

napędy i sterowanie

**miesięcznik
naukowo-
-techniczny**

Nr 5 (265)

Rok XXIII

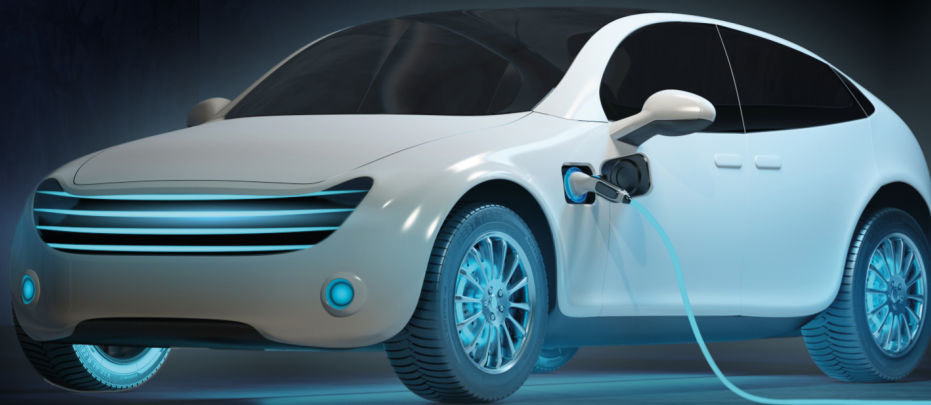
Maj 2021

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*

ENERGOELEKTRONIKA PRZYSZŁOŚCI



MARKEL
energoelektronika to nasza pasja

BRANŻA PRZEMYSŁOWA IIOT

PRODUKTY I ROZWIĄZANIA
DLA NOWOCZESNYCH
ŚRODOWISK PRZEMYSŁOWYCH

SKORZYSTAJ Z NASZEJ WIEDZY I SZEROKIEJ OFERTY

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
- Estera 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. Waclaw Kolek - przewodniczący
- prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender
- prof. Marek Bergander
- prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski
- dr inż. Rafał Hein
- prof. inż. Jaroslav Homišin
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- dr hab. inż. Grzegorz Karoń
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich
- dr hab. inż. Roman Krok
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- dr inż. Jacek Paraszczyk
- 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. Waclaw 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 publikację naukowe wynosi 5 pkt (poz. 1652). Przyłączając się do realizacji idei Otwartej Nauki, udostępniamy bezpłatnie powierzchnię na artykuły naukowe publikowane w miesięczniku naukowo-technicznym „Napędy i Sterowanie”.

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

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

Szanowni Państwo!

Jaka jest dziś sytuacja ekonomiczna firm z branży automatyki przemysłowej działających w Polsce, jak kształtuje się sprzedaż krajowa, a jak eksport, jakie czyniki w sposób zdecydowany wpływają na wyniki i tendencje wyników w firmie oraz jakie zachodzą zmiany, które z nich mogą mieć znaczący wpływ na funkcjonowanie branży – to tylko kilka z wielu pytań, które dziś muszą zadawać sobie przedsiębiorcy, chcąc efektywnie funkcjonować na polskim rynku, a jednocześnie współistnieć w tym wiodącym sektorze, utrzymując dobrą pozycję. W rezultacie zdawkowe stwierdzenie, że sytuacja gospodarcza w Polsce ma się dobrze i nie powinna zmienić się jeszcze przez kilka lat, wydaje się zupełnie niewystarczające.

Wielu z nas zaakceptowało fakt, że Covid-19 i okres pandemii pozostaną z nami na dłużej. Dlatego zaczęliśmy dostosowywać swoje życie tak, aby priorytetowo traktować bezpieczeństwo. Automatyka i urządzenia IIoT odegrały kluczową rolę w ponownym otwieraniu obiektów w bezpieczny i społecznie świadomy sposób. Technologie te można wdrażać na każdym etapie cyklu pracy, aby lepiej chronić zdrowie pracowników. Kontrole stanu to pierwsza linia obrony przed wirusem, a urządzenia IIoT są dobrze wyposażone do przeprowadzania kontroli dostępu na podstawie wyników danych.

Bezawaryjna i ciągła produkcja oraz wykorzystanie pełnej efektywności to dążenie każdego przedsiębiorcy w sektorze produkcyjnym. W 2021 roku koncepcja Przemysłu 4.0 nie jest więc już sama w sobie trendem, ale koniecznością, by zmaksymalizować efektywność produkcji oraz utrzymać pozycję rynkową mimo trudnych warunków gospodarczych wynikających z trwającej pandemii. W dobie Przemysłu 4.0. coraz więcej zakładów produkcyjnych korzysta z nowych technologii (IIoT, *machine learning*, AI), wyraźnie redukujących w poszczególnych branżach przestój i straty związane z walką z epidemią.

Internet Rzeczy to bez wątpienia jeden z największych trendów technologicznych, jaki pojawił się w ostatnich latach. Z każdym rokiem jego zastosowanie przybiera na znaczeniu. W niektórych sektorach, jak telemedycyna, przemysł, logistyka, transport – pandemia koronawirusa znacząco przyspieszyła szereg wdrożeń. Odpowiednia diagnostyka, monitoring oraz pomiary umożliwiają producentom ponowne otwarcie w czasie pandemii, oferując środki ostrożności, takie jak zdalne kontrole temperatury, kontrola dostępu, egzekwowanie dystansu społecznego i możliwość pracy z domu. Z punktu widzenia operacji i finansów technologie te zmniejszają również ilość odpadów, wydłużają cykle konserwacji oraz oszczędzają czas i pieniądze. Dziejniejsza transformacja nie tylko uratuje dziś wielu producentów, ale także zapewni im przyszłe możliwości. Tymczasowe przestoje w produkcji budzą niepokój, branża pilnie potrzebuje środków, aby bezpiecznie kontynuować działalność. Automatyka i Internet Rzeczy zapewniają szybkie do wdrożenia rozwiązania dla producentów, którzy nie chcą dać się pokonać pandemii – jednocześnie stawiając bezpieczeństwo i wydajność na pierwszym miejscu dla wszystkich zaangażowanych.

W numerze majowym zapraszam też do lektury ciekawych artykułów technicznych o produktach. Sporo miejsca poświęciliśmy również problematyce związanej z diagnostyką przemysłową, w tym temacie polecam szczególnie artykuł prof. Sławomira Szymańca pt. „Diagnostyka drganiowa maszyn i zespołów maszynowych”.

Katarzyna Zając
Redaktor naczelna



CO W NUMERZE



Str. 10

Analogowe mikrokontrolery front-end RX23E-A firmy Renesas do precyzyjnego wykrywania i zastosowań pomiarowych



Str. 16

Innowacyjne nowości w portfolio NORD



Str. 19

Zdalny serwis z zastosowaniem CS-RHC (Control-Service Remote Helmet Controller)



Str. 23

Liczniki produkcyjne LDP800

- 5 Nowości techniczne
- 64 Biblioteka

Nauka

- 24 Diagnostyka drganiowa maszyn i zespołów maszynowych – S. Szymaniec, M. Kacperak
- 44 Pozyskiwanie i przetwarzanie energii odnawialnej. Cz. 2 – J. Górzyński
- 52 Porównanie strat mocy i sprawności silników w różnych wariantach rozwiązania – J. Bernatt, S. Gawron, T. Glinka
- 55 Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne wirników maszyn z magnesami trwałymi – S. Gawron
- 59 Właściwości elektryczne niektórych ryb – S. Gierlotka

Technologie i produkty

- 8 MoReSiC – stacja ładowania pojazdów z silnikiem elektrycznym oparta na elementach z węgla krzemu – Markel Sp. z o.o.
- 10 Analogowe mikrokontrolery front-end RX23E-A firmy Renesas do precyzyjnego wykrywania i zastosowań pomiarowych – RS Components Sp. z o.o.
- 11 Nowa seria DPI 705E zapewnia dokładne i niezawodne monitorowanie ciśnienia i temperatury w środowiskach przemysłowych. RS Components oferuje szereg ulepszonych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck – RS Components Sp. z o.o.
- 12 Dzięki prawie milionowi członków na całym świecie, którzy łączą się teraz za pośrednictwem społeczności DesignSpark, jego wartość jako globalnego źródła innowacji inżynierskich stale rośnie. RS Components świętuje 10-lecie DesignSpark nowymi zasobami – RS Components Sp. z o.o.
- 13 Teraz dostępny jest raport niezakończonych połączeń i wybór siatki w obszarze pokrytym miedzią. RS Components dodaje nowe funkcje i poprawia interfejs użytkownika w bezpłatnym oprogramowaniu DesignSpark PCB w wersji 9 – RS Components Sp. z o.o.
- 14 Pomoc dla dystrybutorów w pocovidowej rzeczywistości – LOTOS Oil SA
- 16 Innowacyjne nowości w portfolio NORD – NORD Napędy Sp. z o.o.
- 19 Zdalny serwis z zastosowaniem CS-RHC (Control-Service Remote Helmet Controller) – Control-Service
- 21 Falownik solarny / ładowarka serii SPV18 VPM off grid firmy Sanyu – J. Sobczak – Sanyu SOBCZAK
- 23 Liczniki produkcyjne LDP800 – M. Świetliński – SEM

Informacje branżowe

- 18 Nowe dotacje – lep na przedsiębiorców – A. Szymczak – MS-CONSULTING

Indeks reklam

▷ Befared.....27	▷ MARKEL.....1	▷ SEM.....5, 23
▷ Control-Service.....5, 19	▷ MS-CONSULTING.....18	▷ SENOMA.....7
▷ ebm-papst Polska.....68	▷ NORD Napędy.....17	▷ STAUFF Polska.....31
▷ Grupa Cantoni.....25	▷ NOWIMEX.....29	▷ TAROPAK.....41
▷ KTR-Polska.....5	▷ Robotyka.com.....22	▷ TERM Tomasz Sobczak.....21
▷ LOTOS Oil.....15	▷ RS Components.....2, 6	▷ Zrobotyzowany.pl.....43

NOWOŚCI TECHNICZNE

Bezluzowe i skrętnie elastyczne sprzęgło EVOLASTIC firmy KTR Systems

KTR Systems opracował nowe uniwersalne sprzęgło, które wykorzystuje nowy i bardzo szeroki zakres zastosowań w obszarach związanych z napędami głównymi i pomocniczymi w budowie maszyn i urządzeń. Bezluzowe i skrętnie elastyczne sprzęgło EVOLASTIC będzie dostępne w dziesięciu rozmiarach i w dziesięciu podstawowych wersjach dla nominalnych momentów obrotowych od 100 do 5600 Nm.



Sercem sprzęgła EVOLASTIC jest element elastomerowy, który bezluzowo przenosi moment obrotowy poprzez wulkanizowane przeszła gumowo-aluminiowe. Mocowanie elastomeru do piasty lub kołnierza jest zapewnione przez promieniowe i osiowe połączenia śrubowe. Konstrukcja zapewnia niezawodne przeniesienie momentu obrotowego jednocześnie przy precyzyjnym wstępnym naprężeniu elastomeru. Sprzęgło nie wymaga zaawansowanej obsługi i jest w stanie stale skompensować odchyłkę kątową do 3° w płaszczyźnie homokinetycznej.

Dzięki swoim właściwościom EVOLASTIC osiąga wysokie tłumienie akustyki i wibracji w układzie napędowym. Oprócz przeniesienia momentu obrotowego, sprzęgło kompensuje również osiową, promieniową i kątową odchyłkę oraz elastycznie absorbuje przeciążenia. EVOLASTIC stanowi rozszerzenie oferty sprzęgieł KTR o bezluzowe, skrętnie elastyczne sprzęgło uniwersalne, np. do zastosowań w napędach sterowanych częstotliwością lub silnikach spalinowych.

KTR-Polska Sp. z o.o.
www.sprzegla.eu

LD120/LD240 – swobodnie programowalne wyświetlacze z komunikacją Ethernet

Wyświetlacze LD120/LD240 mają trzykolorowe matryce typu LED i są przeznaczone do wyświetlania komunikatów i danych liczbowych w systemach



automatyki lub informacji publicznej. Powierzchnia ekranu wyświetlaczy może być traktowana jak swobodnie programowalna tabela do wyświetlania danych. Ekran może być dzielony na sektory o dowolnych rozmiarach. Każdy z nich może mieć osobne atrybuty wyświetlania, takie jak rodzaj fontu, wielkość, kolor i odstęp znaków oraz wyrównanie tekstu. Możliwe jest wyświetlanie pól kolorowych, jak w tablicach typu ANDON. Podział ekranu może się zmieniać dynamicznie, ale jest też możliwość zapisania konfiguracji w pamięci urządzenia, dzięki czemu komunikacja upraszcza się do

przesyłania danych użytkowych. Nowością w tych wyświetlaczach jest otwarty, prosty język programowania oparty na znacznikach, wykorzystywany do komunikacji z protokołem TCP/IP. Wyświetlacze mają porty do komunikacji w standardzie przemysłowym: port szeregowy RS485 do pracy z protokołem Modbus RTU oraz port Ethernet do komunikacji z protokołem Modbus TCP. Wbudowany webserwer umożliwia konfigurowanie wyświetlaczy przy pomocy przeglądarki internetowej. LD120/240 są dostarczane w różnych rozmiarach. Matryca LED może mieć rozmiary do 256 pikseli wszerz, a na wysokość 16 lub 32 piksele. Są wykonane w standardzie przemysłowym, w obudowach kategorii IP54.

Producent: SEM
www.sem.pl

Zdalne wsparcie serwisowe od firmy Control-Service

Już teraz możesz zamówić usługę zdalnego serwisu w firmie Control-Service. Stworzyliśmy dedykowany kask CS-RHC (*Control-Service Remote Helmet Controller*) umożliwiający zdalne uruchomienie napędu, parametryzację, diagnostykę urządzenia oraz wykonanie prostych napraw.



Jak to wygląda w praktyce? CS-RHC łączy się z siecią za pośrednictwem WiFi lub LTE. Dla większego komfortu użytkownika został wyposażony w zestaw słuchawkowy z aktywną redukcją hałasu oraz kamerę zamontowaną na złączu magnetycznym, ułatwiającą natychmiastowy demontaż, a tym samym łatwą zmianę perspektywy ujęcia. Dodatkowo narzędzia, takie jak TeamViewer i MCT, umożliwiają stały nadzór i profesjonalne, zdalne wsparcie prac diagnostycznych i serwisowych. Jest to możliwe dzięki ścisłej współpracy (w trybie online) pracowników Działu Utrzymania Ruchu oraz Inżynierów Serwisu i Wsparcia Technicznego Control Service. Nasz Inżynier Serwisu przeprowadza krok po kroku pracownika UR przez proces diagnostyki i naprawy, a w razie potrzeby pomoże wykonać parametryzację urządzenia, działając wprost na pulpicie użytkownika.

Zdalne wsparcie z naszym kaskiem to możliwość szybkiej diagnostyki i wykonania prostych napraw, większe bezpieczeństwo pracowników, ograniczenie ilości osób z firm zewnętrznych przebywających w Twoim zakładzie oraz brak kosztów dojazdów. Pierwsze pozytywne recenzje posiadamy już m.in. od firmy Carlsberg.

Control-Service
www.control-service.pl

NOWOŚCI TECHNICZNE

Modułowe wieże sygnalizacyjne LED

Wstępnie zmontowane i okablowane wieże sygnalizacyjne RS PRO, dostępne w eliptycznej kopułkowej oraz cylindrycznej wieżowej wersji, zwiększają bezpieczeństwo i wydajność urządzeń sterujących i automatyki. W zestawie znajdują się dwa (czerwone i zielone) lub trzy (czerwone, pomarańczowe i zielone) moduły świetlne LED, które można szybko zamontować na podstawach o średnicy 100 mm, 70 mm lub 50 mm. Wstępne okablowanie ułatwia przypisanie kolorów do funkcji i przełączanie sygnałów wyjściowych poszczególnych kolorowych modułów. Opcje elementów świetlnych obejmują ustawienia świecenia w trybie ciągłym lub przerywanym oraz różne efekty świetlne.

Wstępnie zmontowane moduły wieży sygnalizacyjnej można szybko zdemontować i ponownie zmontować bez użycia narzędzi lub odłączania zasilania – np. w celu dodania lub wymiany modułów LED. Wszystkie one są ergonomicznie zaprojektowane



i zabezpieczone przed wnikaniem wody zgodnie z wymogami klasy IP66.

Poszczególne elementy świetlne są dostępne w wersjach z niebieskimi, pomarańczowymi, czerwonymi, zielonymi, żółtymi lub białymi diodami LED. Dostępne są również piezoelektryczne moduły alarmu akustycznego, które oferują do 16 opcji ciągłego lub przerywanego sygnału dźwiękowego, oraz czerwone słupki ostrzegawcze LED.

Wstępnie okablowane moduły podstawy RS PRO są wyposażone w siedem styków elektrycznych, dzięki czemu każdy może obsługiwać do siedmiu modułów LED lub sześć modułów LED i moduł sygnalizatora akustycznego. Połączenie elektryczne zapewnia zabezpieczone złącze klasy IP20. Szeroka gama akcesoriów montażowych obejmuje podstawy do montażu powierzchniowego na płaskich powierzchniach, wsporniki do montażu ściennego oraz wysięgniki masztowe o różnych długościach.

RS Components Sp. z o.o.
pl.rs-online.com

reklama

Które wydanie miesięcznika jest dla Ciebie?

6/2021

Przemysł maszynowy, innowacje
Przemysł 4.0

7-8/2021

Systemy automatyzacji w górnictwie
Automatyzacja transportu szynowego

9/2021

Automatyka w energetyce
Automatyka w przemyśle spożywczym

SENOMA

SENOMA Sp. z o.o., 40-153 Katowice, Al. Korfantego 191
 tel. +48 32/730 30 30, tel. +48 32/730 30 31, fax +48 32 /730 23 23
 e-mail: senoma@senoma.pl, www.senoma.pl

H
A
M
U
L
C
E



S
I
L
N
I
K
I,
F
A
L
O
W
N
I
K
I,
S
O
F
T
S
T
A
R
T
Y



www.senoma.pl
 TECHNIKA NAPĘDOWA
 MOTOREDUKTORY, PRZEKŁADNIE



W
A
Ł
Y
C
A
R
D
A
N
A
 Ł
A
N
C
U
C
H
Y,
F
L
A
T
T
O
P
Y



P
I
E
R
Ś
C
I
E
N
I
E



www.senoma.pl
 TECHNIKA NAPĘDOWA
 S
P
R
Z
E
G
Ł
A



TOP-Distributor 2011

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

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

REXNORD
 product knowledge
 focus, Senoma
 and himself in out-
 standing and service

REXNORD
 is one of the TOP-10 distributors of
 Rexnord couplings in DACH+ sales

TOP-Distributor 2010

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

REXNORD
 product knowledge
 focus, Senoma
 and himself in out-
 standing and service

TOP-Distributor 2009

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

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

Declared by Rexnord

Uwe Palm
 Key-Account-Manager
 Mechelen, May 2010

Eric Bickley
 General Manager
 Mechelen, May 2010

TOP-Distributor 2012

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

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

Declared by Rexnord

Lubomir Vik
 Area Sales Mng
 Mechelen, June 2013

Rodrigo Madiedo
 Coupling Marketing Mng
 Mechelen, June 2013

Viva
 Omega
 Wrapflex
 Thomas
 Addax
 Steelflex
 Lifelign
 Orange
 Peel
 Guard

MoReSiC – stacja ładowania pojazdów z silnikiem elektrycznym oparta na elementach z węgla krzemu

Wstęp

Samochody z silnikiem elektrycznym odgrywają istotną rolę w procesie dekarbonizacji energetyki. Coraz bardziej rygorystyczne normy emisji spalin oraz mająca miejsce w wielu państwach Europy odpowiednio nakierowana polityka podatkowa zachęcają konsumentów do szukania alternatywy dla samochodów z silnikiem spalinowym. Użytkowanie pojazdów z silnikiem elektrycznym niesie z sobą wiele problemów, do najważniejszych z nich – poza ceną – można zaliczyć ich ograniczony zasięg oraz niski poziom gotowości infrastruktury elektroenergetycznej do ich ładowania. Problemy te mogłyby zostać w znacznej mierze rozwiązane dzięki budowie infrastruktury opartej na stacjach szybkiego ładowania, zdolnych naładować pojazd nawet w kilkanaście minut. Niestety, stacje te wymagają dostarczania dużej energii w stosunkowo krótkim czasie, co stanowi niemałe wyzwanie dla systemu elektroenergetycznego. Należy nadmienić, że problemy te będą się pogłębiać wraz ze zwiększaniem ilości użytkowanych samochodów z silnikiem elektrycznym. Kolejnym wyzwaniem stojącym przed systemem elektroenergetycznym jest zachowanie wymaganych wskaźników jakości energii elektrycznej w kontekście pozyskiwania jej z OZE, przede wszystkim z paneli fotowoltaicznych oraz wiatraków. Produkcja energii elektrycznej przez te źródła jest w znacznej mierze nieprzewidywalna i zależna od warunków atmosferycznych, co utrudnia zachowanie jej wymaganych wskaźników jakości. Stacje szybkiego ładowania wyposażone w magazyny energii mogą

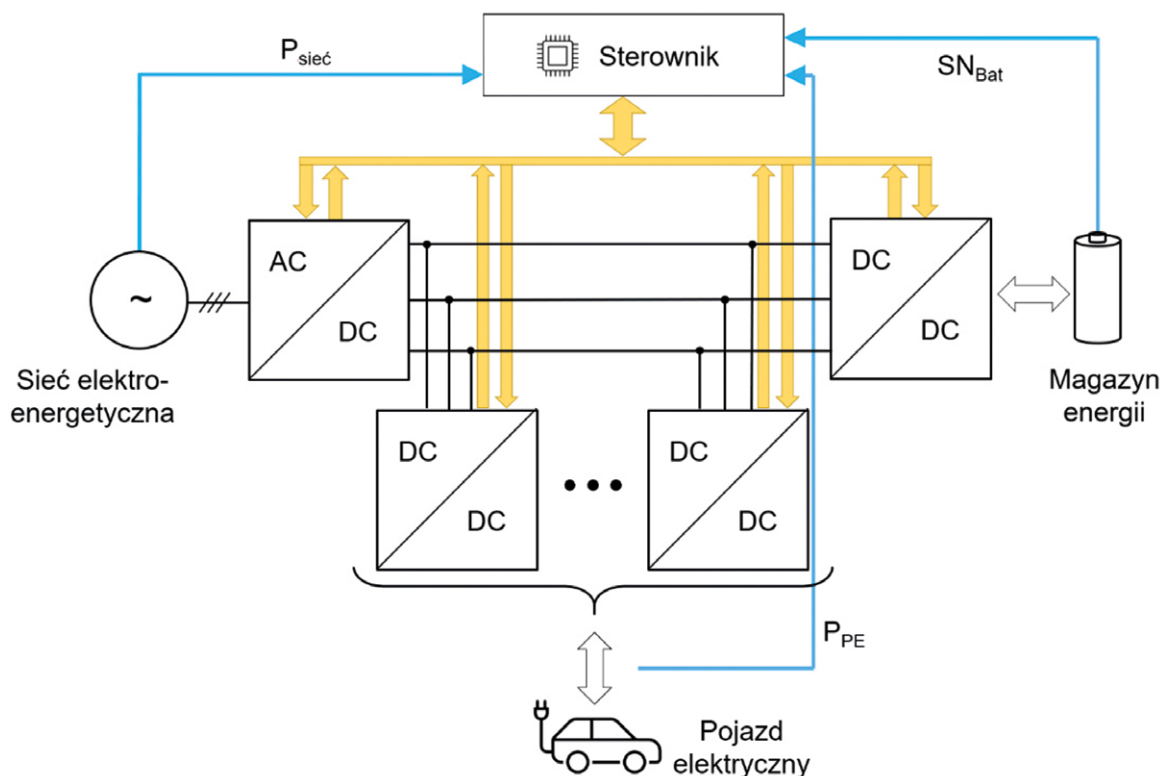
w znacznym stopniu ograniczyć ten problem. W systemie takim magazyn energii może być ładowany w trakcie dużej podaży energii elektrycznej w momencie, gdy jest ona stosunkowo tania, np. podczas wzmożonej produkcji energii elektrycznej przez OZE, co również pozytywnie wpłynie na jej jakość. Natomiast rozładowywanie magazynu może odbywać się w momencie, kiedy podaż energii w systemie elektroenergetycznym jest niewystarczająca.

Stacja Szybkiego Ładowania (MoReSiC)

Rosnące zapotrzebowanie rynku na stacje szybkiego ładowania oraz postęp technologiczny w budowie półprzewodnikowych elementów mocy, przede wszystkim tranzystorów z węgla krzemu, wymagają prowadzenia badań na wyżej wymieniony temat. Odpowiedzią na to jest realizowany przez firmę Markel, wspólnie z Politechniką Warszawską oraz Norges Teknisk-naturvitenskapelige Universitet, projekt naukowo-badawczy MoReSiC (ang. *Modularized, Reconfigurable and Bidirectional Charging Infrastructure for Electric Vehicles with Silicon Carbide Power Electronic*). Schemat systemu został pokazany na rysunku 1. System MoReSiC składa się z falownika napięcia sprzęgającego sieć elektroenergetyczną ze wspólną szyną napięcia stałego, nieizolowanego przekształtnika DC/DC obsługującego magazyn energii oraz z izolowanych przekształtników DC/DC obsługujących akumulatory pojazdów z silnikiem

elektrycznym. Wszystkie przekształtniki zostaną wykonane w topologiach trójpoziomowych, umożliwiających dwukierunkowy przepływ energii. Systemem zarządza jeden, wspólny dla wszystkich układów, sterownik nadzorujący przepływ energii pomiędzy poszczególnymi układami.

Zastosowanie topologii trójpoziomowych w miejsce klasycznych – dwupoziomowych – umożliwi uzyskanie lepszej jakości przetwarzanej energii oraz zmniejszenie maksymalnych napięć występujących na półprzewodnikowych elementach mocy. Trójprzewodowa, symetryczna sieć DC o napięciu ± 750 V umożliwi podłączenie klasycznych przekształtników DC/DC o napięciu roboczym 750 V DC oraz przekształtników trójpoziomowych o napięciu roboczym 1500 V DC w ramach jednego zintegrowanego systemu. Proponowane rozwiązanie, w porównaniu ze standardowymi dwuprzewodowymi, pozwoli na pracę wysokonapięciowych magazynów energii i jednocześnie umożliwi współpracę ze standardowymi ładowarkami samochodowymi. Aby zmaksymalizować wydajność systemu i gęstość przetwarzanej mocy, w systemie zostaną wykorzystane tranzystory wykonane w technologii SiC o klasie napięciowej 1,2 kV. Istotnym parametrem całego systemu jest jego modułowość, z którą wiąże się budowa modułów mocy wchodzących w skład poszczególnych przekształtników, w ramach takiej samej lub zbliżonej konstrukcji. W znacznym stopniu poprawia to elastyczność tworzenia takiego lub podobnego systemu, który



Rys. 1. Schemat ideowy szybkiej stacji ładowania z magazynem energii

może mieć zbliżone parametry i jedynie część funkcji oraz składać się z tych samych modułów mocy. W ramach systemu przewiduje się maksymalną moc falownika oraz przekształtnika niezolowanego na poziomie 20 kW oraz maksymalną moc przekształtnika izolowanego (moc ładowania baterii pojazdu) na 40 kW. Przewiduje się również, że znamionowa sprawność przekształtników wyniesie nie mniej niż 97% dla układu izolowanego oraz nie mniej niż 98% dla układu niezolowanego oraz falownika.

Istotnym zagadnieniem realizowanego projektu jest odpowiednie sterowanie wszystkimi przekształtnikami w poszczególnych trybach pracy. Sterowanie przepływem energii przy efektywnym wykorzystaniu wszystkich elementów systemu wymaga zastosowania zaawansowanych algorytmów sterowania. Jest to szczególnie istotne w kontekście współpracy systemu z wysokonapięciowym magazynem energii oraz siecią elektroenergetyczną, która daje możliwość nie tylko zmniejszenia maksymalnej

mocy wejściowej falownika, ale również doładowania magazynu przy możliwie najniższej cenie energii oraz pracy w przypadku braku zasilania z sieci elektroenergetycznej.

Głównym zadaniem firmy Markel w realizowanym projekcie jest budowa uniwersalnego bloku mocy opartego o tranzystory SiC MOSFET, pozwalającego na osiągnięcie najlepszych możliwych parametrów dla wszystkich przekształtników.

Podsumowanie

Projekt naukowo-badawczy MoReSiC ma na celu zbadanie możliwości konwersji energii elektrycznej przez stację ładowania pojazdów z silnikiem elektrycznym. W stacji tej zostaną wykorzystane moduły mocy zbudowane na bazie tranzystorów z węgla krzemu. System będzie wyposażony w magazyn energii i poza ładowaniem pojazdów elektrycznych odpowiedzialny będzie za zarządzanie energią w taki sposób,

aby zminimalizować jego negatywny wpływ na sieć elektroenergetyczną oraz przetworzyć energię możliwie najefektywniej. Informacje o realizowanym projekcie są aktualizowane wraz z postępem prac badawczych i zamieszczane na stronie internetowej: <https://markel.pl/projekty/>. ■

Dane kontaktowe:
Michał Harasimczuk

MARKEL
energoelektronika to nasza pasja

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

Analogowe mikrokontrolery front-end RX23E-A firmy Renesas do precyzyjnego wykrywania i zastosowań pomiarowych

Zaawansowane rozwiązania jednokładowe integrują obwody analogowe i mikrokontroler, zapewniając precyzję lepszą niż 0,1% dla szerokiej gamy czujników i urządzeń pomiarowych do zastosowań produkcyjnych i testowych.

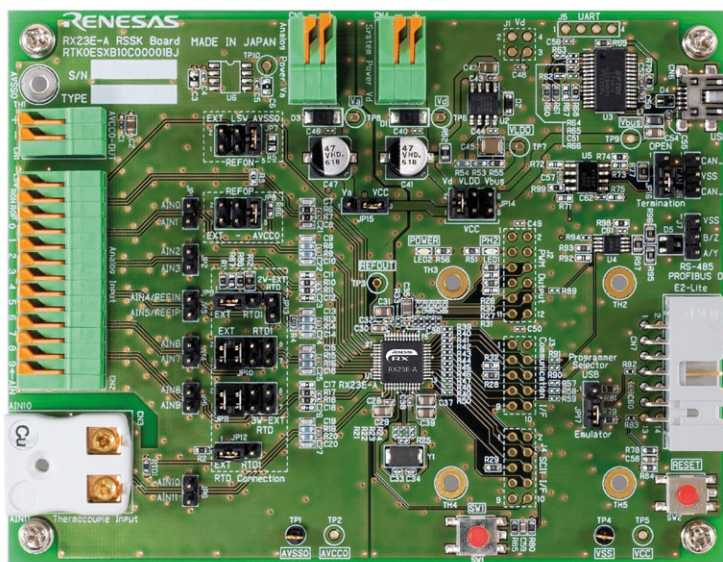
RS Components (RS) to marka handlowa spółki Electrocomponents plc (LSE: ECM). Ten globalny partner, zajmujący się rozwiązaniami wielokanałowymi dla klientów przemysłowych i dostawców, wprowadził nową serię urządzeń jednokładowych firmy Renesas, mikrokontrolerów RX23E-A (MCU), które łączą analogowy front end (AFE) i rdzeń MCU do użytku w sprzęcie, zapewniający bardzo precyzyjne pomiary sygnałów analogowych, takich jak temperatura, ciśnienie, waga lub przepływ.

Zaprojektowane do produkcji, testowania i pomiarów urządzeń, takich jak czujniki lub mierniki siły czy kontrolery temperatury, grupa MCU RX23E-A zapewnia dokładność lepszą niż 0,1% bez kalibracji. Ponadto wysoki poziom integracji oferowany przez te mikrokontrolery z bardzo precyzyjnymi pomiarami czujników, obliczeniami, sterowaniem i komunikacją w jednym chipie oznacza, że producenci sprzętu mogą zmniejszyć swoje wymagania materiałowe, zaoszczędzić miejsce na płycie i uprościć projektowanie systemu.

Integracja dwóch 24-bitowych przetworników analogowo-cyfrowych delta-sigma z efektywną rozdzielczością do 23 bitów i programowalną szybkością transmisji danych od 7,6 próbek/s do 15,625-ks.próbek/s, inne specyficzne, wiodące funkcje AFE obejmują przesunięcie dryft 10nV/°C, dryft wzmocnienia 1 ppm/°C, szum RMS 30nV (rms). Cechy te umożliwiają znaczną redukcję hałasu i temperatury do wyjątkowo niskich

poziomów, wymaganych na przykład w zastosowaniach produkcyjnych, które wymagają dokładnego i niezawodnego pomiaru szerokiej gamy danych z czujników.

Cyfrowa część urządzeń RX23E-A jest oparta na zaawansowanym rdzeniu RXv2, który cechuje się szybkością operacyjną 32 MHz i doskonale sprawdza się w operacjach DSP i FPU (jednostka zmiennoprzecinkowa). Mikrokontroler umożliwia również adaptacyjne techniki sterowania z wykorzystaniem danych temperatury i odwrotnych obliczeń macierzy opartych na danych o odkształceniach sześcioośiowych, dzięki czemu idealnie nadaje się do czujników siły ramienia robota w zastosowaniach przemysłowych.



Mikrokontrolery Renesas RX23E-A są obecnie dostępne w RS w krajach EMEA oraz Azji i Pacyfiku. ■



RS Components Sp. z o.o.
ul. Domaniewska 48
02-672 Warszawa
tel. 22 223 11 11
fax 22 223 11 00
e-mail: bok@rspoland.com
pl.rs-online.com

Nowa seria DPI 705E zapewnia dokładne i niezawodne monitorowanie ciśnienia i temperatury w środowiskach przemysłowych

RS Components oferuje szereg ulepszonych wskaźników ciśnienia i temperatury firmy Druck

Asortyment obejmuje dwie wersje – DPI 705E do użytku w strefach bezpiecznych i DPI 705E-IS (iskrobezpieczny) do użytku w strefach niebezpiecznych. Modele te mają mocną, trwałą konstrukcję oraz stanowią rozwinięcie i zastępują cenioną rodzinę DPI 705. Przyrządy są zaprojektowane do obsługi jedną ręką i wprowadzają nowe i ulepszone funkcje, aby zapewnić jeszcze większą dokładność i niezawodne monitorowanie ciśnienia lub temperatury podczas uruchamiania, wykrywania usterek i testowania systemu, w tym testowania szczelności.

Główną zaletą rodziny DPI 705E jest zwiększona dokładność, zapewniająca 12-miesięczną niepewność do 0,05% pełnej skali (FS) w zakresie temperatur od -10°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Obejmuje szeroki zakres ciśnień – od 25 mbarów do 1400 barów w konfiguracjach bezwzględnych lub różnicowych.

DPI 705E i DPI 705E-IS mają zintegrowane czujniki ciśnienia i są zaprojektowane do bezpośredniego połączenia z zewnętrznym zdalnym ciśnieniem lub opcjonalnymi zdalnymi czujnikami rezystancyjnego czujnika temperatury (RTD) typu *plug-and-play*, zapewniając jeszcze większą elastyczność podczas pracy w terenie. Każdy czujnik ciśnienia zawiera zintegrowane dane kalibracyjne, co oznacza, że jeden DPI 705E może być używany z wieloma zdalnymi czujnikami, pozwalając na pomiar różnych zakresów w kilka sekund. Czujniki przechowują zapis daty kalibracji, która jest przekazywana operatorowi przez odliczanie „wymaganej kalibracji” pokazane na wyświetlaczu wskaźnika ciśnienia.

Funkcję testu szczelności można szybko skonfigurować w ciągu jednej, trzech lub pięciu minut. Energooszczędna konstrukcja oznacza, że wskaźniki mogą być używane przez osiem godzin dziennie, sześć dni w tygodniu



przez rok przy użyciu jednego zestawu baterii.

Produkty DPI 705E są wytrzymałe, proste w użyciu i nadają się do powszechnych zastosowań w branżach takich, jak media, HVAC, sprzęt medyczny, laboratoria metrologiczne i pomieszczenia sterylne, a także do obsługi i konserwacji.

Wskaźniki ciśnienia i temperatury DPI 705E i DPI 705-IS są teraz wysyłane z RS w regionie EMEA oraz Azji i Pacyfiku. ■



RS Components Sp. z o.o.

ul. Domaniewska 48

02-672 Warszawa

tel. 22 223 11 11

fax 22 223 11 00

e-mail: bok@rspoland.com

pl.rs-online.com

Dzięki prawie milionowi członków na całym świecie, którzy łączą się teraz za pośrednictwem społeczności DesignSpark, jego wartość jako globalnego źródła innowacji inżynierskich stale rośnie

RS Components świętuje 10-lecie DesignSpark nowymi zasobami

Nowa strona internetowa DesignSpark, która ma zlokalizowane wersje dostępne w Chinach, Francji, Niemczech, Japonii, Ameryce Północnej i Wielkiej Brytanii, została opracowana z pomocą opinii użytkowników, aby stworzyć bardziej przejrzysty i prostszy interfejs do wyszukiwania i używania treści. Ulepszone narzędzia wyszukiwania i filtrowania oraz sekcje oznaczone kolorami również ułatwią nawigację i poprawią komfort korzystania z witryny przez użytkownika.

Od momentu wprowadzenia na rynek w 2010 roku DesignSpark zyskał uznanie w globalnej społeczności inżynierów jako zasób o wysokiej wartości, zapewniający rozwiązania projektowe i wsparcie dzięki szybkiemu prototypowaniu. Ogólnodostępny profesjonalny pakiet oprogramowania DesignSpark, obejmujący PCB, narzędzia mechaniczne i elektryczne zapewnia dostępność, która umożliwiła realizację milionów projektów na całym świecie, w których rolę odgrywają profesjonalni inżynierowie, twórcy technologii i studenci.

Ponieważ co dwie minuty na platformie DesignSpark rejestruje się nowy inżynier, społeczność DesignSpark szybko zbliża się do miliona członków. Niektóre statystyki pokazują bardzo wysoki poziom zaangażowania i popularności DesignSpark w Internecie, na przykład: co 20 sekund inżynier otwiera swoje profesjonalne oprogramowanie do projektowania; zasoby wspomagające projektowanie, takie jak modele neutralne dla CAD i ślady, są pobierane co 12 sekund; fragment treści udostępniany przez społeczność inżynierów jest wyświetlany co 4 sekundy.

Oprócz oferowania 24-godzinnego wsparcia projektowania online, DesignSpark był gospodarzem wielu inicjatyw w ciągu dekady. Należy do nich wystrzelenie figurki Supermana w przestrzeń kosmiczną za pomocą modułu Raspberry Pi i we współpracy z przedsiębiorcą technologicznym Richardem Browningiem, aby zaprezentować swoją innowację – ludzki kombinezon lotniczy z napędem. Seria podcastów DesignSpark, ze swobodnym podejściem do technologii, okazała się tak popularna, że osiągnęła wysokie 4 miejsce na liście technologii Apple Podcasts.

DesignSpark to także platforma edukacyjna, na której odbywają się projekty i konkursy, mające zainspirować młodsze pokolenie do zaangażowania się w działania STEM. W ciągu roku zostanie uruchomionych szereg konkursów na nowej stronie DesignSpark oraz w kanałach mediów społecznościowych DesignSpark, w ramach obchodów 10-lecia, oferujących interaktywne wyzwania projektowe dla inżynierów w każdym wieku.



Mike Bray, wiceprezes grupy ds. Innowacji i DesignSpark, powiedział:

– Kiedy uruchomiliśmy DesignSpark w 2010 roku, miał on wspierać inżynierów i projektantów na każdym poziomie, od studentów i hobbystów po profesjonalistów, którzy musieli stawić czoła wyzwaniom ograniczonych zespołów projektowych i potrzebie szybszego ukończenia projektów w warunkach rosnącej konkurencji. Te podstawy są nadal aktualne, a dzięki aktywnemu i ciągłemu zaangażowaniu w naszą społeczność oraz działając na podstawie opinii naszych członków, poszliśmy dalej, aby stworzyć DesignSpark jako zaufane miejsce wsparcia online dla inżynierów na całym świecie. ■

Nowa witryna DesignSpark:
www.rs-online.com/designspark.



RS Components Sp. z o.o.
ul. Domaniewska 48
02-672 Warszawa
tel. 22 223 11 11
fax 22 223 11 00
e-mail: bok@rspoland.com
pl.rs-online.com

Teraz dostępny jest raport niezakończonych połączeń i wybór siatki w obszarze pokrytym miedzią

RS Components dodaje nowe funkcje i poprawia interfejs użytkownika w bezpłatnym oprogramowaniu DesignSpark PCB w wersji 9

Oprogramowanie DesignSpark PCB to zestaw bezpłatnych narzędzi do szybkiego tworzenia prototypów płytek drukowanych, które oferują nieograniczone możliwości w zakresie liczby i wielkości schematów, liczby warstw, węzłów, płytek i połączeń. Dostępna jest także funkcja integracji z bibliotekami części RS i producentów, funkcja edycji bibliotek w celu tworzenia bibliotek niestandardowych oraz możliwość integracji z bezpłatnymi systemami CAD DesignSpark do projektowania urządzeń mechanicznych i elektrycznych. Użytkownicy, którzy wymagają bardziej złożonego zestawu reguł projektu i cech, mogą importować schematy płytek drukowanych i pliki utworzone w oprogramowaniu DesignSpark PCB do bardziej zaawansowanego oprogramowania DesignSpark PCB Pro.

Wśród nowych funkcji oprogramowania DesignSpark PCB w wersji 9 znalazła się funkcja projektowania schematów, która zapewnia obecnie raportowanie niezakończonych połączeń, ukazując wszystkie styki, w przypadku których siatka została wygenerowana, ale nie została ukończona lub przypisana. Ponadto projektanci mogą teraz wybierać siatki znajdujące się w określonym obszarze pokrytym miedzią zamiast, jak dotychczas, wybierać spośród wszystkich siatek w projekcie.

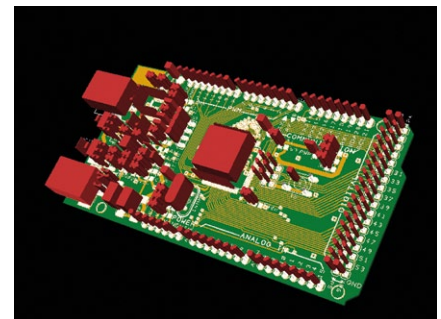
Do innych udoskonaleń należą:

- Symbole zmienione i zapisane w edytorze komponentów są teraz automatycznie aktualizowane w oknach podglądu.

- Rozmiar okien dialogowych, takich jak okno dodawania komponentu w menedżerze bibliotek, można zmienić tak, aby umożliwić odczytanie pełnych nazw komponentów.
- Opcja dodawania tekstu pozwala na wybór stylu tekstu i jego wyrównania.
- Użytkownik może wyjść z trybu „sondy krzyżowej” zaraz po dokonaniu wyboru.
- W oknie dialogowym kreślenia są dostępne przyciski ułatwiające wybór lub usunięcie wyboru wszystkich albo określonych warstw.
- Nowe kreatory bibliotek zawierają opcje tworzenia i zapisywania nowego elementu biblioteki.
- Nowy pasek przechodzenia do wybranej pozycji umożliwia wyszukiwanie komponentów według nazwy.

Maurice Banting, dyrektor ds. oprogramowania i narzędzi projektowych, skomentował to następująco:

– DesignSpark PCB to nasze najważniejsze rozwiązanie klasy podstawowej dla projektantów elektroniki, którzy mają ograniczony budżet, ale chcą poznać szerszy zakres opcji projektowania płytek drukowanych. W połączeniu z oprogramowaniem DesignSpark PCB Pro oraz szeroką gamą bibliotek modeli i wzorów płytek klienci mają dostęp do zbioru zasobów, które pomogą im skrócić czas wprowadzenia nowego projektu na rynek. Dokładamy wszelkich starań, aby na podstawie opinii użytkowników doskonalić oferowane funkcje i poprzez usuwanie przeszkód w postaci kosztów nadal ułatwiać inżynierom



z całego świata tworzenie innowacyjnych rozwiązań.

Nowi i dotychczasowi użytkownicy oprogramowania DesignSpark PCB mogą bezpłatnie pobrać wersję 9 ze strony www.designspark.com/pcb – jest ona przeznaczona do użytku prywatnego i komercyjnego. Dostępna jest także pomoc techniczna w postaci samouczków wideo, bibliotek i społeczności inżynierów korzystających z DesignSpark, która liczy ponad 850 000 osób. ■



RS Components Sp. z o.o.
ul. Domaniewska 48
02-672 Warszawa
tel. 22 223 11 11
fax 22 223 11 00
e-mail: bok@rspoland.com
pl.rs-online.com

Pomoc dla dystrybutorów w pocovidowej rzeczywistości

LOTOS Oil – spółka zależna Grupy LOTOS – uruchamia drugą edycję cieszącego się olbrzymią popularnością programu wsparcia kontrahentów. Kontynuacja programu ma nazwę „Razem w przyszłość 2.0”. Spółka gwarantuje wypłatę już w lipcu premii półrocznej i daje możliwość przenoszenia niewykorzystanych budżetów marketingowych na kolejne okresy. Chce także wspierać marketingowo swoich dystrybutorów w budowaniu ich pozycji na rynkach lokalnych poprzez promocje cenowe i z nagrodami.

Zjemy w niezwykłych czasach, które wymagają niesablonowego myślenia i elastycznego reagowania na sytuację rynkową. W naszym olejowym mikroświecie istnieje silna więź między producentem środków smarnych a ich dystrybutorem. Rodzaj współzależności, która wymaga czasem niestandardowych rozwiązań. Nasza ubiegłoroczna akcja spotkała się z bardzo dobrym przyjęciem, ponieważ oferowała realną pomoc w najtrudniejszym okresie pandemii. Postanowiliśmy ją powtórzyć i dziś, kiedy – wszystko na to wskazuje – zbliżamy się do stopniowego odmrażania gospodarki. Chcemy pomóc naszym partnerom w tym trudnym okresie – podkreśla Aleksandra Jankowska, wiceprezes Zarządu LOTOS Oil.

Wzorem ubiegłorocznej edycji, również w tym roku przygotowano szereg ciekawych rozwiązań dla kontrahentów spółki, przede wszystkim tych związanych umową dystrybutorską. Jedną z nich jest wypłata premii półrocznej już w lipcu, uwarunkowana wykonaniem planu sprzedaży. Spółka wyszła także naprzeciw oczekiwaniom partnerów handlowych i zaproponowała możliwość elastycznego przenoszenia budżetów marketingowych między okresami rozliczeniowymi.

Dystrybutorzy, którzy pomimo bardzo trudnych warunków działania w 2020 r. zrealizowali plan sprzedaży, mogą liczyć na jeszcze jedną niespodziankę. Spółka chciałaby ich wspierać w budowaniu pozycji na rynku lokalnym poprzez nowy branding ich samochodów firmowych i wizualizacji siedzib ich oraz ich klientów. Zainteresowane firmy mogą w tym zakresie liczyć na pomoc swoich opiekunów handlowych.

Zarząd spółki olejowej jest przekonany, że program „Razem w przyszłość 2.0” przyczyni się do efektywnego powrotu do normalnego funkcjonowania firm współpracujących z producentem środków smarnych i pomoże w ochronieniu niejednego miejsca pracy na polskim rynku.

– Przekonaliśmy się, że polska gospodarka okazała się znacznie bardziej odporna, niż wielu z nas przewidywało wiosną ubiegłego roku. Wracamy na dobrze znane tory wzrostu, gdzie liczy się determinacja, jakość i współpraca pomiędzy producentem, dystrybutorem i użytkownikiem – dodaje Adam Sekściński, prezes Zarządu LOTOS Oil.

Celem jest przyszłość

Poza bieżącymi działaniami, aneksami do umów czy promocjami, z których pierwsza zaczyna się już dzisiaj i skierowana jest do branży rolniczej, spółka zaplanowała również działania długofalowe. Te z kolei związane są z będącą w fazie przygotowania prac technologią wytwarzania środków smarnych w oparciu o technologie Hydrokrakingowego Bloku Olejowego – HBO.

– Rozpoczynając produkcję wysokojakościowych baz Gr. II, dołączymy do grona największych uznanych firm światowych zapewniających kompleksowe i wszechstronne zaopatrzenie rynkowe. Na nowej technologii i innowacyjności produktów w pierwszej kolejności skorzystają nasi partnerzy handlowi, którzy byli z nami w trudnym 2020 roku i są, czy też dołączą do nas w tym roku. Byliśmy razem w najtrudniejszym momencie, będziemy i teraz, kiedy świat wraca do normalnego funkcjonowania. Współpraca z nami dziś zaowocuje w przyszłości dostępem do najnowszej technologii i unikalnych technologicznie środków smarnych. Program „Razem w przyszłość 2.0” ma nie tylko pomóc w powrocie do normalności, ale także dać perspektywę na przyszłość – podsumowuje Adam Sekściński. ■



LOTOS Oil Sp. z o.o.

ul. Elbląska 135

80-718 Gdańsk

tel. 58 326 43 00

tel. kom. 801 345 678

fax 58 308 84 18

e-mail: biuro@lotosoil.pl

www.lotosoil.pl

RAZEM W PRZYSZŁOŚĆ 2.0

PROGRAM ROZWOJU Z LOTOS OIL



Innowacyjne nowości w portfolio NORD

W odpowiedzi na potrzeby klientów oraz bazując na analizie najważniejszych światowych trendów rynkowych, NORD poszerza swoje portfolio o nowe produkty. Innowacyjny DuoDrive łączy w jednej higienicznej obudowie reduktor i silnik, a zdecentralizowana przetwornica NORDAC ON sprawdzi się idealnie w aplikacjach transportu poziomego, współpracując z najwydajniejszym silnikiem NORD.

DuoDrive: reduktor i silnik w jednej obudowie – dwa w jednym

Dzięki synchronicznemu silnikowi IE5+ firma NORD DRIVESYSTEMS wyznaczyła nowe standardy w zakresie efektywności energetycznej systemów napędowych w przemyśle spożywczym i intralogistyce. Firma NORD zintegrowała wyjątkowo efektywny silnik IE5+ z jednostopniowym reduktorem walcowym, optymalizując sprawność systemową. W tym przypadku integracja oznacza umieszczenie reduktora i silnika we wspólnej obudowie. Kompaktowa przestrzeń montażowa, wysoka gęstość mocy i bardzo mała emisja hałasu to tylko niektóre z korzyści dla użytkowników z sektora intralogistyki oraz przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Ważną cechą nowego motoreduktora DuoDrive jest wysoka sprawność systemowa przy równocześnie kompaktowej konstrukcji. Ponieważ wyeliminowano wiele części podlegających zużyciu, mniejsze są również koszty konserwacji. Wraz z łatwym uruchamianiem kompletnego rozwiązania za pomocą *plug & play* znacząco obniżył się całkowity koszt utrzymania (TCO) w porównaniu z dotychczasowymi systemami napędowymi. DuoDrive nadaje się do stosowania zarówno w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, jak i w intralogistyce.



DuoDrive firmy NORD DRIVESYSTEMS jest rewolucyjną zintegrowaną koncepcją motoreduktora o higienicznej zmywalnej konstrukcji, w której silnik synchroniczny IE5+ jest umieszczony w jednej obudowie z jednostopniowym reduktorem walcowym. Szczególnie kompaktowa koncepcja Duo Drive zapewnia systemowo jeszcze większą efektywność energetyczną niż sprawdzone koncepcje, w których połączono silnik synchroniczny IE5+ z reduktorem walcowo-stożkowym NORD-BLOC®.1. Dzięki sprawności systemowej do 92% DuoDrive oferuje szczególnie dużą efektywność w danej klasie mocy i to nawet przy obciążeniu częściowym. Jest to rozwiązanie przyszłościowe, pozwalające na prawdziwą redukcję kosztów. Pierwsza dostępna wielkość DuoDrive obejmuje przełożenia

reduktora od $i = 3,24$ do $i = 16,2$ i jest przeznaczona dla zakresu momentu obrotowego do 80 Nm i prędkości obrotowej do 1000 obr./min.

NORDAC ON: nowa zdecentralizowana przetwornica – kompaktowa i wydajna

NORD DRIVESYSTEMS rozszerza swój bogaty modułowy system produktów o zdecentralizowaną elektronikę napędową. Przetwornica NORDAC ON została opracowana specjalnie do szczególnych wymagań transportu poziomego w magazynach, a także do współpracy z nowym silnikiem synchronicznym IE5+ i charakteryzuje się zintegrowanym interfejsem Ethernet, bogatymi możliwościami podłączania i wyjątkowo kompaktową konstrukcją. NORDAC ON to kompaktowa, inteligentna przetwornica do zdecentralizowanego stosowania. Jest montowana bezpośrednio na obudowie napędu i obejmuje niższe zakresy mocy do 2,2 kW. Planowane są dwa warianty, każdy w trzech rozmiarach: przetwornica NORDAC ON została zaprojektowana do pracy z silnikami asynchronicznymi, a przetwornica NORDAC ON+ jest przeznaczona do połączenia z silnikami synchronicznymi i uzupełnia asortyment wysoko wydajnych produktów firmy NORD związanych z nową generacją silników IE5+. Oba warianty przetwornic posiadają zintegrowany interfejs Ethernet, dzięki czemu są dobrze dostosowane do integracji z nowoczesnymi urządzeniami automatyki. Żądany protokół można łatwo ustawić za pomocą parametrów niezależnie od typu sieci: ProfiNET, EtherNET IP lub EtherCAT.



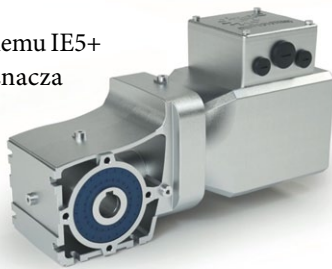
Nowa przetwornica została specjalnie dostosowana do zastosowań w zakresie transportu poziomego. Standaryzacja obejmuje wszystkie typowe wymagania branżowe i gwarantuje wysoką efektywność ekonomiczną. Wszystkie połączenia są wtykowe, uruchomienie i konserwacja na miejscu – szybko, prosto i minimalizując przypadkowe błędy. Wyposażenie obejmuje interfejs diagnostyczny, cztery wejścia cyfrowe oraz w przypadku NORDAC ON+ dodatkowy interfejs enkodera oparty na protokole, który dzięki temu jest bardziej odporny na zakłócenia. Opcjonalnie dostępne jest uszlachetnienie powierzchni nsd tupH, bezpieczeństwo funkcjonalne (STO) i wewnętrzne rezystory hamowania do dynamicznych procesów start/stop. Jeżeli montaż przetwornicy na silniku nie jest pożądanym lub możliwym, istnieje alternatywna możliwość montażu na ścianie w celu podłączenia przetwornicy blisko napędu.

Podobnie jak wszystkie przetwornice częstotliwości NORD również nowy członek rodziny NORDAC jest wyposażony w wysoko wydajny sterownik PLC, realizujący funkcje związane z napędem. Może przetwarzać dane z podłączonych czujników i aktuatorów, niezależnie inicjować sterowanie procesami

oraz przesyłać dane napędu i aplikacji do stanowiska sterowania, połączonych w sieć komponentów lub istniejącej chmury. Umożliwia to ciągłe monitorowanie stanu, a tym samym stanowi podstawę koncepcji konserwacji predykcyjnej i zoptymalizowanego wymiarowania systemu. Inteligentna, przyjazna dla użytkownika i ekonomiczna: dzięki przetwornicom NORDAC ON i NORDAC ON+ firma NORD DRIVESYSTEMS oferuje przyszłościowe rozwiązania dla mniejszych zakresów mocy i podkreśla swoją wiodącą pozycję w dziedzinie zdecentralizowanej elektroniki napędowej. Nowa przetwornica ma być dostępna jako produkt seryjny w 4 kwartale 2021 roku i początkowo wejdzie na rynek w dwóch wielkościach.

Silnik IE5+ o wielkości 90

Dzięki silnikowi synchronicznemu IE5+ NORD DRIVESYSTEMS wyznacza nowe standardy. Nowy silnik jest teraz dostępny w wersji wentylowanej lub gładkiej o mocy do 4,0 kW. Na zamówienie silniki są dostarczane z bardzo gładką powierzchnią i uszlachetnieniem powierzchni nsd tpuH. Znacznie mniejsze straty niż w serii IE4: energooszczędne silniki synchroniczne z magnesami trwałymi IE5+ firmy NORD DRIVESYSTEMS



charakteryzują się szczególnie wysoką sprawnością i szerokim zakresem momentu obrotowego. Dzięki temu optymalnie nadają się do ekonomicznej pracy przy obciążeniu częściowym. Nowe silniki IE5+ są interesujące zarówno dla intralogistyki, jak i dla obszarów o podwyższonych wymaganiach higienicznych w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym. W ubiegłym roku został zaprezentowany kompaktowy silnik IE5+ o wielkości 71, a teraz jest dostępna również wielkość 90 dla zakresu mocy od 1,1 do 4,0 kW z ciągłym momentem obrotowym od 6,8 do 18,2 Nm. Silnik zapewnia elastyczność typową dla firmy NORD: dostępny jest zarówno bezpośredni montaż na silniku, jak i montaż za pomocą adaptera NEMA i IEC, a na zamówienie są dostępne zintegrowane enkodery i hamulce mechaniczne. Ponieważ stały moment obrotowy umożliwia redukcję liczby wariantów w szerokim zakresie prędkości obrotowych, można zminimalizować koszty administracyjne oraz usprawnić procesy produkcyjne, logistyczne, magazynowe i serwisowe. Inwestycja zwraca się w krótkim czasie. Silniki synchroniczne IE5+ można łączyć w systemie modułowym ze wszystkimi reduktorami i elektroniką napędową firmy NORD DRIVESYSTEMS. W ten sposób powstaje rozwiązanie systemowe od jednego producenta, w którym wszystkie części są do siebie dobrze dopasowane. ■

NORD Napędy Sp. z o.o.

reklama



MÓJ NAPĘD JEST PRODUKCJI NORD!

NOWY SILNIK IE5+

- Kolejny poziom energooszczędności: IE5+
- Kompaktowa i higieniczna konstrukcja
- Stała wysoka wydajność w całym zakresie regulacji



REDUKTOR + SILNIK + FALOWNIK = KOMPLETNY SYSTEM NAPĘDOWY



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

Nowe dotacje – lep na przedsiębiorców

Anna Szymczak

Trwa okres posuchy w dotacjach, a dokładniej – stare dotacje z perspektywy budżetowej 2014–2020 się skończyły, a nowe dopiero się tworzą. Trwa promocja zakończonych inwestycji dotowanych z UE. Zainteresowanie tematyką dotacyjną jest duże i niektórzy próbują taką sytuację wykorzystać, aby zarobić na nieuwadze przedsiębiorców.

Naborzy wniosków z perspektywy 2014–2020 w zasadzie się zakończyły, wnioski złożone w ostatnich naborach są w trakcie oceny. Skoro nie ma naborów, to nie ma szans na podpisanie nowych umów o dotację. Z drugiej strony trwają intensywne akcje promocyjne wsparcia unijnego. Pokazuje się efekty zakończonych projektów, inwestycji z wyraźnym wskazaniem, że powstały dzięki wsparciu z dotacji UE. W spotach telewizyjnych czy radiowych prezentowane są efekty uzyskanych dotacji – nowe drogi, szkoły, oczyszczalnie, technologie itp. To podsyca zainteresowanie tematyką unijną.

Stan wiedzy na temat nowych możliwości wsparcia bazuje na dokumentach strategicznych, które mają status „projekt” i są to tylko zarysy. Takie dokumenty cechują się wysokim poziomem ogólności, co stwarza wrażenie, że na wszystko można uzyskać dotację. Dotacje dla firm są specyficzne, tzn. wielość branż, w jakich działają przedsiębiorcy, wymusza język opisu jako stosunkowo ogólny. Takie ogólne sformułowania umożliwiają snuć bardzo optymistycznych tezy, że każde zamierzenie inwestycyjne będzie dotowane. Jednak – jak pokazują doświadczenia – diabeł tkwi w szczegółach i zapis z programu operacyjnego brzmiący np.: „dotowane będą projekty mające na celu podniesienie konkurencyjności”, w regulaminie naboru może się zawęzić do: „dotowane będą projekty mające na celu wprowadzenie innowacyjnej technologii nie starszej niż 3 lata na rynku, podnoszącej konkurencyjność”. Takich niespodzianek zawsze jest sporo i znacząco zmieniają one realne szanse na uzyskanie dotacji.

Przedstawiciele niektórych firm doradczych czy wydawnictw nękają przedsiębiorców telefonami, e-mailami i ofertami na „napisanie wniosku” z nowych dotacji czy przesłanie materiałów, co do których dostęp mają już teraz tylko oni, sugerując pełną znajomość nowych warunków wsparcia.

Należy mieć świadomość, że podpisanie umowy na sporządzenie wniosku o dotację, gdy nie są znane faktycznie warunki udzielenia dotacji, jest dosyć ryzykowne, tzn. może się okazać, że dany pomysł na inwestycję nie będzie miał realnie szans na otrzymanie dotacji, a firma podejmie zobowiązanie zapłaty za napisanie wniosku o dotację na projekt, który nie ma



szans na powodzenie, czyli pozyskanie dotacji. Z tego względu należy podchodzić z dużą ostrożnością do osób proponujących pośrednictwo w pozyskaniu dotacji z programów, które jeszcze nie są zatwierdzone. Na wielu stronach instytucji zarówno krajowych, jak i regionalnych, zajmujących się naborami wniosków i rozdzielaniem dotacji, publikowane są już ostrzeżenia przez nieuczciwymi praktykami podmiotów, jednak osoby mniej zorientowane w systemie dotacyjnym – nie wchodzą na te programowe strony, stąd ostrzeżenie do nich nie dociera.

Skala takich drobnych oszustw jest duża i niedoszacowana, bo nie każdy zdaje sobie sprawę z tego, że dał się złapać na lep obietnic „łatwych dotacji”, a problem wyjdzie na jaw dopiero po złożeniu wniosku, gdy okaże się, że projekt jest kompletnie nietrafny tematycznie. Za kilka miesięcy będą ogłoszone nowe konkursy dla przedsiębiorstw i ruszy nowe rozdanie. Ważne jest, aby do tego czasu – w oczekiwaniu na nowe szczegóły programów – nie paść ofiarą bardzo kreatywnych pseudodoradców, którzy szukają sposobu, jak wyłudzić środki od firm.

Anna Szymczak, e-mail: a.szymczak@ms-consulting.pl



MS-CONSULTING

ul. Warszawska 43

61-028 Poznań

tel. 61 826 61 30

fax 61 624 77 76

www.ms-consulting.pl

Zdalny serwis z zastosowaniem CS-RHC (Control-Service Remote Helmet Controller)

Przedstawiamy nową usługę dedykowaną firmom, które chcą zachować ciągłość produkcji, jednocześnie zwiększając bezpieczeństwo i komfort pracowników. Przygotowaliśmy zestaw, który umożliwia wsparcie techniczne na odległość. CS-RHC (Control-Service Remote Helmet Controller) to specjalnie przygotowany kask, dzięki któremu połączysz się z inżynierem Control-Service i zdalnie przeprowadzisz serwis.



Zmiana organizacji pracy, zaostroszony reżim sanitarny, dbanie o komfortowe warunki i bezpieczeństwo pracowników... To tylko niektóre z wyzwań, z którymi mierzą się firmy w czasach pandemii. Zachowaniu dystansu społecznego sprzyja praca zdalna czy wirtualne spotkania. Biorąc to pod uwagę, stworzyliśmy CS-RHC (Control-Service Remote Helmet Controller).

Jeden kask, wiele korzyści

Korzystając z naszej oferty zdalnego serwisu z zestawem CS-RHC:

- przeprowadzisz ekspresową diagnostykę, oszczędzając czas oczekiwania na przyjazd naszych inżynierów;
- wykonasz samodzielnie drobne naprawy;
- poznasz jeszcze lepiej sprzęt, na którym pracujesz;

- zadbasz o bezpieczeństwo pracowników, ograniczając ich kontakt z osobami z firm zewnętrznych;
- zoptymalizujesz koszty serwisu, eliminując wydatki związane z dojazdem.

Specyfikacja kasku

CS-RHC to dedykowany kask umożliwiający zdalne uruchomienie napędu, parametryzację, diagnostykę urządzenia oraz wykonanie prostych napraw. CS-RHC łączy się z siecią za pośrednictwem WiFi lub LTE. Dla większego komfortu użytkownika został wyposażony w zestaw słuchawkowy z aktywną redukcją hałasu oraz kamerę zamontowaną na złączu magnetycznym, ułatwiającym natychmiastowy demontaż, a tym samym łatwą zmianę perspektywy ujęcia. Dodatkowo narzędzia, takie jak TeamViewer i MCT, umożliwiają stały

nadzór i profesjonalne, zdalne wsparcie prac diagnostycznych i serwisowych. Jest to możliwe dzięki ścisłej współpracy (w trybie online) pracowników Działu Utrzymania Ruchu oraz Inżynierów Serwisu i Wsparcia Technicznego Control Service. Nasz Inżynier Serwisu przeprowadza krok po kroku pracownika UR przez proces diagnostyki i naprawy, a w razie potrzeby pomoże wykonać parametryzację urządzenia, działając wprost na pulpicie użytkownika.

reklama

CONTROL-SERVICE

WSPIERAMY PRZEMYSŁ OD 20 LAT

**AUTOMATYKA
PRZEMYSŁOWA**

**DYSTRYBUCJA I
SERWIS NAPĘDÓW
ELEKTRYCZNYCH**

SZKOLENIA



Solution Partner
Automation Drives

SIEMENS



Wonderware CERTIFIED

System Integrator Partner

SYSTEM PLATFORM



Danfoss

Danfoss Drives
Authorized Partner



+48 12 269 75 80

info@control-service.pl

www.control-service.pl



Szkolenia

Zdalne wsparcie oferujemy także pod postacią szkoleń online. Wiemy, jak często ważna jest szybka reakcja na pojawiające się błędy czy awarie. Kadra pracownicza posiadająca odpowiedni poziom wiedzy, pomoże rozwiązać techniczne problemy i skrócić czas postoju

do minimum. W naszej ofercie znajduje się szkolenie z obsługi i diagnostyki przetwornic częstotliwości, które teraz dostępne jest także w wersji online. Program szkolenia, jego zakres, termin i miejsce realizacji dostosowujemy do potrzeb klienta. Prowadzący to doświadczeni inżynierowie serwisu i wsparcia technicznego, mający na swoim koncie setki zakończonych sukcesem spraw serwisowych.

Zapraszamy do współpracy

Jeśli chcesz skorzystać ze zdalnego serwisu, zapytać o ofertę szkoleniową lub uzyskać więcej informacji, wejdź na stronę www.control-service.pl.

Zachęcamy również do obserwowania naszych profili w portalach społecznościowych, by być na bieżąco z informacjami dotyczącymi napędów, serwisu i automatyki przemysłowej. Jesteśmy na LinkedInie, Facebooku i YouTube pod nazwą Control-Service. ■

CONTROL-SERVICE

Control-Service

ul. Piłk. Dąbka 17

30-732 Kraków

tel. 12 269 75 80

e-mail: info@control-service.pl

www.control-service.pl

WYDARZENIA

● Trwająca już ponad rok pandemia COVID-19 kompletnie zmieniła nasz sposób myślenia. Stała się także zjawiskiem, które wymusiło szereg zmian w całej gospodarce, a tym samym w całym przemyśle. Mimo pandemii i związanej z nią wysokiej niepewności na rynkach Polska Chemia nieustannie inwestuje. Największe krajowe spółki chemiczne realizują kluczowe projekty rozwojowe, a także zapowiadają kolejne.

Jak podaje w raporcie branżowym Departament Rynków Finansowych i Analiz Banku Ochrony Środowiska, w większości sektorów przemysłu w okresie marzec-maj 2020 roku nastąpił spadek produkcji. Było to spowodowane niepewnością związaną z pandemią, a także problemami w ramach globalnych łańcuchów dostaw, które pojawiły się w tamtym czasie. Jednak zdecydowana większość branż odrobiła te zaległości, dzięki czemu można było kontynuować rozpoczęte inwestycje i planować kolejne.

W co inwestować w tych niepewnych czasach? Polska Chemia pokazuje, że możliwości jest co najmniej kilka. Przede wszystkim dobrym rozwiązaniem jest pójście w kierunku zmian, które pozwalają utrzymać konkurencyjność przedsiębiorstw na wysokim poziomie. Dobrym przykładem jest cyfryzacja, która w wyniku pandemii zyskała na znaczeniu jeszcze bardziej, gdy konieczne stało się przeniesienie

wielu aspektów biznesu do przestrzeni online. Inwestycje w technologie 4.0 umożliwiają opracowanie i tworzenie lepszych produktów, przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia surowców, czasu czy innych kluczowych zasobów. Nie można przy tym zapominać, że cyfryzacja to z jednej strony zapotrzebowanie na ogromne środki finansowe, a z drugiej na odpowiednio wykwalifikowane kadry. W obliczu wyzwań, które stoją przed całym polskim przemysłem, nie tylko tym chemicznym, kluczowe są więc inwestycje w kapitał ludzki oraz przedsięwzięcia badawczo-rozwojowe.

Polska Chemia ponosi także nakłady finansowe pozwalające na zwiększenie lub rozszerzenie produkcji, rozbudowę bądź dostosowanie instalacji tak, aby jak najlepiej wykorzystywać moce produkcyjne. Wszystko to jednak musi iść w parze z dostosowaniem procesów technologicznych do regulacji klimatycznych i środowiskowych w zgodzie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu.

Wśród inwestycji proekologicznych dostrzec można dominujący kierunek – aż 85% z nich związanych jest z ochroną powietrza atmosferycznego i klimatu.

– Znaczna część nakładów przeznaczana jest na poprawę bezpieczeństwa w produkcji i dystrybucji substancji chemicznych oraz wdrażanie nowoczesnych, innowacyjnych technologii prośrodowiskowych – mówi dr inż. Tomasz

Zieliński, Prezes Zarządu Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego.

– Cały świat dąży do zrównoważonego rozwoju, stara się być bardziej „eko”, a Polska Chemia, jako sektor kluczowy i odpowiedzialny społecznie, chce dawać dobry przykład. A niestety nie zawsze widać, jak jest duży, bo nie zauważamy na co dzień rozwoju materiałów do turbin wiatrowych, lekkich tworzyw, biopaliw itp. Zielonej rewolucji bez chemii nie będzie – dodaje.

Wszelkie inwestycje w polskim przemyśle chemicznym to działania długofalowe. W związku z tym tak ważne regulacje i przepisy muszą być przejrzyste i przewidywalne. Do tego konieczna jest współpraca zarówno z administracją krajową, jak i unijną. Tylko to pozwoli wypracować i wdrożyć „zielone” założenia, które będą nie tylko proekologiczne, lecz także efektywne biznesowo.

Skąd na takie inwestycje brać zatem fundusze? Rozwiązaniem mogą okazać się unijne programy FENG i FEnIKS. Dzięki nim możliwe będzie wsparcie środowisk naukowych w obszarze badań i rozwoju, co w konsekwencji sprawi, że przedsiębiorstwa będą mogły dalej się rozwijać. Szansą na pozyskanie dodatkowych środków może być również Krajowy Plan Odbudowy, którego zasoby, według ministerialnych zapowiedzi, mają zostać uruchomione jeszcze w tym roku.

Źródło: Polska Izba Przemysłu Chemicznego

Falownik solarny / ładowarka serii SPV18 VPM off grid firmy Sanyu

Jerzy Sobczak

Kwestia ceny energii dostarczanej do domu lub przedsiębiorstwa to często pojawiający się problem, który powoduje, że wiele osób zaczyna poszukiwać alternatywnych rozwiązań. Jednocześnie coraz większy nacisk kładziony jest na tak zwaną „zieloną energię”, czyli energię pochodzącą ze źródeł odnawialnych. W związku tymi dwoma postulatami coraz bardziej prężnie rozwijają się układy fotowoltaiczne, pozwalające na pozyskiwanie energii elektrycznej z energii słonecznej. W uproszczeniu, składają się one z kolektorów słonecznych połączonych z układem sterująco-przetwarzającym, czyli falownikiem solarnym. To on odpowiedzialny jest za zmianę energii słonecznej w prąd zmienny i zasilanie sieci znajdującej się w budynku. Dlaczego jednak wykorzystanie układów fotowoltaicznych jest takie korzystne? Przede wszystkim dlatego, że maksymalne wykorzystanie energii słonecznej prowadzi do uniezależnienia się (całkowitego lub częściowego) od zewnętrznej



sieci elektrycznej i znacząco obniża koszt rachunków za prąd. W niektórych przypadkach instalacja systemu fotowoltaicznego może wręcz prowadzić do uzyskiwania przychodów.

Co więcej, energia słoneczna, jako pochodząca z odnawialnego źródła, należy do grupy „zielonej energii”. Jej wykorzystywanie nie prowadzi do zanieczyszczenia środowiska, co jest

reklama



kupuj on-line
sanyu.eu/sklep

+48 32 345 20 20
info@sanyu.eu
www.sanyu.eu



SANYU.eu
falowniki • softstarty









obecnie jednym z ważnych wyzwań, stojących przed każdym właścicielem nieruchomości.

Warto także zauważyć, że panele słoneczne uważane są za rozwiązanie przyszłościowe. Wyposażenie budynku w układ fotowoltaiczny z wysokosprawnym falownikiem jest więc inwestycją na lata, która w przyszłości może nawet zwiększyć wartość nieruchomości.

Wielofunkcyjny falownik solarny z ładowarką akumulatorową łączy w sobie funkcje falownika, ładowarki słonecznej i ładowarki akumulatorów, aby zapewnić nieprzerwane zasilanie urządzeń zewnętrznych. Uniwersalny

wyświetlacz posiada konfigurowalne przez użytkownika przyciski, pozwalające monitorować prąd ładowania akumulatora, ustalać priorytet ładowarki AC/słonecznej oraz ustawiać dopuszczalne napięcie wejściowe w zależności od różnych zastosowań. Jednofazowy przemiennik częstotliwości/ładowarka akumulatorów SPV18 VPM dedykowany jest do pracy w warunkach domowych, w których pozwala łączyć system solarny z siecią elektroenergetyczną lub innym źródłem napięcia zmiennego (generator). Na wyjściu oferuje uzyskanie napięcia sinusoidalnego, do którego podłączyć możemy urządzenia domowe oraz

baterię akumulatorów. Zastosowanie trzech falowników pozwala na powstanie sieci trójfazowej o odpowiedniej mocy. Falownik SPV18 VPM pracuje w zakresie mocy od 1 do 5 kW. Ma możliwość ładowania baterii akumulatorów napięciem 12 V, 24 V lub 48 V. Posiada pełen zakres funkcji zabezpieczających, został wyposażony w funkcję „zimnego startu”. Więcej informacji znajdą Państwo na naszej stronie www.sanyu.eu. ■



www.sanyu.eu

Za nami INNOFORM® online

INNOFORM® online, tegoroczna wersja dobrze już znanych bydgoskich targów, skutecznie połączyła branżę narzędziowo-przetwórczą. Patronat strategiczny nad wydarzeniem objął Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego. Trzydniowe wydarzenie (20–22.04.2021), organizowane przez Bydgoski Klaster Przemysłowy oraz Targi w Krakowie, dzięki ciekawemu połączeniu konferencji, giełdy kooperacyjnej i spotkań biznesowych z prezentacjami konkretnych rozwiązań zgromadziło w sumie ponad 600 uczestników.

Cele biznesowe? Zrealizowane!

Wprawdzie wszyscy podkreślali, że nic nie zastąpi spotkań na żywo w Bydgoszczy, jednak uczestnicy potwierdzają, że udało im się zrealizować cele biznesowe.

– Targi INNOFORM® jak co roku były doskonałą okazją do poznania najnowszych trendów i technologii dla branży narzędziowo-przetwórczej. Debaty, prezentacje biznesowe i giełda kooperacyjna

pozwoły na wymianę doświadczeń oraz nawiązanie nowych kontaktów handlowych – powiedział Marcin Kozłowski, Prezes Zarządu, Baumalog Sp. z o.o., który podczas swojej prezentacji biznesowej zaprezentował produkty Moduła dedykowane do bezpiecznego składowania narzędzi i elementów produkcyjnych w wielu branżach.

Jak podkreślił, firma jest zadowolona z dużego zainteresowania tematem automatyzacji procesów magazynowych i planuje udział w kolejnej edycji wydarzenia.

Aktualne tematy w branży?

Omówione!

Pierwszego dnia zorganizowano międzynarodową konferencję pt. „ECO-DESIGN i Covid 19 – wyzwania i możliwości rozwoju branży narzędziowo-przetwórczej”, w czasie której odbyły się dwa panele dyskusyjne. Jak podkreśla Katarzyna Meger – Prezes Zarządu Bydgoskiego Klastra Przemysłowego – poruszono najbardziej aktualne tematy:

– Jeden z paneli dotyczył analizy bieżącej sytuacji w firmach w czasie pandemii, jakie trudności napotykały przedsiębiorcy oraz jakie są możliwości ich dalszego rozwoju. Poruszona została również kwestia roli, jaką branża narzędziowa odgrywa w rozwoju gospodarczym regionu, jak i całego kraju. Wprowadzeniem do dyskusji było przedstawienie wyników raportu „Analiza branży narzędziowej w aspekcie przetwórstwa tworzyw polimerowych”. W drugim panelu tematem przewodnim były zmiany w ustawodawstwie Unii Europejskiej, wprowadzające nowe podejście w gospodarowaniu materiałami – gospodarki obiegu zamkniętego. Poruszona została m.in. tematyka roli stosowania zasady ECO-DESIGN na etapie projektowania narzędzi do przetwórstwa tworzyw polimerowych, wdrażania rozwiązań Circular Economy, omówiono również doświadczenia i wyzwania związane z pracą narzędzi podczas przetwarzania tworzyw biodegradowalnych oraz zagadnienia recyklingu

reklama



Najnowsze informacje ze świata robotyki

katalog branżowy | aplikacje robotów | targi



tworzyw. Wśród panelistów znajdowali się zarówno przedstawiciele administracji, jak i świata nauki oraz biznesu, prowadzący działalność na każdym z etapów cyklu życia produktu.

Współpraca biznesowa?

Nawiązana!

Drugiego dnia, w środę 21 kwietnia, odbyła się piąta edycja Giełdy Kooperacyjnej INNOFORM. Lidia Chumowicz, kierownik Ośrodka Sieci Enterprise Europe Network przy Toruńskiej Agencji Rozwoju Regionalnego SA, organizator wydarzenia, na gorąco tak podsumowała event:

– Tegoroczna edycja, po raz pierwszy w formule online, okazała się strzałem w dziesiątkę. Dlaczego? Po raz pierwszy w komfortie własnych domów czy biur zarejestrowani uczestnicy mogli połączyć się z potencjalnymi partnerami biznesowymi oddalonymi o setki, a nawet tysiące

kilometrów. Ponad 120 zarejestrowanych uczestników, prawie 80 spotkań bilateralnych, w tym 69 spotkań o charakterze międzynarodowym (...). Pierwsze, jeszcze gorące relacje przedsiębiorców pokazują, iż gros tychże spotkań rokuje potencjałem nawiązania współpracy.

Praktyczne rozwiązania?

Znalezione!

W tym samym czasie trwały prezentacje biznesowe, które zostały zaplanowane aż na dwa dni. Liderzy branży zaprezentowali najnowsze produkty i usługi dostępne na rynku. Jak zauważa Eduard Hoess, Specjalista ds. skanowania 3D/ Specjalista ds. obsługi klienta z firmy BA POLONIA MAIOR Sp. z o.o., wydarzenie było „okazją do inspirującej wymiany myśli, informacji i doświadczeń. Format wydarzenia nowoczesny, wygodny i łatwy w obsłudze”. Wśród tematów prezentacji pojawiły się m.in.: skanowanie

3D, optymalizacja wydajności produkcji, prezentacja pierwszej na świecie Platformy Robotów, narzędzia dedykowane dla przemysłu form i matryc.

INNOFORM® online przyniósł realne korzyści uczestnikom, którzy w tym trudnym czasie zyskali szansę na efektywną wymianę kontaktów i wiedzy. Z pewnością także jeszcze długo będzie trwał ruch na stronie internetowej innoform.pl, gdzie organizatorzy przygotowali wirtualną platformę prezentacji i usług. Ma ona charakter e-katalogu firm, który umożliwi szybki kontakt z danym producentem. Katalog będzie dostępny w sieci do 30 czerwca 2021 roku, przez cały ten czas jest możliwość dodania swojej wizytówki. Zainteresowane firmy zapraszamy do kontaktu. Do pobrania są również nagrania wydarzenia. Nie zmienia to jednak faktu, że wszyscy czekamy na kolejne spotkanie – już na żywo – w 2022 roku. ■

Liczniki produkcyjne LDP800

Liczniki produkcyjne serii LDP800, z dużym ekranem LED, mogą pokazać dużo więcej niż tylko wynik produkcji w sztukach, dzięki czemu stają się ekonomicznym narzędziem do analizy przebiegu procesu produkcyjnego. Ich oprogramowanie wylicza wszystkie najważniejsze parametry procesu, takie jak: wynik, wynik procentowo, wydajność, czas taktu i czas pracy. Duży kolorowy ekran zapewnia czytelność danych nawet z odległości kilkudziesięciu metrów. Na ekranie wyniki wyświetlane są wraz z opisem tekstowym. Nowością w tego typu urządzeniach jest stała dostępność wszystkich wyliczanych zmiennych. W czasie pracy zmienne są na bieżąco aktualizowane, a operator przez naciśnięcie przycisku może wybrać, które z nich znajdują się na ekranie. Przykładowo: wybrać na początek zmienne „Plan” i „Wynik”, a w trakcie pracy wywołać na ekran zmienne „Czas” i „Wydajność”. Przed rozpoczęciem zmiany można wprowadzić dwa stałe parametry: plan (*target*) i czas taktu. Wielkość planu może być wyświetlona wprost na ekranie, ale także służy do obliczenia procentowego zaawansowania pracy. Czas taktu jest podstawą wyliczenia wydajności procentowo, względem wartości zadanej. Poza tym służy do taktowania pracy, jeśli wywołujemy na ekran zmienną „timer cykliczny”.

Liczniki wielofunkcyjne SEM mają cztery wejścia dwustanowe, które można konfigurować jako licznikowe lub sterujące.

Przewidziano funkcję sumowania impulsów z kilku wejść licznikowych – odejmowania stanu wybranego licznika, aby w wyniku łącznym była uwzględniona liczba braków. Wyjścia przekaźnikowe służą do sygnalizacji, np. przekroczenia czasu taktu lub wystąpienia przestoju, a interfejs szeregowy pozwala na zdalny odczyt danych. ■

✉ Marcin Świątliński

SEM, www.sem.pl

reklama



2017-03-06 12:14:25
OEE: 65.1% PLN: 69
CEL: 6580 WYN: 55
ZATRZYMANE EFF: 0.0%

Monitoring produkcji
Wyświetlacze
Mierniki
Liczniki
www.sem.pl

SEM

Diagnostyka drganiowa maszyn i zespołów maszynowych

Sławomir Szymaniec, Marek Kacperak

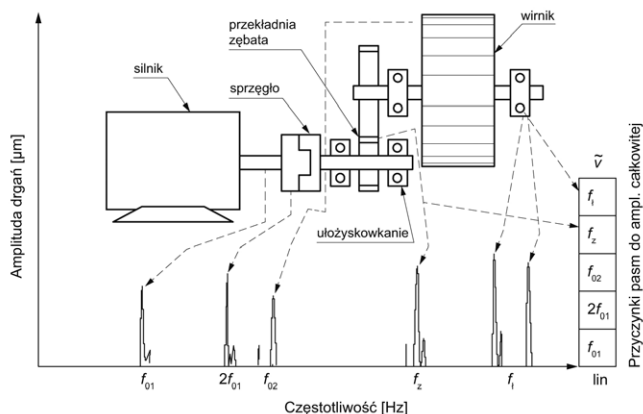
1. Wprowadzenie

Wieloletnie doświadczenia autorów w utrzymaniu ruchu w przemyśle oraz w drganiowej eksploatacyjnej diagnostyce maszyn pozwoliły ustalić podstawowe, dominujące zjawiska dynamiczne w zespołach maszynowych cementowni, ich przyczyny oraz wpływ na pracę cementowni. Wiarygodna diagnostyka maszyn jest możliwa tylko przy dobrej znajomości potencjalnych uszkodzeń maszyn i sposobów ich rozróżnienia.

Zadaniem specjalisty ds. diagnostyki, oprócz oceny ogólnego stanu dynamicznego maszyn i prognozy dalszej ich eksploatacji, jest identyfikacja uszkodzenia konkretnej części maszyny. Analiza sygnałów diagnostycznych maszyn w dziedzinie częstotliwości i czasu jest podstawą ich rozpoznania [266].

Na rysunku 1 przedstawiono występujące najczęściej źródła wymuszeń drgań zespołów maszynowych w cementowniach oraz odpowiadające im częstotliwości drgań [53, 54, 149, 150, 266]. Przyjęto następujące oznaczenia:

- f_{01} – częstotliwość obrotowa napędu;
- $2f_{01}$ – 2-krotność częstotliwości obrotowej napędu;
- f_{02} – częstotliwość obrotowa maszyny napędzanej;
- f_z – częstotliwość ząbkowania przekładni;
- f_i – częstotliwość łożyskowa.

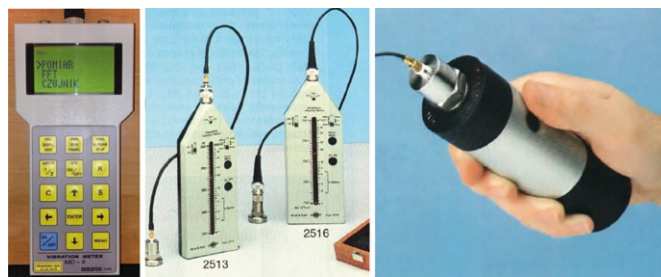


Rys. 1. Obraz widmowy drgań elementów maszyny prostej

Czołowe firmy produkujące profesjonalną aparaturę do pomiarów i analizy sygnałów, w tym aparaturę diagnostyczną dla potrzeb przemysłu, w swojej ofercie mają zwykle trzy grupy produktów [213–229, 266]:

- proste, przenośne mierniki danego sygnału;
- przenośne analizatory sygnału jedno-, dwu- lub czterokanałowe o rozbudowanym menu, zbieracze danych;
- aparaturę stacjonarną do monitoringu, systemy online.

Diagnostyka układów elektromechanicznych w przemyśle opiera się w głównej mierze na pomiarach sygnałów: napięciowego, prądowego, drganiowego, wyładowań niezupełnych oraz temperatury maszyn i urządzeń, a następnie na analizowaniu otrzymanych wyników [53, 54, 149, 150, 251–269].



Rys. 2. Przykładowe proste mierniki do pomiaru drgań wraz z ręcznym kalibratorem toru pomiarowego [32, 99]



Rys. 3. Przykładowe przenośne analizatory sygnału: (a–c) jedno-, (d) dwu- oraz (e) czterokanałowe o rozbudowanym menu, w tym zbieracze danych stosowane w opolskich cementowniach [32, 212–228, 266]

Pomiary sygnałów diagnostycznych wykonywane są bardzo często za pomocą prostych mierników (rys. 2) lub przenośnych analizatorów sygnału jedno-, dwu- lub czterokanałowych (rys. 3) o rozbudowanym menu, w tym zbieraczy danych. Są to najczęściej urządzenia o znacznych możliwościach pomiarowych, co umożliwia diagnozowanie uszkodzeń zespołów elektromechanicznych.

Bardzo ważną czynnością w diagnostyce [53, 54, 267] jest obserwacja trendu danego sygnału oraz prowadzenie dokumentacyjnego archiwum historii pracy maszyny. Aby to wykonać, należy dane pomiarowe odczytać i przesłać do komputera.

Prawie wszystkie analizatory mają interfejs umożliwiający transmisję danych i zdalne sterowanie, odpowiednie oprogramowanie umożliwia komunikację i przesyłanie danych.

Wykorzystywanie analizatorów sygnałów dodatkowo do celów badawczych stawia przed oprogramowaniem analizatorów specyficzne wymagania, które należy uwzględnić przy tworzeniu oprogramowania przeznaczonego do diagnostyki maszyn w przemyśle. Każdy z analizatorów powinien mieć możliwość „organizacji” pomiarów przemysłowych wg tzw. „ścieżki pomiarowej” (precyzyjnego menu pomiarów).

2. Niewyważenie wirników

2.1. Przyczyny niewyważenia

Niewyważenie wirników jest jedną z podstawowych przyczyn złego stanu dynamicznego maszyn. Amplituda drgań maszyny jest wprost proporcjonalna do wielkości niewyważenia. Za pomocą prostych obliczeń można wykazać, że już przy prędkości obrotowej 3000 obr./min przesunięcie środka ciężkości wirnika z osi obrotu tylko o 100 μm wywołuje reakcje dynamiczne na łożyskach (siła odśrodkowa) równe w przybliżeniu ciężarowi wirnika [53, 54, 149, 150, 266, 273].

Przyczyny niewyważenia bywają następujące [53, 54, 149, 150, 266, 273]:

- wady materiałowe;
- błędy konstrukcyjne;
- błędy wykonawstwa;
- błędy montażu;
- deformacje termiczne;
- luzowanie elementów wirnika i ich przemieszczenie;
- erozja wirnika i osady na wirniku;
- korozja materiału wirnika;
- kawitacja w pompach;
- pełzanie materiału wirnika;
- przytarcie wirnika;
- czynniki hydro-aerodynamiczne.

2.2. Charakterystyka składowych drgań

Drgania maszyny spowodowane statycznym niewyważeniem wirnika pojawiają się głównie w płaszczyźnie promieniowej i stycznej, przy czym drgania obudów łożysk w kierunku poprzecznym są współfazowe. W przypadku wirników przewieszonych (wirnik zamocowany na końcu wału poza łożyskowaniem) bardziej znaczące drgania mogą się pojawić w kierunku osiowym. Amplituda drgań jest stała.

W widmie drgań wyraźnie dominuje składowa o częstotliwości obrotowej wirnika f_{01} – rys. 4. W przypadku ugięcia wału występują drgania promieniowe i osiowe, przy czym drgania promieniowe są współfazowe, natomiast drgania osiowe są przeciwfazowe [53, 54, 149, 150, 266, 273].

Następuje zmiana fazy drgań w trakcie eksploatacji maszyny w płaszczyźnie promieniowej. Amplituda drgań jest większa w kierunku najmniejszej sztywności (typowo w płaszczyźnie poziomej). Pojawia się duża amplituda drgań przy „przejściu” przez prędkość krytyczną. Ma miejsce przesunięcie krytycznej częstotliwości w wyniku nieliniowej odpowiedzi układu wirującego – rys. 5.

Cantoni[®]

GROUP

GENERAL PURPOSE SINGLE-PHASE INDUCTION MOTORS



1~ MOTORS



CANTONI
MOTOR

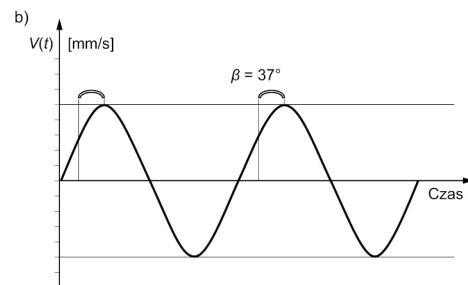
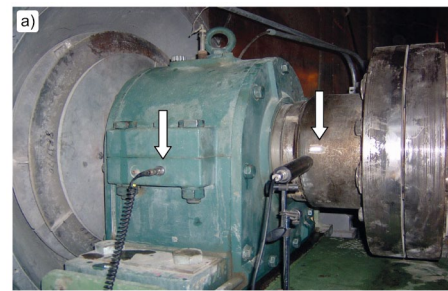
Product Catalogue

Zapraszamy do
zapoznania się
z najnowszym katalogiem
silników jednofazowych
Grupy Cantoni na

www.cantonigroup.com



że dopiero po piaskowaniu wentylatora osiąga się bardzo niski poziom drgań. Jeżeli czyszczenie nie przyniosło oczekiwanych rezultatów, należy ustalić, czy wzrost drgań nie jest spowodowany pogorszeniem osiowania. Skuteczną czynnością, która umożliwi wykluczenie ewentualnej nieosiowości jako przyczyny wzrostu drgań, jest zatrzymanie zespołu maszynowego i sprawdzenie osiowości układem laserowym. Przy tej okazji należy sprawdzić wszystkie mocowania, stan śrub, nakrętek, szpilek i tulei w sprzęgle, fundamentów i konstrukcji wsporczych. Po wykluczeniu jako przyczyny wzrostu drgań nieosiowości i anomalii w sprzęgle oraz w fundamencie i konstrukcji wsporczej ponownie należy uruchomić zespół maszynowy, zmierzyć drgania i sprawdzić, czy kąt fazowy składowej obrotowej mierzony względem znacznika na wale zmienia się adekwatnie do zmian kąтового położenia czujnika drgań na obudowie łożyska silnika – rys. 6. Jeżeli faza „podąża” za czujnikiem, to najprawdopodobniej przyczyną wzrostu intensywności drgań jest niewyważenie. Przykładowo, gdy dla położenia czujnika drgań w kierunku H, tak jak na rys. 6, zmierzony kąt fazowy dla składowej $1\times$ względem znacznika na wale $\beta = 37^\circ$, to po przemieszczeniu czujnika drgań o 180° (kierunek H po drugiej stronie łożyska) $\beta = 37^\circ + 180^\circ$, z zachowaniem pewnych tolerancji odchyłek akceptowanych przez doświadczenie mierzącego.




Rys. 6. Pomiar drgań przykładowego zespołu maszynowego dużego wentylatora w celu stwierdzenia, czy przyczyną nadmiernych drgań jest niewyważenie: a) widok usytuowania czujnika drgań, czujnika fazy (lunetki) oraz znacznika na wale; b) idea pomiaru kąta fazowego dla składowej $1\times$ względem znacznika na wale [266]

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 33 815 60 31 - 35; fax: +48 33 815 93 63

http://www.befared.pl; email: befared@befared.pl

3. Niewspółosiowość maszyn

3.1. Typy niewspółosiowości

Na podstawie literatury [53–55, 149, 150, 178, 215, 266, 273] można wyciągnąć wnioski, że nawet ponad połowa wszystkich przedczesnych uszkodzeń maszyn jest spowodowana przez niewłaściwe ich ustawienie (nadmierna niewspółosiowość). Silnik i napędzana maszyna są na ogół konstrukcyjnie rozdzielone i połączone końcówkami wałów przy użyciu sprzęgieł. Elementy te często nie są jednak połączone współosiowo. Wyszczególnić można trzy typy rozosiowania (rozcentrowania wałów): promieniowe, kątowe i mieszane (rys. 7–11). Powstają one w wyniku błędów wytwórczych i montażowych.

Nieosiowość równoległą, tzw. „korbę”, w trakcie pomiarów diagnostycznych rozpoznajemy po dużych drganiach w kierunku promieniowym, dla których różnica fazy przy pomiarach w pobliżu sprzęgła jest bliska 180° , rys. 8 (patrz na kierunki umieszczenia czujników). Często składowa obrotowa w widmie ($2 \times \text{RPM}$) ma większą wartość od składowej $1 \times \text{RPM}$, lecz jej wartość w stosunku do $1 \times \text{RPM}$ jest uzależniona od rodzaju sprzęgła (jego konstrukcji). Kiedy rozosiowanie jest duże, może powodować pojawienie się w widmie wyższych harmonicznych ($4 \times \text{RPM} - 8 \times \text{RPM}$) lub nawet całej serii wyższych harmonicznych, co skutkuje powstaniem widma podobnego do widma charakterystycznego dla mechanicznych luzów. Konstrukcja sprzęgła ma duży wpływ na postać spektrum drgań.

Niewspółosiowość kątową („rozwarcie na sprzęgle”) rozpoznaje się po dużych drganiach poosiowych, dla których różnica fazy przy pomiarach w pobliżu sprzęgła jest bliska 180° – rys. 10 (patrz na kierunki umieszczenia czujników). Duże drgania poosiowe mają w widmie składowe o częstotliwościach obrotowych $1 \times \text{RPM}$, $2 \times \text{RPM}$ i $3 \times \text{RPM}$ (rys. 10). Takie objawy mogą również wskazywać na problemy ze sprzęgłem.

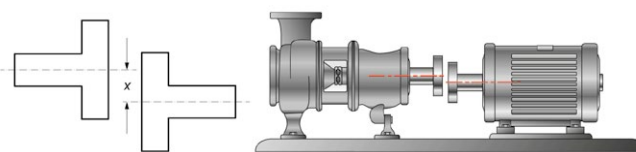
Zilustrowane powyżej przypadki nieosiowości należy rozpatrywać przestrzennie, dotyczą one bowiem zarówno płaszczyzny pionowej, jak i poziomej.

Istotnym zagadnieniem przy rozpatrywaniu nieosiowości jest sposób jej definiowania. Nieosiowość kątowa jest podawana jako kąt (w stopniach lub radianach) lub w mm w odniesieniu do 100 mm średnicy sprzęgła – rys. 11. Definicję niesiowości można znaleźć np. w pracy [178]: nieosiowość jest to maksymalne przesunięcie przypadające na odległość między powierzchniami czołowymi wałów.

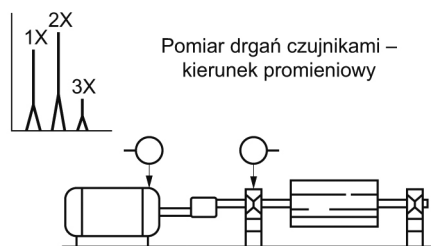
Najczęściej w aparaturze służącej do pomiarów osiowości metodą laserową mikroprocesor przelicza i podaje przesunięcie równoległe [mm] oraz nieosiowość kątową [mm/100 mm], co odpowiada konkretnemu kątowi θ .

3.2. Charakterystyka składowych drgań

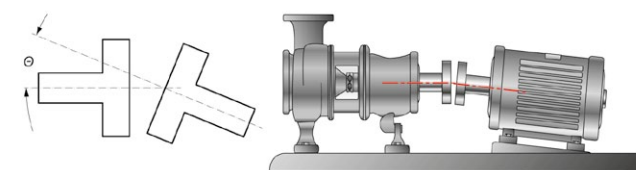
Niewspółosiowość elementów maszyny wywołuje drgania w płaszczyźnie promieniowej i w kierunku osiowym. Widmo drgań często charakteryzuje się wzrostem wartości składowych o częstotliwościach równych pierwszej i drugiej wielokrotności częstotliwości obrotów wirnika. Jeżeli amplituda drugiej składowej harmonicznej w kierunku osiowym przekracza 75% amplitudy pierwszej składowej w kierunku promieniowym, to stan taki może spowodować awarię maszyny [53–55, 149, 150, 266].



Rys. 7. Niewspółosiowość równoległa (promieniowa) [178]



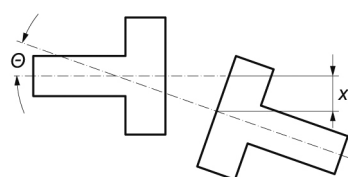
Rys. 8. Niewspółosiowość równoległa (promieniowa): po lewej u góry – charakter widma w kierunku promieniowym (wyniki pomiarów drganiowych w uproszczeniu); u dołu – relacje fazowe na łożyskach [273]



Rys. 9. Niewspółosiowość kątowa [178]



Rys. 10. Niewspółosiowość kątowa („rozwarcie na sprzęgle”): po lewej u góry – charakter widma w kierunku osiowym (wyniki pomiarów drganiowych w uproszczeniu); u dołu – relacje fazowe na łożyskach [178, 273]



Rys. 11. Niewspółosiowość mieszana [178]

W przypadku niewspółosiowości stojana i wirnika maszyny elektrycznej w widmie drgań pojawiają się, oprócz pierwszej harmonicznej od obrotów, składowe o częstotliwości równej podwójnej częstotliwości sieci oraz składowe tworzące wstęgi boczne – rys. 12.

Trajektoria wału ulega zniekształceniu w miarę zwiększania się niewspółosiowości – rys. 13.

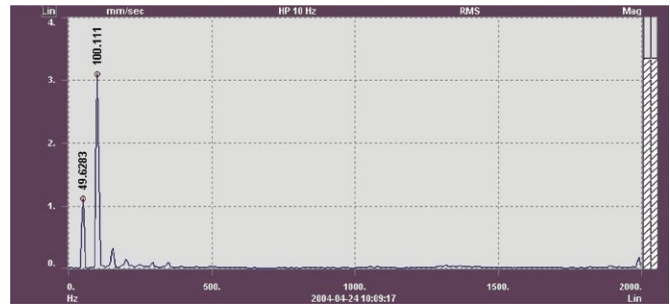
3.3. Osiewanie urządzeń

Aby osiewanie nie okazało się bezużyteczną pracą, należy przeprowadzić inspekcję fundamentu w celu sprawdzenia, czy:

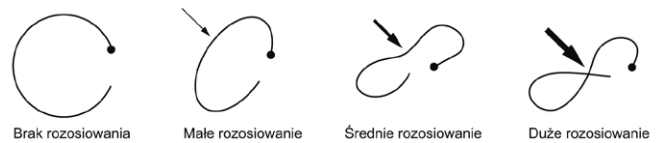
- płyty fundamentowe są niepowybrzuszone, niepopękane i płaskie;
- przedmiotowy fundament dostatecznie stwardniał, zanim zamontuje się na nim maszynę;
- łapy maszyny nie spoczywają bezpośrednio na fundamencie; jeżeli tak, to należy umieścić pod nimi dodatkowe podkładki;
- powierzchnia pod łapami maszyny jest czysta i wolna od rdzy;
- fundament pod maszyną mobilną, „ruchomą”, jest odpowiednio usytuowany: powinien być nieco niżej usytuowany niż fundament maszyny stacjonarnej. Istotne znaczenie ma również przypadek tzw. „miękkiej stopy” (rys. 14).

Mianem tym określa się przypadek, kiedy maszyna spoczywa na trzech (lub mniej) łapach, zamiast na czterech. Jedna z łap nie stoi trwale na fundamencie [53–55, 150, 151, 179, 267].

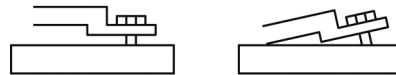
Na rysunku 15 pokazano jeden ze sposobów sprawdzenia, czy w danym przypadku mamy do czynienia z miękką stopą [53–55, 149, 150, 178, 266]. Metoda polega na obserwowaniu wskazań czujnika przy odkręcaniu śruby usytuowanej przy nim (przy pozostałych śrubach dokręconych). Odchylenie powyżej 0,12 mm wskazuje na prawdopodobieństwo wystąpienia „miękkiej stopy”. Możliwość sprawdzenia tego przypadku ma większość urządzeń opartych na metodzie laserowo-optycznej.



Rys. 12. Przykładowe widmo drgań obudowy łożyska przy niewspółosiowości zesprężonych wałów maszyn [53]



Rys. 13. Zmiana kształtu trajektorii wraz ze wzrostem rozosiowania wałów [53]



Rys. 14. „Miękką stopa” w uproszczeniu [53–55, 178]

Proces osiewania należy przeprowadzić w warunkach naturalnej pracy maszyny (temperatura pracy ustalona). Jeżeli nie ma możliwości przeprowadzenia centrowania w warunkach naturalnej pracy maszyny, to należy uwzględnić współczynnik rozszerzalności cieplnej, a podczas przeprowadzania procesu osiewania konieczna będzie korekta otrzymanych

reklama

NOWIMEX®

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

VAHLE – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.

SCHLEGEL – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.

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

TEXELCO – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

HUGRO – Dławice do kabli.

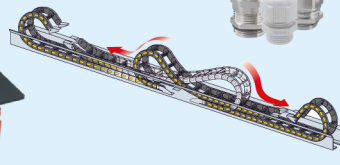
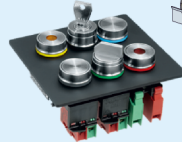
BREVETTI – Tworzywowe i stalowe przewodniki kabli.

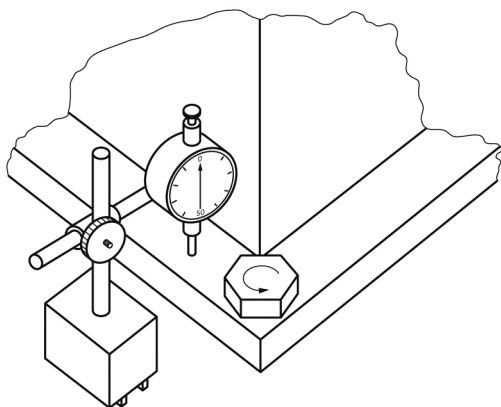
CATTRON – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania radiowego.

MICRO DETECTORS – Szeroka gama czujników.

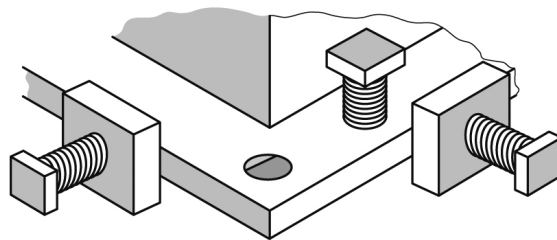
MARECHAL – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

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





Rys. 15. Sprawdzenie „miękkiej stopy” za pomocą czujnika zegarowego [53–55, 178]



Rys. 16. Układ do przesuwania maszyny w poziomie, tzw. koniki [53–55, 178, 266]

przesunąć maszyny. Korekta obejmuje uwzględnienie przesunięcia osi wału z pozycji „zimnej” do „gorącej” (to znaczy do warunków naturalnej pracy maszyny, a więc dla osiągnięcia określonego stopnia nagrzania). W zależności od rodzaju maszyny oraz jej temperaturowych warunków pracy zmiana linii wałów wskutek rozszerzalności cieplnej może osiągnąć dość znaczną wartość. Na przykład, dla przeciętnego silnika elektrycznego rozszerzalność cieplna jest rzędu 0,01 mm/m przy wzroście temperatury o 1°C [53–55, 178]. I tak, dla silnika o wzniosie wału $H = 1,0$ m, temperaturze osiowania +20°C, temperaturze pracy +50°C i podanej rozszerzalności cieplnej zmiana linii wałów wskutek rozszerzalności cieplnej wynosi: $1,0 \cdot (50 - 20) \cdot 0,01 = 0,3$ mm.

Jeśli maszyna stacjonarna oraz maszyna „ruchoma” mają takie same charakterystyki nagrzewania, to proces osiowania jest ułatwiony, ponieważ nie jest wymagane uwzględnienie korekty cieplnej. W przeciwnym wypadku, o ile to możliwe, osiowanie powinno być wykonane, zanim maszyny ostygną. Innym rozwiązaniem jest skompensowanie różnicy wynikającej z istnienia rozszerzalności. Na przykład, jeśli pod wpływem ciepła maszyna stacjonarna podnosi się o 0,25 mm, to pod łapami maszyny „ruchomej” powinny znaleźć się podkładki o grubości 0,25 mm.

Należy podkreślić, że nie ma jednoznacznych wytycznych odnośnie do dopuszczalnych tolerancji nieosiowości przy ustawianiu maszyn. Porównując w tym zakresie wytyczne producentów sprzęgła, producentów maszyn i producentów aparatury co do osiowania, należy stwierdzić istnienie daleko idących rozbieżności. Mając na uwadze użytkownika maszyn, w którego interesie jest dążenie do wydłużenia czasookresu bezawaryjnej eksploatacji wirujących zespołów maszynowych, za celowe uważa się przyjęcie surowych wymagań odnośnie do tolerancji osiowania. Mogą to być kryteria podane przez czołową firmę Fixtur Laser AB [229], które są zbieżne z kryteriami osiowania podawanymi przez inną, znaną firmę Prüftechnik AG – tabela 1 [193]. W tabeli podano wartość tolerancji w zależności od prędkości obrotowej i typu nieosiowości wałów. Wartość kątownego „załamania” podano jako różnicę w szerokości szczeliny między tarczami sprzęgła na 100 mm średnicy sprzęgła.

Tabela 1. Dopuszczalne odchyłki podczas procesu osiowania wg firmy Fixtur-Laser AB [229]

Rodzaj nieosiowości	Prędkość obrotowa n [obr/min]	Niewspółosiowość [mm]	
		bardzo dobra	zadawalająca
Przesunięcie równoległe	0–1000	0,07 mm	0,13 mm
	1000–2000	0,05 mm	0,10 mm
	2000–3000	0,03 mm	0,07 mm
	3000–4000	0,02 mm	0,04 mm
	4000–5000	0,01 mm	0,03 mm
	5000–6000	< 0,01 mm	< 0,03 mm
Kątowe załamanie	0–1000	0,06 mm/100 mm	0,10 mm/100 mm
	1000–2000	0,05 mm/100 mm	0,08 mm/100 mm
	2000–3000	0,04 mm/100 mm	0,07 mm/100 mm
	3000–4000	0,03 mm/100 mm	0,06 mm/100 mm
	4000–5000	0,02 mm/100 mm	0,05 mm/100 mm
	5000–6000	0,01 mm/100 mm	0,04 mm/100 mm

Wielkość odchyłki podczas procesu osiowania zależy od następujących czynników [178, 193, 229]:

- prędkości obrotowej wałów (im ta prędkość jest większa, tym kryteria tolerancji są bardziej zaostrzone);
- rodzaju sprzęgła (dla sprzęgieł sztywnych i półsztywnych wymagana dokładność podczas centrowania jest większa niż dla sprzęgieł podatnych);
- typu nieosiowości.

Osiowanie maszyn jest procesem wieloetapowym, którego poszczególne fazy muszą być wykonywane w ustalonym porządku zapewniającym najkorzystniejsze wyniki pracy. Wykonywanie kolejnego kroku w procesie osiowania musi być poprzedzone sprawdzeniem, iż wcześniejsze fazy zadania zostały wykonane prawidłowo. Całe zadanie można podzielić na etapy:

- zabezpieczenie maszyny przed przypadkowym załączeniem;
- identyfikacja maszyn, które należy wyosiować; sprawdzenie danych znamionowych, w tym prędkości obrotowej, rodzaju sprzęgieł i łożysk, ogólnych wymiarów, miejsca zainstalowania;
- sprawdzenie stanu technicznego (pęknięcia, luzy) fundamentu i konstrukcji wsporczych ze zwróceniem szczególnej uwagi na konieczność wyposażenia konstrukcji w okolicy maszyny mobilnej w tzw. „koniki” umożliwiające korektę ustawienia maszyny w poziomie, w tym do przodu i do tyłu

Rys. 17. Jeden z najnowszych układów laserowych służących do osiowania [229]



Rys. 18. Jeden z najnowszych układów laserowych do osiowania:

- schemat sposobu montowania laserów na wałach;
- widok laserów i monitora z mikroprocesorem;
- widok ekranu z obliczonymi wielkościami korekty położenia silnika na łapach w pionie i w poziomie oraz wielkością bicia kąowego i promieniowego na sprzęgle w poziomie i w pionie [229]

(koniki mogą stanowić, po wyosiowaniu maszyn, dodatkowe zabezpieczenie przed ewentualnym przesuwaniem, rys. 16);

- ustalenie dopuszczalnych tolerancji osiowania z uwzględnieniem ruchów termicznych maszyn;
- kontrola sprzęgła i jego osadzenia na wale, pomiar „bicia” wałów, kontrola śrub mocujących;
- usunięcie wszelkich naprężeń w układzie – maszyny osiowane muszą się „dać” swobodnie obracać;
- sprawdzenie tzw. „miękkiej stopy”;
- właściwe osiowanie maszyny, dokręcenie śrub mocujących i kontrola stanu wyosiowania układu;
- sprężenie osiowanych maszyn;
- uruchomienie zespołu maszynowego, pomiar i ewentualna analiza drgań, kontrola temperatury łożysk oraz innych parametrów pracy zespołu;
- ewentualna korekta ustawienia maszyn z uwzględnieniem poprawek termicznych.

Najnowszą aparaturą laserową (rys. 17 i 18) można mierzyć i osiować wszystkie typy maszyn wirujących. Jeśli wały maszyn nie mogą być obracane w szerokim kącie, tak by znalazły się na pozycjach odpowiadających godzinom 9:00, 12:00, 3:00, 6:00, można dokonać osiowania przez obracanie wałów w wąskim kącie, pomiędzy 10:30 a 1:30. Po wprowadzeniu wymiarów jak na rys. 19 i wykonaniu stosownego obrotu wałami, rys. 20, układ laserowy odczytuje współrzędne pozycji promieni laserowych na matrycach odbiorników, a mikroprocesor rozwiązuje układ równań (dla trójkątów prostokątnych), wyliczając wielkość korekty położenia silnika na łapach w pionie i poziomie oraz wielkość bicia kąowego i promieniowego na sprzęgle w poziomie i w pionie (rys. 18 c).

Jeszcze do niedawna uciążliwym problemem było ustawianie przekładni pasowych, napędów bardzo rozpowszechnionych w cementowniach – rys. 21.

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 Złączy 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

Z chwilą opracowania aparatury laserowej dedykowanej przekładniom pasowym uciążliwość nie występuje – rys. 22.

4. Defekty łożysk tocznych

4.1. Przyczyny defektów łożysk i fazy ich degradacji

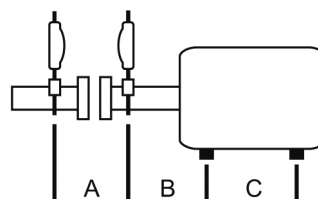
Łożyska są najbardziej odpowiedzialnymi i powszechnymi elementami maszyn. Ich głównym zadaniem jest bezpieczne przeniesienie obciążeń roboczych z elementu wirującego na korpus maszyny przy jednocześnie małych oporach ruchu. Większość maszyn to maszyny wirnikowe, w których wirnik jest podparty za pomocą łożysk tocznych. W maszynach tych o własnościach eksploatacyjnych całego układu decydują własności dynamiczne układu wirnik – łożyska maszyny. Chodzi tu przede wszystkim o wartość siły przenoszonej z wału na łożyska.

W łożyskach tocznych można wyróżnić następujące źródła drgań [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222–224, 226–228, 235, 252, 261, 266, 273, 310]:

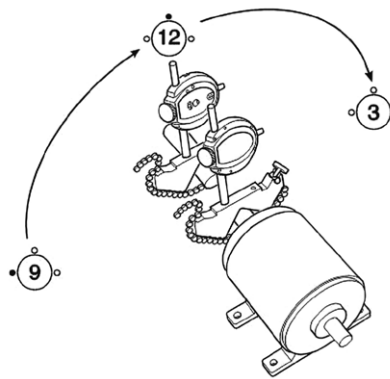
- zmiana liczby elementów tocznych przenoszących obciążenie (może to spowodować zmianę sztywności układu i być przyczyną drgań parametrycznych);
- błędy wynikające z technologii wykonania elementów łożyska (nieodkładność kształtu bieżni pierścienia i elementów tocznych); kształt tych elementów wykazuje odchylenia (owalność, falistość), mogą również wystąpić wady gładkości powierzchni (chropowatość);
- niewyważenie koszyka;
- mimośrodowość bieżni w stosunku do osi obrotu wału, niewłaściwy luz promieniowy lub osiowy, drgania własne poszczególnych elementów łożyska.

Poziom drgań uszkodzonych łożysk rośnie wraz z ich zużyciem. Na podstawie obserwacji diagnostycznych eksploatacyjnych łożysk wyróżnia się kolejne fazy degradacji łożyska [53]:

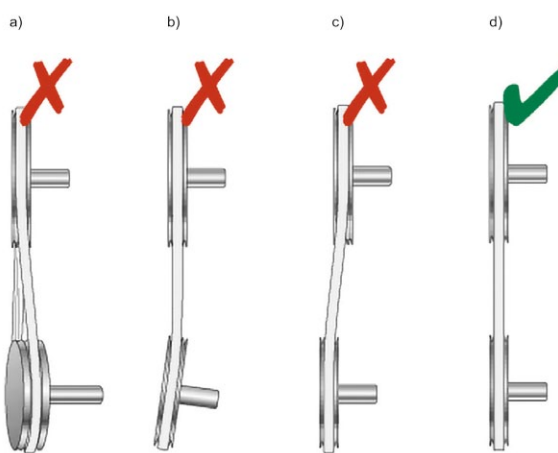
- Faza szumowa – symptomem drganiowym nowego łożyska jest szerokopasmowy charakter przyspieszeń drgań, których wartość szczytowa zawiera się w przedziale $0,9\text{--}2,0\text{ m/s}^2$. W miarę powstawania mikrouszkodzeń pasmo drgań zawęża się w okolicy charakterystycznych częstotliwości drgań elementów łożyska lub jego obudowy, najczęściej nieruchomej bieżni zewnętrznej (4–10 kHz). Na tle tego szumu pasmowego pojawiają się wysokie impulsy; tym częstsze, im więcej mikrouszkodzeń powstaje na elementach łożyska. Pod koniec fazy szumowej wartości szczytowe przyspieszenia drgań obudowy łożyska mogą sięgać 40 m/s^2 i powinno to być sygnałem do planowej wymiany łożyska, np. przy najbliższym postoju maszyny.
- Faza drganiowa – podczas dalszej eksploatacji łożyska (niewymienionego w końcu fazy szumowej) następują ubytki masowe w łożysku, powodujące zmniejszenie średniej częstotliwości drgań. Następuje znaczny wzrost wartości szczytowej przyspieszenia drgań i dalsza trwałość łożyska może wynosić od kilku godzin do kilku tygodni. Następuje powiększenie luzów łożyska, co powoduje, że wartość przyspieszenia i średnia częstotliwość drgań maleją.
- Faza termiczna – dalsza praca łożyska powoduje deformację jego elementów i ubytki masowe skutkujące wzrostem oporów ruchu. Działanie sił tarcia powoduje wydzielanie



Rys. 19. Wymiary konieczne do obliczeń korekty ustawienia silnika w czasie osiowania [229]



Rys. 20. Obrót wałami w czasie osiowania (schemat)



Rys. 21. Nieosiowość napędu z przekładnią pasową (rysunek poglądowy): a) niewspółosiowość w płaszczyźnie pionowej; b) niewspółosiowość kątowa w płaszczyźnie poziomej; c) przesunięcie równoległe; d) właściwe ustawienie [231]



Rys. 22. Laserowa aparatura do ustawiania przekładni pasowych [231]

się ciepła podwyższającego temperaturę łożyska. Następuje zmiana jego własności wytrzymałościowych i łożysko zmierzka ku nieuchronnej awarii.

Okresowa lub ciągła kontrola stanu dynamicznego węzłów łożyskowych za pomocą pomiarów drgań chroni maszynę przed awarią groźną w skutkach. Pozwala na wczesne wykrycie zagrożenia i podjęcie działań zapobiegawczych. Istnieje konieczność kontroli własności dynamicznych węzłów łożyskowych w trakcie eksploatacji maszyn.

4.2. Osluchiwanie łożyska

Niespokojny bieg łożyska można wykryć dzięki okresowemu osłuchiowaniu go przez obsługę ruchową maszyny. Znacznie efektywniejsze osłuchiwanie można prowadzić za pomocą stetoskopu elektronicznego. Poprawnie pracujące łożysko generuje miękki, czysty szum. Nietypowe dźwięki o charakterze mielenia, gwizdania lub innym wskazują na ogół na pogorszenie stanu łożyska. Doświadczona obsługa posługująca się stetoskopem lub innym prostym specjalizowanym narzędziem może je wykryć i zlokalizować – rys. 23.

Dźwięki przypominające gwizdanie mogą być spowodowane niedostatecznym smarowaniem. Metaliczne dźwięki mogą świadczyć o zbyt małym luzie w łożysku. Nierównomierny czysty ton może być wynikiem wgłębienia na bieżni łożyska, a następujące okresowo dźwięki – wskazywać na uszkodzenie elementu tocznego. Brudne łożysko wywołuje dźwięk jak przy mieleniu. Znaczne uszkodzenie łożyska powoduje nieregularny i wysoki poziom hałasu. Wykrycie uszkodzenia łożyska przez jego osłuchiwanie jest najczęściej wykryciem zaawansowanego uszkodzenia, co skłania do szybkiej jego wymiany.

4.3. Kontrola temperatury łożysk

Podwyższenie temperatury łożyska zazwyczaj świadczy o zakłóceniach w jego pracy. Przegrzanie łożysk może wynikać z niewłaściwego doboru środka smarnego. Innymi przyczynami wysokiej temperatury łożysk w trakcie ich eksploatacji mogą być:

- nadmierne lub niedostateczne smarowanie;
- zanieczyszczenie środka smarnego;
- przeciążenie;
- uszkodzenie;
- mały luz łożyskowy;
- tarcie w uszczelnieniach;
- zbyt silne zaciśnięcie łożyska.

Wysoka temperatura łożyska negatywnie oddziałuje na środek smarny. Konieczny jest pomiar temperatury łożysk w czasie eksploatacji maszyny, najlepiej przez zainstalowanie czujników do pomiaru temperatury. Można prowadzić pomiary temperatury obudów łożysk za pomocą laserowych przyrządów do pomiaru temperatury ze stosunkowo dużej odległości – nawet ponad 2 m.

4.4. Obserwacja wzrokowa

Obsługa ruchowa maszyn powinna prowadzić badania wzrokowe pracujących łożysk, regularnie kontrolując uszczelnienia łożyska. Uszczelnienia zapobiegają wnikaniu do łożyska



Rys. 23. Najprostszy sposób diagnozowania łożyska tocznego (osłuchiwanie łożyska przez jednego z autorów) [266]

np. gorących i powodujących korozję cieczy. Szczeliny uszczelnień labiryntowych powinny zawsze być wypełnione smarem. Zużyte uszczelnienia należy możliwie szybko wymienić. Uszczelnienia utrzymują środek smarny w oprawie łożyska, dlatego należy sprawdzić, czy środek smarny nie wydostaje się na zewnątrz.

W regularnych odstępach czasu zużyty smar powinien być wydalany lub wyciskany przez otwory do wypływu smaru z oprawy. W przypadku smarowania olejem należy upewnić się, czy nie został zatkany otwór odpowietrzający wskaźnik poziomu oleju. Łożyska należy smarować okresowo, zgodnie ze wskazówkami producenta maszyn i zaleceniami omówionymi wcześniej.

4.5. Pomiar współczynnika szczytu

Współczynnik szczytu jest ilorazem wartości szczytowej sygnału drganiowego do jego wartości skutecznej w danym przedziale częstotliwości drgań. Wartość współczynnika szczytu może być estymatą stanu łożyska tocznego [266].

Najczęściej metoda oceny stanu łożyska tocznego poprzez rejestrację współczynnika szczytu opiera się na pomiarach przyspieszenia drgań. Istotna jest zmiana współczynnika szczytu w czasie eksploatacji maszyny. Pomiary wykonuje się przyrządem, który ma możliwość wyznaczenia rzeczywistej wartości skutecznej i rzeczywistej wartości szczytowej. Wzrost współczynnika szczytu wskazuje na pogorszenie stanu łożyska tocznego. Należy wziąć pod uwagę fakt, że w ostatniej fazie uszkodzenia wartość współczynnika szczytu może maleć – rys. 24.

Przedstawioną metodą oceny stanu łożyska tocznego poprzez rejestrację współczynnika szczytu, podobnie jak przez osłuchiwanie łożyska, ocenia się jedynie stan łożyska, ale nie lokalizuje przyczyny zmiany stanu. Zaletą jej jest szybki, prosty i łatwy w obsłudze pomiar (pod warunkiem, że dysponujemy odpowiednim przyrządem pomiarowym). Skuteczność metody maleje, gdy w pobliżu badanego węzła łożyskowego występują inne źródła sygnałów impulsowych.

4.6. Analiza widmowa drgań

We wczesnych stanach degradacji łożyska drgania charakteryzują się dużymi częstotliwościami (>500 Hz). W późniejszych stanach rosną zarówno składowa obrotowa drgań (pierwsza harmoniczna), jak i wiele jej wielokrotności.

Przyspieszenia drgań nowego łożyska mają charakter szerokopasmowy. W miarę powstawania mikrouszkodzeń pasmo drgań zawęża się w okolicy częstotliwości drgań elementów łożyska lub jego obudowy, najczęściej nieruchomej bieżni zewnętrznej (4–10 kHz) [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222–224, 226–228, 235, 252, 261, 266, 273].

Podczas dalszej eksploatacji łożyska następują w nim ubytki masowe powodujące zmniejszenie średniej częstotliwości drgań.

4.7. Metoda analizy obwiedni

W metodzie wykorzystującej analizę obwiedni sygnału sygnał drganiowy z czujnika, po wstępnym odfiltrowaniu zakresu częstotliwości obejmującego częstotliwość rezonansową węzła łożyskowego, podlega demodulacji, a następnie wyznaczane jest widmo sygnału modulującego, czyli obwiedni sygnału. Tak wyznaczone widmo obwiedni sygnału drganiowego może zawierać składowe o częstotliwościach drgań odpowiadających częstotliwościom defektów elementów łożyska [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222–224, 226–228, 235, 252, 261, 266, 273] – rys. 25.

Przedstawiona metoda polega na specyficznej analizie drgań rezonansowych maszyny. Krótkotrwałe impulsy – udary widoczne w przebiegach czasowych sygnału drganiowego węzłów łożyskowych – mogą być spowodowane uszkodzeniem elementu tocznego, koszyka lub przejściem elementu tocznego przez punktowe uszkodzenie bieżni łożyska. Znając geometrię łożyska, liczbę elementów tocznych (rys. 26) i prędkość obrotową bieżni wewnętrznej względem bieżni zewnętrznej, można wyznaczyć charakterystyczne częstotliwości składowych harmonicznych sygnału dla poszczególnych elementów łożyska (przy założeniu, że toczenie elementów łożyska odbywa się bez poślizgów). Częstotliwości odpowiadające defektom elementów łożyska tocznego można obliczyć, korzystając z zależności [266]:

- dla elementu tocznego:

$$f_t = \frac{1}{2} f_n \frac{D}{d} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \cos \varphi \right)^2 \right] \tag{3}$$

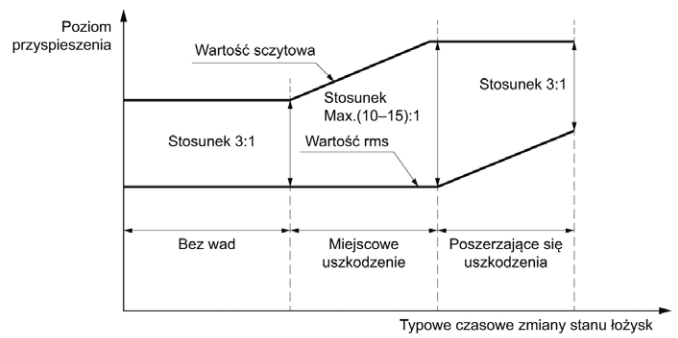
- dla bieżni wewnętrznej:

$$f_w = \frac{1}{2} N f_n \left[1 - \frac{d}{D} \cos \varphi \right] \tag{4}$$

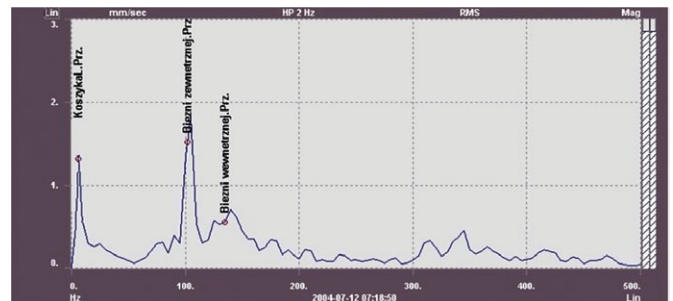
- dla bieżni zewnętrznej:

$$f_z = \frac{1}{2} N f_n \left[1 + \frac{d}{D} \cos \varphi \right] \tag{5}$$

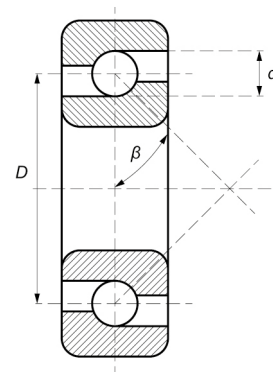
- dla koszyka:



Rys. 24. Wartość współczynnika szczytu wyznaczona dla łożyska tocznego w czasie eksploatacji maszyny [28]



Rys. 25. Widmo drgań obudowy uszkodzonego łożyska wentylatora [53]

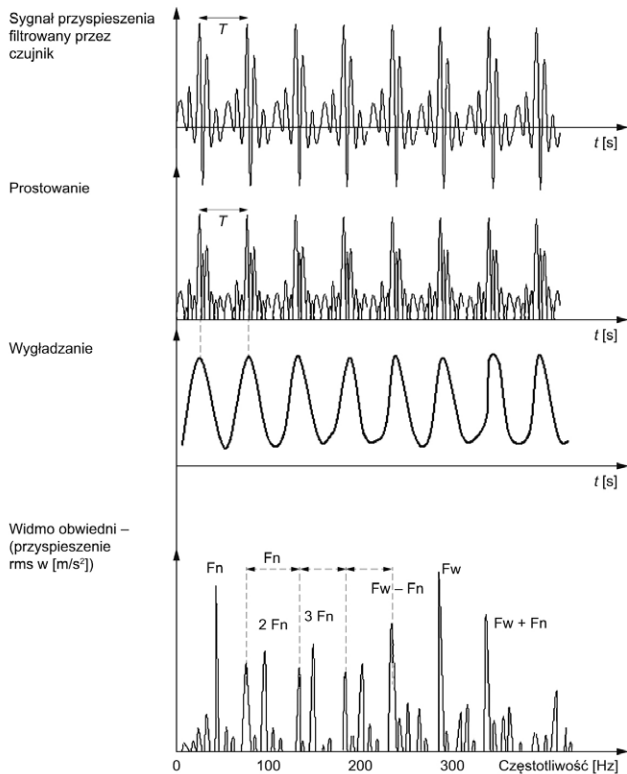


Rys. 26. Przekrój poprzeczny łożyska kulkowego

$$f_k = \frac{1}{2} f_n \left[1 - \frac{d}{D} \cos \varphi \right] \tag{6}$$

gdzie: *d* – średnica elementu tocznego; *D* – średnica podziałowa łożyska; φ – kąt obciążenia łożyska; *n* – liczba elementów tocznych, *f_n* – częstotliwość obrotów pierścienia zewnętrznego względem pierścienia wewnętrznego.

Obliczenie tych częstotliwości (wzory (3–6)) jest pierwszym etapem diagnozowania węzłów łożyskowych. Znając częstotliwości odpowiadające lokalnym defektom elementów badanego łożyska, wykonuje się pomiary i analizę drgań łożyska w punkcie, gdzie łożysko jest najintensywniej obciążone (np.



Rys. 27. Metoda analizy obwiedni sygnału drgań [26, 28]

dolna obudowa łożyska), wykorzystując w tym celu np. piezoelektryczny czujnik drgań – akcelerometr [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222–224, 226–228, 235, 252, 261, 266, 273].

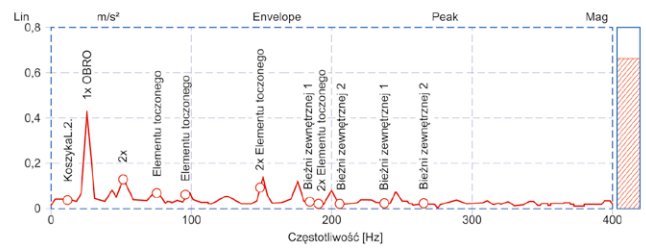
W przedstawianej metodzie sygnał drganiowy węzła łożyskowego jest prostowany i wygładzany w celu uzyskania obwiedni sygnału, która zawiera niskoczęstotliwościowe modulacje odpowiadające cyklicznie pojawiającym się impulsom udarowym wynikającym z ewentualnego uszkodzenia łożyska [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222–224, 226–228, 235, 252, 261, 266, 273].

W ostatniej fazie pomiaru wykonuje się analizę widmową obwiedni sygnału, zazwyczaj w zakresie do 200 Hz lub do 500 Hz. Z tak otrzymanego widma można dokładnie określić częstotliwości dominujących składowych harmonicznym i porównać je z wcześniej wyznaczonymi [26, 53, 266] – rys. 28.

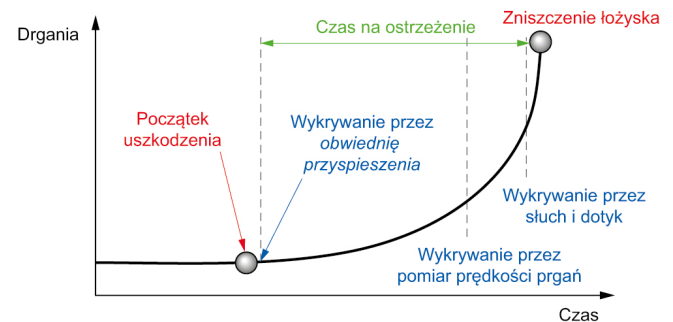
Analiza obwiedni sygnału przyspieszenia drgań łożyska tocznego jest bardzo skuteczną metodą wczesnego rozpoznania rozwijającego się uszkodzenia łożyska i najczęściej stosowaną (rys. 29).

5. Defekty łożysk ślizgowych

Zaburzenia i przerwy smarowania oraz wysoki poziom drgań wynikający m.in. z niewyważenia i niewspółosiowości są głównymi przyczynami uszkodzeń łożysk ślizgowych. Uszkodzenia polegają przede wszystkim na zużyciu czopów, panewek



Rys. 28. Analiza obwiedni sygnału drgań łożyska [53]



Rys. 29. Wynik pomiaru drgań węzła łożyskowego przykładowego silnika w napędzie przemysłowym (idea diagnostyki drganiowej stanu technicznego łożyska tocznego w silniku) [222]

i elementów oporowych. Defekty łożyska są także następstwem obecności twardych cząstek w oleju, a w przypadku maszyn elektrycznych – następstwem przepływu prądu elektrycznego przez łożysko. Przy małej prędkości obrotowej wału dominują drgania o częstotliwości obrotów. Drgania te są stabilne i są wywołane niewyważeniem. Przy większych prędkościach obrotowych obok drgań o częstotliwości obrotów mogą pojawić się drgania samowzbudne (wir olejowy), których częstotliwość jest bliska połowy częstotliwości obrotowej wirnika [129, 150, 160].

Gdy prędkość obrotowa wału zbliża się do pierwszej prędkości krytycznej, drgania samowzbudne zanikają na skutek znacznego wzrostu drgań o częstotliwości obrotowej. Powyżej prędkości krytycznej drgania o częstotliwości obrotów zmniejszają się i ponownie może wystąpić wir olejowy o częstotliwości zbliżonej do połowy częstotliwości obrotów wału – rys. 30. Kiedy prędkość obrotowa wału zbliża się do prędkości dwukrotnie większej od prędkości krytycznej, może pojawić się tzw. „bicz olejowy” [129, 150, 160], tzn. składowa drgań o stałej częstotliwości mimo dalszego wzrostu prędkości obrotowej. Częstotliwość ta jest równa w przybliżeniu częstotliwości własnej wirnika.

6. Luzy, odkształcenia mechaniczne i wadliwe mocowanie maszyn

Luzy i odkształcenia mechaniczne możemy podzielić na luzy nieobracających się elementów maszyny (podpory maszyny,

płyty posadowcze itp.) i luzy obracających się elementów maszyny [273].

Luzy są przyczyną wielu problemów drganiowych. Zbyt mały luz może spowodować wysoki poziom drgań maszyny. Nadmierne luzy w obszarze łożysk towarzyszą często niewyważeniu i niewspółosiowości.

Odształcenia powodują drgania, wpływając pośrednio na niewspółosiowość, ocieranie wirnika i nierówne obciążenia łożysk.

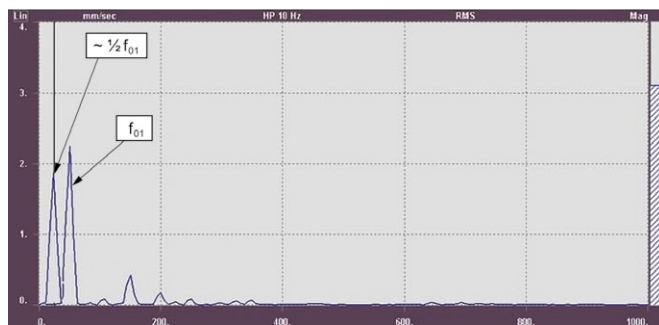
Luzy przejawiają się w trzech typach widm: A, B, C, przedstawionych na rys. 31 [273].

Widmo typu A powstaje w przypadku luzów strukturalnych związanych ze słabością posadowienia łapy, płyty fundamentowej lub fundamentów; powodowane także pogarszającym się stanem powierzchni fundamentu lub poluzowaniem się w fundamencie szpilek (śrub), skrzywieniem ramy lub podstawy, łapy („miękką stopą”). W widmie drgań występuje jako wyraźnie dominująca składowa od prędkości obrotowej f_{01} (wzór (1)). W wyniku analizy kątowej można wskazać różnicę o 180° pomiędzy pionowymi pomiarami na stopach maszyny a pomiarami na podstawie [273].

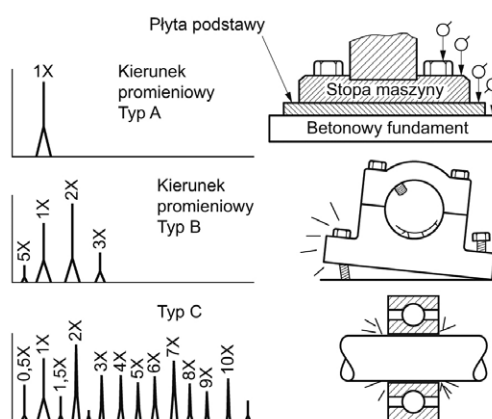
Widmo typu B powstaje na ogół z powodu poluzowania śrub mocujących łożysko, pęknięcia ramy, łapy lub obudowy łożyska. W widmie drgań występuje jako wyraźnie dominująca druga obrotowa, składowa od prędkości obrotowej $2f_{01}$. Mniejszą wartość mają pierwsza harmoniczna prędkości obrotowej f_{01} i trzecia – $3f_{01}$. W widmie drgań występuje również subharmoniczna – $0,5f_{01}$. Dla celów diagnostycznych warto sprawdzić różnicę pomiędzy kątami fazowymi składowej obrotowej przy kolejnych odczytach dla charakterystycznych punktów zespołu maszynowego z uwzględnieniem fundamentów i konstrukcji wsporczych. Zespół maszynowy jako obiekt drgający w danym kierunku powinien przypominać „monolit”, nie powinno być gwałtownych zmian, zwłaszcza w punktach znajdujących się blisko siebie [273].

Widmo typu C powstaje, gdy wirniki silników elektrycznych i innych maszyn nie są monolitem. W silnikach, w czasie ich eksploatacji, siły pochodzenia elektromagnetycznego związane z wszelkiego rodzaju niesymetrią obwodów silnika oraz siły pochodzenia mechanicznego (np. od niewyważenia) mogą osłabić osadzenie pakietu, klinowanie uzwojeń bądź mocowanie wentylatora i wywołać luz w wirniku. Luz w maszynach powstaje też wskutek niewłaściwego montażu (luzy w stosunku do wirnika). W rezultacie na przebiegach czasowych widoczne są skokowe zmiany kąta fazowego [273]. Typ C jest często spowodowany liniowym luzem łożyska w obudowie, nadmiernym luzem w łożysku tocznym lub ślizgowym bądź luznym osadzeniem elementu na wale. Występującym luzom towarzyszy wzrost ogólnego poziomu drgań oraz wyraźny wzrost pierwszej f_{01} oraz drugiej $2f_{01}$ harmonicznej częstotliwości obrotowej w widmie drgań silnika. Towarzyszą temu subharmoniczne i ich krotności – $0,5f_{01}$ lub $0,333 f_{01}$ ($0,5f_{01}$, $1,5f_{01}$, $2,5f_{01}$ itd). Relacje pomiędzy dominantami mogą się zmieniać – rys. 32.

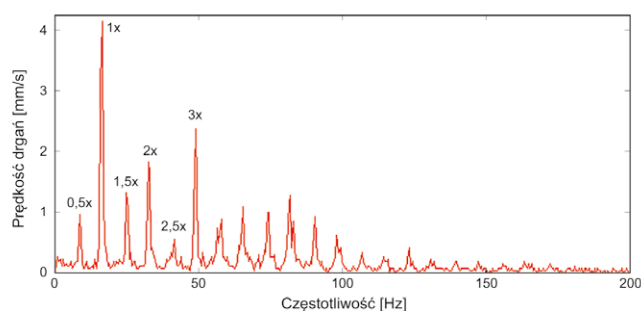
Luz wykrywa się, obserwując widmo drgań oraz (w trakcie eksploatacji) „zmiennosc” fazy składowej obrotowej widma prędkości drgań. Jej wartość powinna być dla danego położenia



Rys. 30. Przykładowe widmo drgań obudowy łożyska ślizgowego z drganiami olejowymi [53]



Rys. 31. Rodzaje luzów w zespołach maszynowych i widma ich drgań (rysunek uproszczony) [273]



Rys. 32. Widmo prędkości drgań w przykładowym silniku 6 kV, 1000 kW, 2974 obr./min z luzami w układzie wirnika [266]

czujnika drgań w czasie pomiarów stabilna, $\beta = \text{constans}$ (dopuszczalne są kilku- lub kilkunastostopniowe wahania). Również przy kolejnym uruchomieniu maszyny nie powinno być gwałtownej zmiany kąta fazowego β (o kilkadziesiąt stopni). Gdyby tak było (tzn. gdy stwierdzi się duże zmiany kąta fazowego β), to jest to symptom luzu w układzie wirnika. Wtedy ze względów bezpieczeństwa nie wolno eksploatować maszyny, nie wolno również wyważać. Zadaniem, które należy wykonać w pierwszej kolejności, jest usunięcie luzu w wirniku.

Do programu drganiowych badań diagnostycznych silników elektrycznych intensywnie eksploatowanych (silniki z dużą

liczbą rozruchów) warto wprowadzić pomiar fazy sygnału drganiowego w celu stwierdzenia, czy faza nie ulega „dziwnym zmianom”, zwłaszcza po kolejnych uruchomieniach [266]. Przykładowe wyniki diagnostycznych pomiarów drganiowych dla silnika 6 kV, 1000 kW, 2974 obr./min z luzem w wirniku są przedstawione na rys. 33.

Usunięcie luzu w układzie wirnika jest najczęściej zadaniem bardzo trudnym i czasochłonnym. Niestety niekiedy niemożliwym. W praktyce zdarza się, że wirniki dużych, drogich maszyn trzeba zezłomować.

7. Wadliwa współpraca kół zębatach

7.1. Przyczyny defektów

Przyczynami podwyższonego poziomu drgań przekładni mogą być [53, 273]:

- złamany lub zniszczony ząb;
- nierównomierne zużycie zębów;
- pitting (wgłębienia zmęczeniowe, korozja punktowa);
- korozja spowodowana tarciem zębów w wyniku złego smarowania i nadmiernego obciążenia;
- błąd podziałek zazębienia;
- mimośrodowość i bicie boczne zazębienia;
- odkształcenia koła zębatego;
- niewyważenie części wirujących przekładni zębatej;
- wadliwe osiowanie kół;
- błąd kształtu zęba;
- błąd profilu i głowy zęba;
- mocowanie korpusu powodujące jego deformację;
- zużycie łożysk.

7.2. Charakterystyka składowych drgań

Wszystkie przedstawione wcześniej uszkodzenia przekładni powodują drgania w płaszczyźnie promieniowej kół zębatach czołowych oraz w kierunku osiowym kół spiralnych oraz daszkowych [53, 273]. Błędy przekładni (niedokładne wykończenie powierzchni zębów) generują drgania, w których dominuje składowa o częstotliwości odpowiadającej zazębieniu (częstotliwość obrotów koła \times liczba zębów) i jej harmoniczne. Poziom drgań takiej przekładni zależy od obciążenia, prędkości obrotowej i wad przekładni.

Bicie koła, niewyważona masa, brak współosiowości lub uszkodzony ząb powodują generowanie drgań o częstotliwości obrotowej koła i o częstotliwości zazębienia wraz ze wstęgami bocznymi w odległościach równych częstotliwościom obrotów kół zębatach. Drgania te mogą wywołać poprzeczne lub skrętne rezonanse o różnych częstotliwościach. Błędy obróbki podczas frezowania mogą powodować drgania o częstotliwościach równych drugiej lub trzeciej harmonicznej częstotliwości obrotów koła zębatego – rys. 34.

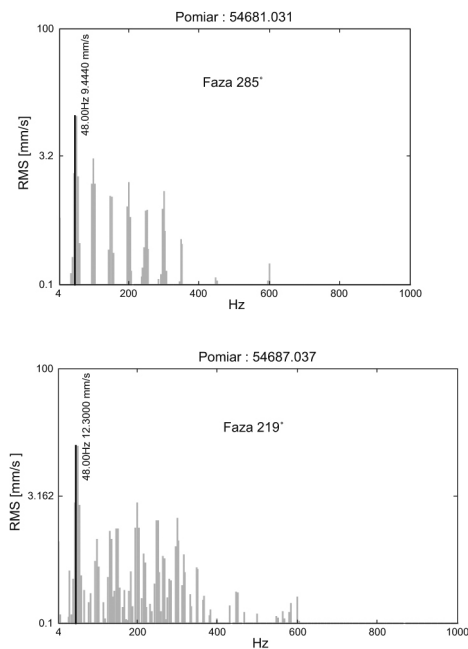
W tabeli 2 podano drganiowe symptomy uszkodzania się przekładni zębatej.

8. Defekty napędów pasowych

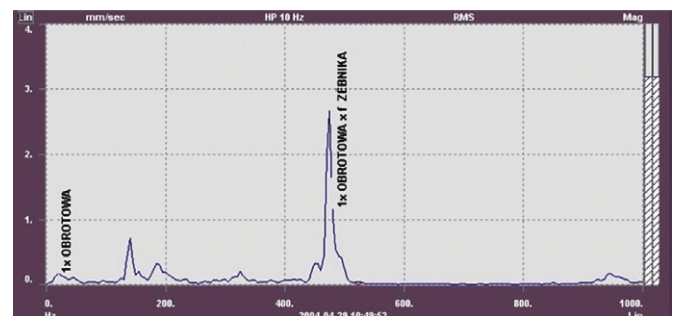
8.1. Przyczyny defektów

Przyczyny drgań napędów pasowych są następujące [53, 273]:

- niedopasowane, zużyte lub rozciągnięte pasy;



Rys. 33. Przykładowe wyniki pomiarów diagnostycznych drganiowych dla silnika 6 kV, 1000 kW, 2974 obr./min z luzem w wirniku wraz z odczytami kąta fazowego dla kolejnych uruchomień [266]



Rys. 34. Widmo drgań łożysk przekładni zębatej młyna [53]

- mimośrodowość lub niewyważenie kół pasowych;
- koła pasowe nie leżą w jednej płaszczyźnie;
- rezonans pasa napędowego.

8.2. Charakterystyka składowych drgań

Niedopasowane, zużyte lub rozciągnięte pasy powodują drgania maszyny w płaszczyźnie promieniowej, szczególnie w płaszczyźnie z pasami. W widmie drgań pojawiają się składowe o częstotliwości obiegu pasa, ale zwykle dominuje składowa o częstotliwości dwukrotnie większej od częstotliwości obiegu pasa. Częstotliwość obiegu pasa f_p można wyznaczyć ze wzoru:

$$f_p = n_{obr} \cdot \frac{\pi \cdot D_p}{L_p \cdot 60} \text{ [Hz]} \quad (7)$$

gdzie: n_{obr} – prędkość obrotowa koła pasowego; D_p – średnica podziałowa; L_p – długość pasa.

Tabela 2. Związek między stanem przekładni zębatej a postacią sygnału [53]

L.p.	Stan przekładni zębatej	Charakterystyka sygnału drganiowego
1	Uginanie się zębów pod wpływem obciążenia	sygnał poliharmoniczny z częstotliwością podstawową f_z (częstotliwość ząbienia)
2	Błąd kąta przyporu lub nierównomierne przyleganie zębów	sygnał poliharmoniczny z częstotliwością podstawową f_z (składowe o większej intensywności w stosunku 1:3)
3	Nierównomierne przyleganie zębów	jak wyżej
4	Równomierne początkowe zużycie zębów	sygnał poliharmoniczny z częstotliwością podstawową f_z ; wzrost intensywności w drugiej i wyższych harmonicznych
5	Błąd wykonania zębów wywołany przez łańcuch kinematyczny obrabiarki, na której nacięto zęby	występowanie składowej widma o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości f_z
6	Mimośrodowe osadzanie zębów	modulacja amplitudy sygnału poliharmonicznego w postaci wystąpienia dużej liczby składowych bocznych równomiernie rozłożonych
7	Jednostkowe uszkodzenie zęba występujące raz na cały obwód koła zębatego	jak wyżej
8	Nierównomierne rozmieszczenie zębów	modulacja częstotliwości sygnału poliharmonicznego, występowanie składowych bocznych
9	Pitting rozłożony na większości zębów	wzrost intensywności sygnału poliharmonicznego, modulacja częstotliwości
10	Wyłamanie zęba	sygnał jak przy jednostkowym uszkodzeniu zęba

Mimośrodowość i niewyważenie kół pasowych powoduje drgania o stałej amplitudzie w płaszczyźnie promieniowej. W widmie drgań dominuje składowa o częstotliwości równej częstotliwości obrotów koła. Możliwa jest w tym wypadku poprawa stanu dynamicznego maszyny przez wyważenie koła np. podkładkami pod sworznie blokujące stożek.

Jeżeli koła pasowe nie leżą w jednej płaszczyźnie, to pojawiają się drgania w kierunku osiowym, o stałej amplitudzie. W widmie drgań dominuje składowa o częstotliwości równej częstotliwości obrotów koła pasowego. Można to sprawdzić liniałem.

Rezonans pasa napędowego może być przyczyną niestabilnych drgań w płaszczyźnie promieniowej. Częstotliwość drgań w tym wypadku nie jest uzależniona od częstotliwości obrotów kół pasowych. Stan ten można poprawić, zmieniając napięcie pasa.

9. Drgania maszyn elektrycznych

9.1. Przyczyny drgań maszyn elektrycznych

Drgania maszyn elektrycznych mają nie tylko podłoże mechaniczne, ale także są wynikiem zjawisk natury elektromagnetycznej. Wszystkie przyczyny drgań natury elektromagnetycznej można wyeliminować po wyłączeniu zasilania.

Elektromagnetyczne przyczyny drgań maszyn elektrycznych przedstawiono w literaturze [26–32, 35, 36, 53, 54, 74, 115, 130, 135, 139, 151, 215, 220, 222, 223, 224, 226, 227, 228, 235, 252, 261, 266, 273, 310]. Najczęstszymi przyczynami są:

- mimośrodowy wirnik;
- niesymetria szczeliny powietrznej;
- utrata izolacji stojana;
- pęknięty pręt lub pierścień wirnika;
- zwarcie w stojanie.

9.2. Charakterystyka składowych drgań

Mimośrodowy wirnik maszyny elektrycznej powoduje jej drgania w kierunku promieniowym, o stacjonarnej amplitudzie.

Poluzowanie wirnika lub zgięcie spowodowane naprężeniami termicznymi mogą zmieniać amplitudę i fazę drgań w czasie. W widmie drgań pojawiają się wstęgi boczne w odległości równej dwukrotnej częstotliwości poślizgu wokół składowej o częstotliwości f_0 oraz $2f_0$ (f_0 – częstotliwość zasilania sieci).

W wyniku niesymetrii szczeliny powietrznej w silniku dochodzi do deformacji pola w szczelinie, czego skutki mogą być obserwowane w widmie drgań i w widmie prądu stojana silnika. W widmie drgań i w widmie prądu pojawiają się częstotliwości żłobkowe opisane wzorami (8) i (9) [79]:

$$f_{n1} = f_0 \left[(n_{rt} z_2 + n_d) \frac{1-s}{p} + n_{ws} \right] \quad (8)$$

$$f_{n1} = f_0 \left[(n_{rt} z_2 \pm n_d \pm n_{or} p) \frac{1-s}{p} \pm n_{dwr} s \right] \quad (9)$$

gdzie: f_0 – częstotliwość sieci zasilającej; n_{rt} – dowolna liczba całkowita; z_2 – liczba żłobków wirnika; n_d – rząd niesymetrii (dla statycznej $n_d = 0$, dla dynamicznej $n_d = 1, 2, 3$); s – poślizg maszyny; p – liczba par biegunów; n_{ws} – numer składowej harmonicznej czasowej siły magnetomotorycznej stojana; n_{wr} – numer składowej harmonicznej czasowej siły magnetomotorycznej wirnika; n_{or} – numer składowej harmonicznej przestrzennej wirnika.

W widmie obwiedni sygnału drganiowego obok wymienionych wyżej składowych mogą wystąpić również składowe: obrotowa f_{01} i druga harmoniczna częstotliwości zasilania $2f_0 = 100$ Hz jako skutek modulacji tymi składowymi pozostałych składowych sygnału drganiowego węzłów łożyskowych (rys. 35 i 36).

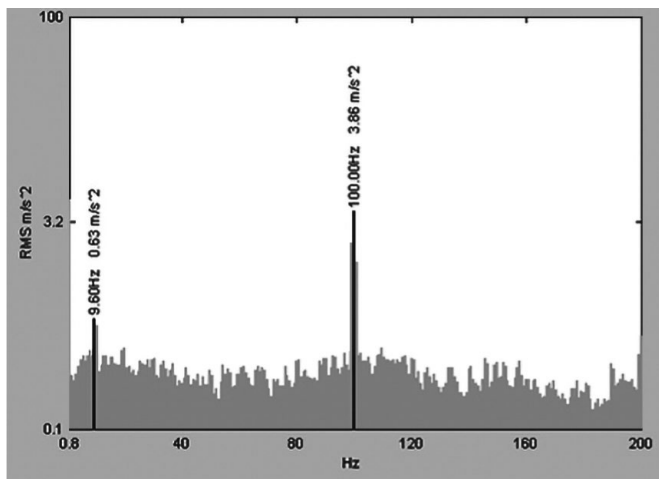
Przyczyną bezpośrednią występowania w widmie obwiedni wymienionych składowych jest niesymetria szczeliny powietrznej silnika spowodowana luzami w tarczach łożyskowych, luzami w zamkach, niecentrycznościami wirnika i stojana, ugięciami wirnika, niewłaściwą centrowką napędu itd. [266].

Utrata izolacji stojana jest przyczyną drgań w płaszczyźnie promieniowej o dużej i stałej amplitudzie. Widmo drgań charakteryzuje się składową o częstotliwości $2f_0$ (podwojona częstotliwość sieci) [266].

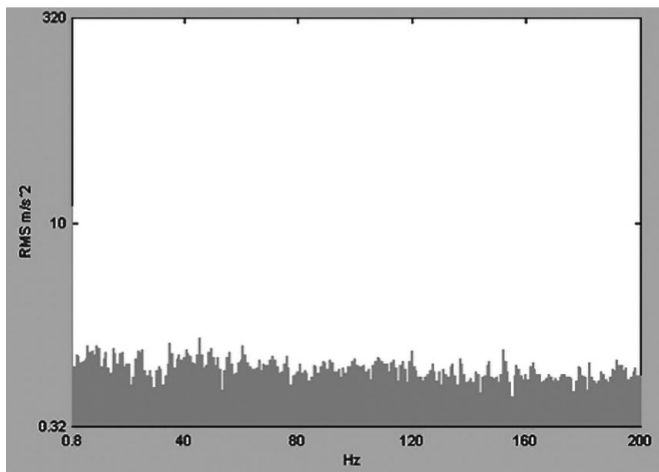
Pęknięty pręt uzwojenia klatkowego powoduje drgania w płaszczyźnie promieniowej o stałej amplitudzie. Widmo drgań w tym przypadku charakteryzuje się składową o częstotliwości obrotów ze wstęgami bocznymi w odległości równej podwojonej częstotliwości poślizgu. Pęknięty pręt lub pierścień uzwojenia klatkowego można również rozpoznać za pomocą analizy widmowej prądu silnika. Wykorzystuje się tu zjawisko występowania w przebiegu prądu składowych o częstotliwościach [266] – rys. 37 i 38:

$$f = f_0 (1 \pm 2s) \quad (10)$$

gdzie f_0 – częstotliwość zasilania sieci; s – poślizg.

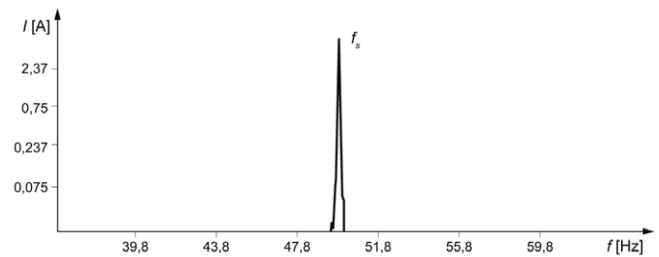


Rys. 35. Widmo detekcji obwiedni drgań obudowy łożyska silnika o mocy 800 kW, z luzami w tarczy łożyskowej [266]

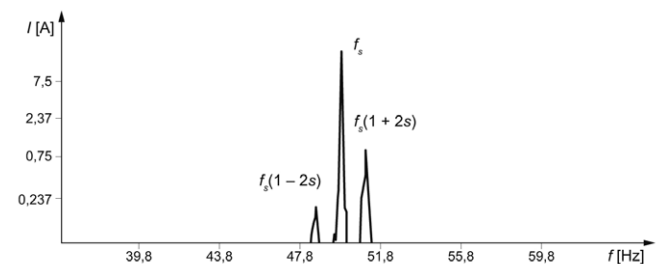


Rys. 36. Widmo detekcji obwiedni drgań obudowy łożyska silnika o mocy 800 kW po wymianie tarcz łożyskowych. Pomiarów luzów nie wykazały odchyłek od normy [266]

W silniku z uszkodzoną klatką, równoległe z wystąpieniem w widmie prądu stojana częstotliwości poślizgowych $f_0(1 \pm 2s)$ – rys. 38 – i ich kolejnych krotności wokół częstotliwości f_0 , występują częstotliwości poślizgowe obok częstotliwości $5f_0$ i $7f_0$. Jest to bardzo ważna cecha silnika z uszkodzoną klatką. Bowiem dla mniejszych obciążeń silnika niż połowa obciążenia znamionowego $s = 0,5s_n$ można prowadzić diagnostykę klatki, opierając się na równoczesnej analizie widma prądu stojana, przy dużej rozdzielczości analizatora, w trzech obszarach, w pobliżu pierwszej, piątej i siódmej harmonicznych prądu stojana. Otoczenie harmonicznej podstawowej f_0 jest najbardziej znaczące, ale dla obciążeń $s = 0,5s_n$ częstotliwości poślizgowe $f_0(12s)$ wokół f_0 mogą nie zostać wyraźnie wyodrębnione. Wyodrębnione natomiast będą częstotliwości poślizgowe obok $5f_0$ i $7f_0$. Harmoniczne $5f_0$ i $7f_0$ ulegną „rozdwójnieniu”, a nawet „roztrojeniu” w kierunku mniejszych częstotliwości, również dla mniejszych od $0,5s_n$ wartości poślizgu.



Rys. 37. Przykładowe widmo prądu stojana dla silnika z nieuszkodzoną klatką [79, 266]



Rys. 38. Przykładowe widmo prądu stojana z uszkodzoną klatką [79, 266]

W praktyce przydatność tej metody potwierdzono dla $s = 0,1s_n$. Badanie trzech zakresów widma prądu stojana dla celów diagnostyki klatki podnosi pewność diagnozy. Pomiarów związanych z piątą i siódmą harmoniczną mogą dawać rozstrzygnięcie w przypadku wystąpienia wątpliwości.

Metoda jest oparta na szczegółowej analizie prądu uzwojeń stojana w otoczeniu podstawowej składowej prądu o częstotliwości sieciowej f_0 . Ma ona jednak pewne wady, jak ta, że prążki o znaczeniu diagnostycznym leżą bardzo blisko prążka podstawowego f_0 , którego amplituda jest bardzo duża, i że ich odległość od f_0 zależy od poślizgu s silnika. A to powoduje, że diagnoza może być wiarygodna dopiero dla dostatecznie dużego obciążenia silnika. Na pewno powyżej 50% obciążenia znamionowego [266].

Powyzszą metodę diagnostyczną zmodyfikowano właśnie ze względu na wspomniany mankament. Rozszerzono obszar analizy częstotliwościowej prądu stojana na inne częstotliwości. Oprócz obszaru f_0 analizowano obszary obok: $5f_0$, $7f_0$, $11f_0$ i $13f_0$ [266].

Dla potrzeb niniejszej monografii ograniczono się do podania końcowych wzorów opracowanej metody, opierając się na jakościowej ocenie zjawisk w uszkodzonej maszynie. Określono główne prążki w widmie prądu stojana spowodowane niesymetrią klatki wirnika i związane z wyższymi harmonicznymi przepływu wytwarzanymi przez symetryczne uzwojenie stojana.

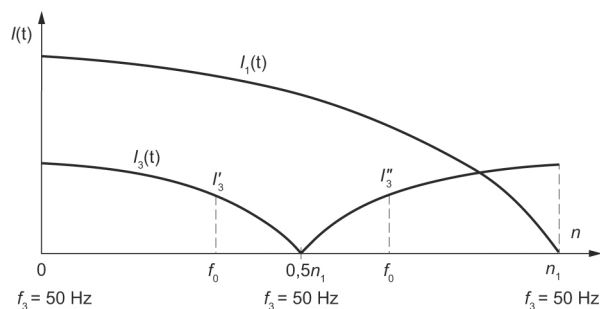
Reasumując, w przypadku uszkodzenia klatki częstotliwościami diagnostycznymi pojawiającymi się w widmie prądu stojana są [266]:

- f_0 oraz częstotliwości poślizgowe: $f_0(1 \pm 2s)$ i ich kolejnych krotności;
- $5f_0$, należy się spodziewać częstotliwości poślizgowych: $f_0(5 - 2s), f_0(5 - 4s), f_0(5 - 6s), f_0(5 - 8s)$;
- $7f_0$, należy się spodziewać częstotliwości poślizgowych: $f_0(7 - 4s), f_0(7 - 6s), f_0(7 - 8s), f_0(7 - 10s)$;
- $11f_0$, należy się spodziewać częstotliwości poślizgowych: $f_0(11 - 8s), f_0(11 - 10s), f_0(11 - 12s), f_0(11 - 14s)$;
- $13f_0$, należy się spodziewać częstotliwości poślizgowych: $f_0(13 - 10s), f_0(13 - 12s), f_0(13 - 14s), f_0(13 - 16s)$.

9.3. Wnioski z badań

Z prac teoretycznych poświęconych powyższemu zagadnieniu wynikają następujące wnioski [266]:

- Najbardziej groźne dla silnika są uszkodzenia jednego segmentu pierścienia klatki lub uszkodzenia większej liczby segmentów pierścieni. Uszkodzenia te wywołują przepływ prądu o wartości w przybliżeniu dwukrotnie większej od normalnej w segmentach pierścieni usytuowanych przeciwległe (w sensie kąta elektrycznego) do pękniętego segmentu. Może to być w dalszej eksploatacji silnika powodem lawinowego rozszerzania się uszkodzenia, a nawet zniszczenia uzwojeń stojana.
- Uszkodzenia prętów klatki wirnika powodują znacznie mniej groźne skutki. Przy zachowaniu stałego poślizgu następuje zmniejszenie prądów w klatce i równoczesne zmniejszenie momentu elektromechanicznego. Zakładając pracę silnika przy stałym momencie obciążenia, uszkodzenie ok. 4% prętów klatki powoduje jedynie niewielki wzrost prądu w niektórych elementach konstrukcyjnych klatki. Sytuacja się pogarsza w miarę wzrostu liczby pękniętych prętów, a charakterystyka momentu ulega znacznemu obniżeniu i zniekształceniu poprzez wystąpienie siodła przy poślizgu o wartościach zawartych pomiędzy 0,5 a poślizgiem krytycznym silnika.
- Skutki niesymetrii klatki uwidaczniają się w różnym stopniu w przebiegach czasowych prądów stojana, mocy trójfazowej, mocy jednofazowej i momentu elektromechanicznego w zależności od rodzaju uszkodzenia. Są one spowodowane w dużej mierze składową przeciwną przepływu harmonicznej podstawowej.
- Najprostszą metodą diagnostyczną stanu klatki wirnika jest pomiar prądów uzwojeń stojana i mocy jednofazowej uzwojenia stojana w funkcji kąta położenia wirnika. Pozwala ona na stwierdzenie uszkodzenia pręta klatki lub kilku prętów leżących obok siebie przy uszkodzeniu od ok. 2–3% liczby prętów oraz uszkodzeniu polegającemu na obustronnym wyłamaniu się pręta z pierścieni zwierających.
- Najbardziej czułą pod względem diagnostycznym jest metoda pomiaru siły elektromotorycznej indukowanej przez pole wyższych harmonicznych, z wyłączeniem harmonicznej podstawowej w uzwojeniach kontrolnych. Wymaga ona jednak w praktyce wbudowania na stałe w stojan silnika dwóch uzwojeń kontrolnych o niewielkiej liczbie zwojów i niewielkim przekroju, a następnie zastosowania układu pomiarowego realizującego stosowną procedurę pomiarową. Jest to niewątpliwie wadą tej metody i praktycznie czyni ją nieprzydatną.



Rys. 39. Przebieg prądu $I_3(t)$ o częstotliwości $f_3 = f_1(1 - 2s)$ wydzielonego z prądu stojana $I(t)$ w przypadku niesymetrii elektrycznej klatki (symbolami I'_3 i I''_3 oznaczono impulsy w metodzie diagnostycznej, sygnalizującą niesymetrię elektryczną klatki) [79, 266]

Uzupełnieniem tych pomiarów mogą być pomiary w czasie rozruchu silnika – rys. 39. Składowa $f_0(1 - 2s)$ występuje również w stanie rozruchu [79, 266]. Zarejestrowany w tym stanie prąd poddaje się zwykle filtracji dolnoprzepustowej, z częstotliwością odcięcia ok. 15 Hz. Informację diagnostyczną uzyskuje się z tych zakresów prądu rozruchowego, którym odpowiada prędkość obrotowa wirnika nieco mniejsza i nieco większa od połowy prędkości synchronicznej. Przy połowie prędkości synchronicznej częstotliwość składowej diagnostycznej równa się zero. W czasie rozruchu amplituda składowej $f_0(1 - 2s)$ podlega zmianie. Doświadczenie wskazuje, że do celów diagnostycznych za miarodajną można uznać amplitudę przy ok. 10 Hz. W czasie rozruchu prądy w prętach klatki podlegają zjawisku wypierania. Dlatego w czasie rozruchu udział prądu w prętach klatki rozruchowej jest znacznie większy niż w czasie pracy ustalonej. Z tego względu w czasie rozruchu istnieją korzystne warunki do diagnostyki klatki górnej. Z kolei w czasie pracy ustalonej klatka górna jest w znacznym stopniu ekranowana przez klatkę dolną, czyli roboczą. Zatem w czasie pracy ustalonej istnieją korzystniejsze warunki do diagnostyki klatki roboczej [79, 266].

W przypadku zwarcia w stojanie silnik drga w płaszczyźnie promieniowej lub osiowej i w widmie drgań występuje składowa o częstotliwości $2f_0$.

10. Rezonanse

Szczególnym rodzajem drgań wymuszonych jest rezonans. Rezonans występuje wtedy, gdy częstotliwość siły wymuszającej pokryje się z częstotliwością własną układu drgającego. Drgania wymuszone odbywają się wówczas z maksymalną amplitudą [83, 149, 150]. W praktyce oznacza to, że przy małych nawet siłach wzbudzających i bardzo małym tłumieniu mogą powstać drgania o tak dużej amplitudzie, że mogą zniszczyć daną konstrukcję. Pulsację siły wymuszającej nazywamy wówczas pulsacją rezonansową ω_{rez} :

$$\omega_{rez} = \omega_0 \sqrt{1 - 2\zeta^2} = \sqrt{\omega_0^2 - 2h^2} \quad (11)$$

gdzie: ω_{rez} – pulsacja rezonansowa; ω_0 – pulsacja własna drgającego układu; h – stała tłumienia ($2h = b/m$, m – masa, b – współczynnik proporcjonalności, zwany współczynnikiem oporu).

Amplitudę szczytu rezonansowego możemy wyrazić za pomocą zależności:

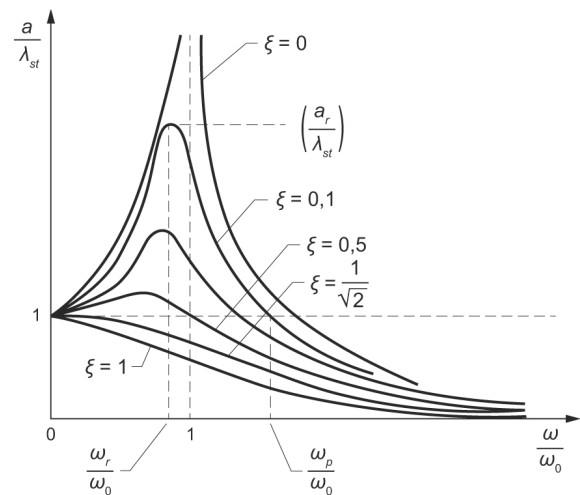
$$a_{rez} = \frac{\lambda_{st}}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (12)$$

gdzie: λ_{st} – wychylenie masy m pod wpływem działania siły, np. F_0 ; ζ – bezwymiarowy współczynnik drgań.

Z równania (9) wynika, że pulsacja rezonansowa jest zawsze mniejsza od pulsacji drgań własnych układu. Różnica obu pulsacji rośnie ze wzrostem stałej tłumienia.

Dla układów o bardzo małym tłumieniu ($\zeta < 0,1$) można przyjmować, że pulsacja rezonansowa siły wymuszającej jest równa pulsacji drgań własnych. Można oczywiście też mówić w tym przypadku o równości częstotliwości rezonansowej i częstotliwości drgań własnych układu [150].

Dodatkowych wiadomości o zjawisku rezonansu dostarczają krzywe rezonansowe (rys. 40). Są to krzywe przedstawiające zależność amplitudy drgań wymuszonych a (lub stosunku $\zeta(\omega) = a/\lambda_{st}$ – współczynnika wzmocnienia drgań) od częstości siły wymuszającej ω (lub stosunku ω/ω_0), przy różnych współczynnikach tłumienia: $h_1 < h_2 < h_3 < h_4 < h_5$. Jak widać, ośrodkom o mniejszych stałych tłumienia odpowiadają krzywe



Rys. 40. Krzywe rezonansowe przy różnych współczynnikach tłumienia [150]

o dość wyraźnie zarysowanym maksimum. Innymi słowy, w takich układach duże amplitudy mogą być osiągnięte tylko w wąskim przedziale wartości ω , zawierającym pulsację rezonansową ω_{rez} . Krzywe dotyczące ośrodków o dużym tłumieniu

reklama

MIĘDZYNARODOWE TARGI TECHNIKI PAKOWANIA I ETYKIETOWANIA

TAROPAK

4-6 października 2021 | POZNAŃ

ZAPRASZA

mtp
GRUPA

LOKALIZACJA:



Międzynarodowe
Targi Poznańskie



EKO-OPAKOWANIA



OPAKOWANIA
I ETYKIETY



AUTOMATYKA
I ROBOTYZACJA



LOGISTYKA
I CO-PACKING



E-COMMERCE

LIVE
&
DIGITAL

OPAKUJEMY
KAŻDĄ
BRANŻĘ!

WIĘCEJ INFORMACJI:

www.taropak.pl



(odpowiadające $0,5 \leq \zeta < 1/\sqrt{2}$) mają już maksima rozmyte – w szerokim przedziale wartości ω układ drgający reaguje nie wielkim wzrostem amplitudy. W układach o bardzo dużym tłumieniu (gdy $\zeta = 1/\sqrt{2}$) nie obserwuje się w ogóle wzrostu amplitudy – rezonans nie występuje [149, 150].

Częstotliwość zaniku drgań rezonansowych ω_p można obliczyć z zależności:

$$\omega_p = \omega_0 \sqrt{2(1 - 2\zeta^2)} = \sqrt{2(\omega_0^2 - 2b^2)} \quad (13)$$

W przypadku gdy mamy do czynienia z elementami obracającymi się z prędkością n obrotów na minutę, np. wał silnika, możemy spodziewać się powstania drgań rezonansowych o częstotliwości $n/60$ lub jej całkowitej wielokrotności. Drganiom tym mogą ulegać zarówno całe konstrukcje, jak i ich elementy.

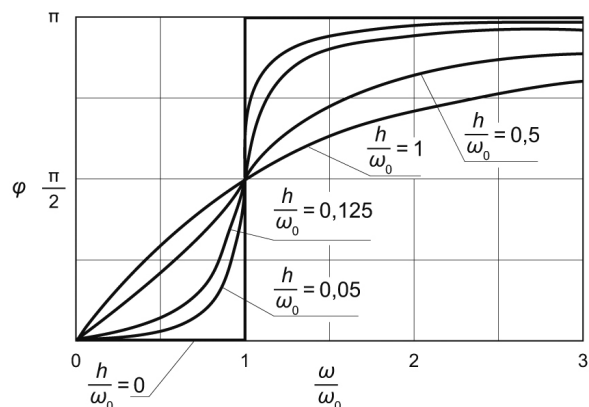
Dla drgań tłumionych nie należy utożsamiać ze sobą trzech różnych częstotliwości, które pokrywają się tylko wtedy, gdy nie ma tłumienia. Częstotliwościami tymi są: częstotliwość drgań własnych nietłumionych, częstotliwość drgań własnych tłumionych i częstotliwość odpowiadająca maksymalnej amplitudzie, którą uważa się za częstotliwość rezonansową [150]. Dla bardzo małych wartości tłumienia częstotliwości te są prawie jednakowe. W praktyce tłumienie najczęściej jest małe.

Na rysunku 42 przedstawiono przykład praktyczny rezonansu samochodu w czasie jazdy.

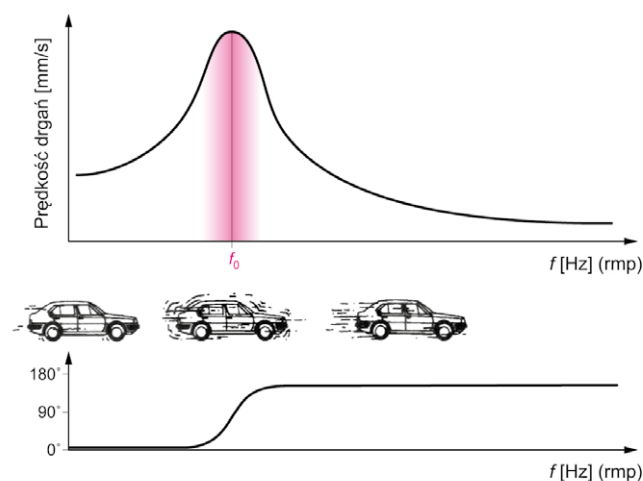
Rezonans jest zjawiskiem występowania największej amplitudy drgań wymuszonych przy określonych częstotliwościach zmian zewnętrznego czynnika wzbudzającego. Nie generuje drgań tylko wzmacnia drgania z innych źródeł [150, 266]. Rezonans pojawia się wtedy, gdy częstotliwość działania siły wymuszającej zbiega się z częstotliwością własną drgań maszyny [150]. Może powodować bardzo duże wzmocnienia amplitudy drgań i doprowadzić do zakłóceń pracy maszyny lub nawet do poważnego jej uszkodzenia. Częstotliwość rezonansowa może być naturalną własną częstotliwością np. wirnika maszyny, lecz może również pochodzić od całej konstrukcji, fundamentowania, konstrukcji wsporczej itp. Cechą charakterystyczną rezonansu jest gwałtowna zmiana kąta fazowego – zmiany kąta fazowego o 90° w samym rezonansie, zmiany kąta fazowego o blisko 180° po przejściu strefy rezonansowej – rys. 43. W rezonansie intensywność drgań maszyny zależy tylko od współczynnika tłumienia [150].

Silniki indukcyjne są bardzo często stosowane w napędach o zmiennej prędkości obrotowej. Praca w szerokim zakresie prędkości obrotowych skutkuje zmiennym wymuszeniem ich drgań i hałasów. Wymuszenie to może być duże, szczególnie jeśli częstotliwości harmonicznymi sił generowanych przez przekształtniki PWM są bliskie częstotliwości drgań własnych silnika [266].

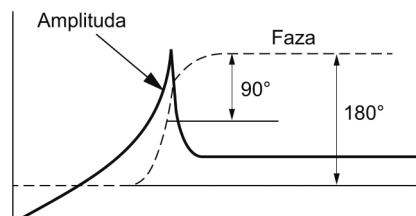
W celu zmniejszenia drgań i hałasów napędu mogą być stosowane dwa rozwiązania: pierwsze polega na eliminacji niepożądanych składowych z zasilania przez zastosowanie specjalnego sterowania przekształtnikiem, drugie sprowadza się do odpowiedniego zaprojektowania silnika, tak aby „wyprowadzić” częstotliwości drgań własnych silnika poza pasma częstotliwości podstawowych wymuszeń.



Rys. 41. Charakterystyki fazowe drgań wymuszonych siłą harmoniczną [150]

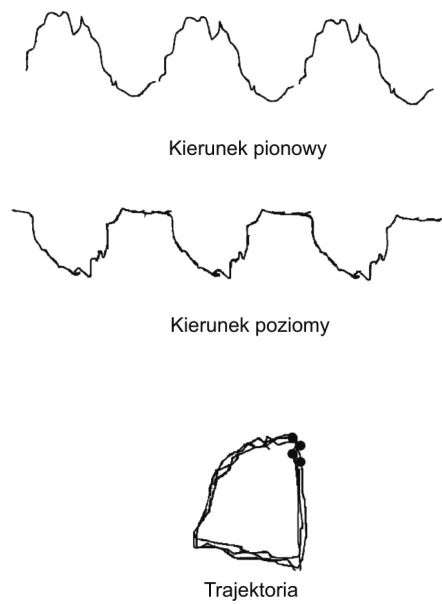


Rys. 42. Przykład praktyczny rezonansu samochodu w czasie jazdy: u góry: wzrost drgań samochodu przy prędkości rezonansowej, u dołu: zmiana kąta fazowego w czasie rezonansu [216]



Rys. 43. Zmiana kąta fazowego w rezonansie i po przejściu strefy rezonansowej [273]

W celu ograniczenia zagrożeń wibroakustycznych konieczne jest wyznaczenie częstotliwości drgań własnych poszczególnych części maszyny, aby było możliwe uniknięcie zjawiska rezonansu. Znajac drgania własne stojana i wirnika maszyny, można podać pasma zabronione częstotliwości dla przekształtnika, unikając w ten sposób w eksploatacji rezonansu [266].



Rys. 44. Sygnał drganiowy w dziedzinie czasu (rys. górny) i trajektoria wału w czasie przycierania wału (rys. dolny) [53]

11. Pęknięcie wału

Pęknięcie wału może być przyczyną bardzo poważnych, trudnych do wyobrażenia zagrożeń nie tylko dla maszyn, ale także dla otoczenia. Dlatego najwcześniejsze rozpoznanie pęknięcia ma ogromne znaczenie.

Pęknięcie wału powoduje zmianę jego sztywności. Ugięcie wału zależy również od umiejscowienia pęknięcia. W pozycji górnej następuje ścisnienie warstwy powierzchniowej i szczelina się zamyka. W pozycji dolnej występuje rozciąganie warstwy powierzchniowej i szczelina jest otwarta. Obroty wału generują drgania o charakterze okresowym, w szczególności o częstotliwości równej podwójonej częstotliwości obrotów wału. Można to wykorzystać do detekcji pęknięć wału [273]. Dużo informacji niesie pomiar wartości drugiej harmonicznej drgań wraz z kątem fazowym w trakcie zmiany obrotów wału (np. rejestracja wybiegu). Zmiany sztywności wału powodują wówczas drgania własne o częstotliwości krytycznej wału przy prędkości obrotowej wału równej połowie prędkości krytycznej. Podobne zjawisko wystąpi przy prędkości obrotowej trzy i cztery razy mniejszej od prędkości krytycznej [273]. Diagnostyka pęknięć wału może polegać na obserwacji zmiany czterech kolejnych składowych harmonicznych o podstawowej częstotliwości obrotów i kątów fazowych pierwszej i drugiej składowej harmonicznej [273].

12. Przycieranie wału

Przycieranie wału jest skutkiem fizycznego kontaktu pomiędzy ruchomymi (obracającymi się) a stacjonarnymi częściami maszyny. W maszynach wirnikowych przycieranie występuje przede wszystkim: pomiędzy wałem a uszczelnieniami labiryntowymi, wewnątrz łożysk w wyniku np. ciasnych pasowań.

W widmie drgań obserwuje się składowe harmoniczne $0,5f$, $1,5f$, $2,5f$ itd. Sygnał drganiowy i trajektoria wału mają zazwyczaj spłaszczony kształt. Częstotliwości podharmoniczne mogą „dryfować” (nie są stałą częścią składowej obrotowej) – rys. 44.

Dla częstotliwości podharmonicznej można obserwować trajektorie przeciwbieżną wału (kiedy czop uderzy w panew łożyska, przemieszcza się przeciwnie do ruchu obrotowego). Warunki przycierania są zmienne w czasie i wywołują różną odpowiedź wirnika, dlatego kierunek trajektorii podharmonicznej może oscylować pomiędzy kierunkiem zgodnym i przeciwnym do kierunku obrotu wału. Wszystkie obserwowane symptomy są chwilowe, ponieważ przycieranie jest typowym zjawiskiem przejściowym. ■

Bibliografia dostępna pod linkiem: nis.com.pl/bibliografia.html

Fragment pochodzi z książki:

Utrzymanie ruchu w przemyśle,

Sławomir Szymaniec, Marek Kacperak

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021

reklama

zrobotyzowany.pl

Przemysł
ZROBOTYZOWANY
www.zrobotyzowany.pl

Pozyskiwanie i przetwarzanie energii odnawialnej. Cz. 2

Jan Górzyński

1. Wykorzystanie energii wody

1.1. Zasady wykorzystania energii wody

Energia wody występująca w przyrodzie, która może być wykorzystana do celów energetycznych, to energia mórz i oceanów oraz wód śródlądowych. Podstawowe znaczenie dla energetyki ma wykorzystanie energii wód śródlądowych, ponieważ energia mórz i oceanów jak dotychczas jest wykorzystywana w niewielkim stopniu i nie liczy się w bilansie energii zużywanej na świecie. Energia wód śródlądowych jest wynikiem obiegu wody w przyrodzie uruchamianego działaniem energii słonecznej, co ilustruje rys. 1.

Zależności umożliwiające określenie energii strumienia wody otrzymujemy na podstawie równania Bernoulliego

$$\frac{p}{\rho} + \frac{w^2}{2} + g_z h = \text{const} \quad (1)$$

Zapisując równanie energii strumienia wody dla punktów A i B (rys. 2), otrzymujemy strumień energii wody możliwy do uzyskania z określonego strumienia objętości wody

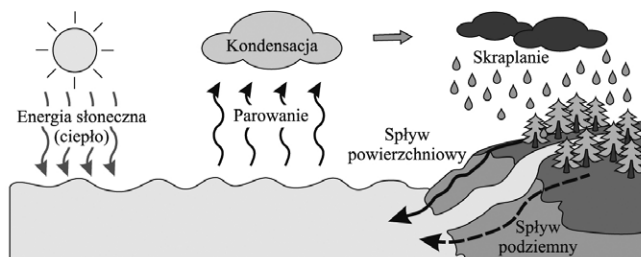
$$\dot{E} = \dot{V} \rho g_z \left[(h_A - h_B) + \frac{P_A - P_B}{\rho g_z} + \frac{w_A^2 - w_B^2}{2g_z} \right] \quad (2)$$

gdzie: w – prędkość przepływu wody; g_z – przyspieszenie ziemskie; p – ciśnienie wody, ρ – gęstość wody, \dot{V} – strumień objętościowy przepływu wody.

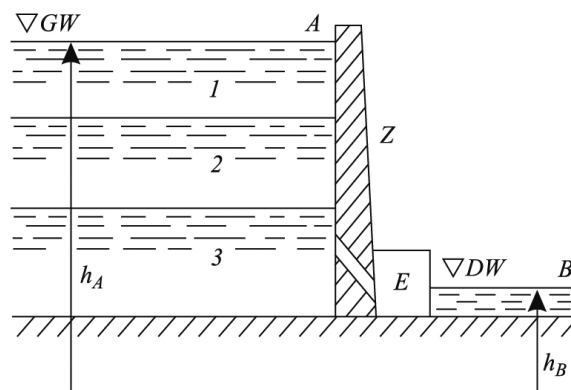
Energia wody śródlądowej jest przetwarzana na energię elektryczną w elektrowniach (siłowniach) wodnych (hydroelektrowniach). W elektrowniach wodnych wykorzystuje się głównie energię potencjalną wynikającą z różnicy wysokości położenia (spadu wody), to znaczy uwzględnia się jedynie pierwszy człon we wzorze (2), czyli różnicę ($h_A - h_B$) poziomów wody dostarczanej do siłowni i odpływającej z siłowni. Pozostałe dwa człony równania (2) są zwykle pomijalnie małe.

Podstawowe wielkości decydujące o rozmiarach siłowni wodnej to strumień objętościowy wody \dot{V} i spad wody określony różnicą wysokości położenia ($h_A - h_B$). Przy czym różnica ta pomniejszona o opory przepływu Δh_r wody dostarczanej do siłowni nosi nazwę *spadu użytecznego*, który wyraża się wzorem $H_u = h_A - h_B - \Delta h_r$.

Moc elektrowni wodnej P jest określana przede wszystkim przez strumień objętości przepływającej wody oraz spad użyteczny



Rys. 1. Ilustracja obiegu wody w przyrodzie i powstawania energii spadku wody



Rys. 2. Koncentracja spadku wody przy zastosowaniu zapory:

E – elektrownia; Z – zapora; 1 – warstwa retencyjna; 2 – warstwa energetyczna; 3 – warstwa martwa; DW – dolna woda; GW – górna woda [71]

$$P = \dot{V} \rho g_z H_u \eta_e \quad (3)$$

gdzie: η_e – sprawność energetyczna elektrowni wodnej.

Sprawność elektrowni wodnej zależy od sprawności najważniejszych urządzeń biorących udział w przetwarzaniu energii wody na energię elektryczną: turbiny, generatora i systemu transformacji wytwarzanego prądu na napięcie sieciowe. Sprawność tę zapisuje się wzorem

$$\eta_e = \eta_t \eta_g \eta_{tr} \quad (4)$$

gdzie: η_t – sprawność turbiny; η_g – sprawność generatora; η_{tr} – sprawność transformacji napięcia.

Obliczeniowy strumień objętościowy \dot{V} wody w odniesieniu do pojedynczej turbiny wodnej jest określany jako przełyk turbiny, a w przypadku elektrowni jako przełyk elektrowni. Przełyk elektrowni ma decydujący wpływ na rozmiary elektrowni wodnej i wszystkich związanych z nią urządzeń hydrotechnicznych.

Warunkiem uzyskania elektrowni o jak największej mocy na danym cieku wodnym jest uzyskanie dużego spadku H_n , dlatego często doprowadza się do spiętrzenia górnego poziomu wody przez budowę zapór. Mimo dużych kosztów inwestycji hydrotechnicznych i długiego czasu ich realizacji, w przypadkach gdy istnieją sprzyjające warunki (np. duże zasoby przepływającej wody i korzystne warunki hydrologiczne), podejmowana jest budowa elektrowni wodnych.

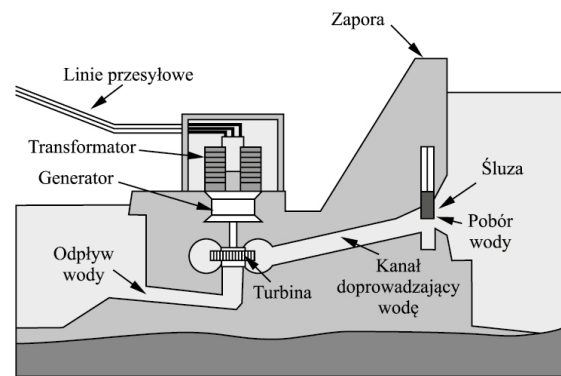
1.2. Rodzaje elektrowni wodnych

Elektrownie wodne charakteryzują się znaczną różnorodnością rozwiązań technicznych ze względu na konieczność dostosowania do istniejących warunków terenowych. W zależności od sposobu gospodarowania przepływem wody i współpracy z systemem elektroenergetycznym rozróżnia się trzy grupy elektrowni wodnych: przepływowe, zbiornikowe i szczytowo-pompowe. Tylko elektrownie przepływowe i zbiornikowe stanowią źródła energii. Elektrownie pompowe służą do pośredniego akumulowania energii elektrycznej. Z kolei zależnie od wielkości spadku elektrownie wodne mogą być niskospadowe, średnospadowe i wysokospadowe. Wielkość spadku ma decydujący wpływ na rodzaj zastosowanej turbiny i w konsekwencji na rozwiązanie techniczne obiektu.

Elektrownie przepływowe wykorzystują ciągły przepływ wody cieku wodnego bez zbiornika do magazynowania wody. W Polsce elektrownie przepływowe są zwykle niskospadowe z wykorzystaniem niewielkiego spiętrzenia wody przez zapory ziemne. Pojemność zbiornika przed zaporami spiętrzającymi jest niewielka i zapewnia wyrównywanie przepływu jedynie przed nierównomiernością spowodowaną bieżącymi opadami.

Elektrownie zbiornikowe (rys. 3) wymagają zwykle budowy zapór i zbiorników betonowych. Są budowane w miejscach, gdzie ukształtowanie terenu to umożliwia. Głównym zadaniem zbiorników jest gromadzenie wody w okresach niskiego obciążenia systemu elektroenergetycznego lub istnienia dużych przepływów wody. Mogą spełniać funkcje wyrównywania przepływów w systemie dobowym, tygodniowym, sezonowym, rocznym, również funkcję zabezpieczenia przeciwpowodziowego.

W elektrowniach szczytowo-pompowych górny zbiornik jest napełniany wodą podawaną ze zbiornika dolnego przy wykorzystaniu w tym celu energii elektrycznej pobieranej z systemu elektroenergetycznego w czasie, gdy jest ona najtańsza, czyli podczas niskiego obciążenia systemu, w tzw. dolinie nocnej. Ze względu na łatwość włączenia do pracy elektrownie szczytowo-pompowe są projektowane i wykorzystywane do pracy interwencyjnej, czyli w okresach szczególnie dużego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, co ma miejsce w godzinach przedpołudniowych i w szczycie wieczornym. W tych elektrowniach stosowane są agregaty prądowórcze z możliwością pracy odwracalnej, podczas napełniania zbiornika górnego także pracują jako pompy oraz jako turbiny



Rys. 3. Schemat elektrowni wodnej zbiornikowej

napędowe generatorów energii elektrycznej w okresach, kiedy jest wymagana natychmiastowa praca interwencyjna.

Energia elektryczna wytwarzana w elektrowniach szczytowo-pompowych w Polsce nie jest postrzegana jako energia uzyskiwana ze źródła odnawialnego, ponieważ do pracy pompowej elektrownie tego typu wykorzystują energię elektryczną wytwarzaną w zdecydowanej większości w elektrowniach ciepłych opalanych węglem, czyli paliwem nieodnawialnym.

Od wielkości spadku zależy rodzaj zastosowanych w elektrowni turbin wodnych. W obiektach zainstalowanych w Polsce w siłowniach niskospadowych (do 15 m spadku) są wykorzystywane turbiny Kaplana o budowie śmigłowej, w średnospadowych (15–50 m) – turbiny Francisca zbliżone konstrukcyjnie do pomp diagonalnych, w wysokospadowych (powyżej 50 m) – również turbiny Francisca o budowie zbliżonej do pomp wirowych o dużej wydajności. W Polsce w elektrowniach szczytowo-pompowych najwyższy spadek zastosowano w elektrowni Młoty, w której zainstalowano pompoturbiny o spadzie 260 m. Szczegóły konstrukcyjne różnego rodzaju turbin omówiono obszernie w pracy [71].

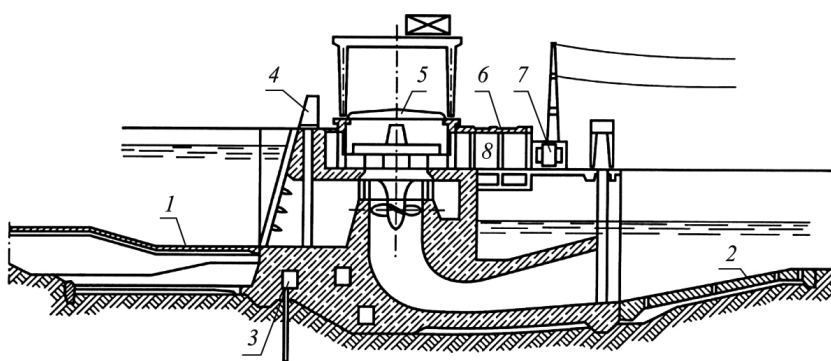
Według [71] sprawność cyklu w elektrowniach szczytowo-pompowych wynosi $\eta = 0,70-0,77$, co oznacza, że z 1 kWh energii elektrycznej pobranej przez pompy w okresie szczytowego obciążenia systemu elektroenergetycznego otrzymuje się 0,70–0,77 kWh energii elektrycznej przekazanej z powrotem do systemu.

1.3. Znaczenie elektrowni wodnych

Elektrownie wodne (poza pompowymi) są obiektami, które oprócz wytwarzania energii elektrycznej spełniają inne funkcje w gospodarce kraju:

- wpływają na stabilizację stosunków wodnych i chronią przed powodzią;
- są źródłem wody pitnej i przemysłowej;
- służą do prowadzenia gospodarki rybnej i nawadniania terenów rolniczych;
- poprawiają komunikację (przeprawy drogowe i kolejowe);
- tworzą nowe tereny rekreacyjne.

Elektrownia zbiornikowa, która pracuje jako szczytowa, nie wyrównuje wahań przepływów poniżej elektrowni, a nawet je



Rys. 4. Przekrój elektrowni wodnej we Włocławku na Wiśle [71]: 1, 2 - umocnienie płytami betonowymi; 3 - drenaż; 4 - czyszczarka; 5 - ruchome elementy nad generatorami; 6 - most drogowy; 7 - transformator; 8 - pomieszczenie dla obsługi

powiększa. Dlatego na rzekach buduje się kaskady elektrowni wodnych, to znaczy ciąg elektrowni położonych w stosunkowo małych odległościach na tej samej rzece. W takiej kaskadzie pierwsza elektrownia pracuje jako szczytowa, a ostatnia jako wyrównawcza.

W Polsce powstała koncepcja budowy kaskady na Wiśle. Z przewidywanych w tej kaskadzie elektrowni wybudowano dotychczas stopień wodny i elektrownię zbiornikową Włocławek (rys. 4). Przewiduje się budowę dalszych siedmiu elektrowni między Tczewem a Wyszogrodem. Długość dolnej kaskady Wisły wynosiłaby 319 km, a łączna moc zainstalowana 1340 MW.

Elektrownie wodne o mocach poniżej 5 MW są zaliczane do tzw. małej energetyki. Do małej energetyki zalicza się również turbiny napędowe w tartakach i młynach. Zadaniem małych elektrowni wodnych polega na zasilaniu w energię elektryczną obszarów niepodłączonych do sieci, podwyższaniu napięcia w końcowych odcinkach sieci elektroenergetycznej i zwiększaniu niezawodności zasilania obszarów wiejskich.

Energetyka wodna zapewnia dostawę energii elektrycznej w sposób przyjazny dla środowiska naturalnego, a zastępując energię wytwarzaną z paliw kopalnych, wpływa na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do środowiska.

Podwyższenie poziomu zwierciadła wód przez zapory powoduje jednak podniesienie poziomu wód gruntowych i niekiedy stwarza konieczność budowy odwodnień. Nie można również wykluczyć awarii zapór wodnych.

2. Wykorzystanie energii wiatru

2.1. Budowa i działanie siłowni wiatrowej

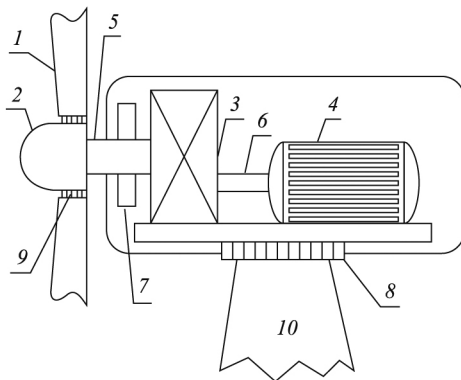
Siłownia (elektrownia) wiatrowa to zespół urządzeń wytwarzających energię elektryczną dzięki wykorzystaniu energii strumienia wiatru. Przemianę energii wiatru w energię mechaniczną zapewnia silnik wiatrowy (turbina wiatrowa). Wyróżnia się kilka typów silników wiatrowych, między innymi są to silniki: karuzelowe, bębnowe, śmigłowe i wielołopatowe. W Polsce najczęściej spotyka się silniki śmigłowe

trójłopatowe (rys. 5) i przedstawiony tu krótki opis budowy siłowni wiatrowej dotyczy takiej właśnie siłowni. Podstawowymi członami tworzącymi zespół prądotwórczy siłowni są: silnik (turbina) wiatrowy i generator energii elektrycznej, zwykle połączone za pośrednictwem przekładni mechanicznej. Przekładnia zapewnia zwiększenie prędkości obrotowej siłowni (wynoszącej zazwyczaj 15–20 obr./min) na prędkość umożliwiającą optymalną pracę generatora (często jest to 1500 obr./min). Podstawowym elementem silnika wiatrowego są łopaty zamocowane do piasty i osadzone na wale – stanowią wirnik siłowni. Silnik wiatrowy zapewnia wykorzystanie energii wiatru do wytwarzania energii mechanicznej, która w postaci momentu obrotowego na wale jest przekazywana do napędu generatora wytwarzającego energię elektryczną. Wał z systemem łożysk jest umieszczony w gondoli osadzonej obrotowo na wieży lub maszcie o odpowiedniej wysokości, z systemem do samoczynnego ustawiania wirnika w stosunku do kierunku wiatru wraz z urządzeniami regulacyjnymi i sterowniczymi oraz przekładnią przenoszącą napęd na generator.

Podstawowe elementy tworzące siłownię wiatrową ilustruje schemat przedstawiony na rys. 6. Oprócz zespołu prądotwórczego niezbędnymi elementami siłowni wiatrowej są: fundament, wieża, drabina wejściowa, wyjście do sieci elektroenergetycznej, serwomechanizm kierunkowania siłowni, gondola, wiatromierz, hamulec postojowy, siłownik mechanizmu przestawiania łopat. Najczęściej spotykane są wirniki trójłopatowe z łopatami wykonanymi z włókna szklanego wzmocnionego poliestrem. W piaście wirnika znajduje się serwomechanizm pozwalający na ustawianie kąta nachylenia łopat. Gondola siłowni jest mocowana na wieży o odpowiedniej wysokości, ma możliwość obrotu o 360 stopni i zawsze jest ustawiana w kierunku pod wiatr. Obrót gondoli zapewnia mechanizm kierunkowania siłowni z silnikiem napędowym i przekładnią zębatą. Ponadto w gondoli są instalowane: transformator napięcia, system osadzania układu wirującego wewnątrz gondoli, układy smarowania oraz hamulec zapewniający zatrzymanie wirnika.



Rys. 5. Elektrownia wiatrowa w Pucku [w6]



Rys. 6. Schemat budowy siłowni wiatrowej: 1 - łopaty; 2 - piasta; 3 - przekładnia mechaniczna; 4 - generator energii elektrycznej; 5 - wał wolnoobrotowy; 6 - wał szybkoobrotowy; 7 - hamulec; 8 - mechanizm kierowania siłowni; 9 - mechanizm ustawiania łopat; 10 - wieża

Według [86] oraz [w6] siłownie wiatrowe są budowane jako przydomowe lub przemysłowe, a zakres mocy pozwala je rozpatrywać jako siłownie mikro, małe i duże. Mogą być lokalizowane na lądzie lub morzu. Do zastosowań przydomowych, budowanych na potrzeby własne użytkowników, wykorzystywane są mikrosiłownie (o mocy do 100 W). Najczęściej są stosowane do ładowania baterii akumulatorów stanowiących zasilanie obwodów wydzielonych, wykorzystywane są także do zasilania części oświetlenia domu: pojedynczych lamp, a nawet poszczególnych pomieszczeń czy urządzeń.

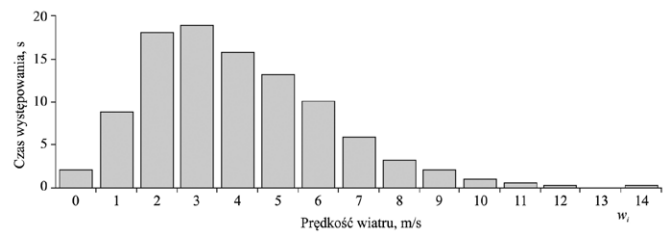
Małe siłownie wiatrowe – o mocy od 100 W do 50 kW mogą zapewnić energię elektryczną w pojedynczych gospodarstwach domowych, a nawet w małych przedsiębiorstwach. W instalacjach przydomowych najczęściej są wykorzystywane siłownie 3–5 kW do zasilania oświetlenia, do napędu układów pompowych, sprzętu i wyposażenia domowego. Jako przydomowe siłownie wiatrowe określany jest zespół urządzeń służący do wytwarzania i magazynowania energii elektrycznej przeznaczonej do wykorzystania w jednym lub kilku budynkach mieszkalnych, najczęściej są ustawiane bezpośrednio w pobliżu odbiorców energii.

Duże siłownie wiatrowe to zwykle obiekty przemysłowe o mocy powyżej 50 kW (najczęściej o mocy znacznie większej) przystosowane do produkcji i sprzedaży energii elektrycznej. W odniesieniu do takich siłowni niezbędne jest uzyskanie zgody na przyłączenie do sieci elektroenergetycznej po spełnieniu wymagań stawianych przez operatora sieci.

2.2. Cechy charakterystyczne wiatru

Energia wiatru jest to energia kinetyczna przemieszczania się mas powietrza wywołana nierównoważonym rozkładem ciśnienia atmosferycznego w różnych miejscach na Ziemi. Jest pochodzenia słonecznego, stanowi około 1% energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi.

Wiatr, rozumiany jako składowa pozioma ruchu powietrza względem powierzchni Ziemi, jest wynikiem nierównomiernego (zmiennego w cyklu dobowym) dopływu energii



Rys. 7. Przykładowy histogram prędkości wiatru dla danej lokalizacji $p(w_i)$

promieniowania słonecznego w zależności od szerokości geograficznej oraz ruchu obrotowego Ziemi względem własnej osi. Nierównomierne nagrzewanie powierzchni powoduje różnice temperatury, które z kolei wywołują ruchy konwekcyjne w atmosferze, prowadzące do różnic ciśnienia w różnych miejscach powierzchni Ziemi, a to z kolei powoduje ruch powietrza w dolnej warstwie atmosfery, czyli wiatr. Ponadto istotny wpływ na ruch mas powietrza i jego złożoność mają różnice zdolności nagrzewania i ochładzania się powierzchni lądów (pól i lasów), mórz i oceanów, a także różnice nachylenia powierzchni Ziemi względem kierunku padania promieniowania słonecznego. Na powstający w wyniku tych oddziaływań charakterystyczny układ krążenia powietrza w troposferze nakładają się siły Coriolisa, wywołane ruchem obrotowym Ziemi, zakrzywiające toru ruchu mas powietrza.

Z punktu widzenia energetyki wiatrowej interesuje nas energia wiatru w strefie przyziemnej, której wysokość nad poziomem terenu zależy od charakteru podłoża, ukształtowania terenu i od wielu innych czynników. Powstające w strefie przyziemia zaburzenia atmosfery wpływają w sposób istotny na prędkość wiatru i zmiany kierunku ruchu powietrza w stosunku do jego strumienia głównego, nazywane strukturą wiatru.

Prędkość wiatru jest wielkością, która zmienia się w sposób przypadkowy, dlatego można ją opisać tylko w sposób statystyczny. Najbardziej wiarygodnie można scharakteryzować przebieg zmian prędkości wiatru na podstawie pomiarów. Na rys. 7 przedstawiono przykładowy rozkład (histogram) prędkości wiatru dla określonej lokalizacji, wykonany na podstawie pomiarów.

Histogram przedstawia prawdopodobieństwo $p(w_i)$ wystąpienia wiatru o prędkości w_i w funkcji prędkości w_i , które jest określone stosunkiem czasu $\tau(w_i)$ wystąpienia wiatru o prędkości w_i do całkowitego czasu τ_R w ciągu roku, co można zapisać jako

$$p(w_i) = \frac{\tau(w_i)}{\tau_R} \quad (5)$$

gdzie: w_i – prędkość wiatru w i -tym pomiarze ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) w m/s; $\tau_i = \tau(w_i)$ – czas występowania wiatru o prędkości w_i ; τ_R – całkowity rozpatrywany okres, zwykle rok ($\tau_R = 8760$ h).

Podstawowym parametrem charakteryzującym losowo zmianę danej wielkości jest jej średnia wartość w określonym

czasie. W przypadku prędkości wiatru są to średnioroczne prędkości charakteryzujące dany obszar, będące efektem wieloletnich pomiarów. Istnieją możliwości rozszerzenia lokalnych danych klimatycznych (z uwzględnieniem rzeźby terenu) na tereny przyległe do kilku kilometrów. Średnią miesięczną i średnią roczną prędkość wiatru oblicza się na podstawie wyników pomiarów według wzoru

$$w_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \quad \text{lub} \quad w_{sr} = \int_0^{\infty} wp(w)dw \quad (6)$$

gdzie: n – liczba pomiarów w danym okresie (miesiąc, rok); w_i – prędkość wiatru w i -tym pomiarze.

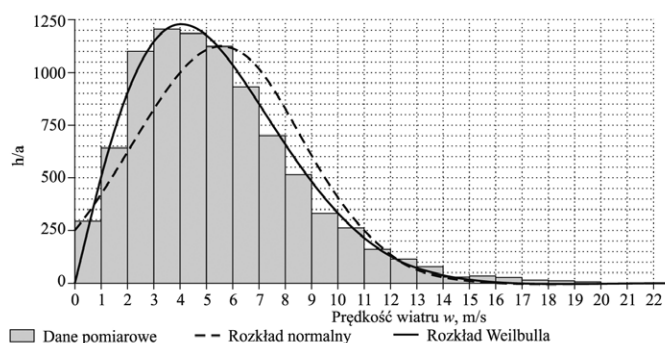
W analizach wykorzystania energii wiatru oprócz znajomości średniej prędkości wiatru dla rozpatrywanego miejsca niezbędna jest również informacja o rozkładzie prędkości w ciągu roku i średnich miesięcznych oraz częstości występowania określonej prędkości. W celu bliższego scharakteryzowania zmienności prędkości wiatru posługujemy się najczęściej rozkładem Weibulla $p(w)$, który stanowi dobre przybliżenie rozkładu prędkości rzeczywistej wiatru, potwierdzone wieloletnim stosowaniem do modelowania rozkładu prędkości. Rozkład Weibulla dla danej średniorocznej prędkości wiatru, określający gęstość prawdopodobieństwa $p(w)$ wystąpienia wiatru o danej prędkości, wyraża relacja [83]

$$p(w) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{w}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{w}{\beta}\right)^{\gamma}\right] \quad (7)$$

gdzie: γ – parametr kształtu rozkładu; β – parametr skali.

Rozkład Weibulla wyrażony równaniem (7) przedstawia zależność oczekiwanej liczby godzin występowania wiatru z określoną prędkością w . Mając prawdopodobieństwo $p(w)$ wystąpienia wiatru o prędkości w oraz wykorzystując wzór (7), można określić czas $\tau(w)$ występowania takiej prędkości wiatru.

Na rys. 8 przedstawiono, wg [86], histogram prędkości wiatru dla Łeby wraz z naniesionym rozkładem Weibulla.



Rys. 8. Histogram prędkości wiatru dla Łeby i zastosowanie rozkładu Weibulla [86]

Opracowanie rozkładu Weibulla opiera się na danych pomiarowych otrzymanych dla wystarczająco długiego okresu. Rozkład ten zależy od parametru kształtu γ i od parametru skali β , zależnego z kolei od średniej prędkości wiatru. Dla danej lokalizacji parametry rozkładu γ i β są wyznaczane przez dostosowanie wyników obserwacji do rozkładu danego wzorem (7). Niezbędna jest również ocena klasy szorstkości α terenu wykonywana dla danego miejsca na podstawie map topograficznych i lotniczych.

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na energię mas powietrza na danym obszarze jest pionowy profil prędkości wiatru w warstwie przyziemnej, na który wpływa tarcie zewnętrzne związane z rodzajem terenu oraz pionowa wymiana pędu, którą określa stan równowagi pionowej powietrza, nazywany gradientem termicznym.

Prędkość wiatru wzrasta wraz z wysokością. Jeśli pomiary prędkości wiatru zostały wykonane na wysokości innej niż wysokość zainstalowania rozpatrywanej siłowni wiatrowej, to wówczas stosuje się wzór korekcyjny. Najczęściej jest wykorzystywana zależność podana w [86]

$$w(h_2) = w(h_1) \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{\alpha} \quad (8)$$

gdzie: h_1, h_2 – wysokość; $w(h_1), w(h_2)$ – prędkość wiatru odpowiednio na wysokościach h_1, h_2 ; α – parametr zależny od szorstkości gruntu, najczęściej przyjmuje się wartość 1/7 [Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki (laboratorium)]. Ocena szorstkości terenu dla danej lokalizacji jest wykonywana na podstawie map topograficznych i lotniczych.

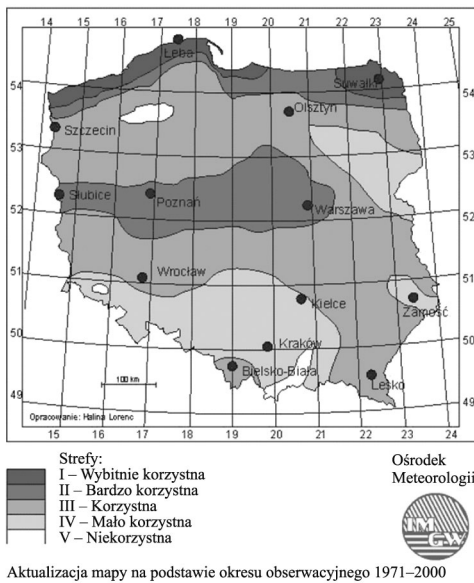
2.3. Ocena energetyczna wiatru

2.3.1. Strefy energetyczne wiatru

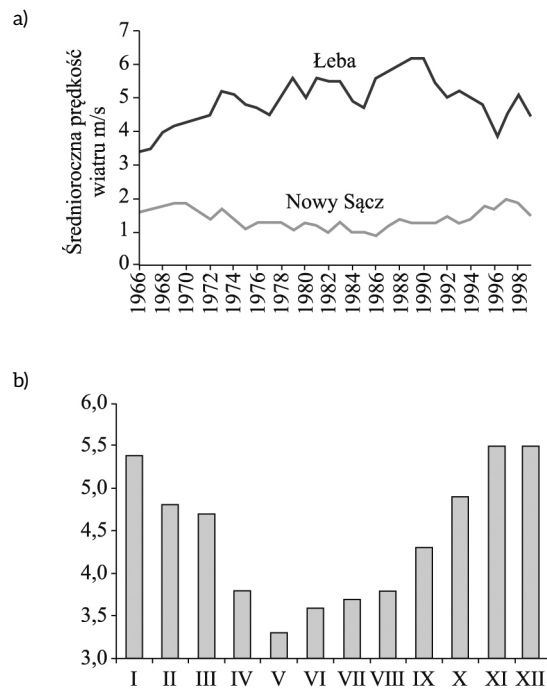
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMiGW) dokonał ogólnej oceny przydatności prędkości wiatru do wykorzystania energetycznego dla całego obszaru kraju [77]. Na podstawie pomiarów przeprowadzonych w latach 1966–1989 na wysokości 30 m nad poziomem gruntu i większej wyróżniono zostały strefy energetyczne wiatru, które zaznaczono na mapie przedstawiającej mezoskalową rejonizację Polski z punktu widzenia zasobów wiatru w ciągu roku (rys. 9). Wydzielono pięć rejonów o różnych zasobach energii, zapewniając wstępną ocenę przydatności danego obszaru kraju do ewentualnej budowy siłowni wiatrowych. Z mapy tej wynika, że ok. 30% powierzchni kraju ma umiarkowanie korzystne warunki do wykorzystania wiatru jako odnawialnego źródła energii.

W Polsce rejonami uprzywilejowanymi pod względem zasobów wiatru są: środkowe, najbardziej wysunięte na północ, części wybrzeża od Koszalina po Hel, rejon wyspy Wolin, Suwalszczyzna, środkowa Wielkopolska i Mazowsze, Beskid Śląski i Żywiecki, Bieszczady i Pogórze Dynowskie.

Na rys. 10 przedstawiono wg [w6] przebieg średnich rocznych wartości prędkości wiatru w dwóch miejscowościach, leżących w zupełnie skrajnych strefach wiatrowych kraju: Łeba i Nowy Sącz.



Rys. 9. Strefy energetyczne wiatru w Polsce wg IMiGW [77]



Rys. 10. Średnie prędkości wiatru: a) roczne dla dobrych warunków wiatrowych (Łeba) i słabych (Nowy Sącz) w latach 1966–1989 (według [w6]); b) miesięczne dla Helu w latach 1951–1975 [w6]

2.3.2. Sprawność przemiany energii wiatru w energię elektryczną

Prędkość wiatru jest podstawową wielkością, która wpływa decydująco na moc i efektywność energetyczną i ekonomiczną siłowni wiatrowej. Strumień energii kinetycznej \dot{E} , czyli moc strumienia wiatru napływającego na pole powierzchni S zataczane przez wirnik siłowni, wyraża się wzorem

$$\dot{E} = \frac{\dot{G}w^2}{2} = \frac{S\rho w^3}{2} = \rho S \frac{w^3}{2} \quad (9)$$

gdzie: \dot{G} – masowy strumień powietrza napływającego na pole powierzchni zataczanej przez wirnik; w – prędkość przepływu powietrza; ρ – gęstość powietrza; S – pole powierzchni zataczanej przez łopaty wirnika siłowni wiatrowej.

Wymaga podkreślenia, że zgodnie ze wzorem (9) moc strumienia wiatru jest proporcjonalna do trzeciej potęgi prędkości wiatru. Świadczy to o podstawowym znaczeniu prędkości wiatru z punktu widzenia jego energetycznego wykorzystania.

Stosuje się również pojęcie gęstości mocy e_w strumienia wiatru

$$e_w = \frac{\dot{E}}{S} = \rho \frac{w^3}{2} \quad (10)$$

Należy także mieć na uwadze, że zmiany gęstości powietrza, związane ze zmianą warunków atmosferycznych, mogą znacząco wpływać na energię wiatru.

Energia masowego strumienia \dot{G} wiatru według wzorów (9) i (10) wyraża jedynie potencjalne możliwości energii wiatru pozostające do wykorzystania, gdyby prędkość wiatru za wirnikiem spadła do zera, co oczywiście fizycznie nie jest możliwe. Prędkość wiatru za wirnikiem zmniejsza się jedynie do pewnej wartości w_0 , dlatego strumień energii pobierany przez łopaty turbiny wiatrowej jest proporcjonalny do różnicy kwadratów prędkości powietrza przed i za wirnikiem turbiny, co wyraża następująca zależność [56]:

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \dot{G}(w^2 - w_0^2) \quad (11)$$

gdzie: w – prędkość powietrza napływającego na wirnik; w_0 – prędkość powietrza odpływającego.

Po przekształceniu zależności (11) moc mechaniczna pobierana przez wirnik silnika wiatrowego wyraża się wzorem

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \left(\rho S \frac{w + w_0}{2} \right) (w^2 - w_0^2) = \frac{1}{2} \rho S w^3 \cdot \frac{1}{2} \left(1 + \frac{w_0}{w} \right) \left[1 - \left(\frac{w_0}{w} \right)^2 \right] \quad (12)$$

Uwzględniono, że strumień masowy \dot{G} powietrza jest określony przy średniej prędkości wiatru $0,5(w + w_0)$.

Najczęściej moc mechaniczna pobierana przez łopaty wirnika silnika wiatrowego jest przedstawiana za pomocą wyrażenia

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \rho S w^3 \eta_p \quad (13)$$

gdzie współczynnik η_p wykorzystania energii wiatru (nazywany też sprawnością strumieniową albo współczynnikiem Betza)

zależy tylko od stosunku prędkości przed i za wirnikiem turbiny, zgodnie ze wzorem

$$\eta_p = \frac{\dot{E}}{P_{\max}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{w_0}{w} \right) \left[1 - \left(\frac{w_0}{w} \right)^2 \right] \quad (14)$$

Współczynnik ten osiąga wartość maksymalną $\eta_{p,\max}$ przy prędkości wiatru $w = 3w_0$, co można łatwo wykazać, przyrównując pochodną η_p względem stosunku w_0/w do zera. Obliczona zgodnie z równaniem (14) maksymalna wartość współczynnika wykorzystania energii wiatru (czyli przy $w = 3w_0$) wynosi $\eta_{p,\max} = 0,593$ i jest nazywana limitem Betza.

W warunkach rzeczywistych, ze względu na straty mechaniczne i aerodynamiczne, dla współczesnych, najczęściej stosowanych trójłopatowych turbin wiatrowych o poziomej osi obrotu, udaje się osiągnąć wartości η_p niewiele przekraczające 0,4.

Według [93] sprawność ($\eta_m \eta_a$) silnika wiatrowego jest wynikiem strat mechanicznych i aerodynamicznych, powodowanych przez:

- tarcie powietrza opływającego powierzchnie łopatek;
- wyrównywanie ciśnienia powietrza po obu stronach łopatek;
- zawirowania strumienia powietrza za wirnikiem;
- niemożliwość energetycznego wykorzystania środkowej części wirnika;
- ubytek strumienia powietrza na zewnątrz wirnika;
- straty energii w wyniku wzajemnego oddziaływania łopatek (w silnikach wielołopatowych);
- straty energii mechanicznej w wyniku tarcia w elementach układu wirującego.

Wymienione wyżej straty są wyrażane przez sprawność aerodynamiczną η_a i mechaniczną η_m .

Sprawność przemiany energii wiatru w energię elektryczną otrzymywaną na wyjściu generatora można zdefiniować wzorem

$$\eta_e = \frac{P_e}{\dot{E}} \quad (15)$$

gdzie: P_e – moc elektryczna otrzymywana na wyjściu z generatora energii elektrycznej; \dot{E} – moc strumienia wiatru napływającego na wirnik określona wzorem (9).

Wzór (15) można przekształcić, uwzględniając sprawność silnika wiatrowego, sprawność mechaniczną i aerodynamiczną silnika oraz sprawność (mechaniczną i elektryczną) generatora

$$\eta_e = \frac{P_{\max}}{\dot{E}} \cdot \frac{P_w}{P_{\max}} \cdot \frac{P_{wg}}{P_w} \cdot \frac{P_e}{P_{wg}} = \eta_p (\eta_a \eta_m) \eta_t \eta_g \quad (16)$$

gdzie: η_p – współczynnik wykorzystania energii wiatru przez silnik wiatrowy; η_a – sprawność aerodynamiczna silnika wiatrowego; η_m – sprawność mechaniczna silnika wiatrowego; η_t – sprawność mechaniczna przekładni prędkości obrotowej wału; η_g – sprawność generatora (z uwzględnieniem strat

mechanicznych i elektrycznych); P_{\max} – teoretycznie maksymalna moc wiatru przekazywana do silnika wiatrowego; P_w – moc na wale wirnika za silnikiem wiatrowym; P_{wg} – moc na wale wirnika przed generatorem; P_e – moc elektryczna otrzymywana na wyjściu z generatora energii elektrycznej.

Moce największych silników wiatrowych są rzędu kilku megawatów, jednak optymalne pod względem ekonomicznym są agregaty wiatrowe o mocy 200–400 kW i średnicy wirnika 30–40 m.

2.4. Charakterystyka mocy siłowni wiatrowej

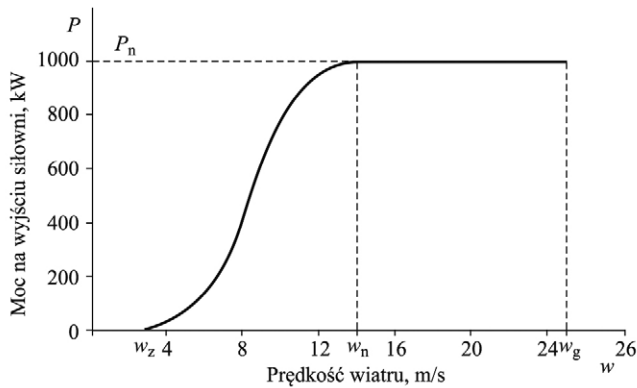
Współczesne siłownie wiatrowe są projektowane i budowane, biorąc pod uwagę określoną prędkość wiatru, charakterystyczną (szacowaną) dla danej lokalizacji, ustalaną na podstawie odpowiednich informacji dla danego terenu. Możliwe do wykorzystania prędkości wiatru mieszczą się w zakresie 4–25 m/s. Załączanie siłowni następuje przy prędkości 2–6,5 m/s (prędkość startu w_s), a najwyższą sprawność energetyczną siłownie uzyskują przy nominalnej prędkości wiatru w_n , której wartość jest ustalana w zakresie 9–15 m/s, natomiast przy prędkości powyżej 25 m/s następuje wyłączenie (prędkość wyłączenia w_w). Przy prędkościach wiatru poniżej nominalnej układ sterowania dąży do zapewnienia jak najwyższej sprawności. Nie buduje się siłowni na większe prędkości wiatru niż 15 m/s, ponieważ występują one bardzo rzadko. Przy prędkościach wiatru większych niż 15 m/s, czyli w zakresie 15–25 m/s, konieczne jest wytracanie mocy, aby chronić siłownię przed uszkodzeniem. Przy prędkościach powyżej 25 m/s następuje wyłączenie silnika wiatrowego przez zadziałanie odpowiedniego układu regulacji, w który każda siłownia wiatrowa musi być zaopatrzona.

Podstawową charakterystykę pracy siłowni wiatrowej stanowi krzywa mocy $P(w)$, która przedstawia przebieg mocy siłowni w zależności od prędkości napływu wiatru w ustalonym zakresie prędkości. Przebieg krzywej mocy zależy od rozwiązań konstrukcyjnych turbiny, rodzaju zastosowanej mechaniki, typu turbiny, rodzaju płatów wirnika czy systemu regulacji. Przy regulacji przez zmianę kąta nastawienia łopatek krzywa mocy ma przebieg pokazany na rys. 11. Przebieg krzywej pozwala na określenie mocy nominalnej oraz prędkości wiatru w charakterystycznych punktach pracy siłowni.

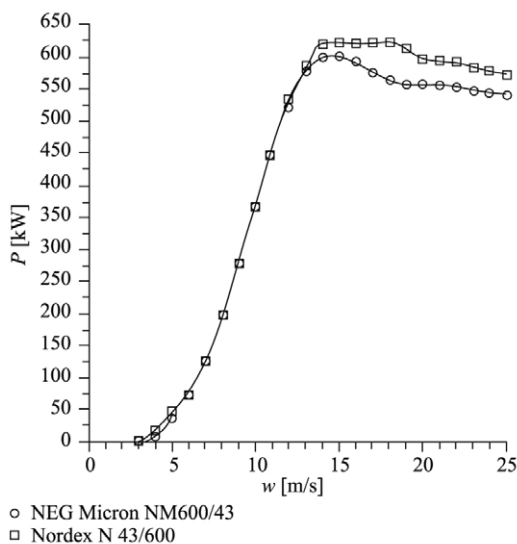
Rzeczywistą krzywą mocy uzyskuje się na podstawie pomiarów. Na rys. 12 przedstawiono przykład krzywej mocy dla wybranych dwóch siłowni wiatrowych [w7] o mocy nominalnej 600 kW przy regulacji, podczas której oprócz wykorzystywania charakterystyki aerodynamicznej łopatek istnieje również ograniczona możliwość zmiany kąta ich ustawienia względem napływającego wiatru.

Regulacja mocy siłowni wiatrowych odbywa się przez zmianę kąta nastawienia łopatek wirnika oraz zmianę kierunku napływu strumienia wiatru na wirnik przez obrót osi gondoli.

Regulacja przez zmianę kąta nastawienia łopatek wirnika w przypadku zbyt dużej prędkości wiatru ma na celu zmniejszenie momentu napędowego wirnika. Natomiast przy mniejszej prędkości wiatru działanie układu regulacji prowadzi do zwiększenia momentu napędowego. Zastosowanie zmiennej



Rys. 11. Krzywa mocy i charakterystyczne punkty pracy siłowni wiatrowej: P_n – moc nominalna, w_z – prędkość załączania, w_n – prędkość nominalna, w_g – prędkość graniczna (wyłączenia) [w7]



Rys. 12. Krzywa mocy wybranych siłowni wiatrowych: NEG Micron NM600/43 i Nordex N 43/600 [w7]

prędkości obrotowej w siłowniach wiatrowych umożliwia optymalne wykorzystanie energii wiatru i zapewnia w danych warunkach większy uzysk energii.

Regulacja przez zmianę kierunku ustawienia osi obrotu wirnika turbiny odbywa się w taki sposób, aby zapewnić ukośny napływ wiatru na pole zakreślane przez wirnik, czego wynikiem jest zmniejszenie powierzchni użytecznej zarysu wirnika i tym samym zmniejszenie mocy siłowni. Zmniejszenie mocy jest tym większe, im większe jest odchylenie osi obrotu wirnika od kierunku napływu wiatru. Przy prostokątym do osi obrotu wirnika kierunku napływu wiatru moc urządzenia spada do zera.

2.5. Możliwości wykorzystania mocy zainstalowanej siłowni wiatrowej

Ze względu na zmienność prędkości wiatru silniki wiatrowe przez większość czasu w ciągu roku nie pracują z pełną

dostępną mocą. Najwyższą efektywność wykorzystania energii wiatru uzyskują siłownie zainstalowane w szczególnie dogodnych warunkach wiatrowych.

Możliwości wykorzystania mocy zainstalowanej danej siłowni wiatrowej charakteryzuje współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej

$$\sigma = \frac{P_{sr}}{P_n} \quad (17)$$

gdzie: P_n – moc zainstalowana (nominalna) siłowni wiatrowej; P_{sr} – średnia moc danej siłowni uzyskana w rozpatrywanym czasie (zwykle w ciągu roku).

W pracy [47] przedstawiono analizę możliwości wykorzystania mocy siłowni wiatrowej o mocy 160 MW w warunkach wiatrowych na terenie Polski. Pełne (w 100%) wykorzystanie mocy siłowni wiatrowej miałyby miejsce w sytuacji, gdyby pracowała cały rok z mocą nominalną (zainstalowaną). To znaczy produkcja energii wyrażona w kWh byłaby równa mocy nominalnej elektrowni, wyrażonej w kW, pomnożonej przez liczbę godzin w ciągu roku. Tę wielkość energii przyjęto jako poziom odniesienia i w stosunku do niej określono stopień wykorzystania mocy elektrowni przy różnej średniorocznej prędkości wiatru.

Analizie poddano w szczególności istotny w warunkach wiatrowych Polski przedział średniorocznych prędkości wiatru od 4 m/s do 6 m/s. Poniżej średniej prędkości 4 m/s budowa siłowni wiatrowej nie ma uzasadnienia ekonomicznego, natomiast prędkość 6 m/s wg [47] to największa średnioroczna prędkość spotykana na terenie Polski. Dla obszarów, gdzie średnioroczna prędkość wiatru mieści się w przedziale od 4 m/s do 6 m/s, oszacowany stopień wykorzystania mocy nominalnej mieści się w granicach od 7% do około 25%. Przy prędkości wiatru 3 m/s stopień wykorzystania mocy wynosiłby zaledwie 2%, a przy wietrze o średniej prędkości 12 m/s (nie spotykanej na obszarze Polski) oszacowany stopień wykorzystania mocy wynosiłby 64%. W analizach dotyczących wykorzystania energii wiatru w danej lokalizacji należy zalecać konieczność uwzględnienia współczynnika σ wykorzystania mocy zainstalowanej. ■

Bibliografia dostępna pod linkiem: nis.com.pl/bibliografia.html

Fragment pochodzi z książki:

Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej, Jan Górzyski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017

Porównanie strat mocy i sprawności silników w różnych wariantach rozwiązania

Jakub Bernatt, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka

1. Wstęp

Inspiracją do napisania tego artykułu jest silnik prądu stałego napędzający maszynę wyciągową w jednej z kopalń węgla kamiennego. Silnik napędzający maszynę wyciągową ma parametry: 1800 kW, 800 V, 2445 A, 70 obr./min. Prędkość projektowa skipów maszyny wyciągowej wynosiła 24 m/s, lecz maszyna ta ma dopuszczenie WUG do 12 m/s. Przy jeździe ustalonej silnik pracował przy połowie prędkości obrotowej, to jest przy napięciu zasilania 400 V, lecz przy znamionowym momencie obciążenia.

Warunki pracy znamionowej silnika

Sprawność znamionowa:

$$\eta_N = \frac{P_N}{U_N I_N} \cdot 100\% = \frac{1800}{800 \cdot 2445} \cdot 100\% = 92\%$$

Straty znamionowe mocy:

$$\Delta P_N = U_N I_N - P_N = 800 \cdot 2445 \cdot 10^{-3} - 1800 = 156 \text{ kW}$$

Wymienione straty obejmują:

$$\Delta P_N = \Delta P_{fN} + \Delta P_{CuN} + \Delta P_{FeN}$$

Oznaczenia:

- P_N – moc znamionowa;
- U_N – napięcie znamionowe;
- I_N – prąd znamionowy;
- ΔP_{fN} – straty mocy w: uzwojeniu wzbudzenia i straty dodatkowe w nabiegunnikach biegunów wzbudzenia;
- ΔP_{CuN} – straty w uzwojeniach obwodu twornika: wirnika, biegunów komutacyjnych i kompensacyjnym oraz na komutatorze;
- ΔP_{FeN} – straty w żelazie wirnika i straty mechaniczne. Jeśli przyjąć przybliżone proporcje podziału strat zakładane przy projektowaniu maszyny [2],

$$\Delta P_{FeN} \approx \frac{1}{2} \Delta P_{CuN}$$

$$\Delta P_{fN} \approx \frac{1}{3} \Delta P_{CuN}$$

to sumaryczne straty znamionowe

$$\Delta P_N = \Delta P_{fN} + \Delta P_{CuN} + \Delta P_{FeN} \approx \left(\frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2}\right) \Delta P_{CuN} = \frac{11}{6} \Delta P_{CuN}$$

Streszczenie: Układy napędowe maszyn wyciągowych na sztach wydobywczych w kopalniach węgla kamiennego i rud miedzi bazują na silnikach prądu stałego wzbudzanych elektromagnetycznie. Sprawność energetyczna tych silników wynosi około 90%. W artykule przedstawiono silniki alternatywne:

- silnik prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi;
- silnik wzbudzany magnesami trwałymi i komutacją elektroniczną.

Sprawność wymienionych silników jest większa, a ilość traconej energii w silnikach jest mniejsza.

Słowa kluczowe: maszyny wyciągowe, silniki prądu stałego, magnesy trwałe, rozpraszanie energii

EFFICIENCY AND POWER LOSSES OF MOTORS IN VARIOUS VARIANTS OF THE SOLUTION

Abstract: The drive systems of winding machines, on production shafts of coal mines and copper ores mines, are based on electromagnetically excited DC motors. The energy efficiency of these motors is around 90%. The alternative motors are presented in the article:

- DC motor excited by permanent magnets;
- a motor excited by permanent magnets and electronic commutation.

The efficiency of these motors are greater, and the amount of energy lose in motors are smaller.

Keywords: production shaft, DC motors, permanent magnets, energy dissipation

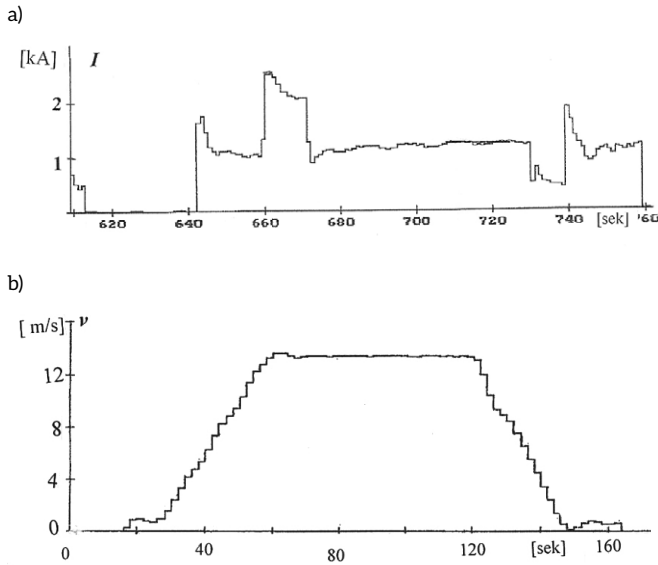
$$\Delta P_{CuN} \approx \frac{6}{11} P_N \frac{1-\eta_N}{\eta_N} = \frac{6}{11} \cdot 1800 \cdot \frac{1-0,92}{0,92} = 85 \text{ kW}$$

Rzeczywiste warunki pracy silnika

Parametry pracy silnika ilustrują przebiegi prądu i prędkości obrotowej na rys. 1.

W oparciu o zarejestrowany przebieg prądu silnika i prędkości jazdy skipu przyjęto uśrednione parametry pracy silnika:

- prąd I_{fN} i strumień Φ wzbudzenia znamionowe;
- prąd twornika I_N znamionowy;
- moment elektromagnetyczny silnika znamionowy $T_{eN} = \frac{P}{\omega}$;
- straty wzbudzenia ΔP_{fN} znamionowe;
- straty prądowe w obwodzie twornika ΔP_{CuN} znamionowe;



Rys. 1. Przebieg prądu silnika w stosunku do obrotów wirnika (a) i prędkości jazdy skipu w czasie jednego wyciągu (b)

- napięcie przy prędkości ustalonej $U = \frac{1}{2} U_N = 400$ V;
- prędkość obrotowa wirnika $n = \frac{1}{2} n_N = 35$ obr./min,
 $\omega = \pi \frac{\omega}{30} = \frac{1}{2} \omega_N$;
- częstotliwość przemagnesowania wirnika $f = \frac{\omega}{2\pi} p$;
- silnik pracuje z mocą $P \approx \frac{1}{2} P_N = 900$ kW.

Straty w żelazie wirnika są mniejsze od znamionowych, ponieważ są to straty rotacyjne zależne od kwadratu częstotliwości, założono $\Delta P_{Fe} \approx \frac{1}{4} \Delta P_{FeN}$.

Sumaryczne straty mocy

$$\begin{aligned} \Delta P &\approx \Delta P_{fN} + \Delta P_{CuN} + \frac{1}{4} \Delta P_{FeN} \approx \left(\frac{1}{3} + 1 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\right) \Delta P_{CuN} = \frac{35}{24} \Delta P_{CuN} = \frac{35}{24} 85 = \\ &= 124 \Delta P \approx \Delta P_{fN} + \Delta P_{CuN} + \frac{1}{4} \Delta P_{FeN} \approx \\ &\approx \left(\frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\right) \Delta P_{CuN} = \frac{35}{24} \Delta P_{CuN} = \\ &= \frac{35}{24} 85 = 124 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sprawność silnika w warunkach pracy:

$$\eta \approx \frac{\frac{1}{2} P_N}{\frac{1}{2} P_N + \Delta P} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 124} \cdot 100\% = 87.9\%$$

$$\eta \approx \frac{\frac{1}{2} P_N}{\frac{1}{2} P_N + \Delta P} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 124} \cdot 100\% = 87.9\%$$

Sprawność silnika w warunkach pracy jest o ponad cztery procent mniejsza od sprawności znamionowej.

2. Zmniejszenie mocy znamionowej silnika prądu stałego

Zmniejszenie strat mocy i podwyższenie sprawności silnika prądu stałego wzbudzanego elektromagnetycznie jest możliwe, gdy zmniejszy się gabaryt silnika. Gabaryt silnika, to jest jego objętość V i masa m , które są determinowane przez znamionowy moment elektromagnetyczny T_{eN} [1].

$$\begin{aligned} T_{eN} &= \frac{P_N}{\omega_N} \\ V &= C_V T_{eN}^{\frac{3}{4}} \\ m &= C_m T_{eN}^{\frac{3}{4}} \\ \omega_N &= \pi \frac{n_N}{30} \end{aligned}$$

Silnik o mniejszym gabarycie będzie miał mniejszy moment T_e . Maszyna wyciągowa charakteryzuje się stałym momentem mechanicznym T_m , który silnik musi pokonywać, zgodnie z równaniem ruchu

$$\begin{aligned} J \frac{d\omega_m}{dt} &= T_e - T_m \\ \omega_m &= \pi \frac{n}{30} \end{aligned}$$

gdzie: J – jest momentem bezwładności wszystkich mas maszyny wyciągowej i silnika będących w ruchu obrotowym i liniowym spowodzonym na wał silnika.

Moment mechaniczny T_m maszyny wyciągowej można zmniejszyć, zmniejszając średnicę koła linowego, i aby prędkość naczynia wydobywczego nie zmieniła się, należy zwiększyć proporcjonalnie prędkość obrotową silnika.

Założmy, że zmienimy dwukrotnie średnicę koła linowego, wówczas moment zmniejszy się dwukrotnie. Moc silnika zmniejszy się dwukrotnie ($T'_m = \frac{1}{2} T_m$), lecz prędkość obrotowa (kątowna) wirnika silnika wzrośnie dwukrotnie

$$\begin{aligned} P' &= \frac{1}{2} P_N \\ \omega'_m &= \omega_{mN} \end{aligned}$$

Masa silnika zmniejszy się:

$$m' = m \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \approx 0,6m$$

Dane znamionowe nowego silnika: 900 kW, 800 V, 1242 A, 70 obr./min.

Silnik będzie pracował, przy prędkości ustalonej, przy parametrach znamionowych. W stanach rozruchowych będzie przeciążany, zgodnie z wyżej podanym równaniem ruchu. Chwilowe przeciążenia silnika prądu stałego do wartości $2T_{eN}$ są dopuszczalne.

Straty mocy $\Delta P'$ w silniku są proporcjonalne do masy

$$\Delta P' = \Delta P_N \frac{m'}{m} = 156 \cdot 0,6 \approx 94 \text{ kW}$$

Sprawność silnika:

$$\eta' = \frac{P'}{P' + \Delta P'} \cdot 100\% = \frac{900}{900 + 94} \cdot 100\% \approx 90.5\%$$

$$\eta' = \frac{P'}{P' + \Delta P'} \cdot 100\% = \frac{900}{900 + 94} \cdot 100\% \approx 90.5\%$$

Silnik ma wyższą sprawność o ok. trzech procent w stosunku do silnika obecnego, co przekłada się na mniejsze o 30 kW straty mocy w silniku.

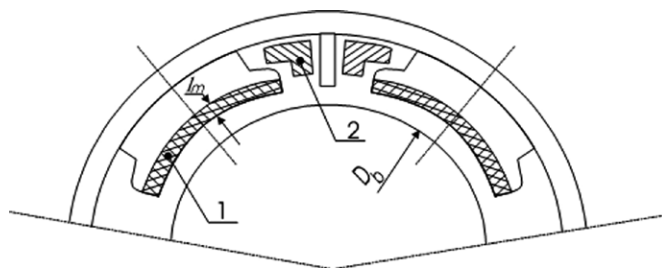
3. Wzbudzenie silnika magnesami trwałymi

Straty mocy w silniku można jeszcze zmniejszyć. Maszyny wyciągowe, windy i wiele innych maszyn roboczych obciążają wały silników stałym momentem $T_m = \text{const}$. Silniki napędzające te maszyny robocze pracują w pierwszej strefie regulacji prędkości obrotowej $n = f(U)$, przy stałym momencie elektromagnetycznym $T_e = \text{const}$, bez względu na rodzaj silnika. Zatem strumień magnetyczny wzbudzenia jest stały $\Phi = \text{const}$. Jeśli tak, to do wzbudzenia można zastosować magnesy trwałe. Silniki komutatorowe prądu stałego, do mocy około 100 kW, nie wymagają stosowania uzwojenia kompensacyjnego. W silnikach tych magnesy trwałe można umieścić przy szczelinie magnetycznej. W celu zapewnienia poprawnej komutacji prądu silniki muszą mieć bieguny komutacyjne. Uzwojenie biegunów komutacyjnych ma pewną objętość i musi mieć swoją przestrzeń w maszynie, dlatego magnesy trwałe są zabudowane na pieńkach, jak na rys. 2.

Silniki komutatorowe prądu stałego większej mocy mają uzwojenie kompensacyjne.

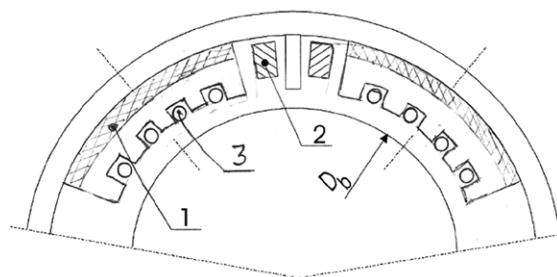
Celem stosowania uzwojenia kompensacyjnego jest wyrównanie rozkładu napięcia na komutatorze przy obciążeniu. Rozkład napięcia na komutatorze odpowiada rozkładowi indukcji w szczelinie. Siła magnetomotoryczna uzwojenia kompensacyjnego kompensuje siłę magnetomotoryczną uzwojenia twornika i wyrównuje rozkład indukcji w szczelinie pod biegunami wzbudzenia, tym samym wyrównuje rozkład napięcia na komutatorze. Nierównomierny rozkład napięcia na komutatorze stwarza zagrożenie zwarcia łukowego między działkami o zbyt dużym napięciu. Zwarcie takie powstaje na komutatorze w strefie między mostami szczotek i rozwija się w łuk okrężny na komutatorze. Łuk okrężny powoduje awarię maszyny. Zagrożenie powstania łuku okrężnego występuje, gdy napięcie między dwoma sąsiednimi działkami komutatora przekracza 30 V. Zdarza się to w stanach przeciążenia i w maszynach pracujących przy dużym odwzbudzeniu.

Należy podkreślić, że jeśli jest stosowane wzbudzenie magnesami trwałymi umieszczonymi przy szczelinie, jak na rys. 2, to deformacja rozkładu indukcji w szczelinie jest znacznie mniejsza od deformacji przy wzbudzeniu elektromagnetycznym, gdyż permeancja magnesów trwałych jest zbliżona do permeancji powietrza. Ta właściwość magnesów trwałych umożliwia znaczne zwiększenie granicy mocy znamionowej silników, od której należy stosować uzwojenie kompensacyjne. Rozpatrywany w punkcie 2 silnik napędowy maszyny wyciągowej ma moc znamionową 900 kW i musi mieć uzwojenie



Rys. 2. Szkic stojana silnika prądu stałego:

1 - magnesy trwałe; 2 - uzwojenie biegunów komutacyjnych



Rys. 3. Silnik prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi:

1, 2 - uzwojenie biegunów komutacyjnych; 3 - uzwojenie kompensacyjne

kompensacyjne. Siła magnetomotoryczna uzwojenia kompensacyjnego działa w osi biegunów komutacyjnych, zatem uzwojenie biegunów komutacyjnych ma odpowiednio mniej zwojów i mniejszą objętość. Jeśli w maszynie jest stosowane uzwojenie kompensacyjne, to korzystnie jest magnesy trwałe umieścić przy jarzmie, jak na rys. 3. W tym przypadku uzwojenie biegunów komutacyjnych jest mniejsze i mieści się w strefie między biegunami wzbudzenia i komutacyjnymi.

Analizujemy straty i sprawność silnika prądu stałego wzbudzanego magnesami trwałymi o parametrach znamionowych przedstawionych w punkcie 2. Straty mocy wzbudzenia:

$$\Delta P_f = 0$$

Pozostałe straty mocy:

$$\begin{aligned} \Delta P'' &\approx \frac{m}{m'} (\Delta P_{CuN} + \Delta P_{FeN}) \approx 0,6 \left(1 + \frac{1}{2} \right) \Delta P_{CuN} = 0,9 \cdot 85 = 76,5 \Delta P'' \approx \\ &\approx \frac{m'}{m} (\Delta P_{CuN} + \Delta P_{FeN}) \approx 0,6 \left(1 + \frac{1}{2} \right) \Delta P_{CuN} = 0,9 \cdot 85 = 76,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\eta'' \approx \frac{P}{P'' + \Delta P''} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 76,5} \cdot 100\% = 92.1\%$$

$$\eta'' \approx \frac{P}{P'' + \Delta P''} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 76,5} \cdot 100\% = 92.1\%$$

Sprawność silnika wzrasta o jeden procent i straty mocy zmniejszają się o 17,5 kW.

4. Silnik wzbudzony magnesami trwałymi z komutacją elektroniczną

Silnik z komutacją elektroniczną ma zewnętrzny wirnik i wewnętrzny stojan umieszczony na nieruchomym wale. Wirnik silnika pełni funkcję koła linowego. Liny na wirniku mogą być nawinięte dwa, a nawet trzy razy, co zabezpiecza je przed poślizgiem. Powierzchnia zewnętrzna jarzma (2) wirnika jest bębniem, na którym jest osadzone koło linowe (5.1), na którym są nawinięte liny (5.2). Na linach są zawieszony skipy maszyny wyciągowej. Rozwiązanie takie pokazano na rys. 4.

Silnik (1) z zewnętrznym wirnikiem, dedykowany do bezprzekładniowego napędu, ma zintegrowaną budowę jarzma (2) obwodu magnetycznego wirnika z kołem linowym (5.1) i nawiniętych na nim linach (5.2). Na średnicy wewnętrznej jarzma (2) wirnika są przymocowane magnesy trwałe (4), zwykle poprzez klejenie. Stojan (7), to jest pakiet blach (6) wraz z uzwojeniem (3), jest nieruchomy i jest osadzony na nieruchomym wale (8). W wale (8) są wydrążone otwory (9) służące do wyprowadzenia przewodów zasilających (10.1), przewodów sterowniczych (10.2) i przewodów czujnikowych (10.3).

Zintegrowana budowa silnika elektrycznego (1) wzbudzonego magnesami trwałymi (4) z jarzmem (2), będącym równocześnie bębniem z osadzonym na nim kołem linowym (5.1) upraszcza mechanikę napędu, eliminuje przekładnię mechaniczną i sprzęgło. Silnik (1) wzbudzany magnesami trwałymi (4), zasilany z komutatora elektronicznego ma duży moment obrotowy i nie wymaga przekładni mechanicznej, umożliwia regulację prędkości obrotowej koła linowego (5.1) i ma wysoką sprawność.

W silniku nie ma komutatora i szczotek oraz uzwojeń biegunów komutacyjnych i kompensacyjnego, zatem straty w uzwojeniu twornika zmniejszają się o połowę. Straty mocy i sprawność silnika w stosunku do rozwiązania przedstawionego w punkcie 3 wynoszą:

$$\begin{aligned} \Delta P''' &\approx \frac{m'}{m} \left(\frac{1}{2} \Delta P_{Cun} + \Delta P_{FeN} \right) \approx 0,6 \left(\frac{1}{2} + \right. \\ &+ \left. \frac{1}{2} \right) \Delta P_{Cun} = 0,6 \cdot 85 = 51 \Delta P''' \approx \\ &\approx \frac{m'}{m} \left(\frac{1}{2} \Delta P_{Cun} + \Delta P_{FeN} \right) \approx 0,6 \left(\frac{1}{2} + \right. \\ &+ \left. \frac{1}{2} \right) \Delta P_{Cun} = 0,6 \cdot 85 = 51 \text{ kW} \end{aligned}$$

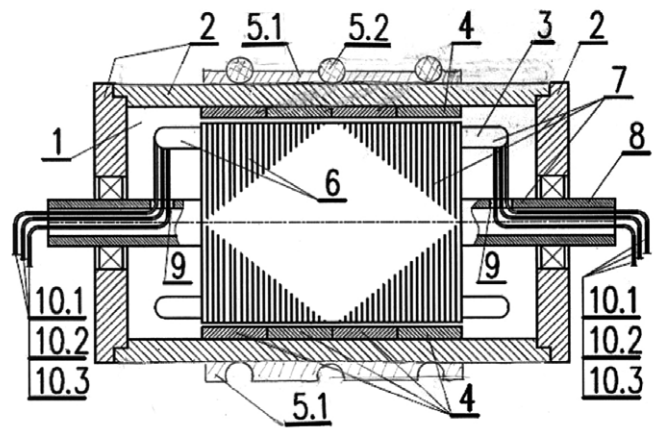
$$\eta''' \approx \frac{P'''}{P''' + \Delta P'''} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 51} 100\% = 94,6\%$$

$$\eta''' \approx \frac{P'''}{P''' + \Delta P'''} \cdot 100\% \approx \frac{900}{900 + 51} 100\% = 94,6\%$$

Sprawność silnika wzrasta do 94,6%, a straty mocy są mniejsze w stosunku do rozwiązania silnika z punktu 3 o 25,5 kW.

5. Wnioski

Prezentowano cztery wariantowe rozwiązania układu napędowego maszyny wyciągowej. W punkcie 1 układ napędowy pracujący w jednej z kopalń węgla kamiennego i trzy układy alternatywne dopasowane parametrami znamionowymi do



Rys. 4. Silnik z zewnętrznym wirnikiem ma na jarzmie wirnika nałożone koło linowe

Tabela 1. Straty i sprawność układów napędowych

Silnik analizowany w punkcie	1	2	3	4
Moc [kW]	900	900	900	900
Napięcie [V]	400	800	800	800
Prąd [A]	2445	1242	1242	1242
Prędkość obrotowa [obr./min]	35	70	70	70
Straty mocy [kW]	124	94	76,5	25,5
Sprawność [%]	87,9	90,5	92,0	94,6
Rozproszenie energii [kWh] w czasie 120 s	4,13	3,14	2,55	0,85

momentu obciążenia i prędkości obrotowej maszyny wyciągowej. Wszystkie silniki realizują ten sam program pracy. Analizowano straty mocy i sprawność tych układów. Podsumowanie wyników zestawiono w tabeli 1. W tabeli podano: parametry pracy silników, straty mocy, sprawność i rozproszenie energii zamienianej na ciepło w czasie 120 sekund, to jest w jednym cyklu jazdy maszyny wyciągowej, jak na rys. 1. Obliczenie przeprowadzono, przyjmując w czasie jazdy uśrednioną wartość strat mocy.

Literatura

- [1] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne i transformatory*. PWN 2018.
- [2] KORDECKI A.: *Budowa maszyn elektrycznych. Projektowanie maszyn prądu stałego*. WNT, Warszawa 1973.
- [3] SZKLAŃSKI L., ZARUDZKI J.: *Maszyny wyciągowe*. PWN, Warszawa 1998.

artykuł recenzowany

Jakub Bernatt, Stanisław Gawron, Tadeusz Glinka
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne wirników maszyn z magnesami trwałymi

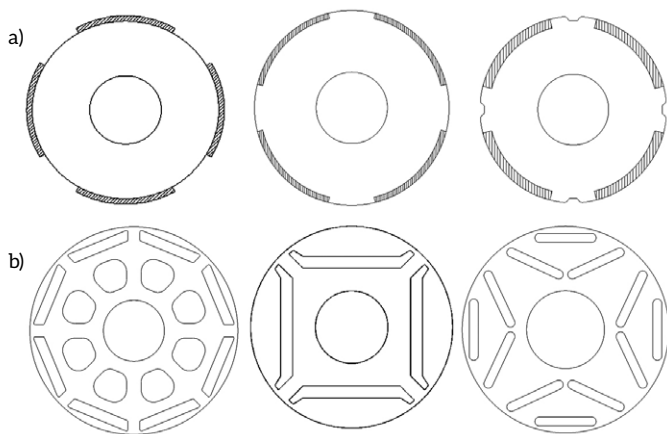
Stanisław Gawron

1. Wstęp

Wirniki maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi są produkowane z magnesami na powierzchni jarzma wirnika (ang. SPM *Surface Permanent Magnet*) i wewnątrz jarzma wirnika (ang. IPM *Interior Permanent Magnet*). Przykładowe konstrukcje [2, 3] wirników z magnesami trwałymi zaprezentowano na rysunku 1.

W rozwiązaniu SPM moment elektromagnetyczny wytwarzany przez silnik jest przenoszony przez magnesy trwałe. W stanach dynamicznych moment ten może powodować odrywanie magnesów od powierzchni wirnika. Ponadto magnesy trwałe na powierzchni są narażone na korozję. Z tego powodu w urządzeniach mobilnych [4, 5, 6, 7, 8] częściej stosowane jest rozwiązanie wirników IPM, gdyż w tym rozwiązaniu magnesy trwałe nie przenoszą momentu obrotowego i łatwiej jest zabezpieczyć magnesy trwałe przed korozją. Jednak przy dużych gęstościach prądu w uzwojeniu wirnika uzwojenie twornika może osiągać wysoką temperaturę, np. przy izolacji H temperatura uzwojenia może wynosić 180°C. Ciepło ze stojana przenika do wirnika i naraża magnesy trwałe na rozmagnesowanie termiczne. Poza uzwojeniem ciepło wydziela się także w pakiecie blach magnetycznych, w szczególności w silnikach wielobiegunowych przy dużej częstotliwości zmiany napięcia w pasmach uzwojenia.

Standardowym rozwiązaniem jest chłodzenie silnika przy pomocy wentylatorów zabudowanych na wale silnika lub nadmuchu powietrza do silnika z wentylatora zewnętrznego. Znane jest i stosowane zabudowywanie na powierzchni



Rys. 1. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne wirników z magnesami na powierzchni jarzma wirnika (a) i wewnątrz jarzma wirnika (b)

Streszczenie: W artykule przedstawiono innowacyjne, opatentowane w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej, różne warianty rozwiązań konstrukcyjnych wirników maszyn z magnesami trwałymi. Zaprezentowane rozwiązania mają na celu umożliwienie równomiernego rozkładu temperatury wewnątrz maszyny, co korzystnie wpływa na pracę urządzenia oraz jego trwałość. Powierzchnia zewnętrzna wirnika może być ukształtowana w czasie obliczeń elektromagnetycznych i cieplnych silnika. W zależności od prędkości obrotowej maszyny można dobrać korzystny kształt powierzchni, liczbę brzd i usytuowanie wzdłuż osi wirnika, bez istotnego pogorszenia permeancji obwodu magnetycznego maszyny.

Słowa kluczowe: maszyna z magnesami trwałymi, wirnik z magnesami trwałymi

🇬🇧 INNOVATIVE DESIGNS FOR ROTORS OF PM MACHINES

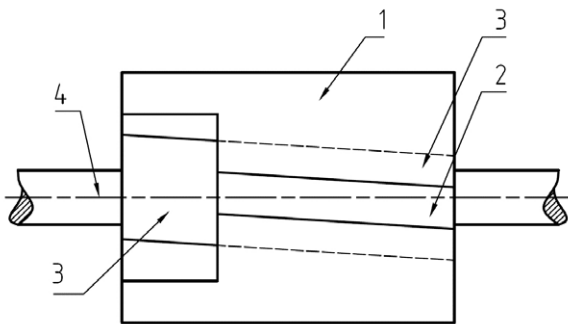
Abstract: Different design variants for rotors of permanent machines are presented in this paper. These designs have been patented by the Polish Patent Office (Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej). The aim of these designs is to attain uniform temperature distribution within the machine. Such distribution has a positive impact on machine operation and its durability. The external surface of the motor may be formed during electromagnetic and thermal calculations. Depending on rotational speed, a satisfactory shape of the surface may be selected together with number of grooves and positioning along rotor axis; this should not lead to significant deterioration in permeance of machine's magnetic circuit.

Keywords: permanent magnet synchronous machines, rotor with permanent magnets

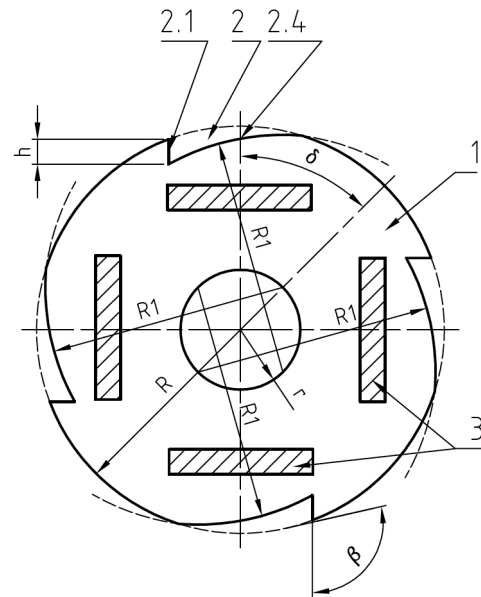
jarzma stojana rurek, w których płynie ciecz chłodząca, najczęściej woda, odprowadzająca ciepło do chłodnicy zewnętrznej. W urządzeniach mobilnych jest to system chłodzenia kłopotliwy, gdyż wymaga dodatkowo chłodnicy, pompki i wentylatora. Obydwa sposoby chłodzenia nie zapewniają przenikania ciepła, poprzez szczelinę, do wirnika.

2. Opisy rozwiązań konstrukcyjnych

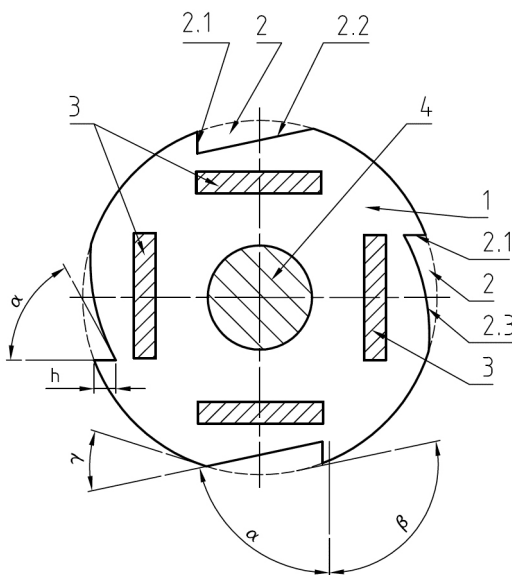
Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne przedstawiono na rysunkach od 2 do 6.



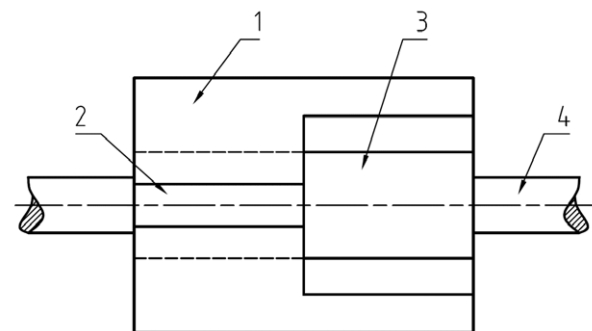
Rys. 2. Wirnik z magnesami trwałymi wewnątrz jarzma ułożonymi ze skosem wzdłuż osi wału i bruzdami z identycznym skosem



Rys. 4. Przekrój poprzeczny wirnika czterobiegunowego z bruzdami utworzonymi przez powierzchnię płaską i powierzchnię walcową



Rys. 3. Przekrój poprzeczny wirnika czterobiegunowego z bruzdami utworzonymi przez dwie powierzchnie płaskie bądź jedną powierzchnię płaską i drugą powierzchnię o kształcie ewolwenty



Rys. 5. Wirnik z magnesami trwałymi wewnątrz jarzma ułożonymi prosto wzdłuż osi wału z bruzdami prostymi wzdłuż osi wału

Wirnik maszyny elektrycznej wzbudzonej magnesami trwałymi umieszczonymi wewnątrz jarzma ma na powierzchni obwodowej jarzma (1) bruzdy (2) o głębokości h . Bruzdy (2) są zlokalizowane w strefie środkowej biegunów magnetycznych i biegną wzdłuż osi wału (4).

Bruzdy (2) mogą mieć różne kształty, w szczególności wyróżniono trzy rodzaje kształtów: pierwszy utworzony przez dwie powierzchnie płaskie (2.1 i 2.2), drugi utworzony przez jedną powierzchnię płaską (2.1) i drugą powierzchnię (2.3) o kształcie ewolwenty oraz trzeci utworzony przez powierzchnię płaską (2.1) i powierzchnię walcową (2.4).

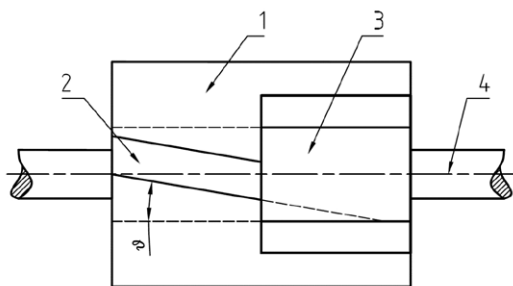
Na rysunku rys. 3 pokazano pierwszy i drugi rodzaj bruzd (2), a na rysunku rys. 4 trzeci rodzaj bruzd (2). Wzdłuż osi wału (4) bruzdy są proste bądź skośne, pokazano to na rysunkach 2, 5 i 6.

Pierwszy rodzaj bruzd (2) tworzą dwie płaskie powierzchnie (2.1 i 2.2) przecinające się pod kątem α , przy czym jedna powierzchnia bruzdy (2.1) leży na płaszczyźnie cięciwy tworzącej z płaszczyzną styczną do powierzchni jarzma (1) kąt

rozarty β , a druga powierzchnia (2.2) leży na płaszczyźnie cięciwy tworzącej z płaszczyzną styczną do powierzchni jarzma (1) kąt ostry γ , przy czym obydwie płaszczyzny styczne przechodzą przez krawędzie utworzone przez powierzchnie (2.1 i 2.2) z powierzchnią jarzma (1).

Drugi rodzaj bruzd (2) jest utworzony przez powierzchnię płaską (2.1) i powierzchnię o kształcie ewolwenty (2.3), przy czym powierzchnia bruzdy (2.1) leży na płaszczyźnie cięciwy tworzącej z płaszczyzną styczną do powierzchni jarzma (1) kąt rozarty β , a powierzchnia ewolwenty (2.3) tworzy z powierzchnią (2.1) kąt α i jest styczna przeciwległą krawędzią do powierzchni cylindrycznej jarzma.

Trzeci rodzaj bruzd (2) jest utworzony przez powierzchnię płaską (2.1) i powierzchnię walcową (2.4) o promieniu R_1 , przy czym powierzchnia (2.1) leży na płaszczyźnie cięciwy tworzącej z płaszczyzną styczną do powierzchni jarzma (1) kąt rozarty β , a powierzchnia walcowa (2.4) ma oś leżącą na krawędzi przecięcia się, współśrodkowego z jarzmem (1), walca



Rys. 6. Wirnik z magnesami trwałymi wewnątrz jarzma ułożonymi prosto wzdłuż osi wału i bruzdami ułożonymi ze skosem wzdłuż osi wału

o promieniu r z płaszczyzną, która przechodzi przez oś wirnika i tworzy z płaszczyzną symetryczną bieguna kąt δ . W wirniku z magnesami trwałymi (3) ułożonymi prosto wzdłuż osi wału (4) bruzdy (2) są proste wzdłuż osi wału (4), lecz bruzdy (2) mogą być także skośne wzdłuż osi wału, kąt skoszenia bruzd (2) względem magnesów trwałych wynosi ϑ . W wirniku z magnesami trwałymi (3) ułożonymi ze skosem wzdłuż osi wału (4) bruzdy (2) mają skos identyczny ze skosem magnesów trwałych (3). Bruzdy (2) są symetrycznie rozłożone pod biegunami na obwodzie jarzma (1), przy czym liczba biegunów podzielona przez liczbę bruzd (2) jest całkowita.

3. Możliwości zastosowań

Wirnik z bruzdami spełnia funkcje wentylatora, na założenie którego nie zawsze jest miejsce, w szczególności w maszynach z zewnętrznym wirnikiem. Korzystne są bruzdy skośne, gdyż wydmuchują gorące powietrze na zewnątrz maszyny. Wynalazek rozwiązuje problem odbierania ciepła w silnikach o dużej gęstości prądu w uzwojeniu twornika, np. większej od 10 A/mm^2 . Takie gęstości prądu występują w silnikach zabudowywanych w kołach urządzeń mobilnych [4, 5, 6, 7, 8]. Bruzdy na powierzchni wirnika pełnią funkcję wentylatora dmuchającego powietrze na powierzchnię wewnętrzną jarzma twornika, to jest od strony szczeliny powietrznej. W ten sposób chłodzony jest stojan, a ciepło ze stojana nie przechodzi do wirnika, chroniąc tym samym magnesy trwałe przed rozmagnesowaniem termicznym.

Wirnik z bruzdami na powierzchni może być stosowany także w innych maszynach elektrycznych, w których wymagane jest utrzymanie stałego i równego rozkładu temperatur poszczególnych elementów maszyny. Bruzdy mogą być wykonane zarówno na wirnikach pakietowanych z blach elektrotechnicznych, jak i litych.

4. Podsumowanie

W publikacji zaprezentowano innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne wirników z magnesami trwałymi. Rozwiązania te, zgodnie z decyzją UPRP z dnia 08.03.2019 r., od dnia 11.04.2018 r. uzyskały ochronę patentową pod nr Pat.232571 [1].

Przedstawione rozwiązania konstrukcyjne w celu sprawdzenia ich praktycznej przydatności wymagają opracowania modeli fizycznych i przeprowadzenia badań laboratoryjnych. Powierzchnia wirnika z bruzdami może być ukształtowana już

w czasie obliczeń elektromagnetycznych i cieplnych silnika. W zależności od prędkości obrotowej silnika można dobrać korzystny kształt bruzd, ich liczbę i usytuowanie wzdłuż osi wirnika, bez istotnego pogorszenia permeancji obwodu magnetycznego maszyny. Kryterium doboru bruzd jest równomierny rozptył strugi powietrza w szczelinie powietrznej pomiędzy powierzchnią zewnętrzną wirnika a częścią wewnętrzną twornika. Bruzdy na wirniku rozwiązują problem nierównomiernego nagrzewania się pakietu magnetycznego stojana w okolicach szczeliny powietrznej i wyrównują rozkład temperatur w całej maszynie elektrycznej.

Wszystkie powyżej opisane innowacyjne konstrukcje wirników z magnesami trwałymi bardzo dobrze się wpisują w obecne trendy rozwoju maszyn elektrycznych, jak również w prace i projekty bieżące prowadzone przez Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL. Zaprezentowane rozwiązania techniczne uzupełniają się i są ciekawą alternatywą do obecnych konstrukcji maszyn elektrycznych.

Literatura

- [1] Zgłoszenie patentowe nr P.425191, pt.: „Wirnik maszyn z magnesami trwałymi”.
- [2] BERNATT J.: *Obwody elektryczne i magnetyczne maszyn elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi*. Monografia BOBRME Komel, Katowice 2010.
- [3] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2002.
- [4] GAWRON S.: *Wybrane, innowacyjne projekty maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi i ich praktyczne zastosowania*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 1(109)/2016.
- [5] ROSSA R., BIAŁAS A.: *Napęd elektryczny e-Kit miejskiego pojazdu dostawczego – rozwiązania techniczne*. „Logistyka” 6/2014.
- [6] ROSSA R., KRÓL E.: *Regulacja prędkości obrotowej w napędzie elektrycznym „E-Kit” dedykowanym do elektryfikacji małych samochodów osobowych i dostawczych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 4(97)/2012.
- [7] KRÓL E., BIAŁAS A.: *Koncepcja napędu hybrydowego przeznaczonego do samochodu dostawczego*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 1/2012.
- [8] KRÓL E.: *Silniki synchroniczne w napędach pojazdów sportowo-rekreacyjnych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2/2014.
- [9] www.komel.katowice.pl.

artykuł recenzowany

dr inż. Stanisław Gawron

e-mail: stanislaw.gawron@komel.lukasiewicz.gov.pl

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

Właściwości elektryczne niektórych ryb

Stefan Gierlotka

Wstęp

Niektóre gatunki ryb, należące do rodzin: drętwy, strętwy, mruki i sum elektryczny, wyewoluowały niezależnie narządy elektryczne. Ryby te należą do gromad chrzęstno- i kostnoszkieletowych. Wytwarzane napięcie elektryczne u tych ryb służy do obezwładniania zdobyczy lub odstraszenia napastników. Niektóre ryby swe narządy elektryczne wykorzystują do elektrolokacji i orientacji w środowisku.

Narząd elektryczne u ryb

Największe węgorze elektryczne zdolne są do wytworzenia rażeniowego prądu elektrycznego o napięciu 600 V, sumy do 350 V, a drętwa brunatna do 200 V i natężeniu około 30 A. Ryby te wykorzystują prąd rażeniowy zarówno do polowania jak i obrony. Ryby wytwarzające pole elektryczne do elektrolokacji generują napięcie do 5 V, które służy do rozpoznania środowiska w mętnej wodzie. Do ryb tych należą: mrukowate, strętwokształtne i raje.

Do wytworzenia napięcia elektrycznego ryby wykorzystują czynnościowe prądy elektryczne powstające w mięśniach, nerwach i innych tkankach. Generowany prąd elektryczny płynie tylko w jednym kierunku. Wytworzona energia jest uzależniona od rozmiarów narządu elektrycznego. Wyładowania następują seriami impulsów, po czym na krótki czas ustają, aby narząd generujący mógł się zregenerować.

Narządy wytwarzające napięcie elektryczne zbudowane są ze zmodyfikowanych komórek mięśniowych, nazywanych elektrocytami. Pojedyncza komórka generuje napięcie rzędu dziesiątych miliwolta. Narządy elektryczne, stanowiące przekształconą tkankę mięśniową, zatraciły zdolność kurczenia się, a pod wpływem impulsów nerwowych wytwarzają energię elektryczną. Elektrocyty działają w sposób inny niż komórki nerwowe, których neurony przewodzą informację, a nie energię. Elektrocyty reagują wolniej niż neurony, ale generują wyższe napięcie.

Elektrocyty wykazują gradient potencjału, zwany też potencjałem spoczynkowym, w biologicznej błonie komórkowej. Potencjał spoczynkowy powstaje przez aktywny transport jonów Na^+ i K^+ . Różnica potencjału tworzy się na skutek przeniesienia jonów z jednej strony błony na drugą. Gdy zadziała bodziec, rozpoczyna się aktywacja sodowa. Kationy sodu napływają do wnętrza komórki, a kationy potasu przemieszczają się na zewnętrzną stronę błony komórkowej. Przemieszczanie się jonów zwiększa napięcie międzykomórkowe.

Wyładowanie zgromadzonej energii elektrycznej rozpoczyna dochodzący z mózgu ryby impuls nerwowy, powodujący aktywację acetylocholiny, która dyfunduje na błonie elektrocytu.

Acetylocholina jest estrem, który przenika do przestrzeni międzykomórkowej wnętrza neuronów, tworzących płytki nerwowo-mięśniowe. Pobudzona komórka przechodzi w stan aktywności. Powoduje to wzrost potencjału między sąsiadującymi komórkami, do których jednocześnie dochodzi taki sam impuls pobudzający. W rezultacie powstaje bateria, której ogniwami są szeregowo połączone elektrocyty. Ułożone w szeregi elektrocyty, po zsumowaniu, wytwarzają napięcie o wartości kilkuset woltów.

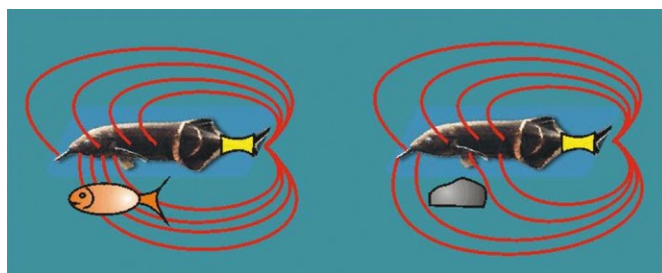
Narząd elektryczny węgorza elektrycznego *Electrophorus electricus* składa się z unerwionych płytek przedzielonych warstwą płytek nieunerwionych, których potencjał spoczynkowy wewnątrz płytki jest ujemny i wynosi 84 mV. Płytki zawierają dużo potasu, a mało sodu, natomiast w przestrzeniach międzyplatkowych jest odwrotnie. Pobudzenie powoduje depolaryzację jednej warstwy unerwionej i odwrócenie biegunowości potencjału. Potencjał warstwy zdepolaryzowanej sumuje się z potencjałem spoczynkowym sąsiedniej warstwy nieunerwionej. W momencie, kiedy pobudzenie obejmuje cały narząd elektryczny, napięcie wytworzone może osiągnąć 600 woltów.

Umieszczenie narządów elektrycznych jest różne u poszczególnych gatunków ryb i znajdują się one w różnych okolicach ciała. Różne jest też ich powstawanie. U strętów i węgorzy narządy elektryczne zajmują 80% ciała i są umiejscowione po obydwu stronach części brzusznej. Powstały z przekształconych włókien mięśniowych. U drętwy narządy elektryczne wypełniają 75% ciała i są umiejscowione symetrycznie z obu stron pomiędzy głową a płetwami piersiowymi. Powstały z przekształconych mięśni aparatu skrzelowego. Mrukowate wykształciły parę narządów elektrycznych po bokach trzonu ogonowego. U suma elektrycznego narządy elektryczne umieszczone są w tkance łącznej pod skórą i rozłożone są wokół tułowia od głowy do ogona. Powstały z tkanki łącznej gruczołów podskórnych. Składają się głównie z masy galaretowatej i są pochodzenia skórniego, nie mięśniowego.

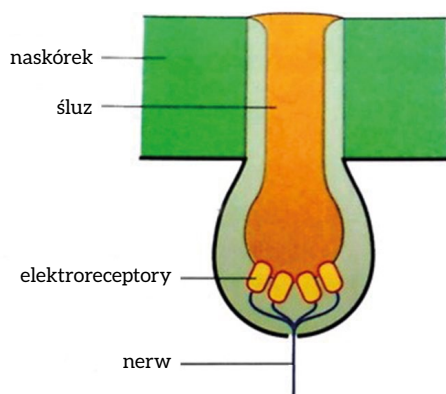
Narządy elektryczne zajmują w organizmie ryby znaczną objętość, stąd zwierzęta te wykształciły specyficzny, ociążały kształt ciała. Ryby elektryczne żyją w wodach słodkich (węgorze elektryczne, sumy elektryczne, mruki), jak też w słonych wodach mórz i oceanów (drętwy, raje i skabery).

Zjawisko elektrolokacji u ryb

Wytwarzane przez ryby sygnały lokacyjne służą do rozpoznawania wielkości i kształtów otaczających obiektów, orientowania się w ciemnościach głębin lub w mętnej wodzie. Jeżeli w wytworzonym polu elektrycznym pojawi się obiekt żywy, np.



Zmiana linii pola elektrycznego w różnym środowisku



Budowa ampułki Lorenziniego

inna ryba, o większej przewodności niż otaczające środowisko, linie pola zginają się. Pojawienie się obiektu nieorganicznego jak np. skała, sprawia, że linie wytworzonego pola elektrycznego odginają się.

Wytwarzane przez ryby sygnały elektrolokacyjne pracują w dwóch zakresach częstotliwości: sygnały ciągłe o częstotliwości 50–1800 Hz lub ciągi sygnałów milisekundowych o powtarzalności 1–100 Hz. Rozwiniętą zdolność elektrolokacji posiadają m.in. rekiny, ryba piła, płaszczki, drętwy i chimera pospolita.

Narządami zmysłu służącymi do odbierania i percepcji zmian zewnętrznego pola elektrycznego są tak zwane **ampułki Lorenziniego**. Znajdują się na głowie ryby, zwykle w okolicy otworu gębowego, w kształcie zagłębionych por. Ampułki te są wypełnione galaretowatym śluzem. Działają na zasadzie półprzewodnika, zamieniając sygnały dochodzące z zewnątrz na impulsy przekazywane do mózgu. U rekina ampułki Lorenziniego osiągają długość kilku centymetrów.

Parzystym narządem elektrycznym wytwarzającym napięcie do elektrolokacji u węgorza elektrycznego jest **narząd Sachsa**, który powstał z przekształconych włókien mięśniowych. Narząd Sachsa jest zbudowany z wielu szeregów elektrocytów i emituje ciąg impulsów o częstotliwości od kilkunastu do kilkudziesięciu Hz i amplitudzie napięcia kilku woltów. Jest umiejscowiony za narządem głównym, w tyle ogonowej części ciała. Nazwa tego narządu honoruje niemieckiego badacza węgorzy elektrycznych Karla Sachsa urodzonego w Nysie.

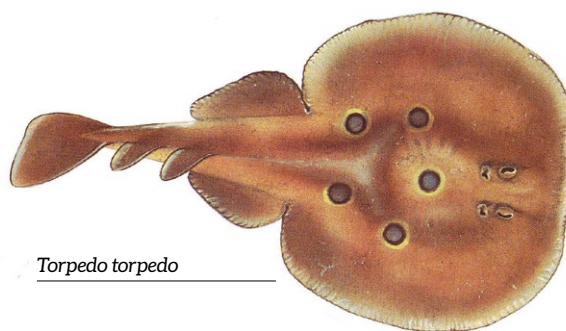
Opis gatunków ryb zdolnych do wytwarzania prądu elektrycznego

Drętwy (*Torpedinidae*)

Drętwy, należące do ryb chrzęstnoszkieletowych, posiadają ciało spłaszczone, zaokrąglone w kształt dysku. Oczy tych ryb są małe, uwstecznione, a niektóre gatunki są całkowicie ślepe. Skóra miękka, bez łusek. Płetwa ogonowa dobrze rozwinięta. Osiągają długość od kilkunastu centymetrów (*Torpedo bauchotae*) do 180 cm (*Torpedo nobiliana*) i masę kilkudziesięciu kilogramów. Drętwy są jaskrawo ubarwione, z ciemniejszymi plamami na grzbiecie.

Narządy elektryczne przyjmują nerkowaty kształt i położone są symetrycznie z obydwu stron, między głową a płetwami piersiowymi. Powstały z przekształconych mięśni aparatu skrzelowego. Napięcie elektryczne ryba uzyskuje przez szeregowe połączenie spłaszczonych, unerwionych tylko z jednej strony komórek mięśniowych, tak zwanych płytek elektrycznych. Ułożone jedna po drugiej płytki elektryczne tworzą pięć- lub sześcioboczne słupki. Drętwa posiada około 2000 takich elektrycznych płytek, z każdej strony 1000 sztuk. Zsumowane potencjały przy depolaryzacji błony komórkowej mogą wytworzyć prąd o napięciu 200 V i natężeniu 30 A. Głowa drętwy jest spolaryzowana ujemnie, a część tylna dodatnio. Narządy elektryczne służą rybie nie tylko do rażenia, ale też do elektrolokacji i orientacji w środowisku.

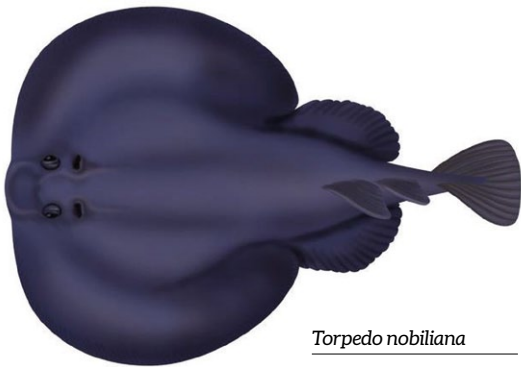
Drętwy żyją w Oceanie Indyjskim, Atlantycznym i Spokojnym. Prowadzą przydenny tryb życia, częściowo zakopane w piasku lub mule. Nie tworzą zgrupowań i żyją pojedynczo. Żywią się bezkręgowcami i małymi rybami.



Torpedo torpedo



Drętwa pawik (*Torpedo torpedo*) osiąga długość do 60 cm. Ciało okrągłe, spłaszczone, o marmurkowatym grzbiecie z wyraźnie oddzielnym, silnym krótkim trzonem ogonowym. Przednia krawędź lekko wklęsła lub prawie prosta. Skóra gładka. Małe oczy. Wygięty uzębiony otwór gębowy i 5 szczelin skrzelowych na stronie brzusznej. Na trzonie ogonowym znajdują się dwie płetwy grzbietowe i dobrze rozwinięta płetwa ogonowa. Szerokie, mięsiste płetwy brzuszne są oddzielone i zaokrąglone. Długość trzona ogonowego odpowiada długości tułowia. Strona grzbietowa brązowa, z niebieskimi, czarno lub żółto obwiedzionymi kilkoma plamami. Strona brzuszna biaława z ciemną obwódką. Może wytworzyć napięcie 300 V i prąd o natężeniu 7 A.



Torpedo nobiliana

Występuje we wschodnim Oceanie Atlantyckim, od Hiszpanii po Angolę, oraz w Morzu Śródziemnym. Przebywa na piaszczystym i mulistym podłożu oraz wśród podwodnych zarośli w przybrzeżnych wodach do głębokości 50 m. Maskuje się w piasku, oczekując na swoją zdobycz. Podczas polowania wyskakuje gwałtownie w górę i okrywając swymi płetwami ofiarę, poraża ją prądem elektrycznym.

Drętwa brunatna (*Torpedo nobiliana*) osiąga długość 1,8 m i ciężar około 70 kg. Posiada jednolite, ciemnobrązowe lub ciemnozielone ubarwienie grzbietu. Pierwsza płetwa grzbietowa dwukrotnie wyższa od drugiej. Wytwarza napięcie do 200 V.

Żyje w Morzu Śródziemnym oraz we wschodnim Oceanie Atlantyckim, od Wysp Brytyjskich do południowej Afryki, na głębokości od 10 do 300 m. Prowadzi nocny tryb życia. W ciągu dnia przebywa zagrzebana po oczy w podłożu. Gatunek żyworodny.

Drętwa pstra (*Torpedo marmorata*) osiąga długość ciała do 60 cm i masę do 3 kg. Skóra gładka, oczy małe. Otwór gębowy na stronie brzusznej. Dwie płetwy grzbietowe na trzonie ogonowym. Szerokie i mięsiste płetwy piersiowe stanowią zewnętrzną krawędź krążkowatego tułowia. Spłaszczone, okrągłe ciało z wyraźnie oddzielnym krótkim trzonem ogonowym. Ubarwienie bardzo zmienne, od jasno- do ciemnobrązowego z marmurkowym deseniem. Strona brzuszna biaława. Dwa duże narządy elektryczne umiejscowione między głową a płetwami piersiowymi, wytwarzające napięcie do 200 V.

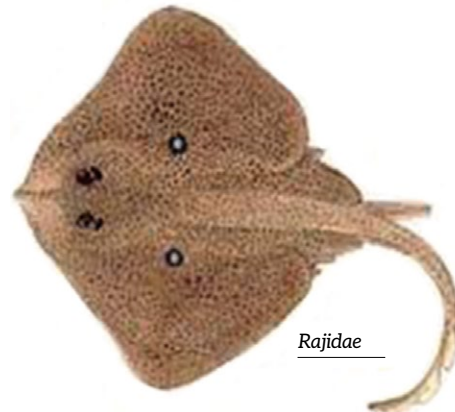
Żyje we wschodnim Atlantyku, od Zatoki Biskajskiej po południową Afrykę, na głębokościach 2–370 m. Prowadzi aktywny nocą, samotniczy tryb życia. Dzień spędza częściowo zagrzebana w podłożu. Pożywienie stanowią mniejsze ryby i skorupiaki.



Torpedo marmorata

Rajowate (Rajidae)

Rodzina rajowatych posiada szerokie ciało w kształcie rombu oraz wąski ogon z dwiema małymi płetwami. Na ogonie zamiast kolców znajdują się narządy elektryczne o nieznanym przeznaczeniu. Wytwarzają zbyt niskie napięcie, aby mogły skutecznie razić napastników. Niska częstotliwość wytwarzanego prądu nie może być stosowana do elektrolokacji. Żyje u brzegów Europy i osiąga długość 1,5 m, zaś masa dochodzi do 70 kg.



Rajidae

Węgorze elektryczne (*Electrophorus electricus*)

Węgorz elektryczny, należący do ryb strętowkształtnych, osiąga długość do 2,5 m i masę ciała do 20 kg. Najczęściej spotykane osobniki mierzą ok. 1 metra długości. Ciało wydłużone, cylindryczne, pozbawione łusek, bez płetw brzusznych i grzbietowej. Ubarwienie od szarego do ciemnobrązowego, z podgardlem w odcieniu pomarańczowym. Z prawdziwym węgorzem łączy go tylko zbieżność kształtu.

Po bokach, wzdłuż płetwy odbytowej, węgorz posiada narządy elektryczne służące do polowania, odstraszania oraz elektrolokacji. Narządy elektryczne, odizolowane warstwą tłuszczu, zajmują 80% ciała i są tworami powstałymi z przekształconych włókien mięśniowych. Zbudowane są z kilkudziesięciu kolumn podzielonych na tysiące płytek izolowanych galaretowatą tkanką i tak unerwionych, aby impulsy powstające w płytkach sumowały się podczas wyładowania. Wytwarzane napięcie osiąga wartość do 750 V i jest zależne od długości osobnika. Głowa węgorza jest spolaryzowana dodatnio, a część



Węgorz elektryczny (*Electrophorus electricus*)

ogonowa spolaryzowana ujemnie. Oprócz głównego narządu elektrycznego do rażenia, węgorz posiada dodatkowo narząd Sachs'a przeznaczony do elektrolokacji.

Żyje w wodach mętnych i błotnistych w północno-wschodniej Ameryce Południowej, w dorzeczu Orinoko, Gujany, dolnego i środkowego biegu Amazonki. Spotyka się go głównie w rozlewiskach. Prowadzi samotniczy i nocny tryb życia. Żywi się rybami, płazami i większymi bezkręgowcami. Oddycha, wynurzając się ponad wodę i zasysa powietrze atmosferyczne. Starsze osobniki całkowicie tracą wzrok. Posiada także zdolność odbierania dźwięków.

Nie jest znana długość życia węgorzy elektrycznych w warunkach naturalnych. W niewoli samce żyją około 10 lat, a samice około 15 lat. Węgorze elektryczne są lokalnie łowione w celach konsumpcyjnych.

Apteronotidae

Ciało *Apteronotidae* jest wydłużone, zwężające się w stronę ogona, o długości do 1,3 m. Długa płetwa odbytowa zajmuje niemal całą długość ciała. Ryby z tej rodziny charakteryzuje bardzo krótka jama brzuszna i otwór odbytowy usytuowany jest w okolicy gardła. Pozostałą część ciała zajmują narządy elektryczne, zbudowane z przekształconej tkanki nerwowej. Wykorzystywane są w elektrolokacji.

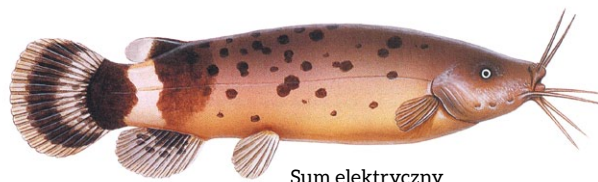


Duch brazylijski
(*Apteronotus albifrons*) – z rodziny *Apteronotidae*

Słabe pole elektryczne o napięciu 1 V ulega deformacji w zetknięciu się z obiektami otoczenia. Częstotliwość wytwarzanego napięcia jest zależna od gatunku i okoliczności i wynosi od kilku do 1000 Hz. *Apteronotidae* żyją w słodkich wodach Wenezueli, Panamy i Ameryki Południowej. Prowadzą nocny tryb życia. Żywią się larwami owadów i małymi rybami.

Sum elektryczny (*Malapterurus electricus*)

Sum elektryczny należący do rodziny *Siluriformes*, osiąga długość 1,2 m i masę do 25 kg. Ciało szarobrązowe i cylindrycznie wydłużone. Głowa spłaszczona, oczy małe, pysk zaokrąglony z szeroko rozstawionymi otworami nosowymi. Z pyska wyrasta sześć wąsików otaczających grube, mięsiste wargi. Brak płetwy



Sum elektryczny

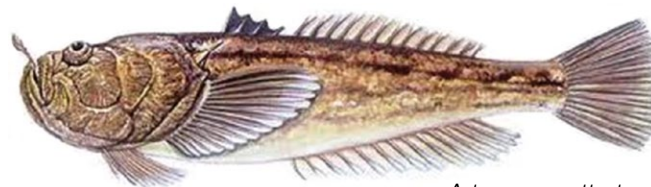
grzbietowej wyrównuje dobrze wykształcona płetwa przesunięta w stronę ogona. Pozostałe płetwy zaokrąglone.

Narządy elektryczne umieszczone są w tkance pod skórą i stanowią czwartą część masy ciała. Rozłożone są wokół tułowia, od głowy do nasady ogona, najwięcej w części brzusznej ciała. Narządy elektryczne sumów powstały z tkanki łącznej i mogą wytworzyć napięcie elektryczne do 350 V.

Żyje w słodkich, stojących lub wolno płynących wodach tropikalnej Afryki. W ciągu dnia ukrywa się wśród skał, a nocą żeruje. Żywi się rybami paraliżowanymi impulsami elektrycznymi. Sumy elektryczne, podobnie jak węgorze, mają słaby wzrok, a starsze osobniki tracą go całkowicie. Sumy są poławiane w celach konsumpcyjnych.

Skabera amerykańska (*Astroscopus guttautus*)

Należąca do rodziny *Uranoscopidae*, osiąga długość 30 cm. Posiada bardzo delikatne narządy elektryczne, mogące wytworzyć napięcie do 50 V. Narząd elektryczny znajduje się na głowie i zbudowany jest z mięśni ocznych. Częstotliwość wytwarzanego napięcia jest od 50 Hz do 500 Hz.



Astroscopus guttautus

Żyje w Atlantyku przy brzegach Ameryki Północnej. Poluje za dnia, czatując na swą zdobycz na dnie morskim. Odżywia się małymi rybkami wciąganyymi do paszczy po jej otwarciu. Podczas tego procesu elektryczne organy ryb emitują salwy pola elektrycznego wysokiej częstotliwości. Przyczyna powstawania tych elektrycznych ładunków jest nieznana, są one o wiele za słabe, by móc porazić zdobycz.

Mrukowate (*Mormyridae*)

Ryby te należą do rodziny promieniopłetwych i osiągają długość do 50 cm. Mają wydłużone, bocznie spłaszczone ciało pokryte drobnymi łuskami, mały otwór gębowy, małe oczy. Płetwy brzuszne dobrze rozwinięte, mocno wcięta płetwa ogonowa. Na przewężeniu płetwy ogonowej znajduje się para narządów elektrycznych powstałych z mięśni trzona ogonowego. Wytwarzają napięcie 2–10 V, o częstotliwości 100–300 Hz. Emitowane impulsy elektryczne służą do elektrolokacji i orientacji w środowisku. Na głowie i przedzie ciała znajdują się liczne elektroreceptory. Mrukowate żyją w Afryce, w słodkich i wolno płynących, zamulonych wodach wielkich rzek (Nil, Senegal, Kongo). Żywią się fauną denną, roślinami wodnymi lub



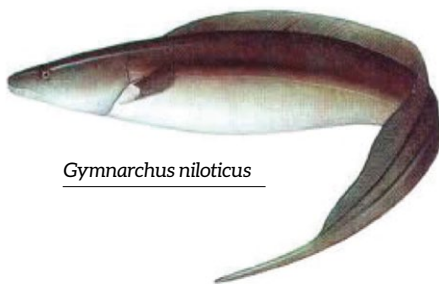
Mruk Trąbonos

szczątkami organicznymi. Są aktywne nocą. Posiadają zdolność pływania do tyłu oraz do góry brzuchem.

Mruk Petersa, zwany też **trąbonosem** (*Gnathonemus Petersii*) osiąga długość do 35 cm. Otwór gębowy wydłużony w kształcie ryjka lub trąby, skierowany w dół. Płetwa grzbietowa i odbytowa ułożone symetrycznie przy nasadzie ogona. Pomiędzy ich nasadami przebiega jasna pręga. Druga pręga – równoległa do pierwszej – przebiega pomiędzy środkiem tych płetw. Płetwa ogonowa silnie rozwidlona – w kształcie litery V. Ubarwienie ciała czarne lub czarno-brązowe. Nazwa gatunkowa *Petersii* nawiązuje do nazwiska niemieckiego przyrodnika Wilhelma Petersa.

Narządy elektryczne służą do elektrolokacji i poszukiwania pokarmu w mulistym dnie, gdyż mruki mają słaby wzrok. Na całym ciele, a szczególnie wokół głowy, rozmieszczonych jest ponad 500 elektrodceptorów. Położone przy nasadzie ogona narządy elektryczne zdolne są do wytwarzania napięcia do 10 V. Występują w przydennych mętnych i wolno płynących rzekach Zachodniej i Środkowej Afryki (Nigeria, Kamerun i Demokratyczna Republika Konga). Mruki Petersa żerują w nocy.

Mruk nilowy (*Gymnarchus niloticus*) dorasta do 2 m długości. Żyje w mętnych wodach i prowadzi życie aktywne nocą.

*Gymnarchus niloticus*

Historia badań ryb elektrycznych

Pierwsze spostrzeżenia, że istnieją gatunki sumy posiadające właściwości porażania podobnie jak butelka lejdejska poczynił przebywający w Senegalu francuski botanik **Michel Adanson** w 1751 roku. Badaniami śródziemnomorskich drętwn zajmowali się **Luigi Galvani** i **John Walsh**. W 1800 roku **Aleksander von Humboldt** podczas podróży po Wenezueli i badań strętwn doświadczył na samym sobie siły elektrycznego rażenia.

Dokładne badania nad węgorzami elektrycznymi przeprowadził urodzony w 1853 roku, w Nysie, **Karl Sachs**. Ukończył medycynę na uniwersytecie w Berlinie i na podstawie dysertacji o nerwach czuciowych otrzymał w 1875 roku stopień doktora medycyny. Wysoko oceniana wiedza z histologii i fizjologii przyczyniła się do otrzymania przez Fundację

Humboldta propozycji wykonania badań nad węgorzami elektrycznymi w Wenezueli. Po nauczaniu się języka hiszpańskiego, jesienią 1876 roku dotarł do Caracas, a następnie w okolice Calaboso, gdzie rozpoczął badania nad węgorzami elektrycznymi. Zebrał kolekcję tych ryb i wykonał preparaty. W lipcu 1877 roku powrócił do Niemiec i rozpoczął opracowywanie monografii o węgorzach elektrycznych. Prace nad monografią przerwała śmierć badacza, który w czasie alpinistycznej wspinaczki na Monte Cevedale w południowym Tyrolu zginął wraz z kolegą, spadając w szczelinę lodowcową. Wszczęte badania i pozostawione materiały Sachsa posłużyły niemieckiemu lekarzowi i zoologowi **Emilowi du Bois-Reymond** (1818–1896), uważanemu za prekursora elektrofizjologii i bioelektryczności ryb. W 1881 roku wydał on monografię pt. *Untersuchungen am Zitteraal Gymnotus electricus* (Verlag von Veit & Comp., Leipzig 1881) jako pracę Karla Sachsa. Nazwiskiem uczonego nazwano wyspecjalizowany narząd elektryczny, tak zwany narząd Sachsa, odkryty u węgorzy elektrycznych.

Uwagi końcowe

Ryby wyposażone w narządy elektryczne mogą wytwarzać napięcie, stanowiące niebezpieczeństwo dla człowieka. Największe osobniki węgorza elektrycznego są zdolne do wytworzenia napięcia 600 V, a suma elektrycznego – do 350 V. Niektóre drętwy wytwarzają impulsy o napięciu do 230 V i natężeniu ok. 30 A. Porażenie daje zwykle wrażenie bólu, może też oszołomić.

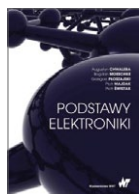
Literatura

- [1] FRANK S.: *Wielki atlas ryb*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa 1980.
- [2] DOŁOWY K., SZEWCZYK A., PIKUŁA S.: *Błony biologiczne*. Wyd. Śląsk, Katowice 2006.
- [3] GIERLOTKA S.: *Elektropatologia porażen prądem elektrycznym*. Wyd. Śląsk, Katowice 2006.
- [4] KARCZEWSKI W.: *Zjawiska elektryczne w organizmie*. PWN, Warszawa 1963.
- [5] REICHHOLF J., STEINBACH G.: *Wielka encyklopedia ryb*. Muza. Warszawa 2004.
- [6] SCHLAPPAL O., SCHWATZKOPF A., TRAUTMANN J.: *Elektrische Fische*. Schriftliche Ausarbeitung. Technische Universität Darmstadt 2008.
- [7] SACHS K.: *Untersuchungen am Zitteraal Gymnotus electricus*. Verlag von Veit & Comp., Leipzig 1881.
- [8] SYNIAWA M.: *Karl Sachs*. „Przyroda Górnego Śląska” 49/2007.
- [9] ZAŁACHOWSKI W.: *Ryby*. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1992.

dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

BIBLIOTEKA



Augustyn Chwaleba, Bogdan Moeschke,
Grzegorz Płoszajski, Piotr Majdak, Piotr Świsłak
Podstawy elektroniki
Wydawnictwo Naukowe PWN
Wydanie: 1, 2021

Książka *Podstawy elektroniki* ma charakter podręcznika o bardzo szerokim zakresie tematycznym – to przekrojowe, praktyczne kompendium wiedzy dotyczące elektroniki.

Podstawy elektroniki to lektura zabierająca Czytelnika od współczesnych materiałów elektronicznych przez elementy i układy elektroniczne analogowe i cyfrowe, elementy elektronicznej techniki pomiarowej, aż do najnowszych elektronicznych urządzeń pomiarowych – stosowanych w różnych dziedzinach techniki (między innymi w ochronie środowiska).

Podstawy elektroniki charakteryzuje staranny dobór materiału oraz przystępny sposób prezentowania często trudnych zagadnień – od teorii aż do projektowania. Dodatkową zaletą tej publikacji są pytania i zadania kontrolne, które pozwalają na bieżące sprawdzanie opanowania wiadomości.

Autorami *Podstaw elektroniki* są doświadczeni dydaktycy i młodzi twórcy.

Z książki podstaw elektroniki mogą nauczyć się osoby z wykształceniem średnim, studenci wyższych uczelni na kierunkach technicznych czy uniwersyteckich, inżynierowie różnych specjalności, jak i samoucy.



Piotr Krzyżanowski
**Obliczenia inżynierskie i naukowe.
Szybkie, skuteczne, efektywne**
Wydawnictwo Naukowe PWN
Wydanie: 1, 2021

Obliczenia naukowe w matematyce stosowanej, naukach technicznych, ekonomicznych i przyrodniczych to obecnie jeden ze skuteczniejszych sposobów prowadzenia działalności naukowej i badawczo-rozwojowej.

Książka jest podręcznikiem i praktycznym przewodnikiem po zaawansowanych narzędziach obliczeniowych i wizualizacyjnych, przydatnych w prowadzeniu symulacji komputerowych. Adresowana jest do osób nie będących zawodowymi numerykami, dla których jednak obliczenia numeryczne są istotnym narzędziem pracy.

Kolejne części podręcznika prowadzą czytelnika przez sposoby realizacji zadań obliczeniowych o wzrastającym stopniu trudności, przez co są interesujące dla początkujących i bardziej zaawansowanych. Zestawienie w jednym woluminie narzędzi o różnym stopniu zaawansowania skomplikowania – od MATLAB-a i Octave, przez popularne biblioteki numeryczne (m.in. BLAS i LAPACK), metody optymalizacji programów numerycznych w języku C, a skończywszy na pakietach wizualizacyjnych – umożliwia wybór adekwatnego dla wykonania konkretnej symulacji komputerowej.



Jacek Kabziński
**Teoria sterowania.
Projektowanie układów regulacji**
Wydawnictwo Naukowe PWN
Wydanie: 2021

Układy sterowania i regulacji wykorzystujące sprzężenie zwrotne są wszechobecne. Jesteśmy nimi otoczeni w życiu codziennym. Są nieodzowne w urządzeniach technicznych, natura wyposażała w nie organizmy i systemy biologiczne, działają w systemach gospodarczych i ekonomicznych. Teoria sterowania jest elementarnym językiem, który pozwala zrozumieć i efektywnie projektować układy sterowania dla różnorodnych zastosowań.

Książka *Teoria sterowania. Projektowanie układów regulacji* jest podstawowym kursem takiego języka wzbogaconym w liczne przykłady i ćwiczenia pozwalające na nabycie biegłości w praktycznym projektowaniu układów ze sprzężeniem zwrotnym.

Książka jest nowoczesnym podręcznikiem automatyki i teorii sterowania, prezentuje współczesny kanon wiedzy realizowany w programach studiów na całym świecie i jest dostosowana do współczesnych technik realizacji układów sterowania.

Autorem książki jest dr hab. inż. Jacek Kabziński – profesor Politechniki Łódzkiej, kierownik Zakładu Teorii Sterowania w Instytucie Automatyki Politechniki Łódzkiej.



Anna Kucharska
**Transformacja energetyczna. Wyzwania dla Polski
wobec doświadczeń krajów Europy Zachodniej**
Wydawnictwo Naukowe PWN
Wydanie: 1, 2021

Zagadnienie transformacji energetycznej jest w ostatnich latach jednym z ważniejszych wyzwań stojących przed wieloma krajami UE, jednak w przypadku Polski stanowi naprawdę wielkie wyzwanie, któremu trzeba sprostać.

To właśnie w celu podniesienia bezpieczeństwa energetycznego, przy równoczesnym wzmacnianiu działań prośrodowiskowych i klimatycznych, została sformułowana koncepcja transformacji energetycznej. Koncepcja transformacji energetycznej w największym stopniu została rozpropagowana przez Niemcy (tzw. *Energiewende*), jednak istotne, a nawet większe postępy na tym polu posiadają także inne państwa, często niedoceniane z uwagi na mniejsze znaczenie gospodarcze na arenie międzynarodowej, warunkowane wielkością terytorium.

Z tych przyczyn warto także zwrócić uwagę na Austrię i Szwajcarię, które wspólnie z Niemcami tworzą umowy region DACH, stanowiący obszar współpracy tych państw m.in. na polu energetycznym.

Publikacja stanowi analizę modelu polityki transformacji energetycznej na przykładzie Niemiec, Austrii i Szwajcarii w ujęciu komparatystycznym.



Postaw na rozwój

TEMATYKA

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 7-8 (267-268)

Rok XXIII
Lipiec–Sierpień 2021

- 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

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

1/2021 (261)

2/2021 (262)

3/2021 (263)

4/2021 (264)

5/2021 (265)

6/2021 (266)

7-8/2021 (267-268)

9/2021 (269)

10/2021 (270)

11/2021 (271)

12/2021 (272)

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;
- pocztę elektroniczną, e-mail: prenumerata@drukart.pl.

lub za pośrednictwem:

- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7⁰⁰–17⁰⁰)
www.prenumerata.ruch.com.pl, prenumerata@ruch.com.pl;
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,
www.kolporter.com.pl, tel. 41 367 88 88.

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (261) Styczeń	PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D	<ul style="list-style-type: none"> • Efektywność w górnictwie • Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne • Systemy mechatroniczne • Monitoring i systemy sterowania • Utrzymanie ruchu • Automatyzacja transportu szynowego • Efektywność w energetyce • Napędy • Oleje, środki smarne
2 (262) Luty	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo w przemyśle • Bezpieczeństwo sieci przemysłowych • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Hydraulika siłowa
3 (263) Marzec	AUTOMATYKA I ROBOTYKA	<ul style="list-style-type: none"> • Nowe technologie • Roboty przemysłowe • Termowizja • Aparatura kontrolno-pomiarowa • Systemy mechatroniczne
4 (264) Kwiecień	BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYSŁE	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulika w technice mobilnej • Sterowanie procesami • Efektywność energetyczna • Systemy transportowe • Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych • Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji • Przesył energii • Cyberbezpieczeństwo
5 (265) Maj	TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY	<ul style="list-style-type: none"> • Maszyny i napędy elektryczne • Technologie przyrostowe 3D • Napędy hybrydowe • Diagnostyka i kontrola urządzeń • Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT - Industrial Internet of Things)
6 (266) Czerwiec	PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Termowizja, monitoring, układy regulacji • Inteligentny budynek • Robotyka • Oprogramowanie, sieci przemysłowe • Systemy informatyczne
7/8 (267/268) Lipiec/sierpień	SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO	<ul style="list-style-type: none"> • Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym • Inteligentne układy zasilania, sterowania • Diagnostyka • Nowe technologie • Silniki elektryczne • Transformatory
9 (269) Wrzesień	AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM	<ul style="list-style-type: none"> • Efektywność w energetyce • Automatyka w przemyśle maszynowym • Układy regulacji automatycznej • Systemy transportowe • Maszyny i napędy elektryczne • Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu
10 (270) Październik	HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE PRZEMYSŁ 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostyka • Inteligentne układy zasilania • Systemy mechatroniczne • Bezpieczeństwo w przemyśle • Napędy hybrydowe i elektryczne • Oleje, środki smarne • Energia odnawialna
11 (271) Listopad	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI	<ul style="list-style-type: none"> • Maszyny i napędy elektryczne • Oprogramowanie, sieci przemysłowe • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Roboty przemysłowe • Sterowniki PLC i systemy sterowania • Systemy transportowe • Innowacje wod.-kan.
12 (272) Grudzień	CYFRYZACJA W PRZEMYSŁE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo w przemyśle • Systemy mechatroniczne • Napędy elektryczne i hydrauliczne • Inteligentny budynek • Cyberbezpieczeństwo

Niezależnie od kombinacji – wygrywasz!

Indywidualne rozwiązania napędu w 48 godzin – zamówienia już od 1 sztuki.

Idealne rozwiązanie dla każdego zastosowania – dzięki zasadzie modułowej.

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

Preferowane typy gotowe do wysyłki w 48 godzin.

Więcej informacji istotnych dla Państwa aplikacji: ebmpapst.com/idt-configurator

ebmpapst

engineering a better life



Enkoder

Hamulec

Elektronika

Silnik

Przekładnia