Instytut Energetyki – Zakład Izolacji, Poznań 2006.
- [33] ZYDROŃ P.: *Zastosowanie analizy czasowej i częstotliwościowej do badania wyladowań niepełnych w układach izolacyjnych wysokiego napięcia*. Rozprawa doktorska, AGH Kraków, 2001.



prof. dr hab. inż. Sławomir Szymaniec

Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Elektrowni, Diagnostyki i Inżynierii Komputerowej, e-mail: s.szymaniec@po.edu.pl;

dr inż. Piotr Paduch

Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, e-mail: p.paduch@po.edu.pl

artykuł recenzowany

reklama



**Najnowsze informacje ze świata robotyki**  
katalog branżowy | aplikacje robotów | targi



## Pięćdziesiąte światowe obchody Dnia Ziemi pod hasłem **Climat Action**

W tym roku 22 kwietnia obchodzony był wyjątkowy, bo już 50 Światowy Dzień Ziemi. W Polsce obchody Dnia Ziemi rozpoczęliśmy nieco później i tegoroczny był trzydziestym z kolei. Tym razem hasło przewodnie to: **Climat Action**, czyli działania na rzecz klimatu. Jednym z istotnych zagrożeń związanych ze zmianami klimatu, które w najbliższych latach może stać się najpotężniejszym światowym kryzysem, jest niedobór wody. Pociągnie on za sobą problemy z produkcją żywności i energii. Pilnie potrzebujemy rozsądnej gospodarki wodnej, a także technologii, które mogą pomóc w zażegnaniu kryzysu.

**P**olska, ze względu na swoje uwarunkowania hydrologiczne, zawsze była narażona na problemy z niedoborem wody. Krajowe zasoby wody pitnej szacowane są na ok. 1580 m<sup>3</sup>/osobę/rok, co jest wartością trzykrotnie mniejszą od średniej europejskiej i ponad czterokrotnie mniejszą niż średnia globalna. Wskaźnik dostępu do wody niższy od 1500 m<sup>3</sup>/rok/osobę uważany jest za bardzo mały i może wywoływać poważne problemy w gospodarowaniu zasobami wodnymi. Na ok. 75% obszaru Polski obserwuje się czasowe deficyty wody, a zmiany klimatu będą tę sytuację jeszcze bardziej pogłębiać.

Już obecnie prognozuje się, że tegoroczna susza będzie dużo poważniejsza niż w latach poprzednich. Praktycznie bezśnieżna zima i brak wiosennych opadów wyraźnie zaznaczają się w niskim stanie rzek. Co roku straty w rolnictwie sięgają kilku miliardów złotych, a to nie jedyna gałąź gospodarki zagrożona deficytem wody. Dominująca w Polskim miksie energetycznym produkcja energii z węgla jest również bardzo wodochłonna.

Aby zminimalizować negatywne skutki corocznych coraz intensywniejszych susz, Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej przygotowało specjalną ustawę, mającą skrócić okresy realizacji inwestycji wpływających na poprawę bilansu wodnego kraju. Zaproponowany w ubiegłym roku ogólnopolski Program Rozwoju Retencji ma na celu ponaddwukrotne zwiększenie współczynnika retencji wody w perspektywie do roku 2027, w ramach planowanych 94 inwestycji o łącznej wartości ponad 12 mld złotych.

Warto pamiętać, że obok odpowiedniego gospodarowania wodami naturalnymi, ciekami i zbiornikami wodnymi istotną rolę odgrywają również technologie zapewniające oszczędne gospodarowanie wodą użytkową – począwszy od uzdatniania i dystrybucji wody, a skończywszy na wykorzystaniu jej przez użytkownika końcowego.

Na świecie blisko 30% wody marnowane jest w wyniku podziemnych wycieków z rur. Można je jednak w prosty sposób ograniczyć bez wykopywania rur i wymiany całej infrastruktury. Wystarczy zastosować podział miejskich systemów wodociągowych na tzw. „strefy ciśnienia”. Rozwiązanie to zastosowano już m.in. w Londynie, który jest podzielony na 800 takich stref. Dzięki temu można znacznie obniżyć ciśnienie wody w całym systemie miejskim – a co za tym idzie – również w miejscu wycieku, powodując tym samym dużo mniejsze straty wody.

Według szacunków ekspertów z Danfoss, dzięki takim rozwiązaniom można zaoszczędzić 40% wody oraz zmniejszyć zużycie energii o 40%.

Kolejne niezbędne działanie to modernizacja oczyszczalni ścieków. Obecnie globalnie oczyszczamy jedynie ok. 20% wszystkich ścieków, pozostałe trafiają bezpośrednio do rzek, z których następnie czerpiemy wodę. Woda z rzeki Ren w Niemczech jest wykorzystywana 14-krotnie, zanim dopłyne do ujścia. Woda z Tamizy wykorzystywana jest 12-krotnie, Missisipi – nawet 28 razy. Recykling wody, rozumiany jako produkcja wody pitnej z oczyszczanych ścieków, niedługo zapewne nie będzie już nowością, a koniecznością. Wystarczy

zmienić sposób myślenia i w dostarczanych do oczyszczalni ściekach zamiast odpadu zauważyć surowiec – do produkcji czystej wody pitnej i energii.

Oczyszczanie ścieków to również bardzo duża konsumpcja energii. Według IEA oczyszczalnie ścieków i stacje uzdatniania wody zużywają ok. 4% energii elektrycznej w skali globalnej – to mniej więcej 60% całej energii produkowanej przez panele fotowoltaiczne i elektrownie wiatrowe na świecie. W skali pojedynczej gminy to ok. 25–40% całkowitego zużycia energii elektrycznej w samorządzie – energii produkowanej w Polsce głównie w elektrowniach węglowych, a więc za pomocą wysoce wodochłonnych technologii. Gdyby jednak oczyszczalnie ścieków wyposażać w inteligentne czujniki informujące o niskim poziomie ścieków, można by dostosować moc pracy pomp do bieżącego zapotrzebowania i tym samym zmniejszyć zużycie energii. Dodatkowo uzyskany w procesie oczyszczania ścieków szlam może być wykorzystany do produkcji biogazu, dzięki czemu przedsiębiorstwo z istotnego konsumenta energii staje się jej producentem. W duńskim Aarhus znajduje się oczyszczalnia, która produkuje 190% energii wykorzystywanej na potrzeby oczyszczania wody.

– Stworzono już pierwsze takie miejsca na świecie, w których jednocześnie oczyszcza się ścieki i otrzymuje wodę pitną, nie pobierając na te cele dodatkowej energii. Według bardzo ostrożnych kalkulacji IEA, optymalizując pracę oczyszczalni ścieków, moglibyśmy zrezygnować z 70% elektrowni na całym świecie – taki potencjał tkwi w tym rozwiązaniu – mówi Mads Warming, Global Lead Water & Wastewater w Danfoss Drives.

Redukcja zużycia energii, jak również ograniczenie marnotrawienia wody to istotne działania mające na celu ochronę klimatu i ograniczanie negatywnych skutków pogłębiających się zmian. To wyzwania, o których powinniśmy pamiętać nie tylko przy okazji kolejnego Światowego Dnia Ziemi. ■

Źródło: Danfoss Poland

# Diagnostyka drganiowa trakcyjnych maszyn elektrycznych – przykład niewywagi

Marcin Barański

## Wstęp

W ostatnich latach nastąpił wzrost popularności oraz zastosowań maszyn z magnesami trwałymi (PM). Spowodowane jest to znaczącym rozwojem technologii oraz zwiększeniem produkcji magnesów trwałych. Maszyny ze wzbudzeniem od magnesów trwałych są wykorzystywane między innymi w energetyce odnawialnej oraz wszelkiego rodzaju napędach trakcyjnych. Jednym z przykładów jest silnik wyprodukowany przez Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych Komel do samochodu Fiat Fiorino (rysunek 1). Twórcy napędów trakcyjnych coraz częściej sięgają po silniki z magnesami trwałymi. Decydują o tym ich bardzo dobre parametry: duża przeciążalność momentem, dobre właściwość regulacyjne, wysoka sprawność, duża gęstość mocy oraz stosunkowo prosta konstrukcja. W tabeli 1 zestawiono parametry trzech typów silników.

Tabela 1. Porównanie parametrów silników elektrycznych

| Rodzaj silnika elektrycznego | h   | P    | n     | $\eta$ | m   |
|------------------------------|-----|------|-------|--------|-----|
|                              |     | kW   | 1/min | %      | kg  |
| Silnik asynchroniczny        | 200 | 30,0 | 1472  | 92,5   | 265 |
| Silnik prądu stałego         | 160 | 34,7 | 1560  | 88,5   | 247 |
| Silnik z magnesami trwałymi  | 160 | 31,2 | 1500  | 91,8   | 110 |

W każdym napędzie elektrycznym mogą występować zjawiska niepożądane, które generują nadmierne drgania oraz hałas. Od zawsze towarzyszą one pracy wirujących maszyn elektrycznych i ich zwiększony poziom zazwyczaj jest początkiem stopniowej degradacji poszczególnych elementów. Aby



Rys. 1. Fiat Fiorino z silnikiem PM wyprodukowanym przez KOMEL, projekt nr NR01-0084-10

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono drganiową metodę diagnozowania silników trakcyjnych wzbudzanych magnesami trwałymi, które są wykorzystywane m.in. w pojazdach elektrycznych. Metoda wykorzystuje właściwości maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi, a mianowicie zjawisko indukowania się napięcia w uzwojeniu twornika pod wpływem drgań mechanicznych wirnika względem stojana. Przedstawiono genezę metody, podobieństwo do elektrodynamicznego czujnika drgań, wyniki obliczeń oraz badań laboratoryjnych mających na celu detekcję częstotliwości, które odpowiadają wibracjom, wymuszonych niewywagą wirnika.

Słowa kluczowe: drgania, silniki trakcyjne, maszyny elektryczne, magnesy trwałe, diagnostyka

## THE VIBRATION DIAGNOSTIC OF ELECTRICAL TRACTION MACHINES – UNBALANCE EXAMPLE

**Abstract:** This article presents a vibration diagnostic method designed for permanent magnets (PM) traction motors. Those machines are commonly used in traction drives of electrical vehicles. Specific structural properties of machines excited by permanent magnets are used in this method – electromotive force (EMF) generated due to vibrations. This work presents: the method genesis, the similarity of permanent magnet machine and vibration sensor, results of calculations and laboratory tests.

Keywords: Vibration, Traction Motors, Electrical Machines, Permanent Magnets, Diagnostic

zniwelować możliwość wystąpienia uszkodzenia, którego koszt naprawy może wielokrotnie przekroczyć koszt maszyny, stosuje się badania okresowe. Zadaniem takiej diagnostyki jest wczesne wykrycie zjawisk niepożądanych i przeciwdziałanie poważnym awariom. Zignorowanie tych objawów stwarza zagrożenie wyłączenia maszyny z eksploatacji, co generuje dodatkowe koszty.

Głównym celem diagnostyki drganiowej jest uzyskanie informacji o stopniu zużycia poszczególnych elementów urządzenia. Największe znaczenie mają przebiegi czasowe: przemieszczeń, prędkości lub przyspieszenia drgań. Chcąc uzyskać informację o stanie technicznym badanej maszyny, istotna jest wartość skuteczna (RMS) prędkości drgań. Natomiast do określenia przyczyny konieczne jest przeprowadzenie analizy częstotliwościowej przyspieszenia. Analiza umożliwia rozbicie wygenerowanego sygnału na składowe, które przy znajomości budowy oraz podstawowych parametrów maszyny można



przyporządkować poszczególnym elementom konstrukcyjnym maszyny.

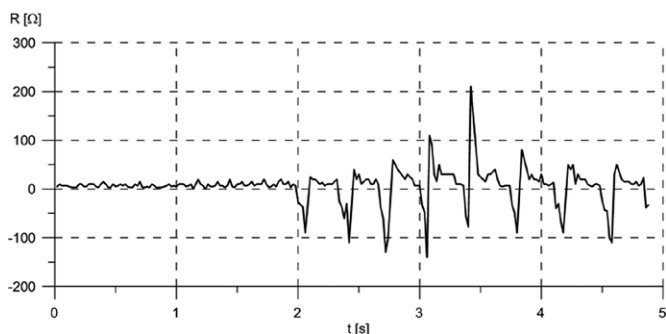
Większość pomiarów drgań bazuje na wykorzystaniu zewnętrznych czujników pomiarowych oraz dedykowanej do tego celu kosztownej aparatury. Podczas takich badań należy zwrócić uwagę na poprawny montaż czujnika do maszyny, co często jest problemem, gdyż maszyna rzadko jest do tego przystosowana. Sposób zamontowania sensora wpływa na zakres przenoszonych częstotliwości sygnału pomiarowego. Ważne jest również odseparowanie układu pomiarowego od różnych zakłóceń, które powodują nieprawidłowe wskazania aparatury pomiarowej [4], [9].

W tej pracy przedstawiono koncepcję diagnostyki drganiowej z wykorzystaniem sygnału własnego silnika, który zawarty jest w przebiegach napięcia bądź prądu. Uzwojenie twornika oraz obwód wzbudzenia, oprócz ich podstawowej funkcji, pełnią także funkcję czujnika drgań. Pomiaru pozwalające na detekcję zwiększonego poziomu drgań, z wykorzystaniem uzwojenia maszyny, mogą być wykonywane online w czasie normalnej eksploatacji maszyny. Główną zaletą opisywanej metody identyfikacji wibracji jest to, że układ pomiarowy nie wymaga stosowania dodatkowych czujników do pomiaru [1–3].

Metoda bazuje na tym, że zarejestrowane napięcie bądź prąd maszyny zostają poddane analizie częstotliwościowej pozwalającej na wyodrębnienie charakterystycznych częstotliwości ściśle związanych ze wzrostem wibracji.

## 1. Geneza powstania metody

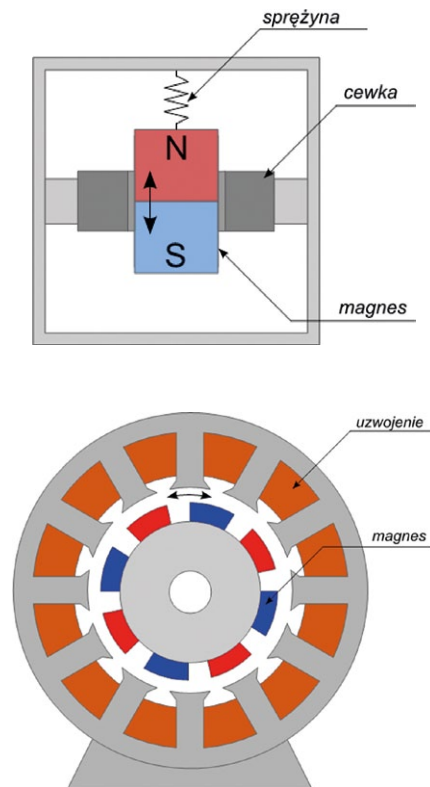
Idea wykorzystania maszyny z magnesami trwałymi jako czujnika drgań pojawiła się podczas pomiarów rezystancji uzwojeń takich maszyn. W czasie badań wykryto zakłócenia, które ujawniają się, gdy w otoczeniu badanej maszyny występuje źródło drgań (patrz rysunek 2). Podczas pomiarów innych rodzajów maszyn elektrycznych zjawisko to nie występuje. Natomiast w maszynie z magnesami trwałymi, która znajduje się w otoczeniu oddziaływania wibracji, w uzwojeniach indukują się siła elektromotoryczna (SEM), która wprowadza zakłócenia i poprawny pomiar rezystancji uzwojeń nie jest możliwy [8].



Rys. 2. Zakłócenia w pomiarze rezystancji uzwojenia maszyny PM

## 2. Maszyna PM a czujnik drgań

Maszyna elektryczna z magnesami trwałymi w swojej konstrukcji bardzo przypomina elektrodynamiczny czujnik drgań – można to zaobserwować na rysunku 3. Jego działanie opiera się na tym, że pod wpływem wibracji przemieszczający się



Rys. 3. Czujnik elektrodynamiczny i maszyna PM

wewnątrz cewki magnes indukują w niej napięcie zależne od poziomu wibracji. W klasycznej maszynie PM pod wpływem drgań wirnik z magnesami trwałymi generuje SEM w uzwojeniu. Zarówno czujnik, jak maszyna do generacji sygnału pomiarowego nie potrzebują zewnętrznych źródeł zasilania. Czułość układu w obu przypadkach jest zależna od ilości zwojów uzwojenia [6].

## 3. Kalkulacje oraz badania laboratoryjne

Sposób diagnozowania drgań wzbudzanych niewyważą w maszynach elektrycznych z magnesami trwałymi, o liczbie par biegunów  $p$  i pracujących z prędkością obrotową  $n$ , obejmuje rejestrację przebiegu napięcia lub prądu diagnozowanej maszyny, wykonanie analizy częstotliwościowej sygnału pomiarowego oraz wydzielenie częstotliwości [7]:

$$f_1 = \frac{(p-1)f}{p} \quad (1)$$

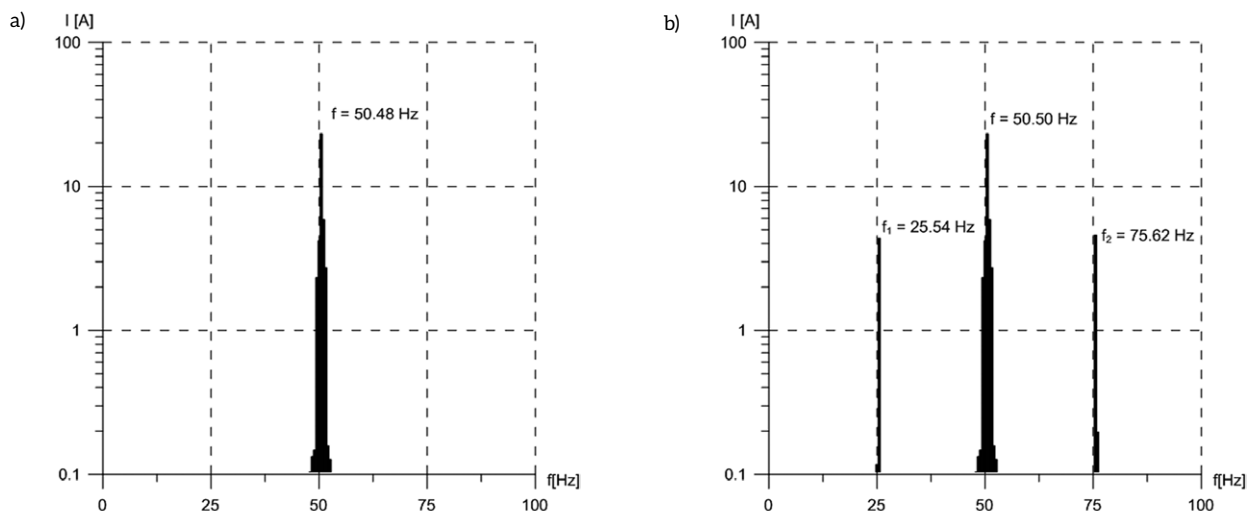
$$f_2 = \frac{(p+1)f}{p} \quad (2)$$

gdzie:

$f_1, f_2$  – szukane częstotliwości;

$p$  – liczba par biegunów;

$f$  – częstotliwość pierwszej harmonicznej badanego generatora.



Rys. 4. Wyniki badań laboratoryjnych silnika SMwsPA132S4: a – analiza częstotliwościowa prądu silnika pracującego bez zakłóceń; b – analiza częstotliwościowa prądu silnika pracującego z niewyważą wirnika

Kalkulacje oraz badania przeprowadzono dla silnika SMwsPA132S4 o parametrach:  $I_N = 160$  A,  $P_N = 15$  kW,  $n_N = 3400$  1/min. ( $p = 2$ ), który wykorzystywany jest jako napęd trakcyjny w wielu aplikacjach, w których Instytut Komel bierze udział.

$$f_1 = \frac{(p-1)f}{p} = \frac{(2-1) \cdot 50}{2} = 25 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{(p+1)f}{p} = \frac{(2+1) \cdot 50}{2} = 75 \text{ Hz}$$

W tabeli 2 zestawiono wyniki obliczeń i badań laboratoryjnych. Przedstawiono częstotliwości, które zdiagnozowano dla silnika pracującego z niewyważą wirnika.

Tabela 2. Zestawienie wyników obliczeń oraz badań laboratoryjnych silnika SMwsPA132S4

| Częstotliwości                                | $f$   | $f_1$ | $f_2$ |
|---|-------|-------|-------|
|   | Hz    | Hz    | Hz    |
| Wyznaczone z równań: (1), (2)                 | 50,00 | 25,00 | 75,00 |
|   | 50,50 | 25,25 | 75,75 |
| Wyznaczone na podstawie badań laboratoryjnych | 50,50 | 25,54 | 75,62 |

#### 4. Podsumowanie

Na rysunku 4 oraz w tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń i pomiarów laboratoryjnych. Wyznaczono częstotliwości generowane w maszynie PM z niewyważą wirnika. Niewyważenie uzyskano poprzez niecentryczne umocowanie dodatkowej masy na wale maszyny. Kalkulacje oraz badania eksperymentalne pokazują użyteczność przedstawionej diagnostycznej

metody drganiowej dla maszyn wzbudzanych magnesami trwałymi. Różnice między wynikami obliczeń a badaniami laboratoryjnymi są niewielkie (1,15% oraz -0,17%) – świadczy to o poprawności przyjętego sposobu wyznaczania częstotliwości, odpowiadających zwiększonemu poziomowi drgań powstałych na skutek niewyważa. Przeprowadzona analiza pokazuje możliwość wykorzystania maszyny wzbudanej przy użyciu magnesów trwałych jako czujnika drgań dla samej siebie. Do tej pory nie napotkano na takie rozwiązanie, gdzie do oceny stanu technicznego pod kątem drgań wykorzystuje się sygnał własny maszyny [11], [15–21]. Jest to podejście innowacyjne i niestandardowe. Przedstawiona metoda, zdaniem autora, znacznie upraszcza diagnostykę drganiową w maszynach z magnesami trwałymi. Powoduje, iż nie jest wymagane stosowanie kosztownych czujników pomiarowych, a diagnosta nie przejmuje się ich montażem, co w niektórych przypadkach stanowi istotny problem z uwagi na dostęp, np. w pojeździe elektrycznym. Sama obserwacja przebiegów czasowych napięć lub prądów badanych maszyn, ze względu na istotną różnicę między wartościami generowanej SEM a składową pochodzącą od wibracji, nie pozwala na wychwycenie anomalii. Konieczna jest analiza częstotliwościowa badanego przebiegu napięcia bądź prądu. Sposób detekcji pozwala przeprowadzać diagnostykę online, z wykorzystaniem komputera pokładowego pojazdu elektrycznego [5], [10]. Należy jednak pamiętać, że większość silników z magnesami trwałymi współpracuje z falownikami i przed analizą częstotliwościową należy badany przebieg poddać odpowiedniej filtracji (szczególnie sygnał napięciowy) [12–14].

#### Literatura

- [1] BARAŃSKI M.: *Vibration diagnostic method of permanent magnets generators – detecting of vibrations caused by unbalance*, IEEEExplore, 2014.
- [2] BARAŃSKI M.: *PM electrical machines diagnostic – methods selected*, Materiały konferencyjne ICEMDS, 2014.

- [3] BARAŃSKI M.: *Permanent magnet machine can be a vibration sensor for itself*, Materiały konferencyjne ICEMDS, 2014.
- [4] BARAŃSKI M., DECNER A.: *Funkcja przyspieszenia drgań  $a_y = f(a_x)$  jako narzędzie do określania stanu technicznego łożyska*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 4/2012.
- [5] BARAŃSKI A., DECNER A.: *Telemetria w diagnozowaniu maszyn elektrycznych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 4/2012.
- [6] BARAŃSKI M., DECNER A., POLAK A.: *Selected Diagnostic Methods of Electrical Machines Operating in Industrial Conditions*, IEEE TDEI, 5/2014.
- [7] BARAŃSKI M., GLINKA T.: *Sposób diagnozowania drgań wzbudzanych niewyważą w maszynach elektrycznych z magnesami trwałymi*. Zgłoszenie patentowe P.405669, 2013 r.
- [8] BARAŃSKI M., JAREK T.: *Analysis of PMSM vibrations based on Back-EMF measurements*, IEEEExplore, 2014.
- [9] BARAŃSKI M., POLAK A.: *Bearings vibration diagnosis based on hodograph XY*. „Przegląd Elektrotechniczny”, 1/2014.
- [10] DECNER A.: *Zdalne monitorowanie maszyn elektrycznych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 3/2011.
- [11] LAKSHMIKANTH S., NATRAJ K.R., REKHA K.R.: *Noise and Vibration Reduction in Permanent Magnet Synchronous Motors – A Review*. „International Journal of Electrical and Computer Engineering”, 3/2012.
- [12] MACIĄŻEK M., PASKO M., BUŁA D.: *Optimization of time in Active Power Filter control*, 8th International Workshop OPEE, 2007.
- [13] MACIĄŻEK M., PASKO M., GRABOWSKI D.: *Active power filters-optimization of sizing and placement*, Technical Sciences, 2013.
- [14] MACIĄŻEK M., PASKO M.: *Prediction in control systems of active power filters*. „Przegląd Elektrotechniczny”, 4/2010.
- [15] NANDI S., TOLYAT H.A., LI X.: *Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines – a review*. Industry Applications Conference, 1/1999.
- [16] SZYMANIEC S.: *Pomiary częstotliwości drgań własnych i rezonansowych maszyn elektrycznych w warunkach ich eksploatacji*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 3/2012.
- [17] SZYMANIEC S.: *Ścieżki pomiarowe do pomiarów drgań względnych w maszynach elektrycznych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 81/2009.
- [18] SZYMANIEC S.: *Pomiary drgań względnych w silnikach elektrycznych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 82/2009.
- [19] SZYMANIEC S.: *Drgania własne stojana silnika indukcyjnego klatkowego małej mocy – pomiary*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 3/2012.
- [20] SZYMANIEC S., PODHAJECKI J.: *Wyznaczanie drgań własnych stojana silnika indukcyjnego*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 87/2010.
- [21] TORREGROSSA D.: *Multiphysics Finite-Element Modeling for Vibration and Acoustic Analysis of Permanent Magnet Synchronous Machine*. IEEE Transactions On Energy Conversion, 26/2011.



Marcin Barański

Institut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

artykuł recenzowany

reklama

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



Prenumerata drukowana



Prenumerata elektroniczna



Pakiet



# Instrukcje stanowiące wyposażenie maszyny a instrukcje bhp dla stanowisk pracy

Józef Gierasimiuk

## 1. Wprowadzenie

Europejska koncepcja zapewnienia bezpieczeństwa jednoznacznie wskazuje, że zminimalizowanie, tak daleko jak to tylko możliwe, ryzyka związanego z poszczególnymi zagrożeniami w procesie projektowania zarówno maszyn, jak i innych struktur technicznych, w tym stanowisk pracy, osiąga się, stosując triadę bezpieczeństwa, czyli:

- unikanie zagrożeń, to znaczy zastosowanie rozwiązań nie-stwarzających zagrożeń (bezpiecznych samych w sobie);
- stosowanie osłon i innych technicznych środków ochronnych w odniesieniu do zagrożeń, których nie można wyeliminować (uniknąć);
- informowanie o ryzyku resztkowym pozostającym po zastosowaniu powyższych działań.

Zasady te obejmują akty prawne określające obowiązki:

1. projektantów i producentów maszyn oraz wymagania zasadnicze dotyczące maszyn wprowadzanych do obrotu lub bezpośrednio do użytkowania, wydane na podstawie ustawy z dnia 30.08.2002 r. o systemie oceny zgodności [1];
2. pracodawców i pracowników wydane na podstawie ustawy z dnia 26.06.1974 r. Kodeks Pacy [2].

Do pierwszej z ww. grup aktów prawnych należy przede wszystkim rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn [3] wdrażające do prawodawstwa polskiego dyrektywę 2006/42/WE [6].

Do drugiej zaś należą przede wszystkim Kodeks Pracy [2] i rozporządzenia:

- Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bhp [4];
- Ministra Gospodarki z dnia 30.10.2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bhp w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy [5].

Niniejszy artykuł dotyczy trzeciej części triady bezpieczeństwa.

## 2. Wymagania prawne dotyczące instrukcji stanowiącej wyposażenie maszyny

Przepisy dotyczące instrukcji stanowiącej wyposażenie maszyny, dawniej zwanej dokumentacją techniczno-ruchową, mające zastosowanie do wszystkich maszyn, zawarte są w §§6; 58 i 59 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. (artykuł 5 pkt. 1 c) i pkt. 1.7.4. zał. I do dyrektywy 2006/42/WE).

Przepisy §6 ust. 1 tego rozporządzenia stanowią, że: **Przed wprowadzeniem maszyny do obrotu lub oddaniem do użytku,**

**producent lub jego upoważniony przedstawiciel: między innymi, pkt. 3) dostarcza niezbędnych informacji, w szczególności instrukcji.**

Potwierdzają to przepisy §58 tego rozporządzenia, stanowiąc: pkt. 1. **Maszyna wprowadzana do obrotu lub oddawana do użytku musi być wyposażona w instrukcję.**

W następnych ustępach tego paragrafu wskazano, że:

- instrukcja ta powinna być sporządzona w co najmniej jednym języku oficjalnym Unii Europejskiej i mieć, na takiej wersji lub wersjach językowych zweryfikowanych przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela, napis „Instrukcja oryginalna”;
- jeżeli taka instrukcja nie istnieje w oficjalnym języku lub językach państwa członkowskiego, w którym maszyna będzie użytkowana, **tłumaczenie na ten język lub języki powinno zostać dostarczone przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela, lub przez osobę wprowadzającą tę maszynę na dany obszar językowy.** Instrukcja ta powinna mieć napis „Tłumaczenie instrukcji oryginalnej”;
- maszyna powinna być wyposażona w „Instrukcję oryginalną” oraz, jeśli ma to zastosowanie, w „Tłumaczenie instrukcji oryginalnej”. Przepis ten umożliwia użytkownikowi maszyny, w przypadkach zaistnienia wątpliwości, sprawdzenie i ustalenie prawidłowej treści postanowień zawartych w instrukcji;
- treść instrukcji, oprócz zastosowania zgodnego z przeznaczeniem, powinna również uwzględniać możliwe do przewidzenia niewłaściwe użycie;
- w przypadku maszyn przeznaczonych do ogólnego stosowania instrukcja powinna być sformułowana w sposób jasny, przejrzysty, umożliwiający wszystkim użytkownikom łatwe korzystanie z niej.

Zakres tej instrukcji określają przepisy §59 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 30.10.2002 r. [5], stanowiąc, że powinna ona zawierać co najmniej:

1. nazwę i pełny adres producenta oraz jego upoważnionego przedstawiciela, jeżeli występuje;
2. określenie maszyny takie, jak umieszczone na maszynie w jej oznakowaniu, z wyłączeniem numeru fabrycznego;
3. deklarację zgodności WE lub dokument przedstawiający jej treść, wskazujący szczegółowe dane dotyczące maszyny, niekoniecznie zawierający numer seryjny i podpis;
4. ogólny opis maszyny;
5. rysunki, schematy, opisy i objaśnienia niezbędne do użytkowania, konserwacji i naprawy maszyny oraz sprawdzania prawidłowości jej działania;

6. opis stanowiska lub stanowisk pracy, które mogą zajmować operatorzy;
7. opis zastosowania zgodnego z przeznaczeniem;
8. ostrzeżenia dotyczące niedozwolonych sposobów użytkowania;
9. instrukcje montażu, instalowania i łączenia, zawierające rysunki, schematy oraz sposoby mocowania oraz określenie podwozia lub instalacji, na jakich maszyna ma być zamontowana (instrukcje instalowania powinny podawać charakterystyki podłoża, podpór, budynków i innych struktur technicznych oraz pojazdów i przyczep na których maszyna będzie zamocowana. Natomiast w instrukcjach łączenia należy wskazać jak łączyć elementy, wówczas gdy maszyna dostarczana jest w formie niegotowej do użycia, jak zamontować wyposażenie zamiennie oraz wskazać środki podłączenia do źródeł energii, płynów itp.) podając charakterystyki mediów, np. napięcie, moc, ciśnienie, temperaturę);
10. informacje dotyczące oddania do użytku i eksploatacji maszyny oraz, jeśli to niezbędne, instrukcje dotyczące szkolenia operatorów;
11. informacje dotyczące istniejącego ryzyka (resztkowego);
12. informacje dotyczące środków ochrony zbiorowej i indywidualnej, jakie musi zastosować użytkownik we właściwych przypadkach, łącznie z dostarczeniem środków ochrony indywidualnej;
13. podstawowe charakterystyki stosowanych narzędzi;
14. warunki, w jakich maszyna spełnia wymagania stateczności podczas użytkowania, transportu, montażu, postoju, badań i przewidywanych awarii (należy opisać urządzenia zabezpieczające i ostrzegawcze oraz określić sposób zapewniania stateczności w miarę zużywania się maszyny);
15. informacje określające warunki bezpieczeństwa podczas transportu, przenoszenia i przechowywania z podaniem masy maszyny i masy jej części, jeżeli mają one być transportowane osobno;
16. sposób postępowania w razie wypadku lub awarii; jeżeli w maszynie zastosowano funkcję blokowania, należy podać sposoby bezpiecznego odblokowania;
17. opis czynności regulacyjnych i konserwacyjnych, jakie powinien wykonać użytkownik, oraz zapobiegawcze środki konserwacji (podać należy: wykaz regularnie sprawdzanych elementów i części, kryteria ich wymiany lub naprawy, częstość sprawdzeń, wyposażenie kontrolne oraz warunki bezpieczeństwa podczas wymiany, a także dostęp w przypadku wyjątkowych napraw);
18. instrukcje zapewniające bezpieczeństwo przeprowadzania regulacji i konserwacji, w tym środki ochronne, jakie należy podjąć w trakcie tych czynności;
19. specyfikacje części zamiennych, jakie mają być użyte, jeżeli mają one wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo operatorów;
20. informacje dotyczące hałasu emitowanego przez maszynę; zmierzone wartości podanych niżej parametrów albo ich wartości określone w wyniku pomiarów wykonanych na identycznych maszynach:
  - równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy, skorygowanego charakterystyką A, gdy

przekracza on 70 dB, a jeżeli wartość ta nie przekracza 70 dB, należy to potwierdzić w instrukcji,

- szczytowej chwilowej wartości ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy, skorygowanej charakterystyką C, gdy przekracza ona 63 Pa (130 dB w stosunku do 20  $\mu$ Pa);
- poziomu mocy akustycznej maszyny w przypadku, gdy równoważny poziom ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy, skorygowany charakterystyką A, przekracza 80 dB

wraz z danymi dotyczącymi pomiarów ujętymi w § 59 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r.

Producent maszyny w instrukcji tej powinien wskazać również rodzaj i częstość jej kontroli konserwacji, wymaganych ze względów bezpieczeństwa, oraz wskazać części, które ulegają zużyciu, a także określić kryteria ich wymiany (§29 ust. 3 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r.).

Jeżeli producent przewiduje, że maszyna będzie użytkowana w atmosferze zagrożenia wybuchem, instrukcja powinna zawierać wszelkie niezbędne informacje dotyczące wykorzystywania jej w takich warunkach.

W przypadku maszyn, które mogą być przeznaczone do użytkowania przez osoby nieposiadające odpowiednich kwalifikacji, instrukcję należy formułować odpowiednio do ogólnego poziomu wykształcenia i sprawności intelektualnej tych osób, z uwzględnieniem zasadniczych wymagań.

Uzupełniające informacje, które należy zamieścić w omawianej instrukcji, dotyczące maszyn:

- stosowanych w przemyśle spożywczym;
  - trzymany i/lub prowadzonych ręką;
  - udarowych;
  - ruchomych;
  - do podnoszenia ładunków oraz ludzi
- podano odpowiednio w §62, 64, 66, 89 119 i 111 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. [3] (pkt. 2.2.1.1, 2.2.2.2, 3.6.3, 4.4 zał. I do dyrektywy 2006/42/WE [6]).

Powyższy zakres instrukcji uszczegóławiany jest w normach technicznych, poczynając od PN-EN ISO12100:2012 [8] (pkt 6.4.5), a na normach typu C kończąc. Natomiast ogólne zasady opracowywania tej instrukcji są określone w PN-EN ISO 20607:2019-08 [9].

### 3. Wymagania prawne dotyczące instrukcji bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach pracy

Obowiązki pracodawców i pracowników dotyczące instrukcji bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach pracy oraz zakres i inne wymagania dotyczące tych instrukcji określają przede wszystkim Kodeks Pracy oraz wydane na jego podstawie rozporządzenia wskazane we Wprowadzeniu.

Kodeks Pracy w artyku 237<sup>4</sup> stanowi:

§1 Pracodawca jest zobowiązany zaznajamiać pracowników z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczącymi wykonywanych przez nich prac.

§2 Pracodawca jest zobowiązany wydawać szczegółowe instrukcje i wskazówki dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach pracy.

§3 Pracownik jest zobowiązany potwierdzić na piśmie zapoznanie się z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy.

Godzi się w tym miejscu przypomnieć, że zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, to reguły pozaprawne wynikające z doświadczenia życiowego i nabytej wiedzy. Zasady bhp obowiązujące w danym zakładzie pracy powinny wynikać z rezultatów prawidłowo przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego, instrukcji stanowiskowych bhp, instruktażu stanowiskowego w ramach szkolenia bhp. Za zasady bhp uważa się postanowienia zawarte w normach technicznych. Zauważyć przy tym należy, że normy typu C zawierają wykazy zagrożeń powodowanych przez maszyny, których dotyczą wraz z miejscami ich występowania oraz wskazują zasady i środki techniczne minimalizacji ryzyka związanego z tymi zagrożeniami.

Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bhp [4] w art. 41 ust. 1 stanowi:

pracodawca obowiązany jest udostępnić pracownikom do stałego korzystania, aktualne instrukcje bhp dotyczące:

1. stosowanych w zakładzie procesów technologicznych oraz wykonywania prac związanych z zagrożeniami wypadkowymi lub zagrożeniami zdrowia pracowników;
2. obsługi maszyn i innych urządzeń technicznych;
3. postępowania z materiałami szkodliwymi dla zdrowia i niebezpiecznymi;
4. udzielania pierwszej pomocy.

Natomiast ust. 2<sup>19)</sup> tego paragrafu stanowi, że instrukcje te powinny w sposób zrozumiały dla pracowników wskazywać:

- czynności, które mają wykonywać przed rozpoczęciem danej pracy;
- zasady i sposoby bezpiecznego wykonywania pracy;
- czynności po jej zakończeniu oraz
- zasady postępowania w sytuacjach awaryjnych stwarzających zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30.10.2002 r. [5], wprowadzające do prawodawstwa polskiego postanowienia dyrektywy 2009/104/WE [7], dopełniając ww. przepisy, w §30 ust. 2 stanowi, że instrukcje te powinny zawierać co najmniej informacje dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie:

- warunków użytkowania maszyn;
- występowania możliwych do przewidzenia sytuacji nietypowych;
- praktyki użytkowania maszyn oraz
- zagrożeń, pochodzących od innych maszyn znajdujących się na sąsiednich stanowiskach pracy, i o zmianach na tych stanowiskach mogących wpływać na bezpieczeństwo.

Informacji takich dostarczają głównie:

- zdarzenia potencjalnie wypadkowe, które niestety obecnie rejestrowane są tylko w niektórych przedsiębiorstwach, oraz
- konsultacje i dyskusje z pracownikami lub ich przedstawicielami zagadnień bhp, co również nie zawsze jest właściwie realizowane.

## 4. Jaka jest praktyka

W praktyce można wyróżnić następujące 3 główne działania:

1. **Kupowanie wydrukowanych instrukcji bhp dotyczących obsługi poszczególnych maszyn, np. prasy krawędzowej (rys. 1).**

Takie instrukcje, nie tylko moim zdaniem, w żaden sposób nie odzwierciedlają warunków pracy na konkretnym stanowisku pracy w danym zakładzie oraz często nie spełniają żadnej roli informacyjnej w zakresie bezpieczeństwa wykonywania określonych prac na stanowisku wyposażonym w maszynę, której dotyczą. Nie są one podpisane przez ich autora ani pracodawcę zatwierdzającego je do stosowania w danym zakładzie pracy.

Można zatem przyjąć, że instrukcje takie dotyczą wirtualnej maszyny stanowiącej wyposażenie wymaginowanego, a nie rzeczywistego, stanowiska pracy. Nie spełniają one zatem podanych wyżej przepisów prawnych. Rodzi się zatem pytanie, dlaczego takie instrukcje są wydawane i nawet reklamowane, a następnie kupowane i wywieszane w zakładach pracy, a organy nadzoru i kontroli warunków pracy tolerują taki stan.

2. **Przekazywanie pracownikom instrukcji stanowiącej wyposażenie maszyny**

Relacje prawne między pracodawcą, który może być użytkownikiem maszyny a pracownikami, którzy bezpośrednio ją użytkują, regulują przepisy Kodeksu Pracy [2] i aktów prawnych wydanych na jego podstawie. Jak wskazano we „Wprowadzeniu”, przepisy dotyczące instrukcji stanowiącej wyposażenie maszyny wydane są na podstawie innych niż powyższe aktów prawnych. Zatem formalnie biorąc, nie dotyczą one powyższych relacji, a przeznaczone są dla użytkowników maszyn, czyli pracodawców, a nie użytkowników je pracowników. Jednocześnie chciałbym zwrócić uwagę, że pracownikom w danym zakładzie obowiązują polecenia i wskazania ich pracodawcy a nie autora tych instrukcji, którym z reguły jest producent maszyny lub jego upoważniony przedstawiciel.

Za nieprzekazywaniem tych instrukcji pracownikom oprócz wskazanych wymagań formalno-prawnych przemawiają także następujące aspekty merytoryczne:

- zakres tej instrukcji jest znacznie szerszy niż instrukcji bhp;
- nie odzwierciedla ona w pełni rzeczywistych warunków zainstalowania maszyny w konkretnym miejscu danego zakładu pracy, o określonych parametrach środowiska i w otoczeniu, lub nie, innych stanowisk pracy, oraz realizującego, z reguły wybrane z możliwych, procesy technologiczne o parametrach ustalanych przez pracodawcę – użytkownika danej maszyny – na podstawie wskazań jej producenta.

Instrukcja stanowiąca wyposażenie maszyny dostarcza zatem wskazań jej użytkownikowi – pracodawcy – do opracowania



Rys. 1



instrukcji bhp dla stanowiska pracy wyposażonego w tę maszynę w jego przedsiębiorstwie we wskazanych wyżej warunkach.

### 3. Opracowanie instrukcji bhp dla stanowisk pracy

Część zakładów pracy, zwłaszcza większych, opracowuje stanowiskowe instrukcje bhp, starając się realizować dotyczące ich przepisy. Nie ustrzegają się przy tym mankamentów, do których należą w szczególności:

wyznaczanie zadań niepotrzebnie przerastających wiedzę, umiejętności i możliwości ich wykonania przez pracowników produkcji.

Większość opracowanych instrukcji zaczyna się stwierdzeniem: przed przystąpieniem do pracy należy sprawdzić stan techniczny maszyny. Pracownicy pytani o realizację tego zadania w większości tylko kręcili głowami. Zadanie to należy do służb utrzymania ruchu (serwisowych), mających potrzebną wiedzę i umiejętności, które na jego wykonanie mają określony czas. W nielicznych zakładach pracy zamiast takiego zadania zobowiązywano do wykonania kilku istotnych dla bezpieczeństwa pracy czynności, jak np. sprawdzenie działania stopu awaryjnego, czujnika poziomu cieczy w zbiorniku, wskazując, jak to należy wykonać. W jednym ze znanych mi zakładów pracy stosowany jest skutecznie działający następujący system. Pracownicy otrzymują dokument (kartkę) z wykazem kilku czynności istotnych dla bezpieczeństwa pracy, do wykonania przed uruchomieniem danej maszyny. Ich realizację i uzyskany wynik potwierdzają własnoręcznym podpisem. Tylko pozytywny wynik tych sprawdzeń upoważnia do wykonywania dalszych czynności. W przypadku negatywnego wyniku dokument ten pracownik przekazuje przełożonemu i czeka na decyzję. Dokument ten trafia następnie na codziennie odbywające się posiedzenie kierownictwa, z którego natychmiast wyłączane są określone osoby do rozwiązania zgłoszonego przypadku – podawanie, co robić, bez określenia, jak i czym to czynić oraz kryteriów oceny stanu, np. materiały i przedmioty obrabiane zamocować tak, aby nie wyrwało. Stwierdzenie takie oprócz wskazanych mankamentów ma bardzo istotne dalsze konsekwencje. Jeśli w wyniku wyrwania zdarzy się wypadek, to z reguły wskazuje się winę pracownika, gdyż źle zamocował, zamiast postawić pytanie, czy na postawie tego zapisu w instrukcji wiedział, miał czym i umiał ocenić, czy prawidłowo zrealizował to zadanie. Obecnie coraz częściej stosowane są obrazkowe instrukcje bhp, np. rys. 2.



Rys. 2. Informacje o zagrożeniu (np. ostrzeżenia, instrukcje)

### 5. Podsumowanie

Instrukcje dostarczane wraz z maszyną są przeznaczone dla pracodawcy – użytkownika danej maszyny – a nie dla pracowników, którzy się nią posługują. Pracodawca obowiązany jest udostępnić pracownikom do stałego korzystania aktualne instrukcje bhp. Instrukcja bhp powinna dotyczyć konkretnego, odpowiednio wyposażonego, stanowiska obsługi danej maszyny lub innego urządzenia technicznego, zainstalowanego w konkretnym miejscu danego zakładu pracy, o określonych parametrach środowiska pracy, realizującego ustalony proces lub procesy technologiczne wg parametrów określonych przez służby techniczne tego zakładu w otoczeniu odpowiednio wyposażonych innych stanowisk pracy.

Powinna być ona opracowana na podstawie wskazań ujętych w instrukcji dostarczonej wraz z maszyną i uwzględnić ww. konkretne warunki jej użytkowania.

### Bibliografia

- [1] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności. (Dz. U. z 2019 r. poz. 155).
- [2] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks Pracy (tekst jedn. Dz. U. z 2019 r. poz. 1040; 1043; 1495).
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz. U. Nr 199, poz. 1228 zm. Dz. U. z 2011 r. Nr 124 poz. 701).
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (tekst jedn. Dz. U z 2003 r. nr 169, poz. 1650 ze zm.).
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. Nr 191, poz. 1596 zm. Dz. U. z 2003 r. Nr 178 poz. 1745).
- [6] Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie ujednoczenia przepisów dotyczących maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (Dz. U. L 157, 26 z 9.06.2006).
- [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/104/WE dotycząca minimalnych wymagań bezpieczeństwa i ochrony zdrowia przy użytkowaniu maszyn i innych urządzeń (sprzętu roboczego) przez pracowników podczas pracy (stanowi ona tekst jednolity dyrektyw Rady 89/655/EWG z dnia 30.11.1989, 95/63/WE z dnia 05.12.1995 i 2001/45/WE z dnia 27.06.2001).
- [8] PN-EN ISO12100:2012 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka.
- [9] PN-EN ISO 20607:2019-08 Bezpieczeństwo maszyn – Instrukcja obsługi obsługi – Ogólne zasady opracowywania.

mgr inż. Józef Gierasimiuk

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

# Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych. Cz. 2. Kolejowy napęd elektryczny

Andrzej Dębowski

Elektryczny napęd w szynowym transporcie kolejowym rozpowszechnił się znacznie później niż w szynowym transporcie miejskim (tramwajach). Dawniej więc komunikacja miejska wyprzedzała w rozwoju kolej. Podobnie jest i teraz. Być może przyczyną takiego stanu rzeczy jest większa potrzeba działań modernizacyjnych przejawiana przez mniejsze przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej, ograniczone w swojej aktywności raczej do jednego miasta, niż chęć wprowadzania innowacji przez duże przedsiębiorstwo zarządzające koleją krajową. W kolejnictwie pierwsze lokomotywy elektryczne pojawiły się znacznie później niż tramwaj – dopiero w końcu XIX wieku. W USA lokomotywę elektryczną zbudowano dopiero w 1892 roku. Pierwsze lokomotywy kolei USA zasilane były prądem stałym 650 V (gdyż wzorowano się tu początkowo na doświadczeniach zdobytych przy budowie tramwajów), miały moc 1080 KM i prędkość maksymalną 28,2 km/h. Wiek XX do czasu drugiej wojny światowej to współistnienie trakcji parowej oraz rozwijającej się i ciągle udoskonalanej – trakcji elektrycznej. Zaczęto już dostrzegać, że trakcja elektryczna przewyższa pod każdym względem trakcję parową [A4].

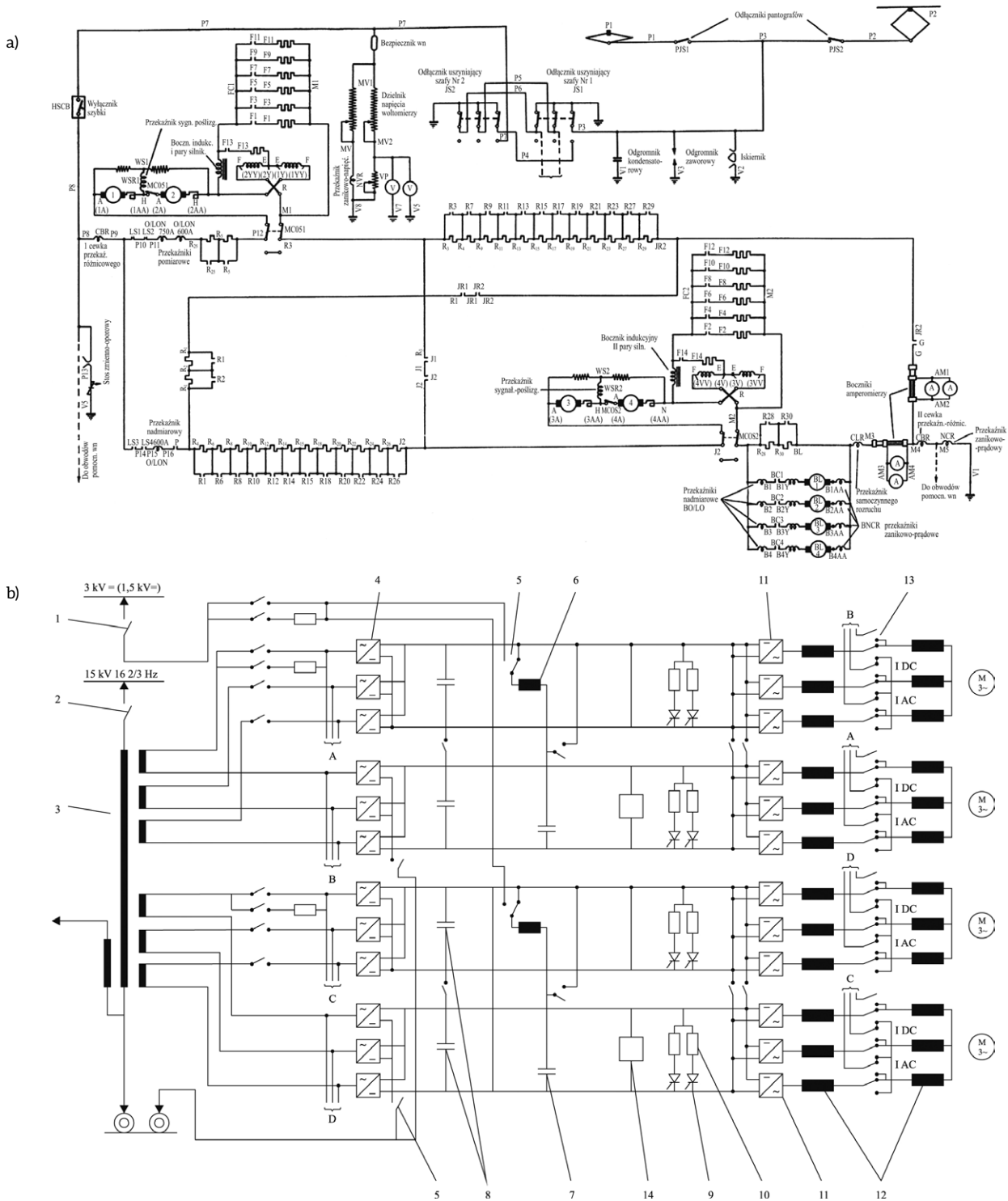
Lokomotywa parowa to maszyna o małej sprawności, która w najbardziej udoskonalonych wersjach nie przekroczyła 8%. Z danych PKP wynika, że sprawność trakcji parowej nie przekraczała 4%. Mimo to przez wiele lat, także po drugiej wojnie światowej, w Polsce na kolejach nadal w przeważającym stopniu funkcjonowała trakcja parowa. Jednym z powodów tego stanu rzeczy była bardzo niejednorodna struktura linii kolejowych odziedziczonych po czasach zaborów, która bardzo utrudniała sprawną elektryfikację linii kolejowych. Innym, także często podawanym, argumentem za utrzymywaniem w eksploatacji parowozów była ich mocno podkreślana niezawodność ruchowa, ważna ze względów strategicznych – parowóz jest urządzeniem łatwym do naprawy, a w razie potrzeby można go uruchomić, spalając w kotle inne paliwo niż węgiel, na przykład drewno.

Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę w 1918 roku rozpoczęto proces scalania trzech różnych systemów kolejowych. Sieć kolejowa musiała być zorganizowana praktycznie od nowa, gdyż w wyniku zmiany granic część do tej pory lokalnych linii stała się głównymi, część głównych – lokalnymi, a ponadto niektóre dawniej lokalne linie zaczęły pełnić rolę międzynarodowych. Zdarzały się takie regiony w Polsce, które miały lepsze połączenie kolejowe z sąsiednimi państwami niż z centrum kraju lub które takich połączeń w ogóle nie miały. Pomimo wczesnego planowania pierwszy etap elektryfikacji linii kolejowych rozpoczęto dopiero w 1936 roku z inicjatywy prof. Romana Podoskiego. Zdecydowano się na bardzo nowoczesny wówczas i mało rozpowszechniony system prądu stałego

3000 V, który to wybór zatwierdzono w 1921 roku. W okresie międzywojennym udało się zelektryfikować jedynie ok. 150 km linii kolejowych. Po wojnie prowadzono intensywne prace przy odbudowie bardzo zniszczonych linii kolejowych, a jednocześnie rozpoczęto elektryfikację najważniejszych z nich, co postępowało stosunkowo szybko. W sumie sieć zelektryfikowanych linii kolejowych w 1981 roku liczyła ok. 7 tys. km, a w 1990 roku już prawie 10 tys. km, co stanowiło ok. 30% łącznej długości linii kolejowych w Polsce [C4]. Po 1990 roku proces dalszego elektryfikowania kolei uległ praktycznie zatrzymaniu, ale jednocześnie wiele linii kolejowych wyłączono z eksploatacji, tak że w 2015 roku stan zelektryfikowanych linii wynosił 11,8 tys. km przy łącznej długości wszystkich linii pozostających w użytkowaniu liczącej 18,5 tys. km, co stanowi ok. 64-procentowy udział linii zelektryfikowanych [C5]. Ponieważ w Polsce obserwuje się jednocześnie ogromny wzrost przewozów towarowych z użyciem wielkich samochodów ciężarowych (popularnie zwanych tirami), wymieniony tu duży udział procentowy zelektryfikowanych linii kolejowych (głównie zwiększony znacząco w ostatnich latach w wyniku wycofania z eksploatacji, a czasem wręcz całkowitego rozmontowania niektórych odcinków lokalnych tras kolejowych) dla gospodarczych decydentów w Polsce nie powinien być powodem do zadowolenia, a do zastanowienia. Być może warto by było niektóre drogi, na przykład takie jak autostrada A2 – Autostrada Wolności, odciążyć od tak zmasowanego transportu towarów samochodami ciężarowymi (jadącymi całymi kilometrami jeden za drugim), wykorzystując linie kolejowe biegnące w poprzek Polski do przewozu tirów wraz z ładunkiem specjalnymi pociągami elektrycznymi, składającymi się z odpowiednich wagonów, na które te tiry wjeżdżałyby o własnych siłach (podobnie jak to wprowadzili u siebie Szwajcarzy).

W odróżnieniu od tramwajów w kolejowych lokomotywach elektrycznych napędzające je silniki są zawsze łączone w grupy i wspólnie zasilane (rys. 1). Powodem jest fakt, że fazy rozruchu i hamowania są zdecydowanie dłuższe niż w tramwaju, ponieważ pociąg nie musi mieć takiej dynamiki poruszania się jak tramwaj eksploatowany w ruchu miejskim. Także dla transportu kolejowego jest charakterystyczna relatywnie bardzo długa faza jazdy pociągu ze stałą i dużą prędkością po gładkim torze (bez utrudnień w postaci zwrotnic, rozjazdów i krzyżaków).

Zasilanie lokomotyw (czy też pociągów) elektrycznych w ruchu dalekobieżnym (pomiędzy miastami) odbywa się z wykorzystaniem podwieszonego miedzianego przewodu sieci trakcyjnej, po którym (podobnie jak w tramwaju) ślizga się odbierak prądu znajdujący się na pantografie umieszczonym na dachu pojazdu – a obwód zasilania zamyka się przez stalowe szyny torowiska, po których toczą się metalowe koła jezdne.



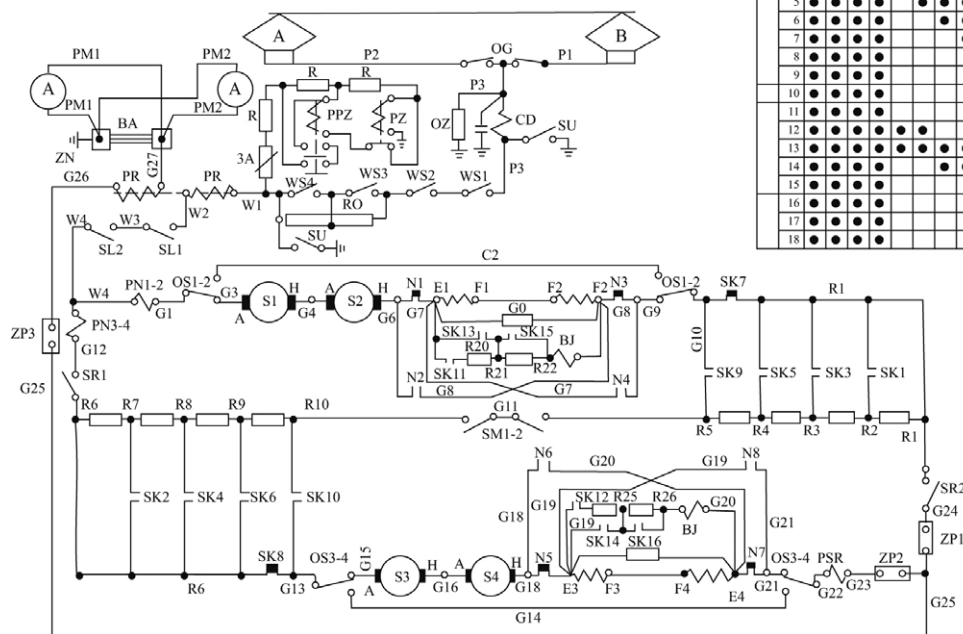
**Rys. 1.** Schematy ideowe obwodów głównych lokomotyw elektrycznych: a) lokomotywy EU07 - z napędem prądu stałego; b) wielosystemowej lokomotywy EU43 - z napędem asynchronicznym (1, 2 - wyłączniki główne; 3 - transformator; 4 - prostowniki; 5 - przełączniki DC/AC; 6, 7 - dławiki i kondensatory przy zasilaniu z sieci DC; 8 - kondensatory przy zasilaniu z sieci AC; 9, 10 - czopery i rezystory układów hamowania; 11 - falowniki; 12 - przełączalne uzwojenia stojanów silników; 13 - zestawy przełączników umożliwiające bezpośrednie zasilanie silników z transformatora; 14 - układy kontroli napięcia)

Źródło: [A4, C9]

W przypadku pociągów metra (czyli kolei podziemnej) zamiast wiszącego przewodu jest stosowana tzw. trzecia szyna, ułożona na izolatorach wzdłuż torowiska. Dla zapewnienia większej przyczepności kół napędowych do stalowych szyn torowiska opłaca się, aby tych napędzanych kół było możliwie jak najwięcej i aby podział wypadkowej siły napędowej pomiędzy nie był

możliwie jak najbardziej równomierny. Ponieważ przy dużych prędkościach pociągów łuki poziome torowiska mają bardzo duży promień, żadne mechanizmy różnicujące momenty napędowe poszczególnych kół nie są potrzebne, a więc dla napędów kolejowych charakterystyczne jest stosowanie wspólnego zasilania uzwojeń współpracujących ze sobą silników, tworzących





| Poc. | Wyt. szybki |     |     |     | Tabela załączeń styczników wału SK |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
|------|-------------|-----|-----|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--|
|      | WS1         | WS2 | WS3 | WS4 | SK1                                | SK2 | SK3 | SK4 | SK5 | SK6 | SK7 | SK8 | SK9 | SK10 | SK11 | SK12 | SK13 | SK14 | SK15 | SK16 | SO1-2 | SM1-2 | SL1-2 |  |
| 1    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 2    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 3    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 4    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 5    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 6    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 7    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 8    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 9    | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 10   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 11   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 12   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 13   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 14   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 15   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 16   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 17   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |
| 18   | •           | •   | •   | •   |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |  |

Rys. 2. Schemat ideowy obwodu głównego jednostki trakcyjnej EN57 ze stycznikowo-oporowym sterowaniem silników napędowych Źródło: [C9]

grupy napędowe, których koła obracają się synchronicznie. Schematy ideowe obwodów głównych polskich lokomotyw elektrycznych zasilanych z typowej sieci trakcyjnej o napięciu 3 kV DC (podwieszanej na słupach) przestawiono na rysunku 1. Na rysunku 1 a jest pokazany schemat lokomotywy EU07 z klasycznymi szeregowymi silnikami prądu stałego, a na rysunku 1 b – lokomotywy EU43 z klatkowymi silnikami indukcyjnymi zasilanymi z falowników (wielosystemowej – dla trzech wielkości napięć sieci trakcyjnej: 3 kV DC lub 1,5 kV DC, lub 15 kV 16 Hz AC).

Często w potocznym języku używane określenie „lokomotywa spalinowa” jest w tym przypadku nieprawidłowe, gdyż w świetle podanej na początku tego rozdziału definicji pojazdu elektrycznego oznaczałoby ono, że w takim pojeździe napęd na osie kół jest przeniesiony z wału korbowego silnika spalinowego (jak w samochodzie ciężarowym) za pośrednictwem mechanicznego sprzęgu w postaci indywidualnych wałów napędowych i mechanizmów przekładniowych. W przypadku większych lokomotyw byłoby to jednak z technicznego punktu widzenia wielce kłopotliwe. Dlatego najbardziej sensowne rozwiązanie konstrukcyjne tego problemu polega na tym, że silnik spalinowy, pracując z ustawieniem dawki paliwa i prędkości obrotowej możliwie optymalnymi dla danych warunków obciążenia lokomotywy, napędza – jak w małej elektrowni – podłączoną do niego prądnicę (generator). Dopiero z takiego agregatu prądotwórczego, zapewniającego silnikowi spalinowemu jak najlepsze warunki do spalania paliwa, są zasilane silniki napędzające koła. Lokalnym, mobilnym źródłem energii w takiej lokomotywie jest zbiornik paliwa płynnego (obecnie najczęściej używany jest w tym celu olej napędowy, ale w bardzo dużych silnikach – może to być nawet mazut, tak jak na

statkach). W sensie obecnie obowiązującej terminologii dotyczącej napędów trakcyjnych tego rodzaju rozwiązanie należy nazywać po prostu napędem hybrydowym o strukturze szeregowej. Tego rodzaju lokomotywy najczęściej są stosowane w długich i ciężkich pociągach towarowych.

Bardzo duże znaczenie dla przewozów pasażerskich w Polsce mają pociągi podmiejskie. Najnowsze z nich są produkowane w Bydgoszczy przez przedsiębiorstwo Pojazdy Szynowe PESA (kontynuujące tradycje ZNTK – dawnych, znanych Zakładów Naprawczych Taboru Kolejowego). Dotychczasowy tabor eksploatowany na takich liniach kolejowych składał się głównie z popularnych wieloczołowych jednostek elektrycznych od wielu lat znanych pod polską nazwą EZT (elektrycznego zespołu trakcyjnego). Najwięcej tych zestawów, bo prawie 1,5 tys., o nazwie EN57, wyprodukował wrocławski PAFAWAG (Państwowa Fabryka Wagonów). Ze względu na bardzo dużą liczbę tych zestawów i ich popularność podlegają one intensywnej modernizacji, dokonywanych w różnych krajowych przedsiębiorstwach zajmujących się remontami taboru kolejowego.

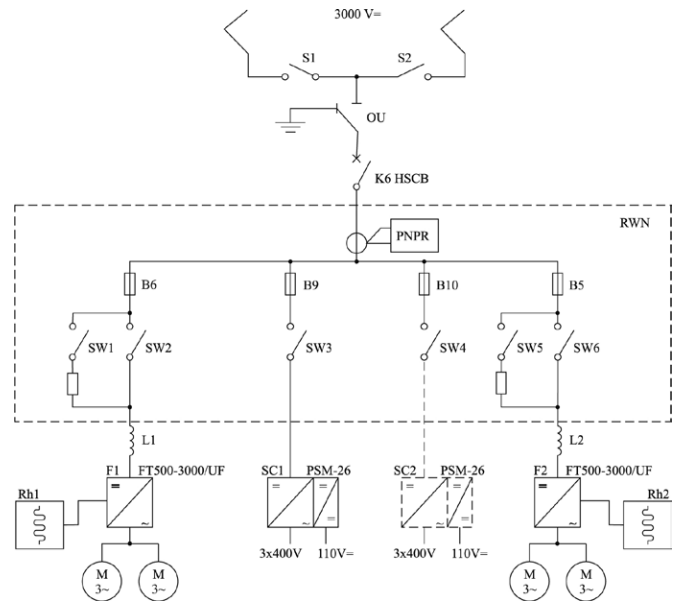
Przy okazji remontów są one w dużym zakresie modernizowane. Modernizowanie polega nie tylko na wymianie i unowocześnianiu karoserii i ogólnego wyposażenia wagonów, ale wiąże się również z wymianą dotychczasowych klasycznych napędów z szeregowymi silnikami prądu stałego i historycznym już sterowaniem stycznikowo-oporowym (rys. 2) na energoelektroniczne napędy przekształtnikowe: „czoperowe” z zachowaniem dotychczasowych silników lub ostatnio nawet na falownikowe napędy asynchroniczne. Odpowiednio zaprojektowany algorytm sterowania wektorowego prądowozorientowanego, pozwala w silnikach asynchronicznych o mocy 250 kW, specjalnie przewidzianych dla takich jednostek i zasilanych

przez autonomiczny falownik z sieci kolejowej o napięciu 3 kV, osiągnąć bardzo korzystne właściwości trakcyjne [A17, A18, A19]. Płynne przechodzenie w tym napędzie od regulacji momentu przy niskich prędkościach z zastosowaniem sprzężenia prądowego do otwartego sterowania wartością skuteczną napięcia stojana w postaci tzw. six-pulsu przy dużych prędkościach pozwala na znaczące obniżenie częstotliwości przełączeń falownika oraz na jazdę jednostki z takim napędem nawet z prędkością do 160 km/h bez utraty korzystnych właściwości regulacyjnych wartości momentu rozruchowego.

Na rysunku 3 przedstawiono schemat obwodu głównego dla dotychczas wdrożonego falownikowego napędu asynchronicznego z tradycyjnym, grupowym sterowaniem napięciowym (skalarnym), specjalnie przeznaczonych właśnie dla takich modernizowanych elektrycznych zespołów trakcyjnych [A6]. Zmodernizowane jednostki z takim napędem, opracowanym i produkowanym przez firmę MEDCOM z Warszawy, są obecnie eksploatowane przez Koleje Mazowieckie i Szybka Kolej Miejską w Trójmieście.

Na zakończenie tego podrozdziału warto wspomnieć o nowatorskich rozwiązaniach proponowanych od dłuższego czasu w kolejnictwie, jakimi są autobusy szynowe i tramwaje dwusystemowe. Tego rodzaju małe pojazdy mogłyby znacząco rozładować narastający ruch podmiejski, związany z dojazdami do pracy ludzi, szczególnie tych mieszkających w pobliżu dużych aglomeracji. Takie przejazdy niewielkich grup ludzi odbywają się obecnie przy użyciu prywatnych samochodów z napędem spalinowym, w których w dodatku najczęściej jedzie sam kierowca (sic!). W ten sposób zmniejszeniu uległyby ogromne „orki” powstające w dni robocze w określonych godzinach na trasach wlotowo-wylotowych wszystkich większych miast. A w przypadku „elektryfikacji” napędów w takich pojazdach znacząco zmniejszyłoby się zanieczyszczenie powietrza spalinami.

Autobusy szynowe (zwane także szynobusami) są lekkimi wagonami silnikowymi lub zespołami trakcyjnymi o napędzie spalinowym, służącymi do obsługi ruchu pasażerskiego na liniach o niewielkich potokach podróży. Mają one konstrukcję zbliżoną do konstrukcji pojazdów drogowych, gdyż dla jej odciążenia unika się stosowania w nich masywnego podwozia i klasycznych, masywnych urządzeń sprzęgowych, natomiast wykorzystuje się szeroko elementy wykonane z tworzyw sztucznych i typowe podzespoły produkowane masowo w przemyśle samochodowym. W porównaniu z tradycyjnym pociągiem (lokomotywa plus 1–2 wagony) o podobnej pojemności charakteryzuje się większymi przyspieszeniami, mniejszym zużyciem paliwa i większymi prędkościami osiąganymi na tych samych – zwykle drugorzędnych – szlakach. Jednak w większości krajów europejskich od lat dziewięćdziesiątych XX wieku, ze względu na dynamicznie wzrastającą popularność kolei regionalnych, przepełnienie pociągów oraz konieczność zachowania wysokich standardów bezpieczeństwa, zaprzestano rozwoju konstrukcji szynobusów na rzecz nowoczesnych, wielkogabarytowych wagonów spalinowych, często wyposażonych w obniżoną podłogę dla ułatwienia obsługi niskich peronów. Nazwy „autobus szynowy” czasem używa się błędnie do określenia ciężkich wagonów o dużych gabarytach z napędem



**Rys. 3.** Falownikowy napęd asynchroniczny z grupowym, wspólnym napięciowym sterowaniem obu silników w każdym z wózków, przeznaczony do elektrycznych zespołów trakcyjnych EN57 i EN71, opracowany w firmie MEDCOM: S1, S2, OU – odłączniki; HSCB – szybki wyłącznik prądu stałego; PNPR – przekaźnik nadmiaroworóżnicowo-prądowy; RWN – rozdzielnia wysokiego napięcia (B – bezpieczniki, SW – styczniki); F1, F2 – falowniki trakcyjne; Rh1, Rh2 – rezystory hamowania; SC1, SC2 – pomocnicze przetwornice statyczne Źródło: [A6]

spalinowym o dużych mocach, a także niektórych użytkownych samodzielnie elektrycznych wagonów silnikowych [C8].

Tramwajem dwusystemowym (z ang. *tram-train*) jest nazywany pojazd szynowy zasilany z podwieszanej na słupach sieci trakcyjnej i skonstruowany tak, by można go było eksploatować zarówno w infrastrukturze towarzyszącej liniom tramwajowym (czyli przewidzianej dla pojazdów szynowych lekkich), jak i w normalnej infrastrukturze kolejowej (przewidzianej dla ciężkich pojazdów szynowych). Ten pojazd, łączący w sobie właściwości pociągu i tramwaju, może poruszać się zarówno po torach tramwajowych (na obszarze miasta), jak i po torach kolejowych (na odcinkach podmiejskich). Europejskim krajem, w którym spotyka się tego rodzaju rozwiązanie pozwalające na zwiększenie przepustowości komunikacji masowej, są Niemcy. Poważną trudnością techniczną w rozpowszechnieniu tej formy komunikacji masowej są istniejące różnice w szerokościach torów, odmienne systemy zasilania w energię elektryczną (różne rodzaje lub wartości napięcia sieci trakcyjnych), różne wysokości peronów oraz odmienne systemy sygnalizacji i kierowania ruchem. Poważnym problemem jest przenoszenie opóźnień z ruchu w mieście na sieci kolejowe, gdzie są przecież używane także pociągi dalekobieżne, od których wymaga się punktualności w obsłudze pasażerów [C10].

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

Fragment pochodzi z książki: *Elektryczny napęd trakcyjny*, Andrzej Dębowski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019

# Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych. Cz. 3. Samochodowy napęd elektryczny

Andrzej Dębowski

**W** Polsce już w latach osiemdziesiątych XX wieku prof. Eugeniusz Popławski ze swoim zespołem podjął w Politechnice Świętokrzyskiej systematyczne badania nad elektrycznym napędem nadającym się do zainstalowania w seryjnie produkowanych samochodach elektrycznych [A34]. Taką pierwszą próbą było zainstalowanie w karoserii Fiata 125p typowego przemysłowego silnika asynchronicznego zasilanego z falownika tyrystorowego. Źródłem energii był zestaw zwykłych, ciężkich akumulatorów kwasowo-ołowiowych ulokowany w bagażniku samochodu. Z perspektywy współczesnych osiągnięć konstrukcyjnych wielkich światowych koncernów samochodowych można tamte próby ocenić jako nieco nie realistyczne. Warto jednak pamiętać, że w owym czasie nie było jeszcze tych znanych obecnie, ważnych współczesnych osiągnięć technologicznych, jakimi są nowe materiały i technologie, pozwalające na miniaturyzację całości osprzętu samochodu wyposażonego w napęd elektryczny. Do tych osiągnięć myśli naukowej i technicznej należy przede wszystkim zaliczyć mikroprocesorowo sterowane przekształtniki energoelektroniczne, produkowane z dużym udziałem pierwiastków ziem rzadkich silne magnesy pozwalające na kompaktową budowę silników napędowych o zmniejszonych wymiarach i wadze oraz wydajne i lekkie baterie chemiczne o dużej pojemności.

Samochody elektryczne stały się obecnie przedmiotem wielkiego zainteresowania na całym świecie, przede wszystkim ludzi odpowiedzialnych za:

- rozwój gospodarczy (szczególnie w tych w krajach, które odgrywają wiodącą rolę w gospodarce i narzucają całemu światu kierunek postępu technicznego);
- gospodarowanie światowymi zasobami surowców energetycznych (w tym za pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych);
- stan środowiska naturalnego (ze szczególnym uwzględnieniem zmian klimatycznych oraz zanieczyszczeń powodowanych przez dotychczasowe formy pozyskiwania i przetwarzania energii);
- postęp techniczny związany z przemysłem energetycznym, a także naukowców poszukujących ciągle najlepszych rozwiązań w tych dziedzinach na drodze rozważań teoretycznych i badań laboratoryjnych.

Przy tej okazji warto zauważyć, że w publicznym odbiorze wszelkich dyskusji związanych z tym tematem zakłada się często (a chyba niesłusznie), że wszelkie używanie energii elektrycznej samo w sobie nie szkodzi środowisku. Jest to pogląd nie do końca słuszny. Pierwszy przykład, ostatnio dostrzeżony przy okazji analizy zdjęć powierzchni Ziemi robionych z kosmosu i szeroko komentowany w mediach: zauważalny

w skali kosmicznej wzrost rozświetlenia powierzchni Ziemi w nocy. Spowodowane to jest intensywnym oświetleniem nocną porą wszelkich terenów zamieszkałych przez ludzi (czy to jest naprawdę potrzebne, czy nie). To te źródła światła – i małe, i duże – współcześnie już praktycznie wszystkie są zasilane wyłącznie energią elektryczną. Czyli to energia elektryczna w skali globalnej przyczynia się do tak dużego rozjaśnienia nocnego nieba obserwowanego z powierzchni Ziemi, że staje się to powodem zauważalnych zmian w zachowaniu się wszystkich żyjących na Ziemi gatunków – zwierząt, roślin, a także samych ludzi. Drugim przykładem jest to, że do produkcji energii elektrycznej wykorzystywane są obecnie głównie surowce kopalne spalane w kotłach elektrowni ciepłych. Wprawdzie sama energia elektryczna nie szkodzi środowisku, ale dotychczasowe metody jej pozyskiwania – jak najbardziej. To szkodenie odbywa się pośrednio, w wyniku wzrostu intensywności „podgrzewania atmosfery” otulającej Ziemię. To powoduje groźne zmiany klimatyczne, nie tylko większą częstotliwość pojawiania się groźnych, bardzo silnych wiatrów o niespotykanej wcześniej sile (huragany), ale także pociąga za sobą bardziej intensywne topnienie naturalnych zasobów lodu (lodowców w górach, pokrywy lodowej w Arktyce czy na Antarktydzie). Wprawdzie uważa się, że jest to głównie skutek tzw. efektu cieplarnianego, powodowanego niekontrolowanym, nadmiernym wzrostem CO<sub>2</sub> w atmosferze, przez co więcej ciepła pochodzącego od naturalnego promieniowania Słońca pozostaje „uwięzione” na Ziemi w atmosferze oraz na powierzchni lądów i oceanów. Ale przy tej okazji należy także zauważyć, że obecnie wszelka działalność ludzka także wiąże się z uwalnianiem do otoczenia ciepła w czystej postaci na niespotykaną wcześniej skalę, w wyniku przetwarzania coraz większej ilości energii w najrozmaitszych postaciach – a więc także i samej, wyprodukowanej „brudnymi metodami” już wcześniej, energii elektrycznej. Wykorzystywanie energii elektrycznej nie tylko do ogrzewania, ale i do chłodzenia (w systemach klimatyzacji) zawsze wiąże się z jej sporymi stratami, a takie straty i tak w końcu zostają zamienione na ciepło, które przechodzi do otoczenia.

Dlatego przy okazji omawiania zagadnień związanych z elektrycznym napędem trakcyjnym nie sposób nie odnieść się do zagadnień związanych ogólnie z transportem ludzi i towarów. Codzienne przemieszczanie ich na bliższe i dalsze odległości w przeważającym stopniu jest realizowane przez pojazdy kołowe poruszające się po powierzchni ziemi, co w skali całego globu wymaga ciągłego zużycia ogromnych ilości energii. Ta energia jest potrzebna nie tylko bezpośrednio do poruszania samych pojazdów wraz z ich ładunkiem, i ta jej tak zużywana

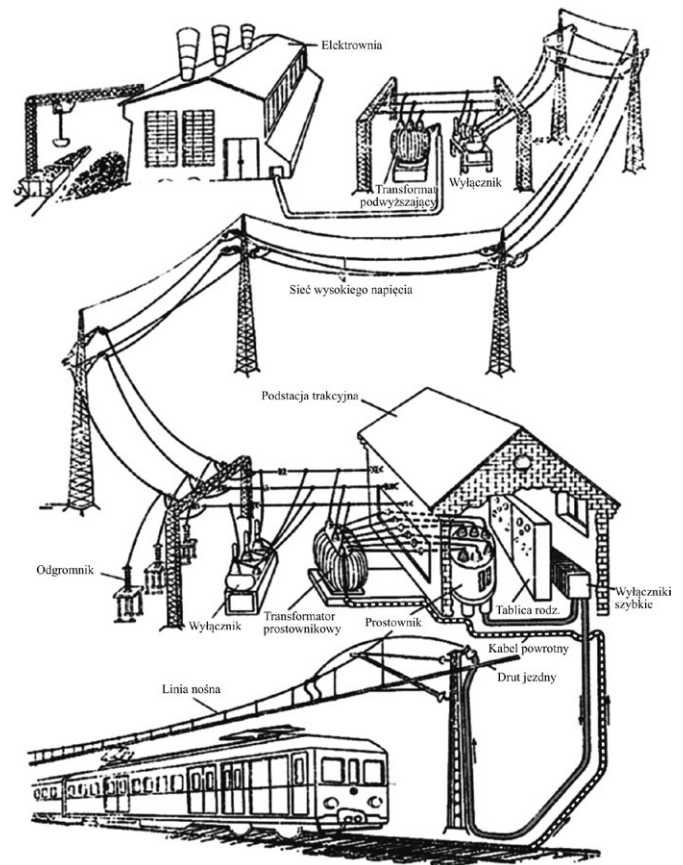


część może być w sensie uogólnionym nazwana „paliwem”, ale także do wyprodukowania tego „paliwa” i do dostarczenia go do samego pojazdu. Obrazowo złożoność całego procesu związanego z dostarczaniem określonego rodzaju energii (stanowiącej „paliwo”) do dowolnego rodzaju pojazdu można zrozumieć, przyglądając się uważnie rysunkowi 1. Patrząc nań dosłownie, dostrzega się kompletny obraz zasilania w energię elektryczną, dostarczaną z podwieszonych na słupach przewodów sieci trakcyjnej, pewnego pojazdu szynowego – w tym przypadku pociągu elektrycznego (ale niemal dokładnie tak samo dotyczy to także tramwaju czy trolejbusu). Ale w tle widać nie tylko elektrownię produkującą tę „czystą” energię z bardzo „brudnego” węgla (ze sprawnością nieprzekraczającą, jak wiadomo każdemu elektrykowi, ok. 45%), widać także przesyłową sieć elektroenergetyczną i najbliższą pojazdowi w danej chwili sekcyjną podstację trakcyjną. Nawet jeśli sam napęd elektryczny zainstalowany w pojeździe ma wysoką sprawność, to i tak sprawność całego tego „ciągu zasilającego” nie przekroczy 50%. Czyli w tym przypadku ponad połowa energii „wyzwolonej” ze spalonego węgla w różnych postaciach (czyli różnymi drogami) i tak trafi w końcu do otaczającego nas płaszczka kuli ziemskiej – atmosfery wraz z chmurami, wód powierzchniowych czy gleby.

Rysunek 1 pozwala dostrzec pewien ogólny schemat strukturalny obrazujący proces pozyskiwania energii w postaci dowolnego rodzaju paliwa i jego końcowego dostarczenia do pojazdów (nie tylko kołowych), po to, aby mogły się one poruszać. Ten schemat zawsze składa się z trzech etapów: produkcji (elektrownia), przesyłu (sieć elektroenergetyczna) oraz końcowej dostawy (dystrybutory). W sposób oczywisty dotyczy to takich pojazdów samochodowych, jak trolejbusy używane w masowej komunikacji miejskiej.

Dlatego więc ten temat został poruszony właśnie w podrozdziale poświęconym napędom elektrycznym samochodów, czyli pojazdów wyposażonych we własne, mobilne magazyny energii? Czyli w przypadku takich samochodów – magazyny energii elektrycznej, a więc niejako z definicji pojazdów w 100% ekologicznie czystych! Odpowiedź jest prosta. Jak już wspomniano wyżej, tzw. powszechna motoryzacja oparta na pojazdach z ogumionymi kołami, a zwłaszcza indywidualnie używane prywatne samochody, wydają się obecnie wielu ludziom sprawą najważniejszą na świecie, bo przecież dotyczy ona ich osobiście, bezpośrednio i codziennie. Inne rodzaje pojazdów lądowych, poruszających się po innych szlakach niż drogi bite, szosy i autostrady, użytkowane są od tak wielu lat, i stały się tak trwałym i niezbędnym elementem życia wszystkich ludzi, że mało komu przychodzi do głowy, aby coś w tej sprawie natychmiast zmieniać.

Jak wynika z popularnych rozmów i dyskusji prowadzonych w prasie, radiu czy w telewizji, zdecydowana większość potencjalnych użytkowników samochodów w pełni elektrycznych (BEV, ang. *battery electric vehicle*), czyli zasilanych z baterii akumulatorów umieszczonych wewnątrz takich pojazdów [C11], wydaje się być bardzo dumna z faktu, że decydując się na ten zakup – zwykle w tej czy innej postaci jeszcze dotowany przez państwa, a pomimo to bardzo drogi, wydatnie przyczynia się do ochrony środowiska. Ich wiara w prawidłowość takiego kierunku postępu gospodarczego i technologicznego



Rys. 1. Poglądowy schemat zasilania w energię kolei elektrycznej korzystającej z sieci trakcyjnej prądu stałego

Źródło: [A4]

jest podbudowana głównie nadzieją, że masowa produkcja – na siłę wymuszona decyzjami polityczno-gospodarczymi – spowoduje wkrótce znaczne obniżenie cen takich pojazdów, a to przecież przyniesie ludzkości same korzyści. Tego rodzaju zwolenników rozwoju trakcyjnych napędów elektrycznych można rozpoznać, zadając im pytanie, skąd wezmą prąd elektryczny do ładowania baterii w tych superekologicznych samochodach. Najczęściej udzielana odpowiedź jest łatwa do przewidzenia: „To proste – z gniazdek stacji ładujących akumulatory samochodów elektrycznych, rozmieszczonych możliwie jak najgłębiej blisko planowanej trasy przejazdu”. Taka odpowiedź świadczy o zupełnym braku wyobraźni technicznej i ekonomicznej, bo skupia uwagę rozmówcy na problemach możliwych do rozwiązania w krótkim czasie jedynie w najbogatszych krajach świata. Ale największy udział w wytwarzaniu wszystkich omówionych tu wcześniej zanieczyszczeń mają przecież nie te elitarne kraje, a przede wszystkim kraje biedne i gęsto zaludnione. Więc to nie potencjalni nabywcy najdroższych w tej chwili samochodów na świecie i nie ich producenci (a więc nie mechanizmy rynkowe) powinni mieć decydujący wpływ na podejmowane decyzje dotyczące kierunków dalszego rozwoju napędów trakcyjnych w pojazdach. Nieprzemyślanymi do końca subsydiami państwowymi można więc wypaczyć wnioski, które w zgodzie z istniejącymi prawami fizyki da się wyciągnąć z uczciwie prowadzonych analiz ekonomicznych opartych na ciągłe

aktualizowanych danych dotyczących prawdziwego stanu środowiska (tj. atmosfery, wód oceanicznych i powierzchni łądów) oraz danych dotyczących stanu infrastruktury przemysłowej i materialnej gospodarki.

Na problem ten zwraca się już coraz powszechniej uwagę przy okazji dyskusji na temat wprowadzania tzw. transportu zrównoważonego (ang. *sustainable transport*) [C11]. Pojęcie to odnosi się do tematów związanych z szeroko pojętym transportem, który pozostaje zrównoważony pod względem skutków społecznych, środowiskowych i klimatycznych oraz zdolności do globalnego dostarczania energii źródłowej w nieskończoność. Składniki służące ocenie zrównoważonego rozwoju obejmują: 1) poszczególne pojazdy wykorzystywane do transportu drogowego, wodnego lub lotniczego; 2) źródło energii; 3) infrastrukturę wykorzystywaną do transportu (drogi, linie kolejowe, drogi powietrzne, drogi wodne, kanały i terminale). Działania związane z transportem i logistyką, a także rozwój zorientowany na transport również biorą udział w tej ocenie. Na ocenę stopnia zrównoważenia transportu ma w dużej mierze wpływ nie tylko skuteczność i wydajność samego systemu transportowego, ale również jego wpływ na środowisko i klimat.

Propagowanie rozwoju transportu zrównoważonego utożsamiane bywa często obecnie z propagowaniem rozwoju konstrukcji i rozpowszechniania w użytkowaniu wspomnianych już wcześniej pojazdów o tzw. zerowej emisji gazów wyciekających (ang. *zero emission vehicle*) [C11]. Posługiwanie się taką nazwą może jednak mylić. W nazwie sformułowanej w języku angielskim nie ma zresztą wymienionego określenia, w jakim zakresie ma to być emisja zerowa i co ma się tu bilansować? W spotykanych, ogólnie dostępnych, źródłach dotyczących tej problematyki wyjaśnia się, że takie określenie (chyba tylko na początek) oznacza popieranie produkcji takich pojazdów, w których z pokładowego źródła mocy i przetwarzającego tę moc napędu nie następuje emisja na zewnątrz pojazdu zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia i środowiska. Pod taką definicją rozumie się przede wszystkim cząstki stałe (np. sadza), węglowodory, dwutlenek i tlenek węgla, tlenki azotu czy ołów. Wydaje się, że baterijny samochód elektryczny doskonale wypełnia wszelkie wymagania wynikające z takiej definicji.

Ale jeśli spojrzeć na sprawę rozwoju transportu zrównoważonego postulowanego we wcześniejszym akapicie, to nasuwa się poważniejsze pytanie: czy tak prosto i w sumie naiwnie rozumiana definicja „pojazdu o zerowej emisji spalin” nie jest przypadkiem pewnego rodzaju krótkowzrocznością, a może nawet nadużyciem zaufania tych biedniejszych społeczeństw? Bo przy ciągłym powoływaniu się na tę definicję nie bierze się przecież pod uwagę wszystkiego tego złego, co towarzyszy produkcji wszelkich komponentów niezbędnych do produkcji tych „idealnych samochodów”. Nie tylko należy tu pamiętać o tych 50% energii zawartej w kopalinach (takich jak węgiel czy ropa naftowa), spalanych w elektrowniach ciepłych, ale również o szkodliwych gazach emitowanych do atmosfery oraz innych nie mniej groźnych substancjach odpadowych, zanieczyszczających środowisko w procesie produkcji ogniw elektrycznych czy paliwowych, a także magnesów trwałych lub też innych elementów wchodzących w skład napędów przekształtnikowych, takich jak silniki, moduły energoelektroniczne mocy,

kondensatory, dławiki itp. A co z dodatkowymi, trudnymi do uniknięcia w tej sytuacji zanieczyszczeniami powstającymi przy utylizacji wszelkich „przestarzałych” czy po prostu już „niechcianych” pojazdów, które zamiast być zmodernizowane i dalej użytkowane, muszą zostać zutyliczowane – a do tego także przecież jest potrzebna energia. Chyba że zostaną one „podrzucone” tym biedniejszym krajom.

Bardzo możliwe, że nowe pomysły rewolucjonizujące zasilanie transportu kołowego w energię pojawią się ze strony biotechnologii. Na przykład w bilansie tzw. gazów cieplarnianych dokonywanym w skali całego globu udział wynikający z pozyskiwania energii z tzw. paliw kopalnych (węgiel i ropy naftowej) rzeczywiście powinien być szybko i skutecznie zmniejszany, bowiem do atmosfery uwalniany jest m.in. węgiel jako pierwiastek pochodzący spod ziemi, ułożony tam miliony lat temu. Ale jeśli nowe paliwa płynne w postaci węglowodorów podobnych do wydobywanej spod ziemi ropy będą otrzymywane w wyniku odpowiednio prowadzonych procesów biochemicznych na świeżych szczątkach organicznych, to istniejący w przyrodzie bilans nie zostanie zachwiany. Bowiem zawarty w nich węgiel i inne substancje trafiające do atmosfery pochodzą z aktualnego obiegu tych substancji w przyrodzie. W wyniku spalania takiego paliwa w tradycyjnych silnikach spalinowych dostaną się i tak wkrótce do środowiska tylko trochę inną drogą. Nie będzie więc potrzeby przeprowadzania na wielką skalę rewolucji w transporcie. Do tego czasu wystarczy więc, jeśli uwaga wszystkich zostanie skupiona na rozwoju napędów hybrydowych, którymi w pierwszym rzędzie powinni się teraz zajmować zarówno inżynierowie rozwiązujący rozmaite problemy technologiczne, jak i naukowcy pracujący nad opracowaniem nowych teoretycznych podstaw ich konstrukcji oraz zasad sterowania ich komponentami.

Z tego punktu widzenia wydaje się, że w nadchodzących latach wart upowszechniania jest bynajmniej nie ten całkowicie wydawałoby się „czysty” środowiskowo baterijny samochód elektryczny BEV, w pełni zależny wyłącznie od energii elektrycznej czerpanej z „gniazdka” miejskiej stacji ładującej, ale może jednak „trochę brudzący” swoimi spalinami, ale za to w sposób bardzo kontrolowany – samochód hybrydowy HEV (ang. *hybrid electric vehicle*) [A24]. Na ten trend wskazują zresztą obecne sukcesy rynkowe odnoszone przez producentów samochodów hybrydowych, osiąganie znacznie lepszych wyników sprzedaży w porównaniu z producentami samochodów elektrycznych. W literaturze poświęconej pojazdom samochodowym z napędami elektrycznymi jest przedstawianych bardzo wiele rozmaitych wariantów wykorzystania energii elektrycznej do ich napędzania [C11].

Szczegółowe omówienie rozmaitych konstrukcji samochodów elektrycznych, rozważanych od strony naukowej, w postaci wyników badań przeprowadzonych na drodze symulacji komputerowych, lub praktycznej, w postaci badań wykonanych na prototypach laboratoryjnych, podawane w publikacjach, a także opisy techniczne modeli już produkowanych i sprzedawanych przez prawie wszystkie poważne światowe koncerny samochodowe, zdecydowanie wykracza poza ramy tej książki. Dlatego na zakończenie tego podrozdziału na rysunku 2 zostały pokazane tylko trzy najważniejsze, podstawowe schematy blokowe

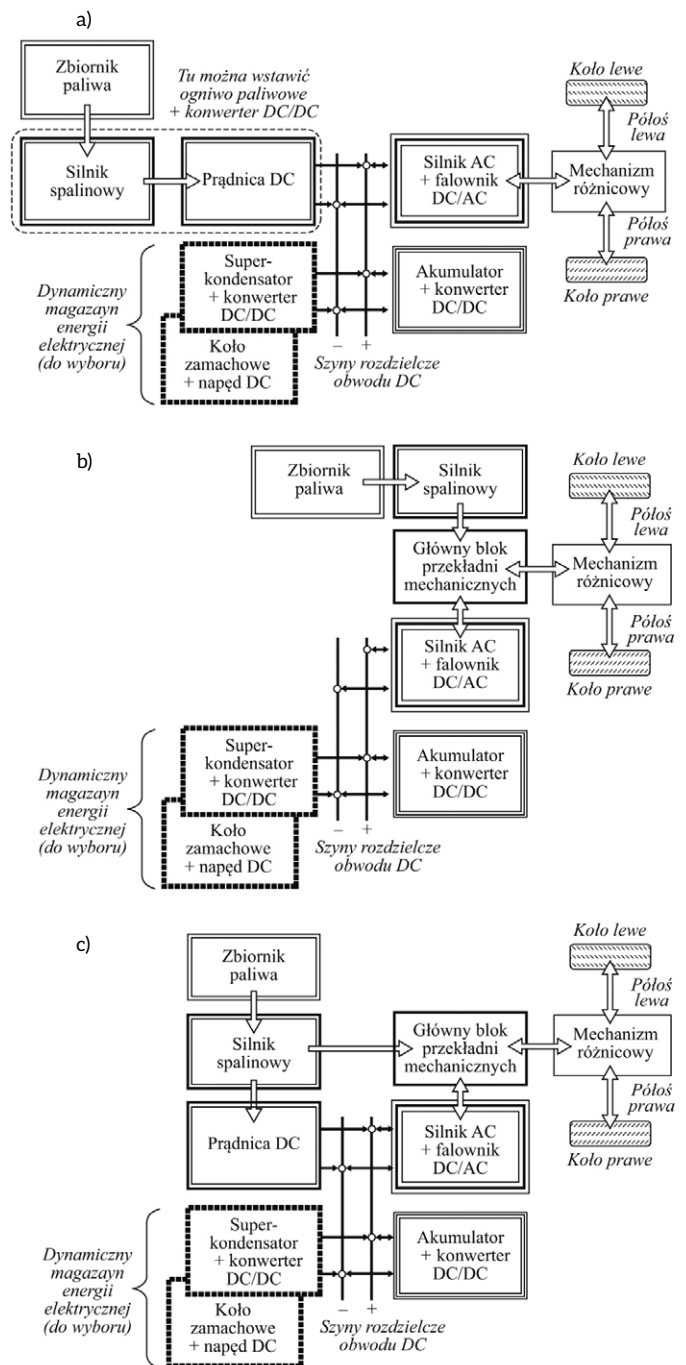
trakcyjnego elektrycznego napędu hybrydowego dla pojazdu typu HEV.

Napęd hybrydowy jako całość nie ma jednoznacznie określonej struktury poza najważniejszą cechą, jaką jest obecność w nim choćby jednego silnika spalinowego i silnika elektrycznego, współpracujących ze sobą za pośrednictwem sprzęgu mechanicznego (wały i przekładnie mechaniczne) bądź sprzęgu elektrycznego realizowanego za pośrednictwem szyn rozdzielczych DC, tj. głównego obwodu prądu stałego. W przypadku obecności mechanicznego magazynu energii (tj. masy wirującej z bardzo dużą prędkością obrotową) w typowym napędzie hybrydowym jest on połączony mechanicznie wyłącznie z wałem obsługującym go małego silnika elektrycznego, a dopiero ten pomocniczy silnik poprzez własny przekształtnik umożliwia podłączenie energetyczne takiego magazynu do szyn głównej magistrali elektrycznej prądu stałego całego napędu.

W klasyfikacji napędów hybrydowych, przedstawionej na rysunku 2, najważniejszy jest sposób uzyskiwania energii mechanicznej napędzającej koła pojazdu w wyniku przetwarzania energii pochodzących z mobilnych magazynów energii: podstawowego magazynu, jakim jest możliwie jak największy zbiornik paliwa płynnego, ale także z pomocniczego magazynu energii elektrycznej o stosunkowo niedużej pojemności (który ze względu na wymagane cechy ważne w stanach dynamicznej pracy napędu może być podzielony na kilka mniejszych).

Dla napędu o budowie szeregowej (rys. 2 a) charakterystyczne jest podłączenie wału napędowego prowadzącego do mechanizmu różnicowego, rozdzielającego moment obrotowy na półosie obu kół napędowych pojazdu, wyłącznie z wałem silnika elektrycznego. W takiej strukturze silnik spalinowy zasilany ze zbiornika napędza jedynie prądnicę wytwarzającą prąd stały, czyli stanowi jedynie rodzaj agregatu prądotwórczego DC (a więc mobilną elektrownię). Ponieważ energia elektryczna pośredniczy w całkowitym przepływie energii czerpanej ze zbiornika paliwa do kół pojazdu, można powiedzieć, że w takiej strukturze silnik elektryczny został umieszczony szeregowo za silnikiem spalinowym. Zaletą tej struktury jest uproszczenie części mechanicznej napędu – nie jest potrzebna żadna przekładnia główna o skomplikowanej budowie. Wada natomiast polega na konieczności użycia w charakterze prądnicy drugiej dużej maszyny elektrycznej – takiej samej wielkości (co do mocy i wymiarów) co silnik elektryczny napędzający koła.

Dla napędu o budowie równoległej (rys. 2 b) charakterystyczne jest podłączenie wału napędowego, prowadzącego do wspomnianego wyżej mechanizmu różnicowego, do głównego bloku przekładni mechanicznych, zapewniającego sprzęgnięcie wałów silnika spalinowego i elektrycznego. Dzięki temu oba silniki biorą bezpośredni i jednoczesny (a więc równoległy) udział w wytwarzaniu wypadkowej wartości momentu obrotowego uzyskiwanego na wale głównym napędu. Zaletą jest w tym przypadku brak dużej i ciężkiej prądnicy, a wadą – odwrotnie niż to było poprzednio – konieczność zainstalowania zespołu przekładni mechanicznych o skomplikowanej budowie i sposobie sterowania (niewiele mniejszej i lżejszej niż ta wyeliminowana tu prądnica DC i w dodatku dosyć drogiej, bo wymagającej użycia kosztownych materiałów o dużej wytrzymałości i bardzo precyzyjnej ich obróbki). W strukturze równoległej silnik



Rys. 2. Podstawowe trzy schematy blokowe wyznaczające główne kierunki budowy trakcyjnych napędów hybrydowych: a) napęd hybrydowy o budowie szeregowej; b) napęd hybrydowy o budowie równoległej; c) napęd hybrydowy o budowie mieszanej Źródło: opracowanie własne

spalinowy ma możliwość doładowania magazynów energii elektrycznej jedynie w czasie jazdy pojazdu. Ponieważ może się to odbyć dzięki wykorzystaniu silnika elektrycznego z jego falownikiem napędzanego od strony wału w charakterze prądnicy DC, wał silnika spalinowego zostaje wówczas obciążony podwójnie – wałem napędzającym koła pojazdu oraz wałem tak doraźnie utworzonego agregatu prądotwórczego. Czyli w tym układzie silnik spalinowy zwykle jest nieco przewymiarowany.



W napędzie o budowie mieszanej (rys. 2 c) pojawia się możliwość zachowania zalet obu wyżej omówionych struktur, a ograniczenia ich wad. Nadal wały silnika spalinowego i silnika elektrycznego poprzez blok przekładni mechanicznych pozostają połączone z głównym wałem napędowym, ale z wału korbowego silnika spalinowego napędzana jest także niewielka prądnica DC, która podobnie jak we współczesnych samochodach dobrze znany wszystkim tzw. alternator, służy wyłącznie do doładowywania akumulatora. Jak wynika z tego schematu, energia ze zbiornika paliwa może do kół pojazdu być w sposób ciągły od razu przekazywana za pośrednictwem silnika spalinowego, a na drodze elektrycznej jedynie w sposób interwencyjny – pośrednio, dopiero po uprzednim zmagazynowaniu jej w akumulatorze, czyli okresowo. Zaletą struktury mieszanej jest, że wszystkie komponenty energetyczne tego napędu pod względem swojej konstrukcji mogą mieć stosunkowo niewielkie wymiary i prostą budowę. Dotyczy to zwłaszcza możliwości zdecydowanego uproszczenia budowy bloku przekładni mechanicznych oraz obniżenia nominalnej mocy prądnicy DC, która służy tu wyłącznie do długofalowej kontroli stanu naładowania samego akumulatora. Niezbędny chwilowy wzrost mocy napędowej w stanach dynamicznych, nawet przy niezmiennym sposobie pracy silnika spalinowego, gwarantuje właśnie ten akumulator, w którym przy hamowaniu elektrodynamicznym pojazdu zwrot energii kinetycznej zapewnia elektryczny silnik napędowy pracujący jako prądnica. Struktura mieszana napędu pozwala na przeprowadzenie skutecznej i łatwej optymalizacji energetycznej, dotyczącej pracy całego napędu, oraz szybkie jego dostosowanie do zmieniających się zewnętrznych warunków towarzyszących eksploatacji samego pojazdu. Wadą tego układu natomiast jest to, że układ jest bardziej rozbudowany (bo zawiera więcej komponentów, które muszą być staranniej dobrane), a jego sterowanie również musi być bardziej przemyślane. Potencjalne korzyści ekonomiczne, eksploatacyjne i środowiskowe – związane z obniżeniem poziomu globalnych zanieczyszczeń (także tych towarzyszących produkcji takich napędów), możliwe do uzyskania dzięki zastosowaniu takiej struktury, czynią tę wersję hybrydyzacji napędów spalinowych bardzo interesującym kierunkiem rozwoju elektrycznych napędów trakcyjnych.

Jednym z ważniejszych zadań przy rozwijaniu konstrukcji napędów hybrydowych jest ciągle prowadzenie optymalizacji wzajemnej współpracy pomiędzy poszczególnymi komponentami, mogącymi wchodzić w skład takich napędów, czyli:

- silnika spalinowego i silnika elektrycznego połączonych ze sobą za pośrednictwem mechanicznego magazynu energii (masy wirującej);
- zbiornika paliwa płynnego określonego rodzaju (spalane mogą być przecież nie tylko frakcje ropy naftowej, ale wodór czy też biopaliwa – także te nowej generacji, pochodzące z fermentacyjnej przeróbki biomasy);
- statycznego magazynu energii elektrycznej, czyli tradycyjnego akumulatora (będącego obecnie najczęściej nowoczesnym ogniwnem elektrochemicznym) o możliwie jak największej pojemności, lecz niestety oferującego dostęp do tej energii o bardzo ograniczonej mocy;

- dynamicznego magazynu energii elektrycznej o małej pojemności, lecz oferującego szybki dostęp bez odczuwalnego ograniczenia mocy, będącego bądź superkondensatorem, bądź magazynem energii mechanicznej w postaci koła zamachowego oddzielonego od wału napędowego pojazdu koła (wyposażonego we własny, dodatkowy przekształtnikowy napęd elektryczny).

W wielu przypadkach nie ma potrzeby instalowania na „pokładzie” pojazdu jednocześnie kilku magazynów energii, czyli przy projektowaniu napędu hybrydowego dla danego pojazdu, z trzech podanych wyżej: jednego mechanicznego i dwóch elektrycznych, należy wybrać ten (lub te) magazyny, które w danym zastosowaniu są najbardziej przydatne. Zgodnie z taką definicją napędy elektrycznych lokomotyw spalinowych mogą być uznane za pierwsze napędy hybrydowe (ale o strukturze szeregowej), ponieważ silnik spalinowy napędza w nich jedynie prądnicę (generator pokładowej elektrowni), a napędowe koła jezdne są połączone wyłącznie z wałami silników elektrycznych, zasilanych przez tę prądnicę bezpośrednio lub za pośrednictwem przekształtników.

Zdaniem autora tej książki w najbliższych latach istniejące obecnie duże zapotrzebowanie na pojazdy kołowe z tego rodzaju napędem – użytkowane zarówno indywidualnie, jak i w miejskim transporcie zbiorowym – nie tylko będzie się utrzymywało, ale będzie nawet wzrastać. W transporcie miejskim, charakteryzującym się stałymi trasami przejazdu oraz bardzo dużą regularnością poruszania się, w grę wchodzi dodatkowo możliwość łatwego okresowego uzupełnienia zapasu energii elektrycznej (doładowania) z własnych stacji energetycznych ulokowanych na tzw. krańcówkach trasy, w czasie dłuższego postoju pojazdu – przewodowo lub bezprzewodowo. Już sam fakt, że taki pojazd ma dwa różne mobilne magazyny energii, pozwala na znaczne obniżenie poziomu emisji zanieczyszczeń, a także zapewnia wzrost dokładności w realizacji planowego rozkładu jazdy pomimo różnych zakłóceń komunikacyjnych. Ponadto, w pojeździe miejskim z napędem hybrydowym elastyczne zarządzanie dwoma zasobnikami energii używanej do poruszania pojazdu (zbiornikiem paliwa – napełnianym tylko raz, przy wyjeździe pojazdu z zajezdni, oraz akumulatorem – tylko okresowo doładowywanym na krańcówkach, w miarę potrzeby), pozwala nie tylko zwiększyć stopień niezawodności ruchu pojazdu, ale także znacząco obniżyć wielkość i ciężar tych obu używanych zasobników energii, co z pewnością przełoży się na obniżenie stałych kosztów eksploatacji takiego taboru.

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

Fragment pochodzi z książki: *Elektryczny napęd trakcyjny*, Andrzej Dębowski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019

# Zestawienie firm – automatyka przemysłowa

| Dane firmy   |  | Profil działalności  |
|--|--|--|
| <b>Napędy</b>  |  |  |
| <b>ABB Sp. z o.o.</b><br>ul. Żegańska 1<br>04-713 Warszawa   | tel. +48 2222 3 7777<br>e-mail: kontakt@pl.abb.com<br>www.abb.pl/napedy                        | ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.   |
| <b>Hiwin GmbH</b><br>Puławska 405 A<br>02-801 Warszawa   | tel./fax 22 544 07 07<br>e-mail: info@hiwin.pl<br>www.hiwin.pl                                 | Światowy lider w produkcji: szyn profilowych, śrub kulowych, siłowników elektrycznych, kompletnych systemów pozycjonowania, osi z silnikami liniowymi, modułów liniowych, stołów obrotowych, silników momentowych, systemów pomiaru drogi i robotów przemysłowych. Oferuje doradztwo, szkolenia i serwis.  |
| <b>igus Sp. z o.o.</b><br>ul. Działkowa 121 C<br>02-234 Warszawa   | tel./fax 22 863 57 70<br>e-mail: info@igus.pl<br>www.igus.pl                                   | Firma igus jest światowym liderem w produkcji niezawodnych komponentów z trybopolimerów, czyli wysoko wydajnych tworzyw sztucznych. Katalog produktowy igus zawiera ponad 100 tysięcy pozycji w dwóch głównych grupach produktowych: e-przewodniki i przewody oraz bezsmarowe łożyska ślizgowe.  |
| <b>IMPOL-1 F. Szafrński Sp. j.</b><br>ul. Krakowiaków 103<br>02-555 Warszawa   | tel. 22 886 56 02<br>e-mail: handlowy@impol-1.pl<br>www.impol-1.pl                             | <b>AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA I TECHNIKA KOLEJOWA.</b><br>Projektowanie i produkcja czujników indukcyjnych i pojemnościowych; projektowanie i modernizacja systemów automatyki; elektrotechnika stałoprądowa i kolejowa. Realizacja projektów w zakresie dostaw urządzeń, montażu, oprogramowania sterowników.   |
| <b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b><br>ul. Spalska 26/28<br>97-200 Tomaszów Mazowiecki  | tel. 44 723 40 05<br>sprzedaz@invertekdrives.com.pl<br>invertekdrives.com.pl                   | Invertek Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertek Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.  |
| <b>MULTIPROJEKT</b><br>ul. Cystersów 20 a<br>31-553 Kraków   | tel. 12 413 90 58<br>fax 12 376 48 94<br>e-mail: krakow@multiprojekt.pl<br>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>SEW-EURODRIVE</b><br>ul. Techniczna 5<br>92-518 Łódź  | tel. 42 293 00 00<br>fax 42 293 00 49<br>e-mail: sew@sew-eurodrive.pl<br>www.sew-eurodrive.pl  | SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o. jest światowym ekspertem techniki napędowej i automatyzacji procesów produkcji. Oferujemy indywidualne rozwiązania oparte na motoreduktorach, przekładniach, silnikach, falownikach, komponentach techniki decentralnej, techniki serwo, jak również intuicyjne oprogramowanie firmy SEW-EURODRIVE. Klienci otrzymują od nas pełne wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, szkoleń oraz usług serwisowych. Zapraszamy do obserwowania naszego profilu na LinkedIn. |
| <b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b><br>W. Grabskiego 4/8<br>63-500 Ostrzeszów  | tel. 62 732 23 50<br>fax 62 732 23 51<br>marketing@steinlenpolska.pl                           | Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.  |
| <b>Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o.</b><br>ul. Friedleina 3/3<br>30-009 Kraków<br>Adres do korespondencji:<br>Zakład Produkcyjny<br>ul. Krakowska 2<br>32-353 Trzyciąż k. Krakowa | tel. 12 389 40 24<br>e-mail: bitner@bitner.com.pl<br>www.bitner.com.pl                         | Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o. to polski producent kabli i przewodów. Dzięki dużej różnorodności wyrobów jesteśmy w stanie obsłużyć szeroki wachlarz inwestycji. Zakres produkcji obejmuje wszystkie obszary przemysłu, od telekomunikacyjnych, przez sterownicze i sygnalizacyjne, po zasilające.  |

| Automatyka przemysłowa  |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b><br/>Graniczna 105<br/>54-530 Wrocław</p>                                      | <p>tel. 664 381 356<br/>daniel.kowalski@5sautomate.com<br/>www.5sautomate.com</p>                                       | <p>5sAUTOMATE jest wyłącznym dystrybutorem FM Systeme, którego produkty pozwalają na dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań, takich jak stanowiska pracy ręcznej i zautomatyzowanej, rolki, transportery, profile aluminiowe lub rurki 28 mm.</p>   |
| <p><b>ABB Sp. z o.o.</b><br/>ul. Żegańska 1<br/>04-713 Warszawa</p>   | <p>tel. +48 2222 3 7777<br/>e-mail: kontakt@pl.abb.com<br/>www.abb.pl/napedy</p>  | <p>ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.</p>   |
| <p><b>AMB Technic</b><br/>Zakładowa 15<br/>62-600 Koło</p>  | <p>e-mail: amb@amb.pl<br/>tel. 63 261 62 67</p>   | <p>Specjalizujemy się w technologiach precyzyjnego dozowania płynów montażowych jedno- i dwuskładnikowych, takich jak kleje, uszczelniacze, pasty lutownicze, smary i oleje. Prowadzimy autorski program szkoleniowy w zakresie procesów precyzyjnego i powtarzalnego dozowania płynów stosowanych na produkcji.</p>  |
| <p><b>APLIXCOM SOLUTIONS Sp. z o.o. Sp. k.</b><br/>ul. Józefa Marcika 12<br/>30-443 Kraków</p>                | <p>tel. 605 403 062<br/>iwona.chlebda@aplixcom.com<br/>https://scada-mes.com/</p>                                       | <p>Firma Aplixcom Solutions opiera swoją przyszłość na rozwiązaniach z branży IT dla Przemysłu. Ponad 10-letnie doświadczenie we wdrażaniu różnych systemów ERP pozwala nam dostarczać wyjątkowe rozwiązania, które rzeczywiście sterują i optymalizują procesy zakładów produkcyjnych w Polsce i na świecie.</p>   |
| <p><b>Apator Elkomtech SA</b><br/>Oddział w Toruniu<br/>ul. Polna 148<br/>87-100 Toruń</p>                    | <p>tel. 56 654 49 00<br/>fax 56 654 49 03<br/>torun.elkomtech@apator.com</p>  | <p>Specjalizuje się w automatyce przemysłowej, inżynierii napędów i sterowania, jest również dostawcą rozwiązań w obszarze rozdzielu i dystrybucji zasilania. Oferuje również usługi serwisowe w zakresie modernizacji systemów automatyki. Oferujemy: usługi inżynierskie w automatyzacji procesów i obiektów przemysłowych, usługi implementacji rozwiązań systemowych w obszarach zespołów napędowych, specjalistyczne wsparcie techniczne i szkolenia.</p>  |
| <p><b>Automation24</b><br/>ul. Stanisława Moniuszki 1 A<br/>00-014 Warszawa</p>                               | <p>tel. 22 439 65 00<br/>tel. 00800 24 2011 24 (bezpłatny)<br/>e-mail: info@automation24.pl<br/>www.automation24.pl</p> | <p>Sklep internetowy www.automation24.pl oferuje markowe produkty z wielu kategorii automatyki przemysłowej w najlepszych cenach, już od pierwszej sztuki. Wszystkie produkty dostępne są w ciągu 24/48 godzin prosto z magazynu Automation24. W razie pytań dostępne jest kompetentne wsparcie techniczne.</p>   |
| <p><b>Beckhoff Automation Sp. z o.o.</b><br/>Żabieniec<br/>ul. Ruczajowa 15<br/>05-500 Piaseczno</p>          | <p>tel. 22 750 47 00<br/>tel. 727 722 100<br/>e-mail: info@beckhoff.pl<br/>www.beckhoff.pl</p>                          | <p>Beckhoff Automation dostarcza rozwiązania układów sterowania automatyki, stosowane w szerokim zakresie aplikacji. Jest prekursorem sterowania z zastosowaniem komputerów PC, dysponuje nowoczesną i kompleksową ofertą komponentów automatyki, wykorzystujących najnowsze technologie, umożliwiającą wdrożenie koncepcji inteligentnej fabryki. Oprócz sprzedaży produktów oferuje swoim klientom pomoc techniczną, wsparcie przy tworzeniu aplikacji oraz szkolenia. Zapraszamy do śledzenia nas w mediach społecznościowych.</p> |
| <p><b>Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” Spółka Akcyjna</b><br/>ul. Wapiennikowa 90<br/>25-101 Kielce</p> | <p>tel. centrala 41 361 95 24<br/>fax 41 361 91 08<br/>e-mail: prema@prema.pl<br/>www.prema.pl</p>                      | <p>Oferujemy: budowy maszyn i urządzeń na specjalne zamówienie klienta; budowy stanowisk zrobotyzowanych; projektowanie systemów automatyki przemysłowej; modyfikację i modernizację istniejących instalacji i układów sterowania; programowanie systemów automatyki PLC i HMI; pomoc techniczną i doradztwo.</p>   |
| <p><b>COMPARTA Zajdel Sp. j.</b><br/>ul. Marmurowa 7<br/>05-077 Warszawa-Wesoła</p>                           | <p>e-mail: comparta@comparta.pl<br/>www.comparta.pl</p>   | <p>Oferuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zdalny dostęp SECOMEA – najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie dla zakładów przemysłowych i producentów maszyn, umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych;</li> <li>• switchy przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC – PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER.</li> </ul>   |
| <p><b>Hiwin GmbH</b><br/>Puławska 405 A<br/>02-801 Warszawa</p>   | <p>tel./fax 22 544 07 07<br/>e-mail: info@hiwin.pl<br/>www.hiwin.pl</p>   | <p>Światowy lider w produkcji: szyn profilowych, śrub kulowych, siłowników elektrycznych, kompletnych systemów pozycjonowania, osi z silnikami liniowymi, modułów liniowych, stołów obrotowych, silników momentowych, systemów pomiaru drogi i robotów przemysłowych. Oferuje doradztwo, szkolenia i serwis.</p>  |





| Automatyka przemysłowa (cd.)   |   |   |
|--|---|---|
| <b>igus Sp. z o.o.</b><br>ul. Działkowa 121 C<br>02-234 Warszawa                                   | tel./fax 22 863 57 70<br>e-mail: info@igus.pl<br>www.igus.pl  | Firma igus jest światowym liderem w produkcji niezawodnych komponentów z trybopolimerów, czyli wysoko wydajnych tworzyw sztucznych. Katalog produktowy igus zawiera ponad 100 tysięcy pozycji w dwóch głównych grupach produktowych: e-prowadniki i przewody oraz bezsmarowe łożyska ślizgowe.  |
| <b>IMPOL-1 F.Szafranski Sp. j.</b><br>ul. Krakowiaków 103<br>02-555 Warszawa                       | tel. 22 886 56 02<br>e-mail: handlowy@impol-1.pl<br>www.impol-1.pl                                    | <b>AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA I TECHNIKA KOLEJOWA.</b><br>Projektowanie i produkcja czujników indukcyjnych i pojemnościowych; projektowanie i modernizacja systemów automatyki; elektro-technika stałoprądowa i kolejowa. Realizacja projektów w zakresie dostaw urządzeń, montażu, oprogramowania sterowników.   |
| <b>INNTEC Sp. z o.o.</b><br><b>Spółka Komandytowa</b><br>Nowa Biała 34<br>09-411 Biała             | tel. 887 551 919<br>e-mail: marcin.zadroga@inntec.biz<br>www.inntec.biz                               | <b>INNTEC:</b> jesteśmy gotowi uczestniczyć w każdej inwestycji w obszarze automatyzacji i robotyzacji. Mamy rzetelny i bardzo kompetentny zespół projektowy, który da korzyść w opracowaniu analizy / studium wykonalności i odpowie na trudne pytania specyficzne dla danej problematyki / wyzwania dążącego do wzrostu wydajności produkcji czy efektywności / optymalizacji procesów takich, jak: pakowanie i paletyzacja, miksowanie i co-packing, pick & place lub inne procesy w Państwa firmie. |
| <b>INVERTEK DRIVES<br/>POLSKA Sp. z o.o.</b><br>ul. Spalska 26/28<br>97-200 Tomaszów<br>Mazowiecki | tel. 44 723 40 05<br>sprzedaz@invertekdrives.com.pl<br>invertekdrives.com.pl                          | Invertek Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertek Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.   |
| <b>Lenze Polska Sp. z o.o.</b><br>ul. Rożdżeńskiego 188 b<br>40-203 Katowice                       | tel./fax 32 203 97 73<br>e-mail: lenze@lenze.pl<br>www.lenze.pl                                       | Lenze jest światowym specjalistą w dziedzinie automatyki przemysłowej oraz techniki napędowej. Od ponad 70 lat wspieramy producentów maszyn, przygotowując indywidualne rozwiązania w oparciu o produkty Lenze: przemienniki częstotliwości, silniki, przekładnie, sterowniki, panele sterujące, sprzęgła, hamulce, technologie serwo oraz software.  |
| <b>MULTIPROJEKT</b><br>ul. Cystersów 20 a<br>31-553 Kraków   | tel. 12 413 90 58<br>fax 12 376 48 94<br>e-mail: krakow@multiprojekt.pl<br>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>Newtech Engineering<br/>Sp. z o.o.</b><br>ul. Sowińskiego 3<br>44-100 Gliwice                   | tel. 32 237 61 98<br>e-mail: newtech@newtech.com.pl<br>www.newtech.com.pl<br>www.sklep.newtech.com.pl | Jesteśmy partnerem firmy BAUMER, która proponuje rozwiązania dla przemysłu takie jak sensoryka, enkodery, czujniki wizyjne oraz wyłącznym przedstawicielem w Polsce firm: di-soric - czujniki, systemy wizyjne, oświetlenie wizyjne i maszynowe; SIKO - czujniki i monitory, enkodery, bezpieczeństwo.  |
| <b>PHOENIX CONTACT<br/>Sp. z o.o.</b><br>ul. Bierutowska 57-59<br>Budynek nr 3/A<br>51-317 Wrocław | tel. 71 398 04 10<br>http://www.phoenixcontact.pl   | Firma Phoenix Contact jest liderem połączeń elektrycznych i automatyki przemysłowej. Phoenix Contact oferuje nowatorski portfel przemysłowej elektroniki. Najlepsze połączenia „od czujników po elementy sterujące”. Od tradycyjnych listew zaciskowych, poprzez przeciwbryzgowie wtyki maszynowe, po bezprzewodową sieć Ethernet: Nowatorskie rozwiązanie, które daje więcej, niż oczekują nasi klienci.   |
| <b>POLLIN</b><br>ul. Żabińskiego 4<br>02-793 Warszawa  | e-mail: handlowy@pollin.pl<br>www.pollin.pl   | Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmiernicowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.  |
| <b>SEM</b><br>ul. Niemojewskiego 36<br>05-071 Sulejówek  | tel./fax 22 825 88 52<br>e-mail: sem@sem.pl<br>www.sem.pl   | Oferujemy gamę wyświetlaczy standardowych oraz wyświetlacze i tablice nietypowe, wykonane na specjalne zamówienia. Zapewniamy odczyt i rejestrację wskaźników wydajności pracy z dostępem przez internet. Dostarczamy wyświetlacze wewnętrzne i do pracy na otwartym powietrzu.   |
| <b>SEW-EURODRIVE</b><br>ul. Techniczna 5<br>92-518 Łódź  | tel. 42 293 00 00<br>fax 42 293 00 49<br>e-mail: sew@sew-eurodrive.pl<br>www.sew-eurodrive.pl         | SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o. jest światowym ekspertem techniki napędowej i automatyzacji procesów produkcji. Oferujemy indywidualne rozwiązania oparte na motoreduktorach, przekładniach, silnikach, falownikach, komponentach techniki decentralnej, techniki serwo, jak również intuicyjne oprogramowanie firmy SEW-EURODRIVE. Klienci otrzymują od nas pełne wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, szkoleń oraz usług serwisowych. Zapraszamy do obserwowania naszego profilu na LinkedIn.  |

| <b>Automatyka przemysłowa (cd.)</b>   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>SIMEX Sp. z o.o.</b><br/>ul. Wielopole 11<br/>80-556 Gdańsk</p>   | <p>tel. 58 762 07 77<br/>e-mail: info@simex.pl<br/>www.simex.pl<br/>www.multicon24.eu<br/>www.prosens24.eu</p>   | <p>SIMEX to producent i dystrybutor aparatury kontrolno-pomiarowej znany od prawie 35 lat na rynku automatyki przemysłowej. Zakres produkcji obejmuje urządzenia stosowane do pomiaru, regulacji i rejestracji temperatury, ciśnienia, poziomu, przepływu oraz innych wielkości fizycznych. Specjalizujemy się także w projektowaniu systemów ważenia zbiorników magazynowych i technologicznych.</p>   |
| <p><b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b><br/>ul. Rogoyskiego 26<br/>33-100 Tarnów</p>  | <p>tel. 14 63 23 400<br/>tarnow@skamer.pl<br/>www.skamer.pl</p>  | <p>SKAMER-ACM to doskonały partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie, programowanie, montaż, rozruch, serwis, doradztwo techniczne, prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni, sprzedaż elementów automatyki, osprzętu elektrotechnicznego i armatury przemysłowej. Audyty energetyczne i efektywności energetycznej. Systemy monitoringu mediów. Portal <a href="http://www.katalogautomatyki.pl">www.katalogautomatyki.pl</a>.</p> |
| <p><b>TELMATIK</b><br/>81-577 Gdynia<br/>ul. Księżycowa 20</p>  | <p>tel. kom. 502 093 233<br/>tel. centrala 58 624 95 05<br/>e-mail: telmatik@telmatik.pl<br/>www.telmatik.pl</p> | <p>Od 2002 roku oferujemy tanie i proste PLC firmy Array Electronics serii AF i SR oraz zaawansowane APB – szybkie liczniki, generatory do 10 kHz, bloki arytmetyczne, RTC, Modbus RTU. Program narzędziowy z symulacją, podpowiedzi-rozwiązania, instrukcje są na <a href="http://www.telmatik.pl">www.telmatik.pl</a>. Towar typowo wysyłamy w ciągu 24 h.</p>  |
| <p><b>Turck Sp. z o.o.</b><br/>Wrocławska 115<br/>45-836 Opole</p>  | <p>tel./fax 77 443 48 01<br/>e-mail: poland@turck.com<br/>www.turck.pl</p>                                       | <p>Firma TURCK to jeden z największych na świecie producentów elementów automatyki przemysłowej. Oferta produktowa: komponenty dla automatyzacji procesów przemysłowych; komponenty dla automatyzacji produkcji; czujniki; komunikacja bezprzewodowa; złącza, przewody i inne komponenty łączeniowe; RFID, systemy Pick to Light, Call for Parts, urządzenia sterujące.</p>   |
| <p><b>TWT AUTOMATYKA</b><br/>ul. Waflowa 1<br/>02-971 Warszawa</p>  | <p>tel./fax 22 648 20 89<br/>e-mail: twt@twt.com.pl<br/>www.twt.com.pl</p>                                       | <p>TWT to polski producent indukcyjnych czujników zbliżeniowych i czujników optycznych, obecny na rynku od 1999 r. Nasze wyroby charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technicznego, dużą niezawodnością i wytrzymałością. Zapraszamy na naszą stronę <a href="http://www.twt.com.pl">www.twt.com.pl</a> i do sklepu internetowego.</p>  |
| <p><b>VDC AUTOMATIC S.C.</b><br/>ul. Milionowa 55<br/>93-113 Łódź</p>   | <p>tel. 533 545 150<br/>e-mail: sklep@24vdc.pl<br/>www.24vdc.pl</p>  | <p>Jesteśmy polskim dystrybutorem produktów z zakresu automatyki przemysłowej. Dzięki naszemu doświadczeniu udało nam się zrealizować wiele projektów na terenie Polski w oparciu o produkty światowych producentów, takich jak: EMA ELECTRONIC, TRI-TRONICS, SIEMENS, TURCK, WINLENK, BANNER ENGINEERING, CONEC, MEANWELL.</p>   |
| <p><b>Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.</b><br/>ul. Aleksandrowska 28-30<br/>87-100 Toruń</p>   | <p>tel. 56 654 60 91<br/>e-mail: twerd@twerd.pl<br/>www.twerd.pl</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkcja falowników przemysłowych, falowników napędowych dla elektromobilności i inwerterów OZE.</li> <li>• Produkcja 1- i 3-fazowych przemienników częstotliwości o mocy od 0,37 kW do 1 MW (napięcia od 230 V do 3,3 kV), z diodowym lub aktywnym prostownikiem wejściowym.</li> <li>• Produkcja stacji ładowania EV (ładowarki AC i DC) i modułów ładowarek DC do szybkiego ładowania samochodów i autobusów elektrycznych.</li> </ul>               |
| <p><b>Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o.</b><br/>ul. Friedleina 3/3<br/>30-009 Kraków<br/>Adres do korespondencji:<br/>Zakład Produkcyjny<br/>ul. Krakowska 2<br/>32-353 Trzyciąż k. Krakowa</p> | <p>tel. 12 389 40 24<br/>e-mail: bitner@bitner.com.pl<br/>www.bitner.com.pl</p>                                  | <p>Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o. to polski producent kabli i przewodów. Dzięki dużej różnorodności wyrobów jesteśmy w stanie obsłużyć szeroki wachlarz inwestycji. Zakres produkcji obejmuje wszystkie obszary przemysłu, od telekomunikacyjnych, przez sterownicze i sygnalizacyjne, po zasilające.</p>  |
| <b>Energoelektronika</b>  |  |   |
| <p><b>ENERGOTYTAN</b><br/>Plac Kilińskiego 2<br/>32-660 Chełmek</p>   | <p>tel. 50 556 87 76<br/>e-mail: biuro@energotytan.pl<br/>www.energotytan.com</p>                                | <p>Firma Energotytan zajmuje się kompleksowym zaopatrzeniem branży energetycznej, kolejowej i instalatorskiej w profesjonalne narzędzia oraz akcesoria przeznaczone do wykonywania połączeń kablowych, cięcia i obróbki przewodów oraz utrzymania trakcji. Oferujemy fachowe doradztwo techniczne oraz serwis gwarancyjny i pogwarancyjny urządzeń.</p>   |
| <p><b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b><br/>ul. Spalska 26/28<br/>97-200 Tomaszów Mazowiecki</p>  | <p>tel. 44 723 40 05<br/>sprzedaz@invertekdrives.com.pl<br/>invertekdrives.com.pl</p>                            | <p>Invertex Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertex Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.</p>  |

| Energoelektronika (cd.)   |  |   |
|---|--|---|
| <b>MDEXX Polska Sp. z o.o.</b><br>Aleje Jerozolimskie 136<br>02-305 Warszawa  | tel. 602 327 069, 694 712 488<br>e-mail: jaroslaw.bryla@mdexx.com<br>www.mdexx.com           | MDEXX Polska Sp. z o.o. to uznany na całym świecie producent transformatorów i dławików niskonapięciowych niskiej i średniej częstotliwości, pasywnych filtrów harmonicznyc, filtrów sinusoidalnych, filtrów du/dt oraz urządzeń specjalnych, które dzięki wysokiej jakości pozwalają być głównym dostawcą magnetyków do największych producentów energoelektroniki i napędów z wielu branż.  |
| <b>PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.</b><br>ul. Bierutowska 57-59<br>Budynek nr 3/A<br>51-317 Wrocław                          | tel. 71 398 04 10<br><a href="http://www.phoenixcontact.pl">http://www.phoenixcontact.pl</a> | Firma Phoenix Contact jest liderem połączeń elektrycznych i automatyki przemysłowej. Phoenix Contact oferuje nowatorski portfel przemysłowej elektroniki. Najlepsze połączenia „od czujników po elementy sterujące”. Od tradycyjnych listew zaciskowych, poprzez przeciwbryzgowy wtyki maszynowe, po bezprzewodową sieć Ethernet: Nowatorskie rozwiązanie, które dają więcej, niż oczekują nasi klienci.                            |
| <b>Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.</b><br>ul. Aleksandrowska 28-30<br>87-100 Toruń                            | tel. 56 654 60 91<br>e-mail: twerd@twerd.pl<br>www.twerd.pl                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkcja 1- i 3-fazowych inwerterów dla OZE (elektrowni słonecznych – PV, wiatrowych i wodnych) współpracujących z zasobnikami energii.</li> <li>• Produkcja stacji ładowania EV (ładowarki AC i DC) i modułów ładowarek DC do szybkiego ładowania samochodów i autobusów elektrycznych.</li> <li>• Produkcja przekształtników dużych mocy do przemysłowych magazynów energii.</li> </ul> |
| <b>Zakład Usługowo-Produkcyjny EMITER Spółka Jawna, Stanisław Bieda, Piotr Lis</b><br>ul. Skrudlak 3<br>34-600 Limanowa | tel./fax 18 337 00 90<br>e-mail: limanowa@emiter.com<br>www.emiter.com                       | Od blisko 30 lat produkujemy rozdzielnice elektryczne i obudowy. Oferujemy obudowy poliestrowe i metalowe, rozdzielnice elektryczne czy przewodniki prądowe nN. Dostarczamy kompletne rozwiązania dla klientów we wszystkich segmentach: projektantom, instalatorom oraz przedsiębiorstwom i zakładom energetycznym.  |
| Aparatura kontrolno-pomiarowa   |  |   |
| <b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b><br>Graniczna 105<br>54-530 Wrocław   | tel. 664 381 356<br>daniel.kowalski@5sautomate.com<br>www.5sautomate.com                     | 5sAUTOMATE jest dystrybutorem Universal Robots – producenta robotów współpracujących, którego łatwe programowanie, w połączeniu z urządzeniami naszych partnerów 3DInfotech, NSR oraz dhs GmbH, daje nowe możliwości zautomatyzowania procesów kontrolnych w firmach produkcyjnych.   |
| <b>EMD Laboratorium Pomiarowe i Wzorcujące, Systemy Pomiarowe</b><br>ul. Polska 14<br>60-595 Poznań                     | tel. 695 667 893<br>e-mail: emd@emd.net.pl<br>www.emd.net.pl                                 | Profesjonalna działalność metrologiczna oraz handlowa, przedstawicielska: <ul style="list-style-type: none"> <li>• laboratorium oferuje wzorcowania, sprawdzenia i kwalifikacje przyrządów wielkości nieelektrycznych oraz sprzętu laboratoryjnego;</li> <li>• sprzedaż przyrządów pomiarowych, przetworników i sprzętu laboratoryjnego producentów europejskich.</li> </ul>  |
| <b>PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.</b><br>ul. Bierutowska 57-59<br>Budynek nr 3/A<br>51-317 Wrocław                          | tel. 71 398 04 10<br><a href="http://www.phoenixcontact.pl">http://www.phoenixcontact.pl</a> | Firma Phoenix Contact jest liderem połączeń elektrycznych i automatyki przemysłowej. Phoenix Contact oferuje nowatorski portfel przemysłowej elektroniki. Najlepsze połączenia „od czujników po elementy sterujące”. Od tradycyjnych listew zaciskowych, poprzez przeciwbryzgowy wtyki maszynowe, po bezprzewodową sieć Ethernet: Nowatorskie rozwiązanie, które dają więcej, niż oczekują nasi klienci.                            |
| <b>POLLIN</b><br>ul. Żabińskiego 4<br>02-793 Warszawa   | e-mail: handlowy@pollin.pl<br>www.pollin.pl  | Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmierzchowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.  |
| <b>Przedsiębiorstwo Wdrożeniowe INMEL Sp. z o.o.</b><br>ul. Sulechowska 1<br>65-022 Zielona Góra                        | tel./fax 68 45 82 700<br>e-mail: inmel@inmel.com.pl<br>www.inmel.com.pl                      | INMEL jest producentem kalibratorów – precyzyjnych źródeł sygnałów elektrycznych. W ofercie posiadamy kalibratory uniwersalne, kalibratory mocy jedno- i trójfazowe oraz kalibratory przemysłowe dla automatyków. Nasze akredytowane Laboratorium Pomiarowe prowadzi wzorcowania aparatury kontrolno-pomiarowej wielkości elektrycznych.  |



| <b>Aparatura kontrolno-pomiarowa (cd.)</b>  |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>SIMEX Sp. z o.o.</b><br/>ul. Wielopole 11<br/>80-556 Gdańsk</p>                                       | <p>tel. 58 762 07 77<br/>e-mail: info@simex.pl<br/>www.simex.pl<br/>www.multicon24.eu<br/>www.prosens24.eu</p> | <p>SIMEX to producent i dystrybutor aparatury kontrolno-pomiarowej znany od prawie 35 lat na rynku automatyki przemysłowej. Zakres produkcji obejmuje urządzenia stosowane do pomiaru, regulacji i rejestracji temperatury, ciśnienia, poziomu, przepływu oraz innych wielkości fizycznych. Specjalizujemy się także w projektowaniu systemów ważenia zbiorników magazynowych i technologicznych.</p>           |
| <p><b>Transmission Dynamics Poland Sp. z o.o.</b><br/>Henryka<br/>Pachońskiego 9/K-22<br/>31-223 Kraków</p> | <p>tel. 739 907 961<br/>biuro@transmissiondynamics.pl<br/>transmissiondynamics.pl</p>                          | <p>Projektujemy i wykonujemy nowoczesne układy diagnostyczne do automatycznego monitoringu pracy maszyn obrotowych i konstrukcji. Proponujemy „Inteligentne Śruby” do zdalnego monitorowania siły napięcia śrub w maszynach obrotowych, rurociągach, konstrukcjach dźwigów, turbinach wiatrowych, mostach etc.</p>  |
| <p><b>TRONIA Sp. z o.o.</b><br/>ul. Sycowska 11<br/>02-266 Warszawa</p>                                     | <p>tel. 781 991 168<br/>e-mail: tronia@poczta.onet.pl<br/>www.tronia.pl</p>                                    | <p>TRONIA Sp. z o.o. projektuje i produkuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rejestratory zakłóceń elektrycznych o częstotliwości próbkowania do 100 000 S/s;</li> <li>• konwertery światłowodowe dla pojedynczych impulsów TTL, danych GPS lub przebiegów prostokątnych;</li> <li>• komputery wbudowane, zajmujące połowę kasety 19" o wysokości 3U, z Windows 10.</li> </ul>                     |
| <b>Mechatronika</b>   |  |   |
| <p><b>Hiwin GmbH</b><br/>Puławska 405 A<br/>02-801 Warszawa</p>   | <p>tel./fax 22 544 07 07<br/>e-mail: info@hiwin.pl<br/>www.hiwin.pl</p>  | <p>Światowy lider w produkcji: szyn profilowych, śrub kulowych, siłowników elektrycznych, kompletnych systemów pozycjonowania, osi z silnikami liniowymi, modułów liniowych, stołów obrotowych, silników momentowych, systemów pomiaru drogi i robotów przemysłowych. Oferuje doradztwo, szkolenia i serwis.</p>  |
| <p><b>WROPOL Engineering Sp. z o.o.</b><br/>Lutynia, ul. Wróblowicka 3<br/>55-330 Miękinia</p>              | <p>tel. 71 317 12 18<br/>e-mail: hydraulika@wropol.pl</p>  | <p>Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.</p>  |
| <b>Systemy zasilające</b>   |  |   |
| <p><b>igus Sp. z o.o.</b><br/>ul. Działkowa 121 C<br/>02-234 Warszawa</p>                                   | <p>tel./fax 22 863 57 70<br/>e-mail: info@igus.pl<br/>www.igus.pl</p>  | <p>Firma igus jest światowym liderem w produkcji niezawodnych komponentów z trybopolimerów, czyli wysoko wydajnych tworzyw sztucznych. Katalog produktowy igus zawiera ponad 100 tysięcy pozycji w dwóch głównych grupach produktowych: e-prowadniki i przewody oraz bezsmarowe łożyska ślizgowe.</p>   |
| <p><b>PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.</b><br/>ul. Bierutowska 57-59<br/>Budynek nr 3/A<br/>51-317 Wrocław</p>    | <p>tel. 71 398 04 10<br/>http://www.phoenixcontact.pl</p>  | <p>Firma Phoenix Contact jest liderem połączeń elektrycznych i automatyki przemysłowej. Phoenix Contact oferuje nowatorski portfel przemysłowej elektroniki. Najlepsze połączenia „od czujników po elementy sterujące”. Od tradycyjnych listew zaciskowych, poprzez przeciwbryzgowe wtyki maszynowe, po bezprzewodową sieć Ethernet: Nowatorskie rozwiązanie, które dają więcej, niż oczekują nasi klienci.</p> |
| <b>Układy zabezpieczeń</b>  |  |   |
| <p><b>PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.</b><br/>ul. Bierutowska 57-59<br/>Budynek nr 3/A<br/>51-317 Wrocław</p>    | <p>tel. 71 398 04 10<br/>http://www.phoenixcontact.pl</p>  | <p>Firma Phoenix Contact jest liderem połączeń elektrycznych i automatyki przemysłowej. Phoenix Contact oferuje nowatorski portfel przemysłowej elektroniki. Najlepsze połączenia „od czujników po elementy sterujące”. Od tradycyjnych listew zaciskowych, poprzez przeciwbryzgowe wtyki maszynowe, po bezprzewodową sieć Ethernet: Nowatorskie rozwiązanie, które dają więcej, niż oczekują nasi klienci.</p> |
| <p><b>POLLIN</b><br/>ul. Żabińskiego 4<br/>02-793 Warszawa</p>  | <p>e-mail: handlowy@pollin.pl<br/>www.pollin.pl</p>  | <p>Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmierzchowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.</p>   |

| Hydraulika   |   |  |
|--|---|--|
| <b>WROPOL Engineering Sp. z o.o.</b><br>Lutynia, ul. Wróblowicka 3<br>55-330 Miękinia                | tel. 71 317 12 18<br>e-mail: hydraulika@wropol.pl   | Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.  |
| Pneumatyka   |   |  |
| <b>Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” Spółka Akcyjna</b><br>ul. Wapiennikowa 90<br>25-101 Kielce | tel. centrala 41 361 95 24<br>fax 41 361 91 08<br>e-mail: prema@prema.pl<br>www.prema.pl  | Oferujemy siłowniki: ISO, CNOMO, dociskowe, wahadłowe, kompaktowe, bezłoczyskowe, dwułoczyskowe, obrotowe, okrągłe; zawory rozdzielające: sterowane elektromagnetycznie, pneumatycznie, mechanicznie; zawory przepływowe, odcinające, logiczne, wyspy zaworowe; elementy PSP; przyłączki i akcesoria.  |
| Robotyka   |   |  |
| <b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b><br>Graniczna 105<br>54-530 Wrocław                                      | tel. 664 381 356<br>daniel.kowalski@5sautomate.com<br>www.5sautomate.com                  | 5sAUTOMATE jest preferowanym dystrybutorem Universal Robots – duńskiego producenta robotów współpracujących, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów i dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań: stanowiska pracy zautomatyzowanej, kamery, chwytaki, stojaki, wózki AGV/AMR.   |
|                     |   |  |
|  |   | we drive automation...<br>info@5sAUTOMATE.com   |
| <b>Automatyka Spawalnictwo Serwis Sp.z o.o.</b><br>ul. Wróblewskiego 90 A<br>94-103 Łódź             | tel. 42 636 15 15<br>tel. kom. 793 385 191<br>e-mail: lodz@ass.info.pl<br>www.ass.info.pl | Zajmujemy się automatyzacją i robotyzacją procesów produkcyjnych w szczególności procesów spawalniczych. Jesteśmy integratorem robotów Hyundai, projektujemy oraz uruchamiamy nowe zrobotyzowane cele, integrujemy z liniami produkcyjnymi, szkolenia z programowania oraz przeglądy i wsparcie techniczne.  |
| <b>Hiwin GmbH</b><br>Puławska 405 A<br>02-801 Warszawa   | tel./fax 22 544 07 07<br>e-mail: info@hiwin.pl<br>www.hiwin.pl                            | Światowy lider w produkcji: szyn profilowych, śrub kulowych, siłowników elektrycznych, kompletnych systemów pozycjonowania, osi z silnikami liniowymi, modułów liniowych, stołów obrotowych, silników momentowych, systemów pomiaru drogi i robotów przemysłowych. Oferuje doradztwo, szkolenia i serwis.  |
| <b>igus Sp. z o.o.</b><br>ul. Działkowa 121 C<br>02-234 Warszawa                                     | tel./fax 22 863 57 70<br>e-mail: info@igus.pl<br>www.igus.pl                              | Firma igus jest światowym liderem w produkcji niezawodnych komponentów z trybopolimerów, czyli wysoko wydajnych tworzyw sztucznych. Katalog produktowy igus zawiera ponad 100 tysięcy pozycji w dwóch głównych grupach produktowych: e-prowadniki i przewody oraz bezsmarowe łożyska ślizgowe.   |
| Systemy transportowe   |   |  |
| <b>5sAUTOMATE Sp. z o.o.</b><br>Graniczna 105<br>54-530 Wrocław                                      | tel. 664 381 356<br>daniel.kowalski@5sautomate.com<br>www.5sautomate.com                  | 5sAUTOMATE jest dystrybutorem firmy Robotize – duńskiego producenta mobilnych robotów autonomicznych, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów produkcyjnych i intralogistycznych. W powiązaniu z produktami FM Systeme dostarczamy kompletne rozwiązania.   |
| <b>Beckhoff Automation Sp. z o.o.</b><br>Zabieniec<br>ul. Ruczajowa 15<br>05-500 Piaseczno           | tel. 22 750 47 00<br>tel. 727 722 100<br>e-mail: info@beckhoff.pl<br>www.beckhoff.pl      | XTS to system transportowy firmy Beckhoff, w którym unoszone siłą elektromagnetyczną karetki poruszają się po dowolnie ukształtowanym torze na wzór nowoczesnych azjatyckich pociągów. Unikalne cechy XTS, takie jak minimalizacja okablowania i awaryjności systemu, modułowa konstrukcja toru, niespotykane możliwości zarządzania ruchem karetek i łatwość ich oprogramowania, tworzą nową jakość w automatycznych systemach transportowych. Zapraszamy do śledzenia nas w mediach społecznościowych. |
| <b>Hiwin GmbH</b><br>Puławska 405 A<br>02-801 Warszawa   | tel./fax 22 544 07 07<br>e-mail: info@hiwin.pl<br>www.hiwin.pl                            | Światowy lider w produkcji: szyn profilowych, śrub kulowych, siłowników elektrycznych, kompletnych systemów pozycjonowania, osi z silnikami liniowymi, modułów liniowych, stołów obrotowych, silników momentowych, systemów pomiaru drogi i robotów przemysłowych. Oferuje doradztwo, szkolenia i serwis.  |

| Utrzymanie ruchu  |   |   |
|---|---|---|
| <p><b>ABB Sp. z o.o.</b><br/>ul. Żegańska 1<br/>04-713 Warszawa</p>   | <p>tel. +48 2222 3 7777<br/>e-mail: kontakt@pl.abb.com<br/>www.abb.pl/napedy</p>                                | <p>ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.</p>   |
| <p><b>Cargo Green Sp. z o.o.</b><br/>Guzikowa 28<br/>05-800 Pruszków</p>  | <p>tel./fax 22 728 81 81<br/>e-mail: sklep@cargogreen.eu<br/>www.cargogreen.eu</p>                              | <p>Firma Cargo Green to owoc 35 lat pracy i doświadczenia w zakresie utrzymania ruchu. Jesteśmy przedstawicielem m.in. firm Graff i Hengesbach, które specjalizują się w produkcji czujników ciśnienia, temperatury i przepływu. Ponadto nasza oferta obejmuje ponad 3000 producentów automatyki przemysłowej.</p>  |
| <p><b>Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. (CBiDGP)</b><br/>ul. Lędzińska 8<br/>43-143 Lędziny</p>       | <p>tel. 32 32 42 200<br/>fax 32 32 42 205<br/>e-mail: cbidgp@cbidgp.pl<br/>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>• Pomiar i badania maszyn i urządzeń mechanicznych i elektroenergetycznych.</li> <li>• Badania diagnostyczne.</li> <li>• Pomiar i badania środowiska pracy.</li> <li>• Pomiar i badania czynników środowiska naturalnego.</li> </ul>                     |
| <p><b>Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” Spółka Akcyjna</b><br/>ul. Wapiennikowa 90<br/>25-101 Kielce</p>               | <p>tel. centrala 41 361 95 24<br/>fax 41 361 91 08<br/>e-mail: prema@prema.pl<br/>www.prema.pl</p>              | <p>Oferujemy: siłowniki: ISO, CNOMO, dociskowe, wahadłowe, kompaktowe, beztłoczkowe, dwutłoczkowe, obrotowe, okrągłe; zawory rozdzielające: sterowane elektromagnetycznie, pneumatycznie, mechanicznie; zawory przepływowe, odcinające, logiczne, wyspy zaworowe; elementy PSP; przyłączki i akcesoria.</p>   |
| <p><b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o.</b><br/>Kard. St. Wyszyńskiego 101<br/>42-612 Tarnowskie Góry</p> | <p>tel. 32 381 05 20<br/>tel. 32 381 05 21<br/>e-mail: noram@noram.com.pl<br/>www.noram.com.pl</p>              | <p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego, zakres średnic od Ø30 do Ø650 mm. Oferujemy również dostawy odlewów żeliwnych i sferoidalnych jako części maszyn w stanie surowym lub obróbnym, wraz z omodelowaniem.</p>  |
| <p><b>igus Sp. z o.o.</b><br/>ul. Działkowa 121 C<br/>02-234 Warszawa</p>   | <p>tel./fax 22 863 57 70<br/>e-mail: info@igus.pl<br/>www.igus.pl</p>   | <p>Firma igus jest światowym liderem w produkcji niezawodnych komponentów z trybopolimerów, czyli wysoko wydajnych tworzyw sztucznych. Katalog produktowy igus zawiera ponad 100 tysięcy pozycji w dwóch głównych grupach produktowych: e-prowadniki i przewody oraz bezsmarowe łożyska ślizgowe.</p>   |
| <p><b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b><br/>ul. Spalska 26/28<br/>97-200 Tomaszów Mazowiecki</p>                        | <p>tel. 44 723 40 05<br/>sprzedaz@invertekdrives.com.pl<br/>invertekdrives.com.pl</p>                           | <p>Invertex Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertex Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.</p>  |
| <p><b>MULTIPROJEKT</b><br/>ul. Cystersów 20 a<br/>31-553 Kraków</p>   | <p>tel. 12 413 90 58<br/>fax 12 376 48 94<br/>e-mail: krakow@multiprojekt.pl<br/>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>Newtech Engineering Sp. z o.o.</b><br/>ul. Sowińskiego 3<br/>44-100 Gliwice</p>                                       | <p>tel. 32 237 61 98<br/>e-mail: newtech@newtech.com.pl<br/>www.newtech.com.pl<br/>www.sklep.newtech.com.pl</p> | <p>Jesteśmy partnerem firmy BAUMER, która proponuje rozwiązania dla przemysłu takie jak sensoryka, enkodery, czujniki wizyjne oraz wyłącznym przedstawicielem w Polsce firm: di-soric – czujniki, systemy wizyjne, oświetlenie wizyjne i maszynowe; SIKO – czujniki i monitory, enkodery, bezpieczeństwo.</p>   |
| <p><b>Transmission Dynamics Poland Sp. z o.o.</b><br/>Henryka<br/>Pachońskiego 9/K-22<br/>31-223 Kraków</p>                 | <p>tel. 739 907 961<br/>biuro@transmissiondynamics.pl<br/>transmissiondynamics.pl</p>                           | <p>Projektujemy i wykonujemy nowoczesne układy diagnostyczne do automatycznego monitoringu pracy maszyn obrotowych i konstrukcji. Proponujemy „Inteligentne Śruby” do zdalnego monitorowania siły napięcia śrub w maszynach obrotowych, rurociągach, konstrukcjach dźwigów, turbinach wiatrowych, mostach etc.</p>  |
| <p><b>VERASHAPE Sp. z o.o.</b><br/>Wyspiańskiego 27 A<br/>35-111 Rzeszów</p>  | <p>tel. 17 853 00 62<br/>e-mail: kontakt@verashape.com<br/>https://verashape.com</p>                            | <p>DRUK 3D dla LINII PRODUKCYJNYCH.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Części zamienne z natychmiastową dostawą.</li> <li>• Gwarancja dostarczenia części do 4 dni roboczych od zgłoszenia zapotrzebowania.</li> <li>• Materiały i parametry dostosowane do wymagań technologicznych (techniczne, elastyczne, wysokotemperaturowe).</li> <li>• Możliwość sterylizacji lampą UV.</li> </ul> <p>MODEL 3D – Optymalizacja – DRUK 3D.</p> |



## BIBLIOTEKA



Wiesław Fiebig  
**Drgania i hałas w inżynierii maszyn**  
 Wydawnictwo Naukowe PWN  
 Rok wydania: 2019

Publikacja ta, napisana przez profesora Politechniki Wrocławskiej – Wydział Mechaniczny, odnosi się do istotnych inżynierskich zagadnień dotyczących drgań maszyn oraz redukcji hałasu.

W książce *Drgania i hałas w inżynierii maszyn* Czytelnik będzie mógł przeczytać m.in. na temat:

- opisu teoretycznego drgań o jednym oraz wielu stopniach swobody;
- modelowaniu drgań i metod obliczeniowych stosowanych w analizie drgań maszyn – metody symulacyjne, MES;
- metodach pomiaru drgań maszyn oraz pomiaru emisji hałasu maszyn i urządzeń;
- czynnych i biernych metodach redukcji drgań i hałasu.

Książka zawiera przykłady zastosowania metod badawczych oraz redukcji drgań i hałasu.

Podręcznik jest przeznaczony zarówno dla studentów wyższych uczelni technicznych na kierunkach Mechanika czy Budowa i eksploatacja maszyn, jak i dla praktyków – inżynierów diagnostów maszyn i urządzeń czy służb BHP w zakładach przemysłowych.



David Stephenson  
**Big data, nauka o danych i AI bez tajemnic.**  
**Podjmij lepsze decyzje i rozwijaj swój biznes!**  
 Wydawnictwo: Helion  
 Rok wydania: 2019

Koncepcja *big data* zmieniła zasady gry w biznesie. Wiele osób z kadry zarządzającej nie rozumie specyfiki tego rodzaju danych: ogromnych, szybko narastających, często niepasujących do tradycyjnej struktury. Są one zasadniczo różne od konwencjonalnych danych, zarówno pod względem wielkości, jak i złożoności. Rzucają nowe wyzwania, stwarzają nowe możliwości, zacierają tradycyjne granice konkurencji i zmuszają do zmiany paradygmatów pozyskiwania wartości z danych. *Big data* i *data science* wraz z uczeniem maszynowym radykalnie zmieniają ekosystem biznesu. Aby przetrwać tę rewolucję, trzeba dostosować się do nowych warunków.

Ta książka jest przystępnym wprowadzeniem do koncepcji *big data* i *data science*. Pozwoli na uzyskanie wiedzy niezbędnej do oceny, czy korzyści z tych technologii są warte kosztów i wysiłku związanych z wdrożeniem w firmie. Poszczególne techniki zostały dokładnie i przejrzysto opisane. Przedstawiono zasady tworzenia odpowiednich strategii. Wyjaśniono, jakich zasobów i jakich ludzi potrzeba do przeprowadzenia transformacji w kierunku zbierania, analizy i wykorzystywania

danych, a także omówiono związane z tym ryzyko. Ważnym elementem książki są praktyczne wskazówki i podpowiedzi.

W tej książce:

- podstawy *big data*, *data science* i sztucznej inteligencji;
- praktyczne zastosowanie *big data* w technikach analitycznych;
- przegląd podstawowych rodzajów analityki i dobór technologii;
- przygotowanie firmy do wdrożenia projektów *big data* i *data science*;
- wymagania prawne i ochrona danych a korzystanie z narzędzi *big data*.

*Big data*: łatwiejsze, niż myślisz, skuteczniejsze, niż marzysz!



Marcin Sikorski, Adam Roman  
**Internet Rzeczy**  
 Wydawnictwo Naukowe PWN  
 Rok wydania: 2020

Real IT World to cykl publikacji przygotowanych przez specjalistów dla specjalistów, omawiający aktualne i ważne zagadnienia, *hot* tematy, nowe trendy, praktyczne *case study*, najważniejsze problemy i innowacje w świecie IT.

Jest to odpowiedź na szybko zmieniający się rynek. Każdy numer tworzony jest przez wybitnych ekspertów-praktyków, którzy szybko reagują na te zmiany i dzielą się swoją wiedzą oraz doświadczeniem. Poruszane są najważniejsze tematy z obszaru bezpieczeństwa, testowania, programowania, *data science* oraz te związane z nowymi technologiami.

Pierwszy numer autorstwa Marcina Sikorskiego i pod redakcją naukową Adama Romana, skierowany do wszystkich pasjonatów nowych technologii, poświęcony jest najważniejszemu zagadnieniu związanym z Internetem Rzeczy (IoT). Jest to najbardziej gorący temat IT od ostatnich kilku lat, który w Polsce nabiera coraz większego tempa.

W numerze omówiono:

- Szybki rozwój Internetu Rzeczy połączony z konsumenckim sceptycyzmem i niewielką o nim wiedzą – z czego wynika ten paradoks?
- Regulacje prawne, które stanowią nieodłączny element wytwarzania produktów IT, jednak w przypadku IoT są one często przestarzałe. Czy da się temu zaradzić? Dlaczego tak trudne jest wdrożenie spójnych rozwiązań?
- Przypadki, jak ten, w którym nawet prosta *smart* żarówka może być potencjalnym źródłem problemów dotyczących bezpieczeństwa. Jakie są metody i sposoby na bezpieczną implementację rozwiązań IoT? Jak sobie radzić z problemami?
- Rozwój Internetu Rzeczy na świecie i w Polsce – jak będzie wyglądała „*smart* dekada” w najbliższej przyszłości?

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 7-8 (255-256)**

Rok XXII  
Lipiec – Sierpień 2020

- Systemy automatyzacji w górnictwie
- Automatyzacja transportu szynowego
- Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym
- Inteligentne układy zasilania, sterowania
- Diagnostyka
- Nowe technologie
- Silniki elektryczne
- Transformatory



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

1/2020 (249)

2/2020 (250)

3/2020 (251)

4/2020 (252)

5/2020 (253)

6/2020 (254)

**7-8/2020 (255-256)**

9/2020 (257)

10/2020 (258)

11/2020 (259)

12/2020 (260)

## PRENUMERATA

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

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

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel./fax: 32 755 15 74.

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- Wydawnictwa SIGMA NOT, tel./fax 22 840 35 89;
- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.



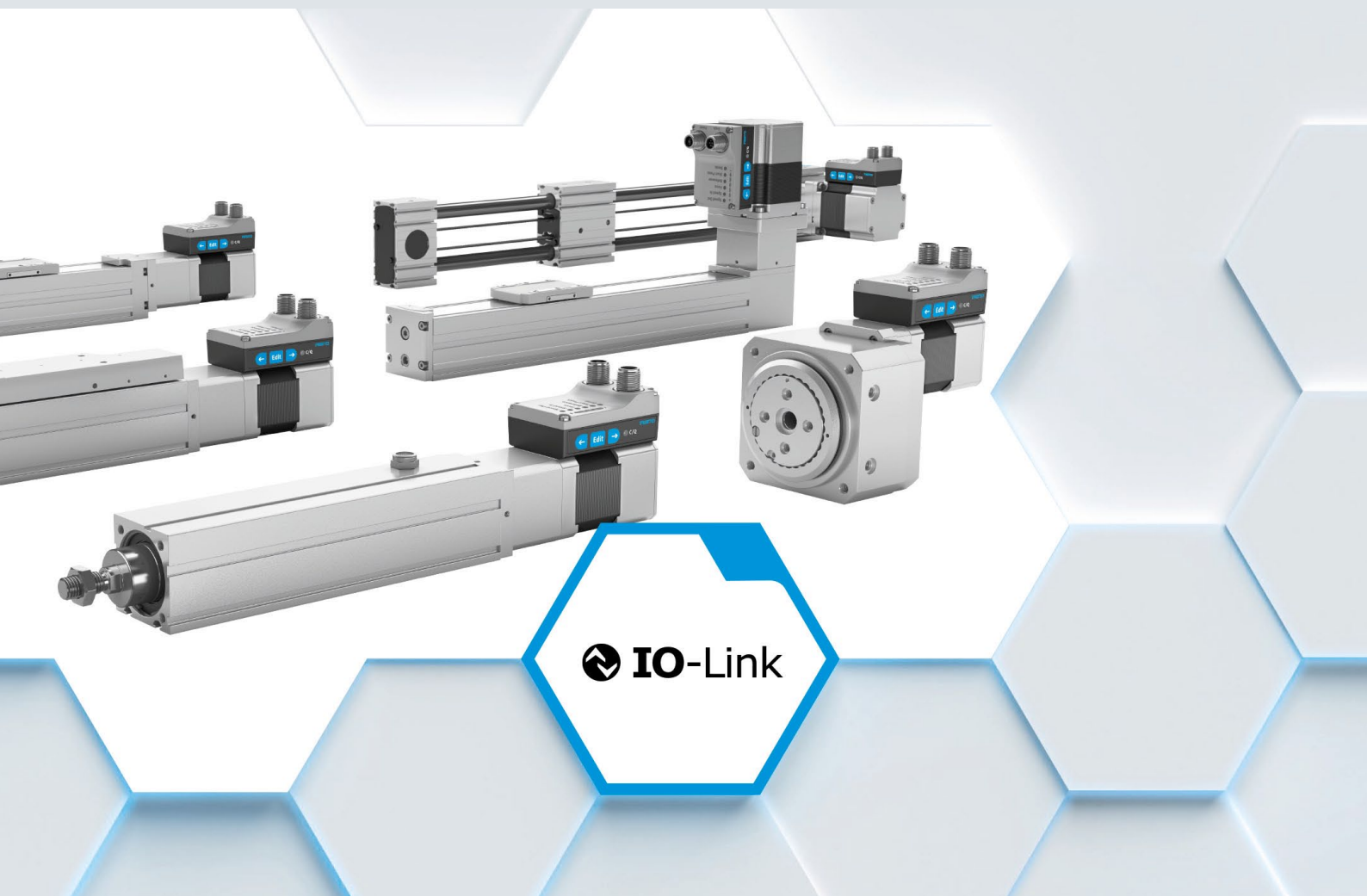
**Postaw na rozwój**



# Simplified Motion Series

## Łatwe pozycjonowanie

**FESTO**



Simplified Motion Series łączy prostotę pneumatyki z zaletami automatyzacji elektrycznej. Zintegrowane napędy tego typu są doskonałą alternatywą dla tych wszystkich użytkowników, którzy szukają rozwiązań elektrycznych do bardzo prostych zadań ruchu i pozycjonowania, ale bez skomplikowanego uruchamiania wymaganego w przypadku tradycyjnych napędów elektrycznych. Nie ma potrzeby stosowania żadnego oprogramowania, ponieważ obsługa opiera się na zasadzie „plug and work”. Cyfrowe Wejścia/Wyjścia oraz IO-Link® są zawsze zintegrowane - produkt posiada oba typy sterowania w standardzie.

→ Więcej informacji: [www.festo.pl/sms](http://www.festo.pl/sms)