

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 7/8 (255/256)

Rok XXII

Lipiec – Sierpień 2020

ISSN 1507-7764
Indeks 36018X

Cena: 10,80 zł
(w tym 8% VAT)

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

HPD²_n

Maksymalna wydajność

HITACHI
Inspire the Next

MARKEL
energoelektronika to nasza pasja

Przerwa?

Skanuj, by
zobaczyć
krótki film
dokumentalny.



... czy czas pracy?

Skanuj, by
zobaczyć
dane produktu.



MARKEL
energoelektronika to nasza pasja

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

Nasze zabezpieczenie – Twoja korzyść



HH

UR

NH

GS



Nasze bezpieczniki zapewniają bezpieczeństwo ludziom, maszynom, systemom.

Niezawodnie.



SIBA Polska Sp. z o.o., 05-082 Stare Babice, ul. Warszawska 300 D
tel.: 22 832 14 77, 601 241 236, 603 567 198, e-mail: siba@siba-bezpieczniki.pl, www.siba-bezpieczniki.pl

Adres redakcji:

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

Redaktor naczelna: Katarzyna Zając

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

Redaguje Zespół: Katarzyna Zając, Ludmiła Urbińska, Ryszard Klencz

Redaktor statystyczny: Ludmiła Urbińska

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

Redakcja techniczna: Grzegorz Drobny

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

Marketing:

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

Dział prenumerat: Norbert Klencz

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

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

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

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

47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

Patronat honorowy:

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Łódzkiej

Punktacja MNISW za publikacje naukowe wynosi 5 pkt (poz. 1652). 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!

Początkowo wakacyjne nastroje mącił niestety obraz naszej spowalniającej gospodarki. W efekcie ostatnie półrocze jest gorsze do ubiegłorocznego, kiedy wyniki ekonomiczne były korzystne.

Pewnie nie trzeba być wróżką czy jasnowidzem, by takiego obrotu sprawy się domyślić. Przemysł nierozzerwalnie związany jest z naszym codziennym życiem, a obostrzenia nałożone na gospodarkę w czasie pandemii miały duże znaczenie dla tempa rozwoju przemysłu.

Wszystkich wybierających się na wakacje z pewnością zaciekawiają jednak aktualne prognozy w gospodarce. Takiego obrotu sprawy nie spodziewali się najwięksi optymiści, lipiec przyniósł bowiem długo oczekiwany powrót indeksu PMI dla polskiego przemysłu powyżej kluczowego poziomu 50 punktów.

Według firmy badawczej IHS Markit, produkcja przemysłowa w lipcu wzrosła do 52,8 pkt. wobec 47,2 pkt. w czerwcu. Ekonomisci oczekiwali wyniku na poziomie równo 50 pkt. Po raz ostatni polski PMI znajdował się tak wysoko dwa lata temu, w lipcu 2018 r. (52,9 pkt.). Wynik jest więc o niebo lepszy od prognoz.

Podany wynik kończy długą passę odczytów poniżej 50 pkt. Poprzedni wynik powyżej tej bariery, oddzielającej recesję od ekspansji, odnotowano w naszym kraju w październiku 2018 r. Był to najdłuższy trend spadkowy w polskim przemyśle od blisko 18 lat. Oczywiście najgorsze w historii wyniki przypadają na początek pandemii (31,9 pkt. w kwietniu) – od tamtego czasu sytuacja poprawia się z każdym miesiącem, co winduje wskaźnik PMI.

Warto dodać, że wzrost o 5,6 pkt. był trzecim najwyższym w historii badania zaraz po odnotowanych w maju i czerwcu. Dodatkowo lipcowy wynik przewyższa długoterminową średnią obliczaną od 1998 r. (50,3 pkt.).

Wskaźnik PMI kalkulowany jest na podstawie ankiety przeprowadzanej wśród menedżerów firm przemysłowych. Proszeni są o porównanie z poprzednim miesiącem wielkości nowych zamówień (30 proc.), produkcji (25 proc.), zatrudnienia (20 proc.), prędkości dostaw (15 proc.) oraz zapasów (10 proc.). Wyniki poniżej 50 punktów sygnalizują spadek aktywności ekonomicznej w badanym sektorze, zaś odczyty powyżej 50 punktów wskazują na ekspansję gospodarczą.

Dobrze więc, że – w odradzającym się cieplejszym klimacie w polskiej gospodarce – na łamach naszego czasopisma znajdują Państwo tematy o wydźwięku postępowym, świadczącym o nieustannym rozwoju myśli technicznej. Wszelkie wątpliwości rozwiewają autorzy fachowych publikacji, przelewając na papier konkretne sposoby rozwiązań i praktycznych zastosowań oferowanych produktów i systemów. Zachęcam więc gorąco do lektury publikacji. Teraz zaś – w przerwie między pracą a odpoczynkiem – zachęcam do lektury naszego pisma, w szczególności zaś artykułów, które pozwolą Państwu być na bieżąco z ciekawymi wiadomościami z branży.

Zapraszam do lektury

Katarzyna Zając

Redaktor naczelna





Str. 8

SIBA – zapewnij sobie bezpieczeństwo dzięki jakości



Str. 10

Zawsze UP TO DATE z SEW-EURODRIVE. Zwiększamy wartość Twojej inwestycji



Str. 14

Wyspy zaworowe serii D1 w wersji ze sterowaniem protokołem komunikacyjnym



Str. 16

NORD: silny partner w czasach kryzysu



Str. 18

Aktualne możliwości i kierunki rozwoju Przedsiębiorstwa HYDROMEL S.A.

CO W NUMERZE

Stałe pozycje

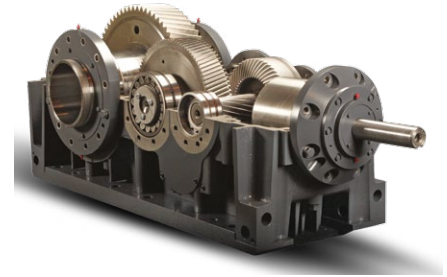
- 6 Nowości techniczne
- 101 Zestawienie wybranych firm działających w branży
- 105 Biblioteka

Nauka

- 26 Druk 3D a walka z koronawirusem
H. Dodziuk – Instytut Chemii Fizycznej PAN
- 32 Trakcyjno-akumulatorowy układ napędu górniczej lokomotywy elektrycznej
P. Deja
- 38 Badania innowacyjnego układu zasilająco-sterującego spągotadawarki górniczej
P. Deja, D. Kapuściński, A. Niedworok, B. Polnik
- 43 Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego
P. Deja, K. Okrent, B. Polnik
- 48 Model matematyczny do badań cieplnych dwubiegowych silników górniczych
R. Krok, J. Wróblewski
- 54 Elektryczne zapalarki strzałowe stosowane w kopalniach
S. Gierlotka
- 56 Szczególny przypadek awarii transformatora elektrowni wiatrowej
A. Polak
- 59 Silniki PMSM do zastosowań trakcyjnych.
Czy moc znamionowa silnika decyduje o jego gabarycie i masie?
T. Wolnik, E. Król
- 64 Zagadnienia oceny wskaźników ekologicznych pojazdów dwudrogowych w aspekcie aktualnych przepisów homologacyjnych
M. Andrzejewski, P. Daszkiewicz, M. Kamińska, W. Jakuszko, Ł. Rymaniak
- 66 Diagnostyka maszyn i urządzeń. Czujniki pomiarowe w diagnostyce. Część 2
T. Glinka, S. Szymaniec
- 76 Elektryczne energooszczędne układy napędowe
T. Glinka
- 84 Związek między mocą znamionową a gabarytem maszyny elektrycznej i transformatora
T. Glinka
- 86 Istota i znaczenie technologii RFID
B. Gładysz, M. Grabia, K. Santarek
- 90 Przykłady wdrożenia RFID
B. Gładysz, M. Grabia, K. Santarek

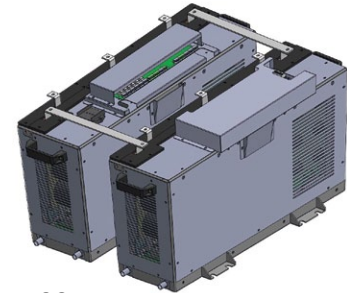
Technologie i produkty

- 8 **TEMAT Z OKŁADKI:** SIBA – zapewnij sobie bezpieczeństwo dzięki jakości
SIBA Polska Sp. z o.o.
- 10 **TEMAT Z OKŁADKI:** Zawsze UP TO DATE z SEW-EURODRIVE.
Zwiększamy wartość Twojej inwestycji
SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 13 Szkoła enkoderów firmy LeineLinde. Cz. 4. Mechanika – żywotność enkodera
TERM Tomasz Sobczak
- 14 Wyspy zaworowe serii D1 w wersji ze sterowaniem protokołem komunikacyjnym
Camozzi Automation Sp. z o.o.
- 16 **NORD: silny partner w czasach kryzysu**
NORD Napędy Sp. z o.o.
- 18 Aktualne możliwości i kierunki rozwoju Przedsiębiorstwa HYDROMEL S.A.
Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A.
- 20 **REXNORD** – nowa gama produktowa już dostępna w IOW TRADE Sp. z o.o.
IOW TRADE Sp. z o.o.
- 22 MFC810/1150 V – rodzina trójpoziomowych falowników do zastosowań
w górnictwie i przemyśle ciężkim
S. Piasecki – Zakład Energoelektroniki TWERD
- 23 **OEE w czasie rzeczywistym**
SEM
- 23 **5sAUTOMATE. Game Changer** – automatyzacja w stylu *lean robotics*
D.J. Kowalski – 5sAUTOMATE Sp. z o.o.



Str. 20

REXNORD – nowa gama produktowa już dostępna w IOW TRADE Sp. z o.o.



Str. 22

MFC810/1150 V – rodzina trójpoziomowych falowników do zastosowań w górnictwie i przemyśle ciężkim

Informacje branżowe

- 12 TARGI zostały ODMROŻONE
- 25 Kongres Industry Next na miarę nowej rzeczywistości
- 53 DREMA 2020 – automatyzacja szansą rozwoju



Str. 23

OEE w czasie rzeczywistym

Indeks reklam

▷ 5sAUTOMATE	7, 23, 101	▷ NORD Napędy	17
▷ BEFARED	47	▷ NOWIMEX	7, 31
▷ Camozzi Automation	6, 15	▷ Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A.	19
▷ Cantoni GROUP	39	▷ Robotyka.com	58
▷ DREMA 2020	53	▷ SCHUNK Intec	7
▷ ELHAND Transformatory	45	▷ SEM	6, 23
▷ ENERGETAB	12	▷ SEW EURODRIVE	108
▷ EURAL GNUTTI	37	▷ SIBA Polska	2
▷ GIG Instytut Badawczy	41	▷ STAUFF Polska	33
▷ IOW TRADE	21	▷ STEINLEN Polska	35
▷ ITM INDUSTRY EUROPE	25	▷ TERM	13
▷ MARKEL	1	▷ TWERD	22

NOWOŚCI TECHNICZNE

Proporcjonalny regulator ciśnienia serii PRE z technologią CoilVision

Proporcjonalny regulator ciśnienia serii PRE z technologią CoilVision został zaprojektowany tak, aby stale monitorować działanie elektropilotów i z awaryjnym zapobieganiem wszelkim awariom i przestojom. Dane mogą być przesyłane do chmury w zagregowanej formie i być udostępniane użytkownikowi w przejrzystej i prostej formie za pomocą graficznych paneli nawigacyjnych.



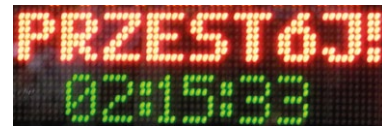
Seria PRE dostępna jest w dwóch rozmiarach i wielu różnych konfiguracjach, m.in. ze sterowaniem IO-Link. Możliwe jest również podłączenie zewnętrznego przetwornika jako sygnału sprzężenia zwrotnego. Umożliwia nam to pracę z agresywnymi cieczami/gazami lub kontrolowanie ciśnienia w zależności od zupełnie innych wielkości fizycznych, takich jak siła, przemieszczenie, temperatura i wiele innych.

Zastosowanie wbudowanego zaworu załączająco-odpowietrzającego powoduje, że taki element w zespole przygotowania powietrza staje się zbędny. Dodatkową opcją, która powoduje oszczędność miejsca, jest możliwość szeregowego łączenia ze sobą regulatorów w jednym bloku, gdzie każdy – pomimo jednego wspólnego zasilania – może ustalić odrębne ciśnienie.

Camozzi Automation Sp. z o.o.
www.camozziautomation.pl

Raportowanie przestojów w monitorze produkcji SEM MP-240

W monitorze produkcji MP-240 jest dostępna nowa funkcja związana z raportowaniem przestojów linii produkcyjnej. Obecnie jest możliwa rejestracja każdego przestoju z obligatoryjnym opisem rodzaju zdarzenia, dzięki czemu może być dokonana szczegółowa analiza awaryjności sprzętu i zakłóceń procesu. Użytkownik monitora może teraz stworzyć tabelę powodów przestojów ze 150 pozycjami. W tabeli jest miejsce na 30-znakowy opis tekstowy, parametry i kategorie strat, dzięki czemu możliwa jest szczegółowa analiza zgodnie z metodyką obliczania całkowitej efektywności sprzętu OEE. Przypisanie kategorii pozwala na precyzyjne rozróżnienie strat w obrębie czasu otwartego, dostępnego i operacyjnego. Nowe funkcje oprogramowania MP-240 zapewniają rejestrację każdego przestoju i czasu jego trwania z żądaniem, aby operator dokonał opisu zdarzenia. W chwili wykrycia przestoju wyświetlany jest monit i rozwijana lista z rodzajami zdarzeń. Operator nie musi się spieszyć z opisem. Lista nieopisanych przestojów jest stale dostępna i można uzupełnić raportowanie dopiero na koniec zmiany. Taki sposób rejestracji z wymaganiami opisu daje kompletne dane do analizy przebiegu pracy. Raport zmianowy monitora zawiera realne wartości składowe i całkowity współczynnik OEE, a także wartości czasu kalendarzowego, otwartego, dostępnego, operacyjnego i efektywnego operacyjnego niezbędne do długookresowych statystyk OEE.



SEM
www.sem.pl

reklama

Wybierz swoją prenumeratę na www.nis.com.pl



Prenumerata drukowana



Prenumerata elektroniczna



Pakiet

NOWOŚCI TECHNICZNE

5sAUTOMATE | PROLYNK: nowy standard linii produkcyjnej – elastyczność i skalowalność na pierwszym miejscu

Inwestowanie w elastyczne linie montażowe, wymagające zaledwie kilku przestojów produkcyjnych lub zupełnie się bez nich obchodzące w przypadku rekonfiguracji, nigdy nie było równie ważne jak dziś.



ProLynk to:

- optymalizacja inwestycji oraz kosztów;
- optymalizacja powierzchni/efektywne zagospodarowanie przestrzeni produkcyjnej;
- konkurencyjność w inwestycjach dotyczących automatyzacji;
- elastyczność z myślą o przyszłych projektach.

Z tego powodu francuska firma OSE, specjalizująca się w automatyzacji, stworzyła PROLYNK by OSE Group – rozwiązanie w postaci zminiaturyzowanego AGV do przenoszenia komponentów na liniach produkcyjnych.

Dzięki temu linia produkcyjna jest:

- 100% elastyczna;
- 100% skalowalna;
- redukuje wykorzystanie layoutu o ca. 30%.

PROLYNK to przystępna cenowo alternatywa dla transporterów liniowych o większej elastyczności i zwartości przy wszystkich projektach montażowych, testerach, przygotowaniu zamówień, logistyki linii czy przygotowaniu zestawu komponentów.

5sAUTOMATE Sp. z o.o.
<https://5sAUTOMATE.com>

Na mróz, śnieg i lód – KOMBITAST-R-JUWEL. Technika na niskie temperatury

Od niedawna w programie firmy Schlegel jest nowa seria osprzętu na otwór 30 mm – KOMBITAST-R-JUWEL (KRJ).

Cały typoszereg KRJ został przetestowany w temperaturze do -40°C i znakomicie nadaje się do



wszelkich „zimnych” zastosowań, takich jak kolej, pojazdy specjalne (np. straży pożarnej), ale również autobusy, ciężarówki, chłodnie, wyciągi narciarskie, naśnieżarki czy statki pracujące w bardzo zimnych rejonach Ziemi.

Oczywiście sprawdzają się równie dobrze we wszystkich „normalnych” warunkach pracy, a szczególnie tam, gdzie potrzebna jest duża powierzchnia przycisku (26 mm) przy niskiej zabudowie

(2,7 mm) i eleganckim, lakierowanym w kolorze tytanowym, wyglądzie – potwierdza to nagroda IF DESIGN AWARD 2013. Połączenie wysokiej jakości technicznej i szczelności IP66/69K (zależnie od wersji) pozwala stosować je w bardzo wymagających aplikacjach.

Nowa seria ma wszystkie funkcje i opcje wcześniejszej wersji KOMBITAST-R: przyciski z sztyldzikami i podświetleniem, lampki, przełączniki wahliwe i obrotowe, stacyjki, przyciski grzybkowe i grzybki awaryjne (z i bez kryzy przeciwblokadowej). Akcesoria obejmują plombowane pokrywki przycisków oraz przezroczyste blokady przełączników obrotowych.

W zależności od potrzeb napędy mogą być wyposażone w modułowe zestawy z zaciskiem śrubowym (moduły M), zaciskiem Cage-Clamp* (moduły D) i szybkowtykowym (moduły DS).

Nowimex

www.nowimex.com.pl

Robot zamiast ręcznej pracy: automatyczne gratowanie za pomocą sprawdzonych ostrzy

Po raz pierwszy procesy ręcznego gratowania mogą zostać zautomatyzowane dzięki zrobotyzowanemu narzędziu do gratowania CDB od firmy SCHUNK bez konieczności rezygnowania ze sprawdzonych ostrzy gratujących. Sterowane, kompatybilne narzędzie do gratowania jest odpowiednie do wspomaganego przez robota gratowania części perforowanych, armatury domowej i przemysłowej, w sektorze motoryzacyjnym lub lotniczym, detali z tworzywa sztucznego, aluminium, stali, mosiądzu i innych materiałów o różnorodnych geometriach. Ponieważ konwencjonalne ostrza do gratowania, które były dotychczas używane ręcznie, można w pełni wykorzystać w narzędziu zrobotyzowanym, możliwe jest szybkie i proste przejście z obsługi ręcznej na pracę automatyczną. Różnice w położeniu, zakresy tolerancji detali oraz zakresy tolerancji robota są kompensowane osiowo o maks. 8 mm i promieniowo o ok. $\pm 5,5^{\circ}$. Możliwość indywidualnego sterowania siłą kompensacji (osiowo: 13–66 N, promieniowo: 13–62 N) gwarantuje wysokiej jakości rezultaty procesu gratowania oraz zmniejsza liczbę odrzutów, a jednocześnie wymaga minimalnych nakładów pod względem programowania. Standardowe mocowanie narzędzia zapewnia krótki czas ustawienia przy wymianie ostrzy, pozwalając również na wykorzystanie narzędzia do gratowania małych serii w sposób ekonomiczny. W porównaniu z ręcznymi procesami gratowania gratowanie wspomaganie przez robota wyraźnie odciąża operatorów z ciężkich, niebezpiecznych i pracochłonnych czynności związanych z gratowaniem i pozwala uzyskać jednolitą jakość.



SCHUNK Intec Sp. z o.o.
www.pl.schunk.com

SIBA – zapewnij sobie bezpieczeństwo dzięki jakości

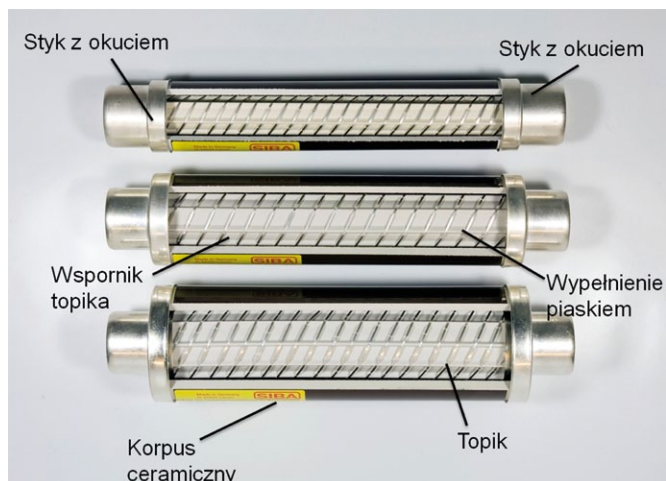
Nasze produkty zabezpieczają urządzenia i instalacje elektryczne przed skutkami przeciążeń i zwarć oraz zapewniają ochronę przeciwporażeniową. Najwyższa jakość naszych oryginalnych i prawnie zastrzeżonych rozwiązań technicznych oraz ciągła i szczegółowa kontrola produkcji gwarantują, że oferowane bezpieczniki zawsze chronią, zapobiegając uszkodzeniom i awariom. Oferowane przez nas bezpieczniki spełniają wymagania norm europejskich oraz północnoamerykańskich, co potwierdzają certyfikaty jednostek badawczych. Dzięki temu nasze wyroby mogą być stosowane przez producentów i eksporterów urządzeń elektrycznych na rynek amerykański.

Od ponad 70 lat firma SIBA specjalizuje się w produkcji bezpieczników topikowych i jest jednym z najważniejszych europejskich producentów tych wyrobów. Oferuje bezpieczniki wysokonapięciowe, niskonapięciowe, miniaturowe oraz subminiaturowe. W katalogach firmy znajduje się ponad 14 500 rodzajów wkładek topikowych, podstaw bezpiecznikowych i elementów uzupełniających. Produkty te zapewniają ochronę urządzeniom, instalacjom i ludziom. Patrząc pod tym kątem, oferujemy produkty pierwszej potrzeby. Firma posiada oddziały oraz partnerów handlowych w wielu krajach na sześciu kontynentach.

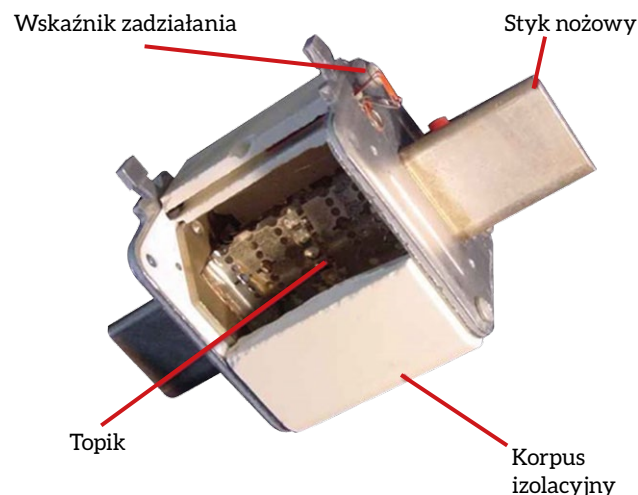
W dziedzinie bezpieczników wysokonapięciowych firma SIBA jest liderem rynku europejskiego. Była jedną z pierwszych firm, które we wkładkach wysokonapięciowych wprowadziły wyzwalacze termiczne wbudowane w system wybijaka. Była to odpowiedź firmy na wyniki badań rozdzielnic z zestawami rozłączników wysokonapięciowych z bezpiecznikami. W badaniach tych stwierdzono, że przy niewielkich prądach przeciążeniowych może dochodzić do nadmiernego nagrzewania się elementów izolacyjnych rozdzielnic, powodującego ich uszkodzenie.

Wyzwalacze termiczne stosowane przez firmę SIBA działają niezależnie od tego, czy przyczyną nadmiernego wzrostu temperatury jest uszkodzenie wkładki topikowej, spowodowane np. wyładowaniem atmosferycznym, czy wzrost temperatury wewnątrz rozdzielnic nastąpił w wyniku innych przyczyn. Wyzwalacz termiczny powoduje zadziałanie wybijaka, gdy w określonym czasie przekroczona jest dopuszczalna temperatura. Dzięki temu możliwe jest obniżenie temperatury na stykach podstawy bezpiecznikowej ze 160°C do około 80°C. Układ ten reaguje w taki sposób, aby krótkotrwałe przeciążenia nie powodowały zadziałania wkładki topikowej i przerwania obwodu powodującego pozbawienie energii elektrycznej odbiorców.

We wkładkach topikowych niskonapięciowych o stykach nożowych (gG i aM) firma SIBA stosuje zintegrowany, podwójny system wskaźnika zadziałania. Ułatwia to obsłudze



Fot. 1. Przekrój wkładek topikowych wysokonapięciowych typu HHD



Fot. 2. Przekrój wkładki topikowej niskonapięciowej typu NH

zlokalizowanie wkładek, które zadziałały, niezależnie od zastosowanego typu rozłącznika bezpiecznikowego lub podstaw bezpiecznikowych. Wkładki topikowe o stykach nożowych produkowane są na napięcia znamionowe 400, 500, 690, 1000 i 1500 V prądu przemiennego w wykonaniu standardowym z metalowymi pokrywami oraz z pokrywami z materiału izolacyjnego i izolowanymi zaczepami do chwytaka wkładki topikowej. Wkładki topikowe nożowe o charakterystyce gG mają przypisaną zdolność wyłączenia przy napięciu stałym 220, 400 lub 440 V. W ofercie firmy SIBA znajdują się również wkładki topikowe o charakterystyce gTr, specjalnie dostosowane do zabezpieczania transformatorów energetycznych. Wkładki te nie są oznaczane prądem znamionowym, lecz mocą transformatora, do którego zabezpieczania są przeznaczone.

Dużą uwagę firma SIBA przywiązuje do bezpieczników stosowanych do zabezpieczania elementów półprzewodnikowych. Bezpieczniki te wymagają precyzyjnie wykonanych topików. Występuje wiele odmian bezpieczników różniących się kształtami korpusów i elementów stykowych oraz napięciami znamionowymi, zakresem wyłączenia i kategorią użytkowania. Dostępne są wkładki topikowe o niepełnej (aR) oraz pełnej (gR) zdolności wyłączenia. Firma SIBA produkuje również bezpieczniki o charakterystyce gS (początkowo wprowadzone z oznaczeniem gRL), zabezpieczające nie tylko elementy półprzewodnikowe, ale również przewody w zabezpieczanym obwodzie. Osobną grupą są bezpieczniki prądu stałego do zabezpieczania układów energoelektronicznych. Bezpieczniki te przeznaczone są do stosowania między innymi w przekształtnikach częstotliwości i zasilaczach UPS. Do najnowszych produktów w tej grupie zaliczają się bezpieczniki do zabezpieczania instalacji fotowoltaicznych. Są to bezpieczniki na znamionowe napięcie stałe 400–1500 V i prądy znamionowe od 3,15 do 450 A. Bezpieczniki firmy SIBA dla fotowoltaiki chronią systemy przetwarzania energii słonecznej już od ponad dziesięciu lat. Znajdują zastosowanie zarówno w prostych domowych instalacjach, jak i w dużych instalacjach fotowoltaicznych. Bezpieczniki firmy SIBA do zastosowań fotowoltaicznych powstały w oparciu o dziesięciolecie doświadczeń z bezpiecznikami do zabezpieczania półprzewodników mocy oraz innych elementów instalacji. Inżynierowie z działu badawczo-rozwojowego stale pracują nad nowymi rozwiązaniami.

SIBA produkuje także bezpieczniki miniaturowe, począwszy od tradycyjnych, w korpusach szklanych lub ceramicznych, o średnicy 5 mm i długości 20 mm, poprzez subminiaturowe przeznaczone do montażu przewlekanego na płytkach drukowanych, aż do bezpieczników SMD przeznaczonych do montażu powierzchniowego. Bezpieczniki miniaturowe mogą mieć różne charakterystyki czasowo-prądowe: bardzo szybko (FF), szybko (F), średnio-zwłoczną (M), zwłoczną (T) i bardzo zwłoczną (TT) oraz znamionowe zdolności wyłączenia od 35 lub 50 A aż do 200 kA w przypadku wykonań specjalnych.



Fot. 3. Przykłady rozwiązań bezpieczników firmy SIBA dla fotowoltaiki

W firmie SIBA przywiązuje się dużą wagę do niezawodności wytwarzanych produktów poprzez wdrożenie systemu jakości. Kontroli podlegają dostarczane do produkcji materiały i gotowe bezpieczniki. Przykładowo bezpieczniki wysokonapięciowe sprawdzane są poprzez pomiar rezystancji i badanie szczelności każdej wyprodukowanej wkładki topikowej. Własny dział badawczo-rozwojowy umożliwia szybką reakcję na pojawiające się nowe potrzeby użytkowników, opracowując nowe konstrukcje bezpieczników. Przykładem może być nasza propozycja umożliwiająca montaż wkładki o długości 293 mm w miejscu nieprodukowanych już wkładek LHTCJ bez konieczności wymiany rozłącznika. Firma SIBA produkuje również wiele nietypowych bezpieczników przeznaczonych dla specyficznych grup odbiorców, np. dla górnictwa, kolei czy przemysłu okrętowego, gdzie niekorzystne warunki środowiskowe wymuszają konieczność stosowania specjalnych konstrukcji bezpieczników. Zapraszamy do zapoznania się z oferowanymi rozwiązaniami, a w przypadku niestandardowych rozwiązań prosimy o kontakt bezpośredni z nami.

Polskim oddziałem niemieckiej firmy SIBA jest SIBA Polska Sp. z o.o. Więcej informacji o oferowanych rozwiązaniach można znaleźć na www.siba-bezpieczniki.pl. ■



SIBA Polska Sp. z o.o.
05-082 Stare Babice
ul. Warszawska 300 D

Zawsze UP TO DATE z SEW-EURODRIVE

Zwiększamy wartość Twojej inwestycji

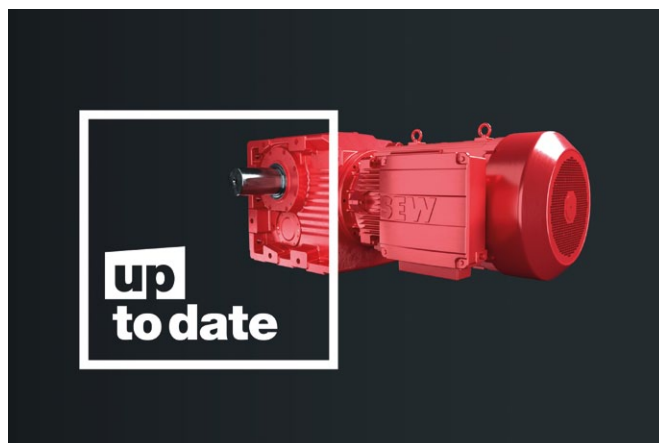
Długofalowe innowacje to dla nas nieustanne aktualizowanie techniki napędowej, by była *up to date*, czyli na bieżąco ze zmieniającymi się wymaganiami.

W ten sposób zwiększamy korzyści we wszystkich aspektach utrzymania i optymalizacji produktów, co jest możliwe dzięki ciągłemu transferowi technologii z naszego Działu Rozwoju. Co więcej, robimy to systematycznie, często i bez dodatkowych kosztów, aby w ten sposób utrzymać, a nawet zwiększyć wartość Twoich inwestycji.

Większy maksymalny moment obrotowy w przekładniach serii 7

Nasz zespół ds. rozwoju ma dobre wieści! Nieustannie optymalizujemy i przesuwamy granice do maksimum – zwiększyliśmy momenty obrotowe dla naszych dużych przekładni z serii 7, dzięki czemu możliwe jest przeniesienie większych obciążeń lub zwiększenie rezerw w celu poprawy niezawodności. W razie konieczności możesz również zastosować mniejszą przekładnię, oszczędzając miejsce i redukując koszty. Co więcej, te zmiany nie wpływają na cenę przekładni.

Dzięki nowym obliczeniom i optymalizacjom dokonanych w odniesieniu do szeregu elementów określiliśmy na nowo maksymalne momenty obrotowe przekładni F.157, R.167, K.157, K.167 i K.187. Oczywiście są one również zgodne ze wszystkimi niezbędnymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa. Po pierwsze, większe momenty maksymalne przekładni przekładają się na wyższy współczynnik pracy, co z kolei zwiększa niezawodność napędu. Po drugie, przy planowaniu nowego projektu, w razie potrzeby istnieje możliwość skorzystania z przekładni o mniejszych wymiarach. Oprócz tego nowe współczynniki pracy zwiększają liczbę możliwych kombinacji przekładnia – silnik. Nasze przekładnie i motoreduktory pozwalają Ci zawsze utrzymywać się w ścisłej czołówce producentów, bez generowania dodatkowych kosztów.



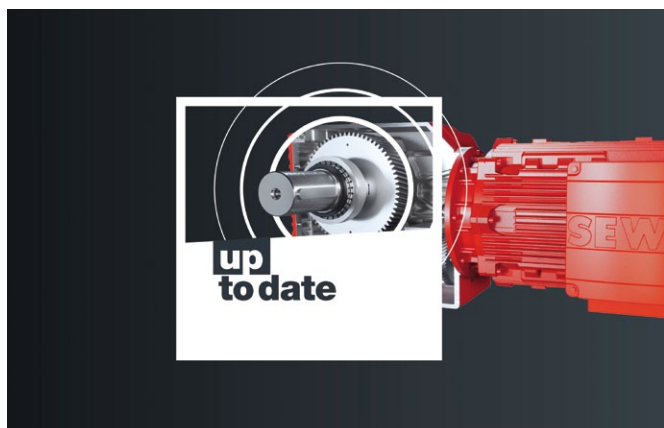
Korzyści:

- Zwiększenie momentu obrotowego o 6–11%.
- Większa niezawodność.
- Twoje urządzenia są zawsze w najlepszej formie.
- W nowych projektach możliwe jest stosowanie mniejszych przekładni.
- Brak kosztów dodatkowych.
- Teraz dostępne dla F.157, R.167, K.157, K.167 i K.187.

Środki smarne dopasowane do przekładni

Czy trudno znaleźć odpowiedni olej do przekładni? Wcale nie! SEW-EURODRIVE uczynił olej przekładniowy SEW GearOil doskonałym środkiem smarnym, który został opracowany przez specjalistów ds. trybologii dla wszystkich naszych przekładni. Efektem naszych prac jest olej premium, który pozwoli wdrożyć innowacje w Państwa zakładzie. Dzięki temu zużycie przekładni będzie mniejsze, a okres jej eksploatacji dłuższy.

Niezależnie od tego, czy chodzi o przekładnie standardowe, serwo czy przemysłowe – olej SEW GearOil został w 100% opracowany dla każdego rodzaju przekładni. Olej ten charakteryzuje się specjalnym filmem olejowym i powstał w wyniku wieloletniego doświadczenia i długofalowych badań. Olej ten

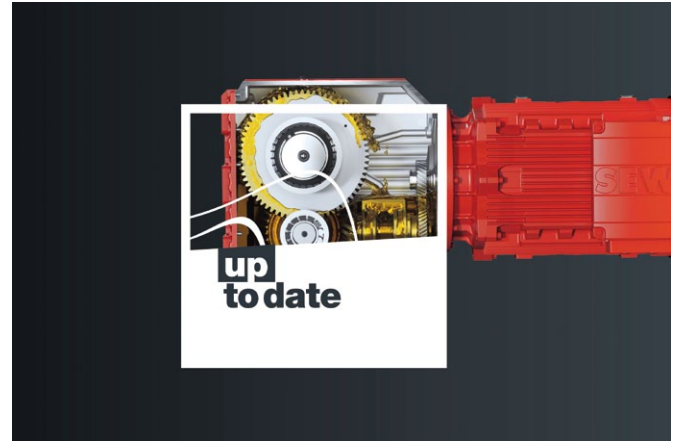


wyróżnia się wydłużoną żywotnością, a tarcie występujące na styku kół zębatach jest znacznie ograniczone. Istotnie wydłuża się również żywotność części zużywających się, takich jak pierścienie uszczelniające i łożyska.

Ponadto olej przekładniowy SEW GearOil zapewnia ochronę przed korozją, zapobiega uszkodzeniu powierzchni bocznych zębów w wyniku ścierania się oraz zwiększa sprawność. Dzięki temu wysokiej jakości przekładnie utrzymywane są w doskonałym stanie, co zapewni ochronę inwestycji. Olej przekładniowy SEW GearOil jest dostępny w różnych klasach lepkości – zarówno jako mineralny olej przekładniowy CLP, jak i syntetyczny środek smarny na bazie CLP PG (poliglikol) lub CLP HC (polialfaolefin). Dostępne są również specjalne środki smarne z certyfikacją H1 dla przemysłu spożywczego.

Korzyści

- Wybranie właściwego środka smarnego w celu zapewnienia optymalnej wydajności przekładni jest teraz niezwykle łatwe.
- Mniej awarii dzięki zapewnieniu ochrony przed nieszczelnościami i ścieraniem się części podlegających zużyciu.
- Do 50% dłuższy okres eksploatacji niż w przypadku olejów konwencjonalnych.
- Dłuższy okres eksploatacji i zmniejszona degradacja przekładni oraz zużywających się komponentów.
- Długoterminowa ochrona realizowanych inwestycji.
- Olej przekładniowy premium dostępny jest w kanistrze (5 lub 20 l) oraz w beczce (205 l), w obu przypadkach z możliwością składowania do 6 lat.
- Dostępność na całym świecie. ■



SEW
EURODRIVE

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42 293 00 00

e-mail: sew@sew-eurodrive.pl

www.sew-eurodrive.pl

reklama

Które wydanie jest dla Ciebie?

9/2020

Automatyka w energetyce
Automatyka w przemyśle spożywczym

10/2020

Hydraulika, pneumatyka i sterowanie

11/2020

Automatyzacja produkcji

ENERGETAB odbędzie się w terminie 15-17 września 2020 r.

TARGI zostały ODMROŻONE



Fot. archiwum ZIAD Bielsko-Biała SA

Na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z 29 maja 2020 r., od 6 czerwca ponownie można organizować wydarzenia targowe, kongresy, seminaria i konferencje przy jednoczesnym zachowaniu wszelkich środków ostrożności zgodnych z wytycznymi GIS.

Tegoroczne Targi ENERGETAB 2020 odbędą się w dniach od 15 do 17 września. Trwają ostatnie przygotowania aby były w pełni bezpieczne zarówno dla wystawców jak i zwiedzających.

ENERGETAB to największe w Polsce targi nowoczesnych urządzeń, aparatury i technologii dla przemysłu energetycznego.

Jest to zarazem jedno z najważniejszych spotkań czołowych przedstawicieli sektora elektroenergetycznego. Teren targów obejmuje ponad 35 tys. m² powierzchni ekspozycyjnej, zarówno w hali wielofunkcyjnej, jak i w pawilonach namiotowych oraz na terenach otwartych, na których wystawcy mają możliwość ekspozycji wielkogabarytowych i ciężkich eksponatów.

Targi ENERGETAB to doskonała okazja do nawiązania kontaktów biznesowych między wystawcami a projektantami, dostawcami usług i czołowymi przedstawicielami przedsiębiorstw energetycznych – zarówno z Polski, jak i z zagranicy. Tradycyjnie już podczas Targów odbędzie się konkurs nagradzający prestiżowymi medalami i pucharami „szczególnie wyróżniające się produkty” zgłoszone przez wystawców.

Z satysfakcją informujemy, że Targi ENERGETAB 2020 objął swoim Honorowym Patronatem Michał Kurtyka – Minister Klimatu. Nadto Puchar Ministra Klimatu stanowić będzie najwyższe wyróżnienie w konkursie „na szczególnie wyróżniający się produkt” prezentowany na Targach.

Zapraszamy Państwa do kontaktu z naszym Biurem Targowym oraz na stronę <http://energetab.pl/>

reklama

33. MIĘDZYNARODOWE ENERGETYCZNE TARGI BIELSKIE BIELSKO-BIAŁA INTERNATIONAL POWER INDUSTRY FAIR

ENERGETAB®



15-17.09.2020

Targi
z rekomendacją
Polskiej Izby Przemysłu Targowego

www.energetab.pl

Szkoła enkoderów firmy LeineLinde.

Cz. 4. Mechanika – żywotność enkodera

Kontynuując cykl „Szkoła enkoderów”, chcielibyśmy przedstawić czynniki mające największy wpływ na żywotność enkodera.

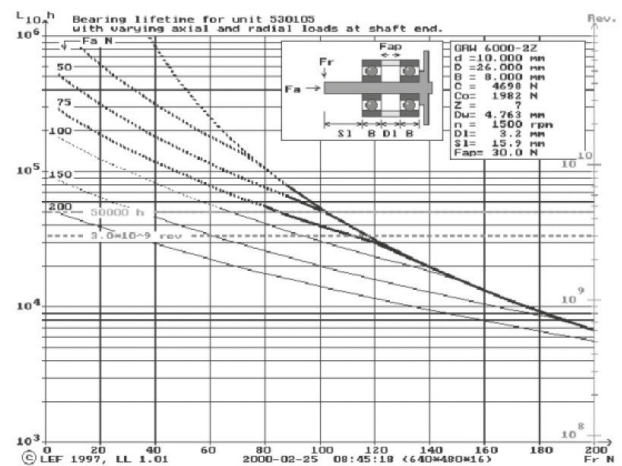
Żywotność enkodera w dużym stopniu zależy od tego, jak się go zamontuje i używa. Elektronika i optyka w praktyce w ogóle się nie starzeją, natomiast dioda świecąca i łożyskowanie mają ograniczoną żywotność. Wydajność świetlna diody świecącej z biegiem czasu spada, tak więc poziomy sygnału w enkoderze stają się słabsze. Dzieje się to stopniowo i jest zauważalne dopiero po długim czasie, ponieważ enkoder posiada relatywnie silny poziom sygnału albo posiada wbudowany regulator, utrzymujący sygnał na stałym poziomie. W enkoderach z regulacją poziomu sygnału zakres regulacji diody świecącej jest tak dobrany, aby zapobiegać późniejszym przeciążeniom.

W enkoderach firmy LeineLinde stosowane są łożyska kulkowe ze smarem stałym, dlatego nie ma potrzeby ich dodatkowego smarowania. Przy prawidłowym montażu łożyska w enkoderach obrotowych są zwykle bardzo mało obciążone i jak potwierdza praktyka, pracują co najmniej 5–6 lat przy ciągłym użytkowaniu. Po tym czasie należy je

jednak wymienić. Jeżeli łożysko w enkoderze jest ciągle silnie obciążone, to żywotność urządzenia zostaje ograniczona, a powodem nie jest niedobór smaru, lecz zwykłe ścieranie się łożyska (zmęczenie powierzchni rowków, w których poruszają się kulki). Żywotność w takim przypadku znacznie się zmniejsza. Dane katalogowe dotyczące dopuszczalnych obciążeń opierają się na maksymalnych obciążeniach; wynika z nich żywotność około 50 000 h (5,7 roku) przy normalnej prędkości obrotowej (około 1500 obr./min).

Jeżeli użytkownik zwraca uwagę, aby obciążenia wałka utrzymywały się w zalecanych granicach, to w zwykłym czasie użytkowania maszyny nie dochodzi do przedwczesnych usterek, spowodowanych zużyciem się łożysk. Rysunek 1 przedstawia przykład obliczeń żywotności łożyska w zależności od obciążeń osiowych i kątowych.

Serdecznie zapraszamy do zapoznania się ze szczegółową ofertą produktów



Rys. 1

firmy LeineLinde, którą znajdują Państwo na stronie internetowej www.leinelinde.com.pl.



TERM Tomasz Sobczak
ul. Opolska 22/8
41-500 Chorzów
tel. 32 249 85 99
fax 32 249 92 89
e-mail: info@term.pl
www.term.pl

reklama

BaumerHübner
BaumerThalheim

pauly

LEINE LINDE

Tamagawa

schleicher
control systems

ENKODERY
RESOLWERY
STEROWNIKI
BEZPIECZNIKI
TACHOPRĄDNICY

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

Wyspy zaworowe serii D1 w wersji ze sterowaniem protokołem komunikacyjnym

Dedykowane i kompleksowe systemy cyber-fizyczne Camozzi, na które składają się czujniki i inne inteligentne komponenty, są w stanie przesyłać złożone dane procesowe do systemów zarządzania i chmury za pośrednictwem bramy IIoT (Przemysłowy Internet Rzeczy). Zebrane informacje są analizowane w czasie rzeczywistym przy użyciu zaawansowanych zastrzeżonych algorytmów i przetwarzane w postaci szczegółowych raportów diagnostycznych. Dzięki nim użytkownicy mogą z wyprzedzeniem zaplanować działania konserwacji predykcyjnej maszyn, co z kolei pozytywnie wpływa na ich wydajność i koszty produkcyjne.

Dołym przykładem tych możliwości jest wyspa zaworowa serii D, która powstała w odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie rynku na zaawansowane technologie, zapewniające wysokie standardy jakościowe i maksymalną elastyczność pod kątem zastosowań w różnych systemach automatyki przemysłowej. Mocną stroną serii D jest możliwość mieszania dwóch różnych rozmiarów zaworów na tej samej wyspie. Daje to wymierne korzyści w zakresie zmniejszenia całkowitych jej wymiarów i kosztów (nie tylko samej wyspy, ale także szafy czy panelu, w którym miałyby się znaleźć). Uniwersalny moduł zasilania zaworów pilotujących umożliwia w każdej chwili zmianę zasilania wewnętrznego na zewnętrzne i na odwrót. Wszelkiego rodzaju moduły zasilające i odcinające pozwalają z kolei na tworzenie wielu stref ciśnienia. Za sterowanie



całością odpowiada jeden początkowy moduł elektryczny. Kolejną charakterystyczną cechą serii D jest opatentowana technologia CoilVision, która pozwala na ciągłe monitorowanie parametrów

pracy elektrozaworów pilotujących. Ten system diagnostyczny z przejrzystymi wskaźnikami graficznymi za pośrednictwem platformy internetowej zapewnia widoczność m.in.:

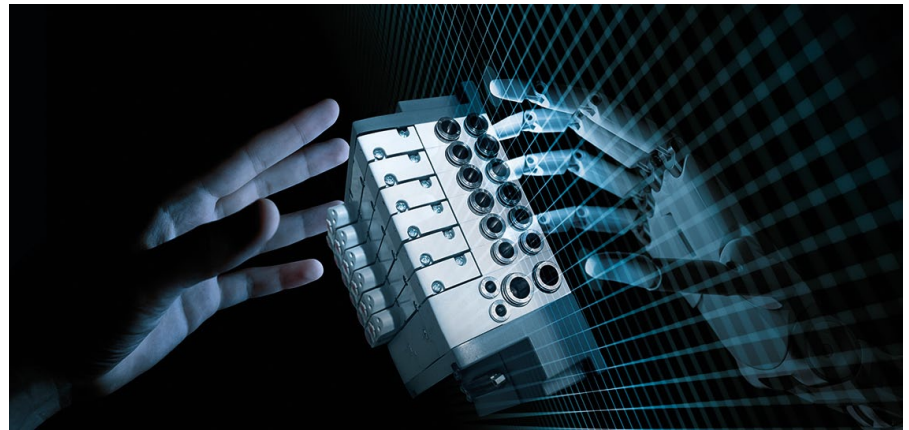
- statusu włączenia/wyłączenia każdego zaworu;
- liczby wykonanych cykli;
- poziomu zużycia energii elektrycznej;
- jakiegokolwiek przegrzania cewek;
- przekroczenia napięcia zasilania;
- niewystarczającego napięcia zasilania;
- przerwania lub zwarcia obwodu;
- potwierdzenia mechanicznego przesterowania się zaworu;
- ogólnej kondycji poszczególnych zaworów.



Zakres możliwości serii D z początkiem lipca 2020 roku został rozszerzony o wersje D1 Fieldbus – sterowaną przemysłowymi protokołami komunikacyjnymi – która umożliwia podłączenie się za pomocą modułu CPU z takimi sieciami, jak:

- PROFIBUS-DP;
- CANopen;
- EtherNet/IP;
- PROFINET;
- EtherCAT;
- IO-Link.

Taka kombinacja ułatwia integrację zarówno funkcji pneumatycznych, jak i elektrycznych w najbardziej zaawansowanych systemach automatyki. Tym samym umożliwia zwiększenie liczby kontrolowanych zaworów z jednoczesną możliwością podłączenia analogowych i cyfrowych modułów I/O w jednym węzle sieciowym. Na jednej wyspie zaworowej mamy możliwość podłączenia do



128 sygnałów cyfrowych i 16 analogowych (zarówno wejść, jak i wyjść).

Moduł sterujący CPU składa się z dwóch oddzielnych elementów: podstawy i pokrywy, które ułatwiają montaż i wymianę węzłów. Mechaniczny i elektryczny system połączeń oraz wewnętrzna magistrala zapewniają wyjątkową elastyczność, pozostawiając dużą swobodę dodawania, przenoszenia,

usuwania i wymiany różnych modułów, a także wymiany protokołu komunikacyjnego, nawet w bardzo ograniczonych przestrzeniach. ■

Camozzi Automation Sp. z o.o.

ul. Byczyńska 44

46-310 Gorzów Śląski

tel. 34 35 88 305

www.camozziautomation.pl

reklama

SERIA D1 Z PROTOKOŁEM KOMUNIKACYJNYM

CAMOZZI
Automation

Zalety

- Kompatybilna z większością powszechnych protokołów komunikacyjnych
- Kompaktowa
- Prosta w konserwacji
- Zintegrowane systemy predykcijnej diagnostyki
- Elastyczne możliwości łączenia modułów I/O

Taka kompaktowa, taka prosta i taka inteligentna.

Wyspy zaworowe serii D1 to kompaktowe rozwiązanie, które ułatwia połączenie funkcjonalności z zakresu pneumatyki i elektryki w najbardziej zaawansowanych systemach automatyki.

Dzięki komunikacji za pomocą protokołów sieciowych i różnego rodzaju modułów cyfrowych i analogowych I/O daje nam maksymalną elastyczność w użytkowaniu. A poza tym będziesz wiedział wszystko o działaniu swojej wyspy dzięki technologii CoilVision.



Więcej informacji?
Zeskanuj kod QR

Camozzi Automation Sp. z o.o.

ul. Byczyńska 44

46-310 Gorzów Śląski - Polska

Tel. +48 34 35 88 305

www.camozziautomation.pl

NORD: silny partner w czasach kryzysu

Nawet w obecnych trudnych czasach firma NORD DRIVESYSTEMS, specjalista z zakresu technologii napędowych, utrzymuje świat w ruchu. Dostępność dostaw jest zagwarantowana dla wszystkich produktów, a prowadzone inwestycje logistyczne i w lokalizacjach produkcyjnych postępują zgodnie z planem.

Podczas obecnej pandemii koronawirusa firma NORD DRIVESYSTEMS zapewnia dostępność dostaw. Produkcja, logistyka i serwis funkcjonują normalnie. Nawet w obecnej trudnej sytuacji pandemii użytkownicy mogą w 100% polegać na firmie NORD, jako wiarygodnym i kompetentnym partnerze z sektora technologii napędowych. Wysoki poziom niezawodności dostaw jest utrzymywany dzięki międzynarodowej sieci lokalnych instalacji produkcyjnych i montażowych o najwyższych standardach jakości i bardzo dużej głębokości produkcji. Produkcja obudów, elementów przekładni, elektroniki napędowej i uzwojeń silników, a także badania i rozwój, montaż oraz zapewnienie jakości odbywają się we własnych zakładach produkcyjnych firmy – w ten sposób NORD może szybko i elastycznie reagować na sytuację rynkową. Przykładowo firma produkuje silniki we Włoszech, w Polsce oraz w Chinach. Do tego dochodzą elastyczne możliwości centrali w Bargtheide w północnych Niemczech.

Aby zapewnić niezakłócone działanie i móc nadal gwarantować najlepszą dostępność dostaw, NORD podjął szeroko zakrojone działania w celu zabezpieczenia łańcuchów produkcji i dostaw. Obejmują one odpowiednie środki ostrożności zapewniające ochronę pracowników, takie jak bezkontaktowa cyrkulacja zmian pracowników (brak spotkań między poszczególnymi zmianami), różnorodne działania utrzymujące higienę (w tym dozowniki środków



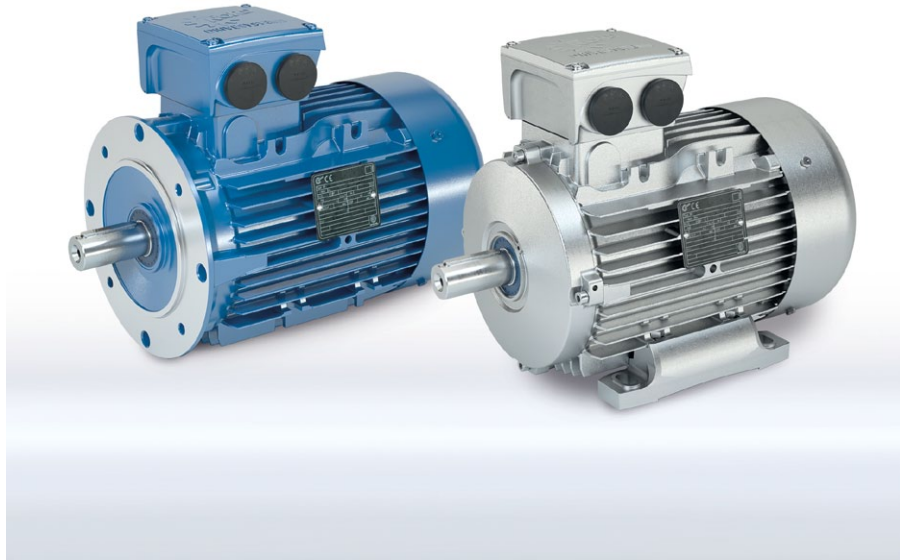
dezynfekujących, częstsze czyszczenie klamek itp., obowiązkowe noszenie masek, zachowanie bezpiecznych odległości), a także bezpieczny projekt miejsca pracy (w tym przezroczyste przegrody między stanowiskami pracy w obszarze montażu, narzędzia pracy tylko do użytku osobistego). Wszystkie inwestycje realizowane są zgodnie z planem – obecnie NORD rozszerza swoje zdolności produkcyjne i montażowe w Chinach, Polsce i USA. Ponadto w siedzibie głównej Bargtheide powstaje nowy zautomatyzowany sklep z małymi częściami.

Nie zatrzymują się również prace nad rozwojem produktów NORD. Ostatnio firma zoptymalizowała konstrukcję sprawdzonych silników asynchronicznych IE3. Modernizacja obejmuje liczne rozwiązania, które usprawniają funkcje, montaż i działanie napędów elektrycznych. Modernizacja nie zmienia jakichkolwiek parametrów elektrycznych ani wymiarów zewnętrznych. Zoptymalizowany kształt żeber chłodzących, wentylator zmodernizowany pod kątem łatwiejszego montażu i nowa, ulepszona osłona wentylatora umożliwiają bardziej wydajne rozpraszanie

ciepła i prostszy montaż. Zmieniono również montaż enkodera inkrementalnego. Osłona wentylatora, zoptymalizowana pod względem projektu i montażu, teraz chroni enkoder przed uderzeniami i wibracjami. Czujnik nie znajduje się już w strumieniu powietrza, co ma pozytywny wpływ na wydajność chłodzenia. ■



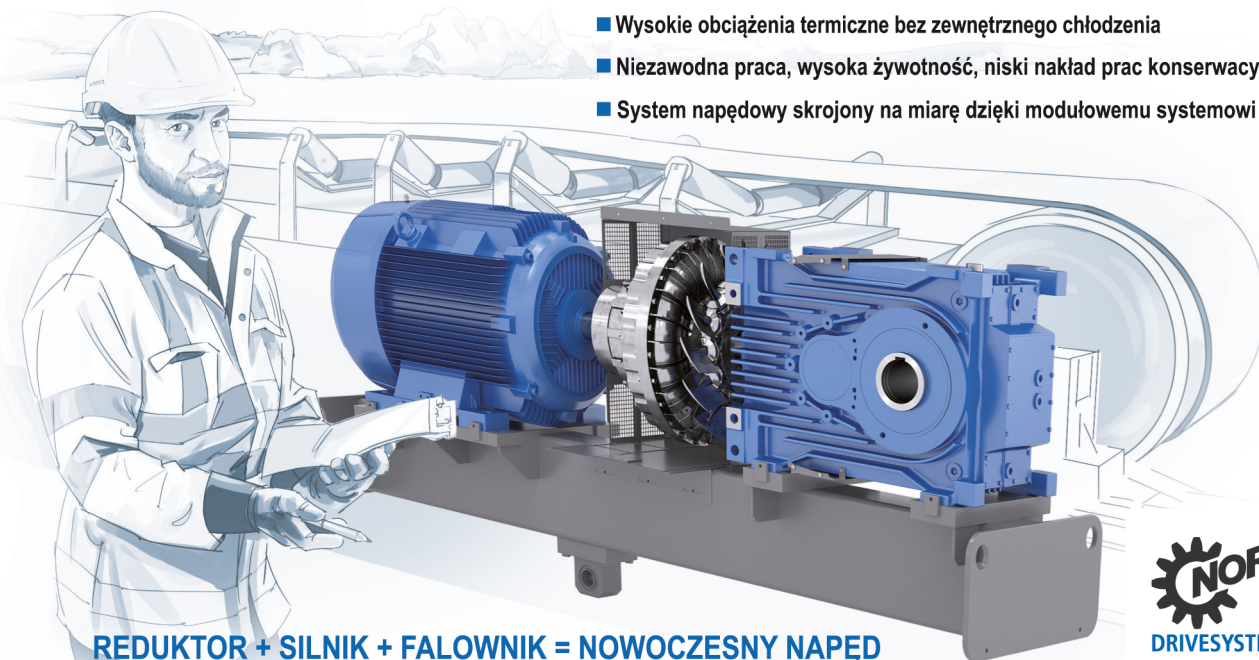
NORD Napędy Sp. z o.o.
 Zakrzów 414
 32-003 Podłęża
 tel. 12 288 99 00
 fax 12 288 99 11
 e-mail: biuro@nord.com
www.nord.com



reklama

MÓJ **NAPĘD** JEST PRODUKCJI **NORD!** NOWY **MAXXDRIVE® XT**

- Wysokie obciążenia termiczne bez zewnętrznego chłodzenia
- Niezawodna praca, wysoka żywotność, niski nakład prac konserwacyjnych
- System napędowy skrojony na miarę dzięki modułowemu systemowi NORD



REDUKTOR + SILNIK + FALOWNIK = NOWOCZESNY NAPĘD



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

nord.com

Aktualne możliwości i kierunki rozwoju Przedsiębiorstwa HYDROMEL S.A.

Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. to firma produkcyjna z 26-letnim doświadczeniem wchodząca w skład Grupy Kapitałowej PUMAR, zatrudniająca blisko 400 osób, w tym inżynierów, techników, wykwalifikowanych pracowników dołowych, tokarzy, frezerów, operatorów CNC i wielu innych.

Z działalności ukierunkowanej głównie na górnictwo węgla kamiennego stopniowo następuje rozszerzenie produkcji na rzecz innych branż.

Konkurencyjność na rynku Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. zapewnia: wysoce wyszkolona kadra, specjalistyczny i nowoczesny park maszynowy, własne sprawdzone technologie i bogate doświadczenie w budowie maszyn, w szczególności dla górnictwa. Prowadzone od wielu lat prace usługowe dla górnictwa wzbogaciły w istotny sposób sferę produkcyjną i technologiczno-produkcyjną.

Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. posiada wdrożone systemy oraz świadectwa:

- System Zarządzania Jakością ISO 9001:2015;
- System Zarządzania Ochroną Środowiska ISO 14001:2015;



- System Zarządzania Jakością w Spawalnictwie ISO 3834-2 z uwzględnieniem specjalnych wymagań stawianych przy budowie pojazdów szynowych wg EN 15085 CL1;
- System Zarządzania BHP PN-N-18001:2004;
- dopuszczenie do wykonawstwa konstrukcji mostów i wiaduktów;
- Świadectwo Kwalifikacyjne Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach;
- Technologie UDT.

Podstawowe kierunki produkcji i działania obejmują:

- ścianowe obudowy zmechanizowane: projektowanie, produkcja, naprawy, modernizacje;
- elementy ścianowych obudów zmechanizowanych: elementy konstrukcyjne, elementy hydrauliki siłowej, siłowniki, hydraulikę sterowniczą, owężowanie;
- konstrukcje urządzeń górniczych oraz całokształt prac związanych ze zbiornikami i rurociągami ciśnieniowymi;
- konstrukcje maszyn i urządzeń z branży budownictwa, transportu i energetyki;
- usługi transportu samochodowego z wykorzystaniem najnowocześniejszego parku pojazdów z emisją spalin EURO 6. Posiadamy zestawy z naczepami typu wanna/wywrotka, firanki standard, platforma oraz pojazdy typu SOLO o DMC do 11 900 kg oraz do 6000 kg.

W Przedsiębiorstwie HYDROMEL S.A. znajdują się trzy Wydziały Produkcyjne: Wydział Konstrukcji, Wydział Hydrauliki Siłowej oraz Wydział Energetyki.

Ponadto Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. prowadzi szeroko rozwiniętą działalność w zakresie robót górniczych pod ziemią, w tym:

1. Montaż i demontaż sekcji obudów zmechanizowanych.
2. Kompleksowe zbrojenie ścian, (sekcje obudów zmechanizowanych wraz z hydrauliką siłową i sterowniczą, przenośniki



zgrzeblowe, kombajny, przenośniki zgrzeblowe podściannowe z kruszarkami).

3. Kompleksowe likwidacje wyposażenia ścian zmechanizowanych wraz z rabowaniem sekcji i wytransportowaniem uprzednio zdemontowanych lub w całości wszelkiego rodzaju środkami transportowymi.
4. Montaż i demontaż urządzeń odstawczych zgrzeblowych i taśmowych.
5. Montaż i demontaż wszelkich urządzeń transportowych (kolejki szynowe podwieszane i spągowe) wraz z urządzeniami napędowymi (kołowroty do transportu linowego oraz lokomotywy elektryczne i spalinowe).
6. Montaż i demontaż instalacji wodnych, ciśnieniowych i spływowych, sprężonego powietrza, klimatyzacyjnych itp.
7. Przebudowy wyrobisk górniczych.

Biorąc pod uwagę posiadane uprawnienia, wyposażenie techniczne, długoletnie doświadczenie w produkcji konstrukcji stalowych oraz instalacji energetycznych Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. oferuje Państwu współpracę na najwyższym poziomie i zadowolenie z naszych wyrobów i usług.

W celu uzyskania dodatkowych informacji zachęcamy do zapoznania się ze stroną internetową pod adresem: www.ppupumar.pl.



Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A.

Sekretariat:

tel. 32 735 91 67

fax 32 735 91 80

e-mail: hydromel@ppupumar.pl

www.ppupumar.pl

reklama



GRUPA KAPITAŁOWA



Rok założenia 1989



Grupa Kapitałowa PUMAR to firma z wieloletnim doświadczeniem specjalizująca się w produkcji konstrukcji stalowych oraz urządzeń hydrauliki siłowej na potrzeby górnictwa.

Produkujemy nowe ścianowe obudowy zmechanizowane oraz przeprowadzamy remonty i modernizacje obudów już pracujących w kopalniach. Wykonujemy lub remontujemy podzespoły i elementy do obudów górniczych w zakresie konstrukcji i hydrauliki siłowej, a także wykonujemy konstrukcje związane ze zbiornikami i rurociągami ciśnieniowymi.

Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A. prowadzi działalność w zakresie robót górniczych pod ziemią:

- kompleksowe zbrojenie i likwidacja ścian w wyrobiskach dołowych;
- montaż i demontaż urządzeń odstawczych oraz transportowych w wyrobiskach dołowych;
- montaż i demontaż instalacji wodnych, ciśnieniowych i spływowych, sprężonego powietrza, klimatyzacyjnych itp. w wyrobiskach dołowych.

Działalność usługowa Grupy Kapitałowej to także:

- sprzedaż i wynajem nieruchomości w postaci gruntów i hal produkcyjnych;
- usługi finansowo-księgowo;
- handel węglem jako autoryzowany sprzedawca Polskiej Grupy Górniczej S.A.;
- usługi transportowe oraz spedycyjne na terenie kraju oraz Unii Europejskiej z wykorzystaniem najnowocześniejszego parku pojazdów z emisją spalin EURO 6. Posiadamy zestawy z naczepami typu wanna/wywrotka, franki standard, platforma oraz pojazdy typu SOLO o DMC do 11 900 kg oraz do 6000 kg.

PUMAR Sp. z o.o.

Sekretariat: tel. (32) 73-59-101, fax (32) 73-59-114

e-mail: pumar@ppupumar.pl

Przedsiębiorstwo HYDROMEL S.A.

Sekretariat: tel. (32) 73-59-167, fax (32) 73-59-180

e-mail: hydromel@ppupumar.pl

Zachęcamy Państwa serdecznie do zapoznania się z naszą pełną ofertą handlową na naszej stronie internetowej pod adresem www.ppupumar.pl

REXNORD – nowa gama produktowa już dostępna w IOW TRADE Sp. z o.o.

Jesteśmy wiodącym dystrybutorem napędów jezdnych, przekładni mechanicznych, hydrauliki siłowej, systemów chłodzenia i technologii filtracji na Europę Wschodnią i Centralną. Spółka IOW TRADE została założona w 1993 roku i może poszczycić się wieloletnią współpracą z dostawcami i klientami. Nasi partnerzy są liderami znanymi na całym świecie. Nasi klienci, od małych lokalnych firm po wielkie światowe koncerny, to głównie producenci w sektorach inżynierii mechanicznej, maszyn budowlanych, kopalnianych, rolniczych, morskich, kolejowych, przenośnikowych, pojazdów ciężarowych, autobusów itp.

Pragniemy poinformować, że zostaliśmy autoryzowanym dystrybutorem produktów renomowanej marki REXNORD.

Nasza oferta powiększyła się o wiele nowych pozycji, między innymi o sprzęgła oponowe VIVA i OMEGA – jedne z najbardziej uniwersalnych rozwiązań elastycznych na rynku. Podatne na znaczne niewspółosiowości łączonych wałów, sprzęgła dzielone na pół o doskonałych właściwościach

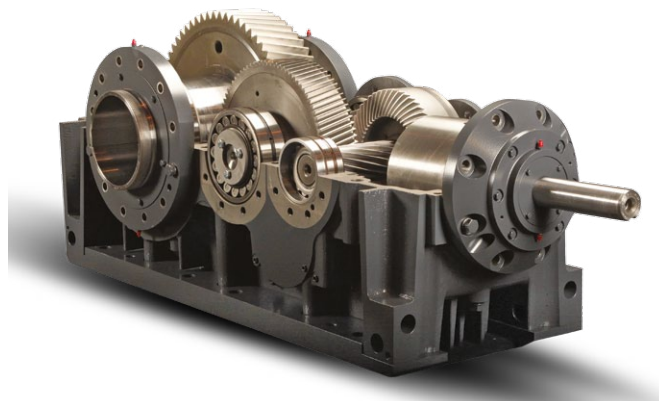
tłumienia drgań pomagają przedłużyć żywotność połączonych komponentów. Idealnie sprawdzą się w takich aplikacjach, jak napędy pomp, wentylatorów, mieszadeł i kompresorów.

Inną propozycją sprzęgieł marki REXNORD, które mogą Państwo nabyć za pośrednictwem IOW TRADE, są sprzęgła zębate FALK LIFELIGN. Odpowiednie ukształtowanie zębów i ich powierzchni zapewnia swobodny ruch przegubowy. Natomiast zmniejszony luz promieniowy doskonale radzi sobie z niewspółosiowością układu, zachowując przy tym minimalne zużycie i zapewniając w ten sposób odpowiednią ochronę napędu podczas niekorzystnych warunków pracy.

Kolejną ciekawą propozycją jest oferta sprzęgieł membranowych REXNORD. Idealne do aplikacji tam, gdzie występują średnie lub duże prędkości obrotowe, wysokie momenty obrotowe lub niewspółosiowość. Seria sprzęgieł Thomas nadaje się do zastosowań wymagających dużych obciążeń, przy małej i średniej prędkości obrotowej, z występującą częstą zmianą



kierunków oraz wysokim momentem rozruchowym i obciążeniami udarowymi. Typowe zastosowania to pompy napędzane silnikiem, turbiny, sprężarki, wentylatory, dmuchawy. Sprzęgła są kompatybilne z wieloma rozmiarami piast i występują w 21 rozmiarach. Są zaprojektowane tak, aby przenosić moment obrotowy do 280 kNm przy średnicy wału do 405 mm.



Warto jeszcze wspomnieć, że dzięki współpracy z REXNORD IOW TRADE ma aktualnie w sprzedaży takie elementy przeniesienia napędu, jak: ograniczniki momentu, wolnobiegi, pierścienie rozprężno-zaciskowe, łańcuchy oraz przekładnie. Te ostatnie są tak zaprojektowane, aby były niezawodne, wytrzymałe i precyzyjne, by mogły sprostać potrzebom rynku przemysłowego.

Wprowadzenie do oferty produktów marki REXNORD pozwoliło umocnić naszą pozycję na rynku w zakresie przeniesienia napędu.

Zapraszamy do współpracy.

IOW TRADE
OW DRIVES HYDRAULICS FILTRATION

IOW TRADE Sp. z o.o.
ul. Zwolenńska 17
04-761 Warszawa
e-mail: dr@iow.pl
tel. 601 847 957
www.iowtrade.pl

WYDARZENIA

● **Robot pomoże pobrać wymaz pacjentom z COVID-19**

Do szeregu robotów wspomagających klinicystów w dobie pandemii dołącza kolejny. Nowo opracowany system pozwala pobierać próbki od potencjalnie zakażonych pacjentów na odległość.

Maszyna opracowana przez naukowców z Koreańskiego Instytutu Wytwarzania i Materiałoznawstwa (KIMM) oraz Uniwersytetu Dongguk składa się z zestawu zdalnych elementów sterujących i robota umieszczonego w innej lokalizacji. Pacjenci siadają przy maszynie, opierając swój podbródek i czoło na wsporniku pozycjonującym, aby umożliwić przeprowadzenie wymazu z ust i nosa.

Kierując się transmitowanym w czasie rzeczywistym wideo, laborant następnie manipuluje elementami sterującymi, wysyłając rozkazy do robota, który może w odpowiedni sposób poruszać wymazówką. System sterowania odwzorowuje operatorowi opór, jaki stawiają tkanki, dzięki czemu może przeprowadzić operację w sposób bezpieczny i precyzyjny. Dodatkowo, jeśli pacjent i klinicysta nie znajdują się w tym samym pomieszczeniu, zintegrowany system audiowizualny umożliwia im komunikację.

- Nasza technologia pozwala na pobieranie próbek od osób wykazujących objawy chorób wysokiego ryzyka bez bezpośredniego kontaktu - powiedział dr Joonho Seo z KIMM. - Spodziewam

się, że system będzie przydatny w badaniach przesiewowych chorób, takich jak COVID-19, i mam nadzieję, że przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa i dobrego samopoczucia personelu medycznego podczas trwania wszelkich pandemii i epidemii.

Źródło: newatlas

● **Wielosystemowy czujnik pomoże niewidomym**

Psy przewodniki odgrywają ważną rolę jako pomoc w poruszaniu się dla osób niedowidzących, ale nie są idealnym rozwiązaniem dla każdego. Czynniki, takie jak koszt, małe lokum, a nawet alergie mogą wykluczyć z życia codziennego niewidomej osoby psiego pomocnika. Z pomocą przychodzą inżynierowie z Uniwersytetu Loughborough. Opracowana przez nich technologia pozwala na zintegrowanie funkcji pełnionej przez psa w podręcznym urządzeniu.

Urządzenie nosi nazwę Theia i zostało wymyślone przez studenta wzornictwa przemysłowego Anthony'ego Camu, który zaczerpnął inspiracje z konsol do gier w wirtualnej rzeczywistości i rozwiązań stosowanych w budowie autonomicznych pojazdów. Urządzenie jest obecnie w fazie prototypu.

Kluczem do sukcesu jest żyroskop z kontrolowanym momentem. Dzięki niemu Theia może zapewnić sprzężenie zwrotne siły w zależności od tego,

dokąd zmierza, i poruszyć ręką użytkownika, aby poprowadzić go w pożądanym kierunku, podobnie jak klamra psa przewodnika.

Urządzenie odnajduje drogę dzięki zainstalowanemu LiDAR-owi oraz systemowi kamer, które umożliwiają budowanie trójwymiarowego obrazu otoczenia. Użytkownicy mogą wprowadzać miejsce docelowe za pomocą poleceń głosowych, a wbudowane procesory określą najlepszą ścieżkę, uwzględniając w czasie rzeczywistym dane dotyczące ruchu pieszego i samochodowego, a także pogody.

Zanim urządzenie będzie w pełni funkcjonalne, Camu czeka jeszcze trochę pracy. Ma on jednak nadzieję, że dzięki dalszemu rozwojowi uda mu się przezwyciężyć początkowe problemy, a nawet umożliwić Theii radzenie sobie z bardziej złożonymi sytuacjami - związanymi na przykład z windami, schodami czy przejściami dla pieszych.

- Celem wielu niewidomych ludzi jest bycie jednostkami niezależnymi oraz prowadzenie normalnego życia, jednak niestety często czują się wykluczeni z codziennych aktywności - powiedział Camu. - Ograniczenia są zwykle spowodowane strachem i niepokojem związanym z niepełnym zrozumieniem otoczenia. Theia jest w stanie w sposób zauważalny poszerzyć strefę komfortu i możliwości takich osób.

Źródło: newatlas

reklama

IOW IOW TRADE
DRIVES HYDRAULICS FILTRATION

- Przekładnie i motoreduktory walcowe, walcowo-stożkowe, ślimakowe, planetarne, wariatory
- Silniki elektryczne
- Siłowniki śrubowe
- Sprzęgła przemysłowe
- Łańcuchy przemysłowe

IOW TRADE Sp. z o.o.

Ul. Zwoleńska 17 | 04-761 Warszawa

+48 22 51256 81 | www.iowtrade.pl | dr@iow.pl



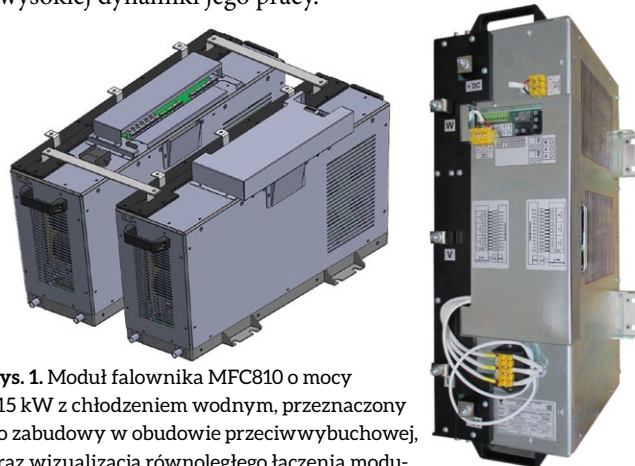
MFC810/1150 V – rodzina trójpoziomowych falowników do zastosowań w górnictwie i przemyśle ciężkim

Szymon Piasecki

Branża górnicza oraz przemysł ciężki są niezwykle wymagające w zakresie zastosowań przekształtników energoelektronicznych zarówno w odniesieniu do zapewnienia bezpieczeństwa, jak i parametrów pracy. Do zasilania urządzeń większej mocy często stosuje się podwyższone napięcie sieciowe, np. w Polsce jest to napięcie 3 x 1000 V (RMS, międzyfazowe), w Turcji – 1100 V, a w Rosji – 1140 V. Regulacja prędkości obrotowej maszyn zasilonych takim napięciem wymaga zastosowania dedykowanych falowników napędowych. W odpowiedzi na zapotrzebowanie branży górniczej firma ZE Twerd zaprezentowała rodzinę trójpoziomowych falowników napędowych o mocach od 55 do 800 kW, dedykowanych do pracy z sieciowym napięciem zasilającym 3 x 1150 V.

Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o. jest polskim producentem urządzeń energoelektronicznych, który w swojej ofercie zaprezentował rodzinę przekształtników napędowych (przebiegniętych częstotliwości) przeznaczonych do zastosowań w górnictwie i przemyśle ciężkim. Falowniki serii MFC810 przeznaczone są do pracy z trójfazowym napięciem zasilającym o wartości 1150 V RMS napięcia międzyfazowego (lub niższym). Układy posiadają modułową konstrukcję umożliwiającą ich równoległe łączenie i występują w typoszeregu mocy od 50 kW do 800 kW. Pojedynczy moduł falownika o mocy 315 kW wraz z wizualizacją sposobu równoległego łączenia modułów przedstawiono na rysunku 1.

Dzięki zastosowaniu stopnia wyjściowego falownika w trójpoziomowej topologii NPC możliwa jest minimalizacja indukcyjności filtra wyjściowego, minimalizacja współczynnika THD prądu i napięcia wyjściowego oraz zmniejszenie przepięć występujących na tranzystorach. Takie rozwiązanie pozwala na zastosowanie przyrządów mocy o niższej klasie napięciowej, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie atrakcyjnej ceny przekształtnika i wysokiej dynamiki jego pracy.



Rys. 1. Moduł falownika MFC810 o mocy 315 kW z chłodzeniem wodnym, przeznaczony do zabudowy w obudowie przeciwwybuchowej, oraz wizualizacja równoległego łączenia modułów przekształtników w celu zwiększenia mocy wyjściowej



Rys. 2. Moduł przekształtnika MFC810 o mocy 250 kW zainstalowany w obudowie przeciwwybuchowej, prezentowany na Targach MINEX 2019 w Izmirze w Turcji

Przekształtniki serii MFC810 wyposażone są w zintegrowany sterownik, w którym zaimplementowano autorski algorytm sterowania z modulacją wektorową oraz bezpośrednim sterowaniem momentem (ang. *Direct Torque Control*). Dzięki zastosowaniu sterowania momentowego możliwa jest konfiguracja przekształtników pracujących w systemie Master-Slave tak, że układ nadrzędny steruje pracą pozostałych przekształtników, funkcja wykorzystywana jest np. do obsługi taśmociągów napędzanych przez kilka silników elektrycznych. Dodatkowo sterownik wyposażony jest we wbudowany układ PLC, funkcję identyfikacji parametrów silnika, moduł komunikacyjny Modbus, odłączalny panel sygnalizacji i sterowania wyświetlaczem LCD oraz szereg dodatkowych funkcjonalności.

Konstrukcja układów serii MFC810, dzięki zastosowaniu chłodzenia cieczą, pozwala na minimalizację wymiarów samego przekształtnika, tak aby możliwy był jego montaż w odpowiednio zabezpieczonej szafie przeciwwybuchowej. Przykład takiej instalacji falownika, zaprezentowanej na Targach MINEX 2019 odbywających się w Turcji, przedstawiono na rysunku 2. Układy serii MFC810 były z powodzeniem instalowane w kopalniach w Rosji, na Ukrainie oraz w Turcji.

Dodatkowo falowniki serii MFC810 mogą zostać rozszerzone o funkcjonalność aktywnego stopnia wejściowego (w miejsce tradycyjnego prostownika diodowego), umożliwiającą dwukierunkowe przetwarzanie energii (hamowanie odzyskowe) oraz poprawę współczynnika THD prądu pobieranego z sieci. Z uwagi na coraz bardziej restrykcyjne wymagania dotyczące jakości energii w sieciach przemysłowych jest to funkcjonalność wymagana przez wielu klientów.

Prezentowane rozwiązanie jest całkowicie polskie, oferując polskojęzyczną dokumentację oraz wsparcie techniczne. Szczegóły dotyczące produktu dostępne są na stronie producenta (www.twerd.pl) lub poprzez bezpośredni kontakt e-mailowy (twerd@twerd.pl).

Dr inż. Szymon Piasecki, Zakład Energoelektroniki TWERD

OEE w czasie rzeczywistym

Ocena efektywności produkcji metodą liczenia współczynnika całkowitej efektywności sprzętu (OEE) jest obecnie możliwa w czasie rzeczywistym, z dokładnym określeniem współczynników składowych: dostępności, wykorzystania i jakości – na każdą chwilę. Urządzeniem, które zapewnia taką analizę, jest monitor produkcji MP-240. Monitor łączy w sobie funkcje akwizycji danych, wyświetlania wyników na dużym ekranie LED i ich rejestracji. Pracuje autonomicznie, bez potrzeby instalowania oprogramowania i niezależnie od systemów sterowania. Może być stosowany do monitorowania zarówno produkcji zautomatyzowanej, jak i ręcznej. Algorytm pracy monitora zapewnia ciągły nadzór tempa pracy. Przerwy i spowolnienia (mikroprzerwy) są wykrywane automatycznie, dzięki czemu jest precyzyjnie obliczana strata dostępności i wykorzystania sprzętu. To dużo dokładniejsza metoda niż tradycyjne raportowanie przestoju, a wyniki są dostępne w czasie rzeczywistym. Jeśli dodamy do tego możliwość zliczania braków, a więc obliczenie współczynnika jakości, to otrzymujemy kompletną informację o wielkości OEE, w każdej sekundzie trwania zmiany produkcyjnej. Monitor MP-240 ma duży ekran LED, na którym wyniki



są prezentowane na bieżąco, a każde zakłócenie rytmu pracy może być sygnalizowane komunikatami tekstowymi. Dzięki temu zyskujemy efekt motywacyjny i możliwość reagowania na zakłócenia procesu produkcji. MP-240 można obsługiwać zdalnie przez sieć LAN i WWW.

Producent: SEM, www.sem.pl

reklama

2017-03-06 12:14:26
OEE: 65.1% PLN: 69
CEL: 6580 WYN: 55
ZATRZYMANE EFF: 0.0%

Monitoring produkcji
Wyświetlacze
Mierniki
Liczniki

www.sem.pl

SEM

5sAUTOMATE

Game Changer – automatyzacja w stylu *lean robotics*

Jeszcze do niedawna wymagania klientów odnośnie automatyzacji linii produkcyjnej zawarte w specyfikacji mówiły o kompleksowych rozwiązaniach. Na takiej linii zabudowywano wszystko, co było niezbędne, i obudowywano ją, zamykając przy tym możliwość łatwej i sprawnej rozbudowy.

Obecne podejście nowoczesnie zarządzanych firm to podejście typu *lean robotics*. Automatyzujemy, ale tak, aby zachować modułarne, elastyczne i skalowalne rozwiązania.

Taki model od samego początku przyświecał idei 5sAUTOMATE. Wywodząc się z procesów produkcyjnych, projektujemy i proponujemy naszym klientom systemy, które można w szybki sposób zaimplementować, rozbudować, zeskalować albo zmniejszyć, o ile będzie taka potrzeba.

Dzięki szerokiemu portfolio, które obejmuje autonomiczne wózki AMR, wózki AGV, systemy kanbanowe, taśmy, rolotyki, roboty współpracujące i akcesoria, nasi klienci sami lub z pomocą integratorów systemów uzbrajają swoje nowe linie lub modyfikują już istniejące, nadając im nowe, zautomatyzowane funkcje.

5sAUTOMATE nie tylko przygotowuje Państwa do tych zmian, ale również pomoże zidentyfikować najprostsze rozwiązania. ■

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

tel. 664 381 356

e-mail: info@5sAUTOMATE.com

<https://5sAUTOMATE.com>

reklama

5s AUTOMATE **UNIVERSAL ROBOTS**
Preferred Distributor

info@5sAUTOMATE.com

we drive automation...

robotize, FM SYSTEME, EWELLTX, Cobot Lift, dhs, 3D INFOTECH, hager-mechanik, VISUAL COMPONENTS, UNIVERSAL ROBOTS, SETUP ROBOTICS, youring, AIRSKIN, Pickit, ROBOTIQ, GEB

Prof. Dodziuk: druk 3D to rewolucja, której w Polsce nie doceniamy

W Polsce nie jesteśmy jeszcze świadomi, że w dziedzinie druku 3D dzieje się coś rewolucyjnego – ocenia prof. Helena Dodziuk. Tłumaczy, że druk 3D służy nie tylko do tworzenia prototypów i budowania narzędzi dla linii produkcyjnych, ale coraz częściej opłacalna staje się w tej technologii również masowa produkcja.

Podczas pandemii COVID-19 znów dużo mówi się o druku 3D. Technologia ta na masową skalę wykorzystywana jest choćby do produkcji przyłbic chroniących przed wirusem. To jednak tylko przedsmak tego, co jest możliwe dzięki drukarkom 3D.

Autorka książki o druku 3D (*Druk 3D/AM. Zastosowania oraz skutki społeczne i gospodarcze*), prof. Helena Dodziuk, w rozmowie z PAP mówi o tym, jak zmienia się ta technologia.

– Jeśli chodzi o druk 3D, to u nas w Polsce jeszcze nie ma świadomości, że dzieje się coś rewolucyjnego. A na świecie inni już zabijają się o to, żeby załapać się na ten uciekający pociąg – ocenia.

– Na razie wykorzystanie druku 3D w światowej produkcji przemysłowej to 1 proc. – informuje badaczka, ale zaznacza, że według prognoz wykorzystanie to będzie szybko rosło.

Jak podsumowuje, w zastosowaniach druku 3D były dotąd trzy główne etapy.

– Zaczęło się od prototypowania (*rapid prototyping*). Wcześniej firma zносиła rysunki do warsztatu i dostawała prototyp np. po dwóch tygodniach. A druk 3D sprawił, że prototyp mógł być gotowy w ciągu jednej nocy – opowiada.

Dodaje, że choć drukarki 3D były początkowo drogie, a szybkość drukowania pozostawiała wiele do życzenia, to przemysł pokochał tę technologię.

Kolejnym etapem w rozwoju druku 3D było szybkie wytwarzanie narzędzi (*rapid tooling*).

– Żeby uruchomić jakąś linię produkcyjną, trzeba zrobić do tego narzędzia. A to standardowo trwało np. 1,5 roku czy 2 lata. Jeśli zaś wykorzystuje się druk 3D, narzędzia są nie tylko tańsze, ale i czas

ich wytworzenia skraca się do np. dwóch miesięcy – mówi prof. Dodziuk.

Jej zdaniem wchodzimy teraz w trzeci etap w rozwoju druku 3D – to etap szybkiego wytwarzania (*rapid manufacturing*). Druk 3D stał się bowiem na tyle tani, szybki i niezawodny, że masowe wytwarzanie produktów przy jego użyciu staje się teraz w wielu przypadkach bardziej opłacalne niż metodami tradycyjnymi.

Rozwojowi zastosowań druku 3D sprzyja to, że znacznie spadł już czas wydruku, koszt drukarek i różnorodność materiałów, z których się drukuje.

– Firma Arcam ogłosiła jakiś czas temu, że ludziom wszczepiono już 100 tys. protez biodrowych wydrukowanych na ich drukarkach. Mówimy więc o przemysłowych ilościach produktów drukowanych w 3D – opowiada.

Jak tłumaczy prof. Dodziuk, w druku 3D zmienia się niekiedy myślenie o projektowaniu produktów (w przemyśle mówi się w związku z tym o designie dla druku 3D – *Design for Additive Manufacturing*). W technologii druku 3D można bowiem wytwarzać obiekty o bardzo skomplikowanych kształtach i strukturze wewnętrznej. Mogą one mieć np. puste wnęki, a poszczególne części drukowanych obiektów mogą się poruszać względem siebie. Dzięki temu w bardzo wielu przypadkach można wytwarzać produkty tańsze, lżejsze czy działające lepiej niż dzięki tradycyjnym technikom.

Pytana o to, gdzie upatruje się przyszłości druku 3D, profesor przekonuje: „prawie wszędzie”. Wymienia, że z druku 3D już teraz korzysta się np. nie tylko w motoryzacji, przemyśle kosmicznym i lotniczym, wojsku, robotyce

przemysłowej, budownictwie, lecz również w przemyśle odzieżowym i spożywczym. Firmy na ogół jednak nie chwala się stosowanymi technologiami. Możliwości, jakie daje druk 3D, są zdaniem rozmówczyni PAP prawie nieograniczone, jednak istnieją przypadki, kiedy warto połączyć druk 3D z wytwarzaniem tradycyjnym (tzw. metody hybrydowe).

Prof. Dodziuk zwraca szczególną uwagę na medycynę, gdzie druk 3D już teraz ratuje życie, zdrowie, ułatwia pracę lekarzom, a nawet poprawia kontakt z pacjentami. I tak druk 3D zdążył już sobie zagrześć miejsce na rynku nie tylko w produkcji protez biodrowych, ale i aparatów słuchowych.

– Aż 98 proc. aparatów słuchowych wytwarzanych jest z udziałem druku 3D – podaje popularyzatorka.

Lekkie i eleganckie konstrukcje wydrukowane w 3D zastąpić mogą też gips w leczeniu złamań czy zwichnięć, ale i przydają się w protezach – np. kończyn.

– Jest interesujące, że dzieci i młodzi ludzie po amputacji deklarowali, że chcieliby protezy, które nie wyglądają jak zwykła ręka czy noga. Pewna mała dziewczynka ujęła to tak: „Teraz już nikt nie powie o mnie: kaleka, ale: jaki ona ma wspaniały gadżet!” – opowiada prof. Dodziuk.

Wydruki przydają się też choćby przy wirtualnym planowaniu operacji chirurgicznych (np. w niezwykle skomplikowanych procedurach rozdzielania bliźniąt syjamskich).

Technologia druku 3D przydaje się też w stomatologii – drukować można bowiem personalizowane protezy, implanty, ale i narzędzia używane podczas zabiegów.

– W USA już zaczęła z tego powodu spadać liczba zakładów protetycznych – relacjonuje prof. Dodziuk.

Opowiada, że pewien urolog w Szczecinie, aby wyjaśnić pacjentom ich stan zdrowia, drukował im w 3D modele ich nowotworów.

– Wiem tylko, że oni zwykle nie chcieli potem brać tych wydruków do domu – śmieje się popularyzatorka.

Coraz więcej się też dzieje, jeśli chodzi o biodrukowanie, czyli drukowanie w 3D żywymi komórkami. Helena Dodziuk dodaje, że w 3D wydrukować daje się już np. fragment wątroby, żeby sprawdzić, jak działają na nią leki. Nadzieją jest to, że kiedyś zamiast czekać na dawcę, można będzie drukować fragmenty lub nawet całe organy

do przeszczepów. Wydrukowane w 3D organy testuje się obecnie, wszczepiając je zwierzętom.

Pytana, z jakich materiałów korzysta się w druku 3D, prof. Dodziuk stwierdza, że dawniej królowały różne rodzaje plastiku, ale teraz drukować można obiekty również z ceramiki, gliny, metali czy rozmaitych kompozytów. Bardzo przyszłościowe są obecnie tzw. polimery reagujące (*responsive polymers*) oraz kompozyty o właściwościach anizotropowych (ich cechy są różne w zależności od kierunku). W druku 3D używać też można produktów spożywczych – choćby czekolady czy cukru. Są też dostępne rozwiązania, w których można drukować z wykorzystaniem betonu, gruzu czy regolitu (to zwietrzała

skała pokrywająca np. powierzchnię Księżyca czy Marsa). Widać więc, że dobierać można już materiały o bardzo specyficznych właściwościach – do konkretnych zastosowań.

Badaczka pytana, na jakie zastosowania druku 3D najbardziej czeka, mówi, że na zastosowanie w edukacji. Jej zdaniem, gdyby uczniowie w szkołach dostawali za zadanie zaprojektować i przygotować trójwymiarowy wydruk, zdobywaliby przy takim projekcie wiedzę z bardzo różnych dziedzin, ale też rozwijaliby swoje pasje i uczyli się pracy zespołowej. ■

Źródło: Serwis Nauka w Polsce
www.naukawpolsce.pap.pl

Kongres Industry Next na miarę nowej rzeczywistości

Program najbliższej edycji Targów ITM INDUSTRY EUROPE uświetni innowacyjny i pionierski projekt – Kongres Industry Next. Przedsięwzięcie merytorycznie wpisuje się w globalny rozwój ery cyfrowej.

Kongres Industry NEXT. The New Reality to pierwsza platforma dyskusji nad narzędziami wspierającymi przemysł mierzący się z nową rzeczywistością wywołaną globalną epidemią.

Wydarzenie, które odbędzie się 3–4 listopada 2020 roku, organizowane jest z inicjatywy Grupy MTP oraz zespołu ITM INDUSTRY EUROPE – największych targów przemysłowych w tej części Europy.

Epidemia wywołana koronawirusem w wyraźny sposób wpłynęła na postrzeganie robotyzacji i automatyzacji. Przedsiębiorstwa, które zdążyły już wcześniej zaimplementować nowoczesne technologie, mniej odczuły skutki kryzysu.

– Coraz więcej menedżerów fabryk zdało sobie sprawę, że transformacja cyfrowa wpływa na konkurencyjność i poprawę wydajności ich przedsiębiorstw. Program Kongresu Industry

NEXT. The New Reality wpisuje się w aktualne potrzeby rynku. To tutaj zaproszeni prelegenci rozwiją wątpliwości i odpowiedzą na pytania, które stawiają sobie obecnie zarządzający przedsiębiorstwami produkcyjnymi – zdradza szczegóły projektu Anna Lemańska-Kramer, dyrektor Targów ITM INDUSTRY EUROPE.

Wielowymiarowe wsparcie dla przemysłu

Niektóre przedsiębiorstwa na czas walki z koronawirusem były zmuszone zamrozić działalność lub ponieść nakłady inwestycyjne ukierunkowane na poprawę wydajności i konkurencyjności polskiego przemysłu. Dlatego pierwsza część Kongresu zostanie poświęcona programom wsparcia oraz funduszom zapewniającym firmom płynność finansową w okresie poważnych zakłóceń w gospodarce. Ważnym aspektem wydarzenia będzie jego praktyczny wymiar. Do prezentacji swoich doświadczeń z zakresu implementacji koncepcji 4.0 zostali zaproszeni liderzy innowacyjnego przemysłu.

– Targi ITM INDUSTRY EUROPE zostały przeniesione z czerwca na listopad. Decyzja była uwarunkowana sytuacją epidemiologiczną w kraju. To trudny czas dla niemal każdej branży. Musimy zmierzyć się z nową rzeczywistością. Podczas uroczystego otwarcia uczestnicy dowiedzą się więcej odnośnie do konkretnych rozwiązań w ramach Tarczy Antykryzysowej. Nie zabraknie także podsumowania pierwszych wdrożeń. Przedstawiciele Ministerstwa Rozwoju oraz Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej przybliżą również sposoby i preferencyjne ulgi na automatyzację dla firm inwestujących w cyfryzację, robotyzację oraz rozwój i badania – mówi Anna Lemańska-Kramer.

W pierwszym dniu Kongresu zaplanowano wykłady i panele dyskusyjne, w drugim zostaną zorganizowane praktyczne warsztaty INDUSTRY NEXT.

Targi ITM Industry Europe odbędą się 3–6 listopada 2020 r. na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich. W tym samym czasie będzie można jednocześnie zwiedzić ekspozycję: Targów Logistyki, Magazynowania i Transportu Modernlog, 3D Solutions – targów druku i skanu 3D, Subcontracting oraz Forum Odlewniczego Focast. Dwudniowy Kongres Industry NEXT. The New Reality zaplanowano na 3–4 listopada 2020 roku. ■

Druk 3D a walka z koronawirusem

Helena Dodziuk

W związku z COVID-19 na całym świecie uaktywniły się firmy i entuzjaści związani z drukiem 3D, którzy wykorzystują jego zalety w walce z epidemią. Nie tylko wykonują oni niezbędne przedmioty, lecz również koordynują wysiłki wytwórców i łączą ich z potrzebującymi. Drukowanie trójwymiarowe może również przyczynić się do zastąpienia zerwanych przez pandemię łańcuchów dostaw.

W związku z epidemią koronawirusa znowu głośniejsze jest o druku 3D¹. Do początku maja 2020 r. tą metodą wykonano miliony urządzeń wspomagających walkę z pandemią COVID-19². Dlaczego ta metoda wytwarzania tak szybko znalazła zastosowanie w tej dziedzinie? Jakie jej cechy się do tego przyczyniły? I co interesującego dzieje się w tej dziedzinie?

Druk 3D – czym jest?

Zacznijmy od definicji. Mówi się o wytwarzaniu przyrostowym (ang. *additive manufacturing*, AM) albo o druku 3D (ang. *3D printing*, 3DP). To pierwsze pojęcie stosuje się często do zastosowań przemysłowych druku 3D. To drugie – to albo zastosowania inne niż wytwarzanie przemysłowe, np. w medycynie albo w modzie, albo wszystkie zastosowania tego rodzaju. My będziemy używać określenia druk 3D w drugim, obejmującym wszystkie zastosowania znaczeniu.

Mówiąc w dużym uproszczeniu, w druku 3D obiekt powstaje przez nakładanie kolejnych, łączonych następnie, warstw na podstawie modelu komputerowego. Na tym polega wytwarzanie addytywne w przeciwieństwie do klasycznego wytwarzania subtraktywnego,

gdy z bloku usuwa się niepotrzebny materiał np. skrawaniem, aby uzyskać potrzebny kształt.

Druk 3D – zalety

Jakie są zalety druku 3D? Dlaczego znalazł tak wiele zastosowań?

Po pierwsze, dzięki drukarce 3D można wytwarzać obiekty o bardzo skomplikowanych kształtach, których otrzymanie inną metodą byłoby droższe, bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. Wykorzystała to firma General Electric przy produkcji dysz do wtrysku paliwa w silnikach odrzutowców: zamiast 19 części o bardzo skomplikowanym kształcie, które trzeba było połączyć, zaprojektowała jedną wydrukowaną w 3D³. Było to prostsze i tańsze.

Po drugie, możliwość drukowania w 3D skomplikowanych obiektów, np. z nieregularnymi dziurami w środku, to okazja do zaoszczędzenia często bardzo drogiego materiału, np. stopów tytanu w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym.

Po trzecie, wydrukowane w 3D fragmenty mogą poruszać się względem siebie. Ilustruje to wydrukowany „w jednym rzucie” model astrolabium, w którym poszczególne kręgi mogą obracać się względem siebie (rys. 1).

Po czwarte, druk 3D jest bardziej ekologiczny niż tradycyjne metody wytwarzania, ponieważ przy jego stosowaniu znacznie mniejsze są straty materiału.

Kolejną zaletą druku 3D jest personalizacja (ang. *customization*), czyli dopasowanie wydruku do wymagań klienta. Jest to zgodne z opinią Alвина Tofflera, który w *Szoku przyszłości*⁴ przewidywał indywidualizację produkcji – w przeciwieństwie do produktów z taśmy produkcyjnej. Przypomina się tutaj słynna wypowiedź jej wynalazcy, Aleksandra Forda: „Każdy klient może kupić



Rys. 1. Wydrukowany w 3D „w jednym rzucie” model astrolabium, którego fragmenty mogą obracać się względem siebie © H. Dodziuk

samochód pomalowany na dowolny kolor, pod warunkiem, że będzie to kolor czarny”⁵. Druk 3D umożliwia np. precyzyjne dopasowanie rozmiarów protez do wymiarów pacjenta, co jest szczególnie korzystne w medycynie, lub zaprojektowanie sukienki dla konkretnej klientki. Warto wspomnieć, że pierwsza wydrukowana w 3D sukienka była bardzo niewygodna⁶.

Druk 3D – zastosowania przemysłowe

Prototypowanie

Pierwszym zastosowaniem druku 3D w przemyśle, i nie tylko, było prototypowanie, czyli tworzenie modeli urządzeń, które można było przetestować, zaproponować ulepszenia, wydrukować zmodyfikowany obiekt, znowu go przetestować itd. Mimo że na początku druk 3D był bardzo wolny, to i tak był on na ogół dużo szybszy od wykonania prototypu inną metodą. Po zaprojektowaniu można

było wydrukować dany obiekt nocą, by był gotowy rano. Łatwość tworzenia prototypów i uruchamiania produkcji była jednym z czynników, które pozwoliły na zastosowanie druku 3D w walce z koronawirusem.

Oprządkowanie

Następnym krokiem w zastosowaniach tej metody wytwarzania po prototypowaniu było oprządkowanie, czyli wytwarzanie narzędzi do procesów produkcyjnych. Laicy zwykle nie wyobrażają sobie, jak wiele czasu zajmuje przygotowanie narzędzi potrzebnych w nowo uruchamianych procesach produkcyjnych. Zastosowanie 3DP do wytwarzania narzędzi skraca na ogół proces uruchamiania nowych linii produkcyjnych z 1,5–2 lat do dwóch miesięcy.

Średnio- i wielkoprzemysłowa produkcja

Obecnie mamy do czynienia z pewnym wyhamowaniem rozwoju druku 3D/AM⁷. Przyczynami są trudności związane z trzecim etapem wykorzystania druku trójwymiarowego, czyli z wprowadzaniem go do produkcji na średnią i dużą skalę produktów końcowych. Wbrew temu, co napisano przy omawianiu produkcji masek i przyłbic na krakowskiej AGH⁸, druk 3D jest już używany do masowej produkcji⁹. Oczywiście nie każda drukarka 3D się do tego nadaje.

Walka między firmami, chcącymi zarabiać, a zwolennikami wolnego dostępu do wiedzy i wszystkich wynalazków

Podobnie do rozwoju komputerów na wczesnym etapie (co opisał Isaacson w swojej książce *Innowatorzy*¹⁰), ogromną rolę w rozwoju druku 3D odgrywała konkurencja między firmami, które chciały zarabiać pieniądze, i wolnymi strzelcami-entuzjastami, a nawet hakerami, zainteresowanymi rozwojem tej technologii i jej jak najszerszym udostępnieniem. W innej swojej rewelacyjnej książce o Stevie Jobsie¹¹ Isaacson opisał kontrowersje między Stevem Wozniakiem, który rozdawał swoje schematy układów elektronicznych, podczas gdy Jobs chciał je sprzedawać. W programowaniu na komputery najbardziej

znanym przykładem takiej niezmonetyzowanej współpracy jest pakiet programowy Linux, z którego bezpłatnie korzystają użytkownicy na całym świecie.

W druku 3D takie podejście rozwijało się w dwóch kierunkach. Jednym z nich był RepRap, czyli wspólne opracowywanie projektów tanich drukarek 3D przez kilkaset twórców na całym świecie¹². Ruch RepRap przyczynił się do lawinowego wzrostu produkcji drukarek 3D. Wyrosło z niego wielu uczestników dzisiejszego rynku druku 3D, m.in. producent drukarek Czech Josef Prusa bardzo aktywny w walce z koronawirusem¹³. Wygaszanie patentów i łatwo dostępne projekty drukarek dały początek burzliwemu rozwojowi tej dziedziny po 2008 roku.

Drugim kierunkiem stymulującym rozwój tej metody wytwarzania jest, czasami bezpłatne, udostępnianie plików do drukowania, które obejmuje tak różne zastosowania, jak wytwarzanie protez i innych urządzeń medycznych (co krótko opiszemy poniżej), narzędzi, robotów, dronów, a także gadżetów i zabawek oraz wielu innych rzeczy. Nawet firmy sprzedające drukarki lub w inny sposób związane z drukiem 3D mają często w celach reklamowych takie bezpłatne wzory na swoich stronach internetowych. Niektóre z takich stron zawierają pliki do wydrukowania w 3D milionów modeli¹⁴. Chyba najbardziej znana z nich to bezpłatny portal thingivers¹⁵ zawierający prawie półtora miliona wzorów. Oczywiście większość tych plików może być wykorzystana pod warunkiem Creative Commons¹⁶, to znaczy, że można je zmieniać i wykorzystywać jedynie do własnych celów, a nie do celów komercyjnych. Zdarzało się, że warunek ten nie był spełniony, co prowadzi do interesujących implikacji prawnych z jednej strony i do wycofania wzorów do drukowania z bezpłatnych portali z drugiej.

Druk 3D – przykłady zastosowania bezpłatnych projektów do druku 3D

Chęć dzielenia się swoją wiedzą, charakterystyczna dla części społeczności druku 3D, wiąże się z tzw. społeczną lub otwartą nauką. Jej najbardziej znanym przykładem jest projekt Łowcy Planet¹⁸,

w ramach którego laicy zwani naukowcami-obywatelami analizują na swoich komputerach dane obserwacji astronomicznych w celu wykrycia anomalii świadczących np. o istnieniu planet poza Układem Słonecznym.

Bardzo ciekawy projekt obywatelskiej nauki związany z drukiem 3D zainicjował amerykański informatyk Bodo Hoenen¹⁹, którego pięcioletnia córeczka była prawie całkowicie sparaliżowana. Do jej usprawnienia konieczny był egzoszkielec do ćwiczeń. Przyrząd ten był bardzo drogi, miał kosztować ok. 100 tys. dolarów. Zdesperowany ojciec, nie mając takich pieniędzy, opisał problem i poprosił o pomoc w jego realizacji na portalach społecznościowych Facebook i LinkedIn. Obawiał się braku odzewu, jak się okazało – niesłusznie. Zgłosiło się do niego wielu specjalistów z różnych krajów, którzy pomogli przygotować projekt i zdobyć podzespoły. Następnie jakaś firma wykonała skan ręki, a inna wydrukowała w 3D egzoszkielec. Prace nad prototypem urządzenia, które kosztowało jedynie 200 dolarów, trwały kilka miesięcy. Pliki do wydrukowania w 3D tego egzoszkieletu są bezpłatnie udostępnionym w internecie projektem typu open²⁰, to znaczy, że mogą z niego korzystać i ulepszać go inne osoby, np. zainteresowani rodzice.

Ten projekt oraz wiele innych pokazują, że **druk 3D jest szczególnie predystynowany do bezpłatnych lub niskokosztowych zastosowań medycznych.**

Podobny projekt zastosowano również w Polsce. Drukarnia Golem 3D z Częstochowy²¹ wydrukowała egzoszkielec dla chłopca cierpiącego na rzadką postać rdzeniowego zaniku mięśni SMARD (ang. *spinal muscular atrophy with respiratory distress*), wykorzystując pliki amerykańskich studentów z Grand Valley State University w Grand Rapids, w stanie Michigan. Studenci opracowali je dla małej dziewczynki i bezpłatnie udostępnili w internecie. Proponowali przy tym pomoc w adaptacji projektu dla innych potrzebujących, prosząc o datki na działalność. Na wspomnianym już portalu thingivers są umieszczone pliki prawie tysiąca urządzeń medycznych²², takich jak protezy, maski chirurgiczne, pomocne w nauczaniu modele organów i wiele innych.

Innym przykładem zastosowania bezpłatnych projektów do druku 3D z dziedziny medycyny są stetoskopy²³. Palestyńsko-kanadyjski lekarz Tarek Loubani uznał, że szpitali ze strefy Gazy nie stać na markowe słuchawki, których koszt wynosi ok. 200 USD, i nie tylko zaprojektował do wydrukowania w 3D swoje, nie gorsze od markowych i kosztujące ok 5 USD słuchawki, lecz także udostępnił pliki do ich wydrukowania w internecie. Podobnie jak w poprzednich przypadkach, pliki można wykorzystać tylko do własnych potrzeb, a nie w celach komercyjnych.

Trochę inny charakter mają projekty protez dla osób biednych i ofiar min przeciwpiechotnych w krajach Azji i Afryki. Najbardziej znanymi instytucjami w Afryce, które zajmują się wydrukiem 3D w medycynie, są fundacje e-NABLE²⁴ i Not Impossible²⁵. Ta pierwsza ma zasięg światowy i wykonała już tysiące protez rąk dla osób niemających. Włączyła się też do walki z koronawirusem²⁶, ma nawet swój polski oddział. Not Impossible, obok zbierania pieniędzy i robienia protez, zajęła się obecnie pomocą osobom głodującym ze względu na pandemię COVID-19²⁷. **Nastawienie na pomoc potrzebującym to również cecha charakterystyczna społeczności działającej w druku 3D, która spowodowała szybkie włączenie się jej do walki z pandemią.**

Druk 3D – liczba drukarek na świecie

Brak jest chyba szacunkowych danych dotyczących ilości drukarek 3D w Polsce, ale są one bardzo powszechne w wielu krajach. Np. w Australii już w 2016 r. 3 proc. gospodarstw domowych posiadało drukarkę 3D. Dodatkowo było ich wiele w szkołach i na uczelniach, w bibliotekach, lokalnych centrach majsterkowania (ang. *community makerspaces*) oraz w firmach²⁶.

Duża liczba drukarek prywatnych i firmowych w wielu miejscach – nie tylko w dużych zakładach produkcyjnych, lecz również w małych firmach, m.in. w szpitalach – także przyczyniła się do znacznego udziału społeczności druku 3D w walce z koronawirusem. Ten tzw. rozproszony charakter druku 3D stanowi ogromną zaletę w sytuacji

lockdownu, a więc ograniczeń transportowych i przerwania łańcuchów dostaw.

Druk 3D w walce z koronawirusem

Obok wyżej wymienionych czynników **dobra organizacja społeczności druku 3D w internecie sprzyja mobilizacji do różnych projektów**, co zaowocowało szybkim włączeniem się dużych i małych firm oraz osób prywatnych zajmujących się drukiem 3D do walki z koronawirusem.

Na przykład w Hiszpanii już 18 marca 2020 r. grupa 800 osób działających w branży druku 3D (inżynierowie, designerzy oraz niezrzeszeni entuzjaści) utworzyła grupę współdziałania, która szybko wzrosła do 17 000 członków²⁷. Wykonali oni 450 000 przyłbic, adaptery do filtrów do respiratorów, a także respiratory dla szpitali.

Powstało wiele platform koordynujących pomoc w walce z pandemią. Jedną z największych baz danych zastosowań druku 3D/AM do walki z COVID-19 otworzyły na swojej stronie poświęconej drukowi 3D amerykańskie Narodowe Instytuty Zdrowia²⁸, które współpracują w tej dziedzinie z inicjatywą America-Makes²⁹ i amerykańską agendą Veteran Affairs³⁰, której działalność poświęcona jest m.in. zdrowiu weteranów. Do akcji włączyły się również Światowe Forum Ekonomiczne³¹ i Unia Europejska³².

W Polsce strona internetowa Centrum Druku 3D³³, podobnie jak wiele stron firm działających w branży 3D, udostępnia informacje i pliki do drukowania wyposażenia pomocnego do walki z pandemią. W Polsce drukarzy łączy akcja na Facebooku #DrukarzeDlaSzpitali³⁴.

Na początku pandemii COVID-19 okazało się, że szpitalom i innym placówkom medycznym nie tylko w naszym kraju brakuje odzieży ochronnej i innego wyposażenia. Prawie połowa lekarzy w Wielkiej Brytanii przyznaje, że jest zmuszona sama zaopatrywać się w odzież ochronną²⁶. W tej sytuacji społeczność druku 3D włączyła się do produkcji takich urządzeń. Są to:

- ochronne maski (rys. 2);
- zawory tlenowe do wentylatorów;
- rozdzielacze do wentylatorów i respiratorów pozwalające na ich stosowanie dla kilku pacjentów;

- pałeczki do wymazów testów na koronawirusa;
- przyłbice;
- kabiny do kwarantanny (robi je znana z zastosowań druku 3D w budownictwie chińska firma Winsun³⁵);
- prowizoryczne respiratory utworzone z wyposażenia do nurkowania z akwalungiem;
- a nawet dźwignie pozwalające otworzyć drzwi łokciem³⁶.

Bardzo interesującym rozwiązaniem jest wytwarzanie w druku 3D łączników, pozwalających na podłączenie nawet czterech pacjentów do jednego respiratora³⁷. Nieoczywista jest możliwość zwiększenia tempa produkcji szczepionek dzięki drukarce 3D do ceramiki³⁸.

Bardzo popularne jest drukowanie w 3D przyłbic, jednak rzut oka na ich kształt uświadamia, że druk trójwymiarowy nie jest idealną metodą ich wytwarzania, ponieważ największa ich część jest zgięta z płaskiej powierzchni. Nie jest to więc wyjściowo prawdziwie trójwymiarowa struktura. Zdając sobie z tego sprawę, polski inżynier wykorzystał inną, szybszą metodę wytwarzania przyłbic³⁹.



Rys. 2. Zaawansowana technologicznie maska FFP3 wydrukowana na drukarce firmy HP40. Data Courtesy of Research Institute CIIRC – CVUT

Mimo że druk 3D nie jest najbardziej efektywną ich metodą produkcji, to jest ona bardzo skuteczna. Świadczą o tym co najmniej setki tysięcy wydrukowanych i przekazanych pracownikom medycznym przyłbic.

Ograniczenia związane z drukiem 3D

Wiadomo, że urządzenia medyczne muszą otrzymać akceptację krajowych lub unijnych agencji. Komisja

Unii Europejskiej wydała zalecenia dla takich urządzeń drukowanych w 3D⁴¹. Stosowne rekomendacje wydała również amerykańska Food and Drug Administration (FDA). Ostatnio FDA przedyskutowała zalecenia związane z drukowanymi w 3D urządzeniami do walki z pandemią⁴².

Ograniczenia dla urządzeń medycznych do walki z pandemią związane są najczęściej, ale nie jedynie, z brakiem możliwości ich dezynfekcji. Na przykład amatorskie drukarki 3D korzystające z ekstrudera wytwarzają przedmioty, które są porowate i mają bardziej szorstką powierzchnię. Nie da się ich dobrze dezynfekować. Problemy związane z bezpieczeństwem wydrukowanych w 3D urządzeń i części stosowanych w walce z pandemią omówiono m.in. na portalu 3D print⁴³, również w odniesieniu do urządzeń drukowanych na amatorskich drukarkach domowych⁴⁴.

Warto również zasygnalizować problemy prawne związane z drukowaniem w 3D urządzeń medycznych⁴⁵. Wiele instytucji zbiera informacje dotyczące potrzeb związanych z walką z koronawirusem oraz mocy produkcyjnych firm, które chcą się do niej włączyć, a także ogłasza konkursy na projekty z tej dziedziny.

W jaki sposób firmy wykorzystujące wydruk 3D włączyły się do walki z pandemią

Nie sposób wymienić wszystkie firmy, które włączyły się do walki z koronawirusem. Przystąpiły do niej m.in. wielkie korporacje. Jedną z najbardziej aktywnych jest gigant druku 3D, firma Stratasys (wyprodukowanych w 3D 275 tys. przyłbic⁴⁶) oraz producent drukarek 3D Hewlett-Packard, który wydrukował w 3D i przekazał służbom medycznym ponad 50 tys. różnorodnych urządzeń lub ich części, zaś we współpracy ze swoimi partnerami i klientami wykonano ich na drukarkach HP 1,5 mln⁴⁷.

Podobnie jak wiele innych firm i osób prywatnych drukujących w 3D, HP umieścił na swojej stronie internetowej bezpłatne pliki do wydruku wszystkich swoich sprawdzonych modeli części do wentylatorów, respiratorów CPAP do nieinwazyjnej wentylacji płuc, przyłbic, masek ochronnych i innych urządzeń.

Z kolei GM i Ford chcą przestawić swoje zakłady produkujące auta i zakłady swoich poddostawców na produkcję części do wentylatorów. Nawet jeżeli zakłady te nie działają w oparciu o technologię druku 3D, to bez wątpienia wykorzystują ją do zaprojektowania części samochodowych oraz w przyszłości wentylatorów. Podobne wysiłki podejmują m.in. GE Healthcare, Fiat, Chrysler, Ferrari, Airbus i Rolls Royce.

Do produkcji urządzeń pomocnych w walce z koronawirusem włączyła się również firma Josefa Prusy z Czech – PrusaPrinters. Warto zauważyć, że stworzył on m.in. największą obecnie farmę, czyli zespół 1096 drukarek 3D⁴⁸, nie ma więc ograniczeń mocy produkcyjnych. Co ciekawe, zakład PrusaPrinters dofinansował wypożyczalnię rowerów, by jego pracownicy mogli uniknąć zakażenia koronawirusem w transporcie publicznym, gdy nie było dostępu do maseczek⁴⁹. Josef Prusa omówił na swoim blogu wady i zalety maseczek ochronnych⁵⁰. Opublikował także pliki projektu przyłbicy i zaapelował do *makers community* o ich drukowanie w 3D. Już w marcu 2020 r. firma PrusaPrinters przekazała czeskiemu Ministerstwu Zdrowia 10 tys. wydrukowanych w 3D przyłbic. W maju było ich już 130 tys.

Również polskie firmy i wielu majsterkowiczów włączyli się do walki z pandemią. Na przykład nasza rodzima firma 3DGence wyprodukowała 12 tys. ochronnych masek. Na swojej stronie internetowej dyskutuje nie tylko o medycznych aspektach zastosowań druku 3D do walki z koronawirusem, lecz również o roli, jaką ta metoda wytwarzania może odegrać w gospodarce w sytuacji, gdy ze względu na pandemię zerwane zostały łańcuchy dostaw⁵².

Do akcji włączyły się również m.in. firmy: ZMORPH, drukując potrzebne wyposażenie dla wrocławskich szpitali⁵³, Omni3D⁵⁴ oraz Zortrax⁵⁵. Przyłbice ochronne drukują w 3D m.in. licealiści z Gdańska⁵⁶ i Olsztyna⁵⁷, a także majsterkowicze z Wrocławia⁵⁸.

Opublikowane w internecie projekty są modyfikowane⁵⁹, by zwiększyć szybkość druku i wygodę ich używania. Należy jednak odróżnić proste maseczki

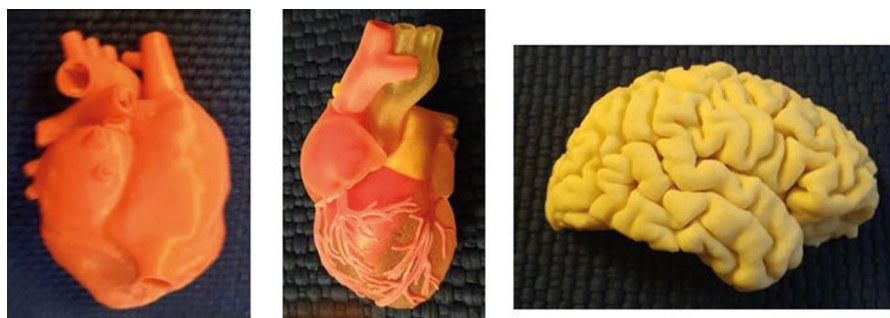
z materiału, które przeważają na ulicach polskich miast, od wyrafinowanych masek używanych przez personel medyczny. Te drugie uzyskuje się za pomocą druku w 3D. Warto przypomnieć, że każda maska to dobre środowisko dla rozwoju zarazków. WHO ogłosiła szczegółowe instrukcje, kiedy i jak należy nosić maski⁶⁰. Jak wspomniano wcześniej, szybkość modyfikacji modeli stanowi ogromną zaletę druku 3D.

Jak widać, epidemia koronawirusa wyzwoliła ogromną energię nie tylko w dziedzinie pomocy osobom starszym. Na całym świecie uaktywniły się również firmy i entuzjaści związani z drukiem 3D, którzy wykorzystują wymienione na początku zalety druku 3D. Nie tylko wykonują oni potrzebne wyposażenie, lecz również koordynują wysiłki wytwórców i łączą ich z potrzebującymi. Jak wspomniano powyżej, druk 3D może również odegrać ważną rolę w ożywieniu gospodarki po pandemii, przyczyniając się do zastąpienia zerwanych przez pandemię łańcuchów dostaw⁶¹.

Perspektywy rozwoju druku 3D/AM

Na zakończenie warto dodać kilka słów o perspektywach rozwoju druku 3D/AM. Ostatnio mamy do czynienia z zahamowaniem tempa wzrostu tej dziedziny przemysłu⁶². Jest to związane z trudnościami z jej wprowadzeniem do produkcji na średnią i dużą skalę, co wymaga modyfikacji całej filozofii tej zmiany⁶³. Nie wystarczy już po prostu drukować w 3D jakąś część. Należy – wychodząc od jej funkcji – zaprojektować ją od nowa, stosując tzw. design dla wytwarzania addytywnego (ang. *design for additive manufacturing*, DfAM) i przeprojektować cały sposób produkcji. Wymaga to zmiany podejścia do druku 3D zwłaszcza kadry kierowniczej oraz wykształcenia wielu specjalistów w tej dziedzinie. Uważa się, że są to główne przeszkody w dalszym rozwoju druku 3D/AM.

Inna dziedzina, w której druk 3D jest szeroko stosowany, to opieka zdrowotna⁶⁴. Wirtualne planowanie operacji chirurgicznych, aparaty słuchowe w 98 proc. przejęte przez druk 3D, protezy i implanty⁶⁵ mające przeciwdziałać brakowi organów od donorów, drukowanie leków i wiele innych działań medycyny



Rys. 3. Wydrukowane w 3D modele organów ludzkich: pierwszy i drugi od lewej – modele serca wydrukowane dwiema różnymi metodami; trzeci – model półkuli mózgowej H. Dodziuk

to obszary, w których coraz szerzej stosuje się druk 3D⁶⁶. Wydrukowane w 3D dwiema różnymi metodami modele serca i model półkuli mózgowej pokazano na rys. 3.

Również inne zastosowania żywiłowo się rozwijają. Bardzo interesujące są zastosowania druku 3D w sztuce, modzie⁶⁷ i edukacji⁶⁸. Mówiąc o druku 3D, warto przypomnieć, że jest to bardzo ekologiczny sposób produkcji⁶⁹, m.in. dlatego, że wytwarza się przy nim bardzo niewielka ilość odpadów. Bardzo interesujące są również prawne aspekty związane z tą metodą wytwarzania⁷⁰. Mimo że udział druku 3D w światowej gospodarce jest obecnie niewielki, rozwija się on gwałtownie. Cytując klasyka: „Będzie się działo”.

Przypisy

- 1 DODZIUK H.: *Druk 3D/AM. Zastosowania oraz skutki społeczne i gospodarcze*. PWN, Warszawa 2019.
- 2 NOVAK J.: <https://theconversation.com/millions-of-products-have-been-3d-printed-for-the-coronavirus-pandemic-but-they-bring-risks-137486>, dostęp 10 lipca 2020.
- 3 <https://www.ge.com/news/reports/transformation-3d-walnut-sized-part-changed-way-ge-aviation-builds-jet-engines>, dostęp 10 lipca 2020.
- 4 TOFFLER A.: *Szok przyszłości*. PIW, Warszawa 1997.
- 5 https://en.wikiquote.org/wiki/Henry_Ford, dostęp 10 lipca 2020.
- 6 Odn. [1], Rozdz. 13.
- 7 DODZIUK H.: <https://polskiprzemysl.com.pl/druk-3d-i-tworzywa-sztuczne/rynek-druku-3d-w-4-kwartale-2019/>, dostęp 10 lipca 2020.

- 8 <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/nauka/1956718,1,druk-ostatniejszansy-from-krakow-with-love.read>, dostęp 10 lipca 2020.
- 9 DODZIUK H.: <https://polskiprzemysl.com.pl/druk-3d-i-tworzywa-sztuczne/rynek-druku-3d-w-4-kwartale-2019/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 10 ISAACSON W.: *Innowatorzy*. Insignis, Kraków 2016.
- 11 ISAACSON W.: *Steve Jobs*. Insignis, Kraków, 2011.
- 12 <https://pl.wikipedia.org/wiki/RepRap>, dostęp 10 lipca 2020.
- 13 MCCONNON A.: 8 czerwca 2020, <https://www.wsj.com/articles/the-coronavirus-pandemic-is-a-call-to-serve-for-3-d-printing-hobbyists-11591658423>, dostęp 10 lipca 2020.
- 14 <https://www.aniwaa.com/guide/3d-printers/best-sites-download-free-stl-files-3d-models-and-3d-printable-files-3d-printing/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 15 <https://www.thingiverse.com/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 16 <https://creativecommons.pl/poznajlicencje-creative-commons/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 17 <https://centrumcyfrowe.pl/wp-content/uploads/2013/11/otwarta-nauka-.pdf>, dostęp 10 lipca 2020.
- 18 https://en.wikipedia.org/wiki/Planet_Hunters, dostęp 10 lipca 2020.
- 19 <https://www.techradar.com/news/lor-eleis-story-how-a-5-year-old-crowd-sourced-a-robotic-prosthetic/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 20 <https://medcitynews.com/2019/11/family-showcases-diy-robotic-exoskeleton/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 21 <http://g3d.eu/baza-wiedzy/artykuly/angel-arms-wykorzystanie-druku-3d-w-medycynie/>, dostęp 10 lipca 2020.

- 22 <https://www.thingiverse.com/tag:medical>, dostęp 10 lipca 2020.
- 23 <https://www.cbc.ca/news/health/dr-tarek-loubani-uses-3d-printer-to-overcome-gaza-stethoscope-shortage-1.3222052>, dostęp 10 lipca 2020.
- 24 <https://enablingthefuture.org/>, dostęp 10 lipca 2020. <https://www.notimpossible.com/projects>, dostęp 10 lipca 2020.
- 25 <https://enablingthefuture.org/2020/03/27/the-e-nable-community-rallies-to-fight-covid-19>, dostęp 10 lipca 2020. <https://www.notimpossible.com/hunger>, dostęp 10 lipca 2020.
- 26 <https://theconversation.com/millions-of-products-have-been-3d-printed-for-the-coronavirus-pandemic-but-they-bring-risks-137486>, dostęp 10 lipca 2020.
- 27 <https://fr.weforum.org/projects/coronavirus-makers>, dostęp 10 lipca 2020.
- 28 <https://3dprint.nih.gov/collections/covid-19-response>, dostęp 10 lipca 2020.
- 29 <https://www.americamakes.us/statement-on-covid-19/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 30 <https://www.blogs.va.gov/VAntage/73229/va-mobilizing-3d-printing-fight-covid-19/>, dostęp 10 lipca 2020.
- 31 <https://www.weforum.org/covid-action-platform/projects/3d-printing-covid-19-rapid-response-initiative>, dostęp 10 lipca 2020.
- 32 <https://www.ecdc.europa.eu/en/coronavirus>, dostęp 11 lipca 2020.
- 33 <https://centrumdruku3d.pl/tag/korona-wirus/>, dostęp 11 lipca 2020.
- 34 <https://3dwpraktyce.pl/2020/03/polska-branza-druku-3d-jednoczy-sie-pomagajac-walce-koronawirusem-covid-19/>, dostęp 11 lipca 2020.
- 35 <https://www.3dnatives.com/en/winsun-coronavirus-260220205/>, dostęp 11 lipca 2020.
- 36 <https://www.asme.org/topics-resources/content/8-ways-3d-printing-is-helping-to-fight-coronavirus>.
- 37 <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/how-3d-printing-is-enabling-ventilator-splitting/>.
- 38 <https://cordis.europa.eu/article/id/418142-accelerating-vaccine-production-with-ceramic-3d-printing/pl>.
- 39 <https://szczecin.onet.pl/korona-wirus-w-polsce-inzynier-opracowal-szybka-metode-wytwarzania-przylybic/193pps8>.

- 40 <https://press.hp.com/us/en/press-releases/2020/hp-inc-and-partners-mobilize-3d-printing-solutions-to-battle-c.html>.
- 41 <https://www.slideshare.net/ErikVollebregt/3d-medtech-printing-under-eu-medical-devices-directive-and-under-future-medical-devices-regulation>.
- 42 <https://www.fda.gov/medical-devices/3d-printing-medical-devices/faqs-3d-printing-medical-devices-accessories-components-and-parts-during-covid-19-pandemic>.
- 43 <https://3dprint.com/265620/safety-recomendations-for-3d-printed-covid-19-medical-devices-part-one/>.
- 44 <https://3dprint.com/265656/safety-recommendations-for-3d-printing-covid-19-medical-parts-at-home/>.
- 45 <https://www.arnoldporter.com/en/perspectives/publications/2020/04/3d-printing-in-the-fight-against-covid>.
- 46 <https://www.stratasys.com/covid-19>.
- 47 <https://www.protocol.com/3d-printing-found-market-in-coronavirus-pandemic>.
- 48 https://blog.prusaprinters.org/guinness-world-records-1096-original-prusa-3d-printers-running-at-the-same-time_30677/.
- 49 https://blog.prusaprinters.org/guinness-world-records-1096-original-prusa-3d-printers-running-at-the-same-time_30677/.
- 50 [na-twarz-do-masowego-drukowania-3d_32674/](https://blog.prusaprinters.org/pl/w-3-dni-od-projektu-medycznych-oslon-na-twarz-do-masowego-drukowania-3d_32674/).
- 51 https://www.prusa3d.com/covid19/#_ga=2.179996324.11081990984.1592656344-1108309469.1592041862.
- 52 <https://3dgence.com/3dnews/how-3d-printing-can-affect-your-broken-supply-chain-coronavirus/>.
- 53 <https://blog.zmorph3d.com/zmorph-joins-3d-printing-community-to-fight-coronavirus/>.
- 54 <http://3d.edu.pl/omni3d-wspiera-szpitala-w-walce-z-covid-19/>.
- 55 <https://zortrax.com/blog/3d-printing-respirators-and-medical-helmets-on-zortrax-printers/>.
- 56 <https://dziennikbaltycki.pl/koronawirus-licealisci-z-trojmiasta-produkuja-przylbice-ochronne-z-wykorzystaniem-druku-3d/art/14-14893723>.
- 57 <http://gazetaolsztynska.pl/642938,Przylbice-z-drukarek-3D-ze-szkoly-do-szpitali.html>.
- 58 <https://wroclife.pl/czas-wolny/druk-3d-przylbice-ochronne/>.
- 59 <https://noizz.pl/spoleczenstwo/polak-drukuje-maski-ochronne-dla-szpitali/6xbklc>.
- 60 <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/when-and-how-to-use-masks>.
- 61 [chain-coronavirus/](https://3dgence.com/3dnews/how-3d-printing-can-affect-your-broken-supply-chain-coronavirus/).
- 62 DODZIUK H.: <https://polskiprzemysl.com.pl/druk-3d-i-tworzywa-sztuczne/rynek-druku-3d-w-4-kwartale-2019/>.
- 63 <https://polskiprzemysl.com.pl/druk-3d-i-tworzywa-sztuczne/druk-3d-w-zastosowaniach-przemyslowych/>.
- 64 Odn. [1], Rozdz. 12.
- 65 <https://www.computerworld.com/article/3184834/3d-printed-partial-liver-transplants-targeted-for-2020.html>.
- 66 DODZIUK H.: *Kardiochir. i Torakochirurgia Pol.*, 13 (3), 283, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5071603/>.
- 67 Odn. [1], Rozdz. 13.
- 68 Odn. [1], Rozdz. 8.
- 69 Odn. [1], Rozdz. 2.
- 70 Odn. [1], Rozdz. 7.
- 71 <https://www.3dizingof.com/shop/math-art/fractal-totem/>.
- 72 <https://www.3dizingof.com/shop/math-art/gyroid-la-voronoi/>.
- 73 <https://www.3dizingof.com/shop/math-art/sierpinski-star>.

Prof. dr hab. Helena Dodziuk,
Instytut Chemii Fizycznej PAN

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.
- A.M.I.** – Panele sygnalizacyjne i alarmowe.
- TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.
- HUGRO** – Dławice do kabli.
- BREVETTI** – Tworzywowe i stalowe prowadniki kabli.
- CATTRON** – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania radiowego.
- MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.
- MARECHAL** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

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



Trakcyjno-akumulatorowy układ napędu górniczej lokomotywy elektrycznej

Przemysław Deja

1. Wstęp

W polskich kopalniach węgla kamiennego występuje zapotrzebowanie na nowoczesne i niezawodne maszyny do przewozu ludzi oraz transportu urobku i materiałów. Zakłady górnicze posiadają na wyposażeniu wiele odmian maszyn transportowych. Ze względu na źródło zasilania energią dzieli się je na spalinowe oraz elektryczne. Te drugie, z uwagi na sposób dostarczania energii elektrycznej, dzielą się na: akumulatorowe, przewodowe oraz zasilane z trakcji elektrycznej. Koszty eksploatacji różnych niezależnych maszyn górniczych zasilanych energią elektryczną są wysokie. Dlatego uzasadnione jest wdrożenie rozwiązań umożliwiających zasilanie maszyny zarówno z elektrycznej trakcji przewodowej, jak i z baterii akumulatorów. Trakcyjno-akumulatorowy układ napędu eliminowałby zatem ograniczenia maszyny akumulatorowej (zasięg wynikający z pojemności baterii) oraz ograniczenia maszyn zasilanych z trakcji (praca wyłącznie w pomieszczeniach niemietanowych lub ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu).

Prace nad ww. typem napędu prowadziły firmy SIEMENS oraz ABB. Opracowano i wykonano prototyp lokomotywy z ww. zasilaniem układu napędowego. Z uwagi na gabaryty rozwiązania te nie znalazły jednak zainteresowania wśród użytkowników. Ciągły rozwój technologii wytwarzania baterii ogniw pozwala sądzić, że możliwe będzie opracowanie napędu elektrycznego zoptymalizowanego pod kątem gabarytów oraz wyposażenia elektrycznego.

W artykule przedstawiono wyniki pracy realizowanej w ITG KOMAG nad trakcyjno-akumulatorowym układem napędu elektrycznego lokomotywy spągowej przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych,

Streszczenie: Zakłady górnicze węgla kamiennego posiadają na wyposażeniu wiele odmian maszyn transportowych, tj. lokomotywy spągowe, ciągniki podwieszane czy przenośniki. Ze względu na źródło zasilania energią dzieli się je na spalinowe oraz elektryczne. Te drugie, z uwagi na sposób dostarczania energii elektrycznej, dzielą się na: akumulatorowe, przewodowe oraz zasilane z trakcji elektrycznej. Koszty eksploatacji różnych niezależnych maszyn górniczych zasilanych energią elektryczną są wysokie. Dlatego uzasadnione jest wdrożenie rozwiązań umożliwiających zasilanie maszyny zarówno z trakcji elektrycznej, jak i z baterii akumulatorów. Zastosowanie takiego uniwersalnego napędu pozwoli na efektywne wykorzystanie maszyn transportowych w miejscach, gdzie nie ma trakcji elektrycznej.

W artykule przedstawiono wyniki pracy realizowanej w ITG KOMAG nad trakcyjno-akumulatorowym układem napędu elektrycznego lokomotywy spągowej, przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Scharakteryzowano infrastrukturę kopalnianej sieci trakcyjnej oraz dokonano przeglądu stosowanych rozwiązań układów napędowych trakcyjno-akumulatorowych. Przedstawiono model układu napędowego oraz omówiono wyniki obliczeń modelu składu pociągu uzyskanych podczas badań symulacyjnych w środowisku Matlab-Simulink. W modelu zastosowano silnik elektryczny z magnesami trwałymi, baterię akumulatorów oraz falownik.

Słowa kluczowe: górnictwo, transport, lokomotywa, napęd elektryczny

TRACTION-BATTERY DRIVE OF THE ELECTRIC MINE LOCOMOTIVE

Abstract: *Hard coal mining plants have different transportation machines such as floor-mounted locomotives, suspended drive trains or conveyors. Depending on power supply system they are divided into diesel ones and electric ones. The last ones are divided into battery ones, cable ones and those supplied from electric traction. Operational costs of mining machines power supplied from different sources of electric energy are high. That is why implementation of the solutions enabling power supply of the machines both from electric traction and from the batteries is justified. Use of such versatile drives enables effective operation of transporting machines in those places where there is no electric traction.*

Results of KOMAG project on traction-battery electric drives of floor-mounted locomotive intended for operation in underground mine workings in a potentially explosive atmosphere (methane and/or coal dust explosion hazard) are presented. Infrastructure of mine electric traction network is characterized and solutions of traction-battery electric drives are reviewed. Model of driving system is presented and the results of calculations of train model during simulation tests in Matlab-Simulink software environment are discussed. Electric motor with permanent magnets, pack of batteries and converter were used in the model.

Keywords: mining industry, transport, locomotive, electric drive

w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego [2, 3]. Scharakteryzowano infrastrukturę kopalnianej sieci trakcyjnej oraz dokonano przeglądu stosowanych rozwiązań trakcyjno-akumulatorowych układów napędowych. Opisano model symulacyjny układu napędowego oraz przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań w środowisku Matlab-Simulink. W badaniach wykorzystano modele silnika elektrycznego z magnesami trwałymi, baterii akumulatorów oraz falownika.

2. Infrastruktura kopalnianej sieci trakcyjnej

Sieci elektryczne traktacji przewodowej stosuje się w podziemnych wyrobiskach kopalń niezagrażonych wybuchem pyłu węglowego oraz w podziemnych wyrobiskach ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu. Sieć elektryczna traktacji przewodowej składa się z sieci zasilającej, sieci górnej oraz dolnej [7]. Sieć zasilająca jest to układ kabli lub przewodów łączących sieć górną i sieć dolną. Sieć górna to część sieci trakcyjnej rozpięta nad torem, służąca do zasilania odbiorników trakcyjnych. Natomiast sieć dolna to część sieci trakcyjnej składająca się z szyn jezdnych, elektrycznie połączonych podłużnie i poprzecznie oraz ewentualnie z linią powrotną. Wartość napięcia znamionowego w sieci elektrycznej traktacji przewodowej w polskich kopalniach wynosi 250 V DC [5].

W kopalniach stosuje się również torowiska dla traktacji niezelektryfikowanej. Tory linii niezelektryfikowanej, odgałęzione od szyn sieci dolnej (zelektryfikowanej), stanowią ich przedłużenie i są odizolowane od nich za pomocą dwóch złączy izolujących. Odstęp między złączami izolującymi powinien być większy niż długość pociągu wjeżdżającego na tor linii niezelektryfikowanej. Złącze izolujące powinno również skutecznie zapobiegać przepływowi prądu i przenoszeniu się potencjałów z sieci dolnej do torów linii niezelektryfikowanej [7].

W zakładach górniczych, które stosują lokomotywy akumulatorowe, ładowanie baterii odbywa się w specjalnych pomieszczeniach (ładowniach). Wymagania dotyczące pomieszczeń ładowni baterii akumulatorów trakcyjnych okreś-

lono w [6]. Napięcia znamionowe zasilania urządzeń elektrycznych ładowni baterii akumulatorów określono w [5].

3. Przegląd rozwiązań lokomotyw górniczych

W polskim górnictwie jedyną eksploatowaną lokomotywą dołową z trakcyjno-akumulatorowym układem zasilania była lokomotywa typu Lda-20. W latach 1966–1969 firma Konstal z Chorzowa wyprodukowała około 40 sztuk takich lokomotyw. Lokomotywy te przewidziane były do pracy na torowiskach o rozstawie 900 mm.

W światowym górnictwie znalazły zastosowanie lokomotywy akumulatorowo-przewodowe firm SIEMENS oraz ABB. Na rys. 1 a przedstawiono lokomotywę akumulatorowo-przewodową w wykonaniu podwójnym firmy SIEMENS. Odbierak prądu umieszczono na skrzyni baterii akumulatorów. Lokomotywa może pracować również w układzie pojedynczym.

Natomiast na rys. 1 b przedstawiono lokomotywę akumulatorowo-przewodową firmy ABB. Jest to lokomotywa jednokabinowa, odbierak prądu również umieszczono na skrzyni baterii akumulatorów. Sterowanie jazdą tej lokomotywy odbywa się za pośrednictwem przekształtników tyrystorowych.

Zarówno w lokomotywach firmy SIEMENS, jak i ABB do ich napędu stosowano silniki szeregowo-prądu stałego, zaś układ baterii akumulatorów zbudowano w oparciu o klasyczne ogniwa kwasowo-ołowiowe, znane w polskich rozwiązaniach lokomotyw akumulatorowych typu Lea. Zestaw ogniw kwasowo-ołowiowych umieszczono w osłonie ognioszczelnej.

Firmą produkującą lokomotywy dla górnictwa z trakcyjno-akumulatorowym układem zasilania jest również firma Clayton (Wielka Brytania). Jej lokomotywy (rys. 2) mogą być zasilane z przewodu napowietrznej linii trakcyjnej lub z tzw. zelektryfikowanej trzeciej szyny.

Firma Clayton w swojej ofercie posiada zakres lokomotyw trakcyjno-akumulatorowych o masach od 4 do 40 ton z różnymi typami silników. W lokomotywach firmy Clayton do napędu zastosowano elektryczne silniki asynchroniczne.

reklama



Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania



Systemy Pomiarowe



Technika Filtracji



Diagtronics



Akcesoria Hydrauliczne



Zawory Kulowe



Złącza Hydrauliczne



NOWOŚĆ!
STAUFF
Connect

Technologia Złącz Rurowych
od STAUFF



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

www.stauff.pl

Zastosowanie w maszynie zasilanej prądem stałym silników prądu przemiennego było uznawane ówczesznie za dużą innowacyjność i wymagało rozwiązania szeregu problemów w układzie sterowania. Jako źródło zasilania stosowano w dalszym ciągu ogniwa kwasowo-ołowiowe umieszczone w przeciwybuchowej skrzyni akumulatorowej.

4. Model trakcyjno-akumulatorowego układu zasilania lokomotywy górniczej

W 2016 roku w Instytucie KOMAG rozpoczęto prace nad opracowaniem trakcyjno-akumulatorowego układu zasilania napędu lokomotywy spągowej przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach

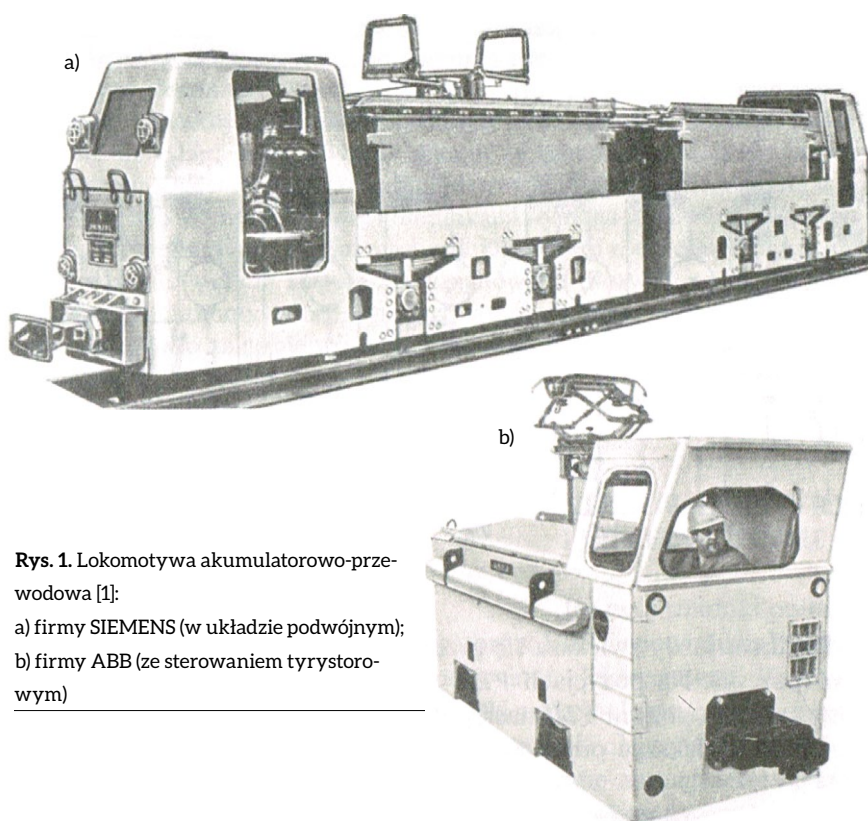
potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Idea trakcyjno-akumulatorowego układu zasilania napędu elektrycznego opiera się na połączeniu zastosowanych rozwiązań w lokomotywie trakcyjnej Ld-31EM [9] i lokomotywie akumulatorowej typu Lea. Głównym założeniem rozwiązania jest to, że energia elektryczna odzyskiwana w trakcie hamowania elektrycznego lokomotywy zostaje wykorzystana do ładowania baterii ogniów a nie jest tracona w opornikach hamowania, jak to ma miejsce obecnie w lokomotywach trakcyjnych. Na rys. 3 przedstawiono elektryczny schemat blokowy układu zasilania układu napędowego.

W układzie zastosowano nowoczesne moduły energoelektroniczne (MP1, MP2) współpracujące z wysokosprawnymi, bezszczotkowymi silnikami elektrycznymi z magnesami trwałymi (M1, M2). Jako źródło zasilania, poza elektryczną siecią trakcyjną dostarczaną poprzez odbierak prądu (OP) oraz moduł zasilania (MZ), zastosowano moduł baterii (MB), oparty na technologii ogniów litowych [10].

Podstawowym założeniem dla układu elektrycznego lokomotywy jest zgodność z wymaganiami dla urządzeń stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, wynikającymi z [4] oraz norm zharmonizowanych. Układ elektryczny jest przystosowany do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach niemietanowych i metanowych ze stopniem „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasy A lub B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Według [4] i norm zharmonizowanych, układ elektryczny powinien spełniać następujące wymagania:

- posiadać obudowy zapewniające stopień ochrony przed dostępem osób do części niebezpiecznych, przed wnikiem obcych ciał stałych oraz przed szkodliwymi skutkami wnikającej wody, nie niższy niż IP54;
- zapewniać ochronę przed dotykiem bezpośrednim poprzez umieszczenie aparatury elektrycznej w odpowiednich obudowach;
- zapewniać ochronę przed dotykiem pośrednim, poprzez zastosowanie

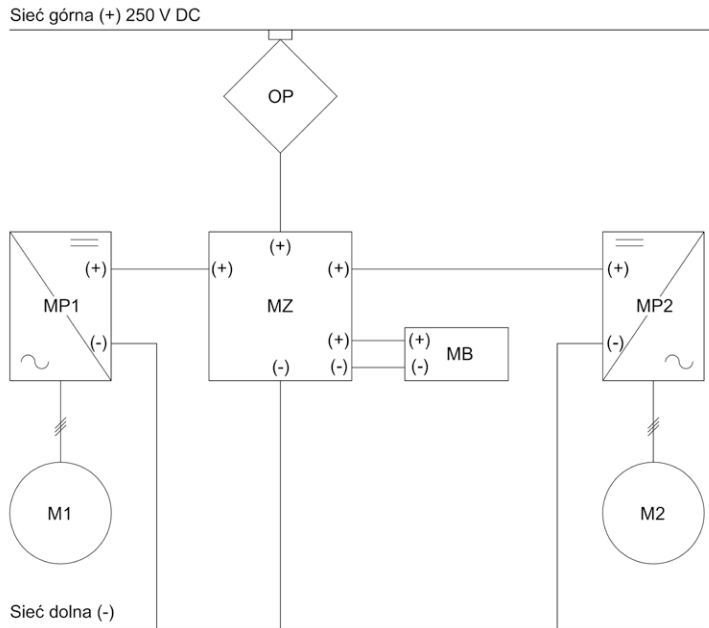


Rys. 1. Lokomotywa akumulatorowo-przewodowa [1]:

- a) firmy SIEMENS (w układzie podwójnym);
b) firmy ABB (ze sterowaniem tyrystorowym)



Rys. 2. Lokomotywa górnicza firmy Clayton [11]



Rys. 3. Elektryczny schemat blokowy [2]: OP – odbierak prądu; MZ – moduł zasilania; MP1, MP2 – moduł przekształtnika energoelektronicznego; MB – moduł baterii; M1, M2 – silniki napędowe

- zabezpieczeń przed skutkami zwarć, przeciążeń;
- posiadać obwody sterowania i sygnalowe;
 - pracować w temperaturze otoczenia od -20°C do 40°C , przy wilgotności względnej do 95%;
 - zapewniać rezystancję izolacji nie mniejszą niż $10\text{ M}\Omega$;
 - posiadać właściwe odstępstwa izolacyjne powierzchniowe i w powietrzu.

5. Model symulacyjny

Model symulacyjny układu zasilania wykonano w środowisku Matlab-Simulink w oparciu o schemat blokowy przedstawiony na rys. 3. Do budowy modelu

Tabela 1. Dane wejściowe modelu symulacyjnego układu napędowego [3]

Napięcie znamionowe zasilania	250 V DC
Maksymalna prędkość jazdy	5 m/s
Maksymalna siła pociągowa	30 kN
Moc silników napędowych	2 x 40 kW
Przekładnia	12,1
Średnica kół	730 mm
Masa lokomotywy	12 t
Pojemność akumulatorów	100 Ah
Obciążenie lokomotywy (wozy typu Granby)	20 szt
Nachylenie trasy	0,4 %

symulacyjnego przyjęto dane wejściowe zaprezentowane w tabeli 1.

Przyjęto, że model symulacyjny lokomotywy zasilany będzie z kopalnianej trakcji elektrycznej o napięciu znamionowym 250 V DC. W układzie napędowym zastosowano dwa bezszczotkowe silniki z magnesami trwałymi o mocy 40 kW, zasilane z osobnych przekształtników energoelektronicznych.

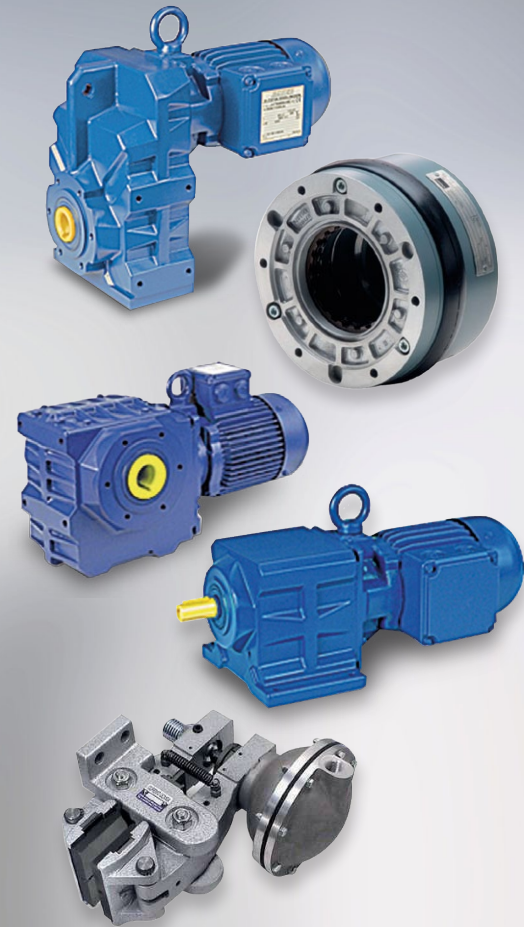
Model silnika elektrycznego zbudowano w oparciu o blok Simulinka. Sygnałem wejściowym był moment obciążenia wynikający z oporów ruchu jadącej lokomotywy. Moc wyjściowa silnika została przemnożona przez 2, symulując w ten sposób dwa silniki, które wykorzystano do budowy koncepcyjnej lokomotywy.

Do budowy modelu baterii akumulatorów wykorzystano blok Simulinka reprezentujący akumulator, który odpowiednio sparametryzowano. Sygnałami wejściowymi do baterii była moc chwilowa układu napędowego. Sygnałami wyjściowymi była wartość napięcia baterii, prądu oraz informacja o poziomie naładowania.

Model falownika zbudowano na podstawie struktury układu sterowania wektorowego połowo zorientowanego, ze sterowaniem bezpośrednim DFOC (ang. *Direct Field Oriented Control*).

reklama

Razem możemy osiągnąć więcej!



Oferujemy sprzedaż oraz serwis dla:

- Motoreduktorów
- Silników elektrycznych i przekładni
- Elektrobębnow
- Sprzęgieł i hamulców

Nowość w ofercie

- POMIARY WIBROAKUSTYCZNE
- POMIARY TERMOWIZYJNE
- POMIARY OCHRONNE

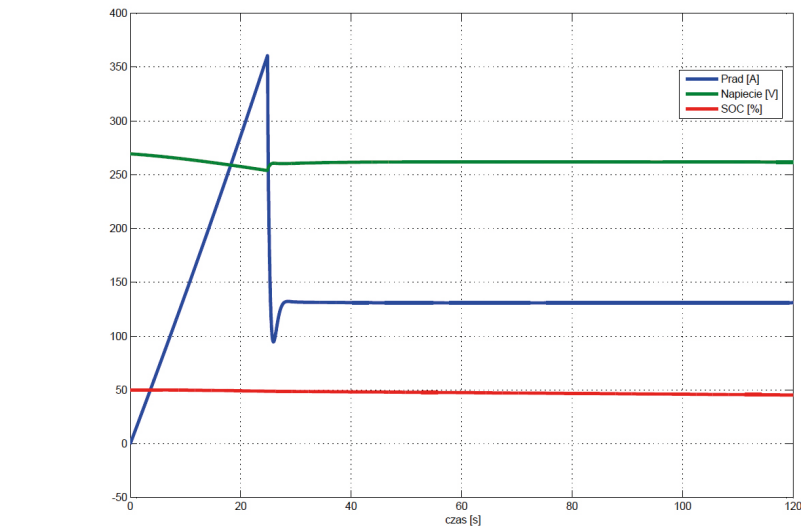


STEINLEN Polska Sp. z o.o.
ul. W. Grabskiego 4/8, 63-500 Ostrzeszów
tel. 62 732 23 50 lub 52, fax 62 732 23 51
www.steinlenpolska.pl

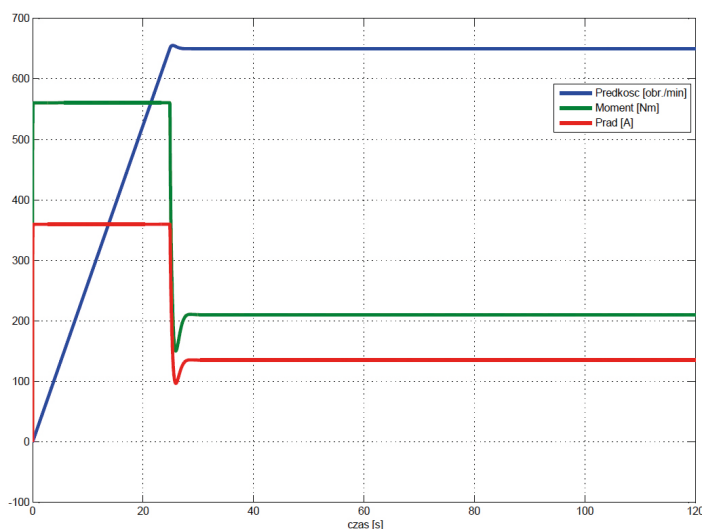
Zasada działania zamodelowanego układu sterowania połowo zorientowanego silnikiem PMSM polega na ciągłym pomiarze sygnałów sprzężenia zwrotnego (wartości prądów i_a , i_b , i_c oraz położenia kąta wirnika θ). Wielkością wejściową układu sterowania jest zadana prędkość (V_{zad}). Aktualna wartość prędkości obrotowej silnika napędowego VSE wyznaczana jest na podstawie sygnału pochodzącego z bloku silnika. Różnica prędkości zadanej w stosunku prędkości do silnika podawana jest na wejścia regulatora prędkości typu PI. Regulator ten służy do wyznaczenia wartości prądu i_{dz} . Poprzez pomiar prądów (i_a , i_b , i_c) wykonywana jest transformacja Clark, która umożliwia przejście z układu trójfazowego na dwufazowy (i_α , i_β). Następnie, przy wykorzystaniu informacji o położeniu kąta wirnika (θ) z bloku silnika, wykonywana jest transformacja Parka, dzięki której możliwe jest przejście na układ współrzędnych wirujący. W ten sposób otrzymano wartości prądów (i_d , i_q). W kolejnym kroku wartości prądów zadanych (i_{dz} , i_{qz}) przyrównywano do wartości prądów obliczonych (i_d , i_q), a ich wyniki podawano na regulatory prądu typu PI, które wyznaczały nowe wartości napięć (U_q , U_d). Wartości tych napięć, przy równoczesnym wykorzystaniu informacji o położeniu wirnika θ , poddawano odwrotnej transformacji Parka, w wyniku której otrzymano wartości napięć (U_α , U_β). Na podstawie obliczonych wartości napięć (U_α , U_β), za pomocą odwrotnej transformacji Clark, generowano napięcia (U_a , U_b , U_c), które posłużyły do sterowania tranzystorami mocy falownika.

Podczas badań symulowano:

- przejazd lokomotywy zasilanej z akumulatora z pustymi wozami, po wzniosie;
- przejazd lokomotywy zasilanej z akumulatora z pełnymi wozami, po upadzie;
- przełączenie zasilania z trakcji na baterię akumulatorów;
- przejazd lokomotywy zasilanej z trakcji przewodowej z pustymi wozami, po wzniosie;
- przejazd lokomotywy zasilanej z trakcji przewodowej z pełnymi wozami, po upadzie;
- rozładowywanie baterii.



Rys. 4. Przebiegi prądu, napięcia oraz stopnia rozładowania akumulatora dla jazdy lokomotywy z pełnymi wozami po upadzie 0,4%, zasilanej z akumulatora [3]



Rys. 5. Przebiegi prądu, momentu oraz prędkości obrotowej silnika dla jazdy lokomotywy z pełnymi wozami po upadzie 0,4%, zasilanej z akumulatora [3]

W czasie symulacji rejestrowano wartości: prądu, napięcia i stan naładowania baterii akumulatorów oraz prądu, momentu i prędkości obrotowej pojedynczego silnika napędowego.

Maksymalny prąd silnika ograniczono przez nastawy falownika do wartości 360 A (prąd znamionowy silnika). Wartość skuteczną prądu podczas rozruchu wynosiła 360 A. Można zatem stwierdzić, że regulator typu PI, sterujący ograniczeniem prądowym silnika, został zamodelowany prawidłowo. Zgodnie z [8] dla prądu znamionowego 360 A moment silnika powinien

wynosić 560 Nm. Tę wartość momentu uzyskano podczas rozruchu. Zatem model silnika również został poprawnie zamodelowany. Również model układu przełączania zasilania lokomotywy z trakcji na baterię akumulatorów działał prawidłowo.

Na rys. 4 i 5 przedstawiono przykładowe, wybrane przebiegi uzyskane podczas badań symulacyjnych.

Wyniki badań symulacyjnych [3] wykazały, że silnik napędowy lokomotywy z pełnymi wozami rozpędza się do prędkości znamionowej w czasie 25 sekund, natomiast z pustymi w czasie

18 sekund. Prąd lokomotywy z pełnymi wozami wynosi 130 A, natomiast z pustymi 205 A. Różnica ta wynikała przede wszystkim z nachylenia, po jakim poruszała się lokomotywa. Czas jazdy lokomotywy zasilanej z baterii akumulatorów wynosił maksymalnie 40 min dla transportu z wozami pełnymi po upadzie 0,4% i 25 minut z wozami pustymi po nachyleniu 0,4%.

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki pracy realizowanej w ITG KOMAG nad opracowaniem trakcyjno-akumulatoremowego układu napędu elektrycznego lokomotywy spągowej, przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego.

Przedstawiono wyniki badań symulacyjnych modelu trakcyjno-akumulatoremowego układu napędu elektrycznego, wyposażonego w silniki z magnesami trwałymi wraz ze składem wozów kopalnianych, z uwzględnieniem zamodelowanej trasy jazdy odzwierciedlającej warunki rzeczywiste. Badania przeprowadzono w programie Matlab-Simulink.

W badaniach wykorzystano modele silnika elektrycznego z magnesami trwałymi, baterii akumulatorów oraz falownika. Trakcję elektryczną stanowił blok źródła napięcia stałego 250 V. Jako obciążenie wykorzystano wozy kopalniane typu Granby.

W czasie symulacji rejestrowano wartości prądu, napięcia i stanu naładowania baterii akumulatorów oraz prądu, momentu i prędkości obrotowej pojedynczego silnika napędowego.

Wartość skuteczna prądu podczas ruchu wynosiła 360 A. Prąd lokomotywy z pełnymi wozami wyniósł 130 A (jazda po upadzie), natomiast z pustymi 205 A (jazda po wzniosie). Stwierdzono, że regulator typu PI, sterujący ograniczeniem prądowym silnika, został zamodelowany prawidłowo. Czas jazdy lokomotywy zasilanej z baterii akumulatorów wynosił maksymalnie 40 min dla transportu z wozami pełnymi po upadzie 0,4% i 25 minut z wozami pustymi po nachyleniu 0,4%.


Koncepcję trakcyjno-akumulatoremowego napędu elektrycznego oparto na połączeniu zastosowanych rozwiązań lokomotywy trakcyjnej Ld-31EM i lokomotywy akumulatorowej typu Lea. Głównym założeniem rozwiązania jest to, że energia elektryczna indukowana w trakcie hamowania elektrycznego lokomotywy zostanie spożytkowana na ładowanie baterii ogni, nie tracona w rezystorach hamowania, jak to ma miejsce obecnie w górniczych lokomotywach trakcyjnych. Wykorzystanie energii elektrycznej indukowanej w trakcie hamowania elektrycznego na potrzeby doładowywania baterii akumulatorów zwiększy sprawność układu napędowego lokomotywy.

Literatura

- [1] DUDEK W., GRZBIELA C., MACHOWSKI A., MACHOWSKI J.: *Maszyny, urządzenia elektryczne w automatyka w górnictwie*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
- [2] BUDZYŃSKI Z., DEJA P., KONSEK R., POLNIK B.: *Innowacyjny hybrydowy układ napędu elektrycznego – Koncepcja innowacyjnego hybrydowego napędu*

elektrycznego. Praca statutowa ITG KOMAG 2016 (niepublikowana).

- [3] DEJA P., KONSEK R., KURPIEL W., POLNIK B.: *Innowacyjny hybrydowy układ napędu elektrycznego – Badania symulacyjne*. Praca statutowa ITG KOMAG 2016 (niepublikowana).
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej.
- [5] PN-G-42000:1996 Górnictwo. Elektroenergetyka kopalniana. Napięcia znamionowe.
- [6] PN-G-47071:1997 Górnicze koleje podziemne. Ładownice baterii akumulatorów trakcyjnych. Wymagania.
- [7] PN-G-50090:1997 Ochrona pracy w górnictwie. Sieć elektryczna trakcji przewodowej. Wymagania.
- [8] Dokumentacja techniczno-ruchowa (instrukcja obsługi) Silnik trójfazowy synchroniczny z magnesami trwałymi typu PMP 250L-w.
- [9] Karta katalogowa. Dołowa lokomotywa elektryczna Ld-31EM.
- [10] Karta katalogowa ogniwo litowo-żelazowo-fosforanowych SP-LFP 100AHA.
- [11] Strona internetowa: www.clayton.com.

 mgr inż. Przemysław Deja
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
e-mail: pdeja@komag.eu

artykuł recenzowany

reklama



Produkcja wyciskanych i ciągnionych półproduktów wykonanych ze stopów aluminium dla najwyższych wymagań

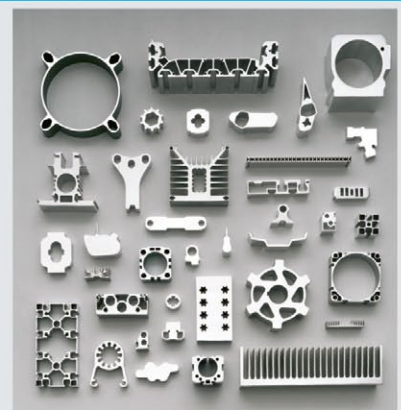
EURAL

ALUMINIUM Z TECHNOLOGIĄ

EURAL GNUTTI S.p.A. Via S. Andrea, 3 - 25038 Rovato (Brescia) Włochy
telefon + 39 030 7725011 | www.eural.com



PRZEDSTAWICIEL W POLSCE - Nonferrometal ul.Solna 17a, 32-600 Oświęcim, Poland
Mob + 48 (502) 643003
office@nonferrometal.com | www.nonferrometal.com
Mr. Wojciech Wróbel



Profile do aplikacji przemysłowych:
- Pneumatycznych - Hydraulicznych
- Rozpraszających ciepło - Motoryzacyjnych

Badania innowacyjnego układu zasilająco-sterującego spągłodowarki górniczej

Przemysław Deja, Dariusz Kapuściński, Andrzej Niedworok, Bartosz Polnik

1. Wstęp

W polskim górnictwie węglowym do pobierki spągu oraz wszędzie tam, gdzie wymagane jest usunięcie pozostawionych po odstrzeleniu fragmentów skały pływnej i węgla z ociosów oraz stropu, stosowane są maszyny pomocnicze zwane spągłodowarkami [1, 2, 5, 6]. Maszyny te służą również do podciągania materiałów typu: rury, pręty, szyny itp. w różnych miejscach przebudów infrastruktury kopalnianej [3]. Są maszynami samobieźnymi na podwoziu gąsienicowym, o napędzie elektrohydraulicznym (rys. 1). Wadą stosowanych rozwiązań jest ograniczona mobilność oraz narażenie kabla zasilającego na uszkodzenia mechaniczne. Innowacyjne rozwiązanie spągłodowarki, ograniczające ww. problem, jest realizowane w ramach projektu pt. „Innowacyjna maszyna mobilna z uniwersalnym układem napędu elektrycznego, podwyższającym poziom bezpieczeństwa technicznego” HYDKOM 75 w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020. Projekt realizowany w ramach konsorcjum (jednostka naukowo-badawcza – Instytut Techniki Górniczej KOMAG jako lider i partner przemysłowy – HYDROTECH SA). Celem projektu jest zaprojektowanie, wykonanie oraz przebadanie ww. maszyny górniczej.

Maszyna dostosowana będzie do prac związanych z utrzymaniem właściwego stanu spągu w wyrobiskach górniczych potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu lub/i pyłu węglowego. W artykule omówiono realizację wybranych badań układu zasilająco-sterującego przedmiotowej maszyny górniczej. Przeprowadzone badania dotyczyły możliwości jego bezpiecznego stosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Zostały podzielone na dwa etapy: wyposażenie elektryczne, wyposażenie mechaniczne.



Rys. 1. Spągłodowarka typu BH 3000 [4]

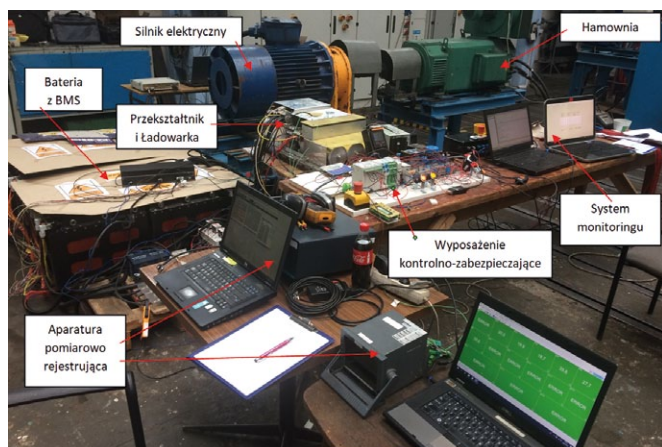
Streszczenie: W artykule omówione zostały badania laboratoryjne innowacyjnego układu zasilająco-sterującego spągłodowarki górniczej, opracowanego w ramach realizacji projektu o akronimie HYDKOM 75, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Badania miały na celu zweryfikowanie przyjętych założeń technicznych oraz funkcjonalności opracowanego rozwiązania z uwzględnieniem możliwości zastosowania przedmiotowego układu zasilająco-sterującego w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Innowacyjny układ zasilająco-sterujący spągłodowarki górniczej został opracowany i zbudowany w oparciu o baterię ogniw litowych, zwiększającą mobilność przedmiotowego rozwiązania. Ponadto po rozładowaniu baterii układ zasilająco-sterujący umożliwi pracę spągłodowarki przy zasilaniu przewodowym z sieci kopalnianej, kiedy to następuje proces ładowania baterii ogniw. Dzięki takiemu rozwiązaniu górnicza spągłodowarka może być eksploatowana praktycznie bez przerwy.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe, badania, bezpieczeństwo

🇬🇧 TESTS OF THE INNOVATIVE POWER SUPPLY AND CONTROL SYSTEM OF THE ROADHEADING MINING MACHINE

Abstract: The article discusses laboratory tests of an innovative power supply and control system for a roadheading mining machine, developed as part of the project on the acronym HYDKOM 75 co-financed by the National Center for Research and Development. The research was aimed at verifying the adopted technical assumptions and functionality of the developed solution, taking into account the possibility of using the power and control system in potentially explosive atmospheres. The innovative power supply and control system of the roadheading mining machine was developed and built based on the battery of lithium cells, increasing the mobility of the solution in question. In addition, after the battery has been discharged, the power supply and control system allows the charger to operate on the line power from the mine network, when the battery cells are being charged. Thanks to such a solution, the mining machine can be operated practically without interruption.

Keywords: mining industry, electric machines, battery power supply system, tests, safety



Rys. 2. Wyposażenie elektryczne układu zasilająco-sterującego na stanowisku badawczym [7]

2. Obiekt i miejsce badań

Obiektem badań był układ zasilająco-sterujący górniczej spągoloadarki opracowany i wykonany w ramach realizacji projektu HYDKOM 75. Układ ten składał się z wyposażenia elektrycznego (rys. 2), w skład którego wchodziły między innymi takie elementy, jak: bateria ogniw z BMS, przekaźnik energoelektryczny, ładowarka, elementy elektryczne i elektroniczne odpowiedzialne za kontrolę i zabezpieczenie itp. Wyposażenie elektryczne zostało zestawione na stanowisku hamowni w laboratorium badań stosowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG. Hamownia była sprzęgnięta z górniczym silnikiem elektrycznym trójfazowym, który odpowiadał parametrami elektrycznymi docelowemu silnikowi napędowemu spągoloadarki. Silnik elektryczny był zasilany z baterii ogniw litowych za pośrednictwem przekaźnika energoelektrycznego.

Dzięki odpowiedniemu wysterowaniu stanowiska hamowni możliwym było przebadanie układu zasilająco-sterującego w szerokim zakresie zmiany obciążenia silnika elektrycznego – warunki symulujące rzeczywisty zakres pracy spągoloadarki. Nieodzownym elementem układu zasilająco-sterującego jest jego obudowa w wykonaniu przeciwybuchowym (rys. 3). Również i ona została poddana szeregowi badań dotyczących możliwości jej bezpiecznego zastosowania w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem.

3. Cel i zakres badań

3.1. Cel badań

Celem badań laboratoryjnych było zweryfikowanie założeń konstrukcyjnych oraz funkcjonalnych opracowanego układu zasilająco-sterującego górniczej spągoloadarki oraz zweryfikowanie możliwości jego bezpiecznego zastosowania w podziemiach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Wyniki z przeprowadzonych badań zostały skonsultowane z wybraną jednostką certyfikującą przewidzianą do przeprowadzenia procesu certyfikacji nowo opracowanej maszyny górniczej.

3.2. Zakres badań

Zakres badań obejmował szereg prób dotyczących bezpieczeństwa stosowania układu zasilająco-sterującego w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oraz uzyskania założonych

Cantoni[®]
GROUP

**DRIVING
YOUR
BUSINESS**



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



www.cantongroup.com

parametrów technicznych i funkcjonalnych. Obudowy przeciwwybuchowe wyposażenia elektrycznego zostały poddane między innymi badaniom:

- wytrzymałości mechanicznej na;
- stopnia ochrony IP54;
- złącz ognioszczelnych;
- ciśnienia odniesienia;
- próby nadciśnienia;
- przeniesienia się wybuchu.

Zaś w zakresie wyposażenia elektrycznego zbadano między innymi:

- poprawność działania systemu BMS;
- poprawność działania systemu kontrolno-zabezpieczającego;
- poprawność działania układu sterowania;
- poprawność realizacji procesu ładowania i rozładowania baterii.

4. Przebieg i wyniki badań

4.1. Badanie wyposażenia elektrycznego

Innowacyjny układ zasilająco-sterujący przeznaczony dla spągoloadarki górniczej poddano badaniom funkcjonalnym, które obejmowały cykle ładowania baterii (prąd ładowania 30 A) oraz cykle rozładowania (praca silnika przy prądzie fazowym równym 75 A). Podczas cykli ładowania i rozładowania dokonywano pomiaru temperatur w wybranych miejscach radiatora, na którym zainstalowany był przekształtnik wraz z ładowarką (rys. 4).

Proces ładowania baterii

Proces ładowania baterii realizowany był przy użyciu dedykowanej ładowarki zasilanej z trójfazowej sieci elektrycznej o wartości napięcia 3×500 V AC. Ładowarka dostarczała do baterii prąd stały o natężeniu 30 A. Proces ładowania (rys. 5) był kontrolowany przez sterownik nadrzędny, komunikujący się z ładowarką oraz systemem nadzoru baterii ogni (BMS) za pomocą magistrali CAN. Dla przeprowadzonych prób proces ładowania kończył się, kiedy napięcie na pojedynczym ogniwie baterii osiągnęło wartość maksymalną 3,65 V. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy przebieg napięcia U_{dc} , prądu I_{dc} oraz mocy P_{dc} w obwodzie DC baterii zarejestrowany podczas procesu ładowania. Przedstawiony proces ładowania zakończył się automatycznie, na skutek osiągnięcia maksymalnej wartości napięcia pojedynczego ogniwa (3,65 V DC).

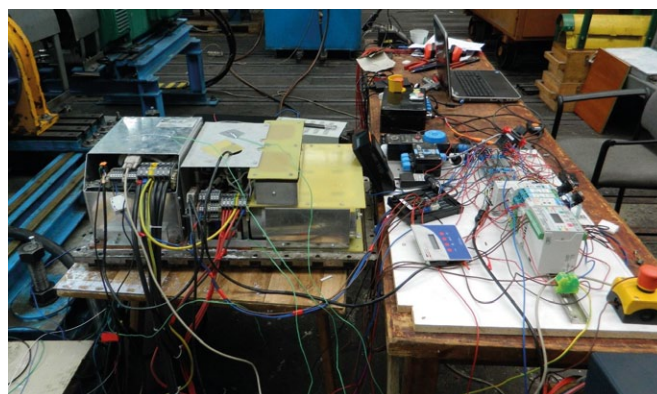
Podczas procesu ładowania na płycie miedzianej ładowarki zarejestrowano maksymalną wartość temperatury 33,6°C. Temperatura otoczenia podczas badań wynosiła 17,8°C.

Proces rozładowania baterii

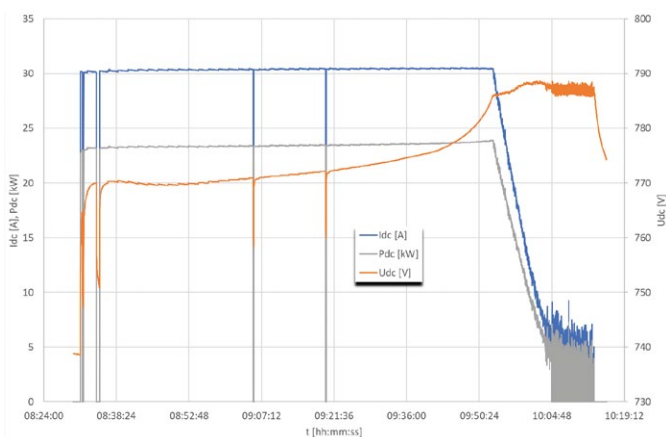
Proces rozładowania baterii wykonano przy użyciu dedykowanego przemiennika częstotliwości. Przemiennek zasiliał elektryczny silnik indukcyjny zainstalowany na stanowisku hamowni, tak aby wymusić prąd fazowy o natężeniu ok. 75 A (znamionowa wartość prądu przemiennika). Podczas badań utrzymywano stałą wartość prędkości obrotowej silnika (wynikającą z zadanej częstotliwości przez przemiennik 50 Hz) oraz moment obrotowy, skutkujący utrzymywaniem założonego natężenia prądu fazowego ~ 75 A. Proces rozładowania



Rys. 3. Osłona przeciwwybuchowa układu zasilająco-sterującego [7]

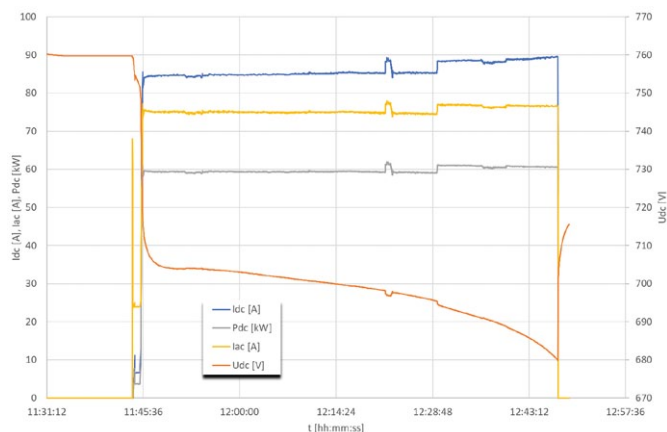


Rys. 4. Przekształtnik oraz ładowarka zamocowane na radiatorze [7]



Rys. 5. Przebiegi czasowe wybranych wielkości elektrycznych podczas procesu ładowania [7]

rozpoczęto po wcześniejszym naładowaniu baterii. Praca przemiennika oraz baterii (systemu BMS) była kontrolowana przez sterownik nadrzędny. Dla przeprowadzonych prób proces ładowania kończył się, kiedy napięcie na pojedynczym ogniwie baterii osiągnęło wartości minimalnej, tj. 2,65 V. Na rys. 6 przedstawiono wartość napięcia U_{dc} , prądu I_{dc} oraz mocy P_{dc} w obwodzie DC baterii zarejestrowany podczas przykładowego procesu rozładowania baterii (praca). Przedstawiony proces rozładowania zakończył się automatycznie, na skutek osiągnięcia wartości minimalnej napięcia pojedynczego ogniwa (2,65 V).



Rys. 6. Przebiegi czasowe wybranych wielkości elektrycznych podczas rozładowania baterii [7]

Podczas procesu rozładowania na płycie miedzianej przekształtnika zarejestrowano maksymalną wartość temperatury 24,5°C. Temperatura otoczenia podczas badań wynosiła 18,4°C.

4.2. Badanie osłony przeciwwybuchowej

Przedmiotem badań była dwukomorowa osłona ognioszczelna układu zasilająco-sterującego (rys. 3). Podczas badań badane komory zostały wypełnione elementami symulującymi elementy docelowego wyposażenia komór (rys. 7). Podczas badań ciśnienia odniesienia oraz wytrzymałości na ciśnienie skrzynie były wyposażone w uszczelki. Podczas badań nieprzenoszenia się wybuchu wszystkie uszczelnienia zostały zdemonstrowane.



Rys. 7. Widok wypełnienia wnętrza komory skrzyni akumulatorowej [7]

Określenie ciśnienia odniesienia

Badanie przeprowadzono zgodnie z punktem 15.2.2.2 oraz normy PN-EN 60079-1:2014-12. Badanie polegało na pomiarze ciśnienia wywołanego wybuchem mieszaniny metanu z powietrzem (9,8±0,5)%. Wyniki prób zestawiono w tabeli 1. Jako wynik ostateczny przyjmuje się największą zmierzoną wartość. W trakcie badania obudowa posiadała wypełnienie zgodne z rys. 7.

Próba nadciśnienia

Badanie przeprowadzono zgodnie z punktem 15.2.3 normy PN-EN 60079-1:2014-12. Próba polegała na wywołaniu wewnątrz badanej komory ciśnienia wynoszącego 1,5-krotną wartość ciśnienia odniesienia. Badanie przeprowadzono metodą statyczną. Przebieg ciśnienia z przeprowadzonej próby przedstawiono na rys. 8 i rys. 9.

Po przeprowadzeniu próby nadciśnienia nie stwierdzono trwałego powiększenia prześwitów złącz ognioszczelnych ani



Nauka w relacji Człowiek - Przemysł - Środowisko

Od 95 lat wytyczamy drogi postępu naukowego w polskim przemyśle – górnictwie, geologii inżynierskiej oraz inżynierii środowiska. Nieustannie rozwijamy nowe obszary badawcze. Prowadzimy prace dla wielu branż przemysłowych, instytucji państwowych i samorządowych.

Nasz potencjał to 18 zakładów naukowo-badawczych, akredytowane laboratoria badawcze, Centrum Czystych Technologii Węglowych, Centrum Inżynierii Środowiska, Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej, Centrum Badań nad Klimatem oraz Odnawialnymi Źródłami Energii, Jednostka Oceny Zgodności, Centrum Szkoleniowo-Informacyjne, Biblioteka i wydawnictwo naukowe oraz jedyna w Europie kopalnia doświadczalna „Barbara”.

Innowacyjność opracowywanych rozwiązań, to podstawowy atrybut GIG – jednego z największych instytutów badawczych w Polsce.

Tabela 1. Wyniki pomiaru określenia ciśnienia odniesienia

Lp.	Oznaczenie komory poddawanej próbie	Nr próby	Ciśnienie [bar]		
			Cz1	Cz2	Cz3
1	Komora akumulatorów	1	4,65	6,03	-
2		2	5,93	4,49	-
3		3	3,98	5,55	-
4	Komora sterująca	1	-	4,40	4,54
5		2	-	4,53	4,64
6		3	-	4,28	4,40

uszkodzeń naruszających budowę przeciwybuchową dla żadnej ze skrzyń. Dla skrzyni akumulatorów stwierdzono trwałe odkształcenie (wybrzuszenie) przednich pokryw (drzwi). Zmierzone odkształcenie w największym punkcie wynosiło dla prawych i lewych pokryw odpowiednio 1,5 i 3,0 mm. W związku z powyższym konieczne było przeprowadzenie mechanicznej modyfikacji ww. pokryw.

Próba nieprzenoszenia się wewnętrznego wybuchu

Próby zostały wykonane zgodnie z punktem 15.3.2. normy PN-EN 60079-1:2014-12 z wykorzystaniem $(12,5 \pm 0,5)\%$ mieszaniny wodoru – metanu $[(58 \pm 1)\% \text{ metan i } (42 \pm 1)\% \text{ wodor}]$ z powietrzem. Prześwity oraz długości złącz ognioszczelnych zostały przygotowane przed przystąpieniem do badań zgodnie z wymaganiami normy. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

5. Podsumowanie

W artykule omówiono wybrane badania układu zasilająco-sterującego innowacyjnej spągłodawarki górniczej. Badania dotyczyły wyposażenia elektrycznego oraz mechanicznego (obudowy przeciwybuchowej). Przedstawiono zakres badań, obiekt badań oraz stanowisko badawcze. Omówiono kolejno przebieg poszczególnych prób oraz uzyskane wyniki z prób. W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzone zostały założenia projektowo-konstrukcyjne dotyczące parametrów technicznych i funkcjonalnych.

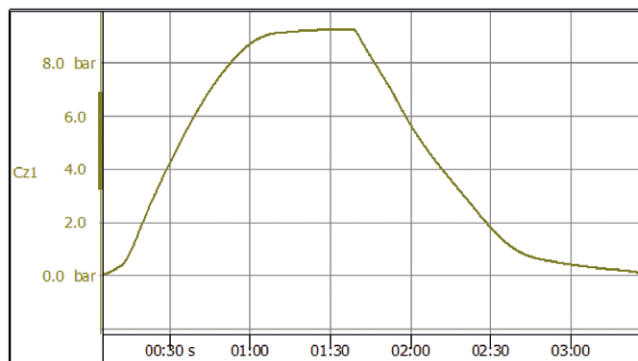
Ewentualne nieprawidłowości, jakie zostały wychwycone w toku realizacji badań, były na bieżąco weryfikowane i usuwane. W ramach dalszych prac w projekcie HYDKOM 75 przeprowadzone zostaną badania funkcjonalne prototypu spągłodawarki górniczej w warunkach odpowiadających rzeczywistej eksploatacji maszyny górniczej.

Literatura

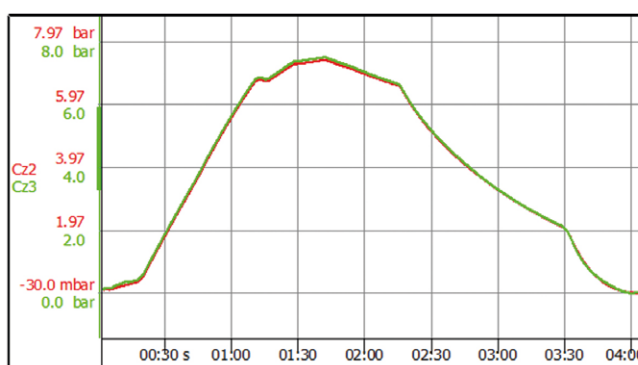
[1] KALITA M.: *Spągłodawarka górnicza jako wielofunkcyjna maszyna robocza z podwoziem gąsienicowym o szerokości 1000 mm.* „Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych”, TUR 2011.

[2] Klich A.: *Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego.* Praca zbiorowa, Katowice 1999.

[3] KAPUŚCIŃSKI D., POLNIK B.: *Innowacyjny układ zasilająco-sterujący spągłodawarki górniczej.* „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2(118)/2018.



Rys. 8. Przebieg ciśnienia podczas próby nadciśnienia dla skrzyni akumulatorów [7]



Rys. 9. Przebieg ciśnienia podczas próby nadciśnienia dla skrzyni sterującej [7]

Tabela 2. Wyniki badania próby nieprzenoszenia się wewnętrznego wybuchu

Lp.	Oznaczenie komory poddawanej próbie	Liczba prób	Liczba przeniesień
1	Komora akumulatorów	10	0
2	Komora sterująca	5	0

[4] POLNIK B.: *Uniwersalny układ napędu elektrycznego podwyższający poziom bezpieczeństwa technicznego maszyn górniczych.* „ElektroInfo”, 7–8/2018.

[5] PRZYBYŁA H., CHMIELA A.: *Technika i organizacja w robotach przygotowawczych.* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

[6] REMIORZ E.: *Wyznaczenie masy krytycznej urobku w czepaku ładowarki do pobierki spągu.* „Archives of Mining”, 3/2017.

[7] Sprawozdanie z projektu nr POIR.04.01.02-00-0102/16. rok 2018 – materiały niepublikowane.

mgr inż. Przemysław Deja, e-mail: pdeja@komag.eu
 dr inż. Andrzej Niedworok, e-mail: aniedworok@komag.eu
 dr inż. Bartosz Polnik, e-mail: bpolnik@komag.eu
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG;
 Dariusz Kapuściński, e-mail: d.kapuscinski@hydrotech.com.pl
 BHYDROTECH SA

artykuł recenzowany

Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego

Przemysław Deja, Krzysztof Okrent, Bartosz Polnik

1. Wstęp

W samojezdnymi wozach strzelniczych (rys. 1) do napędu układu jezdnygo zastosowany jest wysokoprężny silnik spalinowy. Natomiast do napędu urządzeń technologicznych zabudowanych na tych wozach (tj. modułowego urządzenia pompowego służącego do wytwarzania i ładowania materiału wybuchowego do otworów strzałowych oraz układu podnoszenia kosza) stosowany jest silnik elektryczny, który napędza pompę hydrauliczną. Silnik elektryczny na napięcie znamionowe 500 V, zasilany za pośrednictwem przewodu elektrycznego. Każdorazowe rozwijanie oraz zwijanie przewodu zasilającego jest uciążliwe, czasochłonne oraz stwarza duże zagrożenie dla pracującej załogi wozu w rejonie przodka. Ponadto zdarza się, że po rozwinięciu i podłączeniu przewodu do rozdzielnic występuje brak napięcia zasilającego w rozdzielnic.



Rys. 1. Samojezdny wóz strzelniczy [3]

W niniejszym artykule przedstawiono opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach rozwiązanie akumulatorowego zespołu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego produkcji KGHM ZANAM.

Głównym zadaniem konstruktorów na etapie projektowania akumulatorowego zespołu zasilania była optymalizacja zużycia energii oraz podwyższenie bezpieczeństwa eksploatacyjnego. Prace projektowe poprzedzono badaniami w warunkach rzeczywistej eksploatacji istniejącego układu zasilającego samojezdnego wozu strzelniczego zasilanego przewodowo.

Opracowany akumulatorowy zespół zasilający składa się z modułu baterii i aparatury zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolno stojącego modułu ładowania opracowanego w Zakładzie Energoelektroniki Twerd.

2. Akumulatorowy zespół zasilający

2.1. Moduł baterii i aparatury

Ze względu na ograniczone miejsce na konstrukcji wozu strzelniczego wyposażenie elektryczne akumulatorowego zespołu zasilającego zostało rozlokowane w dwóch osobnych modułach: w module baterii i module aparatury.

W module baterii zabudowanym na wozie strzelniczym (rys. 2) umieszczono zestaw ośmiu kaset z ogniwami litowo-żelazowo-fosforanowymi (LiFePO₄) wraz z systemem

Streszczenie: W artykule przedstawiono opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego. Zespół ten składa się z modułu baterii i aparatury, zabudowanych na wozie strzelniczym oraz wolno stojącego modułu ładowania. Wprowadzenie akumulatorowego zasilania układu roboczego zabudowanego na wozie (tj. modułowego urządzenia pompowego oraz układu manewrowania „koszem”) wraz z obwodami pomocniczymi i sterowania, w miejsce stosowanego w dotychczasowych rozwiązaniach zasilania przewodowego jest istotną innowacją wozu strzelniczego. Należy zwrócić uwagę na pierwsze zastosowanie baterii ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych (LiFePO₄) w maszynie przeznaczonej do eksploatacji w podziemnym wyrobisku rud miedzi i innych kopalniach niewęglowych. Ogniwa litowe charakteryzują się wysoką gęstością energii oraz wysoką gęstością mocy, w stosunku do powszechnie stosowanych baterii ogniw kwasowo-ołowiowych, i nie wydzielają gazów elektrolitycznych (np. wodoru) podczas eksploatacji. Akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego może być stosowany w podziemnych niemetalowych zakładach górniczych wydobywających rudy metali i w zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Słowa kluczowe: górnictwo, maszyny elektryczne, zasilanie akumulatorowe

BATTERY POWER SUPPLY UNIT FOR SELF-PROPELLED BLASTING UTILITY VEHICLE

Abstract: Battery power supply unit for self-propelled blasting utility vehicle designed in the KOMAG Institute for Mining Industry is presented. This unit consists of the battery module and fittings installed on the blasting utility vehicle as well as free-standing loading module. Introduction of battery unit to supply the working system installed on the vehicle (i.e. modular pumping unit and “bucket” manoeuvring system) together with auxiliary and control circuits, replacing the currently used cable power supply is an important innovation in the blasting utility vehicle design. Attention should be drawn to the fact of using the lithium-iron-phosphate (LiFePO₄) battery for the first time in a machine operating in underground copper ore mine or in other non-coal mines. Lithium batteries have higher energy density and higher power density than commonly used lead-acid batteries and they do not emit electrolytic gases (e.g. hydrogen). Battery power supply unit for self-propelled blasting utility vehicle can be used in underground, methane-free metal ores mining plants or in the mining plants extracting other minerals.

Keywords: mining industry, electric machines, battery power supply systems



Rys. 2. Moduł baterii zabudowany na wozie strzelniczym [2]

nadzoru BMS (ang. *Battery Management System*), falownik, wyłącznik główny, zasilacz 24 V oraz urządzenia kontrolno-zabezpieczające.

Poszczególne obwody wyprowadzono z modułu za pośrednictwem złącz wtykowych. Na drzwiach bocznych modułu umieszczono napęd wyłącznika głównego, napęd wyboru rodzaju pracy (ładowanie lub praca bateryjna), wyłącznik awaryjny oraz wziernik z wyświetlaczem.

Zastosowane w module baterii ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe posiadają obudowę hermetyczną i nie wydzielają żadnych gazów w warunkach normalnej eksploatacji. Ogniwa te nie stwarzają też zagrożenia pożarowego.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu baterii.

Pozostałe wyposażenie elektryczne ze względu na brak wolnej przestrzeni w module baterii umieszczono w osobnym module aparatury (rys. 3).

W tabeli 2 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu aparatury.

Poszczególne obwody elektryczne ze względu na stały charakter połączeń wyprowadzono z modułu aparatury za pomocą dławnic kablowych.

Na rys. 4 przedstawiono blokowy schemat elektryczny ilustrujący współpracę modułów wraz z silnikiem elektrycznym o mocy 15 kW i pulpitem sterowniczym wozu strzelniczego podczas pracy bateryjnej.

2.2 Moduł ładowania

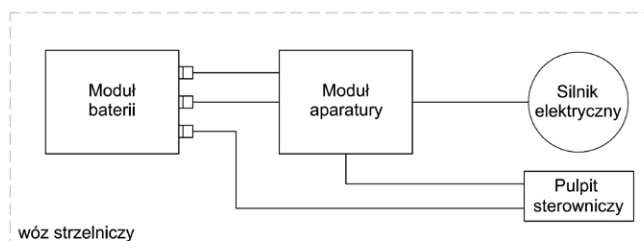
Moduł ładowania (rys. 5) jest urządzeniem wolno stojącym i jest przeznaczony do ładowania modułu baterii zabudowanego na wozie strzelniczym. Producentem modułu ładowania jest Zakład Energoelektroniki Twerd.

Moduł ładowania zasilany jest z kopalnianej sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 500 V z uziemionym punktem neutralnym transformatora.

Moduł posiada trzy niezależne odpływy o mocy 20 kW. Umożliwiają one bezpieczne naładowanie trzech modułów baterii (rys. 2) o łącznej energii 96 kWh w czasie niespełna



Rys. 3. Moduł aparatury zabudowany na wozie strzelniczym [2]



Rys. 4. Schemat elektryczny blokowy - tryb pracy bateryjnej. Falownik DC/AC [2]

Tabela 1. Dane techniczne modułu baterii

Max. napięcie baterii	292 V DC
Znamionowe napięcie baterii	264 V DC
Min. napięcie baterii	200 V DC
Energia baterii	32 kWh
Znamionowy prąd baterii	80 A DC
Napięcie znamionowe wyjściowe z falownika	150 V 50 Hz
Prąd znamionowy wyjściowy z falownika	50 A
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP67
Wymiary	1025 × 595 × 720 mm
Masa	800 kg

Tabela 2. Dane techniczne modułu aparatury

Napięcie znamionowe	150 V, 50 Hz
Prąd znamionowy	75 A
Napięcie pomocnicze	24 V DC
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP67
Wymiary	760 × 384 × 314 mm
Masa	71 kg



Rys. 5. Moduł ładowania [2]

2 godzin. Komunikacja modułu ładowania z systemem nadzoru BMS modułu baterii odbywa się poprzez magistralę CAN. Wyposażenie elektryczne modułu ładowania umieszczone jest w metalowej obudowie o stopniu ochrony IP56, zabezpieczonej antykorozyjnie. Chłodzenie modułu odbywa się w sposób pasywny (wewnątrz szafy umieszczono kilka wentylatorów w celu zapewnienia obiegu powietrza).

Tabela 3. Dane techniczne modułu ładowarki

Układ sieci	IT
Napięcie znamionowe zasilania	3x 500 V (-15% +10%); 45-66 Hz
Prąd znamionowy wejściowy	125 A
Ilość wyjść	3
Prąd wyjściowy maksymalny	100 A DC (do każdego z wyjść)
Moc wyjściowa maksymalna	20 kW (do każdego z wyjść)
Interfejs komunikacyjny	magistrala CAN
Stopień ochrony obudowy	IP56
Wymiary	1830 × 1550 × 884 mm
Masa	1100 kg

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe dane techniczne modułu ładowania.

Na rys. 6 przedstawiono blokowy schemat elektryczny ilustrujący współpracę modułu ładowania z modułem baterii podczas trybu ładowania.

Proces ładowania baterii odbywa się w sposób bezemisyjny, nieistwarzający zagrożenia pożarowego ani jakiegokolwiek

reklama

made in Poland

na rynku od **1980** roku

elhand TRANSFORMATORY

ELHAND Transformatory Sp. z o. o.

Lubliniec

polska jakość

www.elhand.pl

O firmie

Jesteśmy polską firmą istniejącą na rynku od 1980 r. Zakres naszej produkcji obejmuje urządzenia, które mogą pracować w różnych strefach klimatycznych. Wyróżnia nas jakość wykonania poparta licznymi certyfikatami, użycie najnowocześniejszych technologii oraz możliwość dopasowania parametrów urządzeń do indywidualnych potrzeb Klienta.

Transformatory

Nisko - i średnionapięciowe w zakresach mocy od 50 VA do 3 MVA. Wykonania typowe oraz specjalne, zgodne ze specyfikacją Klienta, np. chłodzone wodą, zintegrowane z dławikiem, przekształtnikowe, zmiany liczby faz (w układzie Scotta lub układzie V) i inne.

Filtry sinus

Zastosowanie filtra ElhandSF™ eliminuje niekorzystne zjawiska występujące na wyjściu falownika, przywraca sinusoidalny kształt prądom i napięciom, przy równoczesnym ograniczeniu prądów płynących do obudowy silnika i przewodu ochronnego PE.

Dławiki

Sieciowe, silnikowe, kompensacyjne, wygładzające, ochronne, sprzęgające prądu stałego, bezrdzeniowe. Zakres mocy od 50 VAR do 250 KVAR.

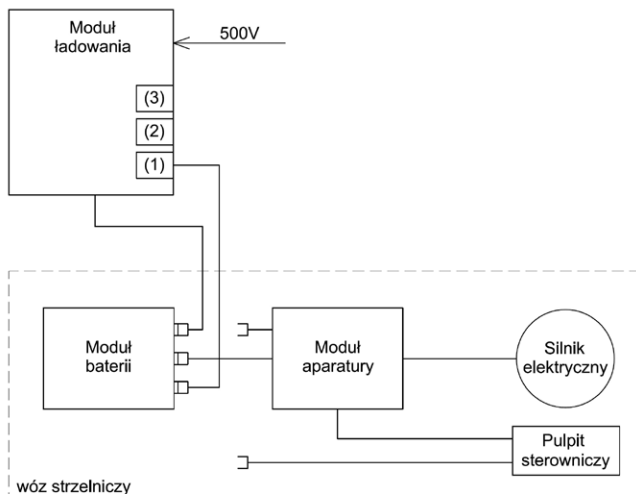
NIEZAWODNE ROZWIĄZANIA

INDYWIDUALNE DORADZTWO TECHNICZNE

Filtry harmonicznych ElhandHF™

Skutecznie ograniczają wartość współczynnika THDI prądu pobieranego z sieci i pozwalają spełnić wymagania norm PN EN 61000-3-12 i IEEE 519 w tym zakresie.

- oszczędność energii
- alternatywa dla układów wielopulsowych
- duża skuteczność łagodzenia i filtrowania harmonicznych prądu
- kompatybilność napędu zgodna z normami IEEE 519-1992 i PN-EN 61000-3-12



Rys. 6. Schemat elektryczny blokowy - tryb pracy: ładowanie [2]



Rys. 8. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 podczas prób eksploatacyjnych w podziemiach kopalni rudy miedzi [2]



Rys. 7. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 [3]



Rys. 9. Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 podczas prób eksploatacyjnych w podziemiach kopalni rudy miedzi - ładowanie baterii[2]

zagrożenia dla środowiska i ludzi. W związku z powyższym ładowanie może odbywać się w dowolnym miejscu kopalni, bez konieczności stosowania specjalnie wentylowanych pomieszczeń, w których ładowana jest bateria.

3. Aplikacja akumulatorowego zespołu zasilającego

Akumulatorowy zespół zasilający został zastosowany w samojezdnym wozie strzelniczym WS-172 (rys. 7).

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 z akumulatorowym zespołem zasilającym po pozytywnym zakończeniu badań certyfikacyjnych decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego został dopuszczony do pracy w podziemiach kopalń. Od lutego 2018 roku samojezdny wóz strzelniczy WS-172 (rys. 8, 9) pracuje w wybranej kopalni rudy miedzi. Uzyskuje bardzo dobre opinie zarówno górników strażowych, jak i dozoru kopalnianego.

Akumulatorowy zespół zasilania umożliwia pracę wozu bez dodatkowego czasu na niebezpieczną i uciążliwą czynność rozwijania i zwijania kilkudziesięciometrowego przewodu elektrycznego i jest gotowy do pracy od momentu dojazdu wozu do przodka. Zespół baterii jest monitorowany w czasie rzeczywistym. Podstawowe informacje, zarówno podczas pracy, jak i ładowania baterii wyświetlane są na panelu umieszczonym na obudowie modułu baterii, modułu ładowania oraz na pulpicie operatora wewnątrz kabiny wozu strzelniczego.



Rys. 10. Widok ekranu panelu diagnostyczno-serwisowego

Podczas pracy wozu w podziemiach kopalni stwierdzono, że jedno naładowanie modułu baterii wystarcza na pracę wozu strzelniczego WS-172 podczas 2,5 zmian roboczych, co umożliwia uzbrojenie emulsją wybuchową co najmniej 16 przodków. Po rocznym okresie eksploatacji moduł zachowuje nominalne parametry. Różnica napięć pomiędzy skrajnymi ogniwami wynosi 0,119 mV (rys. 10). Temperatura we wnętrzu modułu baterii rozkłada się równomiernie i nie przekracza wartości dopuszczalnych.

4. Podsumowanie

Przedstawiony w niniejszym artykule akumulatorowy zespół zasilający samojezdnego wozu strzelniczego może być stosowany w podziemnych niemietanowych zakładach górniczych wydobywających rudy metali i w zakładach górniczych wydobywających inne kopaliny.

Wóz strzelniczy WS-172 jest pierwszą w świecie maszyną wyposażoną w zasilanie akumulatorowego modułowego urządzenia pompującego emulsyjny materiał wybuchowy do otworów strzałowych i układ podnoszenia kosza. We wszystkich wcześniejszych rozwiązaniach wóz strzelniczy stosuje się zasilanie przewodem elektrycznym.

Zastosowanie akumulatorowego zespołu zasilającego wozu strzelniczego umożliwia natychmiastowe ładowanie otworów

strzałowych po wjechaniu wozu do przodka, chroniąc jednocześnie załogę przed obwałem skał.

Samojezdny wóz strzelniczy WS-172 został nagrodzony jako innowacyjny produkt w kategorii „Nowe maszyny”. Rozstrzygnięcie konkursu nastąpiło 29 sierpnia 2017 r. w trakcie Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego „KATOWICE”.

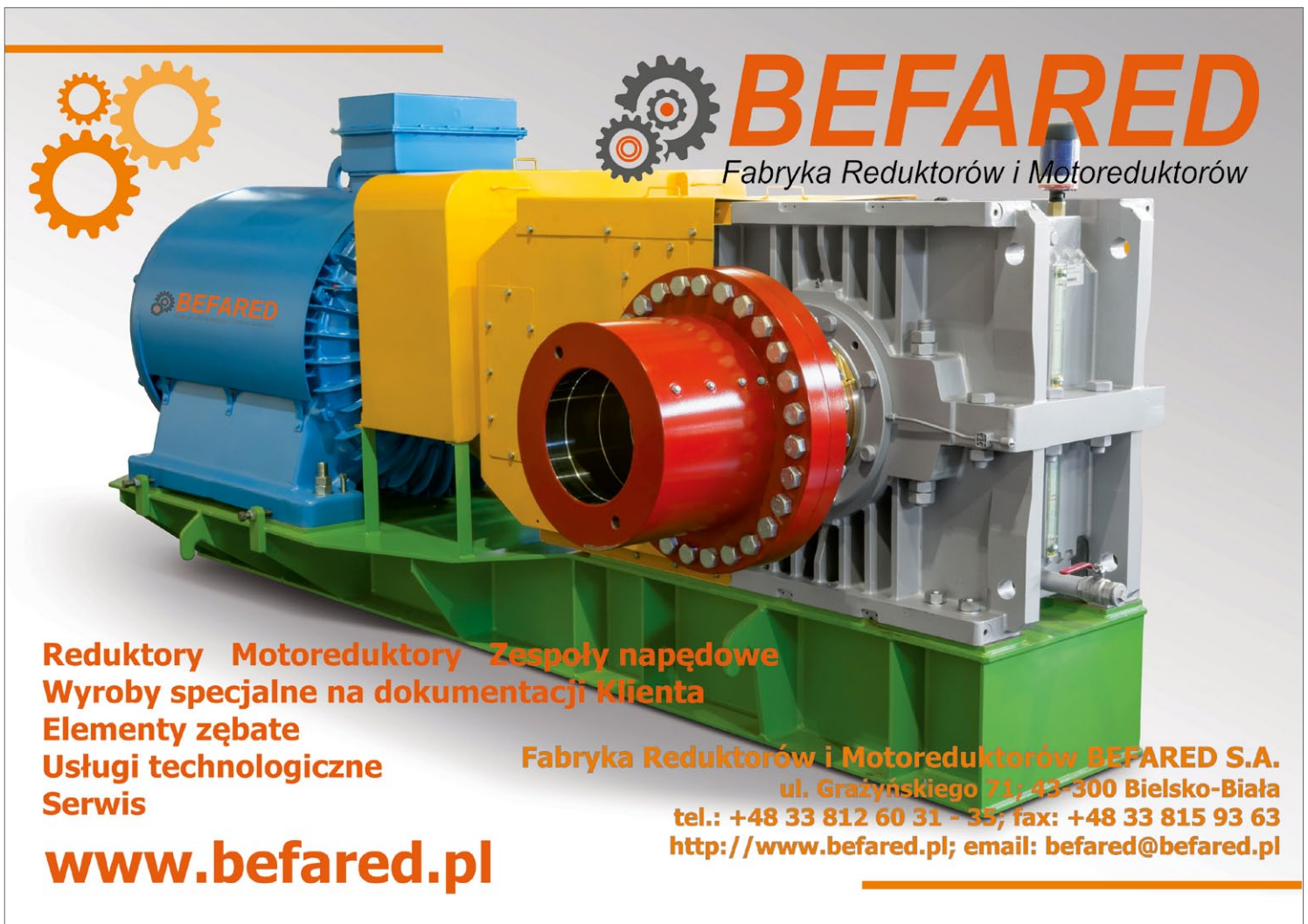
Literatura

- [1] PIECZORA E., POLNIK B.: *Nowe rozwiązania napędów elektrycznych do górniczych maszyn transportowych*. „CUPRUM” – Czasopismo naukowo-techniczne górnictwa rud, 3/2015.
- [2] DEJA P., POLNIK B., KURPIEL W., KONSEK R.: *Sprawozdanie z nadzoru autorskiego „Samojezdny wóz strzelniczy WS-172”*. Praca statutowa ITG KOMAG 2018 (niepublikowana)
- [3] Strona internetowa: www.kghmzanam.com.

✉ mgr inż. Przemysław Deja, e-mail: pdeja@komag.eu
 dr inż. Bartosz Polnik, e-mail: bpolnik@komag.eu
 Instytut Techniki Górniczej KOMAG;
 dr inż. Krzysztof Okrent, e-mail: krzysztof.okrent@kghmzanam.com
 KGHM ZANAM

artykuł recenzowany

reklama



BEFARED
 Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

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

www.befared.pl

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

Model matematyczny do badań cieplnych dwubiegowych silników górniczych

Roman Krok, Janusz Wróblewski

1. Wstęp

W silnikach indukcyjnych dwubiegowych przeznaczonych do pracy w podziemiach kopalń stosowane jest wodne chłodzenie kadłubów oraz tarcz łożyskowych. Z pomiarów cieplnych tego typu silników wynika, że w poszczególnych elementach konstrukcyjnych występują znaczne nierównomierności rozkładu temperatury. Najbardziej narażonymi na uszkodzenia termiczne elementami silnika dwubiegowego są uzwojenia stojana, w których przy znamionowym obciążeniu silnika różnica pomiędzy maksymalną a minimalną temperaturą (w zależności od mocy i typu silnika) osiąga wartość nawet kilkunastu °C. Stosowanie w obliczeniach projektowych [1, 5] tych silników uproszczonych modeli cieplnych, umożliwiających jedynie obliczenie średnich temperatur elementów, nie pozwala w pełni określić stopnia wykorzystania cieplnego poszczególnych jego elementów. Przeprowadzenie takiej oceny wymaga znajomości maksymalnych temperatur podstawowych elementów konstrukcyjnych silnika dwubiegowego w znamionowych warunkach zasilania i obciążenia.

W ramach prowadzonej pracy badawczej opracowano zwyfikowany pomiarowo model cieplny dwubiegowych silników indukcyjnych z wodnym chłodzeniem kadłubów oraz tarcz łożyskowych po stronie przeciwnapędowej. Model ten umożliwia obliczenie rozkładów temperatury we wszystkich elementach konstrukcyjnych. Można go wykorzystać w procesie projektowania silników dwubiegowych. Z jego pomocą można wykonywać symulacyjne badania cieplne silników, co jest szczególnie istotne w przypadku rozpatrywanej grupy dwubiegowych silników górniczych dużej mocy, produkowanych zwykle w krótkich seriach, z uwzględnieniem indywidualnych wymagań klientów. Opracowany program komputerowy

🇬🇧 MATHEMATICAL MODEL FOR THERMAL INVESTIGATIONS OF TWO-SPEED MINE MOTORS

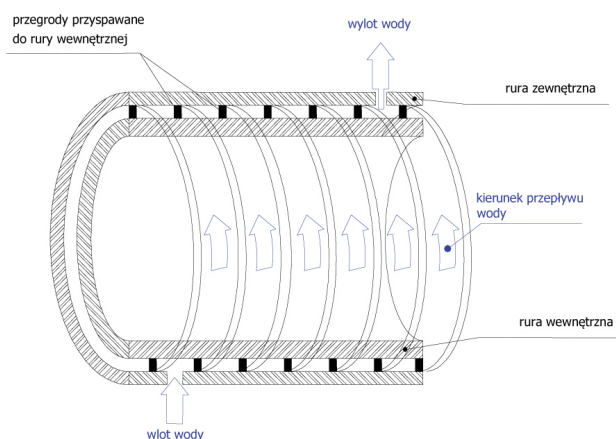
Abstract: The paper presents a thermal model of two-speed induction motors with water-cooled frames. This model is made basing on the method of finite differences with the use of interpretation of the heat conduction equations in the form of thermal-electrical networks. It enables calculating temperature distributions in all constructional elements of induction motor and in the stream of water flowing in the frame as well as in the streams of air flowing in ventilation ducts of the rotor core and the frame. Basing on the model, a computer program that can be used for computer aided design is developed. Exemplary thermal calculations are carried out for the two-speed induction motor of 85/250 kW. The results obtained from simulations are compared with those from thermal measurements.

umożliwia obliczenie rozkładów temperatury w elementach konstrukcyjnych silnika dwubiegowego w różnych warunkach występujących podczas eksploatacji w podziemiach kopalń.

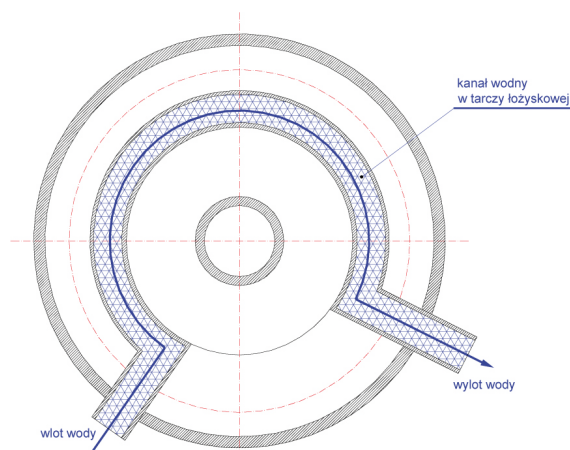
2. System chłodzenia dwubiegowych silników górniczych

Model cieplny opracowano dla dwubiegowych silników indukcyjnych (rys. 1–3) ze spiralnym kanałem wodnym w kadłubie oraz dodatkowym kanałem wodnym w tarczy łożyskowej po stronie przeciwnapędowej.

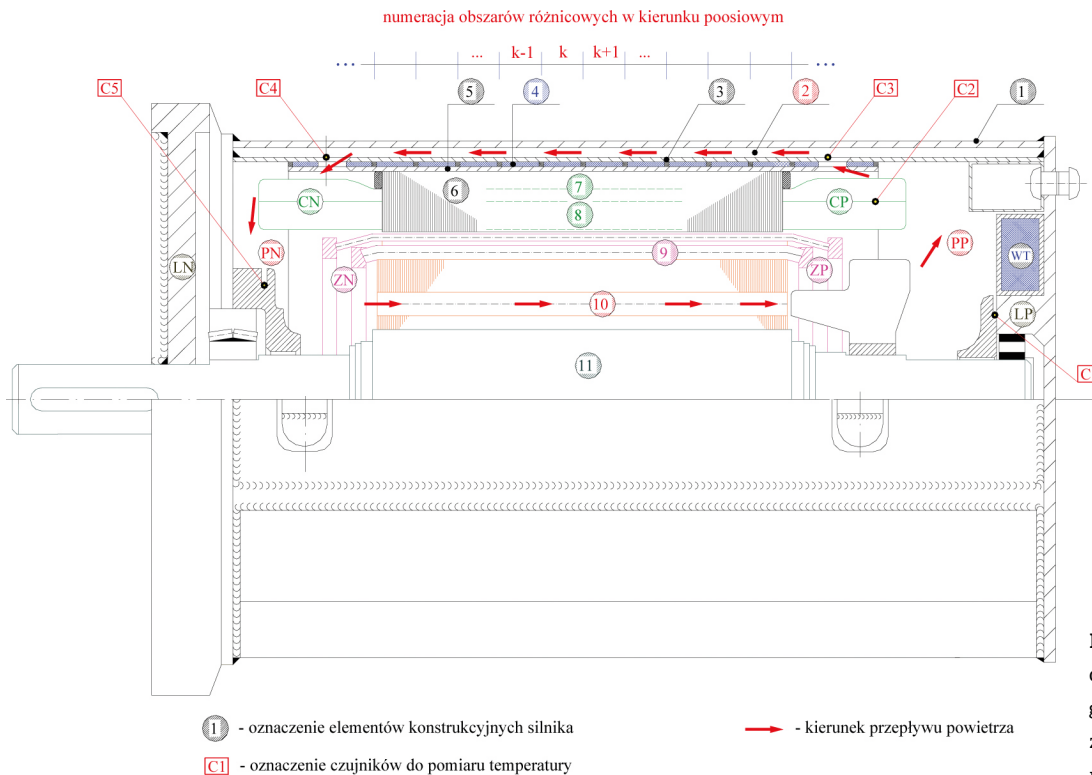
W rozpatrywanym typie dwubiegowych silników górniczych wlot wody do kadłuba znajduje się po stronie napędowej, zaś



Rys. 1. Przepływ wody w kadłubie silnika



Rys. 2. Tarcza łożyskowa po stronie przeciwnapędowej chłodzona wodą



wylot po stronie przeciwnapędowej. Obszar, w którym przepływa woda wewnątrz kadłuba, ograniczony jest dwiema rurami, zaś przepływ wody po torze spiralnym odbywa się dzięki przegrodom przyspawanym do rury wewnętrznej. Woda po schłodzeniu kadłuba wpływa do kanału chłodzącego (rys. 2), znajdującego w tarczy łożyskowej po stronie przeciwnapędowej. Z kanału wodnego w tarczy łożyskowej woda wyprowadzana jest na zewnątrz silnika.

W rozpatrywanej grupie dwubiegowych silników górniczych zastosowano dodatkową wewnętrzną cyrkulację powietrza chłodzącego wewnętrzne elementy silnika (na rys. 3 strzałkami oznaczono kierunki przepływu powietrza), wymuszoną przez osadzone na wale po stronie przeciwnapędowej wentylator. Powietrze chłodzi się, przepływając kanałami poosiowymi w chłodnicy wodnej w kadłubie, oraz nagrzewa się, przepływając kanałami poosiowymi w pakiecie blach wirnika.

Elementy konstrukcyjne dwubiegowego silnika górniczego (rys. 3), dzielone przy opracowywaniu modelu cieplnego na obszary różnicowe, ponumerowano:

- osłona ognioszczelna (obudowa silnika) – 1;
- poosiowe powietrzne kanały wentylacyjne w kadłubie – 2;
- rura zewnętrzna (patrz również rys. 1) w chłodnicy wodnej w kadłubie – 3;
- spiralny kanał wodny w kadłubie – 4;
- rura wewnętrzna (patrz również rys. 1) w chłodnicy wodnej w kadłubie – 5;
- pakiet blach stojana – 6;
- część żłobkowa uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 4$ – 7;
- część żłobkowa uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 12$ – 8;

- pręty klatki wirnika – 9;
- poosiowe powietrzne kanały chłodzące w pakiecie blach wirnika – 10;
- wał wraz z pakietem blach wirnika – 11.

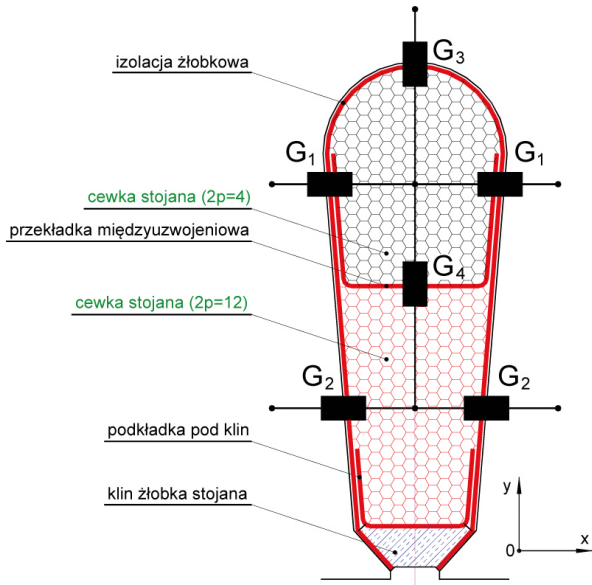
Pozostałych elementów silnika biorących udział w wymianie ciepła, oznaczonych na rys. 3 symbolami, nie dzielono na obszary różnicowe, zaś przy sporządzaniu schematu cieplno-elektrycznego przyporządkowano im po jednym węźle.

3. Model cieplny dwubiegowych silników górniczych chłodzonych wodą

W celu opracowania modelu cieplnego dwubiegowego silnika górniczego [2, 3] jego elementy konstrukcyjne podzielono (rys. 3) w kierunku poosiowym na obszary różnicowe. Poszczególnym obszarom różnicowym przyporządkowano węzły schematu cieplnego, reprezentujące ich średnie temperatury. Zawierająca 177 węzłów sieć cieplno-elektryczna (rys. 5) odwzorowuje zjawiska wymiany ciepła zachodzące pomiędzy sąsiadującymi obszarami różnicowymi na skutek przewodzenia ciepła oraz wnikania ciepła do strug wody i powietrza.

W opracowanym modelu cieplnym dwubiegowego silnika górniczego uwzględniono:

- przepływy ciepła z zasilanego uzwojenia stojana (uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 4$ lub $2p = 12$) zarówno do drugiego uzwojenia umieszczonego w żłobkach stojana, jak i do pakietu blach stojana i powietrza otaczającego czoła uzwojenia;
- przepływy ciepła w elementach silnika w kierunku poosiowym i promieniowym;
- różne wartości przewodności cieplnych właściwych pakietów blach stojana i wirnika w kierunkach poosiowym i promieniowym;

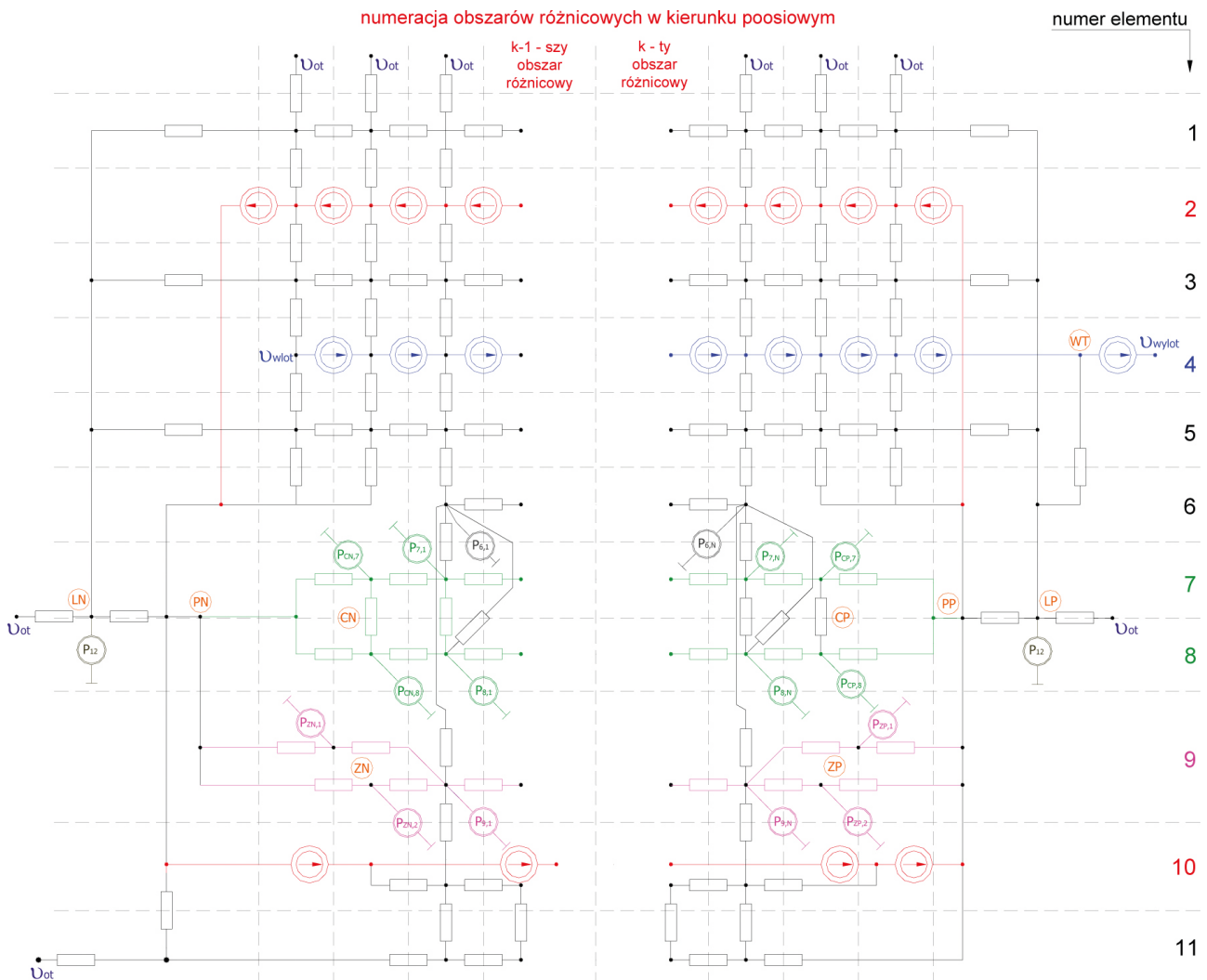


Rys. 4. Sieć cieplno-elektryczna odwzorowująca wymianę ciepła w obrębie żłobków stojana

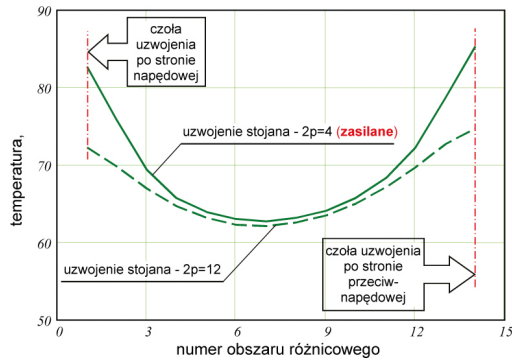
- zjawiska unoszenia ciepła w strudze wody i w strugach powietrza przepływającego w kanałach chłodzących w kadłubie i w pakiecie blach wirnika;
- zmiany temperatury mediów chłodzących (woda i powietrze) występujące wzdłuż kierunku ich przepływu;
- straty w uzwojeniu stojana, klatce wirnika, pakiecie blach stojana oraz w łożyskach;
- wnikanie ciepła z powierzchni elementów znajdujących się wewnątrz silnika do powietrza wypełniającego wnętrze maszyny oraz wnikanie ciepła z osłony ognioszczelnej i tarcz łożyskowych do powietrza w otoczeniu silnika na skutek konwekcji i promieniowania.

Sporządzając model cieplny silnika, założono, że przewodności cieplne właściwe materiałów, z których wykonane są jego elementy, oraz współczynniki wnikania ciepła z powierzchni omywanych przez media chłodzące są stałe.

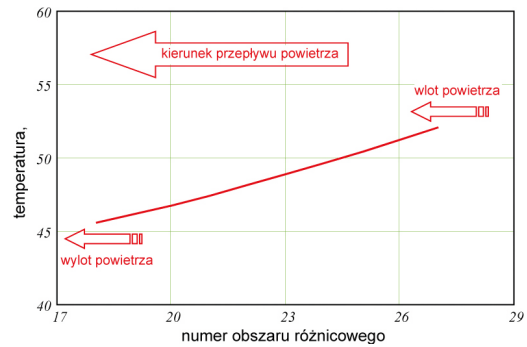
Opracowując sieć cieplno-elektryczną dla dwubiegowych silników górniczych, postępowano w analogiczny sposób, jak przy sporządzaniu modeli cieplnych [2, 3] silników jednobiegowych. Jednym z nowych zagadnień było wydzielenie strumieni ciepła przepływających w częściach żłobkowych dwóch oddzielnych



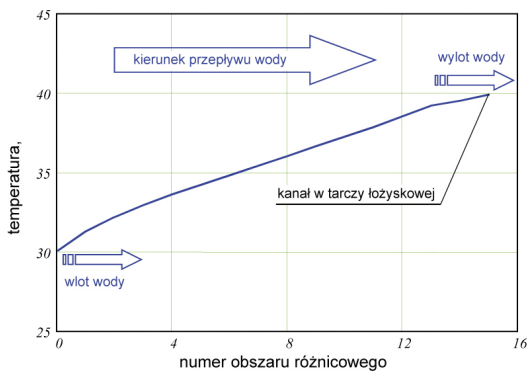
Rys. 5. Model cieplny dwubiegowego silnika górniczego chłodzonego wodą



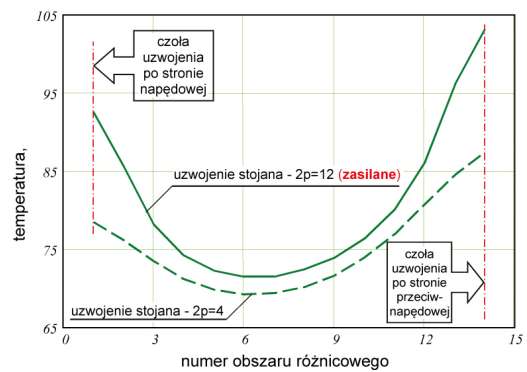
Rys. 6. Poosiowe rozkłady temperatury w uzwojeniach stojana przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 4$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną



Rys. 8. Poosiowy rozkład temperatury w strudze powietrza przepływającego w chłodnicy wodnej w kadłubie przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 4$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną



Rys. 7. Poosiowy rozkład temperatury w strudze wody chłodzącej przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 4$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną



Rys. 9. Poosiowe rozkłady temperatury w uzwojeniach stojana przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 12$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną

uzwojeń umieszczonych w żłobkach stojana, a następnie przypisanie im (rys. 4) odpowiednich przewodności cieplnych.

4. Symulacyjne badania cieplne dwubiegunowego silnika górniczego o mocy 85/250 kW

Przykładowe obliczenia cieplne wykonano dla dwubiegunowego silnika indukcyjnego chłodzonego wodą o danych znamionowych: $P_n = 85/250$ kW, $U_n = 1000$ V, $I_n = 106/176$ A, $n_n = 492/1483$ obr./min.

Obliczenia te wykonano z pomocą opracowanego programu komputerowego dla znamionowego stanu zasilania i obciążenia silnika oraz występujących podczas pomiarów cieplnych następujących warunków chłodzenia: wydatek wody chłodzącej – $Q = 12$ dm³/min, temperatura wlotowa wody chłodzącej – $\vartheta_{wlot} = 30^\circ\text{C}$, temperatura otoczenia – $\vartheta_{ot} = 21^\circ\text{C}$. Badania symulacyjne i pomiary cieplne wykonano oddzielnie dla dwóch przypadków pracy silnika, w których zasilane jest uzwojenie stojana o liczbie biegunów $2p = 4$ lub o liczbie biegunów $2p = 12$.

Na rys. 6–8 zamieszczono obliczone rozkłady temperatury w uzwojeniach stojana oraz w strugach wody i powietrza przepływającego w kanałach w kadłubie przy zasilaniu uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 4$ napięciem znamionowym U_n i przy obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną P_n .

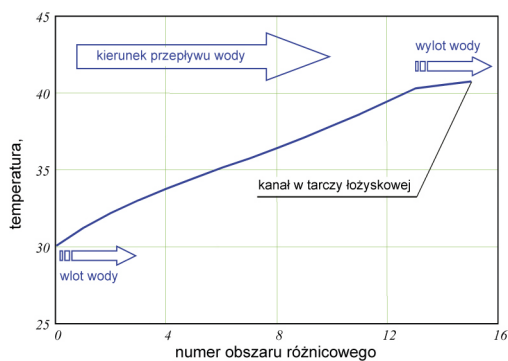
Obliczona średnia temperatura zasilanego uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 4$ wynosi $77,0^\circ\text{C}$, zaś temperatura czół uzwojenia stojana po stronie przeciwnapędowej w miejscu zainstalowania czujnika C_2 (rys. 3) wynosi $79,9^\circ\text{C}$.

Na rys. 9–11 zamieszczono obliczone rozkłady temperatury w uzwojeniach stojana oraz w strugach wody i powietrza przepływającego w kanałach w kadłubie przy zasilaniu uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 12$ napięciem znamionowym U_n i przy obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną P_n .

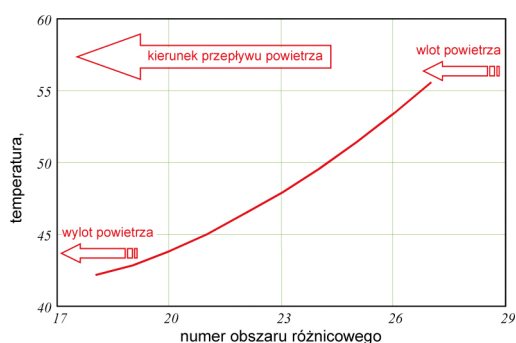
Obliczona średnia temperatura zasilanego uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 12$ wynosi $88,2^\circ\text{C}$, zaś temperatura czół uzwojenia stojana po stronie przeciwnapędowej w miejscu zainstalowania czujnika C_2 (rys. 3) wynosi $95,2^\circ\text{C}$.

W tabelach 1 i 2 porównano wyniki symulacyjnych badań cieplnych silnika dwubiegunowego o mocy 85/250 kW z wynikami pomiarów udostępnionych przez producenta.

Podczas pomiarów cieplnych silników górniczych standardowo mierzona jest metodą rezystancyjną [4] średnia temperatura uzwojenia stojana oraz temperatura czół uzwojenia stojana po stronie przeciwnapędowej czujnikiem Pt100. Zabudowanie przez producenta wewnątrz badanego dwubiegunowego silnika górniczego dodatkowych czujników do pomiaru temperatur mediów chłodzących (woda i powietrze) umożliwiło



Rys. 10. Poosiowy rozkład temperatury w strudze wody chłodzącej przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 12$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną



Rys. 11. Poosiowy rozkład temperatury w strudze powietrza przepływającego w chłodnicy wodnej w kadłubie przy zasilaniu uzwojenia o liczbie biegunów $2p = 12$ napięciem znamionowym i obciążeniu silnika znamionową mocą użyteczną

rozszerzenie zakresu przeprowadzonej weryfikacji pomiarowej wyników badań symulacyjnych.

Maksymalna niedokładność odwzorowania temperatur wewnątrz silnika (w elementach konstrukcyjnych oraz w mediach chłodzących) przez opracowany model cieplny (tabele 1 i 2) nie przekracza 8°C , zaś w odniesieniu do uzwojenia stojana (najbardziej interesującego elementu konstrukcyjnego z punktu widzenia oceny żywotności izolacji oraz zagrożeń termicznych) niedokładność ta jest jeszcze mniejsza i nie przekracza $6,5^{\circ}\text{C}$.

Wnioski końcowe

Opracowany model cieplny dwubiegunowych silników górniczych zapewnia wystarczającą w zastosowaniach praktycznych dokładność odwzorowania temperatur elementów konstrukcyjnych oraz mediów chłodzących. Może on więc być zastosowany w systemach komputerowego wspomaganie projektowania dwubiegunowych silników górniczych oraz przy doborze nastawień ich zabezpieczeń termicznych.

Literatura

- [1] DĄBROWSKI M.: *Projektowanie maszyn elektrycznych prądu przemiennego*. WNT, Warszawa 1994.
- [2] KROK R., WRÓBLEWSKI J.: *Badania wpływu zmian warunków chłodzenia na stan cieplny silników indukcyjnych pracujących*

Tabela 1. Weryfikacja pomiarowa wyników obliczeń silnika dwubiegunowego przy zasilaniu uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 4$

L.p.	Wielkość	Pomiar	Obliczenia
1	Średnia temperatura zasilanego uzwojenia stojana	$74,0^{\circ}\text{C}$	$77,0^{\circ}\text{C}$
2	Temperatura czół uzwojenia stojana (czujnik C_2 - rys. 3)	$81,4^{\circ}\text{C}$	$79,9^{\circ}\text{C}$
3	Temperatura wylotowa wody chłodzącej (na wylocie z kanału w tarczy łożyskowej)	$44,0^{\circ}\text{C}$	$39,9^{\circ}\text{C}$
4	Temperatura powietrza na wlocie do chłodnicy (czujnik C_3 - rys. 3)	$52,0^{\circ}\text{C}$	$52,0^{\circ}\text{C}$
5	Temperatura powietrza na wylocie z chłodnicy (czujnik C_4 - rys. 3)	$48,0^{\circ}\text{C}$	$45,6^{\circ}\text{C}$
6	Temperatura tarczy łożyskowej od strony napędowej (czujnik C_5 - rys. 3)	$53,6^{\circ}\text{C}$	$54,5^{\circ}\text{C}$
7	Temperatura tarczy łożyskowej od strony przeciwnapędowej (czujnik C_1 - rys. 3)	$37,0^{\circ}\text{C}$	$43,1^{\circ}\text{C}$

Tabela 2. Weryfikacja pomiarowa wyników obliczeń silnika dwubiegunowego przy zasilaniu uzwojenia stojana o liczbie biegunów $2p = 12$

L.p.	Wielkość	Pomiar	Obliczenia
1	Średnia temperatura zasilanego uzwojenia stojana	$81,9^{\circ}\text{C}$	$88,2^{\circ}\text{C}$
2	Temperatura czół uzwojenia stojana (czujnik C_2 - rys. 3)	$93,2^{\circ}\text{C}$	$95,2^{\circ}\text{C}$
3	Temperatura wylotowa wody chłodzącej (na wylocie z kanału w tarczy łożyskowej)	$40,2^{\circ}\text{C}$	$40,8^{\circ}\text{C}$
4	Temperatura powietrza na wlocie do chłodnicy (czujnik C_3 - rys. 3)	$51,0^{\circ}\text{C}$	$55,6^{\circ}\text{C}$
5	Temperatura powietrza na wylocie z chłodnicy (czujnik C_4 - rys. 3)	$40,0^{\circ}\text{C}$	$42,1^{\circ}\text{C}$
6	Temperatura tarczy łożyskowej od strony napędowej (czujnik C_5 - rys. 3)	$47,4^{\circ}\text{C}$	$52,8^{\circ}\text{C}$
7	Temperatura tarczy łożyskowej od strony przeciwnapędowej (czujnik C_1 - rys. 3)	$34,7^{\circ}\text{C}$	$42,6^{\circ}\text{C}$

w podziemiach kopalń. XIII Seminarium techniczne „Problemy Eksploatacji Maszyn Elektrycznych i Napędów Elektrycznych – Eksploatacja, diagnostyka i modernizacja silników elektrycznych”, 19–21.05.2004, Ustroń Jaszowiec, „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” BOBRME Nr 68, Katowice 2004.

- [3] KROK R.: *Model do obliczeń pól temperatury w silnikach indukcyjnych z kadłubami chłodzonymi wodą*. 39th International Symposium on Electrical Machines, SME'2003, 9–11 June 2003, Gdańsk – Jurata.
- [4] LATEK W.: *Badania maszyn elektrycznych w przemyśle*. WNT, Warszawa 1987.
- [5] MUKOSIEJ J.: *Zmodyfikowana zastępcza sieć cieplna do obliczeń silników indukcyjnych w stanie cieplnie ustalonym*. Prace Instytutu Elektrotechniki, Zeszyt 195, Warszawa 1997.

dr hab. inż. Roman Krok, prof. PŚ. – Katedra Elektrotechniki i Informatyki;
mgr inż. Janusz Wróblewski – Dąbrowska Fabryka Maszyn Elektrycznych DAMEL S.A.

artykuł recenzowany

DREMA 2020 – automatyzacja szansą rozwoju

Aktualna sytuacja światowych gospodarek nie pozostawia złudzeń – niezależnie od bieżącej kondycji firmy muszą przyspieszyć automatyzację i mechanizację w swoich zakładach. Jak wynika z Global Capital Confidence Barometer, raportu EY, na skutek pandemii intensywna automatyzacja stała się priorytetem dla 36% menedżerów z 45 krajów. Aby zachować stabilność w łańcuchu dostaw, obniżyć koszty, a także kompensować braki kadrowe, także firmy z sektora drzewnego i meblarskiego jeszcze bardziej otwierają się na digitalizację, automatyzację i mechanizację produkcji. Zagadnienia związane z automatyzacją i mechanizacją procesów to ważny punkt na tematycznej mapie Targów DREMA.

Dzięki Targom DREMA Zwiedzający mają szansę przekonać się, że robotyzacja to przyszłość niemal każdego obszaru funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych, od systemów pomiarowych i sterujących po bezpieczeństwo pracy. DREMA stwarza przestrzeń do wymiany wiedzy i doświadczeń z obszaru technicyzacji, tak bardzo potrzebnych przy podejmowaniu strategicznych dla organizacji decyzji.

– Sytuacja wywołana przez wirus SARS-CoV-2, nie pomijając oczywiście wszystkich jej negatywnych skutków, okazuje się także katalizatorem zmian, o których w biznesie mówiło się od dawna – podkreśla Andrzej Półrolniczak, dyrektor Targów Drema.

O tym, które firmy postawią na proaktywność i wykorzystają szanse ukryte w każdym kryzysie, przekonamy się już we wrześniu podczas 36. edycji Międzynarodowych Targów Maszyn, Narzędzi i Komponentów dla Przemysłu Drzewnego i Meblarskiego.

– Jeżeli chcemy promować proaktywność, sami musimy być proaktywni! – dodaje Andrzej Półrolniczak. – Nie zwalniamy tempa i wspólnie z Wystawcami, kluczowymi organizacjami i stowarzyszeniami branżowymi oraz izbami gospodarczymi przygotowujemy się do najważniejszego spotkania branży drzewnej i meblarskiej.

Dla aktywnego wspierania rozwoju szeroko rozumianego polskiego przemysłu drzewnego i meblarskiego uruchomiona zostanie także specjalna przestrzeń DREMA PRO, poświęcona

różnego rodzaju programom pomocowym i doradztwu w zakresie zwalczania skutków epidemii koronawirusa. W bogatym programie wydarzeń targowych nie może zabraknąć prestiżowych spotkań najważniejszych przedstawicieli branży. Tradycyjnie już, w przededniu Targów DREMA odbędzie się KOOP-DREW – konferencja dedykowana przemysłowi drzewnemu, organizowana przez Polską Izbę Gospodarczą Przemysłu Drzewnego we współpracy ze spółką Polskie Domy Drewniane SA. Hasłem drugiego dnia Targów będzie „Gospodarka *post covid* – wyzwania dla polskiej branży meblarskiej” i V Ogólnopolski Kongres Meblarski „POLSKIE MEBLE – KONKURENCYJNA POLSKA”, organizowany przez Ogólnopolską Izbę Gospodarczą Producentów Mebli we współpracy z firmą Promedia. Patronat strategiczny nad wydarzeniem objęła firma EGGER i kancelaria Domański Zakrzewski Palinka Sp. k.

Na wrześniowe spotkanie branży drzewnej i meblarskiej Targi są przygotowane pod względem sanitarnym i organizacyjnym. Co więcej, nowe procedury sanitarne obowiązują na Międzynarodowych Targach Poznańskich już od targów BUDMA i Meble Polska, które odbyły się w lutym tego roku. Od 6 czerwca, tj. od momentu odmrożenia przemysłu targowego, niemal w każdy weekend na terenach MTP odbywają się imprezy dedykowane szerokiej publiczności. Do połowy lipca Targi odwiedziło blisko 10 tysięcy gości! Zdrowie i bezpieczeństwo Wystawców i Zwiedzających oraz



wysoka jakość wydarzenia to priorytety tegorocznej edycji Targów DREMA. Przedstawiciele z branży automatyki, informatyki czy elektroniki przemysłowej z pewnością znajdą na niej coś dla siebie!

Więcej na www.drema.pl.

DREMA Międzynarodowe Targi Maszyn, Narzędzi i Komponentów dla Przemysłu Drzewnego i Meblarskiego odbędą się w Poznaniu w dniach 15–18 września 2020 roku. ■

Elektryczne zapalarki strzałowe stosowane w kopalniach

Stefan Gierlotka

W zaraniu górnictwa posługiwano się łomem, kilofem i perlikiem. Około 1300 roku Betholdus wynalazł „czarny proch”, będący mieszaniną saletry, węgla drzewnego i siarki. Próby urabiania górotworu prochem czarnym i lontem siarkowym w górnictwie podjęto dopiero w XVII wieku, lecz z powodu zatruć gazami postrzałowymi nie rozpowszechniły się. W 1831 roku Sabrer wynalazł nitroglicerynę, a Bickford lont prochowy. Szwedzki chemik Alfred Nobel w 1867 roku zmieszał nitroglicerynę z ziemią okrzemkową tworząc doskonały środek wybuchowy zwany dynamitem. Zastosowany przez górników do urabiania górotworu dynamit stał się środkiem postępu prac w górnictwie.

Do odpalania ładunków wybuchowych w kopalniach stosowano lonty, które odpalano w przodku płomieniem od osobistej lamy karbidowej. Zależnie od wilgotności w kopalniach stosowano lonty smołowane, kredowane lub gutaperkowe, zastąpione później przez powlekanie masą – mipolamem. Ścieżka w lontach paliła się z prędkością jednego centymetra w czasie jednej sekundy. Pewniejsze i bezpieczniejsze od lontów do inicjacji ładunków wybuchowych okazały się zapalniki elektryczne, zwłaszcza w kopalniach metanowych. Zapalniki elektryczne odpalano ze specjalnej sieci strzałowej, w której źródłem energii była zapalarka elektryczna. Dawniej w kopalniach niegazowych dopuszczane było zapalanie zapalników przy pomocy prądu sieciowego do 250 V za pośrednictwem specjalnego przerywacza i wyłącznika. Korzystano też z sieci oświetleniowej.

Pierwsze zapalarki elektryczne posiadały napęd ręczny. Zależnie od sposobu wytwarzania impulsu elektrycznego zapalającego ładunki wybuchowe stosowano zapalarki dynamoelektryczne, magnetodynamiczne i kondensatorowe.

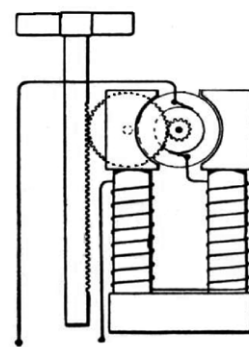
W zapalarkach dynamoelektrycznych wykorzystano zasadę działania prądnic prądu stałego. Pomędzy nabiegunnikami elektromagnesu obracał się twornik, w którego uzwojeniu indukowało się napięcie przemienne prostowane przez komutator. Obwody stojana i wirnika były połączone szeregowo, a końce uzwojeń połączone z zaciskami zapalarki. Twornik zapalarki był wprawiany w ruch obrotowy przy pomocy przekładni zębatej, w której koło zębate osadzone na wale twornika zażybiało się z ruchomą listwą zębatą. Listwa zębata na końcu posiadała uchwyt ręczny, którym strzałowy – wykonując ruch liniowy – napędzał twornik. Uzbrojenie zapalarki polegało na wyciągnięciu uchwytem listwy zębatej z obudowy zapalarki. Energiczne wpychanie listwy zębatej do zapalarki powodowało rozpędzenie twornika, w którym generowało się napięcie o znacznej wartości. Podczas rozpędzania twornika obwód zewnętrzny zapalarki był zwarty specjalnym stykiem krańcowym, otwieranym po całkowitym wsunięciu listwy zębatej do środka. Szeregowo

połączenie uzwojeń stojana i twornika przy zwartym obwodzie zewnętrznym powodowało narastanie prądu w obwodzie i gromadzenie energii w magnetowodzie. Po całkowitym wsunięciu listwy zębatej, rozwierał się styk wyłącznika krańcowego, zwierającego obwód zewnętrzny, i energia pola magnetycznego wyzwalała się do obwodu strzałowego, powodując odpalenie zapalników.

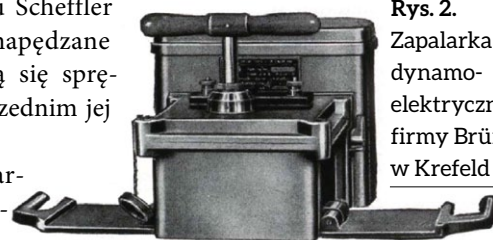
W okresie międzywojennym i po wojnie w kopalniach stosowano zapalarki dynamoelektryczne produkowane przez austriacką firmę Scheffler. Niektóre z nich – typu DKMSK, DMSK-350, AFBGSK – były napędzane bezpośrednio dźwignią, a inne, typu Scheffler 770, były napędzane rozkręcającą się sprężyną po uprzednim jej napięciu.

W zapalarkach magnetodynamicznych impuls elektryczny odpalający zapalniki powstawał w uzwojeniu wewnętrznym pierścieniowego magnesu stałego przez oderwanie żelaznego rdzenia od kotwicy tego magnesu lub przez obrót uzwojonego wirnika w polu magnesu. Energia elektryczna indukuje się wskutek zmiany strumienia magnetycznego w uzwojeniu wirującej cewki. Zapalarki magnetodynamiczne były nietrwałe, gdyż magnes z czasem się osłabiał. Stosowane były zapalarki magnetodynamiczne typu ZW 2S (Barbara 3) oraz odmiany Barbara 2 i 4. Produkował je Elektrocarbon w Tarnowskich Górach.

W zapalarkach kondensatorowych energia do odpalenia ładunków jest zgromadzona w kondensatorze o dużej po-



Rys. 1. Schemat zapalarki dynamoelektrycznej



Rys. 2. Zapalarka dynamoelektryczna firmy Brün w Krefeld



Rys. 3. Zapalarka dynamoelektryczna typu DKMSK



Rys. 4. Zapalarka magnetodynamiczna ZW 2S (Barbara 3)



Rys. 5. Tranzystorowa zapalarka Kondensatorowa typu TZK 100G

jemności elektrycznej. Kondensator ładowany jest z prądnicy ręcznie napędzanej przez obrócenie uzwojonego wirnika w polu magnetycznym lub z akumulatora wewnętrznego czy też z akumulatora osobistej lampy nahełmnej. Ręczny napęd prądnicy powoduje ruch obrotowy uzwojonego wirnika w polu magnetycznym, a indukowane napięcie gromadzi ładunki w kondensatorze. Odpalenie ładunków odbywa się przez rozładowanie energii kondensatora w obwodzie strzałowym, w czasie krótszym od 4 ms.

Zapalarka TZK-100G – Tranzystorowa Zapalarka Kondensatorowa została dopuszczona do pracy w górnictwie w 1966 roku, a produkowana była przez Bydgoskie Zakłady Elektromechaniczne BELMA. Wartość impulsu napięcia odpalającego zapalnik wynosiła 1025 V w czasie do 4 ms. Odpalenie następuje po podłączeniu na zaciski zapalarki linii strzałowej i po włożeniu klucza strzałowego, którym po przekręceniu ładowało się kondensator, a kolejny ruch kluczem powodował rozładowanie zgromadzonej energii w obwodzie strzałowym.

Zapalarka TSKS-250 Tranzystorowa Zapalarka Kondensatorowa Specjalna produkcji

Bydgoskich Zakładów Elektromechanicznych BELMA w Bydgoszcy dopuszczona została dla górnictwa w 1965 roku. Źródłem zasilania był akumulator z lampy górniczej nahełmnej typu RC-12 o napięciu 3,6 V. Napięcie impulsu odpalającego zapalnik wynosiło 500 V w czasie do 4 ms. Energia odpalająca gromadzona była w kondensatorach o łącznej pojemności 800 μF . Specjalny klucz strzałowy pozwalał po przekręceniu naładować kondensatory, a następnie rozładować je w obwodzie strzałowym.



Rys. 6. Zapalarka kondensatorowa ZK 100

Zapalarka TZK-350 produkcji ZEG Tychy wytwarzana jest od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Napięcie impulsu odpalającego do 700 V w czasie 4 ms z kondensatora o pojemności 400 μF . Ładowanie kondensatora i odpalenie ładunków po włożeniu i przekręceniu specjalnego klucza strzałowego.

Do nowszych urządzeń przeznaczonych do odpalania zapalników elektrycznych należy kondensatorowa zapalarka strzałowa KZS-1. Zapalarka posiada wbudowany omomierz do pomiaru rezystancji obwodu strzałowego z miejsca odpalania, jak również sekwencję odpalania, tzn. zabezpieczenie przed przypadkowym wyzwoleniem impulsu strzałowego.

Oprócz zapalarek przenośnych stosuje się zapalarki stacjonarne, zasilane z sieci elektrycznej prądu przemiennego 127 V, 220 V, 500 V. Zapalarki takie są stosowane podczas centralnego strzelania z powierzchni lub z tam czy podczas głębinienia szybów. Wymienić tu można zapalarkę typu Barbara o wydajności do 2000 zapalników elektrycznych.

Pomimo rozpowszechnienia w kopalniach zespołowych maszyn urabiających – najpierw wrębiarek, a później kombajnów – nadal w górnictwie wykonuje się roboty strzałowe materiałami wybuchowymi.

Literatura

- [1] FRITZSCHE C.: *Lehrbuch der Bergbaukunde. Erste Band*. Berlin, Heidelberg 1961.
- [2] KULEJEW S.: *Elektryczność w górnictwie polskim*. „Przegląd Elektrotechniczny” 10/1938.
- [3] Instrukcje fabryczne zapalarek strzałowych.
- [4] *Poradnik górnika*. Tom II, cz. 1. Katowice 1959.



Rys. 7. Tranzystorowa Zapalarka Kondensatorowa Specjalna typ TSKS - 250



Rys. 8. Kondensatorowa zapalarka strzałowa KZS-1

Szczególny przypadek awarii transformatora elektrowni wiatrowej

Artur Polak

1. Wstęp

Transformatory żywiczne (suche) ze względu na ich zalety pożarowe i ekologiczne są bardzo chętnie stosowane w sieciach rozdzielczych SN, gdyż nie mają oleju. Uzwojenia transformatorów suchych są narażone na bezpośrednie działanie czynników zewnętrznych, należy im zapewnić odpowiednie warunki w miejscu zainstalowania transformatora. Warunki środowiskowe powinny uwzględniać następujące elementy: temperaturę otoczenia, wilgotność powietrza, brak zapylenia oraz przewietrzanie komory, w której zainstalowany jest transformator. W artykule odniesiono się do awarii transformatora zainstalowanego w elektrowni wiatrowej, w którym nastąpiło zwarcie katastrofalne. W transformatorze uszkodzone zostało uzwojenie średniego napięcia (15 kV) w kolumnie środkowej. Dokumentacja uszkodzenia transformatora udostępniona do przeprowadzenia ekspertyzy zawierała m.in. protokoły oględzin uszkodzonego transformatora, opinie biegłego sądowego i biegłych powołanych przez użytkownika transformatora oraz producenta przedmiotowego transformatora.

Transformator, którego awarię opisano, to transformator żywiczny o następujących parametrach:

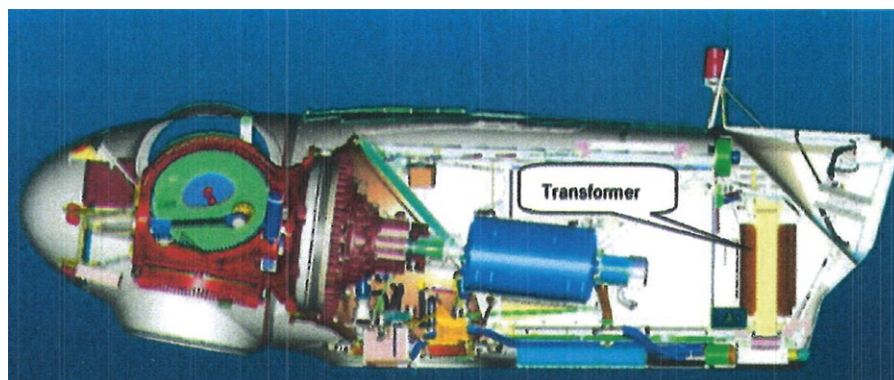
- moc znamionowa – $S_N = 2500$ kVA, moc poszczególnych uzwojeń: 2198/1985/214 kVA;
- górne napięcie znamionowe – $U_N = 15750$ V;
- dolne napięcie znamionowe – $U_N = 1000/392$ V;
- $\cos \varphi_N = 0,9/0,76$;
- klasa izolacji – F;
- rodzaj pracy – S1;
- temperatura otoczenia – $-15^\circ\text{C} < \vartheta_o < 40^\circ\text{C}$;
- grupa poł. – Dyn5 Masa 6000 kg;
- prąd GN – $I_{GN} = 80,6$ A;
- prąd DN – $I_{DN} = 1146/314$ A;
- poziom izol. LI95 AC38/AC3;
- liczba faz – 3;
- stopnie reg. $\pm 2 \times 2,5\%$
- częstotliwość – $f = 50$ Hz;
- stopień ochrony – IP00.

Transformator był zainstalowany w gondoli elektrowni wiatrowej i przyłączony do generatora o mocy 3 MW wspomnianej elektrowni.

Uszkodzenia przedstawiają rysunki 1–3.

2. Hipotetyczny przebieg zwarcia transformatora

Większość awarii uzwojeń transformatorów i maszyn elektrycznych ma swój początek w zwarcjach zwojowych.



Rys. 1. Miejsce zainstalowania transformatora (rysunek poglądowy)

Streszczenie: Transformatory żywiczne, dzięki swoim zaletom w odniesieniu do transformatorów olejowych, znalazły szerokie zastosowanie jako transformatory do falowników, pieców indukcyjnych lub elektrowni wiatrowych. Transformatory suche można konfigurować z myślą o ekstremalnych warunkach pracy (np. skrajnych temperaturach). W większości przypadków doskonale sprawdzają się jednak wykonania standardowe, które pracują np. w halach produkcyjnych czy centrach handlowych. Ważnym aspektem są na pewno ciche działanie i redukcja vibracji rdzenia. Najczęstsze awarie, jakim ulegają transformatory żywiczne, to zwarcia zwojowe rozwijające się w zwarcia między dyskami. Zwarcia te zaliczamy do zwań katastrofalnych.

Słowa kluczowe: transformator żywiczny, zwarcie, wielokrotne załączenie

Abstract: Resin transformers have been widely used as transformers for inverters, induction furnaces or wind turbines due to their advantages relating to oil transformers. Dry transformers can be configured for extreme operating conditions (eg extreme temperatures). However, standard versions which work, for example, in production halls or shopping centers are perfect choice in most cases. An important aspect is definitely quiet operation and reduction of core vibration. The most frequent failure that resin transformers undergo is the shorting of the coils developing in the short-circuit between the discs. These faults are classified as catastrophic short-circuits.

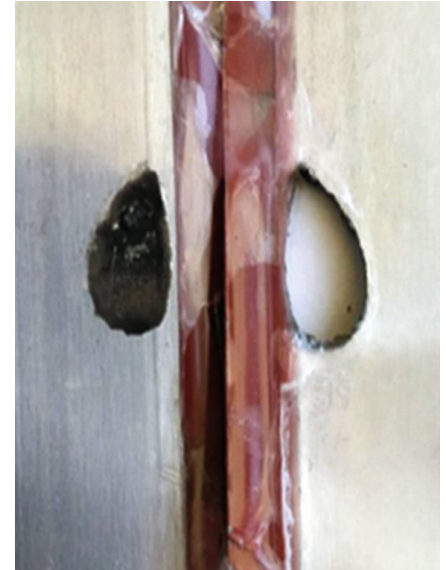
Keywords: resin transformer, shorting of the coils, catastrophic short-circuits



Rys. 2. Widok uszkodzonego uzwojenia fazy B uzwojenia 15 kV (fot. serwisu producenta)



Rys. 3. Widok krateru eksplozywnego uzwojenia SN (fot. serwisu producenta)



Rys. 4. Widok działania pierwotnej przyczyny awarii i źródło zwarcia międzypołożowego (fot. serwisu producenta)

Załączenie i wyłączenie prądu generuje napięcia w uzwojeniu transformatora. Szybkie rozłączenie prądu w obwodzie transformatora, nawet o niewielkiej wartości (mniejszej od wartości prądu stanu jałowego transformatora), generuje w uzwojeniu napięcie o znacznej wartości, identyczne we wszystkich zwojach. Przebieg generowanego napięcia zależy wyłącznie od rezystancji, indukcyjności uzwojenia, pojemności izolacji zwojowej (Rz, Lz, Cz) oraz szybkości rozwierania styków wyłącznika.

2.1. Wyniki badań eksperymentalnych

Badania eksperymentalne wykonano w warunkach laboratoryjnych na uzwojeniach transformatora suchego. Na rysunku przedstawiono przebiegi napięcia na transformatorze o danych znamionowych: 800 kVA, 6,3 kV/400 V, 73,4 A/1154 A, Dy0 możliwa jest tylko godzina nieparzysta.

Wartość maksymalna napięcia wynosi 2,5 kV.

Indukcyjność uzwojenia i zgromadzona w niej energia elektromagnetyczna w czasie przerywania prądu generuje falę napięciową, a pojemność izolacji zwojowej i indukcyjność uzwojenia tworzą układ rezonansowy. Amplituda tego napięcia zależy od wartości prądu płynącego w uzwojeniu i szybkości przerywania przepływu tego prądu. Układ

rezonansowy pobudzony falą napięciową generuje oscylacje. Indukcyjność uzwojenia i pojemność izolacji zwojowej są równomiernie rozłożone na wszystkich zwojach uzwojenia, inaczej niż w przypadku wystąpienia udaru napięciowego będącego skutkiem np. wyładowania atmosferycznego [1, 7].

Fala napięciowa udarowa generowana przez pioruny jest impulsowa. W teorii wysokich napięć impuls napięcia piorunowego znormalizowano, przyjmując czas narastania napięcia 1,2 μ s i czas zanikania napięcia do połowy wartości maksymalnej 50 μ s.

Podczas załączania uzwojenia transformatora mamy tu do czynienia także z generowaniem fal napięciowych. Tego rodzaju przepięcia łączeniowe występują zawsze podczas przełączeń w sieci elektroenergetycznej. Indukcyjności, pojemności i rezystancje sieci elektroenergetycznej powodują, że przepięcia łączeniowe mają charakter oscylacji tłumionych. Częstotliwość oscylacji mieści się w przedziale od 103 Hz do 104 Hz, a czas zanikania oscylacji wynosi około 5 ms. Przepięcia łączeniowe w teorii wysokich napięć charakteryzuje się przez udar łączeniowy normalny. Czas narastania udaru napięcia do szczytu $T_p = 250 \mu$ s i czas spadku napięcia do półszczytu $T_2 = 2500 \mu$ s. Z tego widać, że czas trwania przepięć łączeniowych jest wielokrotnie dłuższy od czasów

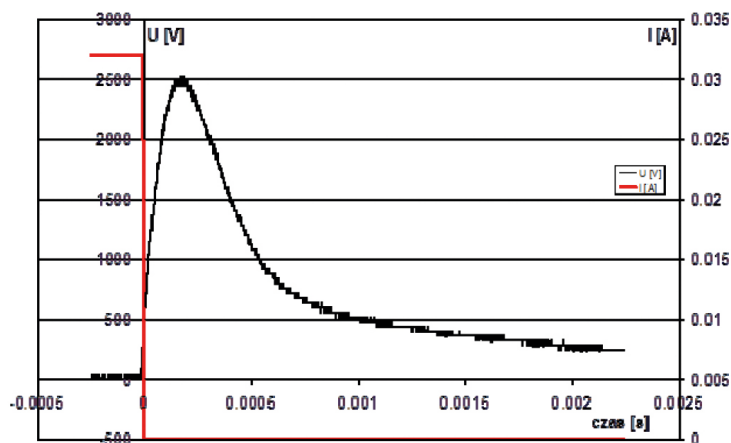
impulsów piorunowych. Przepięcia oscylacyjne tłumione o dłuższym czasie trwania mają na ogół łagodniejszy rozkład gradientu napięcia na uzwojeniu.

Zazwyczaj awarie uzwojeń – pierwotne zwarcia zwojowe lub zwarcia w obrębie izolacji głównej – są zauważane podczas załączania uzwojenia pod napięcie, co sugeruje, że awaria nastąpiła w tej chwili czasu. Lokalizując miejsce awarii poza pierwszymi zwojami uzwojenia, można twierdzić z dużą pewnością, że uzwojenie było już uszkodzone w chwili jego załączenia. Uszkodzenie zaś nastąpiło podczas szybkiego wyłączenia uzwojenia [6].

Uzwojenie transformatora może być znacznie bardziej podatne na tego typu awarie w przypadku przeprowadzenia licznych załączeń w stosunkowo krótkim czasie.

Wielokrotne załączanie i wyłączenie uzwojenia transformatora znacznie zwiększa ryzyko wystąpienia awarii z powodu zjawisk dynamicznych zachodzących podczas procesów łączeniowych, takich jak:

- nagrzewanie uzwojeń powodowane prądami rozruchowymi;
- oddziaływanie gorących uzwojeń na izolację;
- wystąpienie w uzwojeniu naprężeń dynamicznych, które występują podczas przepływu prądów o charakterze udarowym.



Rys. 5. Przebieg napięcia (RMS) na którym uzwojeniu transformatora po wyłączeniu prądu stałego o wartości $I = 32 \text{ mA}$ (ok. 0,044% I_n)

Efektom takiego stanu jest osłabienie stabilności mechanicznej zwojów cewek uzwojeń w obszarze warstwy przyzwojowej izolacji. W takiej sytuacji, gdy nastąpi gwałtowny wzrost natężenia pola elektrycznego, z czym mamy do czynienia w przypadku szybkiego wyłączenia i powstania fali napięciowej o wysokiej amplitudzie, jest inicjowane zwarcie zwojowe. Rozwijające się zwarcie pomiędzy pojedynczymi zwojami rozszerza swój obszar na większą liczbę zwojów i w konsekwencji doprowadza do zwarcia wysokoenergetycznego. Przykładami takich zwarcz wysokoenergetycznych wywołujących awarie katastrofalne są zwarcia pomiędzy dyskami w obrębie jednej cewki lub zwarcia izolacji głównej pomiędzy uzwojeniami. W przypadku uszkodzenia przedmiotowego transformatora wystąpiło zwarcie wysokoenergetyczne pomiędzy dyskami w obrębie jednej cewki [2].

2.2. Określenie przyczyn wystąpienia awarii transformatora

Po uwzględnieniu wyników przeprowadzonego eksperymentu badawczego oraz w oparciu o informacje z systemu monitorowania pracy elektrowni wiatrowej (dane z systemu SCADA Regionalna Dyspozycja Mocy – zapisy z Dziennika zdarzeń systemu operacyjnego WindEx),

gdzie zarejestrowano liczne załączenia i wyłączenia elektrowni w stosunkowo krótkich odstępach czasu.

Zarejestrowana była wtedy następująca sekwencja załączeń i wyłączeń transformatora:

- godz. 05:04:00 – wyłączenie, 05:05:59 załączenie (119 s przerwy);
- godz. 05:58:55 – wyłączenie, 05:59:48 załączenie (53 s przerwy);
- godz. 14:55:08 – wyłączenie, 14:56:17 załączenie (69 s przerwy);
- godz. 17:03:29 – wyłączenie, 17:03:38 załączenie (9 s przerwy);
- godz. 17:09:54 – wyłączenie, 17:10:02 załączenie (8 s przerwy);
- godz. 21:16:22 – wyłączenie, 21:19:06 załączenie (164 s przerwy);

Przyczyną bezpośrednią zaistniałej awarii były bardzo przyspieszone procesy degradacji izolacji spowodowane przede wszystkim częstymi przypadkami tzw. szybkiego ponownego załączenia.

3. Konkluzja i uwagi końcowe

Analiza zgromadzonych danych: rodzaj i opis uszkodzenia, dane z układów rejestracji i wyniki eksperymentu badawczego umożliwiły zidentyfikowanie przyczyny awarii transformatora.

Przyczyną uszkodzenia transformatora suchego turbiny wiatrowej 3 MW było powstanie awarii katastrofalnej,

a mianowicie – zwarcie pomiędzy dyskami uzwojeń w obrębie jednej cewki napięcia górnego transformatora żywicznego (suchego).

Przyczyną bezpośrednią zaistniałej awarii były bardzo przyspieszone procesy degradacji izolacji spowodowane przede wszystkim częstymi przypadkami tzw. szybkiego ponownego załączenia.

W skrajnym przypadku czas pomiędzy wyłączeniem transformatora i ponownym jego załączeniem wynosił 8 sekund.

Literatura

- [1] GLINKA T., SIKORA A., BERNATT J., POLAK A.: *Badanie izolacji zwojowej transformatorów prądem stałym*. „Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)”, 10/2015.
- [2] GLINKA T., POLAK A., DECNER A.: *Wpływ czasu eksploatacji maszyn elektrycznych na stopień degradacji izolacji uzwojeń*. „Wiadomości Elektrotechniczne”, 7–8/2005.
- [3] Akty normatywne: IEC 60076:2004, PN-EN 60076-1:2011 – wersja angielska.
- [4] GLINKA T.: *Badania maszyn elektrycznych w przemyśle*. Wyd. BOBRME Komel, Katowice 1998.
- [5] Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów. ISBN:83-916040-0-04. 2012 r. Zakład Pomiarowo-Badawczy Energetyki Energopomiar-Elektryka Gliwice.
- [6] GLINKA T., POLAK A., DECNER A.: *Sposób badania diagnostycznego izolacji zwojowej*. Patent RP Nr 210409. 31.01.2012 r.
- [7] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne i transformatory. Podstawy teoretyczne, eksploatacja i diagnostyka*. Wydawnictwo Instytutu Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, 2015.

Artur Polak

Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych
KOMEL, Katowice

reklama



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



Silniki PMSM do zastosowań trakcyjnych. Czy moc znamionowa silnika decyduje o jego gabarycie i masie?

Tomasz Wolnik, Emil Król

1. Wstęp

Tematyka szeroko pojętej elektromobilności skupia coraz to większą uwagę i zyskuje na znaczeniu. Ze względu na to, że wielu zainteresowanych użytkowników pojazdów elektrycznych kieruje do naszego Instytutu różnego rodzaju zapytania i wątpliwości, postanowiliśmy rozpocząć serię „artykułów dydaktycznych”, w których chcielibyśmy poruszyć najważniejsze, a często nieświadomie nieuwzględniane – naszym zdaniem – aspekty, związane z napędami trakcyjnymi. W pierwszym artykule z serii, której tytuł dla wielu może wydawać się trywialny, chcielibyśmy zwrócić uwagę na znaczenie posługiwania się mocą znamionową napędów trakcyjnych oraz jej odniesienia do masy i gabarytu silników.

Moc znamionowa jest chyba jednym z najczęściej używanych parametrów, opisujących własności różnego rodzaju silników. Często zauważa się, że zazwyczaj w rozmowach na temat urządzeń czy maszyn, na początku pada pytanie: „a jakiej mocy?”. Również producenci silników, chwając się swoimi osiągnięciami, zwykle w pierwszej kolejności podają wartość mocy, jaką uzyskuje dana maszyna. Wydaje się więc naturalne i oczywiste, że w przypadku napędów trakcyjnych użytkownicy na początku pytają czy zwracają uwagę właśnie na ten parametr. Jednak sama informacja o mocy znamionowej silnika trakcyjnego nie daje miarodajnego obrazu możliwości jego zastosowania, a tym bardziej podstawy do porównywania go z innego rodzaju konstrukcją silnika o rzekomo podobnej mocy znamionowej.

W artykule tym chcielibyśmy zwrócić uwagę użytkowników na inne kluczowe parametry silników trakcyjnych, które

Streszczenie: Na rynku pojawia się coraz więcej różnego rodzaju silników trakcyjnych z magnesami trwałymi, w tym silników do szeroko rozumianej elektromobilności. W zależności od docelowego przeznaczenia różnią się one wieloma parametrami eksploatacyjnymi oraz naturalnie wymiarami gabarytowymi i masą. Wielu potencjalnych użytkowników, porównując masę i gabaryty silników pomiędzy sobą, czyni to najczęściej w odniesieniu do ich mocy znamionowej, przyjmując ją jako podstawowe kryterium porównawcze. W niniejszej publikacji rozważaniom poddano słuszność takiego podejścia. Zwrócono uwagę na inne kluczowe parametry eksploatacyjne silników PMSM, które – zdaniem autorów – determinują wymiary i masę maszyny na etapie projektowania jej obwodu elektromagnetycznego.

wej, przyjmując ją jako podstawowe kryterium porównawcze. W niniejszej publikacji rozważaniom poddano słuszność takiego podejścia. Zwrócono uwagę na inne kluczowe parametry eksploatacyjne silników PMSM, które – zdaniem autorów – determinują wymiary i masę maszyny na etapie projektowania jej obwodu elektromagnetycznego.

Słowa kluczowe: silniki PMSM, napędy trakcyjne, elektromobilność

🇬🇧 PMSM MOTORS FOR TRACTION APPLICATIONS – DOES THE MOTOR'S NOMINAL POWER DECIDED ON ITS DIMENSIONS AND MASS?

Abstract: Nowadays, there are more and more different types of traction motors with permanent magnets present on the market, including motors dedicated for electromobility in a broad sense. In dependence of purpose, they differs in matter of many of exploitation parameters, dimensions and weight. Many of the potential users, mostly compares motors weight and dimensions to their rated power, taking it as a basic

comparison criterion. This paper considers correctness of such mindset. The attention have been put on the other key exploitation parameters of PMSM motors, which in authors opinion, determines their dimensions and weight on the stage of electromagnetic-circuit design.

Keywords: PMSM motors, traction drives, electromobility

powinny być przedmiotem porównania w odniesieniu do masy i gabarytu.

2. O co chodzi z tą mocą znamionową?

W napędach trakcyjnych zasilanych z baterii akumulatorów istotną cechą silników jest ich masa oraz gabaryt [1, 2, 3]. Producenci dążą do ich minimalizacji, co zwykle jest uzasadnione merytorycznie, oraz posługują się często współczynnikiem mocy do masy silnika w jednostkach W/kg. Dla sporej części

użytkowników wartość tego współczynnika stanowi następnie główny punkt odniesienia przy porównywaniu danego rozwiązania z innym o podobnej mocy znamionowej. Należy mieć jednak świadomość, że tzw. współczynnik gęstości mocy jest w głównej mierze parametrem „marketingowym”. Chociaż napęd trakcyjny wykorzystujący silniki PMSM, konstrukcyjnie nie jest skomplikowany, to nie wolno dokonywać porównania masy czy gabarytu silnika wyłącznie w odniesieniu do jego mocy znamionowej.

Należałoby w tym miejscu przytoczyć definicję wartości znamionowej wg norm oraz jej znaczenie w kontekście mocy silnika trakcyjnego.

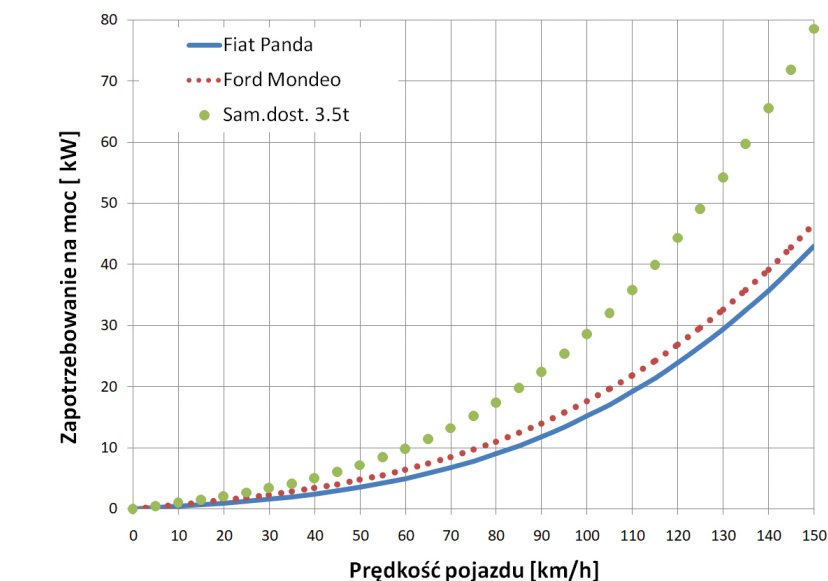
Otóż wartość znamionowa wg PN-EN 60034-1 oraz PN-EN 60349-4 to wartość pewnej wielkości, ustalana zwykle przez wytwórcę, charakteryzująca stan pracy maszyny w określonych warunkach. Powstaje więc pytanie, dla jakich warunków moc znamionowa silników trakcyjnych określana jest przez producentów. Ma tu się na myśli zarówno uwzględniany rodzaj pracy silnika – praca ciągła, dorywcza itp. – jak również wartości prędkości i momentu, dla których owa moc znamionowa zostaje określona. Otóż nie ma tu jednomyślności i różni producenci stosują różne praktyki, czasem niestety naciągane względami marketingowymi.

Nie chcielibyśmy dyskutować w tym miejscu nad słusznością takiego czy innego podejścia. W dalszej części artykułu przedstawimy słuszny w naszym przekonaniu z technicznego punktu widzenia tok rozumowania, na podstawie którego w sposób prawidłowy winno się określać moc znamionową silnika oraz względem którego użytkownik powinien dobierać silnik do danego rozwiązania pojazdu trakcyjnego.

Z punktu widzenia producenta z pewnością prawidłowe podejście byłoby takie, aby moc znamionowa silnika odzwierciedlała jego prawidłowe wykorzystanie ciepłe z tym, że należy tu zaznaczyć, że w przypadku silników trakcyjnych powinno to być określone dla prawidłowej wartości prędkości obrotowej silnika, co wyjaśnione zostanie w dalszej części artykułu.

3. Charakterystyka trakcyjna pojazdu – punkt wyjścia do wstępnego określenia mocy znamionowej

Silnik trakcyjny PMSM, w odróżnieniu od silników pracujących w innych aplikacjach, pracuje w szerokim zakresie prędkości obrotowych i w szerokim zakresie momentów obciążenia, a przy tym z niemożliwym do jednoznacznego określenia cyklem pracy [4, 5, 6]. W związku z powyższym trudno wybrać jeden słuszny punkt odniesienia do porównania poszczególnych rozwiązań



Rys. 1. Teoretyczne charakterystyki trakcyjne wybranych pojazdów w funkcji prędkości pojazdu

konstrukcyjnych silników trakcyjnych PMSM. Niemniej jednak można dokonać pewnego rodzaju analizy, wykorzystując logiczny sposób rozumowania oraz charakterystykę trakcyjną danego pojazdu. Naszym zdaniem to ona właśnie powinna stanowić punkt wyjścia w określaniu mocy znamionowej silnika potrzebnej do danego rozwiązania. Przykładowo wyznaczone na podstawie wzorów analitycznych charakterystyki trakcyjne dla 3 wybranych pojazdów przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawione na rysunku 1 charakterystyki opracowano z uwzględnieniem:

- poruszania się ze stałą prędkością;
- nachylenia powierzchni 0%;
- średnicy koła pojazdu;
- masy pojazdu;
- powierzchni czołowej pojazdu;
- współczynników oporu powietrza;
- współczynników oporu toczenia;
- gęstości powietrza.

Można z całą pewnością założyć, że jeżeli silnik umożliwia jazdę z daną prędkością maksymalną, to użytkownik może chcieć poruszać się z tą prędkością w stosunkowo długim okresie czasu. Z kolei dla przedstawionych charakterystyk trakcyjnych wyraźnie widać, że największą moc pojazd potrzebuje właśnie dla prędkości maksymalnej. Poruszanie się ze stałą dowolną prędkością jest w zasadzie jedynym stanem pracy napędu trakcyjnego, który można

określić jako długotrwały. Wszystkie pozostałe, np. przyspieszanie, są stanami chwilowymi, krótkotrwałymi. Uwzględniając te założenia, należałoby przyjąć, że to właśnie moc dla prędkości maksymalnej powinna stanowić wstępnie dobrany znamionowy punkt pracy silnika, tzn. punkt, dla którego powinno się określać możliwość pracy ciągłej. Należy podkreślić, że jest to wstępnie dobrany punkt znamionowy, ponieważ może się okazać, że ze względu na inne uwarunkowania silnik będzie musiał mieć większe gabaryty, a tym samym – biorąc pod uwagę względy termiczne – jego moc znamionowa będzie mogła być odpowiednio większa. Nie zmienia to jednak faktu, że rzeczywista moc ciągła, wymagana dla silnika trakcyjnego, determinowana jest poprzez maksymalną prędkość pojazdu i jego charakterystykę trakcyjną.

Oczywiście w celu określenia prawidłowej wartości pozostaje kwestia przyjętych współczynników oraz założeń, w tym uwzględnionego nachylenia powierzchni, dla którego wyznaczone są charakterystyki trakcyjne. Jednakże przyjmowanie nachylenia innego niż 0% z jednoczesnym założeniem poruszania się pojazdu z prędkością maksymalną np. 150 km/h przez okres np. ok. 30 min nie ma rzeczywistego odzwierciedlenia. Oczywiście należy bezwzględnie sprawdzić zapotrzebowanie danego pojazdu na moc przy pokonywaniu różnego rodzaju wzniesień,

niemniej jednak, tak jak wspomniano wcześniej, będą to stany chwilowe/przejsiowe, trwające w zależności od przyjętych warunków ok. 1–5 min.

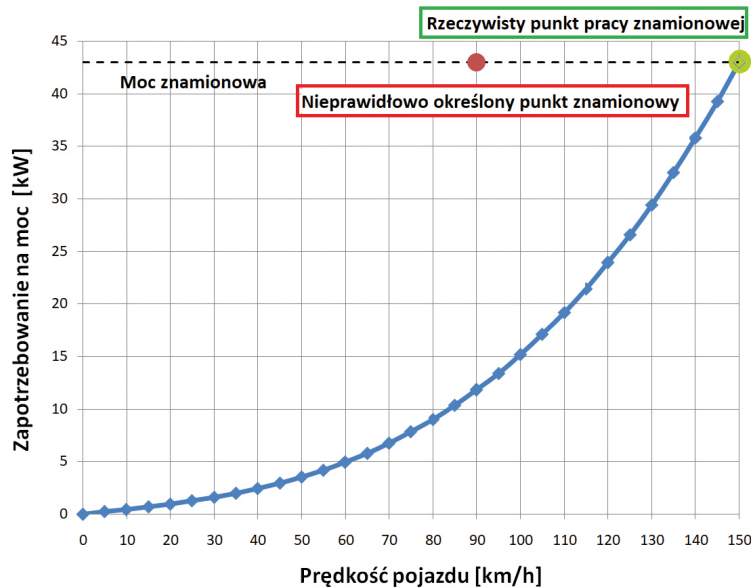
Na rysunku 2 zobrazowano przypadek, w którym moc znamionowa silnika na poziomie 43 kW osiągana jest dla różnych prędkości. W jednym przypadku pokrywa się ona z charakterystyką trakcyjną pojazdu (rzeczywisty punkt pracy znamionowej), w drugim jest poza charakterystyką, dla prędkości mniejszej niż prędkość maksymalna. Jeżeli moc znamionowa silnika określona jest dla prędkości mniejszej niż prędkość maksymalna, należy zweryfikować, czy silnik/napęd dla prędkości maksymalnej jest również w stanie pracować w sposób ciągły.

Jeżeli z dodatkowych uwarunkowań stawianych napędowi trakcyjnemu wynika, że gabaryty silnika muszą być większe, wówczas moc znamionowa silnika podawana przez producenta może mieć inną, wyższą wartość, niż wynika to z warunku charakterystyki trakcyjnej. Niemniej jednak, w naszym przekonaniu w każdym przypadku, moc znamionowa silnika trakcyjnego powinna być podana dla jego maksymalnej prędkości.

4. Warunki pracy silnika – moment maksymalny oraz prędkość maksymalna

Aby na etapie doboru/projektowania określić podstawowe parametry silnika trakcyjnego, którymi powinien dysponować, należy przeanalizować kilka charakterystycznych stanów pracy pojazdu. Na potrzeby niniejszego artykułu wybraliśmy 4 takie stany, które naszym zdaniem w dużym stopniu obrazują wymagania stawiane w stosunku do parametrów napędu trakcyjnego. Ich zestawienie przedstawiono w tabeli nr 1. W celu uproszczenia obliczeń i bardziej obrazowego przedstawienia przyjęto założenie, że silnik bezpośrednio napędza koła pojazdu, a więc nie występuje żadna dodatkowa przekładnia.

Stan 1 odpowiada poruszaniu się pojazdu z prędkością maksymalną po płaskiej powierzchni (nachylenie 0%). Założono, że maksymalna prędkość rozwijana przez pojazd powinna wynieść 150 km/h.



Rys. 2. Przykładowa charakterystyka trakcyjna pojazdu z określeniem znamionowego punktu pracy

Tabela 1. Charakterystyczne stany pracy pojazdu

			Fiat Panda	Ford Mondeo	Sam. dost. 3,5 t
Stan 1 Prędkość maksymalna 150 km/h, nachylenie 0%	P	kW	43	47	80
	M	Nm	300	330	650
	n	obr./min	1370	1370	1170
Stan 2 Prędkość pojazdu 50 km/h – wzniesienie 20% na odcinku 1 km	P	kW	47	73	102
	M	Nm	990	1550	2500
	n	obr./min	450	450	390
Stan 3 Prędkość pojazdu 70 km/h – wzniesienie 15% na odcinku 5 km	P	kW	52	79	113
	M	Nm	790	1200	1960
	n	obr./min	630	630	550
Stan 4 Przyspieszenie pojazdu 0–100 km/h w czasie 15 s	P	kW	98	145	208
	M	Nm	1040	1540	2550
	n	obr./min	900	900	780

Stan 2 to założenie podjazdu na odcinku 1 km pod wzniesienie o nachyleniu 20% ze stałą prędkością 50 km/h. Można łatwo obliczyć, że takie wzniesienie byłoby pokonane przy powyższych założeniach w czasie nieco powyżej 1 minuty. Jest to więc stan chwilowy, krótkotrwały.

Stan 3 to założenie podjazdu na odcinku 5 km pod wzniesienie o nachyleniu 15% ze stałą prędkością 70 km/h. Podobnie jak w poprzednim przypadku jest to stan chwilowy, a odcinek zostałby pokonany w czasie ok. 4,5 minuty.

Stan 4 związany jest z dynamiką napędu. Obliczono wymagane parametry silnika, aby pojazd mógł osiągnąć

prędkość 100 km/h w czasie 15 s. Wartość podanej w tym punkcie mocy dotyczy prędkości silnika odpowiadającej prędkości pojazdu 100 km/h.

Z powyższych założeń otrzymano wyniki, dla których można określić następujące prawidłowości:

1. Jedynie „Stan 1”, tzn. jazdę ze stałą prędkością, można uznać za stan pracy ciągłej. Prędkość maksymalna dla charakterystyki trakcyjnej pojazdu determinuje prawidłowo określoną moc znamionową.
2. Moment maksymalny pojazdu determinowany jest dynamiką pojazdu. Im krótszy będzie założony czas do osiągnięcia określonej prędkości,

tym większym momentem maksymalnym musi dysponować napęd. Dla niektórych przypadków moment maksymalny może być determinowany dodatkowo np. wjazdem na krawężnik.

3. Oprócz wartości momentu maksymalnego należy zwrócić uwagę na wartość prędkości obrotowej, dla której moment maksymalny powinien być dostępny (wynika ze stanu 4). Jeżeli prędkość ta będzie mniejsza, to wówczas czas założony do osiągnięcia danej prędkości przez pojazd wydłuży się ze względu na konieczność zmniejszenia momentu (strefa pracy ze stałą mocą).

4. Prędkość maksymalna silnika determinowana jest zakładaną maksymalną prędkością poruszania się pojazdu.

Z przedstawionych powyżej rozważań wynikają kluczowe parametry eksploatacyjne silnika trakcyjnego. Są to:

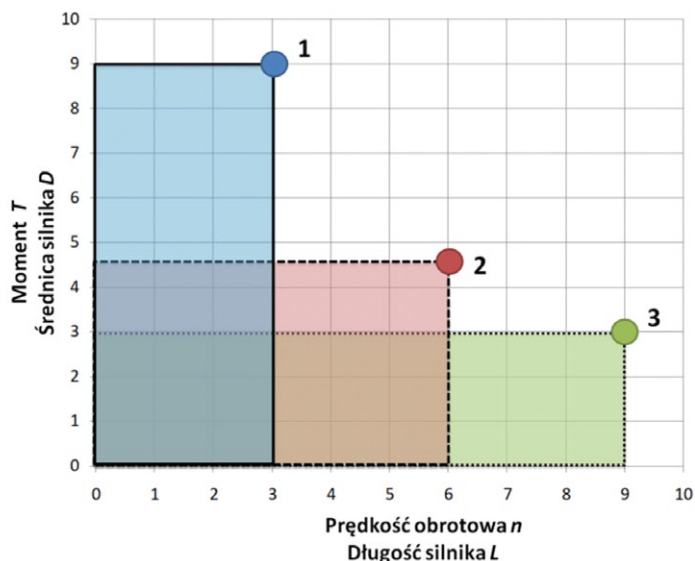
- moment maksymalny;
- prędkość bazowa dla momentu maksymalnego;
- prędkość maksymalna;
- moc znamionowa określona dla prędkości maksymalnej.

Aby prawidłowo dobrać/zaprojektować silnik trakcyjny PMSM, powyższe parametry muszą być wcześniej określone.

Wróćmy do głównego meritum niniejszego artykułu, tzn. pytania czy moc znamionowa decyduje o gabarycie i masie silnika trakcyjnego PMSM. Otóż z własnych doświadczeń z całą stanowczością możemy stwierdzić, że nie. Kluczowymi parametrami decydującymi o powyższych właściwościach są moment maksymalny oraz maksymalna prędkość, jaką pojazd powinien rozwijać. Oczywiście zadaniem konstruktora jest odpowiednie zaprojektowanie silnika tak, aby nie był znacząco przewymiarowany, natomiast użytkownik powinien mieć świadomość, że gabaryt/masę silnika można określić prawidłowo, jedynie znając wymagania w stosunku do tych dwóch parametrów.

Postaramy się udowodnić powyższą tezę w sposób obrazowy/intuicyjny, posługując się rysunkiem 3. Charakterystyka eksploatacyjna silnika przedstawiana jest zwykle jako $T = f(n)$, gdzie: T – moment na wale [Nm]; n – prędkość obrotowa [obr./min]

Rys. 3. Obrazowe przedstawienie gabarytów silników o różnych wartościach momentu i prędkości maksymalnej oraz równoważnym im średnicy D i długości L silnika



Przyjmując, że na osi rzędnych momentowi na wale odpowiada średnica zewnętrzna silnika D , natomiast na osi odciętych prędkości obrotowej odpowiada długość L silnika, możemy zobrazować potencjalne gabaryty silnika dla przyjętych różnych wartości momentu i prędkości maksymalnej. Należy założyć, że zarówno moment T , jak i prędkość n reprezentują wartości maksymalne. Na osiach x i y specjalnie zaznaczono wartości liczbowe (bez jednostek), aby można było dodatkowo w prosty sposób porównać poszczególne przypadki na konkretnych wartościach liczbowych.

W celu prawidłowego porównania założono, że silnik PMSM nie pracuje w strefie osłabiania strumienia od magnesów (to daje możliwość ograniczenia gabarytów maszyny).

- Na rys. 3 zobrazowano 3 przypadki:
1. Silnik o największym momencie maksymalnym i najmniejszej prędkości maksymalnej.
 2. Silnik mający połowę mniejszy moment maksymalny w stosunku do „1” oraz dwukrotnie większą prędkość obrotową.
 3. Silnik o najmniejszym momencie maksymalnym i największej maksymalnej prędkości.

Charakterystyczną cechą przedstawionych przypadków jest to, że iloczyn momentu T oraz prędkości n jest dla wszystkich jednakowy. Innymi słowy, wartość mocy maksymalnej dla każdego silnika jest taka sama, a korzystając z przedstawionych wartości liczbowych bez jednostek można w celu

zobrazowania powiedzieć, że wynosi 27 (9×3 lub $4,5 \times 6$ lub 3×9).

Przyjmując założenie, że momentowi T odpowiada średnica D silnika, natomiast prędkości – długość L , patrząc na rysunek 3, od razu widzimy proporcje gabarytowe silników dla poszczególnych przypadków. Silniki wysokoobrotowe to silniki o małych średnicach, natomiast silniki wymagające dużych wartości momentów cechują się znacznie większymi średnicami. W odniesieniu do napędów trakcyjnych problem jest taki, że zazwyczaj wymagany jest zarówno stosunkowo wysoki moment maksymalny (ze względu na dynamikę pojazdu), jak i stosunkowo wysoka prędkość maksymalna (ze względu na możliwość rozwijania dużej prędkości pojazdu) – obrazowo przypadek 2 z rysunku nr 3. Podczas projektowania silnika, ze względu na minimalizację gabarytów, należy więc poszukiwać kompromisu pomiędzy tymi dwoma parametrami.

Powstaje w tym miejscu pytanie, jak przedstawione proporcje wpływają na objętość i masę silnika. Otóż najlepiej przedstawić to, posługując się wartościami liczbowymi.

Objętość bryły walca dla wszystkich 3 przypadków można wyznaczyć, korzystając ze wzoru:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (1)$$

Z uwagi na to, że iloczyn $D \cdot L$ jest jednakowy dla wszystkich 3 przypadków, wyrażenie (1) można przekształcić:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot L \cdot D \quad (2)$$

Z równania (2) widać, że porównując 2 maszyny o jednakowej wartości iloczynu $D \cdot L = const$, objętość maszyny, a przyjmując jednakową dla wszystkich gęstość również masa jest proporcjonalnie większa o wartość średnicy D (oczywiście przy założeniu pełnego walca, co nie zawsze jest założeniem zgodnym z rzeczywistością). Przechodząc teraz na wartości liczbowe, otrzymujemy dla przypadku:

$$1) \quad V = \frac{\pi \cdot 9^2}{4} \cdot 3 = 190,86$$

$$2) \quad V = \frac{\pi \cdot 4,5^2}{4} \cdot 6 = 95,43$$

$$3) \quad V = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} \cdot 9 = 63,32$$

W związku z powyższym widzimy, że objętość/masa silnika „1” jest 3-krotnie większa w stosunku do objętości/masy silnika „3”. Innymi słowy, dla silników o wymaganych wysokich wartościach momentów masa silnika jest większa niż w przypadku silników o tej samej mocy maksymalnej, lecz wyższej prędkości obrotowej.

Należy zaznaczyć, że w tych teoretycznych rozważaniach należy jeszcze uwzględnić racjonalne i rzeczywiste możliwości techniczne wykonywania różnego rodzaju podzespołów, jak również parametry osprzętu współpracującego z silnikiem. Oczywiście dążenie do opracowywania silników wysokoobrotowych w celu ograniczenia masy i gabarytu jest w pełni uzasadnione, natomiast patrząc przez pryzmat wymagań stawianych przed silnikami trakcyjnym PMSM, należy podchodzić do tego z rozsądkiem.

5. Współczynnik sprawności vs gabaryty i masa

Pisząc o masie i gabarytach silnika, nie sposób nie wspomnieć o dodatkowym parametrze silnika, jakim jest współczynnik sprawności. W obecnych czasach producenci, nie tylko silników trakcyjnych, dążą oczywiście do uzyskiwania jak najwyższych jego wartości. Niestety trzeba w tym miejscu również powiedzieć, że część producentów silników podaje w katalogach zawyżone w stosunku do rzeczywistych współczynniki sprawności. Takie przypadki zostały

przez nas zidentyfikowane w trakcie badań przeprowadzanych na owych silnikach w naszym laboratorium. Różnice pomiędzy danymi deklarowanymi przez producenta a wynikami uzyskanymi z badań wynosiły nawet powyżej 5 punktów procentowych! Jest to być może informacja podana w sposób oględny, ale chcielibyśmy, aby użytkownicy mieli tego świadomość.

Otóż problem polega na tym, że sprawność silnika, zakładając, że jest on prawidłowo zaprojektowany, można zwiększyć poprzez:

- zastosowanie lepszych materiałów;
- znaczną poprawę wydajności układu chłodzenia;
- zwiększenie objętości/masy materiałów czynnych obwodu elektromagnetycznego.

Możliwość stosowania lepszych materiałów jest względnie ograniczona, chociażby z uwagi na ich koszt, natomiast znaczna poprawa wydajności układu chłodzenia nie jest kwestią prostą technicznie [7]. Najszybszym i najprostszym sposobem zwiększenia sprawności jest ograniczenie strat mocy poprzez zwiększenie objętości materiałów czynnych obwodu elektromagnetycznego. Patrząc na to zagadnienie z drugiej strony, bardzo trudno jest zaprojektować silnik o „wysokich” parametrach eksploatacyjnych, wysokim współczynniku sprawności, a przy tym o małej masie. Ponieważ masa, w odróżnieniu do współczynnika sprawności, jest rzeczą mierzalną dla przeciętnego Kowalskiego, czasami producenci „podciągają” współczynnik sprawności ze względów marketingowych.

Sprawdzenie zgodności tego parametru z danymi producenta wymaga zbudowania odpowiedniego stanowiska badawczego oraz wykorzystania specjalistycznej aparatury, co nie jest możliwe dla każdego.

6. Podsumowanie


W artykule omówiono zagadnienie czynników decydujących o masie i gabarytach silników trakcyjnych PMSM. Przedstawiono szereg różnego rodzaju wniosków, z których najważniejszy jest taki, że o masie i gabarytach silnika trakcyjnego PMSM na etapie jego projektowania decyduje wymagana

wartość momentu maksymalnego oraz maksymalnej prędkości obrotowej, nie zaś moc znamionowa silnika. Przedstawiono słusznym zdaniem autorów sposób określania mocy znamionowej silników trakcyjnych PMSM oraz kryteria, jakie należy uwzględniać, porównując poszczególne silniki trakcyjne między sobą.

Literatura

- [1] GIERAS J., WING M.: *Permanent magnet motor technology. Design and Applications*. Marcel Dekker, Inc, New York, Basel, 2002.
- [2] ROSSA R., KRÓL E.: *Regulacja prędkości obrotowej w napędzie elektrycznym e-Kit dedykowanym do elektryfikacji małych samochodów osobowych i dostawczych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problematyczne”, 4(97)/2012.
- [3] MORIMOTO S., SANADA M., TAKEDA Y., TANIGUCHI K.: *Optimum Machine Parameters and Design of Inverter-Driven Synchronous Motors for Wide Constant Power Operation*. Ind. Appl. Society Annual Meeting, 1994, Conference Record of the 1994 IEEE, pp. 177–182.
- [4] KRÓL E., ROSSA R.: *Badanie układu napędowego pojazdu z napędem e-Kit pod kątem zwiększenia zasięgu*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problematyczne”, 2/2015.
- [5] FIC B.: *Pojazdy elektryczne*. Wydawnictwo KaBe, Krosno 2012.
- [6] BERNATT J., GAWRON S., KRÓL E.: *Nowoczesne silniki z magnesami trwałymi do zastosowań trakcyjnych*. „Technika Transportu Samochodowego”, 1–2/2010.
- [7] BĘDKOWSKI B., MADEJ J.: *Analiza wydajności różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu chłodzenia silnika elektrycznego zabudowanego w kole*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problematyczne”, 1/2018.

Publikacja ukazała się na łamach Zeszytów Komelowskich 2019 r.

 Tomasz Wolnik, Emil Król
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych
KOMEL

artykuł recenzowany

Zagadnienia oceny wskaźników ekologicznych pojazdów dwudrogowych w aspekcie aktualnych przepisów homologacyjnych

Maciej Andrzejewski, Paweł Daszkiewicz, Michalina Kamińska, Wojciech Jakuszko, Łukasz Rymaniak

Wprowadzenie

Poprawa stanu środowiska naturalnego wymaga coraz nowszych sposobów na obniżenie emisji związków szkodliwych spalin emitowanych przez pojazdy. Jednym z nich jest zastąpienie wyeksploatowanych lokomotyw manewrowych ciągnikami szynowo-drogowymi. Pojazdy takie przystosowane są do przeciążania wagonów, a ich konstrukcja zapewnia dużą funkcjonalność przy niskich kosztach eksploatacji. Głównym celem tego zabiegu jest zmniejszenie negatywnego oddziaływania pojazdu na środowisko i redukcja zużycia paliwa w porównaniu do lokomotywy wykonującej tę samą pracę. Badania emisyjności spalin testowanego pojazdu przeprowadzono podczas rzeczywistych warunków eksploatacji, dzięki czemu uzyskane wyniki są bardziej miarodajne. Celem przeprowadzonych badań było porównanie wskaźników ekologicznych ciągnika dwudrogowego podczas prac wykonywanych na drodze oraz na torze wraz ze wskazaniem różnic wyników uzyskanych podczas badań RDE (*Real Driving Emissions*) w odniesieniu do spełnianej normy podczas testów na hamowni silnikowej. W trakcie badań przeprowadzono pomiary stężenia związków gazowych oraz cząstek stałych. Do wyznaczenia emisji jednostkowej niezbędna była rejestracja masowego natężenia przepływu spalin. Uzyskane wartości odniesiono do norm emisji spalin.

Metodyka badawcza

Badany obiekt wyposażony był w silnik ZS o mocy znamionowej 116 kW oraz objętości skokowej 6,8 dm³. Według danych technicznych zastosowany układ napędowy spełnia normę homologacyjną Stage III B. Podczas badań użyto mobilnego analizatora Micro PEMS Axion R/S+ (rys. 1). Umożliwił on pomiar emisji związków szkodliwych spalin, tj. dwutlenku węgla (CO₂), tlenku węgla (CO), węglowodorów (HC), tlenków azotu (NO_x) i cząstek stałych (PM). Zmierzono również stężenia wcześniej wymienionych gazów wylotowych. Aparatura badawcza wyposażona była w takie systemy, jak CAN, GPS oraz METEO. Obiekt przystosowany był do poruszania się zarówno po drodze gruntowej, jak i szynach kolejowych dzięki zastosowaniu rolek kołowych prowadzących po torach wraz z urządzeniami pociągowo-zderzycznymi. Wyposażenie obiektu w dodatkowe urządzenia robocze umożliwiało wykonywanie przez niego prac manewrowych niezbędnych do przeprowadzonych testów. Badania podzielone zostały na dwa etapy. Pierwszy etap obejmował przejazd obiektu po drodze gruntowej bez



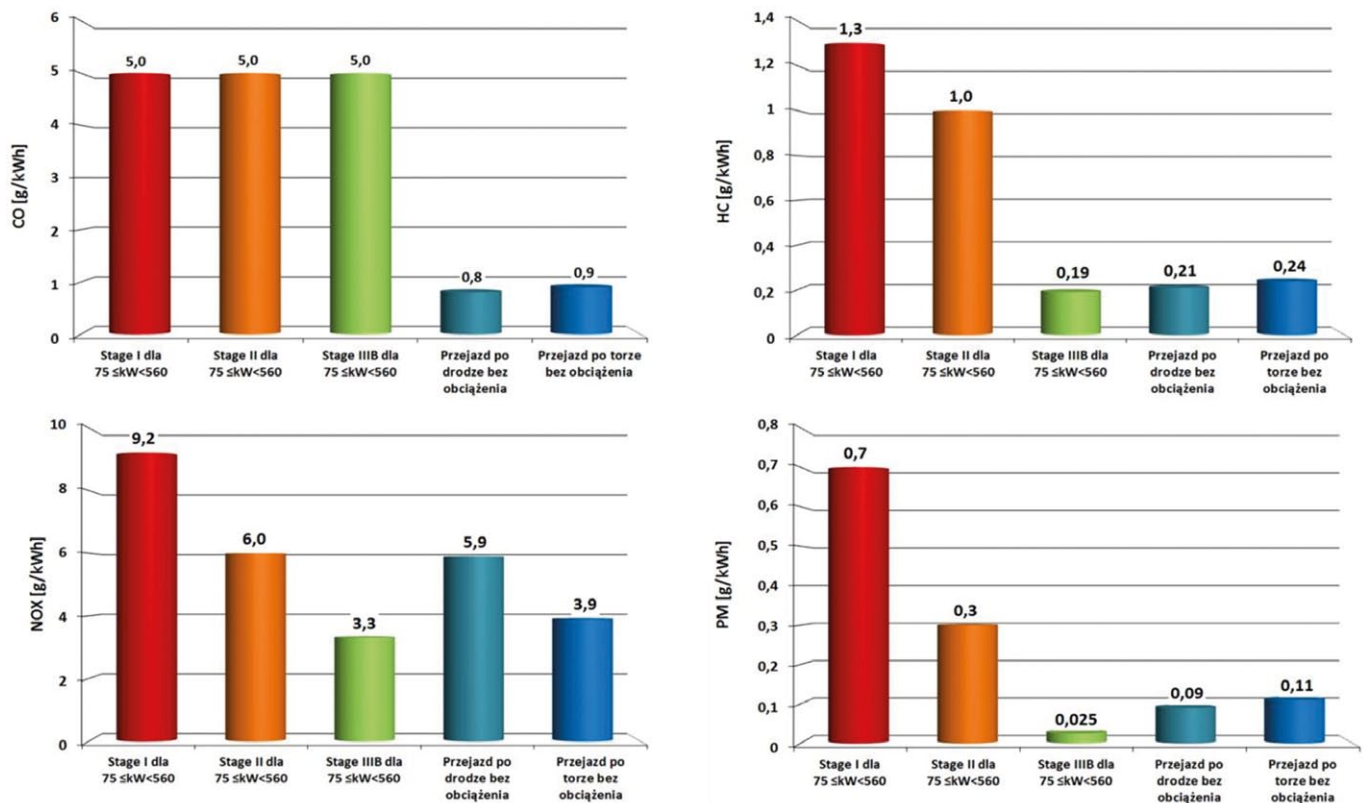
Rys. 1. Ciągnik szynowo-drogowy z podłączoną aparaturą badawczą

obciążenia. Następnie pojazd został wtoczony na szyny kolejowe. Etap drugi dotyczył przejazdu ciągnika wyposażonego w zestaw kołowy po torze bez obciążenia. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono wskaźniki ekologiczne oraz dokonano oceny jednostkowego zużycia paliwa.

Wyniki badań

Dzięki pomiarom emisji spalin w rzeczywistych warunkach ruchu dla obu przejazdów określono zużycie paliwa. W tym celu zastosowano metodę *carbon balance*, wyznaczaną na podstawie ilości węgla znajdującego się w gazach wylotowych emitowanych podczas procesu spalania. Uzyskane wyniki nieznacznie się od siebie różniły. Przejazd ciągnika szynowo-drogowego po torze charakteryzował się zużyciem paliwa o 3% większym (5,1 kg/h) niż w przypadku przejazdu tego samego pojazdu po drodze, dla którego zużycie paliwa osiągnęło wartość 4,25 kg/h. Podczas badań wyznaczono również emisję jednostkową związków toksycznych spalin (rys. 2).

- Przejazd po torze charakteryzował się zużyciem paliwa o 3% większym niż przejazdu tego samego pojazdu po drodze, dla którego zużycie paliwa osiągnęło wartość 4,25 kg/h.
- Mniejszymi wartościami emisji jednostkowej tlenku węgla cechował się etap drogowy (0,75 g/kWh). Dla cyklu przeprowadzanego na torze wartość emisji była o 20% większa



Rys. 2. Emisja jednostkowa związków toksycznych spalin

i wyniosła 0,9 g/kWh. Oba przejazdy cechowały się dużo mniejszymi wartościami niż limit CO normy emisji spalin Stage III B (5,0 g/kWh).

- Mniejsze wartości emisji jednostkowej węglowodorów uzyskano podczas badań po drodze (0,21 g/kWh). Cykl pomiarowy obejmujący etap na torze charakteryzował się wartościami większymi o 14% (0,24 g/kWh). Żaden z przejazdów nie spełnił limitu HC normy emisji spalin Stage III B, który wynosi 0,19 g/kWh.
- W odniesieniu do emisji jednostkowej tlenków azotu mniejszą wartość, równą 3,9 g/kWh, uzyskano podczas przejazdu po torze. Podczas drogowego cyklu badawczego uzyskana emisja była o 2 g/kWh większa i wynosiła 5,9 g/kWh. Żaden z etapów nie spełnił limitu NO_x normy emisji spalin Stage IIIB, który wynosi 3,3 g/kWh.
- Większą emisję jednostkową cząstek stałych (0,11 g/kWh) otrzymano dla przejazdu po torze, po drodze wartość ta równa była 0,09 g/kWh. Żaden z wykonanych cykli nie spełnił limitu PM normy Stage IIIB, który wynosi 0,025 g/kWh.

Podsumowanie

Różnice w zużyciu paliwa wynikają z tego, że podczas przejazdu po torze pojazd napotkał większe obciążenie silnika wynikające m.in. z oporów toczenia, a także pracy układu hydraulicznego i pneumatycznego (układ jezdny i hamulcowy). Przyczyniło się to również do wzrostu emisji CO₂, bezpośrednio związanej z tym parametrem. Etap drogowy charakteryzował

się również mniejszą emisją jednostkową tlenku węgla i węglowodorów ze względu na bardziej efektywny przebieg procesów termodynamicznych (większa temperatura w komorze spalania). Związane jest to głównie z charakterystyką silnika, przy dużych obciążeniach wtryskiwana dawka paliwa nie ulega dokładnemu wymieszaniu i dochodzi do spalania niezupełnego. Przejazd po torze cechował się natomiast mniejszą emisją jednostkową tlenków azotu. Podczas przejazdu po drodze pojazd generował większą moc chwilową, co jest związane ze wzrostem temperatury w komorze spalania, która ma bezpośredni wpływ na zwiększoną emisję NO_x. W przypadku przejazdu po szynach mniejsza również była emisja jednostkowa cząstek stałych. Na jej pogorszenie znacznie wpływa obciążenie silnika pojazdu i jego częste zmiany, które wiążą się z koniecznością doprowadzania większej ilości paliwa do komory spalania, co może prowadzić do zwiększenia lokalnych udziałów spalania niezupełnego i niecałkowitego w cylindrach jednostki napędowej. ■

Maciej Andrzejewski, Paweł Daszkiewicz,
Michalina Kamińska, Wojciech Jakuszek -
Łukaszewicz - Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”;
Łukasz Rymaniak - Politechnika Poznańska

Diagnostyka maszyn i urządzeń

Czujniki pomiarowe w diagnostyce. Część 2

Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec

1. Czujniki do pomiarów temperatury

Większość pracujących w przemyśle maszyn elektrycznych ma fabrycznie zamontowane czujniki temperatury (Pt10, Pt100, Pt1000). Temperatura jest jedną z najczęściej mierzonych wielkości nieelektrycznych w przemyśle. Zakres pomiarowy najczęściej zawiera się w przedziale od ok. -100°C do ponad 300°C . Tak szeroki zakres mierzonej wielkości, różnorodność warunków pomiarów, celów oraz wymaganych dokładności pomiarów sprzyjały powstaniu dużej liczby różnorodnych czujników i przyrządów do pomiarów temperatury.

Rezystancyjne czujniki temperatury

Czujniki termorezystancyjne RTD są to czujniki, których rezystancja jest funkcją temperatury. Wzrost temperatury powoduje wzrost rezystancji [2.85].

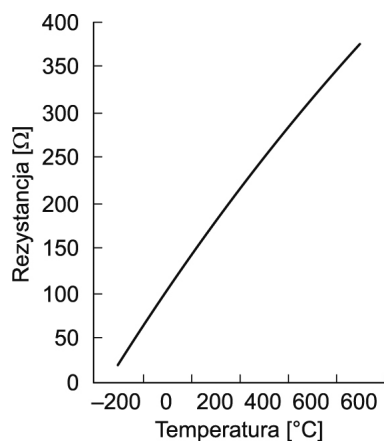
Wzrost rezystancji danego metalu określa jego średni cieplny współczynnik zmiany rezystancji α , podawany najczęściej dla zakresu od 0°C do 100°C ; wyraża się go zależnością [2.85]

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 \cdot R_0} \quad (1)$$

gdzie: R_{100} – rezystancja przewodu z danego metalu w temperaturze 100°C ; R_0 – rezystancja przewodu z danego metalu w temperaturze 0°C .

Na rys. 1 przedstawiono charakterystykę zależności rezystancji od temperatury dla czujnika Pt100, czujnika najczęściej stosowanego w silnikach elektrycznych do pomiarów temperatury.

Równania określające zależność między temperaturą a rezystancją są następujące [2.85]:



Rys. 1. Charakterystyka ilustrująca zależność rezystancji od temperatury dla czujnika Pt100 [2.85]

- w zakresie od -200°C do 0°C

$$R_{\vartheta} = R_0[1 + A\vartheta + B\vartheta^2 + C(\vartheta + 100^{\circ}\text{C})\vartheta^3] \quad (2)$$

- w zakresie od 0°C do $+850^{\circ}\text{C}$

$$R_{\vartheta} = R_0(1 + A\vartheta + B\vartheta^2) \quad (3)$$

Dla platyny, zwykle stosowanej w przemysłowych czujnikach rezystancyjnych, wartości stałych w tych równaniach są następujące [2.85]: $A = 3,9083 \times 10^{-3}\text{C}^{-1}$; $B = -5,775 \times 10^{-7}\text{C}^{-2}$; $C = -4,183 \times 10^{-12}\text{C}^{-4}$.

Według PN-EN 60751 przy temperaturze 0°C nominalna wartość rezystancji wynosi 100Ω . Dostępne są również czujniki rezystancyjne o nominalnych wartościach 500Ω (Pt500) oraz 1000Ω (Pt1000) przy temperaturze 0°C . Charakteryzują się one większą dokładnością (większa rozdzielczość rezystancji w stosunku do temperatury).

Materiał stosowany do budowy czujników termorezystorowych powinien mieć następujące właściwości [2.85]:

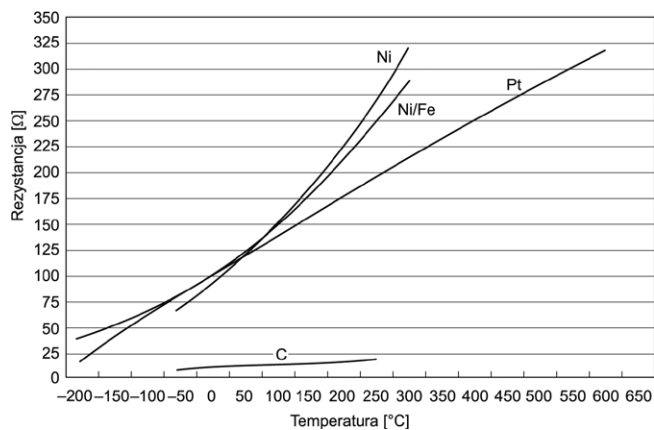
- duży cieplny współczynnik zmiany rezystancji, co zapewnia duże przyrosty rezystancji rezystora wraz z temperaturą;
- możliwie dużą rezystywność, co umożliwia wykonanie rezystorów o małych wymiarach;
- możliwie wysoką temperaturę topnienia;
- odporność na korozję;
- łatwą odtwarzalność metalu o identycznych właściwościach, co zapewnia wymienialność rezystorów termometrycznych;
- ciągłą i możliwie liniową zależność rezystancji od temperatury bez występowania histerezy;
- dostateczną ciągłość i wytrzymałość.

Do budowy czujników stosuje się: platynę, złoto, srebro, miedź, wolfram, nikiel. Najczęściej w przemyśle są wykorzystywane termorezystory platynowe ze względu na wysoką temperaturę topnienia, stałość właściwości fizycznych, ciągłość zależności rezystancji od temperatury bez wystąpienia histerezy [2.85]. W tabeli 1 przedstawione zostały właściwości najczęściej stosowanych materiałów do budowy czujników termorezystancyjnych. Na rys. 2 przedstawiono zależność rezystancji od temperatury dla różnych materiałów.

Przewodowy czujnik rezystancyjny składa się z przewodu połączonego bezpośrednio z rezystorem oraz z rurki ochronnej, w której znajduje się termorezystor. Wewnętrzna przestrzeń między rezystorem a ścianką rurki ochronnej jest wypełniona specjalną masą silikonową, która zapewnia bardzo dobry transfer ciepła oraz wysoką odporność na wibracje [2.85]. Na rys. 3 przedstawiono zewnętrzny wygląd czujnika Pt100.

Tabela 1. Właściwości najczęściej stosowanych materiałów do budowy czujników termorezystancyjnych [2.85]

Materiał	Współczynnik temperaturowy	Zakres temperatur	Opis
Pt	0,00385–0,003923 W/W/°C	od -200°C do 850°C	najlepsza dokładność i stabilność, liniowa charakterystyka, najszerszy zakres temperatur, duża odporność: dostępne w wersjach 100 Ω, 200 Ω, 500 Ω, 1000 Ω, stosowany najczęściej w laboratoriach i w przemyśle
Ni	0,0067 W/W/°C	od -40°C do 300°C	najwyższy współczynnik temperaturowy, gorsza stabilność niż Pt, po przekroczeniu punktu Curie (352°C) nieprzewidywalna histereza
Cu	0,0043 W/W/°C	od -73°C do 149°C	najbardziej liniowa charakterystyka, lecz mały zakres temperatur, bardzo niska odporność – potrzebny długi drut do stworzenia przetwornika
Ni/Fe (70\30)	0,0051 W/W/°C	od -43°C do 343°C	wysoki współczynnik temperaturowy



Rys. 2. Zależność rezystancji od temperatury dla różnych materiałów [2.86]

Podstawowe właściwości techniczne dla większości czujników:

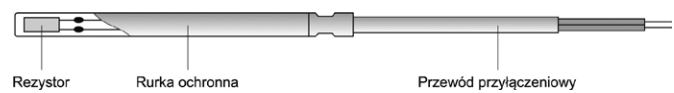
- średnica: 2–12 mm;
- materiał rurki ochronnej: stal nierdzewna, kwasoodporna, mosiądz lub inny;
- połączenie: 2, 3, 4 przewody;
- uchwyt: zaciskowy, gwintowany zaciskowy lub spawany.

Na rys. 4 przedstawiono podstawowe konstrukcje czujników rezystancyjnych:

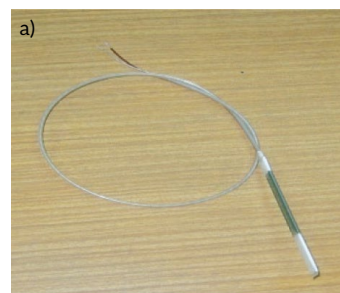
- spirala na rdzeniu (rys. 4 a);
- spirale w otworach (rys. 4 b).

Rezystory pałeczkowe są najbardziej rozpowszechnioną formą rezystorów termometrycznych. Uzwojenie rezystancyjne jest nawijane na pręcie bądź rurce ze szkła lub kwarcu (rys. 5 a). Rezystory pałeczkowe wykonuje się także z uzwojeniem rezystancyjnym w formie spirali umieszczonej w otworach poosiowych rurki ceramicznej (rys. 5 b), takie wykonanie zapewnia dużą odporność na wstrząsy i wibrację [2.85].

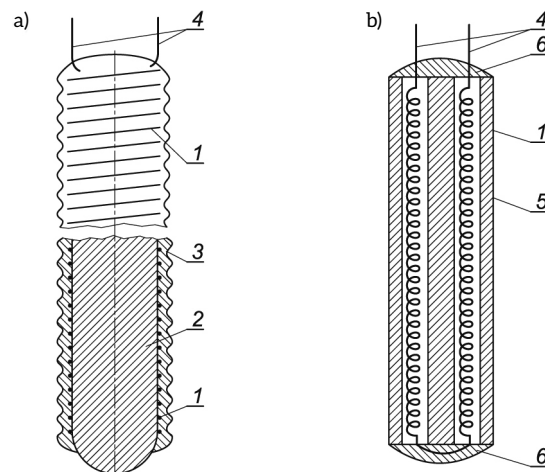
Intensywnie rozwijająca się technika doprowadziła do znacznej miniaturyzacji nowych konstrukcji rezystorów termometrycznych. W nowych konstrukcjach uzwojenie z drutu zastąpiono rezystancją wykonaną techniką warstw napylnych. Rezystory warstwowe mają element rezystancyjny wykonany w technologii warstw cienkich, co umożliwia ich dalszą miniaturyzację. Najmniejsze czujniki warstwowe płaskie mają wymiary 2 × 2,3 × 1 mm [2.85].



Rys. 3. Wygląd przykładowego czujnika Pt100 [2.85]



Rys. 4. Przykładowe konstrukcje czujników termorezystancyjnych: a) spirala w rdzeniu; b) spirale w otworach



Rys. 5. Rezystory pałeczkowe Pt [2.85]: a), b) przykłady rozwiązań technicznych; 1 – drut Pt; 2 – pręt szklany; 3 – warstwa ochronna; 4 – końcówki; 5 – rurka ceramiczna; 6 – glazura

Czujniki termorezystancyjne są dostępne w czterech konfiguracjach połączeń [2.85]. W praktyce najczęściej stosowanymi układami czujnika rezystancyjnego są układy dwuprzewodowe, jednak przy dłuższych połączeniach między czujnikiem a miernikiem powstają błędy pomiarowe. Błędy te można wyeliminować, stosując układy trójprzewodowe. Do pomiarów precyzyjnych są stosowane również układy czteroprzewodowe.

Termoelementy

W nazwach termoelementów na pierwszym miejscu podaje się elektrodę dodatnią. Najczęściej są stosowane następujące termoelementy:

- platynorod-platyna PtRh (0–1800°C);
- chromel-nikiel NiCr (0–1250°C);
- żelazo-konstantan Fe-konstantan (–200–700°C);
- miedź-konstantan Cu-konstantan (0–400°C).

Przy podłączeniu termoelementów należy stosować następujące zasady:

- przy bliskich odległościach najlepiej woltomierz podłączać bezpośrednio za pomocą przewodów wykonanych z takich samych materiałów jak termoelementy lub przewodami miedzioowymi;
- przy pomiarach przemysłowych, gdzie odległość obiektu badanego jest duża w stosunku do miernika, stosuje się specjalne przewody kompensacyjne, które można kupić łącznie z termoelementem.

Termoelement (termopara) to para drutów wykonanych z różnych metali (lub stopów) i połączonych na końcach za pomocą spawania, zgrzewania, lutowania lub skręcania. Na złączu tych drutów powstaje różnica potencjałów. Termopary odznaczają się dużą niezawodnością, dokładnością i elastycznością konstrukcji, co pozwala na ich zastosowanie w różnych warunkach. Materiały wykorzystywane do budowy termoelementów powinny w miarę możliwości mieć:

- wysoką temperaturę topnienia;
- dużą odporność na czynniki zewnętrzne;
- małą rezystywność;
- wysoką temperaturę pracy ciągłej;
- mały współczynnik cieplny rezystancji;
- niezmienność parametrów w czasie.

W praktyce działanie termopar opiera się na zjawiskach Seebecka, Peltiera i Thomsona [2.85]. Najistotniejsze jest zjawisko Seebecka i polega ono na powstawaniu siły elektromotorycznej i przepływie prądu elektrycznego w miejscu styku dwóch metali lub półprzewodników o różnych temperaturach, w zamkniętym obwodzie termoelektrycznym.

2. Czujniki do pomiarów wyładowań niezupełnych

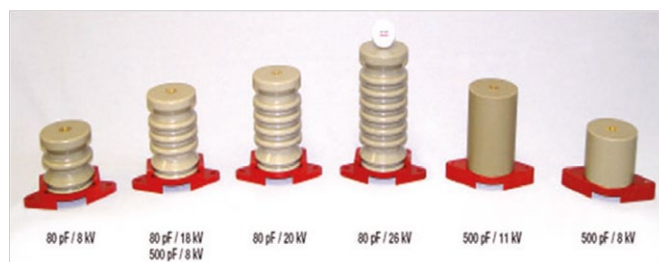
Układy izolacyjne silników WN pracują w warunkach wieloczynnikowego narażenia, co powoduje, że w czasie eksploatacji maszyn powiększają się defekty już istniejące oraz powstają nowe. Procesowi starzenia się izolacji towarzyszy zjawisko wyładowań niezupełnych (*wnz*). Wyładowania niezupełne są wyładowaniami występującymi wewnątrz układu izolacyjnego, które tylko częściowo zwierają izolację między przewodnikami i które mogą być przyległe lub nie do przewodnika [2.87–2.91]. Są one ogólnie uważane za wyładowania lokalne w izolacji i w

wielu przypadkach ze znacznym wyprzedzeniem poprzedzają całkowite przebicie izolacji. Ogólnie *wnz* mają zwykle postać impulsów o czasie trwania krótszym od 1 μ s [2.87–2.91]. Jeżeli lokalne pole elektryczne przekroczy określoną granicę inicjacji wyładowania, to w obecności elektronu startowego formuje się lawina elektronów [2.87–2.91]. Zjawisko to jest ograniczone w przestrzeni i ma charakter przejściowy. Skutkiem oddziaływania tego typu zjawisk na układ izolacyjny jest stopniowe jego osłabienie, w szczególności w wyniku kumulowania się uszkodzeń przy niegasnących *wnz* [2.87–2.91]. Jest to składnik starzenia eksploatacyjnego izolacji. Jak wynika z badań [2.87–2.94], *wnz* są głównym objawem uszkodzenia izolacji wywołanego jej zatarzeniem. Z tego powodu detekcja *wnz* izolacji jest ważnym elementem oceny jej stanu. Z badań eksperymentalnych wynika, że: uszkodzenia izolacji maszyn elektrycznych znajdują swoje odbicie w sygnale *wnz* i w charakterystyczny sposób różnicują go w zależności od miejsca wystąpienia. Wyładowania *wnz* są impulsami wysokiej częstotliwości występującymi w różnych częściach systemu izolacyjnego. Impulsy te zawierają ładunki i generują napięcia. Wyróżnić można cztery podstawowe metody pomiaru *wnz* maszyn elektrycznych:

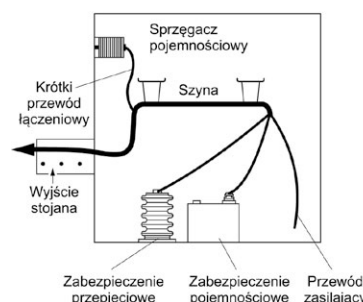
- zastosowanie sprzęgaczy pojemnościowych;
- zastosowanie anten;
- zastosowanie cewek Rogowskiego;
- zastosowanie czujników RFCT (przekładników wysokiej częstotliwości).

Sprzęgacze pojemnościowe

Kondensatory sprzęgające (rys. 6) montuje się pomiędzy wysokonapięciowe zaciski przyłączeniowe, na przykład silnika, a uziemiony zacisk w skrzynce przyłączeniowej – rys. 7. Generalnie montuje się pomiędzy wyjścia lub wybrane fragmenty przewodów: silników, generatorów, rozdzielni a ich wybrane



Rys. 6. Kondensatory sprzęgające [2.87]



Rys. 7. Podłączenie sprzęgaczy pojemnościowych do uzwojeń stojana badanej maszyny elektrycznej, przykłady [2.95–2.98]

uziemione zaciski [2.95, 2.96]. Następnie kondensatory sprzęgające łączy się ekranowanymi kablami z jednostką monitorującą przy użyciu układów zabezpieczających. Kondensatory sprzęgające są to bezwyładowaniowe, epoksydowo-mikowe czujniki *wnz* wysokich częstotliwości. Są nieczułe na zakłócenia pochodzące od innych przyrządów elektrycznych i elektronicznych. Pracują w przedziale częstotliwości od kilku do setek MHz (rys. 6) w zależności od pojemności sprzęgacza. Mają najczęściej pojemność 80 pF, 500 pF i 1000 pF.

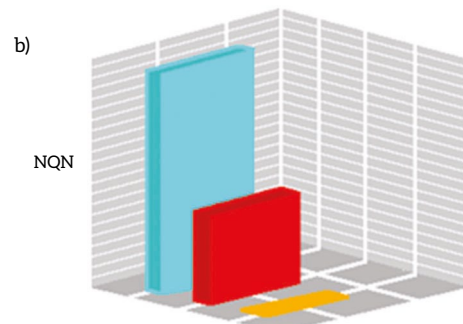
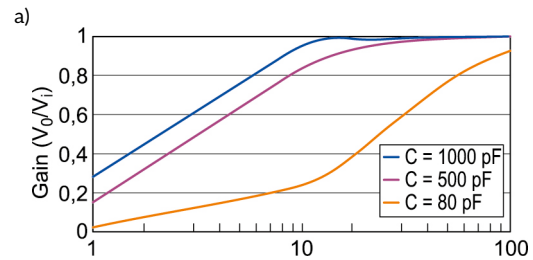
Im większa pojemność zastosowanego sprzęgacza, tym dokładność pomiaru *wnz* jest większa. Sprzęgacze pojemnościowe przystosowane są do pracy w pomieszczeniach zamkniętych, ale istnieje również możliwość pracy na wolnym powietrzu w przedziale temperatur: od -40°C do 80°C . Na rys. 8 przedstawiono charakterystyki kondensatorów pomiarowych sprzęgających 80 pF, 500 pF i 1000 pF. Kondensatory te mają dolną częstotliwość graniczną odpowiednio 40, 6,4 i 3,2 MHz [2.87]. Zważywszy na parametry kondensatorów sprzęgających, w tym przede wszystkim na ich impedancję przy 50 Hz i czułość pomiarową *wnz*, korzystne wydaje się być stosowanie kondensatorów sprzęgających 500 pF.

Kondensatory produkcji rodzimej do pomiaru *wnz* wysokonapięciowych silników elektrycznych

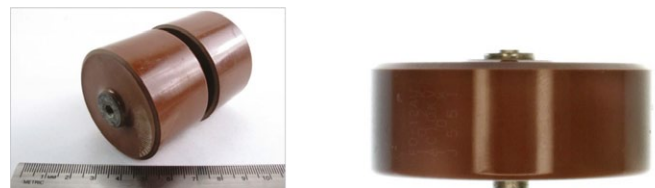
W firmie EthosEnergy w Lublińcu wykonano kondensatory sprzęgające do pomiaru *wnz* o pojemnościach 300 pF i 1000 pF [2.32, 2.99, 2.118]. Do budowy wykorzystano wysokonapięciowe kondensatory ceramiczne serii UHV (ang. *ultra high voltage*) na napięcie stałe i zmienne 15 kV i pojemności $C = 560$ pF (rys. 9). Izolację w opisywanych kondensatorach stanowi tytanian strontu. Do głównych zalet tego typu kondensatorów należą:

- małe gabaryty;
- niski współczynnik strat dielektrycznych $\text{tg}\delta < 1\%$;
- duża wytrzymałość elektryczna.

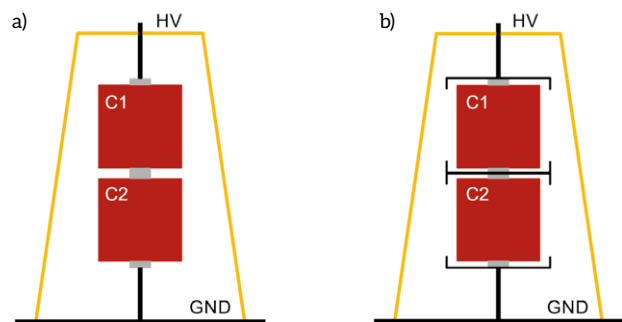
Kondensatory są wykonane jako cylindryczne z wyprowadzeniami śrubowymi. Na podstawie pomiaru rutynowego *wnz* kondensatora w zakresie napięć 0–15 kV stwierdzono zapłon *wnz* typu koronowego przy napięciu $U_z = 8$ kV. Zastosowanie czujnika w maszynie na napięciu $U = 6$ kV stwarzało zagrożenie występowania *wnz* w kondensatorze na skutek zesterzenia się izolacji kondensatora lub podczas pracy w podwyższonej temperaturze. Zastosowanie dwóch szeregowo połączonych kondensatorów znacznie poprawia bezpieczeństwo i zapobiega przebiciu nawet podczas awarii jednego z kondensatorów. Uszkodzenie jednego z dwóch kondensatorów objawia się wzrostem wyjściowego sygnału napięciowego i można je szybko zdiagnozować w systemie monitorującym *wnz*. Z uwagi na fakt, że kondensatory mogą pracować w agresywnej atmosferze, należy je zabezpieczyć przed *wnz* powierzchniowymi. Dwa szeregowo połączone kondensatory zamontowano w wydrążonym otworze izolatora wsporczego na napięciu $U = 12$ kV (rys. 10). Na podstawie pomiaru rutynowego czujnika w zakresie napięć 0–30 kV stwierdzono zapłon *wnz* typu koronowego przy napięciu $U_z = 11,5$ kV. Wartość ta była niepokojąco niska w porównaniu do napięcia zapłonu *wnz* pojedynczego czujnika. Celem zwiększenia napięcia zapłonu *wnz* zastosowano



Rys. 8. Kondensatory pomiarowe [2.87]: a) charakterystyki częstotliwościowe kondensatorów pomiarowych; b) wpływ pojemności sprzęgacza na wynik pomiaru (NQN - współczynniki normalizujące)



Rys. 9. Wysokonapięciowe kondensatory ceramiczne [2.100]



Rys. 10. Rysunek poglądowy połączenia kondensatorów napięciowych: a) bez ekranów; b) z zamontowanymi elektrodami ochronnymi [2.118]; HV - wysokie napięcie, C1, C2 - kondensatory wysokonapięciowe; GND - masa układu

wewnętrzne metalowe ekrany przyłączone do każdej z elektrod kondensatora (rys. 10 b).

Kolejny pomiar rutynowy czujnika wykazał znaczny wzrost napięcia zapłonu *wnz* z poziomu $U_z = 11,5$ kV do poziomu $U_z = 28,1$ kV (rys. 11). Do napięcia inicjacji *wnz* nie stwierdzono występowania żadnych wyładowań powyżej wartości $Q = 5$ pC. Koncentracja ładunków o bardzo małej powtarzalności $n < 3$

w pierwszym cyklu napięcia zasilania wskazuje na *wnz* koronowe. Wyładowania te jednak nie będą występowały w przypadku instalacji czujnika w silnikach o napięciu $U = 6$ kV.

Całość konstrukcji została umieszczona w wydrążonym izolatorze wsporczym. Dodatkowo w podstawie czujnika zamontowano impedancję pomiarową (rys. 11 i 13) o konstrukcji zaprezentowanej w [2.118], eliminując w ten sposób dodatkowy element niezbędny przy pomiarach. Kondensator z dzielnikiem i impedancją przedstawiono na rys. 12. Czujnik został przystosowany do współpracy z systemem monitoringu *wnz*.

Jakość i przydatność tak skonstruowanego czujnika oceniono przez porównanie jego właściwości z kondensatorem wzorcowym. Obiektem badań był przykładowy pręt stojana z wadą w izolacji. Pomiaru dają bardzo zbliżone wyniki co do napięcia zapłonu *wnz*, ładunku maksymalnego oraz rozkładu gęstości ładunków *wnz* (rys. 14).

Kondensatory po zamontowaniu w otworze izolatora wsporczego zostały zalane żywicą epoksydową celem zabezpieczenia przed czynnikami atmosferycznymi. Aby zminimalizować obecność pęcherzyków powietrza w żywicy, czujnik podgrzano do temperatury $\vartheta = 60^{\circ}\text{C}$, a następnie przestrzeń wypełniono rozcieńczoną żywicą z zastosowaniem utwardzacza chemicznego o długim czasie żelowania żywicy. W konstrukcji zastosowano również ekrany ochronne przyłączone do elektrod kondensatorów – rys. 10.

Anteny

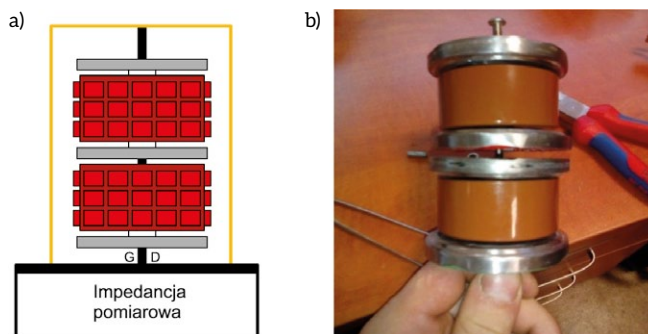
Do pomiarów *wnz* w maszynach elektrycznych można stosować anteny pomiarowe – między innymi na bazie czujników typu termorezystory, inaczej RTD (ang. *resistance temperature detector*) – czujniki pętlowe oraz czujniki paskowe SSC (ang. *stator slot couplers*) [2.87–2.117]. Dobór anten do pomiarów *wnz* w silnikach, ze względu na wpływ zakłóceń przemysłowych, powinien być poprzedzony wyborem zakresu pomiaru *wnz* [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122]. Należy ustalić zakres częstotliwości sygnału *wnz*, w którym jest najkorzystniejszy stosunek sygnału do szumu. Na podstawie badań ustalono, że najkorzystniejszy jest zakres 1–150 MHz [2.87]. Korzystnym zakresem pomiarowym *wnz* maszyn elektrycznych jest zakres 1–20 MHz [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122]. Ważnym elementem w doborze anten są:

- wybór rodzaju anten;
- możliwości formalne i techniczne ich zainstalowania oraz dostrojenia;
- możliwości kalibracji toru pomiarowego.

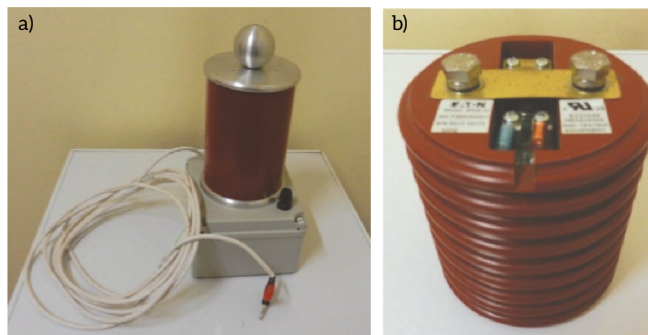
Anteny paskowe

Anteny paskowe skonstruowano specjalnie jako czujniki do badań diagnostycznych stanu izolacji na podstawie pomiarów *wnz* dla dużych generatorów. Anteny paskowe opracowano w latach 80. XX wieku [2.95, 2.96]. Wykonane są na bazie szkła epoksydowego. Na rys. 15 przedstawiono przykładowe rozwiązania anten paskowych. Przykładowe parametry anten paskowych są następujące:

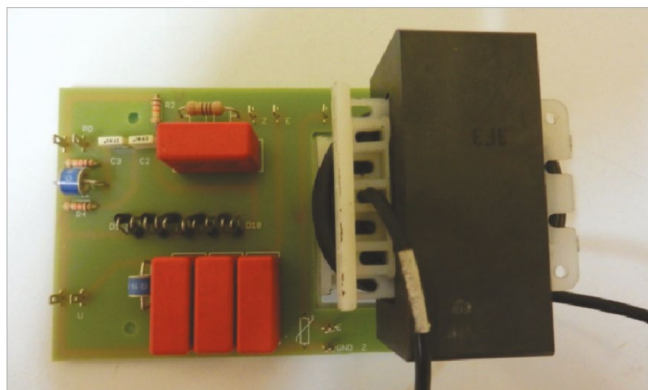
- pasmo 10–100 MHz;
- grubość 2 mm;
- długość do 53 cm.



Rys. 11. Kondensatory sprzęgające do pomiaru *wnz* [2.118]: a) kondensator z dzielnikiem napięcia i impedancją pomiarową w podstawie; b) połączenie szeregowo kondensatorów i montaż ekranów ochronnych do elektrod

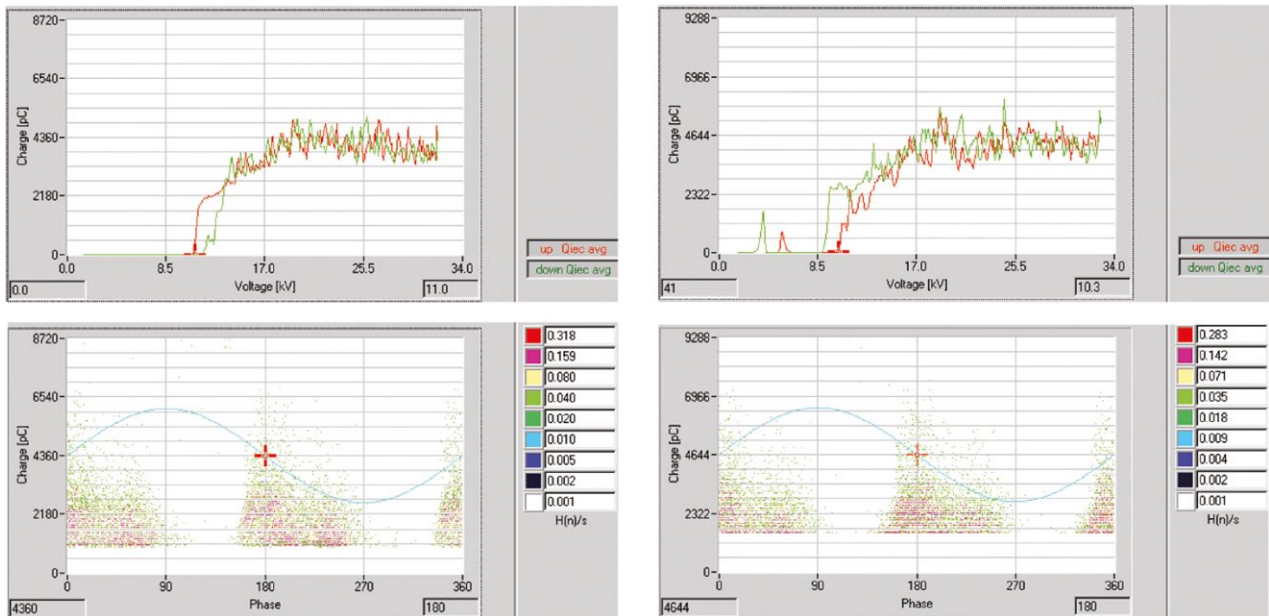


Rys. 12. Kondensator [2.118]: a) nowej konstrukcji; b) wzorcowy



Rys. 13. Impedancja pomiarowa dla kondensatora o pojemności 1000 pF [2.118]

Istnieje możliwość dopasowania szerokości anteny do rozmiarów żłobka. Antena rejestruje *wnz* zarówno przy wyjściu uzwojenia ze żłobka, jak i z wnętrza żłobka. Czujniki paskowe są instalowane w generatorach i silnikach w żłobkach pod klinami – rys. 16. Zazwyczaj do pełnego monitoringu wystarcza komplet 6 anten, jednak dla większych generatorów liczba czujników wzrasta. Antena ma bardzo dobrą czułość, a ponadto jest odporna na wszelkiego rodzaju zakłócenia zewnętrzne i wewnętrzne, wszystkie impulsy o czasie trwania dłuższym niż 6 ns są traktowane jak zakłócenia [2.95, 2.96].



Rys. 14. Wyniki pomiaru *wnz* pręta generatora wykonane przy użyciu kondensatora EthosEnergy (po lewej stronie) oraz kondensatora wzorcowego (po prawej stronie)

Na rys. 17 i rys. 18 przedstawiono przykłady anten paskowych własnej konstrukcji [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122].

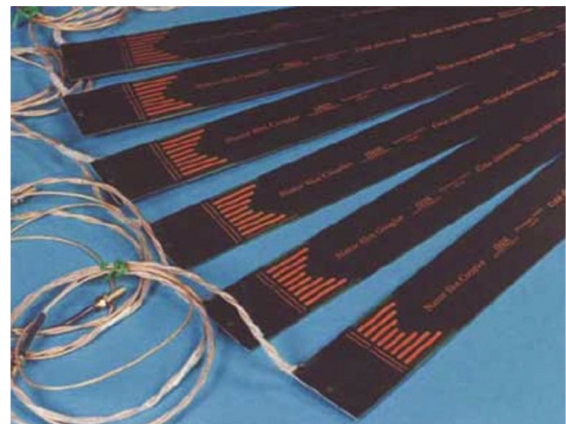
Pozytywne rezultaty badań stały się podstawą do zbudowania przenośnych przyrządów do pomiarów *wnz* silników w warunkach offline. Na rys. 19 przedstawiono prototypową sondę do pomiarów *wnz* z wykorzystaniem anteny paskowej. Zbudowano również sondę z zastosowaniem anteny na bazie termorezystorów [2.23].

Anteny przenośne są bardzo przydatne do dokładnego określenia miejsca emisji *wnz* z uzwojeń silnika. Wskazują bardzo wyraźnie miejsca osłabienia izolacji uzwojeń. Na rys. 20 przedstawiono pomiar offline *wnz* stojana silnika o mocy 4,4 MW wykonywany wspomnianą sondą z wykorzystaniem miernika wartości szczytowej. Korzystając z sondy, wykryto dwa miejsca wyraźnego osłabienia stanu izolacji uzwojeń stojana. Izolację uzwojenia stojana poddano lokalnemu remontowi właśnie w tych miejscach.

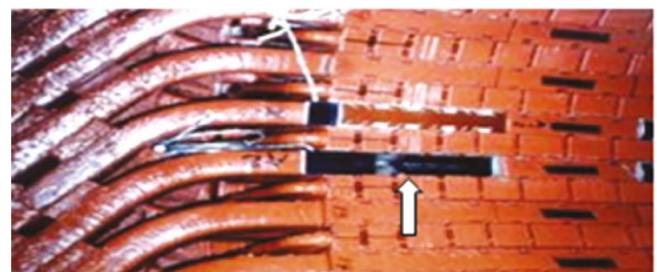
Anteny wykorzystujące termorezystory RTD i anteny pętlowe

Termorezystory Pt100 ułożone w żłobkach można z powodzeniem wykorzystywać także jako anteny *wnz*, potwierdziły to badania prowadzone na silnikach zainstalowanych w przemyśle. Z kolei do badania *wnz* na czołach uzwojeń opracowano specjalne anteny pętlowe [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122]. Termorezystory Pt100 do pomiaru temperatury uzwojeń stojana są fabrycznie montowane w żłobkach pod klinem. Na drodze eksperymentalnej opracowano antenę, której części składowe przedstawiono na rys. 21.

Antena to otwarty obwód drgający LC. Obwód staje się „otwarty”, to znaczy przekształca się w antenę, gdy jego długość stanowi istotną część długości fali, na którą obwód został nastrojony. Jakość anteny jako elementu odbierającego jest tym



Rys. 15. Anteny paskowe przygotowane do montażu [2.171]



Rys. 16. Antena paskowa umieszczona w żłobku, widok ogólny [2.95, 2.96]

wyższa, im długość jej jest bardziej zbliżona do $\frac{1}{4}$ lub $\frac{1}{2}$ długości fali. Antena zaczyna wydajnie pracować, jeżeli jej długość przekracza $\frac{1}{10}$ długości fali [2.6]. Długość anteny musi być odpowiednią wielokrotnością długości fali λ , która wyraża się wzorem

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

gdzie: λ – długość fali [m]; c – prędkość światła (3×10^8 m/s); f – częstotliwość [Hz]. Zależność między pojemnością, indukcyjnością a częstotliwością w obwodzie rezonansowym można wyrazić wzorem

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5)$$

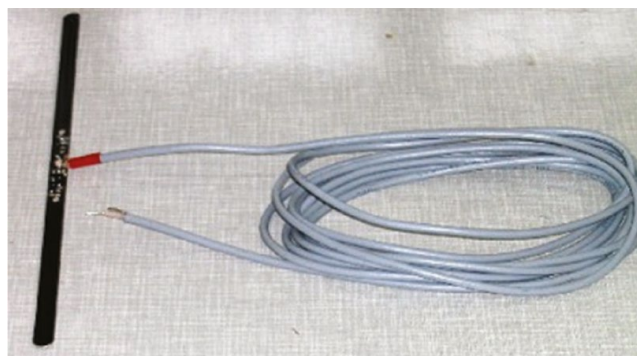
gdzie: f – częstotliwość [Hz]; L – indukcyjność układu antenowego [H]; C – pojemność układu antenowego [F].

W układach antenowych zastosowanych w silnikach starano się ustawić częstotliwość rezonansową anten początkowo na 10 MHz, a następnie na ok. 100 MHz, wykorzystując do tego indukcyjności i pojemności: Pt100, przewodów dołączonych do termorezystorów oraz umieszczone na płycie drukowanej zespołu antenowego pojemności i indukcyjności (rys. 22). Na rys. 23 przedstawiono przykładowy oscylogram napięcia z anteny na bazie czujnika Pt100 w czasie pomiarów *wnz* jednego z silników przemysłowych.

W ramach badań własnych zajmowano się również wykorzystaniem anten pętlowych do pomiarów *wnz* [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122]. Termorezystory Pt100 zastąpiono pętlami przewodu, w miarę możliwości technicznych, nawiniętymi w silniku wokół czoł uzwojeń – rys. 24.

Uwagi z badań nad antenami

W trakcie badań własnych wykazano bardzo dużą użyteczność w pomiarach wyładowań niepełnych silników układów antenowych typu termorezystory RTD wraz z zespołami antenowymi [2.92, 2.99, 2.103–2.109, 2.113–2.122]. Termorezystory RTD mają dużą czułość na *wnz* powstające blisko danego RTD, zależnie od budowy danego silnika czułość ta jest rzędu 0,3–0,02 V/nC. Instalację aparatury pomiarowej można wykonać bez zatrzymywania silnika, korzystając z fabrycznie zamontowanych czujników temperatury i ich wyprowadzeń znajdujących się na zewnątrz silnika. Pomiar *wnz* przez poszczególne termorezystory umieszczone w silniku daje możliwość lokalizowania miejsc generowania *wnz*, czyli miejsc osłabienia izolacji uzwojeń. Powyższe uwagi powinny uwzględnić projektanci nowych silników elektrycznych, aby już fabrycznie przygotować silnik do takich pomiarów. W pomiarach *wnz* silników istotnym uzupełnieniem termorezystorów zainstalowanych fabrycznie mogą być RTD zainstalowane dodatkowo w czasie przeglądu silnika bądź jego remontu od strony napędowej i przeciwnapędowej w obszarach najbliższych części czołowej uzwojeń. Szczególnie ważny jest obszar początków uzwojeń fazowych, połączeń międzycewkowych, międzygrupowych. Zespół czujników oparty na wykorzystaniu RTD można dodatkowo uzupełnić czujnikami antenowymi typu długi przewód $l \gg d$, umieszczonymi wokół czoł w postaci pętli bądź fragmentów pętli – są to tzw. anteny pętlowe. Ten rodzaj czujnika jest szczególnie interesujący, bo przy sprzyjających okolicznościach (możliwość nawinięcia wokół czoł pełnej wielokrotnej pętli) ma strefę widzenia *wnz* 360°. Oznacza to możliwość



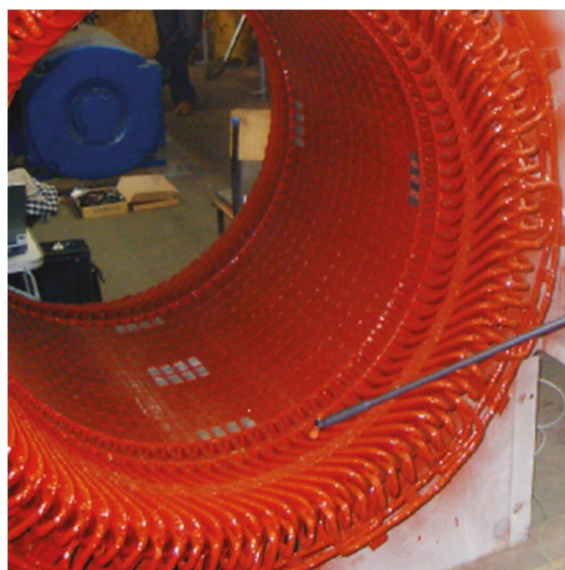
Rys. 17. Antena paskowa własnej konstrukcji do pomiarów *wnz* silników



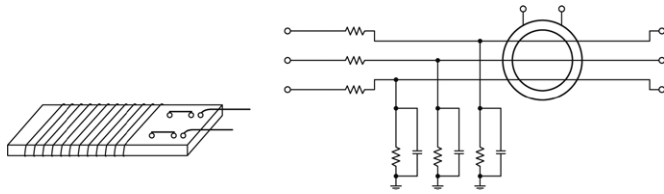
Rys. 18. Antena paskowa własnej konstrukcji przyklejona do stojana



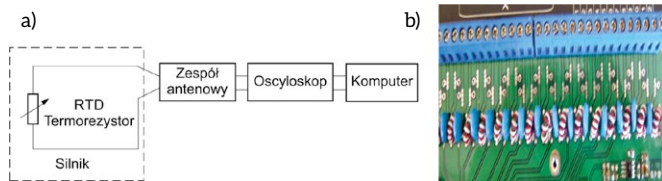
Rys. 19. Sonda do pomiarów *wnz* własnej konstrukcji z wykorzystaniem anteny paskowej



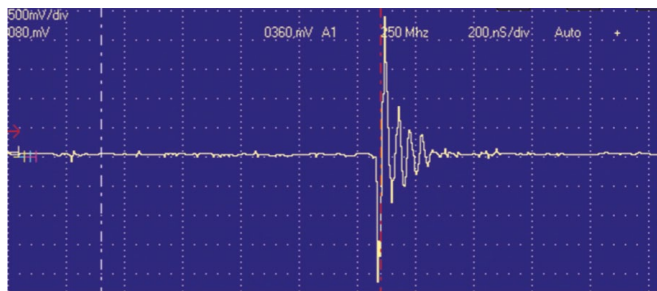
Rys. 20. Pomiary *wnz* offline na stojanie prototypową sondą wykorzystującą antenę przenośną



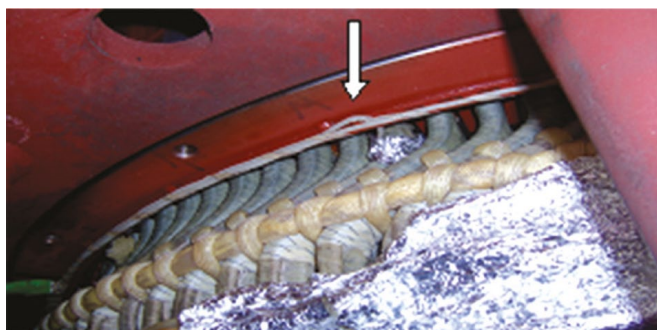
Rys. 21. Rysunek poglądowy wykorzystania termorezystora Pt100 (rys. z lewej strony) i układ galwanicznej separacji sygnału (rys. z prawej strony)



Rys. 22. Rysunek poglądowy idei anteny na bazie termorezystora Pt100: a) układ pomiarowy; b) układ dostrojenia anteny

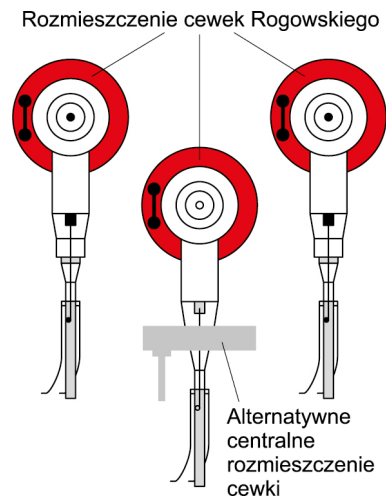


Rys. 23. Przykładowy oscylogram napięcia z anteny na bazie czujnika Pt100 w czasie pomiarów wnz jednego z silników przemysłowych



Rys. 24. Wnętrze stojana z fragmentem anteny pętlowej

mierzenia wszystkich wyładowań w strefie czoł. Czujniki antenowe wykorzystujące termorezystory oraz anteny pętlowe są bardzo przydatne do pomiarów wnz i diagnostyki stanu izolacji uzwojeń online. Do pomiarów wnz maszyn elektrycznych, w szczególności offline, z powodzeniem można stosować anteny paskowe. Jest to bardzo przydatny pomiar w warunkach stacji prób zakładu remontowego. Można określić strefy uzwojenia mające pogorszoną izolację uzwojeń.



Rys. 25. Przykład wykorzystania cewek w pomiarach stanu izolacji silnika

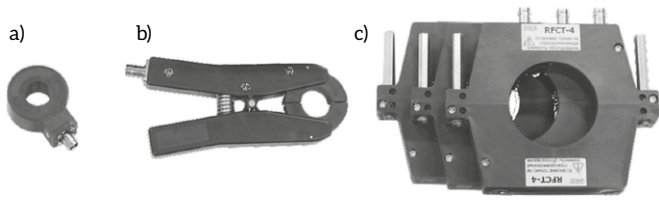
Cewki Rogowskiego

Cewki Rogowskiego instalowane do pomiaru prądów odkształconych w sieciach elektroenergetycznych, prądów w układach przekształtnikowych oraz prądu na liniach transmisyjnych mogą być także wykorzystane do pomiarów wyładowań niepełnych w diagnostyce online stanu izolacji maszyn elektrycznych. Na rys. 25 przedstawiono przykładowy montaż trzech cewek Rogowskiego w skrzynce zaciskowej silnika elektrycznego WN dużej mocy.

Czujniki RFCT

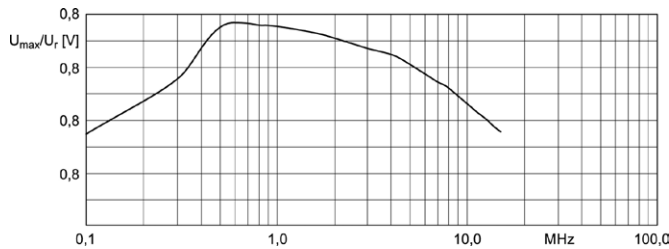
Czujniki RFCT (ang. *radio frequency current transformer*) mają wysokoczęstotliwościową charakterystykę przenoszenia, co oznacza, że w prądzie przepływającym przez przewód prądowy objęty czujnikiem mogą być mierzone wysokoczęstotliwościowe impulsy od wyładowań niepełnych w zakresie częstotliwości od 600 kHz do 30 MHz [2.32, 2.90, 2.101, 2.117, 2.118]. Wykonane są najczęściej jako przekładniki z dzielonym rdzeniem ferrytowym. Dzielony rdzeń ułatwia montaż czujnika na przewodzie. Na rdzeniu jest nawinięta niewielka liczba zwojów. Czujniki RFCT umieszcza się na przykład na osobnym przewodzie zerowym transformatora, uziemionym oplocie kabla zasilającego, uziemieniu kondensatora sprzęgającego, na uziemieniu silnika. Ponieważ niektóre pomiary wnz są przeprowadzane w przewodach ułożonych na stałe, nierozłącznych, stąd różne wykonania konstrukcyjne czujników RFCT – rys. 26 [2.90, 2.101].

Typowe pasmo przenoszenia czujników zawiera się z zakresie 0,1–15 MHz. W zakresie częstotliwości rekomendowanym do pomiarów szerokopasmowych wnz czujniki RFCT mają niemalże liniową charakterystykę (rys. 27). Przekładnik musi być zainstalowany jak najbliżej źródła wnz – na wyprowadzeniu maszyny od strony wysokiego bądź niskiego napięcia lub też podczas pomiarów laboratoryjnych na przewodzie uziemiającym badany obiekt. Typowe napięcie pracy czujników RFCT to 1000 V AC.

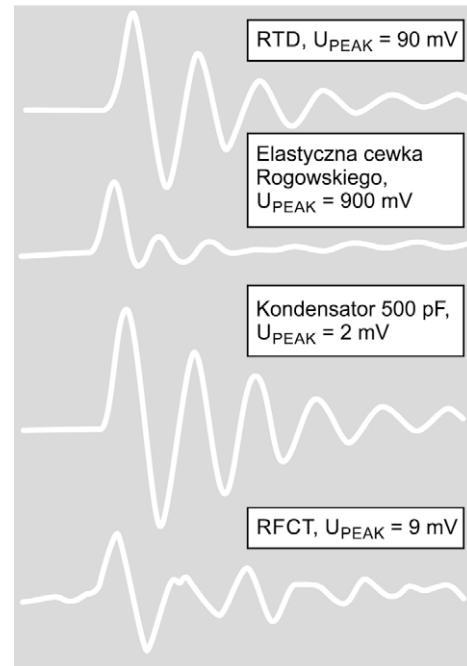


Rys. 26. Przykładowe czujniki [2.90, 2.101]:

a) RFCT-1; b) RFCT-51; c) RFCT-4



Rys. 27. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa czujnika RFCT-4 [2.90, 2.101]



Rys. 28. Porównanie wyników pomiarów wnz różnymi czujnikami

Uwagi ogólne o czujnikach do pomiarów wnz

Mierzony poziom *wnz* online maszyn elektrycznych zależy przede wszystkim od stanu izolacji, stopnia jej degradacji, obciążenia maszyny, temperatury uzwojeń, wilgotności, rodzaju czujników *wnz*, ich charakterystyki oraz od aparatury analizującej (zakres mierzonych częstotliwości). Prowadzone badania nie wykazały wyraźnej zależności mierzonego poziomu *wnz* online od miejsca położenia czujników (w żłobkach lub na czołach). Dla ilustracji, jak mierzony poziom *wnz* zależy od rodzaju czujnika, na rys. 28 przedstawiono stosowne porównanie wyników pomiarów *wnz* dla przykładowego silnika, wykonanych różnymi czujnikami w tym samym czasie. Czujniki umieszczono możliwie obok siebie. Porównanie wzajemne czułości czujników w tym konkretnym przypadku wskazuje na następujące relacje:

- elastyczna cewka Rogowskiego 1
- RFCT 4,5
- RTD 45
- kondensator 500 pF 450.

Sztynna cewka Rogowskiego, której do badań nie użyto, ma czułość co najmniej 10-krotnie większą od cewki elastycznej.

3. Czujniki do pomiarów akustycznych

Sygnal akustyczny jest nierozłączną częścią naszego codziennego życia [2.124, 2.125]. Towarzyszy on pracy wszystkich maszyn, w tym maszyn elektrycznych. Nazywany jest wtedy najczęściej hałasem, co ma zwykle pejoratywne znaczenie. Kiedy zwykły dźwięk uważany jest za hałas? Ocena tego jest bardzo subiektywna i zależy głównie od tego, czy jest to dźwięk pożądaný czy nie. Pomiar i analiza sygnału akustycznego daje wiele korzyści. Od możliwości polepszenia właściwości akustycznych sal koncertowych, teatralnych, poprzez poprawę

izolacyjności naszych mieszkań, ocenę zagrożenia naszego słuchu do oceny jakościowej wykonania maszyn elektrycznych i ich oceny diagnostycznej.

Sygnal akustyczny, dźwięk, można określić jako takie zmiany ciśnienia w danym środowisku (np. powietrze, woda), na które organ słuchu reaguje. Dokładniej, drgania cząstek środowiska sprężystego, w tym przede wszystkim powietrza, względem położenia równowagi nazywa się drganiami akustycznymi. Różnica między ciśnieniem wywołanym tymi drganiami a ciśnieniem statycznym w danym punkcie (atmosferycznym) tego środowiska jest nazywana ciśnieniem akustycznym p . Przestrzeń, w której występują drgania akustyczne powietrzne, nazywa się polem akustycznym [2.124, 2.125]. Podstawowym parametrem określającym stan pola akustycznego w danym miejscu tego pola jest poziom ciśnienia akustycznego określony zależnością

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (6)$$

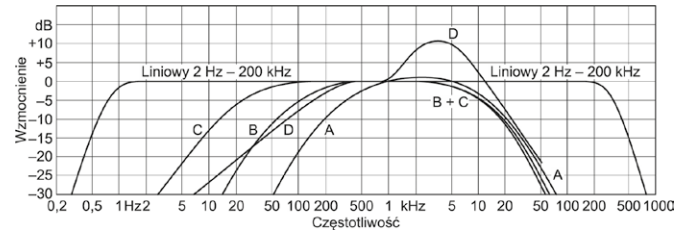
gdzie: L_p – poziom ciśnienia akustycznego [dB]; p – wartość skuteczna ciśnienia akustycznego [N/m^2]; p_0 – wartość skuteczna ciśnienia akustycznego odniesienia, równa $2 \times 10^{-5} N/m^2$.

Podstawowym czujnikiem sygnału akustycznego jest mikrofon pomiarowy. Przetwarza on zmiany ciśnienia powietrza na proporcjonalny sygnał elektryczny, który następnie jest wzmacniany i ewentualnie korygowany w filtrze akustycznym A, B, C, D – rys. 29 – lub w dołączalnym zewnętrznym filtrze.

Ze względu na sposób przetwarzania drgań membrany mikrofonu w sygnał akustyczny mikrofony dzielimy na: węglowe, piezoelektryczne, magnetoelektryczne (dynamiczne) i pojemnościowe (elektrostatyczne). Jako mikrofony pomiarowe

najczęściej są używane mikrofony pojemnościowe. Mikrofon pojemnościowy jest zbudowany z dwóch elektrod będących okładzinami kondensatora. Membrana to jedna z elektrod, najczęściej wykonana z folii plastikowej pokrytej warstwą złota. Podczas pracy mikrofonu membrana zbliża się i oddala od elektrody stałej, zmieniając pojemność kondensatora o wartość $\pm\Delta C$ wokół wartości początkowej C_0 . Zmiany pojemności odpowiadają zmianom ciśnienia akustycznego. Kondensator mikrofonu pojemnościowego jest źródłem napięciowym o dużej impedancji wewnętrznej o charakterze pojemnościowym, uniemożliwiając bezpośrednie podłączenie kabli. Dlatego bezpośrednio za wkładką mikrofonową stosujemy dobrej jakości wzmacniacz mikrofonowy. Jego zadaniem jest transformacja dużej impedancji wkładki na małą impedancję wyjściową mikrofonu. W mikrofonie pojemnościowym powstała siła elektromotoryczna jest proporcjonalna do wychyleń membrany. Do uzyskania wystarczającej dla pomiarów diagnostycznych maszyn skuteczności mikrofonu ok. 10 mV/N/m² są potrzebne napięcia baterii polaryzujące wkładkę mikrofonową rzędu kilkudziesięciu woltów.

Na rys. 30 przedstawiono przykładowe mikrofony pomiarowe jednej z firm oraz przekrój mikrofonu i przykładowe charakterystyki częstotliwościowe. Mikrofon pomiarowy musi spełniać wymagania wielu norm. Podstawowe wymaganie dotyczy charakterystyki częstotliwościowej. I tak mikrofon pomiarowy powinien mieć płaską charakterystykę częstotliwościową, tzn. jego skuteczność powinna być niezależna od częstotliwości. Mikrofon powinien być jednakoowo czuły na dźwięki padające pod różnymi kątami. Czołowe firmy światowe produkujące mikrofony pomiarowe produkują je o trzech podstawowych charakterystykach odpowiedzi: pola swobodnego, ciśnienia i pola dyfuzyjnego. Zagadnie to, jak również inne ważne informacje na temat pomiarów akustycznych, przedstawiono w książce [2.125].



Rys. 29. Charakterystyki filtrów akustycznych korygujących [2.123, 2.125]



Rys. 30. Przykładowe mikrofony pomiarowe jednej z firm [2.123]

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

Fragment pochodzi z książki:

Eksploatacja i diagnostyka maszyn elektrycznych i transformatorów,
Tadeusz Glinka, Sławomir Szymaniec,

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019

reklama

Darmowa
e-prenumerata!

www.nis.com.pl



napędy miesięcznik
naukowo-
-techniczny
i sterowanie



Elektryczne energooszczędne układy napędowe

Tadeusz Glinka

1. Definicja energooszczędności

Poznaliśmy różne rodzaje maszyn elektrycznych: asynchroniczne, synchroniczne, prądu stałego i z magnesami trwałymi. Porównajmy je według kryterium energooszczędności i gęstości mocy.

Napędy elektryczne zużywają ok. 60% energii elektrycznej pobieranej przez przemysł, więc oszczędność energii w elektrycznych układach napędowych ma pierwszorzędne znaczenie. Problem energooszczędności napędu należy rozpatrywać w dwóch aspektach:

- układ napędowy powinien realizować swoją funkcję przy minimalnym zużyciu energii;
- przekształtniki zasilające i silniki elektryczne powinny mieć wysoką sprawność przetwarzania energii.

Kryterium energooszczędności jest równoznaczne z kryterium minimum kosztów eksploatacyjnych, które są determinowane przede wszystkim kosztem zużytej energii.

Przy projektowaniu elektrycznego układu napędowego należy uwzględnić całkowite koszty w czasie jego eksploatacji, a więc sumę kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych. Należy mieć na uwadze, że koszty eksploatacyjne zależą głównie od liczby godzin pracy napędu w skali roku oraz kosztów przeglądów i napraw. Napęd jest zaprojektowany poprawnie pod względem ekonomicznym, jeśli wzrost jego kosztów inwestycyjnych zostanie zrównoważony obniżeniem kosztów eksploatacyjnych tak, aby w czasie możliwie krótkim nastąpił zwrot zwiększonych nakładów inwestycyjnych.

Energooszczędny napęd elektryczny jest to taki napęd, który pobiera z sieci elektroenergetycznej minimum energii W_1 potrzebnej do zrealizowania wymaganych funkcji technologicznych, tzn. osiągnięcia zakładanego efektu. Energię tę wyraża wzór

$$W_1 = \int_0^t P_1 dt = W_2 + \Delta W \quad (1)$$

Energia mechaniczna W_2 , niezbędna do realizacji przez maszynę roboczą określonego procesu technologicznego w czasie t , wynosi

$$W_2 = \int_0^t T_m(t) \omega_m(t) dt \quad (2)$$

Energia rozpraszana w postaci ciepła ΔW jest generowana przez straty mocy w układzie regulacyjnym ΔP_{reg} i straty mocy w silniku $\Delta P_M(t)$

$$\Delta W = \int_0^t (\Delta P_{reg} + \Delta P_M) dt \quad (3)$$

Rodzaj pracujących maszyn roboczych i wymagania procesu technologicznego narzucają napędowi moment obciążenia $T_m(t)$ przy określonej prędkości kątowej $\omega_m(t)$ – rys. 1. Jak wynika z zależności (1), minimalne zużycie energii uzyskuje się

wówczas, gdy napęd pracuje z minimalną dopuszczalną w procesie technologicznym prędkością kątową $\omega_{m \min}$. W większości napędzanych urządzeń, a szczególnie pomp i wentylatorów, przy obniżeniu prędkości kątowej zmniejsza się także moment obciążenia, wówczas oszczędności z tytułu zmniejszenia zużycia energii są jeszcze większe.

Przykładem realizacji zdefiniowanego zależności (1–3) napędu są przenośniki taśmowe przeznaczone do transportu materiałów sypkich. Przenośnik transportowy rudy zainstalowany w jednej z hut ma długość 1783 m i wydajność 3000 m³/h. Przenośnik jest napędzany dwoma silnikami indukcyjnymi pierścieniowymi o parametrach znamionowych: 400 kW, 6 kV, 980 obr./min. Wydajność urządzeń współpracujących z przenośnikiem wynosi 1500 m³/h, dlatego przenośnik pracuje z wydajnością 50%, przy czym prędkość taśmy jest znamionowa, a załadowanie taśmy wynosi 50%. Pomiar zużycia energii wykazał, że:

- przy znamionowej prędkości taśmy i przy 50-procentowym załadowaniu rudą średni pobór mocy z sieci elektroenergetycznej (obliczony ze zmierzonej w czasie 137,8 h energii pobranej) wynosił 298 kW;
- przy prędkości taśmy równej 50% prędkości znamionowej i 100-procentowym załadowaniu rudą średni pobór mocy (obliczony ze zmierzonej w czasie 24,4 h energii pobranej) wynosił 199 kW.

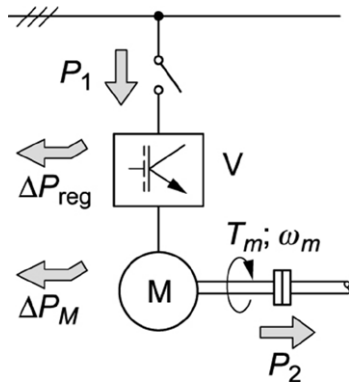
Z przykładu tego widać, że realizacja tego samego zadania w tym samym czasie może odbywać się z mniejszą o 33% energią pobraną z sieci elektroenergetycznej, pomimo że w tym przypadku o 1/3 wzrósł moment obciążenia z tytułu większego obciążenia taśmy. Zmniejszenie prędkości kątowej napędu przynosi jeszcze inne korzyści: obniża poziom drgań układu i natężenie emitowanego hałasu, zmniejsza zatem negatywne oddziaływanie maszyny roboczej na środowisko. Z punktu widzenia trwałości przenośnika taśmowego zmniejsza się także zużycie taśmy i łożysk w rolkach transportowych.

O energooszczędności napędzanej maszyny roboczej w druzgiej kolejności decyduje energia ΔW rozpraszana w układzie napędowym, to jest w układzie regulacyjnym i w silniku (rys. 1).

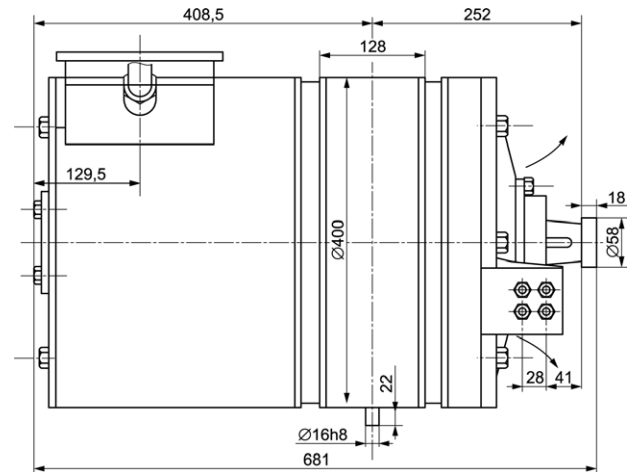
2. Sprawność różnych rodzajów silników pracujących w napędach o regulowanej prędkości obrotowej

Napędy elektryczne o regulowanej prędkości obrotowej można realizować za pomocą różnych silników (rys. 2):

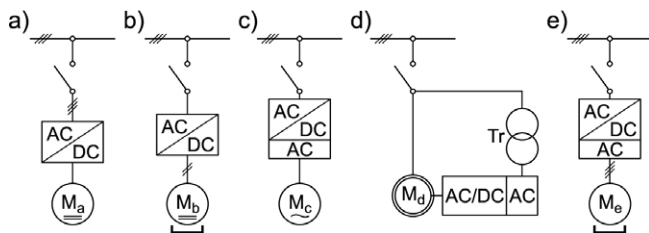
- silnika prądu stałego M_a wzbudzanego elektromagnetycznie, zasilanego z przekształtnika (prostownika) energoelektronicznego AC/DC;
- silnika prądu stałego M_b wzbudzanego magnesami trwałymi NdFeB umieszczonymi w stojanie, zasilanego z przekształtnika (prostownika) energoelektronicznego AC/DC;
- silnika indukcyjnego klatkowego M_c zasilanego z przekształtnika (falownika) energoelektronicznego AC/DC/AC;



Rys. 1. Energooszczędny napęd elektryczny



Rys. 3. Szkic wymiarowy silników



Rys. 2. Warianty rozwiązania silników zasilanych z układów energoelektronicznych: a) silnik prądu stałego wzbudzany elektromagnetycznie; b) silnik prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi; c) silnik indukcyjny klatkowy; d) silnik indukcyjny pierścieniowy, tzw. kaskada asynchroniczna; e) silnik BLDCM wzbudzany magnesami trwałymi

- kaskady asynchronicznej składającej się z silnika indukcyjnego pierścieniowego M_d i falownika z transformatorem, które odbierają energię elektryczną z wirnika i przekazują ją do sieci elektroenergetycznej;
- silnika bezszczotkowego BLDCM M_e wzbudzanego magnesami trwałymi NdFeB umieszczonymi w wirniku, zasilanego z układu energoelektronicznego, zwanego komutatorem elektronicznym AC/DC/AC.

Dla porównania parametrów przeprowadzono obliczenia mocy znamionowej i sprawności silników M_a , M_b , M_c , M_d , M_e przy założeniu, że:

- zewnętrzne wymiary gabarytowe silników są jednakowe i wynoszą: $D = 400$ mm, 660 mm (rys. 3);
- silniki mają identyczny układ wentylacyjny (wentylacja obca).

Obiektem bazowym, w odniesieniu do którego przeprowadzono analizę porównawczą, jest silnik prądu stałego wzbudzany elektromagnetycznie LTa 220. Jest to silnik szeregowy prądu stałego, oznaczony na rys. 2 a jako silnik M_a . Silnik ten był w Polsce produkowany w latach 60.–90. XX wieku i był stosowany w układach napędowych tramwajów 105N. W tramwajach niezmodernizowanych silniki te w dalszym ciągu pracują. Silnik indukcyjny klatkowy M_c jest produkowany i stosowany obecnie w tramwajach modernizowanych. Parametry obydwóch silników są znane i doświadczalnie zweryfikowane. Parametry silników: prądu stałego M_b , pierścieniowego M_d i bezszczotkowego M_e określono na podstawie przeprowadzonej analizy teoretycznej.

2.1. Silnik szeregowy prądu stałego – M_a

Silnik szeregowy prądu stałego, wariant M_a , z komutatorem mechanicznym ma parametry znamionowe: $P_{Na} = 40$ kW, $U_N = 300$ V, $I_N = 150$ A, $n_N = 1800$ obr./min, $\eta_N = 89\%$. Straty mocy w znamionowych warunkach pracy wynoszą $\Delta P_{Na} = 4940$ W. Straty te składają się ze strat:

- w uzwojeniu wzbudzenia $\Delta P_{fNa} = 747$ W;
- w uzwojeniu twornika $\Delta P_{Na} = 3200$ W;
- w obwodzie magnetycznym $\Delta P_{FeNa} = 673$ W;
- straty mechaniczne $\Delta P_{Na} = 320$ W.

Wymiary twornika:

- średnica pakietu wirnika $D_a = 220$ mm;
- długość pakietu wirnika $l_a = 220$ mm;
- objętość pakietu żelaza wirnika $V_a = 8,36$ dm³;
- szczelina pod biegunami głównymi $\delta_a = 3$ mm.

Litera „a” w indeksie dotyczy silnika na rys. 2 a. Podobnie będą oznaczone parametry silników M_b , M_c , M_d i M_e .

2.2. Silnik prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi – M_b

Silnik prądu stałego, wariant M_b , ma komutator mechaniczny i jest wzbudzany magnesami trwałymi NdFeB. Magnesy trwałe naklejono na nabiegunnikach biegunów głównych od strony szczeliny powietrznej – rys. 4.

W konstrukcji silnika M_b przyjęto, że długość łuku nabiegunnika bieguna głównego z magnesem trwałym wynosi $b_b = b_a = 115$ mm oraz że silniki M_a i M_b mają identyczne uzwojenia biegunów komutacyjnych. W silniku M_b brak jest uzwojenia wzbudzenia, można zatem zmniejszyć przekrój okna między biegunami głównym i biegunem komutacyjnym, gdyż w oknie tym mieści się jedynie uzwojenie biegunów komutacyjnych. Dzięki temu można powiększyć średnicę, a więc i objętość V_b pakietu żelaza wirnika silnika M_b . Moc znamionową P_{Nb} można oszacować ze stosunku objętości wirnika (wzór (10 a))

$$P_{Nb} = P_{Na} \left(\frac{V_b}{V_a} \right)^{4/3} \quad (4)$$

Średnica pakietu wirnika $D_b > D_a$, gdyż mniejszy jest przekrój okna między biegunem głównym a biegunem komutacyjnym. W cewce uzwojenia wzbudzenia silnika M_a – na wysokości bieguna są umieszczone dwa przewody płaskie o wymiarach miedzi ($a \cdot b$); przy czym $a = 1,3$ mm, $b = 20$ mm. Wymiar promieniowy okna w silniku M_b może być zmniejszony o wysokość jednego przewodu b , pomniejszoną o grubość promieniową magnesu trwałego l_m , czyli o wartość $b - l_m$. Zachowując tę samą wartość indukcji elektromagnetycznej w szczelinie silnika oraz przyjmując grubość szczeliny $\delta_b = 2$ mm, grubość magnesu trwałego NdFeB powinna wynosić $l_m = 6$ mm. Wynika to z obliczenia indukcji elektromagnetycznej w szczelinie silnika przy wzbudzeniu obwodu magnetycznego magnesami trwałymi. Zatem średnica wirnika silnika M_b wyniesie

$$D_b = D_a + 2(b - l_m + \delta_a - \delta_b) = 220 + 2(20 - 6 + 3 - 2) = 250 \text{ mm}$$

Długość wirnika z uwagi na komutator nie zmienia się $l_b = l_a = 220$ mm.

Objętość wirnika silnika M_b

$$V_b = \frac{\pi}{4} D_b^2 l_b = \frac{\pi}{4} \cdot 2,5^2 \cdot 2,2 = 10,8 \text{ dm}^3$$

Moc znamionowa silnika M_b

$$P_{Nb} = 40 \left(\frac{10,8}{8,36} \right)^{4/3} = 56 \text{ kW}$$

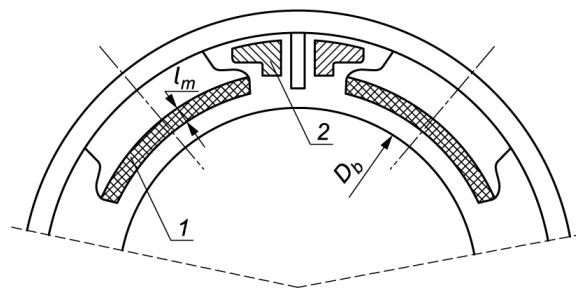
Sprawność silnika M_b będzie wyższa niż sprawność silnika M_a , gdyż straty w uzwojeniu wzbudzenia $\Delta P_{fb} = 0$. Zmniejszają się także straty mocy w nabiegunkach biegunów głównych generowane przez:

- pulsacje żłobkowe strumienia magnetycznego wzbudzenia;
- pulsacje strumienia oddziaływania twornika pochodzące od prostownika energoelektronicznego,

gdyż dla składowych zmiennych strumienia wzrosła szczelina magnetyczna z $\delta_a = 3$ mm do $\delta_b + l_m = 8$ mm. Zmniejszenia strat w bilansie mocy i sprawności nie uwzględnia się, jednak w rzeczywistości występują. Można przyjąć, że straty mocy w tworniku i mechaniczne silnika M_b wzrosną w stosunku do silnika M_a proporcjonalnie do wzrostu objętości wirnika

$$\Delta P_b = (\Delta P_a - \Delta P_{fa}) \frac{V_b}{V_a} = (4940 - 747) \frac{10,8}{8,36} = 5416 \text{ W}$$

Straty te są większe od strat całkowitych w silniku M_a . Aby zachować równowagę cieplną silnika przy niezmiennym układzie chłodzenia, sumaryczna moc strat nie powinna przekroczyć wartości 4940 W, jak w silniku M_a . Można to uzyskać, zmniejszając obliczoną powyżej moc znamionową silnika o 5%, to jest z wartości 56 kW do 53 kW. Straty mocy w silniku obniżą się do



Rys. 4. Szkic stojana silnika M_b ; 1 – magnesy trwałe; 2 – uzwojenie biegunów komutacyjnych; l_m – grubość magnesu; D_b – średnica wirnika

$$\Delta P_b = 5416 \left(\frac{53}{56} \right)^2 = 4852 \text{ W}$$

Tak więc w gabarycie zewnętrznym silnika M_a można wykonać silnik M_b o mocy znamionowej 53 kW, to jest większej o ok. 32% i o sprawności wynoszącej

$$\eta_b = \frac{53}{53 + 4852} \cdot 100 = 91,6\%$$

Silnik prądu stałego M_b wzbudzany magnesami trwałymi NdFeB będzie silnikiem obcowzbudnym o jednej strefie regulacji prędkości obrotowej, przy stałym momencie obciążenia $T_m = \text{const}$.

2.3. Silnik indukcyjny klatkowy – M_c

Silnik indukcyjny klatkowy, wariant M_c , w gabarycie silnika M_a został zaprojektowany przez autora i jest produkowany. Silnik jest dedykowany do tramwajów modernizowanych, jego wymiary są identyczne jak silnika M_a , gdyż jest zabudowywany na tym samym wózku. Wymiany układu napędowego prądu stałego na indukcyjny dokonuje się w czasie modernizacji tramwaju.

W silniku indukcyjnym, z uwagi na to, że nie ma komutatora, dłuższa jest część aktywna obwodu elektromagnetycznego. Wymiary wewnętrzne silnika:

- dłuższy pakiet blach $l_c = 300$ mm;
- średnica wewnętrzna stojana $D_c = 215$ mm;
- objętość wewnętrzna wirnika $V_c = 10,9$ dm³ jest prawie identyczna jak silnika M_b .

Parametry znamionowe silnika M_c : $P_{Nc} = 53$ kW; $U_{Nc} = 400$ V; 60 Hz; $I_{Nc} = 92$ A.

Straty mocy w silniku M_c określono na podstawie badań laboratoryjnych prototypu i wynoszą one:

- w żelazie $\Delta P_{Fec} = 600$ W;
- w uzwojeniu stojana $\Delta P_{Cuc} = 1900$ W;
- w uzwojeniu wirnika $\Delta P_{Alc} = 2090$ W (uzwojenie wirnika jest aluminiowe);
- mechaniczne $\Delta P_{mc} = 170$ W.

Rezystancja jednej fazy uzwojenia stojana, przy połączeniu faz w gwiazdę

$$R_{1c} = \frac{\Delta P_{Cuc}}{3I_{Nc}^2} = \frac{1900}{3 \cdot 92^2} = 7,5 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Straty mocy w silniku M_c w znamionowych warunkach pracy wynoszą

$$\Delta P_{Nc} = 4760 \text{ W}$$

i są o 180 W mniejsze od strat w silniku M_a .

Sprawność znamionowa silnika

$$\eta_c = \frac{P_{Nc}}{P_{Nc} + \Delta P_{Nc}} 100 = \frac{53}{53 + 4,76} 100 = 91,7\%$$

Współczynnik mocy

$$\cos \varphi_{Nc} = \frac{P_{Nc} + \Delta P_{Nc}}{\sqrt{3} U_N I_N} = \frac{57,76}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 92} = 0,90$$

Silniki indukcyjne zasilane z falowników DC/AC mogą pracować, podobnie jak silniki prądu stałego wzbudzone elektromagnetycznie, w dwóch strefach regulacji prędkości obrotowej: przy stałym momencie ($0 \leq n \leq n_N$) i stałej mocy ($n_N < n \leq n_{max}$). Sterowanie wektorowe zapewnia dobrą dynamikę napędu, zbliżając ją do dynamiki silników prądu stałego.

2.4. Kaskada asynchroniczna - M_d

Kaskada asynchroniczna składa się z silnika indukcyjnego pierścieniowego wariant M_d i przemiennika częstotliwości AC/DC/AC dołączonego do wirnika (rys. 2 d). Długość pakietu żelaza silnika M_d jest identyczna jak dla silnika M_a ; $l_d = l_a = 220 \text{ mm}$, gdyż miejsce komutatora zajmują pierścienie ślizgowe wirnika. Średnica wewnętrzna stojana $D_{jd} = 215 \text{ mm}$ jest identyczna jak w silniku M_c .

Moc znamionowa silnika M_d w stosunku do mocy znamionowej silnika M_c (w pierwszym przybliżeniu) zmniejszy się proporcjonalnie w stosunku długości l_d/l_c , gdyż średnica $D_d = D_c$:

$$P_{Nd} = P_{Nc} \frac{l_d}{l_c} = 53 \cdot \frac{220}{300} = 38,8 \text{ kW}$$

Straty mocy w żelazie, przy tej samej indukcji, również zmniejszą się proporcjonalnie do długości pakietu

$$\Delta P_{Fed} = \Delta P_{Fec} \frac{l_d}{l_c} = 600 \cdot \frac{220}{300} = 440 \text{ W}$$

Masa miedzi uzwojenia stojana zmniejszy się w stosunku do silnika M_c , gdyż pakiet jest krótszy o 17%. Część czołowa uzwojeń, to jest pozapakietowa, nie zmienia się. W sumie masa miedzi zmniejszy się tylko o ok. 8%. W tym samym stosunku zmniejszą się straty mocy w uzwojeniu

$$\Delta P_{Cu1d} = 0,92 \cdot \Delta P_{Cuc} = 0,92 \cdot 1900 = 1748 \text{ W}$$

Uzwojenie wirnika jest miedziane. Straty w uzwojeniu wirnika nie ulegną zmianie, gdyż straty w części aktywnej uzwojenia zmniejszą się o 17%, lecz wzrosną straty w części czołowej

uzwojenia, ponadto wystąpią straty w głowicy pierścieni ślizgowych. Założono zatem

$$\Delta P_{Cu2d} = \Delta P_{Alc} = 2090 \text{ W}$$

Straty mechaniczne, z uwagi na straty w węźle szczotkowym, wzrosną i wyniosą tyle, co w silniku M_a

$$\Delta P_{md} = \Delta P_{mc} = 320 \text{ W}$$

Sumaryczne straty mocy w silniku M_d przy obciążeniu mocą znamionową wynoszą

$$\Delta P_{Nd} = 4598 \text{ W}$$

Jeśli z uwagi na identyczne warunki chłodzenia dopuścić wzrost strat mocy do wielkości

$$\Delta P_{Nd} = \Delta P_{Nc} = 4760 \text{ W}$$

to moc znamionową silnika można proporcjonalnie zwiększyć

$$P_{Nd} = 38,8 \cdot \frac{4760}{4598} = 40 \text{ kW}$$

Sprawność znamionowa wyniesie

$$\eta_d = \frac{P_{Nd}}{P_{Nd} + \Delta P_{Nd}} = \frac{40}{40 + 4,76} 100 = 89,4\%$$

Moc bierna pobierana przez silnik M_d zmniejszy się w stosunku do mocy biernej silnika M_c w przybliżeniu proporcjonalnie do zmiany długości aktywnej żelaza

$$Q_d = Q_c \frac{l_d}{l_c} = \frac{P_{Nc}}{\eta_c} \sin \varphi_c = \frac{P_{Nc}}{\eta_c} \sqrt{1 - (\cos \varphi_c)^2} = \\ = \frac{53}{0,917} \cdot \sqrt{1 - 0,96^2} = 16,2 \text{ kVA}$$

Prąd silnika

$$I_{Nd} = \frac{\sqrt{(P_{Nd} + \Delta P_{Nd})^2 + Q_d^2}}{\sqrt{3} U_N} = \frac{\sqrt{44,76^2 + 16,2^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 69 \text{ A}$$

Współczynnik mocy silnika M_d

$$\cos \varphi_d = \frac{P_{Nd} + \Delta P_{Nd}}{\sqrt{3} U_N I_N} = \frac{44,76}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 69} = 0,93$$

2.5. Silnik bezszczotkowy wzbudzany magnesami trwałymi - M_e

Obwód magnetyczny silnika bezszczotkowego z komutatorem elektronicznym BLDCM przedstawiono na rys. 5. Stojan

silnika wraz z uzwojeniem jest identyczny jak w silniku indukcyjnym M_c . Zatem długość pakietu blach wynosi $l_e = 300$ mm, a średnica wewnętrzna stojana $D_e = 215$ mm.

Z obliczeń elektromagnetycznych przyjęto, że szczelina mechaniczna $\delta_e = 1$ mm, a długość promieniowa magnesów trwałych $l_m = 4$ mm. Silnik bezszczotkowy z komutatorem elektronicznym M_e , dla pracy S1 przy obciążeniu mocą $P_{Ne} = 53$ kW, będzie miał korzystniejsze od silnika indukcyjnego parametry pracy.

Rezystancja uzwojenia stojana $R_e = R_{lc} = 7,5 \cdot 10^{-2} \Omega$.

Prąd płynący w uzwojeniu będzie miał tylko składową czynną o wartości identycznej jak w silniku indukcyjnym klatkowym M_c

$$I_{Ne} = I_{Nc} \cos \varphi_{Nc} = 92 \cdot 0,88 = 81 \text{ A}$$

Straty mocy czynnej w silniku można określić z zależności

$$\begin{aligned} \Delta P_{Ne} &= \Delta P_{Fec} + \Delta P_m + 3R_e I_{Ne}^2 = \\ &= 600 + 170 + 3 \cdot 0,075 \cdot 81^2 = 2243 \text{ W} \end{aligned}$$

gdyż straty mocy w wirniku i straty mocy w uzwojeniu stojana spowodowane składową bierną prądu są równe zeru.

Sprawność silnika M_e wzrasta więc do wartości

$$\eta_{Ne} = \frac{P_{Ne}}{P_{Ne} + \Delta P_{Ne}} \cdot 100 = \frac{53}{55,24} \cdot 100 = 95,6\%$$

Sprawność silnika BLDCM M_e z komutatorem elektronicznym wzrasta w stosunku do sprawności silnika indukcyjnego z 91,7% do 95,9%. Natomiast jeśli założyć, że w silniku BLDCM z komutatorem elektronicznym są identyczne warunki oddawania ciepła do otoczenia jak w silniku M_c , to wówczas wartość strat mocy w silniku może wzrosnąć do $\Delta P_{Ne} = 4760$ W, a więc moc znamionowa silnika M_e może wzrosnąć do wartości

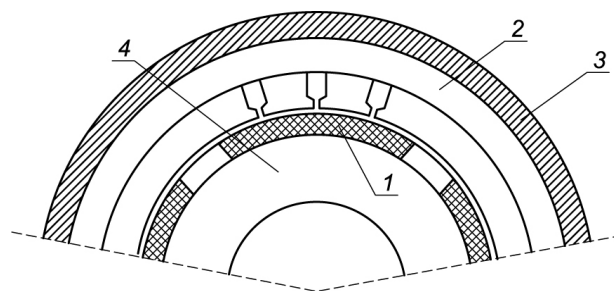
$$P_{Ne} = 53 \sqrt{\frac{4760}{2243}} = 77 \text{ kW}$$

Tak więc w gabarycie silnika M_a (rys. 3) można wykonać silnik M_e z komutatorem elektronicznym wzbudzany magnesami trwałymi NdFeB o mocy 77 kW i sprawności

$$\eta_{Ne} = \frac{77}{53 + 4,76} \cdot 100 = 94,1\%$$

Silnik BLDCM przy zadanej objętości ma największą moc i najwyższą sprawność. Silnik M_e z komutatorem elektronicznym, z magnesami trwałymi umieszczonymi wewnątrz jarzma wirnika, może pracować w dwóch strefach regulacji prędkości obrotowej, identycznie jak silnik prądu stałego M_a :

- poprzez zmianę napięcia zasilania silnika ($0 \leq n \leq n_N$; $T = \text{const}$);



Rys. 5. Obwód magnetyczny silnika BLDCM M_e o liczbie par biegunów $p = 2$: 1 - magnesy trwałe NdFeB; 2 - pakiet blach stojana; 3 - kadłub; 4 - jarzmo ferromagnetyczne wirnika

- poprzez zmianę kąta między strumieniem wzbudzenia a siłą magnetomotoryczną twornika, tzw. odwzbudzenie ($n_N \leq n \leq n_{max}$; $P = \text{const}$).

Zaletą silnika M_e jest duża przeciążalność momentem, determinowana prądem dopuszczalnym komutatora elektronicznego i wytrzymałością mechaniczną wału, sprzęgła i przekładni.

2.6. Porównanie wyników analizy

Projektowana maszyna elektryczna powinna mieć ponadto:

- zakres regulacji prędkości obrotowej i charakterystykę momentu odpowiadające programowi pracy urządzeń napędzanych;
- wymiary zewnętrzne dopasowane do urządzenia, w którym jest instalowana;
- możliwie małą objętość, czyli dużą gęstość mocy i gęstość momentu;
- wysoką sprawność energetyczną, to jest możliwie małe straty mocy;
- rozwiązany sposób chłodzenia;
- gwarancję dużej niezawodności.

Mogą być jeszcze inne kryteria, na przykład niska cena, przeciążalność momentem, dynamika działania. Kryteria te nie są zbieżne, a cena, gęstość mocy i wysoka sprawność są przeciwstawne.

Projektant maszyny elektrycznej musi szukać kompromisu. Wielokryterialne poszukiwanie optymalnego rozwiązania nie jest jednoznaczne, gdyż nie ma tu wyraźnego ekstremum. W pierwszym etapie projektowania należy wybrać rodzaj rozwiązania maszyny elektrycznej. Pomocne jest w tym celu porównanie pięciu rodzajów silników elektrycznych M_a , M_b , M_c , M_d , M_e o gabarytach przedstawionych na rys. 3, przeprowadzone w punkcie 2 i podsumowane w tabeli 1.

Silnik M_a szeregowy prądu stałego z komutatorem mechanicznym (rys. 2 a) i silnik M_d indukcyjny pierścieniowy (rys. 2 d) przy tej samej objętości mają tę samą moc znamionową i zbliżoną sprawność. Silnik M_b prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi z komutatorem mechanicznym (rys. 2 b) i silnik M_c indukcyjny klatkowy (rys. 2 c) mają prawie identyczną moc znamionową i sprawność znamionową, przy czym moc znamionowa obydwu jest o 30% większa od mocy znamionowej silnika M_a , a sprawność o 2,5% większa. Najkorzystniejsze parametry eksploatacyjne (moc znamionowa, sprawność, przeciążalność momentem) ma silnik M_d – bezszczotkowy z komutatorem elektronicznym BLDCM (rys. 2 e).

Tabela 1. Zestawienie podstawowych parametrów pięciu rodzajów silników

Lp.	Parametry	Jednostka	Rodzaj silnika					
			M _a	M _b	M _c	M _d	M _e	
1.	Moc znamionowa P_N	kW	40	53	53	40	53	77
2.	Napięcie znamionowe U_N	V	300	300	400	400	400	400
3.	Moc pobierana P_1	kW	44,94	57,84	57,76	44,76	55,24	81,76
4.	Straty mocy ΔP	W	4940	4842	4760	4760	2243	4760
5.	Sprawność η_N	%	89	91,6	91,7	89,4	95,9	94,1

Układy napędowe o regulowanej prędkości obrotowej można realizować za pomocą silników elektrycznych w pięciu różnych rozwiązaniach, jak to pokazano na rys. 2. Silnik z komutatorem elektronicznym M_e ma najkorzystniejsze parametry eksploatacyjne, jest niezawodny w pracy i tani w eksploatacji, gdyż nie ma elektrycznych styków ruchomych, a ponadto w wirniku nie wydzielają się straty mocy czynnej. Jest to silnik, który podobnie jak silnik prądu stałego z komutatorem mechanicznym ma liniową charakterystykę momentu w funkcji prądu. Jednak w odróżnieniu od silnika z komutatorem mechanicznym ma dużą przeciążalność momentem, jest ona ograniczona jedynie parametrami komutatora energoelektronicznego i wytrzymałością elementów mechanicznych.

Największe oszczędności energii uzyskuje się poprzez regulację prędkości obrotowej. Napęd energooszczędny powinien pracować przy minimalnej, ze względów technologicznych dopuszczalnej, prędkości obrotowej.

3. Energooszczędne silniki indukcyjne

Michał Doliwo Dobrowolski (1862–1919), inżynier w koncernie AEG (niem. *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft*), opracował w 1889 roku trójfazowy silnik indukcyjny z wirnikiem klatkowym. Od tego czasu do końca lat 90. XX wieku optymalizowano konstrukcje silników indukcyjnych i technologię ich produkcji według kryterium mniejszej masy i niższej ceny, przy tych samych parametrach znamionowych.

W latach 80. XX wieku ekologowie zwrócili uwagę na szkodliwe oddziaływanie na środowisko energetyki cieplnej, która jest podstawowym źródłem energii elektrycznej. Organizacje ekologiczne argumentują: „im mniej zużyje się energii elektrycznej, tym mniej tej energii elektrownie wyprodukują i proporcjonalnie mniej wyemitują do atmosfery szkodliwych gazów i pyłów”. Zwrócono w tym czasie także uwagę na zjawisko efektu cieplarnianego.

3.1. Podział silników elektrycznych według klas sprawności

Napędy elektryczne pracujące przy stałej prędkości obrotowej są standardowo realizowane przez silniki indukcyjne klatkowe. Napędy dużej mocy, zasilane z sieci elektroenergetycznej o napięciu 6 kV, z uwagi na wysoki koszt falowników, są zasilane bezpośrednio z sieci. Tylko w nielicznych układach napędowych są stosowane falowniki na napięcie 6 kV. W przypadku oczekiwanych dużych oszczędności energii silniki do 1000 kW wykonuje się na napięcie 690 V i zasilają falownikami, lecz w skali kraju liczba tych napędów jest niewielka, są one instalowane

głównie w elektrowniach. Zasadniczą więc grupę stanowią napędy, w których silniki indukcyjne, zwykle klatkowe, są zasilane bezpośrednio z sieci, a więc pracują przy stałej prędkości obrotowej.

W odniesieniu do tej grupy elektrycznych układów napędowych wzrosło zainteresowanie użytkowników i producentów obniżeniem strat mocy w silnikach. Politykę promowania i wspierania produkcji i sprzedaży silników energo-

oszczędnych zapoczątkowano w Kanadzie. Promocja silników energooszczędnych polegała na subsydiowaniu zakupu silników wysokosprawnych poprzez rabaty, których wysokość była proporcjonalna do ilości kilowatów, o które zostały zmniejszone straty mocy czynnej w silniku. W późniejszym okresie wprowadzono ustawowo przepisy prawne określające minimalne poziomy sprawności silników oraz metody ich wyznaczania. Podobnie jak Kanada postąpiły Stany Zjednoczone. Departament Energii USA (US DOE) opracował Energy Policy Act z 1992 roku (EPACT), w którym określił minimalne poziomy sprawności silników indukcyjnych klatkowych w zakresie mocy 1–200 HP (1–150 kW), spójne z przepisami normy NEMA (ang. *National Electrical Manufacturers Association*). Przepisy te ujęte w standardach obowiązują w USA i Kanadzie od października 1997 roku. Opracowano także jednolitą metodę wyznaczania sprawności silników, wprowadzono obowiązek uzyskania certyfikatu (ang. *Compliance Certificate*, CC) na ich sprzedaż, wydawanego przez US DOE. Wymagania EPACT i wynikające z nich obowiązki dla producentów i dystrybutorów silników są zatem egzekwowane ustawowo. Wniosek o uzyskanie certyfikatu zgodności CC musi być poparty pozytywnymi wynikami badań przeprowadzonych przez niezależne, uznane przez US DOE laboratorium.

Polityka promocji silników energooszczędnych w Europie jest nieco inna, preferuje się programy fakultatywne. Dla trójfazowych silników indukcyjnych klatkowych o mocach 1,1–90 kW Stowarzyszenie Europejskich Producentów Maszyn Elektrycznych i Energoelektroniki CEMEP (ang. *European Committee of Manufacturers and Power Electronics*) oraz Komisja Europejska w 1999 roku opracowały klasyfikację silników indukcyjnych, trójfazowych, o budowie zamkniętej, zasilanych napięciem 400 V, 50 Hz, o liczbie biegunów 2 i 4 w zakresie mocy 1,1–90 kW. Silniki podzielono na trzy klasy sprawności: Eff1 najbardziej energooszczędna, Eff2 średnia, Eff3 najniższa (rys. 6).

W 2008 roku IEC (ang. *International Electrotechnical Commission*) opracowało normę IEC 60034-30:2008: Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code), której celem było zastąpienie i połączenie klasyfikacji NEMA i CEMEP. Norma ta dotyczy silników klatkowych indukcyjnych trójfazowych jednobiegowych o częstotliwości 50/60 Hz, o liczbie biegunów 2–8 i o mocy 0,12–1000 kW. W normie zdefiniowano klasy sprawności: najniższa IE1 (*Standard efficiency*), wyższa IE2 (*High efficiency*) i najwyższa IE3 (*Premium efficiency*). W normie IEC 60034-30 wyróżniono też klasę IE4 (*Super Premium Efficiency*). Sposób

wyznaczania klas sprawności silników IE1–IE4 jest opisany w normie IEC 60034-2-1:2007 (PN-EN 60034-2-1 Maszyny elektryczne wirujące. Część 2-1. Znormalizowane metody wyznaczania strat i sprawności na podstawie badań (z wyjątkiem maszyn pojazdów trakcyjnych)).

Na rys. 7 przedstawiono wykresy zakresów sprawności silników 4-biegunowych w poszczególnych klasach.

Odpowiednikami silników o klasie sprawności według IEC i CEMEP są: IE1 ↔ Eff2, IE2 ↔ Eff1. Silnikom o sprawności poniżej IE1 nie przydzielono klasy, przyjęto tylko, że ich odpowiednikami są silniki w klasie sprawności Eff3.

Porównanie klasyfikacji sprawności silników według CEMEP, IEC i NEMA przedstawiono na rys. 8.

W 2014 roku norma IEC 60034-30:2008 została zastąpiona przez IEC 60034-30-1:2014. W Polsce dokument ten przyjęto jako PN-EN 60034-30-1 Maszyny elektryczne wirujące. Część 30-1. Klasy sprawności silników prądu przemiennego bezpośrednio zasilanych z sieci (kod IE). W normie IEC 60034-30-1:2014 silniki jednobiegowe podzielono na cztery klasy sprawności od IE1 do IE4. Dla poszczególnych klas podano sprawność minimalną silnika w zależności od częstotliwości napięcia zasilania, liczby biegunów oraz mocy znamionowej.

W lipcu 2009 roku Komisja Europejska przyjęła rozporządzenie nr 640/2009 w sprawie wdrażania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej dotyczącej wymaganej sprawności silników elektrycznych. Tak więc w Unii Europejskiej wprowadzone zostały usankcjonowane prawnie wymogi dotyczące efektywności energetycznej 3-fazowych silników indukcyjnych klatkowych o liczbie biegunów 2–8, mocach znamionowych 0,12–1000 kW, które są przeznaczone do eksploatacji ciągłej.

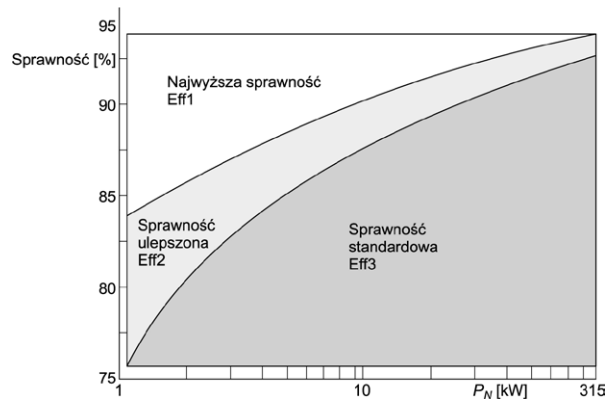
W rozporządzeniu nr 640/2009 podano terminy wprowadzania silników energooszczędnych na rynek. Pierwszą datą wprowadzenia tych silników był dzień 16 czerwca 2011 roku. Od tego dnia wymienione silniki powinny mieć co najmniej klasę sprawności IE2. Od 1 stycznia 2015 roku silniki o mocy znamionowej w przedziale 0,12–1000 kW powinny mieć klasę sprawności co najmniej IE3, a jeśli są wyposażone w falownik regulujący w sposób płynny prędkość obrotową, to mogą mieć klasę IE2. Z początkiem 2017 roku wymóg ten rozszerzono na zakres mocy znamionowej 0,12–1000 kW.

Po analizie skutków wdrożenia rozporządzenia nr 640/2009, w 2014 roku wydano nowe rozporządzenie nr 4/2014, w którym zmieniono treść art. 1. W art. 1 podano nową listę urządzeń, których rozporządzenie 4/2014 nie dotyczy.

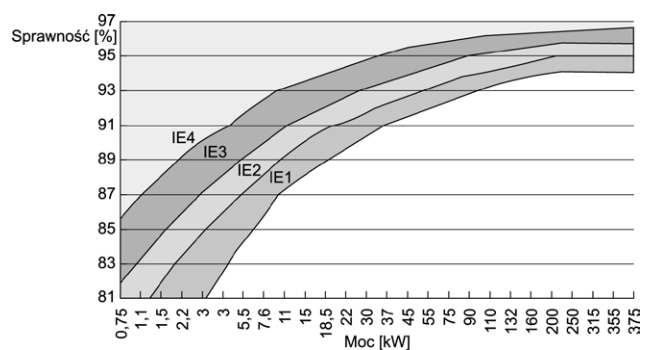
Informacja o klasie sprawności jest traktowana jako etykieta energetyczna i powinna być umieszczona na tabliczce znamionowej, przykładowo pokazanej na rys. 9.

3.2. Silniki energooszczędne

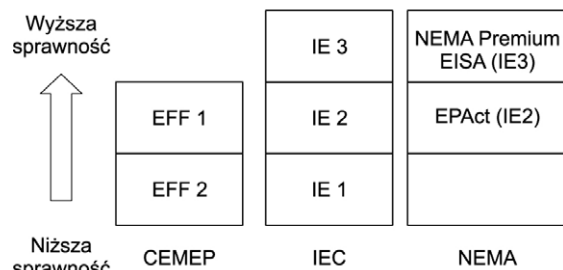
Ilość zaoszczędzonej przez silnik wysokosprawny energii zależy od mocy silnika i czasu jego pracy. Efektów oszczędnościowych należy zatem szukać w grupie silników o większej mocy, sprzedawanych w dużych ilościach, które w miarę możliwości pracują w sposób ciągły, czyli w grupie silników przemysłowych. Producenci silników elektrycznych w Polsce wdrożyli do produkcji serię silników energooszczędnych spełniających



Rys. 6. Klasy sprawności silników o liczbie biegunów 2p = 4 według CEMEP



Rys. 7. Sprawność silników 4-biegunowych w poszczególnych klasach



Rys. 8. Porównanie klas sprawności według (CEMEP ↔ IEC ↔ NEMA)

Rys. 9. Tabliczka znamionowa silnika

Instytutu KOMEL	K MEL 1948		Silnik indukcyjny	
	Made in Poland	Typ SX80-4C	nr 8831/18	17 kg
	CE IE3	3 kW	400 V _{ac}	5,4 A
	EN 60034-1	f 50 Hz	1473 min ⁻¹	S1
	izol. F	IP 44	IC 416	IM 1001

wymagania klasy IE3. Osiągnięto ten efekt dzięki:

- wydłużeniu pakietów blach stojana i wirnika;
- zastosowaniu blach o mniejszej stratności;
- mniejszemu wypełnieniu żłobków izolacją i podwyższeniu stosunku S_{Cu}/S_{Zł};
- wprowadzeniu nowych wykrojów blach przy zmianie kształtu żłobków;

Tabela 2. Silniki indukcyjne w napędach potrzeb własnych bloku elektroenergetycznego 200 MW

Lp.	Nazwa urządzenia	Obecnie stosowane silniki				Liczba silników czynnych na jednym bloku	Propozycja zastosowania silnika o wysokiej sprawności				Oszczędność pobranej mocy kW
		Typ silnika	Moc	Prędkość obrotowa	Sprawność		Typ silnika	Moc	Prędkość obrotowa	Sprawność	
			kW	obr/min	%			kW	obr/min	%	
1.	Młyn węglowy	SZDr124r	650	1490	92,8	3	Sh450H4A	630	1494	96,7	88,5
2.	Wentylator młynowy	SZJr134s	850	1490	93,0	3	Sh450H4C	800	1494	96,9	112,2
3.	Wentylator podmuchu	SZJr1512	800	498	93,5	2	Sh560-12(x)	800	498	96,0	45,6
4.	Wentylator ciągu	SZJre158	1700	740	94,5	2	Sh710-8(x)	1700	745	97,0	95,2
5.	Pompa skroplin podstawowych	SZDVc174	200	1485	92,5	2	SVh355H4B	200	1488	95,8	14,4
6.	Pompa wody zasilającej	SYJe142r	3150	2984	95,8	2	Sh710-2D	3150	2990	97,4	109,6
7.	Pompa wody sieciowej (zima)	SDC174t	250	1480	93,5	1	Sh355H4C	250	1490	96,1	7,7
8.	Pompa wody sieciowej (lato)	SZDc154	160	1480	91,5	1	Sh355H4A	160	1488	95,6	7,8
9.	Pompa główna wody chłodzącej	SBJVe1716t	3150	365	95,5	1					

Łączna oszczędności w roku: mocy średniej 481 kW, energii 3367 MWh

- zmniejszeniu szczeliny między stojanem a wirnikami;
- powiększeniu pierścieni zwierających wirnika;
- zastosowaniu mniejszych przewietrzników o lepszej wydajności i obniżeniu strat wentylacyjnych.

Ponadto wprowadzono zmiany konstrukcyjne (wynikające z prowadzonych równolegle prac unifikacyjnych):

- zaprojektowano kadłub tak, aby istniała możliwość przykręcenia łap z różnych stron;
- zapewniono możliwość obrotu skrzynki zaciskowej, co ułatwia podłączenie silnika do urządzenia.

Zastosowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałów spowodowało wzrost ceny silników energooszczędnych w stosunku do silników standardowych. Z tego względu dla użytkownika istotny jest czas zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych poniesionych na zakup silnika o wysokiej sprawności. Czas ten zależy m.in. od wzrostu ceny silnika i ceny zaoszczędzonej energii zależnej od stopnia i czasu wykorzystania silnika. Na przykład przy pracy ciągłej (7000 godzin w roku) wzrost ceny niektórych silników energooszczędnych zwraca się najpóźniej w ciągu roku, a więc w 1/3 okresu gwarancyjnego silnika. Należy zwrócić uwagę, że zastosowanie silników energooszczędnych jest szczególnie opłacalne:

- dla instalacji o długiej żywotności;
- dla urządzeń o ciągłym i stabilnym charakterze pracy;
- przy wymianie silników przeznaczonych do remontu lub źle dobranych dla danego napędu.

Wymienione rozporządzenie nr 640/2009 nie dotyczy silników dużej mocy o napięciu 6–10 kV. Silniki te, ze względu na wysoki koszt energoelektronicznych układów regulacji, są zwykle zasilane bezpośrednio z sieci. Obecnie silniki projektuje się o możliwie wysokiej sprawności i dobrych parametrach eksploatacyjnych: dużej trwałości, niskim poziomie drgań i hałasów. Możliwości obniżenia wielkości strat energii zużywanej przez silniki elektryczne napędzające urządzenia potrzeb własnych bloku elektroenergetycznego 200 MW poprzez wymianę silników na nowoczesne o wysokiej sprawności ilustruje przykład przedstawiony w tabeli 2. Z danych zestawionych

w tabeli 2 wynika, że przy 7000 godzin pracy bloku i średnim obciążeniu silników 95% mocy znamionowej można zaoszczędzić w napędach potrzeb własnych jednego bloku elektroenergetycznego w czasie jednego roku ok. 3367 MWh, co przy koszcie jednostkowym 250 zł/MWh daje efekt ekonomiczny w wysokości 841 750 zł.

Dodatkową korzyścią wymiany silników jest poprawa warunków środowiskowych poprzez obniżenie poziomu hałasu. Nowe silniki generują poziom hałasu, zgodnie

z obowiązującą normą, poniżej 85 dB[A], podczas gdy silniki starszych serii, wykonane zgodnie z wówczas obowiązującymi wymaganiami, mogą emitować hałas do 110 dB[A].

4. Podsumowanie

Prędkość obrotową silników należy dopasować do wymaganej prędkości maszyny roboczej. Napęd energooszczędny powinien pracować przy minimalnej, ze względów technologicznych dopuszczalnej, prędkości obrotowej. Prędkość obrotowa nie powinna być większa od prędkości koniecznej, gdyż największe oszczędności energii uzyskuje się poprzez dobre dostosowanie prędkości obrotowej do procesu technologicznego realizowanego przez maszynę roboczą. W drugiej kolejności oszczędność energii daje silnik o wysokiej sprawności.

Projektując elektryczny układ napędowy nowy bądź modernizując istniejący, należy wziąć pod uwagę następujące kryteria techniczne i technologiczne:

- funkcjonalność: aby dobrze wypełniał wymagania maszyny roboczej realizującej proces technologiczny i działał niezawodnie;
- energooszczędność: aby pracował z minimalnym rozproszeniem energii;
- kompatybilność: aby miał niski poziom hałasu i drgań oraz aby nie był wrażliwy na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne, a także sam tych zakłóceń nie emitował;
- bezpieczny: aby nie stwarzał zagrożenia uszkodzenia maszyny roboczej w sytuacjach krytycznych.

Każdy układ napędowy powinien spełniać powyższe kryteria. Kryterium minimalnego zużycia energii elektrycznej jest ważne z uwagi na koszt eksploatacji silników, ochronę środowiska, oszczędzanie pierwotnych surowców energetycznych i efekt cieplarniany. ■

Fragment pochodzi z książki:

Maszyny elektryczne i transformatory

Tadeusz Glinka

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018

Związek między mocą znamionową a gabarytem maszyny elektrycznej i transformatora

Tadeusz Glinka

Transformatory są znamionowane na moc wydawaną. Moc pobierana z sieci elektroenergetycznej jest większa o straty mocy w rdzeniu transformatora i w uzwojeniach. Sumaryczne straty mocy wynoszą ok. 1% mocy znamionowej. Moc pola magnetycznego w rdzeniu transformatora jest mocą średnią z mocy pobieranej i mocy oddawanej. Moc znamionowa pola magnetycznego determinuje gabaryt transformatora. Maszyny elektryczne są znamionowane następująco:

- moc znamionowa silnika jest to moc mechaniczna odbierana z wału;
- moc znamionowa prądnicy jest to moc elektryczna odbierana z uzwojenia twornika.

Gabaryt magnetowodu i uzwojeń determinuje moc generowana przez okład prądowy i pole magnetyczne w szczelinie (ang. *airgap power*). Zarówno w prądnicach, jak i silnikach moc pola wirującego jest większa od mocy znamionowej:

- w silnikach o straty mocy mechaniczne i straty mocy w żelazie i uzwojeniu wirnika;
- w prądnicach o straty mocy w jarzmie i w uzwojeniu stojana.

Straty mocy w silnikach i prądnicach stanowią kilka procent mocy znamionowej i nie wpływają w zasadniczym stopniu na moc pola wirującego i gabaryty maszyny. Moc znamionowa pola wirującego

$$P_{\psi N} = C_{\psi} E_N I_N \quad (1)$$

Przy zaniedbaniu wymienionych strat mocy $E_N \approx U_N$

$$E_N = C_E \Phi \omega_N \quad (2)$$

$$P_N \approx P_{\psi N} \quad (3)$$

Poszczególne symbole oznaczają:

Φ – strumień magnetyczny w szczelinie magnetycznej;

U_N – napięcie znamionowe;

I_N – prąd znamionowy;

$$\omega_N = \pi \frac{n_N}{30} = \frac{1}{p} \omega_1$$

n_N – znamionowa prędkość obrotowa;

ω_1 – pulsacja napięcia sieci zasilającej (przy 50 Hz $\omega_1 = 314$ 1/s);

C_E – współczynnik proporcjonalności związany z uzwojeniem;

$C_{\psi} = 1$ dla maszyn prądu stałego i $\sqrt{3}$ dla transformatorów i maszyn trójfazowych.

Na podstawie zależności (1–3) moc znamionową maszyny elektrycznej można zapisać wyrażeniem

$$P_N = C_{\psi} C_E \Phi I_N \omega_N \quad (4 a)$$

a w transformatorze dotyczy to mocy pozornej

$$S_N = C_{\psi} C_E \Phi I_N \omega_N \quad (4 b)$$

przy czym

$$\Phi = l_i \int_0^{\tau} B(x) dx = l_i \tau \zeta B = S_{Fe} \zeta B \quad (5 a)$$

$$I_N = S_{Cu} j_N \quad (5 b)$$

oraz

$$\zeta = \frac{B_{sr}}{B} \quad (6 a)$$

$$B_{sr} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} B(x) dx \quad (6 b)$$

W stałej C_E jest zawarta liczba zwojów N , współczynnik uzwojenia k_u i liczba par biegunów p . Dla transformatora $p = 1$, $k_u = 1$, $\xi = 1$.

Moc znamionowa determinująca gabaryt maszyny elektrycznej

$$P_N = C_{\psi} C_E \zeta B j_N (S_{Fe} S_{Cu}) \omega_N \quad (7 a)$$

i transformatora

$$S_N = C_{\psi} C_E \zeta B j_N (S_{Fe} S_{Cu}) \omega_N \quad (7 b)$$

przy czym:

B – indukcja maksymalna w szczelinie;

l_i, τ – długość jarzma twornika i podziałka biegunowa;

ξ – stosunek indukcji średniej do indukcji maksymalnej;

j_N – gęstość znamionowa prądu;

S_{Cu} – pole przekroju przewodów;

S_{Fe} – pole przekroju jarzma.

Jeśli porównywać gabaryty maszyn elektrycznych identycznego typu i transformatorów o tej samej klasie izolacji, o tym samym systemie chłodzenia i o obwodzie magnetycznym zbudowanym z tych samych blach ferromagnetycznych, to można powiedzieć, że zarówno indukcja B , jak i gęstość prądu j_N w tych maszynach są identyczne, gdyż indukcję B determinuje nasycenie obwodu magnetycznego, a gęstość prądu w przekrojach przewodów j_N temperatura ustalona uzwojenia. Przyjmując zatem, że w transformatorach i maszynach elektrycznych identycznego typu współczynnik

$$k = C_\psi C_E \xi B j_N = \text{const} \quad (8)$$

pole przekroju jarzma S_{Fe} i pole przekroju miedzi S_{Cu} determinują objętość V maszyny

$$V = (S_{Cu} S_{Fe})^{\frac{3}{4}} \quad (9)$$

Stąd związek między mocą znamionową a objętością wyraża się wzorem:

- w maszynie elektrycznej

$$P_N = k \frac{\pi}{30} n_N V^{4/3} \quad (10 \text{ a})$$

- w transformatorze

$$S = k \omega_1 V^{4/3} \quad (10 \text{ b})$$

Moment znamionowy maszyn elektrycznych

$$T_N = \frac{P_N}{\omega_N} = k (V)^{\frac{4}{3}} \quad (11)$$

Objętość maszyny V determinuje moment znamionowy, świadczy o tym zależność (11).

Natomiast ze wzorów (10 a, b) widać, że moc znamionowa maszyn elektrycznych o tej samej liczbie par biegunów i transformatorów rośnie szybciej niż objętość. Na przykład maszyna elektryczna bądź transformator o dwukrotnie większej objętości będzie mieć moc znamionową w przybliżeniu 2,5 razy większą. Ze wzoru (10 a) widać, że moc znamionowa maszyny elektrycznej, przy tej samej objętości, jest liniową funkcją prędkości znamionowej. Im maszyna ma większą prędkość znamionową, przy tej samej mocy znamionowej, tym jej gabaryt jest mniejszy. W mniejszym gabarycie straty mocy także są mniejsze, gdyż gęstość strat mocy jest w przybliżeniu taka sama, zatem w mniejszej objętości jest mniej strat mocy. Porównując sprawność dwóch maszyn tego samego typu i o identycznej mocy znamionowej, przy czym prędkość znamionowa maszyny pierwszej n_N^I jest większa od prędkości znamionowej maszyny drugiej n_N^{II} , widać, że sprawności η tych maszyn będą różne. Można to zapisać następująco:

$$\text{jeśli } P_N^I = P_N^{II}, \text{ lecz } n_N^I > n_N^{II}, \text{ to } \eta^I > \eta^{II} \quad (12)$$

Cena maszyny zależy od gabarytu. Maszyna elektryczna na mniejszą prędkość znamionową jest droższa, a jej sprawność przetwarzania energii jest mniejsza. Warto o tym pamiętać.

Na przykład w prądnicach projektowanych do elektrowni wiatrowej stosuje się przekładnię mechaniczną podwyższającą prędkość obrotową prądnicy w stosunku do prędkości turbiny wiatrowej. Dzieje się tak dlatego, że turbina wiatrowa pracuje przy małej prędkości obrotowej (ok. 26 obr./min). Prądnica zaprojektowana na tę prędkość obrotową miałaby duży gabaryt. Straty mocy w prądnicę wydzielają się w żelazie i w uzwojeniach, duża masa żelaza i duża masa uzwojeń oznacza, że straty mocy są duże i sprawność elektrowni wiatrowej jest mniejsza w stosunku do elektrowni z prądnicami o tej samej mocy, lecz wyższej prędkości obrotowej.

Gabaryt całego napędu o określonych parametrach (P_N, n_N), złożonego z prądnicy i przekładni mechanicznej, jest znacznie mniejszy od gabarytu samej prądnicy zaprojektowanej na identyczne parametry, lecz bez przekładni mechanicznej.

Zależności (10 a, b) są uproszczone, nie uwzględnia się chłodzenia maszyny (odprowadzenia ciepła). Projektując serię maszyn o mocy znamionowej, na przykład od 1 kW do 100 kW, i o różnych prędkościach obrotowych, na przykład od 750 obr./min do 3000 obr./min, należy przeprowadzić także obliczenia cieplne. Odprowadzanie ciepła zależy od powierzchni zewnętrznej, która jest proporcjonalna do $V^{2/3}$, i od warunków chłodzenia. Straty energii rosną wraz z mocą P_N , a stosunek objętości do mocy V , wraz ze wzrostem mocy P_N zmniejsza się. Powierzchnia chłodzenia zmniejsza się i zmniejsza się możliwość odprowadzenia ciepła do otoczenia. Temperatura ustalona uzwojenia jest determinowana klasą izolacji i jest niezależna od objętości maszyny.

Projektowanie maszyny wymaga zatem złożonych obliczeń elektromagnetycznych, cieplnych i wentylacyjnych, a czasem także wytrzymałościowych.

W transformatorach poprzez zwiększenie pulsacji ω_1 (np. za pomocą przetworników energoelektronicznych) zmniejsza się gabaryt transformatora. Przykładem są spawarki elektryczne, których gabaryt i masę determinuje transformator. Zasilanie transformatora, za pośrednictwem falowników, napięciem o częstotliwości ponad 1000 Hz wielokrotnie zmniejsza ich masę. ■

Fragment pochodzi z książki:

Maszyny elektryczne i transformatory

Tadeusz Glinka

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018

Istota i znaczenie technologii RFID

Bartłomiej Gładysz, Michał Grabia, Krzysztof Santarek

Przedsiębiorstwa poszukują możliwości doskonalenia technologii istniejących oraz pozyskiwania nowych, stwarzających szersze możliwości: wytwarzania nowych produktów, umocnienia własnej pozycji na rynkach istniejących, wejścia na nowe rynki, stosowania nowych sposobów prowadzenia biznesu i in. Wprowadzenie w przedsiębiorstwie takich technologii, nowych bądź usprawnionych, stanowi przykład innowacji technologicznej.

Wyróżnia się dwie odmienne koncepcje innowacji technologicznych. Pierwsza z nich polega na ciągłych usprawnieniach istniejących procesów, w tym metod i organizacji pracy, wywodzi się z japońskiego *Kaizen*, opiera się na aktywności ogółu pracowników i pracy zespołowej, wspartych zaangażowaniem naczelnego kierownictwa¹. Druga koncepcja związana jest z wprowadzaniem radykalnych, skokowych zmian, ograniczonych w czasie, polegających np. na wdrażaniu nowych technologii, nowych maszyn i systemów. Przebieg w czasie innowacji ciągłych i skokowych przedstawia rysunek 1.

Głównym efektem stosowania ciągłych usprawnień jest poprawa efektywności działań operacyjnych, czego konsekwencją jest zwykle orientacja na cele doraźne,

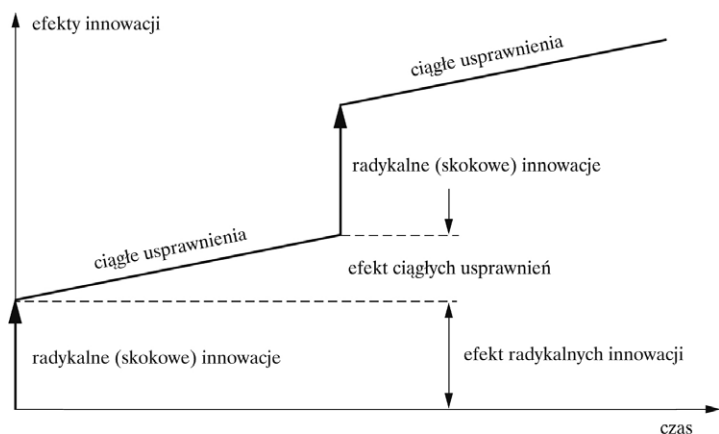
szybkie efekty oraz drobne innowacje (zmiany) związane najczęściej z ciągłym usprawnianiem procesów, działań itp. Innowacje oparte na ciągłych usprawnieniach dają przedsiębiorstwom możliwość utrzymania osiągniętej pozycji w ramach istniejącej rodziny produktów, sektora czy dziedziny działalności, nie gwarantują jednak zdobycia i obrony pozycji konkurencyjnej w dłuższym okresie. Ich skuteczność zależy głównie od wykorzystania istniejących kompetencji (wiedzy i umiejętności) w przedsiębiorstwie. Koncentracja uwagi wyłącznie na ciągłych usprawnieniach jest związana z ryzykiem mniejszego zainteresowania oraz zaangażowania firm w innowacje radykalne (skokowe). Przedsiębiorstwa zainteresowane maksymalizacją krótkoterminowych wskaźników ekonomicznych nie są skłonne inwestować w ryzykowne, długotrwałe i kosztowne projekty, co może pociągać za sobą następujące konsekwencje:

- firmy nawet będąc liderami w ramach pewnej generacji technologii (i produktów), często tracą swoją pozycję, gdy technologia się zmienia;
- kierownictwa przedsiębiorstw często decydują się na doskonalenie posiadanej technologii, której zawdzięczają swoją obecną pozycję na rynku, nawet

wówczas, gdy pojawiają się bądź są już dostępne technologie nowszej generacji;

- wyroby oparte na istniejących technologiach są stopniowo wypierane z rynku przez nowe, będące wynikiem radykalnych innowacji, stąd dalsze usprawnianie technologii istniejących, wprowadzanie przynoszące wymierne korzyści, jest tylko opóźnianiem wdrożenia nowych technologii i w dłuższej perspektywie czasu jest nieracjonalne. Radykalną innowacją może być zarówno wyrób, proces, jak i usługa o całkowicie nowych cechach (właściwościach użytkowych) bądź też o cechach zbliżonych do obecnych, lecz osiągniętych dzięki radykalnie niższym kosztom i wyższej produktywności³. Innowacje radykalne oparte są na nowych technologiach, umożliwiających stworzenie nowych produktów lub usług. Prowadzą do rozwoju nowego rodzaju wyrobów bądź wręcz nowej działalności lub nowej rodziny produktów i usług. Oparte są na nowych pomysłach wyrobów lub technologiach. Radykalnie obniżając koszty wytwarzania, zmieniają relacje między uczestnikami rynku i charakter gry rynkowej. Całkowicie zmieniają istniejące rynki i dziedziny działalności bądź też tworzą nowe. Z punktu widzenia klienta radykalne innowacje tworzą nową wartość. W mniejszym natomiast stopniu zależą od technicznej nowości zastosowanego rozwiązania.

W związku z powyższym RFID jest innowacją radykalną, gdyż stanowi nie tylko nowe rozwiązanie techniczne (technologiczne) w przedsiębiorstwie, które je wdraża, lecz także umożliwia radykalną zmianę realizowanych procesów w przedsiębiorstwie, a także w całym łańcuchu dostaw. Wprowadzenie RFID stymuluje także zmiany w organizacji procesów i zarządzaniu nimi, jest katalizatorem dalszych innowacji organizacyjnych w zakresie zarządzania,

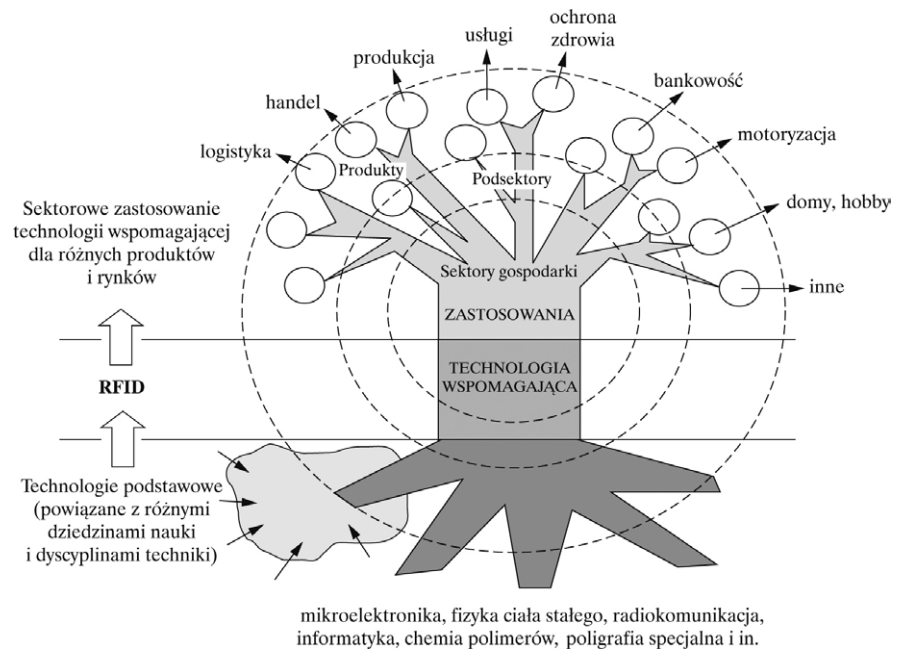


Rys. 1. Innowacje technologiczne radykalne (skokowe) i ciągłe (przyrostowe) usprawnienia²

zaopatrzenia, dystrybucji, marketingu, sprzedaży i in. RFID jest przykładem technologii o szerokim zasięgu oddziaływania. Przez to pojęcie należy rozumieć technologię, której efekty pojawiają się w wielu miejscach, często odległych od miejsca bezpośredniego wdrożenia.

RFID jest także technologią wspomagającą (ang. *enabling technology*). Pojęcie to oznacza odkrycie, innowację (produktową, technologiczną), która sama bądź w połączeniu z innymi technologiami może być użyta jako narzędzie radykalnych zmian w możliwościach (szeroko rozumianych jako: wydajność, koszty produkcji, czas reakcji, jakość, spełnienie specyficznych wymagań itp.) ich użytkownika, a nawet szerzej – w gospodarce i społeczeństwie. *Collins Dictionary*⁴ definiuje technologię wspomagającą jako technologię, która umożliwia użytkownikowi realizację zadań bądź poprawę wyników (szeroko rozumianych). Technologie wspomagające charakteryzują się szybkim rozwojem (mierzonym zarówno ich potencjałem – możliwościami, jak i zakresem zastosowań), powstawaniem technologii pochodnych, bazujących (wykorzystujących) na tych technologiach, i zastosowaniem często w innych sektorach. RFID jako technologia wspomagająca umożliwia szerokie i powszechne bezprzewodowe śledzenie i detekcję obiektów. Znaczniki RFID są powszechnie stosowane w setkach milionów aplikacji każdego roku: od hodowli bydła, przez karty płatnicze, po odzież.

RFID z własnym źródłem zasilania (aktywne RFID) umożliwiają detekcję, lokalizację w czasie rzeczywistym (RTLS⁵), a także umożliwiają komunikowanie się maszyn, będąc elementem bezprzewodowej sieci czujników (WSN⁶). Jest to podstawą tzw. Internetu Rzeczy, w którym urządzenia mogą samodzielnie komunikować się między sobą za pośrednictwem sieci. Technologia RFID ma istotny wpływ na rozwój sieci dystrybucji, płatności, ochronę mienia i osób, logistykę, służbę zdrowia i in. Korzyści, jakie przynosi zastosowanie RFID w takich systemach i oferowanych usługach, są co najmniej porównywalne z korzyściami, jakie daje zastosowanie sprzętu komputerowego. Jest to związane



Rys. 2. Technologiczne „bonsai” – przykład RFID

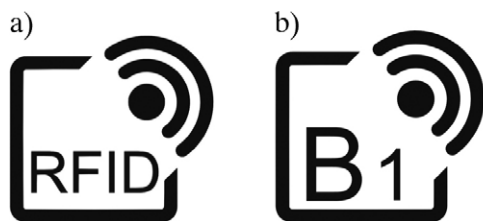
z możliwością gromadzenia, modyfikacji oraz efektywnego, zautomatyzowanego przetwarzania informacji i podejmowania decyzji. RFID stwarza realne możliwości realizacji wielu futurystycznych wizji, np. inteligentnego miasta⁷, sterowania poziomem zapasów w łańcuchach dostaw w czasie rzeczywistym czy też zdecydowanej poprawy trafności prognoz sprzedaży, wykorzystując informacje gromadzone online na temat wielkości sprzedaży w sieci sprzedaży detalicznej.

Lista obszarów zastosowań RFID obejmuje liczne sektory przemysłu i usług oraz wytwarzanych produktów:

- logistyka i usługi pocztowe: znakowanie i automatyczna identyfikacja oraz śledzenie ładunków i pojazdów;
- handel: znakowanie towarów, identyfikacja stanów magazynowych;
- marketing – badanie zachowania klientów;
- produkcja: automatyzacja produkcji, w tym systemy cyberfizyczne⁸, identyfikacja wyrobów, znakowanie pomocy warsztatowych (w tym narzędzi), części zamiennych i maszyn oraz in.;
- usługi: w pralniach do znakowania odzieży, w księgarniach, bibliotekach i archiwach do znakowania książek, dokumentów itp.;

- rolnictwo i hodowla zwierząt: znakowanie zwierząt i niektórych produktów żywnościowych;
- służba zdrowia: identyfikacja noworodków w szpitalach i pacjentów; znakowanie produktów medycznych;
- bankowość i systemy ochrony dostępu: karty płatnicze, w tym karty zbliżeniowe, autoryzacja transakcji bankowych, kontrola ruchu osób, kontrola dostępu do pomieszczeń itp.;
- motoryzacja: blokada zapłonu silników, kluczyki samochodowe, automatyczne pobieranie opłat za przejazd na autostradach;
- transport lotniczy: identyfikacja bagażu podręcznych;
- zastosowania domowe, sport i turystyka: znakowanie zwierząt domowych, opaski monitorujące stan organizmu;
- ratownictwo: identyfikatory bezprzewodowe ułatwiające odnajdywanie osób zasypanych śniegiem, górników w kopalniach i wiele innych;
- zastosowania wojskowe⁹.

RFID nie tylko znajduje zastosowanie w różnych sektorach przemysłu i usług, ale także rozwija się wraz z rozwojem i zastosowaniami innych technologii oraz dyscyplin nauki i techniki. Powstają w ten sposób tzw. technologiczne „bonsai” (rysunek 2).



Rys. 3. Przykłady symboli graficznych RFID wg normy EN ISO/IEC 29160: a) symbol podstawowy; b) przykład symbolu specyficznego oznaczającego częstotliwość sygnałów transpondera 860–960 MHz i protokół komunikacyjny ISO/IEC 18000-63

RFID stanowi wynik osiągnięć wielu dyscyplin nauki i techniki, w tym:

- mikroelektroniki (układy scalone wielkiej skali integracji);
- fizyki ciała stałego (badanie właściwości i wytwarzanie materiałów do produkcji układów scalonych);
- radiokomunikacji (m.in. łączność radiowa, technika mikrofalowa, technika antenowa);
- informatyki (procedury zapisu i odczytu, a także kodowania danych);
- chemii polimerów (wytwarzanie podłoża elastycznych znaczników RFID);
- specjalnych technik poligraficznych (wytwarzanie układów antenowych, a w przyszłości także układów scalonych, technikami druku) i innych.

RFID jest także oferowane w różnych technologiach wykonania, związanych ze specyficznymi wymaganiami dotyczącymi zastosowań. Do ważniejszych z tych technologii należy zaliczyć (przedstawiona lista nie jest klasyfikacją i niektóre wymienione grupy mogą się w sobie wzajemnie zawierać):

- pasywne RFID wykorzystujące głównie częstotliwości UHF, HF, LF;
- aktywne RFID;
- systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym (RTLS¹⁰);
- RFID pracujące w ultraszerokim paśmie częstotliwości (UWB¹¹);
- technologia komunikacji radiowej na krótkich odległościach (NFC¹²);
- karty płatnicze, bilety, plomby-wkładki, inteligentne opaski;
- pasywne znaczniki RFID z zasilaniem baterijnym (BAP¹³);
- RFID wykonywane technikami druku;
- bezprocesorowe RFID;
- Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee¹⁴.

Rynek RFID rozwija się bardzo szybko. Według prognoz sporządzonych przez organizację IDTechEx

wartość światowego rynku RFID do roku 2024 ma wzrosnąć do 30,24 mld USD¹⁵. W latach 1943–2015 na świecie sprzedano ponad 35 mln znaczników RFID, z czego 34 mld to znaczniki pasywne, zaś 1 mld znaczniki aktywne oraz RTLS (*Real Time Locating Systems*). Tylko w 2012 roku sprzedano na świecie 7,6 mld znaczników RFID. W roku 2012 udział w ilości sprzedaży znaczników UHF był wyższy niż znaczników HF i LF. Co ciekawe, w 2015 roku udział znaczników UHF w wartości sprzedaży wyniósł zaledwie 11% znaczników HF¹⁶.

Technologia RFID i jej zastosowania są także przedmiotem zainteresowania szerokich kręgów społeczeństwa. Jej upowszechnienie rodzi także wiele pytań i wątpliwości, a nawet obaw. W pierwszej kolejności chodzi o bezpieczeństwo informacji i ochronę danych osobowych. Komunikacja radiowa stwarza potencjalne zagrożenia polegające na nieuprawnionym dostępie (odczyt) do danych przesyłanych w ten sposób. Dotyczy to zwłaszcza tych zastosowań RFID, w których przesyłane są dane osobowe bądź dane, które umożliwiają identyfikację osoby. Jest to tym ważniejsze, iż takie zastosowania mogą być po pierwsze wszechobecne, a po drugie praktycznie niewidoczne, a więc niemożliwe do wykrycia. Już od pewnego czasu ryzyko takie i związane z tym obawy są sygnalizowane przez wiele środowisk w różnych krajach. Reakcją na to są próby prawnych uregulowań obecnych i przyszłych zastosowań technologii RFID. Komisja UE w 2009 r. sformułowała zalecenia w sprawie wdrażania zasad ochrony prywatności i ochrony danych w zastosowaniach wspieranych identyfikacją radiową¹⁷. Zalecenia wskazują, iż „państwa członkowskie i zainteresowane strony powinny dołożyć dalszych starań

tak, aby, szczególnie w obecnej początkowej fazie wdrażania technologii RFID, zapewnić monitorowanie zastosowań technologii RFID i przestrzeganie praw i wolności jednostki”¹⁸. Ocena skutków oddziaływania technologii obejmuje także sektor handlu detalicznego i dotyczy produktów sprzedawanych, zawierających identyfikatory RFID, o czym nabywcy mogą nie wiedzieć. W takim przypadku produkty bądź miejsca, w których zainstalowane są znaczniki RFID bądź ich czytniki, winny być specjalnie oznakowane (rysunek 3).

Symbole takie mają być stosowane do znakowania nie tylko przedmiotów zawierających znaczniki RFID, lecz także obszarów będących w zasięgu czytników RFID. Dodatkowo zaleca się umieszczenie informacji określających zakres i cel systemu RFID, a także dane kontaktowe operatora systemu, gdzie można uzyskać bliższe informacje.

Zalecenia Komisji Europejskiej zobowiązują nade wszystko państwa członkowskie do opracowania i wdrożenia zasad oceny oddziaływania technologii RFID w obecnych i przyszłych zastosowaniach, w tym do specjalnego oznakowania produktów zawierających znaczniki RFID. Ocena taka winna być w szczególności przeprowadzona pod kątem bezpieczeństwa danych osobowych. W odpowiedzi na Zalecenia Komisji organizacja GS1, zajmująca się m.in. opracowywaniem otwartych (publicznych) standardów identyfikacyjnych i komunikacyjnych, opracowała narzędzie ułatwiające dokonanie oceny oddziaływania RFID pod kątem ochrony prywatności i danych osobowych o nazwie GS1 EPC/RFID Privacy Impact Assessment Tool¹⁹. Ocena skutków oddziaływania technologii RFID w kontekście ochrony prywatności i danych osobowych powinna być prowadzona w całym cyklu życia wyrobu, od projektowania (jakie informacje, w jakim celu i w jaki sposób mają być przesyłane, przechowywane i przetwarzane w systemie RFID), przez jego produkcję i eksploatację (użytkowanie) aż do utylizacji (zabezpieczenie przed nieuprawnionym odczytem danych ze znacznika RFID umieszczonego na wyrobie, który nie jest już użytkowany).

Podsumowanie

Technologie są podstawą działalności bez mała wszystkich organizacji. Wiele z nich umożliwia nie tylko realizację bieżących zadań organizacji, lecz także radykalną zmianę procesów (produkcyjnych, logistycznych, zarządzania i in.), kreowanie nowych produktów, a w końcu tworzenie nowych rynków i rodzajów działalności. Szczególnie duży potencjał mają technologie radykalne, oparte na wynikach badań naukowych i wynalazkach. Niektórym z nich przypisuje się nie tylko szczególnie duże możliwości (mierzone potencjałem rozwoju technologii), lecz również liczne zastosowania, często poza sektorem, w którym powstały, a także pozytywny wpływ na rozwój gospodarki kraju bądź regionu, polegający na możliwości tworzenia nowych, atrakcyjnych miejsc pracy i stymulowaniu wzrostu gospodarczego, a także zrównoważonego rozwoju. Technologie takie noszą nazwę technologii wspomagających. Należą do nich m.in. nanotechnologie, mikro- i nanoelektronika, zaawansowane materiały, fotonika, biotechnologie i zaawansowane systemy przetwórstwa przemysłowego. RFID stanowi jeden z przykładów technologii wspomagających. Lista możliwych zastosowań RFID jest bardzo długa i nie ogranicza się bynajmniej do identyfikacji ładunków w łańcuchach dostaw. Przypomnijmy niektóre z nich: opieka zdrowotna (np. identyfikacja noworodków i osób chorych w szpitalach), przemysł samochodowy (systemy zabezpieczenia pojazdów, a w niedalekiej przyszłości rozwój autonomicznych pojazdów, tzn. niewymagających udziału kierowcy), telefony komórkowe (łącność NFC), marketing (identyfikacja zachowań konsumentów), systemy inteligentnego sterowania w produkcji i eksploatacji wyrobów (Internet Rzeczy), identyfikacja odzieży w pralniach, książek w księgarniach i bibliotekach (wraz z historią wypożyczenia), znakowanie zwierząt domowych i hodowlanych, w sporcie i rekreacji (opaski monitorujące niektóre funkcje organizmu), w turystyce i ratownictwie (identyfikacja i nadzór małych dzieci, osób zasypanych śniegiem, górników w kopalniach itp.), w systemach zabezpieczeń (kontrola dostępu

do pomieszczeń, kontrola ruchu osób, zabezpieczenia transakcji bankowych) i wiele innych.

Decyzje o zastosowaniu RFID wymagają nie tylko wskazania obszaru i sposobu wdrożenia tej technologii, lecz także poszukiwania nowych, często niekonwencjonalnych obszarów zastosowań, oceny efektów i długoterminowych skutków oddziaływania technologii, wpływu na organizację, możliwości jej rozwoju, poprawę konkurencyjności itp. Takie decyzje powinny być zatem podejmowane w kontekście strategii przedsiębiorstwa oraz odpowiednio długiego horyzontu czasu, uwzględniając nie tylko przewidywane zmiany technologii, lecz także długofalowe skutki jej oddziaływania na społeczeństwo, środowisko i in.

W niniejszym rozdziale przedstawiono ogólne zasady zarządzania technologiami, traktowanego jako proces, którego celem jest kształtowanie celów strategicznych i operacyjnych organizacji, a następnie ich realizacja w kontekście potencjału technologicznego, jakim dysponuje organizacja (racjonalne wykorzystanie posiadanych możliwości), jego rozwoju (identyfikacji i pozyskania nowych technologii), a następnie wykorzystania w przedsiębiorstwie. Te zasady mają charakter uniwersalny i mogą być z powodzeniem wykorzystane do planowania rozwoju i zastosowań technologii RFID. Doświadczenie wielu firm wskazuje na konieczność aktywnego zarządzania technologiami. Dotyczy to zwłaszcza technologii nowych, radykalnych, szybko rozwijających się, o wielu potencjalnych zastosowaniach i niezbadanych do końca długofalowych skutkach oddziaływania. Dobrym przykładem takich technologii jest RFID. W kolejnych rozdziałach zostaną przedstawione podstawy teoretyczne RFID, aspekty techniczne budowy, funkcjonowania i eksploatacji RFID, standardy dotyczące RFID, a także działania poprzedzające wdrożenie RFID oraz przykłady zastosowań RFID w różnych przedsiębiorstwach i sektorach gospodarki.

Przypisy

- 1 IMAI M.: *Kaizen – klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*, MT Biznes, Warszawa 2007.

- 2 Ibidem.
- 3 LEIFER R., McDERMOTT C.M., COLARELLI O'CONNOR G., PETERS L.S., RICE M., VERYZER R.W.: *Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts*, Harvard Business School Press, Boston 2000.
- 4 <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/enabling-technology> [data dostępu: 6 czerwca 2016].
- 5 Ang. *Real Time Locating System*.
- 6 Ang. *Wireless Sensor Network*.
- 7 Ang. *Smart city*.
- 8 Nazwą zbliżoną znaczeniowo jest Internet Rzeczy, por. M. Miller, *Internet Rzeczy*, WN PWN, Warszawa 2016.
- 9 Inne przykłady zastosowań RFID zamieszczone w: *The RFID Knowledge-base. Sample case studies*, IDTechEx Ltd, Downing Park, Swaffham Bulbeck, Cambridge (UK) 2016.
- 10 Ang. *Real Time Locating Systems – RTLS*.
- 11 Ang. *Ultra Wide Band – UWB*.
- 12 Ang. *Near Field Communications*.
- 13 Ang. *Battery Assisted Passive*.
- 14 ZigBee – standard IEEE 802.15.4 komunikacji bezprzewodowej, stosowany m.in. do budowy prywatnych sieci lokalnych, wykorzystując małe cyfrowe odbiorniki radiowe; jest prostszy i tańszy niż Wi-Fi czy Bluetooth; <http://www.zigbee.org/> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
- 15 <http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026-000451.asp> [data dostępu: 10 maja 2016].
- 16 <http://www.IDTechEx.com/RFID> [data dostępu: 10 maja 2016].
- 17 Zalecenie Komisji z dnia 12 maja 2009 r. w sprawie wdrażania zasad ochrony prywatności i ochrony danych w zastosowaniach wspieranych identyfikacją radiową (notyfikowane jako dokument nr C(2009) 3200) (2009/387/WE).
- 18 Ibidem.
- 19 <http://www.gs1.org/pia> [data dostępu: 14 marca 2016].

Fragment pochodzi z książki:

RFID od koncepcji do wdrożenia

Bartłomiej Gładysz, Michał Grabia,

Krzysztof Santarek

Wydawnictwo Naukowe PWN, 2016

Przykłady wdrożenia RFID

Bartłomiej Gładysz, Michał Grabia, Krzysztof Santarek

Technologia RFID może być stosowana w wielu różnych obszarach. Zadaniem bardzo trudnym jest opracowanie szczegółowej i wyczerpującej listy możliwych zastosowań, nie wspominając o przeprowadzeniu ich klasyfikacji. Niektóre popularne obszary aplikacji RFID przedstawia tabela 1, gdzie jako kryterium przyjęto rodzaj czytnika RFID. Podobnie różne popularne formy znaczników RFID przedstawia tabela 2, ale również nie jest to lista wyczerpująca.

Istnieje model referencyjny obszarów aplikacji RFID¹. Możliwe obszary zastosowania tego modelu oraz obszary wskazane na popularnych stronach, zawierających opisy wdrożeń RFID, przedstawia tabela 3.

W dalszej części niniejszego artykułu przedstawiono przykładowe wdrożenia technologii RFID zrealizowane w Polsce. Są to:

- magazyn wyrobów gotowych;
 - centrum logistyczne firmy 7R Logistic;
 - monitorowanie wózków widłowych w magazynie Fresh Logistics Polska.
- Każdy przypadek został omówiony według jednolitego schematu, tj.:
- informacje podstawowe i proces przed wdrożeniem;
 - zastosowane rozwiązania RFID, w tym: cel wdrożenia i funkcjonalności systemu, proces po wdrożeniu, zastosowane urządzenia i standardy, oprogramowanie;
 - podsumowanie z uwzględnieniem uzyskanych korzyści.

1. Magazyn wyrobów gotowych⁸

1.1. Informacje podstawowe i proces przed wdrożeniem

Omawiane przedsiębiorstwo jest producentem chemii budowlanej działającym od 25 lat na polskim rynku. Firma posiada 3 zautomatyzowane zakłady produkcyjne oraz 3 hurtownie. Produkty przedsiębiorstwa można znaleźć w wielu placówkach handlowych w Polsce oraz za granicą. Do wdrożenia RFID wybrano

Tabela 1. Rodzaje systemów RFID w świetle sposobu użycia czytników¹

Rodzaj czytnika	Opis
Czytnik mobilny	Jedynie identyfikacja obiektów przy wykorzystaniu urządzeń mobilnych (PDA) i ich oprogramowania.
Detekcja obecności w punkcie ²	Detekcja obecności i identyfikacja. Przeważnie pasywne znaczniki, częstotliwości zależne od otoczenia i oczekiwanych odległości odczytu.
Drzwi, bramy	Portale, wykrywanie przekroczenia granicy strefy wyznaczonej drzwiami lub bramą, przeważnie wspomagane przez inne technologie umożliwiające określenie kierunku ruchu (np. kamery IP).
Przeñośniki i transportery	Detekcja obecności w punkcie zintegrowana z transporterem.
Inteligentne półki. Wykrywanie obecności na konkretnej półce, np. w magazynie	Inteligentne półki. Wykrywanie obecności na konkretnej półce, np. w magazynie.
Pola odkładcze. Wykrywanie obecności w wyznaczonym obszarze	Pola odkładcze. Wykrywanie obecności w wyznaczonym obszarze.
Lokalizacja w czasie rzeczywistym	RTLS, aktywne (głównie Wi-Fi lub UWB) lub pasywne (pRTLS), określenie współrzędnych oznakowanego obiektu (przed wszystkim 2D).
Biuurko. Identyfikacja np. na potrzeby kodowania	Biuurko. Identyfikacja np. na potrzeby kodowania.
Drukarki i aplikatory	Kodowanie etykiet RFID i ich zadruk. Możliwa integracja z liniami produkcyjnymi i transporterami.
Dyspensery i kioski	Kodowanie znaczników i ich automatyczne wydawanie/zwracanie, np. stanowiska samodzielnych zwrotów i wypożyczeń w bibliotekach.

Tabela 2. Formy znaczników RFID³

Forma znacznika	Opis
Karty. Kontrola dostępu, bilety, bankowość	Karty. Kontrola dostępu, bilety, bankowość.
Znaczniki z wyświetlaczem	Urządzenia zintegrowane ze znacznikami RFID, np. elektroniczne karty <i>kanban</i> ⁴ .
Znaczniki przemysłowe	Znaczniki w trwałych obudowach przeznaczonych do zastosowania w trudnych warunkach.
„Inlay”	Najprostsza forma, przezroczysta naklejka z czipem i anteną.
Breloki	Aplikacje podobne jak dla kart.
Etykiety	Możliwe do zadrukowywania etykiety z wklejonym znacznikiem RFID.
Znaczniki z dużą pamięcią	Używane, aby przechowywać większą ilość danych, gdy nie ma możliwości dostępu do centralnej bazy danych, np. remonty samolotów.
Znaczniki odporne na temperaturę	Zaprojektowane do wykorzystania w warunkach wysokiej temperatury (nawet 350°C), np. znaczniki ceramiczne, znaczniki pralnicze.
Znaczniki na metal	Zoptymalizowane do znakowania przedmiotów metalowych.
Plomby	Plomby z wklejonym znacznikiem RFID możliwe do automatycznej identyfikacji i weryfikacji.
Znaczniki sensoryczne	Zintegrowane z czujnikami np. temperatury, wilgotności itp.
Opaski	Kontrola dostępu (baseny, siłownie itp.), identyfikacja pacjentów.

największy zakład z uwagi na problemy związane z gospodarką magazynową, w szczególności wyrobów gotowych.

Magazyn wyrobów gotowych jest zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie linii produkcyjnej. Ostatnim etapem

Tabela 3. Obszary wdrożeń RFID⁶

Model referencyjny	RFID Journal, www.rfidjournal.com	IDTechEx Knowledgebase, www.idtechex.com/knowledgebase/en
<ul style="list-style-type: none"> kontrola dostępu oraz śledzenie osób prywatnych opieka zdrowotna - np. śledzenie w czasie rzeczywistym pomp infuzyjnych śledzenie obiektów w łańcuchu dostaw programy lojalnościowe, członkowskie oraz płatności bezpieczeństwo, jakość i informacje o produkcie wytwarzanie, monitorowanie, remonty sport, wypoczynek, dom 	<ul style="list-style-type: none"> Internet Rzeczy⁷ lotnictwo odzież wojsko energetyka opieka zdrowotna logistyka wytwarzanie handel 	<ul style="list-style-type: none"> linie lotnicze i lotniska zwierzęta książki, biblioteki, archiwa finanse i bezpieczeństwo opieka zdrowotna logistyka, poczta pralnie sport, wypoczynek, rozrywka wytwarzanie wojsko rafinerie, kopalnie transport pasażerski i motoryzacja handel, dobra konsumenckie
<ul style="list-style-type: none"> inne 		

procesu produkcyjnego jest automatyczna paletyzacja wyrobów gotowych. Następnie palety z wyrobem gotowym są rozwożone na miejsca magazynowe przy wykorzystaniu wózków widłowych. Wyroby gotowe składowane są w postaci jednorodnych opakowań zbiorczych. Stosuje się stosy do wysokości maksymalnie 3 warstw palet. W magazynie, z uwagi na jego charakterystykę, utrudnione jest realizowanie zasady FIFO⁹, co prowadzi do powstawania kosztów związanych z przeterminowaniem niektórych wyrobów gotowych.

Operator wózka widłowego na zleceniu dostawał informację o rodzaju wyrobu, który ma pobrać, bez możliwości pobrania konkretnej palety o najkrótszym terminie przydatności do użycia. Wyroby przeterminowane często odnajdywane były dopiero podczas inwentaryzacji. Wykorzystanie magazynu nie było optymalne, gdyż całe sektory przeznaczone były do konkretnych rodzajów wyrobu, aby ułatwić operatorom wózków odszukiwanie wyrobu przeznaczonego do załadunku i wydania. Kolejnym problemem był brak wiarygodnych informacji o stanie magazynu, co powodowało zbędne zapasy lub niedobory.

1.2. Zastosowane rozwiązania RFID

Cel wdrożenia i funkcjonalności systemu

Głównymi celami postawionymi przed wdrożeniem było zwiększenie transparentności stanów magazynowych oraz poprawa dokładności kompletacji wysyłek. Jako niezbędne do osiągnięcia wymienionych celów opracowano

następujące główne funkcjonalności systemu RFID:

- rejestracja przyjęć wyrobów gotowych z produkcji;
- rejestracja miejsca składowania wyrobu gotowego;
- rejestracja wydań z magazynu wyrobów gotowych;
- kontrola zgodności pobranych wyrobów ze zleceniem.

Proces po wdrożeniu

Pierwszym nowym elementem w procesie jest znakowanie palet etykietami RFID. Znakowanie odbywa się w sposób zautomatyzowany. Jest to ostatnia operacja przed podjęciem palety przez wózek widłowy w celu jej odstawienia do odpowiedniego sektora w magazynie. Zastosowano automatyczny aplikator etykiet RFID, który zintegrowano z automatycznym przenośnikiem rolkowym. Etykieta RFID, oprócz zakodowania unikalnym identyfikatorem RFID, jest również zadrukowywana, co umożliwia jej wykorzystanie przez odbiorców lub w zakładach nieposiadających czytników RFID. Znakowane są całe ofoliowane palety jako opakowanie zbiorcze wyrobów gotowych.

Oznakowana paleta jest pobierana przez wózek widłowy, który wyposażony jest w czytnik RFID oraz terminal dla operatora. Czytnik RFID zamontowany jest w ramie karetki wózka. Na podstawie odczytu RFID na terminalu wyświetlana jest informacja dla operatora o tym, gdzie należy odstawić paletę.

Paleta odstawiana jest na wskazane miejsce. Wózek posiada możliwość odczytu znaczników lokalizacyjnych

RFID i na tej podstawie określania swojej lokalizacji z dokładnością co do sektora magazynowego. Znaczniki te umieszczone są pod dachem magazynu, a wózek uzbrojony jest w dodatkowy czytnik RFID na dachu. Dzięki takiemu rozwiązaniu dostępna jest informacja, czy paleta została odstawiona we właściwe miejsce. Jeśli nie, to na terminalu wyświetlane jest ostrzeżenie dla operatora. Operator może zareagować i odstawić paletę we właściwe miejsce.

Jeśli tego nie uczyni, to system magazynowy rejestruje lokalizację palety oraz informację o odstępstwie od zlecenia. Wydania z magazynu wyrobów gotowych realizowane są również na podstawie odczytów RFID. Na terminalu wózka widłowego wyświetlana jest paleta, którą należy pobrać, oraz numer sektora magazynowego, w którym się ona znajduje. Operator wózka pobiera wskazaną paletę. Jeśli pobierze niewłaściwą, jest ostrzegany i może dokonać korekty. Jest to istotne z tego względu, że system magazynowy w pierwszej kolejności dysponuje do załadunku palety z wyrobami o krótkim terminie przydatności do użycia. W przypadku popełnienia błędu systemu, na bazie odczytów RFID, rejestruje aktualną pozycję palety oraz informuje menedżerów o niezgodnościach, co pozwala uniknąć błędów w załadunku.

Wszelkie sytuacje nietypowe, jak np. kompletacja palet typu „mix”, realizowane są na podstawie wykorzystania czytników mobilnych RFID oraz drukarki biurkowej RFID. Na drukarce drukowana i kodowana jest etykieta dla nowej palety „mix”. Następnie pracownik, przy użyciu czytnika mobilnego,

odczytuje kody kreskowe z poszczególnych opakowań jednostkowych i przywiązuje je do numeru SSCC zapisanego w etykiecie RFID, utworzonej dla kompletowanej palety.

Sprzęt i standardy RFID

Cały system RFID został zrealizowany przy wykorzystaniu częstotliwości UHF i jest zgodny ze standardem EPC Class1 Gen2.

Głównym elementem są dwa czytniki RFID na wózku widłowym, z których jeden służy do identyfikacji przewożonej palety, a drugi do odczytywania znaczników lokalizacyjnych RFID. Czytniki są wykonane w klasie szczelności IP65 i zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Terminal na wózku widłowym służy do wyświetlania zleceń magazynowych oraz ostrzeżeń na bazie odczytów RFID. Kolejny element rozwiązania to znaczniki lokalizacyjne RFID, umieszczone pod sufitem magazynu. Odczytując je, możliwe jest określenie lokalizacji wózka widłowego. Przeprowadzono również testy alternatywnego rozwiązania, jakim byłoby umieszczenie znaczników RFID w posadzce. Jednakże to rozwiązanie stwarzało dwa problemy. Pierwszy problem konstrukcyjny – związany z instalacją czytnika RFID na wózku widłowym, zaś drugi związany ze skutecznością odczytów.

W wyniku testów zdecydowano się rozmieścić znaczniki pod sufitem magazynu, a wózek wyposażony w czytnik RFID na dachu, co zapewniło 100-proc. skuteczność rozwiązania w zakresie lokalizowania wózków widłowych. Analizowano również możliwość wykorzystania dwóch rodzajów RTLS¹⁰, w tym opartego o znaczniki pasywne UHF oraz opartego o znaczniki aktywne.

Oba rozwiązania przekraczały dysponowany budżet. Mogłyby być one celowe dla większej liczby wózków, lokalizacji magazynowych i bram magazynu, czy też większego poziomu wymaganej dokładności lokalizacji w magazynie. W analizowanym przypadku wystarczający poziom dokładności to lokalizacja uwzględniająca sektor magazynowy i z tego względu użycie znaczników RFID montowanych pod sufitem było wystarczające.

Rozwiązanie oparte jest o wykorzystanie etykiet RFID do znakowania palet. Kodowanie etykiet oraz ich zadruk odbywa się zgodnie z wytycznymi GS1, co oznacza, że identyfikatorem zapisywanym w pamięci EPC znacznika jest numer SSCC¹¹. Do kodowania i aplikacji etykiet RFID wykorzystywany jest automatyczny aplikator etykiet zintegrowany z drukarką RFID oraz transporterem rolkowym. Aplikator zainstalowany został w przemysłowej kabine pyłoszczelnej.

Oprogramowanie

Cały system RFID został zintegrowany z systemem magazynowym WMS¹². Z punktu widzenia systemu RFID konieczne było przygotowanie oprogramowania na wózek widłowy. Oprogramowanie to wstępnie filtruje i grupuje odczyty z czytników RFID oraz przekazuje do systemu nadrzędnego informacje o zaistniałych zdarzeniach, takich jak podjęcie czy odstawienie palety. Oprogramowanie realizuje trzy podstawowe funkcje, tj. automatycznie identyfikuje pobraną paletę, automatycznie identyfikuje odłożoną paletę oraz automatycznie identyfikuje lokalizację wózka.

Następnie informacje te przekazywane są do oprogramowania nazywanego koncentrator, które służy jako punkt styku pomiędzy systemem RFID a systemem WMS. Koncentrator przekazuje do WMS informacje o zdarzeniach zawierające stempel czasowy, identyfikator zdarzenia (pobrano/odłożono), identyfikator lokalizacji oraz identyfikator palety. Podstawowe 4 komunikaty przekazywane przez oprogramowanie RFID do WMS to pobranie i odłożenie palety o danym SSCC z określonej lokalizacji oraz przyjęcie i wydanie palety o danym SSCC do/z magazynu. Ogólna struktura komunikatu z systemu RFID to „nr wózka_ | SSCC_jako_EPC | rodzaj_operacji | sektor”. Na tej podstawie system WMS sprawdza poprawność zaistniałych zdarzeń i wysyła komunikaty, które należy wyświetlić na terminalu operatora wózka widłowego.

Dane drukowane i kodowane w etykietach RFID wysyłane są do drukarek z systemu WMS. Elementem, który służy jako punkt styku systemu RFID

i systemu WMS, jest oprogramowanie nazywane koncentrator. Posiada ono również funkcjonalności niezbędne na potrzeby zarządzania sprzętem RFID, monitorowania jego stanu itp.

System RFID jest niewidoczny dla użytkownika, który korzysta z WMS poprzez terminal na wózku lub terminal mobilny.

Dodatkowo informacje o zrealizowanych transakcjach udostępniane są w serwisie EPC IS¹³. Odbiorcy, korzystający również z serwisu EPC IS, mogą w czasie rzeczywistym otrzymywać informacje w momencie wysyłki, a produkty można śledzić w całym łańcuchu dostaw za każdym razem, gdy dokonany zostanie odczyt RFID i udostępniony przez EPC IS.

1.3. Podsumowanie

Dzięki wdrożeniu systemu RFID stało się możliwe pozyskiwanie wiarygodnych informacji o lokalizacji wyrobów gotowych w czasie rzeczywistym. Ta podstawowa korzyść umożliwia wiele usprawnień, takich jak odświeżanie zapasów na podstawie rzeczywistych stanów magazynowych i realizacja zasad systemów ssących w magazynowaniu czy optymalizacja tras wózków widłowych. Wdrożenie RFID było równoległe z wdrożeniem systemu WMS, który pozwolił wyeliminować papierowe zlecenia magazynowe, generujące znaczne ryzyko popełnienia błędu. Wymierne korzyści uzyskane w wyniku wdrożenia to:

- eliminacja strat związanych z utratą przydatności wyrobów gotowych do użycia;
- przyspieszenie operacji magazynowych przyjęcia na magazyn, przesunięcia w magazynie i wydania z magazynu;
- zmniejszenie kosztów postępowań reklamacyjnych w przypadku niewłaściwych dostaw.

Koszt wdrożenia całego rozwiązania wyniósł ok. 0,8 mln zł. Koszty eksploatacyjne są głównie związane z zakupem etykiet RFID, dla których nie ma możliwości wielokrotnego wykorzystania. Z kolei koszty utrzymania systemu wynoszą ok. 10% wartości inwestycji rocznie. Oszacowano, że inwestycja zwróciła się w okresie krótszym niż 1,5 roku.

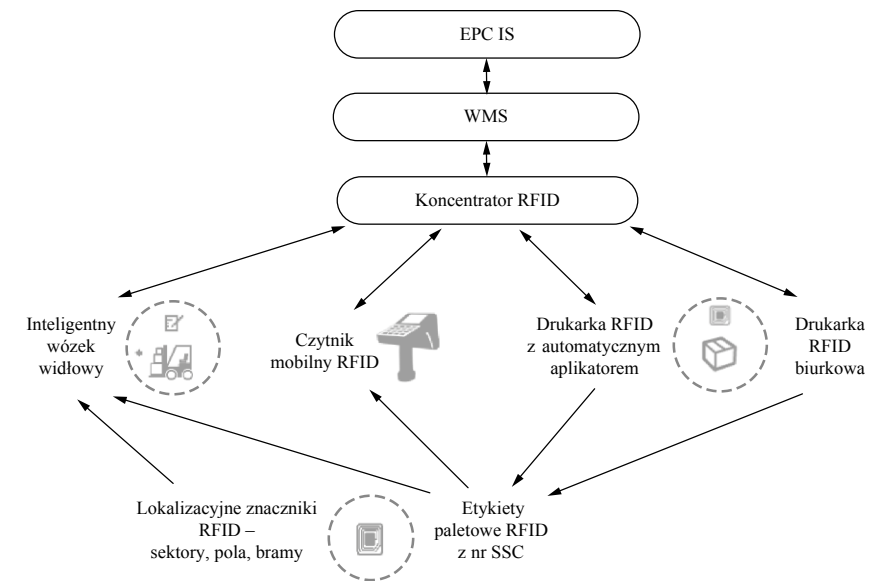
2. Monitorowanie wózków widłowych w firmie Fresh Logistics Polska

2.1. Informacje podstawowe i proces przed wdrożeniem

Fresh Logistics Polska specjalizuje się w kompleksowej obsłudze logistycznej produktów świeżych, wymagających kontrolowanej temperatury od +2°C do +6°C oraz 0°C do +2°C (UltraFresh) w całym łańcuchu dostaw. Jest partnerem swoich klientów od 2002 roku, kierując ofertę zarówno do lokalnych producentów i importerów, jak i międzynarodowych koncernów wytwarzających produkty świeże na dużą skalę. Firma świadczy usługi transportu krajowego i międzynarodowego oraz logistyki kontraktowej.

Fresh Logistics Polska zostało założone w 2002 roku i posiada obecnie sieć 8 oddziałów mieszczących się na terytorium Polski. Centra dystrybucyjne znajdują się w: Gądkach, Gliwicach, Grodzisku Mazowieckim, Straszynie, Szczecinie, Wrocławiu, Lublinie i Łomży. Zatrudnia ponad 650 pracowników, posiada około 42 000 m² powierzchni magazynowej z kontrolowaną temperaturą oraz dysponuje flotą ponad 550 środków transportu o pojemności od 4 do 33 palet. Firma jest wiodącym członkiem European Food Network – sieci drobnicowej obejmującej swoim zasięgiem 30 krajów europejskich. Fresh Logistics Polska od początku działalności dba o zachowanie najwyższych parametrów jakościowych transportowanych i magazynowanych produktów świeżych. Kontrola przydatności do spożycia, monitorowanie warunków temperaturowych oraz higiena są priorytetem świadczonych przez firmę usług. Potwierdzają to m.in. certyfikaty ISO 9001:2008 (System Zarządzania Jakością), ISO 22000:2005 (System Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności – HACCP), ISO 14001:2004 (System Zarządzania Środowiskowego), OHSAS 18001 (System Zarządzania Bezpieczeństwem i Higieną Pracy), Dobra Praktyka Magazynowa i Transportowa oraz Dobra Praktyka Higieniczna.

Wdrożone powyższe systemy są elementami Zintegrowanego Systemu Zarządzania, obejmującego zarządzanie jakością, środowiskiem i bezpieczeń-



Rys. 1. RFID w magazynie wyrobów gotowych¹⁴

stwem żywności w firmie Fresh Logistics Polska. Jakość magazynowanych i transportowanych produktów jest dla Fresh Logistics priorytetem. Powyższe certyfikaty są potwierdzeniem skuteczności codziennych działań, których nadrzędnym celem jest przede wszystkim zapewnienie bezpieczeństwa towarów powierzonych Fresh Logistics przez klientów.

Przed wdrożeniem systemu nie-możliwa była bieżąca weryfikacja tras wózków widłowych pod kątem ich optymalizacji. Diagramy spaghetti były tworzone okazjonalnie i nie mogły dawać rzeczywistego obrazu tras wózków widłowych. Pracownicy, którzy są świadomi, iż w trakcie ich zmiany tworzony jest diagram spaghetti, mogą pracować w sposób odbiegający od codziennej praktyki.

2.2. Zastosowane rozwiązania RFID Cel wdrożenia i funkcjonalności systemu

Celem wdrożenia systemu RFID było umożliwienie śledzenia w czasie rzeczywistym ruchu wózków widłowych w magazynie dzięki wdrożeniu systemu klasy RTLS¹⁵. Omawiane wdrożenie było wdrożeniem pilotażowym, mającym na celu potwierdzenie skuteczności funkcjonowania technologii RFID, jak również możliwych do uzyskania funkcjonalności systemu informatycznego zasila-nego danymi z systemu RFID. Oprócz

śledzenia w czasie rzeczywistym, ważnym elementem rozwiązania jest możliwość generowania raportów z ruchu wózków w postaci diagramów spaghetti¹⁶. Diagramy spaghetti są narzędziem stosowanym przy wdrażaniu zasad produkcji szczupłej. Reprezentują one ścieżki wyznaczone przez ruch obiektu na terenie zakładu. W zakładach produkcyjnych często jest to ruch produktu, półwyrobu czy materiału. W przedstawianym przykładzie magazynu będzie to ruch wózka widłowego. Diagramy spaghetti pozwalają wyznaczyć rzeczywiste trasy (długości), czas realizacji i prędkość przepływu, a w efekcie znaleźć marnotrawstwa, takie jak zbędny transport i zbędny ruch, oraz zaproponować usprawnienia dążące do eliminacji tychże marnotrawstw. Wymagana dokładność lokalizacji wózka to ok. 0,5 m. System jest przygotowany do integracji z systemem magazynowym oraz spedycyjnym i daje możliwość generowania wielu raportów związanych z funkcjonowaniem magazynu, w tym m.in.:

- diagramy spaghetti;
- raport wykorzystania wózka;
- raport wykorzystania doków załadunkowych;
- stan realizacji zlecenia kompletnego;
- stan realizacji zlecenia załadunku lub rozładunku;
- monitorowanie temperatury.

Proces po wdrożeniu

Wdrożony system nie wpływa na sposób pracy operatorów wózków widłowych. Jest on narzędziem dającym możliwość monitorowania pracy wózków w czasie rzeczywistym, co przekłada się na możliwość reakcji w przypadku odstępstw od przyjętego planu. Dotychczas diagramy spaghetti były tworzone okazjonalnie z uwagi na dużą czasochłonność. Jednocześnie operatorzy wózków świadomi byli prowadzonych obserwacji, co skutkowało zmniejszeniem wiarygodności tworzonego diagramu. Przy okazji realizacji głównego celu wdrożenia, jakim było wdrożenie systemu lokalizacji wózków w czasie rzeczywistym, zrealizowano również dodatkowe funkcjonalności, jakie są możliwe dzięki integracji z systemem magazynowym i transportowym.

Sprzęt i standardy RFID

Z uwagi na wymaganą dokładność wynoszącą 0,5 m jedyną możliwą do zastosowania technologią było wdrożenie systemu RTLS opartego o wykorzystanie UWB¹⁷.

System składa się z czterech podstawowych elementów:

- znaczników aktywnych;
- stacji lokalizacyjnych;
- punktów dostępowych, akumulujących dane ze stacji lokalizacyjnych;
- silnika lokalizacyjnego.

W magazynie, na obszarze, w którym śledzone są wózki widłowe, rozmieszczono punkty dostępowe co ok. 30 m. Punkty dostępowe wymagają jedynie zasilania, co stanowiło w analizowanym przypadku dużą przewagę w porównaniu do systemów opartych na Wi-Fi, które wymagają zasilania i połączenia sieciowego. Stacje lokalizacyjne tworzą sieć o topologii kratowej¹⁸, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie dużego obszaru pokrycia przy relatywnie małej liczbie stacji lokalizacyjnych.

Każdy z wózków został wyposażony w znacznik. Znaczniki są zasilane bezpośrednio z instalacji elektrycznej wózka, dzięki czemu nie ma konieczności wymiany baterii zasilających znaczniki.

Dodatkowo w samochodach zamontowano znaczniki z czujnikiem temperatury.

Stacje lokalizacyjne bezprzewodowo komunikują się z punktem dostępowym,

którego wszystkie dane przekazywane są przez Ethernet do silnika lokalizacyjnego.

Silnik lokalizacyjny to oprogramowanie odpowiadające za obliczenia i wyznaczenie lokalizacji znacznika na podstawie danych z pomiarów wykonanych przez stacje lokalizacyjne.

Oprogramowanie

Na potrzeby omawianego wdrożenia przygotowano oprogramowanie, które lokalizuje wózki widłowe i umożliwia identyfikację naczep podstawianych pod doki załadunkowe. Do funkcjonalności oprogramowania zaliczyć można m.in.:

- rejestrację i wizualizację ruchu wózków widłowych w czasie rzeczywistym;
- weryfikację ruchu wózków widłowych, kontrolę rzeczywistego kierunku ruchu z kierunkiem zakładanym, wizualizację powrotów, „kluczenia” itp.;
- generowanie diagramów spaghetti dla wózków widłowych;
- identyfikację naczep przy dokach załadunkowych;
- wizualizację zajętości doków i naczep – informację o wolnych i zajętych dokach, o naczepach podstawionych pod doki;
- wizualizację temperatury w naczepie i w magazynie podczas całego czasu obsługi;
- monitorowanie temperatury w trakcie transportu;
- wizualizację temperatury w naczepie w trakcie transportu i alarmy, w przypadku przekroczenia wartości dozwolonych;
- alarm w przypadku przekroczenia zakresu dozwolonych temperatur;
- monitorowanie stanu realizacji zlecenia załadunku/rozładunku naczepy;
- na podstawie integracji z systemem magazynowym i transportowym;
- monitorowanie stanu realizacji zlecenia kompletacji w magazynie – na podstawie integracji z systemem magazynowym;
- rejestrację ruchu i generowanie diagramów spaghetti dla załogi;
- automatyczną identyfikację naczep przy wjeździe/wyjeździe z terenu zakładu i możliwość integracji z systemem awizacji/kontroli dostępu.

Oprogramowanie działa przez przeglądarkę internetową. Przykładowe widoki ekranów zaprezentowane zostały

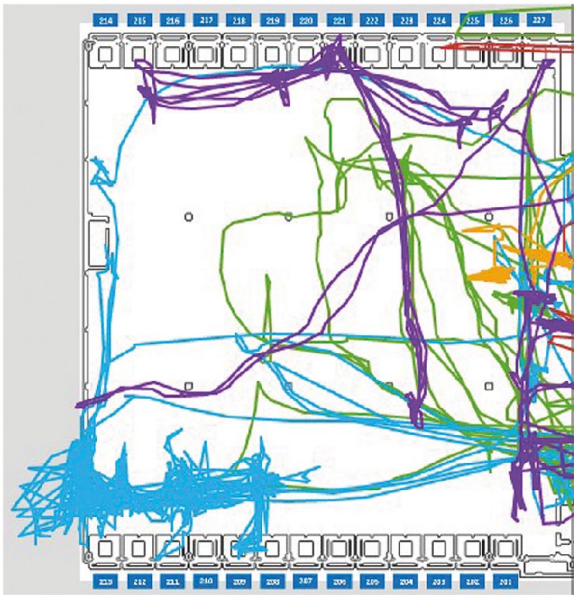
na poniższych rysunkach (rys. 2, rys. 4). Z diagramów spaghetti można w łatwy sposób odczytać punkty, w których przecinają się trasy, czy wskazać doki o największym wykorzystaniu. Dodatkowo oprogramowanie pozwala na podejmowanie bieżących działań na podstawie wyświetlanych informacji o postoi wózka lub jego wyjeździe poza obszar systemu RTLS, czy informacji o poziomie temperatury (rys. 3). Wszystkie informacje dostępne w czasie rzeczywistym są również dostępne w formie raportów.

2.3. Podsumowanie

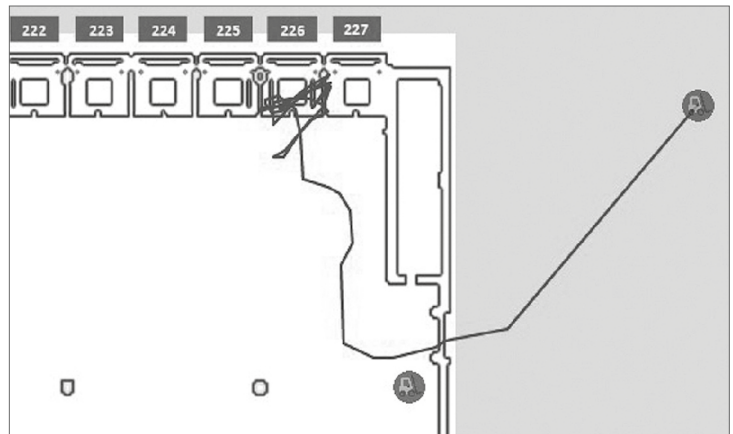
Najważniejszą korzyścią z wdrożenia rozwiązania jest poprawa transparentności procesów. Dzięki wiarygodnej informacji możliwe jest prowadzenie zaawansowanych analiz mających na celu usprawnienie procesów, w szczególności procesu planowania.

Analiza diagramów spaghetti pozwala wskazać miejsca, w których istnieje możliwość usprawnienia przepływów przez eliminowanie kolizji tras czy też nadmiernego obciążenia niektórych zasobów przy niedociążeniu innych (np. wykorzystanie doków). Tego typu analizy pozwalają również znacząco poprawić warunki bezpieczeństwa i higieny pracy przez eliminowanie tras kolizyjnych, co równocześnie przyczynia się do przyspieszenia procesów. Równocześnie dzięki analizie diagramu spaghetti możliwa jest optymalizacja wykorzystania zasobów. Przykładowo, jeżeli istnieje konieczność instalacji drukarki etykiet dla magazynierów, to racjonalnie jest ją umieścić w miejscu, w którym spotykają się ich trasy. Tworzenie diagramu spaghetti jest celowe każdorazowo, gdy następują widoczne zmiany w organizacji i procesach lub gdy istnieje podejrzenie, że takie zmiany mogły nastąpić (np. okresowo).

Wspomniane analizy w szybki sposób prowadzą do wskazania różnych rodzajów marnotrawstwa (jap. *muda*)²² w procesach, zgodnie z założeniami produkcji odchudzonej²³. W szczególności możliwe jest ograniczanie marnotrawstwa oczekiwania, nadmiernego przetwarzania, zbędnego transportu, zbędnego ruchu i niewykorzystanego potencjału pracowników. Wdrażane rozwiązanie



Rys. 2. UWB RTLS do monitorowania wózków widłowych - diagram spaghetti dla 5 wózków¹⁹



Rys. 4. UWB RTLS do monitorowania wózków widłowych - śledzenie ruchu wózka w czasie rzeczywistym (2)²¹



Rys. 3. UWB RTLS do monitorowania wózków widłowych - śledzenie ruchu wózka w czasie rzeczywistym (1)²⁰

pozwała również zmniejszać sytuacje nadmiernego obciążenia pracą, czyli kolejnego istotnego elementu modelu systemu produkcyjnego Toyoty, zwanego z jap. *muri*.

3. Centrum logistyczne firmy 7R Logistic

3.1. Informacje podstawowe i proces przed wdrożeniem

Omawiane wdrożenie zostało przeprowadzone w firmie 7R Logistic, która jest właścicielem parków logistycznych oraz obiektów magazynowych. Spółka zajmuje się przygotowaniem, realizacją i zarządzaniem nowoczesnymi magazynami, a także oferuje usługi logistyki magazynowej. W ramach inwestycji Centrum Logistyczne Kraków-Kokotów I 7R Logistic zdecydował się wdrożyć w obiekcie technologię RFID na potrzeby lokalizowania palet oraz wózków w magazynie wysokiego składowania. Obiekt został wybudowany na 9-hektarowej działce znajdującej się na terenie Wielickiej Strefy Aktywności Gospodarczej. Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

W wybudowanym w Kokotowie magazynie znajduje się ponad 17 000 miejsc paletowych, 19 doków przeładunkowych

z bramami o wymiarach 3 × 3 m, 3 bramy umożliwiające wjazd na halę z poziomu terenu, system automatycznego oddymiania, przeciwpożarowe hydranty i system tryskaczowy oraz 24-godzinny monitoring.

Obiekt wentylowany jest wentylatorami dachowymi i ogrzewany promiennikami gazowymi. W budynku zastosowano wiele nowoczesnych rozwiązań, takich jak np. rampy samopoziomujące w bramach i dokach. Wśród tych rozwiązań należy również wymienić system RFID.

3.2. Zastosowane rozwiązania RFID Cel wdrożenia i funkcjonalności systemu

Celem wdrożenia systemu lokalizacji w czasie rzeczywistym, opartego o technologię RFID, w Centrum Logistycznym 7R Logistic Kraków-Kokotów było umożliwienie szybkiego zlokalizowania każdej oznakowanej palety, jak również możliwość automatycznego przeprowadzenia inwentaryzacji. Głównym oczekiwaniem wobec zastosowania identyfikacji radiowej była całkowita automatyzacja procesów związanych z identyfikacją palet oraz wykonywaniem inwentaryzacji.

System umożliwia lokalizację palet i wózków widłowych w obszarze regałów

z dokładnością do regału w alejce. Możliwa jest też lokalizacja palet w obszarach odkładczych. Obiekty wjeżdżające/wyjeżdżające przez kontrolowane bramy są identyfikowane z dokładnością do bramy i kierunku przemieszczania się.

Proces po wdrożeniu

Wszystkie palety przyjmowane do magazynu są na samym początku znakowane etykietami RFID. Następnie palety, zgodnie z dyspozycjami z systemu magazynowego, rozwożone są na odpowiednie miejsca magazynowe. Informacja o miejscu, w którym została odłożona paleta, jest automatycznie przekazywana z systemu RFID do systemu magazynowego. Przy każdym kolejnym przesunięciu palety w magazynie ponownie, automatycznie, następuje rejestracja nowej lokalizacji palety przez system RFID. Następnie dane te przekazywane są do systemu magazynowego.

Wszystkie wózki widłowe²⁴ są oznakowane na stałe znacznikami RFID, co umożliwia ich śledzenie na terenie magazynu również na podstawie odczytów z systemu RFID. System RFID obejmuje swoim działaniem lokalizację z dokładnością co do każdej z:

- 28 alej między regałami;
- 19 bram i doków (rejestracja wejścia i wyjścia);
- 5 stref przeznaczonych na pola odkładcze (kompletacja przed wysyłką).

Sprzęt i standardy RFID

Wszystkie elementy sprzętowe rozwiązania zostały dostarczone i wdrożone przez firmę HADATAP. Wszystkie palety są znakowane etykietami RFID zgodnie z obowiązującymi standardami GS1 EPCglobal. Etykiety są używane jednokrotnie, gdyż istnieje możliwość ich uszkodzenia podczas przeklejania. W etykiecie RFID zapisany jest unikalny seryjny numer jednostki wysyłkowej (SSCC²⁵). Dodatkowo na etykietach istnieje możliwość wydrukowania kodu kreskowego i tekstu, dzięki czemu uczestnicy łańcucha dostaw, którzy na obecnym etapie nie stosują RFID, mogą skorzystać z naklejonych etykiet na potrzeby własnych procesów logistycznych i występujących w nich czynności związanych z identyfikacją palet. Etykiety RFID są zadrukowywane i jednocześnie

kodowane przy wykorzystaniu drukarek z modulem kodującym RFID.

Wózki widłowe oznakowano znacznikami RFID w sposób trwały. Wybrane znaczniki są znacznikami w przemysłowej obudowie wykonanej z tworzywa ABS i są odporne zarówno na uszkodzenia mechaniczne, jak i warunki otoczenia. Każdy wózek jest oznakowany znacznikiem, w którego pamięci zapisany jest unikalny dla wózka identyfikator GIAI²⁶ zgodnie ze standardami logistycznymi GS1. Łącznie oznakowanych zostało 15 wózków widłowych.

Z uwagi na konieczność pokrycia systemem RFID całego obiektu i wymagania dotyczące dokładności lokalizacji zdecydowano się na wdrożenie systemu RTLS²⁷, który wyznacza współrzędne obiektu oznakowanego znacznikiem (etykietą) RFID.

Jedynym opłacalnym ekonomicznie rozwiązaniem, biorąc pod uwagę przyjęte założenie znakowania wszystkich palet, było zastosowanie systemu pasywnego RTLS.

Wdrożonym systemem jest system STAR firmy Mojix. Jest to rozwiązanie działające w zakresie częstotliwości UHF i zgodne z powszechnym w logistyce standardem EPC Class1 Gen2. Dzięki takiemu podejściu możliwe było wykorzystanie relatywnie tanich etykiet pasywnych. Jest to istotne z uwagi na duże ilości etykiet RFID (magazyn ma pojemność ponad 17 000 miejsc paletowych) i brak możliwości ich wielokrotnego wykorzystania.

System STAR oparty jest o pojedynczy punkt odczytu (czytnik STAR), który kontroluje setki anten, dzięki czemu oferuje elastyczność w odpowiedzi na potrzeby jednego lub wielu równoległe przebiegających procesów biznesowych i umożliwia wyjście poza konwencjonalne, odizolowane punkty odczytu z ich ograniczeniem odległości odczytu. W systemie STAR anteny pełnią jedynie funkcję zasilającą etykiety RFID, zaś odczyty dokonywane są przez czytnik STAR. Unikalność odbiornika STAR polega na umiejętności odczytu ekstremalnie słabych sygnałów w olbrzymiej przestrzeni. Najistotniejsze zalety systemu to:

- prędkość odczytu do 700 etykiet na sekundę;

- brak konieczności umieszczenia etykiety na linii widoku;
- jeden system dla całego obszaru pokrycia, z możliwością śledzenia obiektów w środowisku wysokiego zagęszczenia etykiet dla równoległe przebiegających procesów biznesowych;
- zdolność rozmieszczenia setek indywidualnie kontrolowanych, stałych bądź ruchomych obszarów nasłuchu, optymalizujących procesy biznesowe;
- pojedynczy punkt poleceń systemowych i kontroli w rozległym obszarze wielu procesów biznesowych;
- sprawne rozszerzanie sieci pokrycia, płatne w momencie zwiększenia liczby anten zasilających eNode;
- poszerzenie użyteczności i wartości przez elektroniczny dowód wysyłki, – precyzyjne śledzenie lokalizacji;
- zapewnienie autentyczności i bezpieczeństwa.

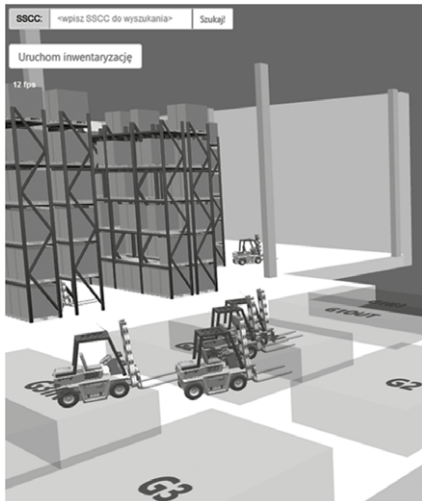
System Mojix składa się z następujących elementów:

- czytnik STAR3000 z kontrolerem;
- punkty zasilające etykiety (eNode);
- anteny zasilające etykiety RFID podłączane do punktów typu „eNode”;
- wzmacniacze sygnału (eMux);
- okablowanie;
- oprogramowanie lokalizacyjne.

Integralną częścią wdrożonego rozwiązania jest system wizyjny (kamer), dzięki któremu możliwe jest wykrywanie ruchu w wyznaczonych obszarach. Na podstawie wykrytego ruchu system RFID uruchamia konkretne anteny RFID, które zasilają etykietę. Z uwagi na dużą liczbę anten w systemie cykl odczytu z wykorzystaniem wszystkich anten wydłuża się. W takim przypadku konieczne było zastosowanie kamer jako narzędzia sygnalizacji, które anteny należy natychmiast uruchomić, aby zarejestrować przesunięcia obiektów. System kamer oferuje również dodatkową funkcjonalność wspierającą odczyt RFID. Ta funkcjonalność to określanie kierunku ruchu wykrytego obiektu. Dzięki temu możliwe jest poprawienie dokładności lokalizacji obiektów.

W magazynie zainstalowano następujące elementy sprzętowe:

- czytnik STAR3000 – 1 szt.;
- kontroler MCON-3000 – 1 szt.;
- eNode – 82 szt.;
- eMux – 5 szt.;



Rys. 5. Magazyn firmy logistycznej – wizualizacja²⁸

- anteny – 327 szt.;
- kamery – 19 szt. (1 kamera na każdy dok).

Wdrażany system wymaga dużej ilości okablowania. Na potrzeby systemu przygotowano ok. 500 szt. kabli o długościach od 3 do 26 m. Łączna długość okablowania wynosi ok. 5 km. Aby uniknąć zbyt dużych strat, każdy kabel został poddany kontroli jakości.

Oprogramowanie

Głównym elementem rozwiązania jest kontroler systemu STAR i oprogramowanie odpowiadające za wyznaczenie lokalizacji etykiety RFID na podstawie jej odczytów. Kontroler połączony jest z dwoma innymi systemami. Są to system wizualizacyjny służący do graficznego przedstawienia magazynu oraz system magazynowy 7RWEB. Z kontrolera do systemu magazynowego wysyłane są informacje o przesunięciach palet. System magazynowy aktualizuje stany magazynowe. Na podstawie informacji z systemu magazynowego w systemie wizualizacyjnym możliwe jest odszukanie palety o wskazanym numerze SSCC i znalezienie jej na trójwymiarowej mapie magazynu. Z kolei informacje o lokalizacji wózków przesyłane są do systemu wizualizacyjnego bezpośrednio z systemu RTLS. System wizualizacyjny w czasie rzeczywistym odzwierciedla położenie każdego wózka.

Konfiguracja i wdrożenie kontrolera systemu STAR były zadaniem

wykonanym przez firmę HADATAP, zaś opracowanie systemu wizualizacyjnego było zadaniem zrealizowanym przez Instytut Logistyki i Magazynowania z Poznania. Podmiotem odpowiedzialnym za wdrożenie systemu magazynowego była firma DataConsult, która przygotowała i wdrożyła system dostępny online z dowolnego miejsca przez przeglądarkę internetową. To rozwiązanie daje możliwość korzystania z systemu samemu centrum logistyczno-magazynowemu, jak również klientom korzystającym z usług tego centrum. Oprócz bieżącej rejestracji system posiada również możliwość wykonania inwentaryzacji na żądanie.

3.3. Podsumowanie

„System STAR, w połączeniu z systemem WMS (ang. *Warehouse Management System*), umożliwi nam niespotykaną precyzję i dokładność w zarządzaniu całością dostaw oraz śledzeniu poszczególnych produktów w obrębie magazynu. Każda zmiana położenia towaru będzie rejestrowana przez jednostkę główną STAR za pośrednictwem fal radiowych. Dzięki temu dany obiekt będzie można bardzo szybko zlokalizować. Jesteśmy jedną z pierwszych firm na polskim rynku, które wdrażają ten system do magazynu. Dzięki niemu będziemy mogli dominować nad konkurencją, oferując swoim klientom światowe i innowacyjne rozwiązanie w zarządzaniu obiektem magazynowym²⁹. Powyższe oczekiwania wobec systemu RFID zostały sformułowane przez dyrektora operacyjnego firmy. Wynika z nich niezwykle, że firma rozpatruje wdrożenie technologii RFID z perspektywy strategicznej i widzi w jej wdrożeniu możliwość uzyskania długotrwałej przewagi strategicznej nad konkurencją. Zastosowane rozwiązanie pozwala śledzić stany magazynowe w czasie rzeczywistym i udostępniać te informacje klientom 7R Logistic, co jest rozwiązaniem innowacyjnym z punktu widzenia realizacji procesów biznesowych. Dodatkowo system RFID umożliwi racjonalizację rozmieszczenia towarów na półkach w magazynie, a śledzenie wózków widłowych pozwala na poprawę ich wykorzystania.

4. Podsumowanie i inne wdrożenia

Oprócz opisanych uprzednio wdrożeń można znaleźć również powszechnie dostępne informacje o kilku innych wdrożeniach zrealizowanych w Polsce. Jednakże informacje o tych wdrożeniach są bardzo zdawkowe, dlatego ograniczono się jedynie do ich wylistowania i ogólnych informacji (tabela 4).

Oprócz rozpatrzonych przypadków identyfikacja radiowa jest w Polsce szeroko stosowana w obszarach, w których istnieją standardy już od dawna dobrze utrwalone na całym świecie. Należy wspomnieć m.in. o wykorzystaniu RFID na potrzeby:

- śledzenia i zarządzania dostawami dla wojska (Ministerstwo Obrony Narodowej, NATO)⁴⁸;
- biletów długookresowych firm komunikacyjnych i systemów parkingowych;
- legitymacji studenckich (oferujących możliwość zakodowania biletu i karty bibliotecznej);
- bezkontaktowych kart bankowych;
- elektronicznych paszportów biometrycznych i planowanego wdrożenia elektronicznych dowodów osobistych;
- kart kibica reprezentacji piłkarskiej i klubowych kart kibica⁴⁹;
- obsługi uczestników maratonów i festiwali;
- znakowania zwierząt domowych i hodowlanych⁵⁰;
- systemu poboru opłat na autostradach ViaTOLL⁵¹;
- systemów kontroli dostępu⁵², np. w postaci kart pracowników, breloków czy opasek dla gości obiektów, takich jak baseny, termy itp.;
- systemów antykradzieżowych⁵³;
- kart lojalnościowych;
- identyfikacji pojemników na odpady⁵⁴;
- identyfikacji pościeli i odzieży w pralniach⁵⁵.

W ostatnich latach regularnie pojawiają się przetargi publiczne związane z usługami pralniczymi dla szpitali, gdzie wymagane jest znakowanie znacznikami RFID pościeli i odzieży, oraz przetargi zawierające wymagania oznakowania znacznikami RFID pojemników na odpady dla firm zajmujących się wywozem nieczystości (niekiedy również dostawy pojazdów wyposażonych w czytniki RFID). Autorom znanych jest

Tabela 4. Inne przykładowe wdrożenia RFID w Polsce

Nazwa	Opis
AIC ³⁰	<ul style="list-style-type: none"> • Śledzenie produkcji w toku
Amica Wronki ³¹	<ul style="list-style-type: none"> • Montaż i kontrola jakości na Wydziale Produkcji Kuchni • Etykiety RFID • Znaczniki RFID w plastikowej obudowie • Identyfikacja na kolejnych stanowiskach i automatyczne generowanie dokumentów
Beskidzka Fabryka Mebli ³²	<ul style="list-style-type: none"> • Identyfikacja półwyrobów i wyrobów w trakcie transportu
BMT International ³³	<ul style="list-style-type: none"> • Znakowanie materiałów do produkcji mebli • Bramka RFID
BWI Group ³⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Śledzenie produkcji w toku
Centrum Nauki Kopernik	<ul style="list-style-type: none"> • Bilety i zwiedzanie
Drabpol ³⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Znakowanie towarów wartościowych w magazynie
Hilding Anders Polska ³⁶	<ul style="list-style-type: none"> • Sterowanie procesem produkcyjnym łóżek i materaców • Czytnik RFID i czytnik kodów kreskowych Intermec • Drukarka RFID Toshiba • Znaczniki RFID UPM Raflatac • UHF EPC Class1 Gen2
Igloo Bochnia	<ul style="list-style-type: none"> • System automatyzacji linii technologicznych na podstawie RFID
Imperial Tobacco ³⁷	<ul style="list-style-type: none"> • Zintegrowany system zarządzania ruchem pieszym i samochodowym
Intersport ³⁸	<ul style="list-style-type: none"> • Śledzenie obiegu pojemników transportowych pomiędzy lokalizacjami • EPC Class1 Gen2
Kopalnia Węgla Brunatnego „Adamów” ³⁹	<ul style="list-style-type: none"> • Identyfikacja wagonów • Integracja z wagą i automatyczne rozliczenia
Lubelski Węgiel „Bogdanka”	<ul style="list-style-type: none"> • LF • Znakowanie sprzętu
Magneti Marelli ⁴⁰	<ul style="list-style-type: none"> • Znakowanie produktów z wadą • Bramka RFID
Muzeum Chopina	<ul style="list-style-type: none"> • Bilety i zwiedzanie
Muzeum Śląskie	<ul style="list-style-type: none"> • Inwentaryzacja i biblioteka, bilety i zwiedzanie • Bilety i zwiedzanie
Nexteer Automotive ⁴¹	<ul style="list-style-type: none"> • Automatyczne śledzenie każdego elementu w procesie montażu
PSE Operator ⁴²	<ul style="list-style-type: none"> • Inwentaryzacja
Rigips Saint Gobain ⁴³	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrola dostępu osób • Kontrola dostępu pojazdów bezobsługowa dla kierowcy i wartownika, zintegrowana ze szlabanami i systemem kamer • Automatyczne otwieranie szlabanu • Znaczniki RFID UHF naklejane na szybę pojazdu • Integracja z systemem awizacji pojazdów • Rejestracja czasu pracy
Saint-Gobain Isover Polska ⁴⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Magazyn wyrobów gotowych produktów dla budownictwa • Karty RFID do autoryzacji pracownika • Brama RFID zintegrowana ze szlabanami • Drukarka etykiet RFID • UHF EPC Class1 Gen2 • Korzyści: rzetelna i bieżąca informacja o stanach magazynowych, eliminacja niepożądanych pobrań z magazynu
Uniwersytet Łódzki ⁴⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Nawigacja przez „beacony” Bluetooth
Valeo Cooling Engine ⁴⁶	<ul style="list-style-type: none"> • Śledzenie produkcji w toku
Wittchen ⁴⁷	<ul style="list-style-type: none"> • Sterowanie przepływem pojemników z wyrobów gotowych • Sterowanie wózkami widłowymi

po kilkadziesiąt przykładów przetargów zawierających takie wymagania w odniesieniu do obu wymienionych obszarów⁵⁶.

Coraz częściej można również spotkać systemy przywoławcze oparte na RFID⁵⁷ w barach i restauracjach szybkiej obsługi. Znaczniki wydawane są klientom, a gdy zamówienie jest gotowe, zaczynają one wibrować i migać, sygnalizując, że już można odebrać posiłek.

Warto zwrócić uwagę, że w Polsce stosunkowo dużo wdrożeń RFID ma miejsce w bibliotekach, co wynika z dojrzałości i powtarzalności rozwiązań stosowanych w tego typu placówkach. Autorom znanych jest prawie 100 bibliotek z wdrożonymi rozwiązaniami RFID wspierającymi cyrkulację zbiorów⁵⁸.

W Polsce bardzo popularne są wdrożenia RFID w przedsiębiorstwach komunikacyjnych, które wydają bilety długookresowe w formie kart RFID. Karty zbliżeniowe są dostępne m.in. w miastach, takich jak: Białystok, Bydgoszcz, Częstochowa, Elbląg, Gdańsk, Gdynia, Głogów, Inowrocław, Jaworzno, Kalisz, Kielce, Kłodzko, Kołobrzeg, Konin, Kraków, Leszno, Leżajsk, Lublin, Łańcut, Łomża, Mińsk Maz., Nowy Sącz, Nysa, Olsztyn, Opole, Ostrowiec Świętokrzyski, Ostrów Wielkopolski, Piła, Piotrków Trybunalski, Płock, Poznań, Puławy, Nysa, Radom, Radomsko, Rybnik, Rzeszów, Siedlce, Słupsk, Starachowice, Suwałki, Szczecin, Tarnów, Tczew, Toruń, Wałbrzych, Warszawa, Wejherowo, Wrocław, Zgierz, Zielona Góra, Żyrardów i inne.⁵⁹

Należy również zwrócić uwagę na ogromną popularność płatności zbliżeniowych, które w Polsce są dostępne w przeważającej większości punktów sprzedaży. Z przygotowanej przez Narodowy Bank Polski *Informacji o kartach płatniczych – IV kwartał 2015 r.*⁶⁰ wynika, że w użytku było 28,1 mln kart z funkcją zbliżeniową, czyli prawie 80% wszystkich kart płatniczych i o 0,5 mln szt. więcej niż w poprzednim kwartale. Liczba ta wzrosła w ciągu ostatnich dwóch lat o ok. 7 mln kart. Karty zbliżeniowe są akceptowane w ponad 83% terminali płatniczych⁶¹. W przypadku kart zbliżeniowych szczególnie ważne są zagadnienia związane z ochroną prywatności użytkowników oraz narażeniem na kradzież. Obecnie szeroko dostępne są

różnego rodzaju etui, które uniemożliwiają odczytanie karty zbliżeniowej.

Według danych opublikowanych w lutym 2016 r. przez MasterCard⁶² już 55% wszystkich płatności to płatności zbliżeniowe. Można stwierdzić, że technologia, która jeszcze kilka lat temu była innowacją, jest obecnie w Polsce praktycznie standardem.

Z przedstawionych przypadków widać różnorodność możliwych obszarów, w których wdrażana jest technologia RFID. Omówione wdrożenia potwierdzają również, że RFID to technologia wspomagająca, która umożliwia nie rzadko zupełnie nowe sposoby realizacji procesów biznesowych. Sposoby dotychczas niemożliwe.

Nie należy zatem rozpatrywać identyfikacji radiowej w kategorii usprawnienia kodu kreskowego, lecz traktować ją strategicznie, gdyż może ona stanowić źródło przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

Dostępnych jest dużo informacji o przypadkach wdrożeń technologii RFID na całym świecie. Autorzy w szczególności polecają Czytelnikowi sięgnięcie do internetowych baz *RFID Journal*⁶³ oraz *RFID KnowledgeBase*⁶⁴. Mark Roberti⁶⁵, redaktor *RFID Journal*, odwołując się do krzywej dyfuzji innowacji wg Rogersa⁶⁶, stwierdza, że RFID znajduje się obecnie w fazie „wczesnej większości”. To oznacza, że po innowatorach⁶⁷ oraz wczesnych naśladowcach⁶⁸ nastąpił czas wdrożeń przez wczesną większość⁶⁹, czyli firmy, które przyswajają nowości wcześniej niż przeciętni nabywcy. Oznacza to, że RFID przekroczyło granicę i część użytkowników używa już tej technologii na masową skalę. Cały czas jednak przed technologią RFID jest faza późnej większości i trudno prognozować, kiedy może ona nastąpić. Wdrożenia wciąż muszą znajdować solidne uzasadnienie w rozwiązaniu problemów biznesowych i nie są warunkiem koniecznym, aby pozostać konkurencyjnym i utrzymać się na rynku. Badania pokazują, że wdrożenia RFID są najbardziej powszechne na rynku amerykańskim, gdzie ok. 1/3 ze 175 respondentów jest w fazie testów wdrożenia lub użytkowania RFID, a ponad 1/4 rozważa wdrożenie w ciągu najbliższych dwóch lat⁷⁰.

Obserwując polski rynek, autorzy szacują, że upowszechnienie technologii RFID w naszym kraju odpowiada fazie wczesnych naśladowców, z wyjątkiem wybranych dziedzin. Do tych dziedzin można zaliczyć np. bankowość i wykorzystanie zbliżeniowych kart płatniczych.

Przypisy

1. GŁADYSZ B.: *Typology of RFID systems* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Praca zbiorowa pod red. R. Knosali, OW PTZP, Opole 2016.
2. Ang. *chokepoint detection*.
3. GŁADYSZ B.: *Typology of RFID systems* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Praca zbiorowa pod red. R. Knosali, OW PTZP, Opole 2016.
4. *Kanban* z jap. oznacza stosowany w praktyce gospodarczej system przyczepki stanowiący sygnał do rozpoczęcia operacji produkcyjnych.
5. GAMPL B., ROBECK M., CLASEN M.: *The RFID Reference Model* [w:] *Referate der 28. GIL-Jahrestagung*, Kiel 2008, s. 55–58.
6. GŁADYSZ B.: *Typology of RFID systems* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Praca zbiorowa pod red. R. Knosali, OW PTZP, Opole 2016.
7. Ang. *Internet of Things*.
8. Opis niniejszego wdrożenia został częściowo przedstawiony w artykule: GŁADYSZ B.: *EPC/RFID w magazynie wyrobów gotowych*, „Logistyka” 3/2015.
9. Ang. *First In First Out* – pierwsze przyszło, pierwsze wyszło.
10. Ang. *Real Time Locating System* – system lokalizacji w czasie rzeczywistym.
11. Ang. *Serial Shipping Container Code*.
12. Ang. *Warehouse Management System* – system zarządzania magazynem.
13. EPC Information Services version 1.1, http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/epcis_1_1_standard-20140520.pdf [data dostępu: 25 lutego 2016].
14. Opracowano na podstawie: GŁADYSZ B.: *EPC/RFID w magazynie wyrobów gotowych*, „Logistyka” 3/2015.
15. Ang. *Real Time Locating System*.
16. ALLEN T.T.: *Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. Springer, Londyn 2010.

17. Ang. *Ultra Wide Band*, BAUMANN C.E., CARIN L., STONE A.P. (RED.), *Ultra-wideband, short-pulse electromagnetics* 3. Springer Science & Business Media, Nowy Jork 2013.
18. Ang. *mesh*; jest to sieć, w której możliwa jest bezpośrednia komunikacja pomiędzy elementami sieci, bez konieczności komunikacji każdego elementu z elementem typu punkt dostępowy. VURAL S., WEI D., MOESSNER K.: *Survey of experimental evaluation studies for wireless mesh network deployments in urban areas towards ubiquitous Internet*, „IEEE Communications Surveys & Tutorials” 2013, nr 15(1), s. 223–239.
19. Opracowano na podstawie materiałów firmy HADATAP.
20. Opracowano na podstawie materiałów firmy HADATAP.
21. Opracowano na podstawie materiałów firmy HADATAP.
22. LIKER J.K.: *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*. Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa 2005; OHNO T.: *System produkcyjny Toyoty. Więcej niż produkcja na dużą skalę*, ProdPress.com, Wrocław 2008.
23. Ang. *lean manufacturing*.
24. Obecnie 4 różne typy i 15 szt. elektrycznych wózków.
25. Ang. *Serial Shipping Container Code*, seryjny numer jednostki wysyłkowej; por. rozdz. 4.3.10.
26. Ang. *Global Individual Asset Identifier*, globalny numer indywidualnego zasobu; por. rozdz. 4.3.10.
27. Ang. *Real-Time Locating System*, system lokalizacji w czasie rzeczywistym.
28. Ibidem.
29. KOŁACZEK P.: *Innowacyjne technologie*. „Puls Logistyki. Magazyn prasowy 7R Logistic SA” 1/2015, s. 8–11.
30. <http://www.computerworld.pl/news/321955/RFID.po.polsku.html> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
31. Materiały firmowe HITRON, 24 kwietnia 2016, http://www.hitron.pl/files/3_RFID_Amica.pdf [data dostępu: 10 czerwca 2016].
32. TARGOSZ P., MIERZWA M.: *System ADC w procesie produkcyjnym*, http://www.gs1pl.org/narzedzia-i-zasoby/zasoby/publikacje/doc_download/467-jantar [data dostępu: 10 czerwca 2016].
33. <http://www.rfid.net.pl/nasi-klienci> [data dostępu: 10 czerwca 2016].

34. <http://www.elplc.pl/portfolio/linia-psa-2012/> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
35. <http://drabpol.pl/pl/portfolio-view/magazyn-centralny-drabpol/> [data dostępu: 10 czerwca 2016].http://logisys.pl/_CMS/userfiles/cs_13_drabpol_agilero.pdf [data dostępu: 10 czerwca 2016]. RFID po polsku, „Computerworld” 2007, <http://www.computerworld.pl/news/321955/RFID.po.polsku.html> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
36. Materiały firmowe SKK, 24 kwietnia 2016, <http://www.sk.com.pl/uploads/PDF/SKK%20Case%20Study%20Hilding%20Anders%20Poland.pdf> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
37. <https://www.autoid.pl/aktualnosci/1,zintegrowany-system-zarzadzaniaruchem-pieszym-isamochodowym> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
38. HAŁAS E. (RED.): *Kody kreskowe i inne globalne standardy w biznesie*. ILiM, Poznań 2012, <http://inwestor.inter-sport.pl/pl/fundusze-europejskie/projekt-epcrfid> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
39. <http://www.rfid.net.pl/nasi-klienci> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
40. *Rozwiązania Rexroth w zakładzie produkcyjnym firmy Magneti Marelli*, „Control Engineering” 7/2010, s. 38–39.
41. OZGA P.: *Ogromne wyzwanie*. „LOG24.pl” 2011, 16 grudnia 2011, <http://www.log24.pl/artykuly/ogromne-wyzwanie,1843> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
42. Przetarg nieograniczony nr PP/2013/DT/5 „Zakup kolektorów mobilnych RFID wraz z oprogramowaniem”.
43. Zintegrowany system zarządzania ruchem pieszym oraz transportem w fabryce Rigips Saint Gobain, 24 kwietnia 2016, <https://www.autoid.pl/aktualnosci/292,zintegrowany-system-zarzadzaniaruchem-pieszym-oraz-transportem-w-fabryce-rigips-saint-gobain> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
44. Materiały firmowe HITRON, 24 kwietnia 2016, http://www.hitron.pl/files/3a_RFID%20na%20ISOVER.pdf [data dostępu: 10 czerwca 2016].
45. SWEDBERG C.: *Beacon Technology Teaches International Students About Their Surroundings*. „RFID Journal” 2015, 2 października 2015, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?13549> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
46. <http://www.elplc.pl/portfolio/stanowisko-montazowe-wkrecania-nosnikarfid-oraz-czujnika-temperatury-chlodnicy-mlbmdb-2012/> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
47. ŚLIWIEŃSKI S.: *Sprawdziliśmy magazyn Wittchen... na własnej skórze*. „Warehouse Monitor” 9/2011.
48. Netline: System Śledzenia Zasobów i Monitorowanie Przesyłek, http://www.netline.pl/pliki/files/System_Sledzenia_Zasobow_i_Monitorowania_Przesylek.pdf [data dostępu: 10 czerwca 2016].
49. Czasem w połączeniu z funkcją płatności zbliżeniowych.
50. Znaczniki pasywne, przeważnie częstotliwość LF.
51. Znaczniki aktywne, <http://www.viatoll.pl/pl> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
52. Znaczniki pasywne, przeważnie częstotliwość HF lub LF z uwagi na oczekiwaną niedużą odległość odczytu.
53. Ang. EAS – *Electronic Article Surveillance*.
54. Znaczniki pasywne.
55. Znaczniki pasywne.
56. Są to m.in. przetargi ogłoszone przez następujące podmioty: dla usług prania – Instytut „Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka” w Warszawie, Regionalny Szpital Specjalistyczny im. dr. Władysława Biegańskiego w Grudziądzu, Pabianickie Centrum Medyczne NZOZ, Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny nr 1 we Wrocławiu, Wojewódzki Szpital Chirurgii Urazowej św. Anny Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej w Warszawie przy ul. Barskiej; dla gospodarki odpadami – Miejski Zakład Komunalny Sp. z o.o. Stalowa Wola, Miejskie Zakłady Oczyszczania w Pruszkowie, Zarząd Usług Komunalnych w Stargardzie Szczecińskim, Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.
57. Przeważnie 433 MHz.
58. Są to m.in. Gminna Biblioteka Publiczna w Krasocinie, Biblioteka Wydziału Filologii Polskiej i Klasycznej UAM w Poznaniu, Biblioteka Główna Politechniki Białostockiej, Biblioteka Filologiczna Novum Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna w Rzeszowie.
59. GŁADYSZ B.: *Rynki RFID w Polsce*. „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*” 7/2012. GŁADYSZ B.: *Rynki RFID w Polsce* (2014), „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*” 5/2014.
60. Narodowy Bank Polski, *Informacja o kartach płatniczych – IV kwartał 2015 r.*, Departament Systemu Płatniczego, Warszawa 2016, http://www.nbp.pl/systemplatniczy/karty/q_04_2015.pdf [data dostępu: 10 czerwca 2016].
61. W tym np. możliwość dokonania opłaty za toaletę publiczną na poznańskim dworcu kolejowym
62. MasterCard, Już 55 proc. płatności kartami MasterCard w Polsce to transakcje zbliżeniowe, Informacja prasowa, Warszawa 19 lutego 2016, <http://newsroom.mastercard.com/eu/pl/press--releases/juz-55-proc-platnosci-kartami-mastercard-w-polsce-to-transakcje-zblizeniowe/> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
63. <http://www.rfidjournal.com>.
64. Ok. 5000 przypadków, <http://www.idtechex.com/knowledgebase/en> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
65. ROBERTI M.: *LIVE! 2016 and the State of RFID Adoption*. „RFID Journal” 2016, 10 maja, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?14468> [data dostępu: 10 czerwca 2016].
66. ROGERS E.M.: *Diffusion of Innovations*. wyd. 5, Simon and Schuster, 2010.
67. Stanowiących ok. 2,5% populacji i lubiących ryzyko, próbujących nowości.
68. Ok. 13,5% populacji, liderzy kształtujący opinię, aczkolwiek zachowujący pewną ostrożność względem nowości
69. Ok. 34% populacji.
70. REYES P.M., LI S., VISICH J.K.: *Determinants of RFID adoption stage and perceived benefits*. „*European Journal of Operational Research*” 2016, w druku.

Fragment pochodzi z książki:
RFID od koncepcji do wdrożenia
 Bartłomiej Gładysz, Michał Grabia,
 Krzysztof Santarek
 Wydawnictwo Naukowe PWN, 2016

Zestawienie firm – automatyka przemysłowa

Dane firmy		Profil działalności
Napędy		
ABB Sp. z o.o. ul. Żegańska 1 04-713 Warszawa	tel. +48 2222 3 7777 e-mail: kontakt@pl.abb.com www.abb.pl/napedy	ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.
MULTIPROJEKT ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl	Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
Polpack Sp. z o.o. ul. Polna 129 87-100 Toruń	tel. 56 655 92 35 fax 56 655 92 38 e-mail: polpack@polpack.com.pl http://www.polpack.com.pl/	Systemy napędowe i sterowania. Dostarczamy najwyższej jakości elementy techniki napędowej. Zapewniamy profesjonalne wsparcie techniczne doświadczonych inżynierów, krótkie terminy dostaw i pełen serwis dla dostarczanych produktów. Jedyny autoryzowany dystrybutor firmy Bonfiglioli w Polsce. Szeroko wyposażony magazyn części gotowych produktów. Realizacja zamówień w bardzo krótkim czasie.
Steinlen Polska Sp. z o.o. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów	tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl	Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.
Automatyka przemysłowa		
5sAUTOMATE Sp. z o.o. Graniczna 105 54-530 Wrocław	tel. 664 381 356 daniel.kowalski@5sautomate.com www.5sautomate.com	5sAUTOMATE jest wyłącznym dystrybutorem FM Systeme, którego produkty pozwalają na dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań, takich jak stanowiska pracy ręcznej i zautomatyzowanej, rolki, transportery, profile aluminiowe lub rurki 28 mm.
		we drive automation... info@5sAUTOMATE.com 
ABB Sp. z o.o. ul. Żegańska 1 04-713 Warszawa	tel. +48 2222 3 7777 e-mail: kontakt@pl.abb.com www.abb.pl/napedy	ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.
Beckhoff Automation Sp. z o.o. Żabieniec ul. Ruczajowa 15 05-500 Piaseczno	tel. 22 750 47 00 tel. 727 722 100 e-mail: info@beckhoff.pl www.beckhoff.pl	Beckhoff Automation dostarcza rozwiązania układów sterowania automatyki, stosowane w szerokim zakresie aplikacji. Jest prekursorem sterowania z zastosowaniem komputerów PC, dysponuje nowoczesną i kompleksową ofertą komponentów automatyki, wykorzystujących najnowsze technologie, umożliwiającą wdrożenie koncepcji inteligentnej fabryki. Oprócz sprzedaży produktów oferuje swoim klientom pomoc techniczną, wsparcie przy tworzeniu aplikacji oraz szkolenia. Zapraszamy do śledzenia nas w mediach społecznościowych.

Automatyka przemysłowa (cd.)		
<p>MULTIPROJEKT ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>
<p>N.B.C. Polska Sp. z o.o. ul. Arctowskiego 2 02-784 Warszawa</p>	<p>tel. 22 855 18 30 fax 22 855 18 32 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl</p>	<p>Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwigów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.</p>
<p>POLLIN ul. Żabińskiego 4 02-793 Warszawa</p>	<p>e-mail: handlowy@pollin.pl www.pollin.pl</p>	<p>Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmierzchowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.</p>
<p>SKAMER-ACM Sp. z o.o. ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów</p>	<p>tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl</p>	<p>SKAMER-ACM to doskonały partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie, programowanie, montaż, rozruch, serwis, doradztwo techniczne, prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni, sprzedaż elementów automatyki, osprzętu elektrotechnicznego i armatury przemysłowej. Audyty energetyczne i efektywności energetycznej. Systemy monitoringu mediów. Portal www.katalogautomatyki.pl.</p>
<p>Turck Sp. z o.o. Wrocławska 115 45-836 Opole</p>	<p>tel./fax 77 443 48 01 e-mail: poland@turck.com www.turck.pl</p>	<p>Firma TURCK to jeden z największych na świecie producentów elementów automatyki przemysłowej. Oferta produktowa: komponenty dla automatyzacji procesów przemysłowych; komponenty dla automatyzacji produkcji; czujniki; komunikacja bezprzewodowa; złącza, przewody i inne komponenty łączeniowe; RFID, systemy <i>Pick to Light, Call for Parts</i>, urządzenia sterujące.</p>
Aparatura kontrolno-pomiarowa		
<p>5sAUTOMATE Sp. z o.o. Graniczna 105 54-530 Wrocław</p>	<p>tel. 664 381 356 daniel.kowalski@5sautomate.com www.5sautomate.com</p>	<p>5sAUTOMATE jest dystrybutorem Universal Robots – producenta robotów współpracujących, którego łatwe programowanie, w połączeniu z urządzeniami naszych partnerów 3DInfotech, NSR oraz dhs GmbH, daje nowe możliwości zautomatyzowania procesów kontrolnych w firmach produkcyjnych.</p>
<p>EMD Laboratorium Pomiarowe i Wzorcujące, Systemy Pomiarowe ul. Polska 14 60-595 Poznań</p>	<p>tel. 695 667 893 e-mail: emd@emd.net.pl www.emd.net.pl</p>	<p>Profesjonalna działalność metrologiczna oraz handlowa, przedstawicielska:</p> <ul style="list-style-type: none"> • laboratorium oferuje wzorcowania, sprawdzenia i kwalifikacje przyrządów wielkości nieelektrycznych oraz sprzętu laboratoryjnego; • sprzedaż przyrządów pomiarowych, przetworników i sprzętu laboratoryjnego producentów europejskich.
<p>POLLIN ul. Żabińskiego 4 02-793 Warszawa</p>	<p>e-mail: handlowy@pollin.pl www.pollin.pl</p>	<p>Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmierzchowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.</p>

Mechatronika		
WROPOL Engineering Sp. z o.o. Lutynia, ul. Wróblowicka 3 55-330 Miękinia	tel. 71 317 12 18 e-mail: hydraulika@wropol.pl	Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.
Układy zabezpieczeń		
POLLIN ul. Żabińskiego 4 02-793 Warszawa	e-mail: handlowy@pollin.pl www.pollin.pl	Firma Pollin od prawie 30 lat zajmuje się tworzeniem najlepszych rozwiązań dla branży automatyki przemysłowej i budowlanej. Do szerokiej oferty należą: automatyczne przełączniki faz, automaty zmierzchowe, czujniki kontroli faz, sterowniki do układów SZR, wskaźniki napięć oraz wiele innych.
Hydraulika		
HK Hydraulika Siłowa Polska Sp. z o.o. Strachocin 55 73-110 Stargard	tel. 91 577 28 38 hk-hydraulika-silowa-polska.com	Państwa partner w hydraulice przemysłowej, napędowej i mobilnej. Oferujemy kompletny program hydrauliki do różnych zastosowań. Posiadamy własną linię produkcyjną do silników i pomp zębatych. Oferujemy krótkoterminowe dostawy. Umożliwiamy różne kombinacje zaworów z elementami regulowania przepływu, z elektrycznym oraz zdalnym sterowaniem.
WROPOL Engineering Sp. z o.o. Lutynia, ul. Wróblowicka 3 55-330 Miękinia	tel. 71 317 12 18 e-mail: hydraulika@wropol.pl	Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory ZO, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AI oraz maszyny i urządzenia technologiczne.
Robotyka		
5sAUTOMATE Sp. z o.o. Graniczna 105 54-530 Wrocław	tel. 664 381 356 daniel.kowalski@5sautomate.com www.5sautomate.com	5sAUTOMATE jest preferowanym dystrybutorem Universal Robots – duńskiego producenta robotów współpracujących, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów i dostarczenie Państwu kompletnych rozwiązań: stanowiska pracy zautomatyzowanej, kamery, chwytaki, stojaki, wózki AGV/AMR.
Automatyka Spawalnictwo Serwis Sp. z o.o. ul. Wróblewskiego 90 A 94-103 Łódź	tel. 42 636 15 15 tel. kom. 793 385 191 e-mail: lodz@ass.info.pl www.ass.info.pl	Zajmujemy się automatyzacją i robotyzacją procesów produkcyjnych, w szczególności procesów spawalniczych. Jesteśmy integratorem robotów Hyundai, projektujemy oraz uruchamiamy nowe zrobotyzowane cele, integrujemy z liniami produkcyjnymi, oferujemy szkolenia z programowania oraz przeglądy i wsparcie techniczne.
Systemy transportowe		
5sAUTOMATE Sp. z o.o. Graniczna 105 54-530 Wrocław	tel. 664 381 356 daniel.kowalski@5sautomate.com www.5sautomate.com	5sAUTOMATE jest dystrybutorem firmy Robotize – duńskiego producenta mobilnych robotów autonomicznych, a także wielu światowych marek, które pozwalają na szybką automatyzację procesów produkcyjnych i intralogistycznych. W powiązaniu z produktami FM Systeme dostarczamy kompletne rozwiązania.
Beckhoff Automation Sp. z o.o. Żabieniec ul. Ruczajowa 15 05-500 Piaseczno	tel. 22 750 47 00 tel. 727 722 100 e-mail: info@beckhoff.pl www.beckhoff.pl	XTS to system transportowy firmy Beckhoff, w którym unoszone siłą elektromagnetyczną karetki poruszają się po dowolnie ukształtowanym torze na wzór nowoczesnych azjatyckich pociągów. Unikalne cechy XTS, takie jak minimalizacja okablowania i awaryjności systemu, modułowa konstrukcja toru, niespotykane możliwości zarządzania ruchem karetek i łatwość ich oprogramowania, tworzą nową jakość w automatycznych systemach transportowych. Zapraszamy do śledzenia nas w mediach społecznościowych.

Utrzymanie ruchu		
<p>ABB Sp. z o.o. ul. Żegańska 1 04-713 Warszawa</p>	<p>tel. +48 2222 3 7777 e-mail: kontakt@pl.abb.com www.abb.pl/napedy</p>	<p>ABB jest liderem technologicznym, który wspiera cyfrową transformację przemysłu na świecie. Firma prowadzi pełen zakres działalności biznesowej, od badań i rozwoju, przez projekty inżynierskie i produkcję, po sprzedaż i serwis. ABB dostarcza najbardziej zaawansowane rozwiązania z dziedziny napędowej do każdej gałęzi przemysłu.</p>
<p>Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. (CBiDGP) ul. Lędzińska 8 43-143 Lędziny</p>	<p>tel. 32 32 42 200 fax 32 32 42 205 e-mail: cbidgp@cbidgp.pl www.cbidgp.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Badania rzeczoznawcze maszyn i urządzeń górniczych, w tym urządzeń budowy przeciwwybuchowej. • Badania zagrożeń metanowych. • Pomiary i badania maszyn i urządzeń mechanicznych i elektroenergetycznych. • Badania diagnostyczne. • Pomiary i badania środowiska pracy. • Pomiary i badania czynników środowiska naturalnego.
<p>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o. Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry</p>	<p>tel. 32 381 05 20 tel. 32 381 05 21 e-mail: noram@noram.com.pl www.noram.com.pl</p>	<p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego, zakres średnic od Ø30 do Ø650 mm. Oferujemy również dostawy odlewów żeliwnych i stalowych jako części maszyn w stanie surowym lub obrobionym, wraz z omodelowaniem.</p>
<p>MULTIPROJEKT ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na www.nis.com.pl

BIBLIOTEKA



Andrew W. Trask
Zrozumieć głębokie uczenie
 Wydawnictwo Naukowe PWN
 Wydanie: 1, 2019

Książka *Zrozumieć głębokie uczenie* pokazuje, jak od zera budować sieci neuronowe głębokiego uczenia. Andrew Trask – doświadczony ekspert w tej dziedzinie – w swobodnym i przejrzystym stylu prezentuje leżącą w tle naukę, dzięki czemu możesz samodzielnie zrozumieć każdy szczegół nauczania sieci neuronowych. Jedynie przy użyciu Pythona i jego biblioteki matematycznej NumPy będziesz mógł uczyć swoje własne sieci neuronowe, aby samodzielnie zobaczyć i zrozumieć, jak działa rozpoznawanie obrazów, tłumaczenie tekstów na różne języki, a nawet w jaki sposób pisać jak Szekspir! Po ukończeniu lektury będziesz gotów do poznawania platform głębokiego uczenia. Zawartość książki: Wiedza, na której opiera się głębokie uczenie; Budowanie i uczenie swoich własnych sieci neuronowych; Koncepcje ochrony prywatności, w tym uczenie sfederowane; Wskazówki na temat dalszego studiowania głębokiego uczenia; Książka przeznaczona jest dla czytelników dysponujących wiedzą matematyczną na poziomie szkoły średniej i średnimi umiejętnościami programistycznymi.



Julian Guthrie, Stephen Hawking
Jak zrobić statek kosmiczny
 Wydawca: Zysk i S-ka
 Wydanie: 1, 2020

Niezwykła opowieść o tym, jak kilku pasjonatów zapoczątkowało nową erę w historii lotów kosmicznych.

Jeszcze do niedawna loty kosmiczne były domeną wyłącznie rządów wielkich mocarstw. Od ósmego roku życia, gdy Peter Diamandis oglądał lądowanie Apollo 11 na Księżycu, lot w kosmos stał się wręcz jego obsesją. Gdy zorientował się, że NASA kasuje program załogowych lotów kosmicznych, ten naukowiec i przedsiębiorca zaangażował się w jedno z największych awanturniczych przedsięwzięć naszych czasów. Skoro rząd nie chciał wysłać go w kosmos, postanowił na własną rękę stworzyć prywatny sektor lotów kosmicznych.

W latach 90. XX wieku tego rodzaju pomysły uchodziły za domenę *science fiction*. Niezrażony tym Diamandis znalazł inspirację w nieoczekiwanym miejscu – złotej erze lotnictwa. Doszukał się, że Charles Lindbergh przeleciał przez Atlantyk dla zdobycia 25 000 dolarów nagrody. Lot ten uczynił go najślynniejszym człowiekiem na Ziemi i stanął impulsem dla rozwoju branży lotniczej. Dlaczego nie można by zrobić czegoś podobnego w dziedzinie lotów kosmicznych?

Historia statku kosmicznego SpaceShip One w kształcie kuli karabinowej to niezwykła opowieść o tym, że niemożliwe może stać się możliwe. Dominują w niej postacie wielkiego formatu – Burt Rutan, Richard Branson, John Carmack, Paul Allen – i ich obsesyjne pasje. Ostatecznym rezultatem, tak jak to sobie wymarzył Diamandis, nie było po prostu zwycięstwo jednego z rywalizujących zespołów, lecz położenie podwalin pod nową branżę i zapoczątkowanie nowej ery – prywatnych lotów w kosmos.

„*Jak zrobić statek kosmiczny* zawiera tyle śmiertelnie niebezpiecznych wyczynów, szaleńczych projektów, niesamowitych zbiegów okoliczności i porywających momentów nadziei, że wystarczyłoby ich na tuzin hollywoodzkich hitów” – Wired.com.

„Historia Petera Diamandisa unaocznia, czego jest w stanie dokonać siła pasji i wytrwałość. *Jak zrobić statek kosmiczny* stanowi kronikę zdumiewającej podróży kluczowej postaci w tym prywatnym wyścigu w kosmos – marzyciela, który pomimo wielu niepowodzeń nie zrezygnował z dążenia do obranego celu” – Arianna Huffington, autorka i współzałożycielka The Huffington Post.



Joel Grus
Data science od podstaw.
Analiza danych w Pythonie
 Wydawca: Helion
 Wydanie: 2, 2020

Analityka danych jest uważana za wyjątkowo obiecującą dziedzinę wiedzy. Rozwija się błyskawicznie i znajduje coraz to nowsze zastosowania. Profesjonaliści biegli w eksploracji danych i wydobywaniu z nich pożytecznych informacji mogą liczyć na interesującą pracę i bardzo atrakcyjne warunki zatrudnienia. Jednak aby zostać analitykiem danych, trzeba znać matematykę i statystykę, a także nauczyć się programowania. Umiejętności w zakresie uczenia maszynowego i uczenia głębokiego również są ważne. W przypadku tak specyficznej dziedziny, jaką jest nauka o danych, szczególnie istotne jest zdobycie gruntownych podstaw i dogłębne ich zrozumienie.

W tym przewodniku opisano zagadnienia związane z podstawami nauki o danych. Wyjaśniono niezbędne elementy matematyki i statystyki. Przedstawiono także techniki budowy potrzebnych narzędzi i sposoby działania najistotniejszych algorytmów. Książka została skonstruowana tak, aby poszczególne implementacje były jak najbardziej przejrzyste i zrozumiałe. Zamieszczone tu przykłady napisano w Pythonie: jest to język dość łatwy do nauki, a pracę na danych ułatwia szereg przydatnych bibliotek Pythona. W drugim wydaniu znalazły się nowe tematy, takie jak uczenie głębokie, statystyka i przetwarzanie języka naturalnego, a także działania na ogromnych zbiorach danych. Zagadnienia te często pojawiają się w pracy współczesnego analityka danych.

TEMATYKA

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 10 (258)

Rok XXII
Październik 2020

- **Hydraulika, pneumatyka i sterowanie**
- Przemysł 4.0
- Diagnostyka
- Inteligentne układy zasilania
- Systemy mechatroniczne
- Bezpieczeństwo w przemyśle
- Napędy hybrydowe i elektryczne
- Oleje, środki smarne
- Energia odnawialna



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na www.nis.com.pl

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

1/2020 (249)

2/2020 (250)

3/2020 (251)

4/2020 (252)

5/2020 (253)

6/2020 (254)

7-8/2020 (255-256)

9/2020 (257)

10/2020 (258)

11/2020 (259)

12/2020 (260)

PRENUMERATA

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

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

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

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

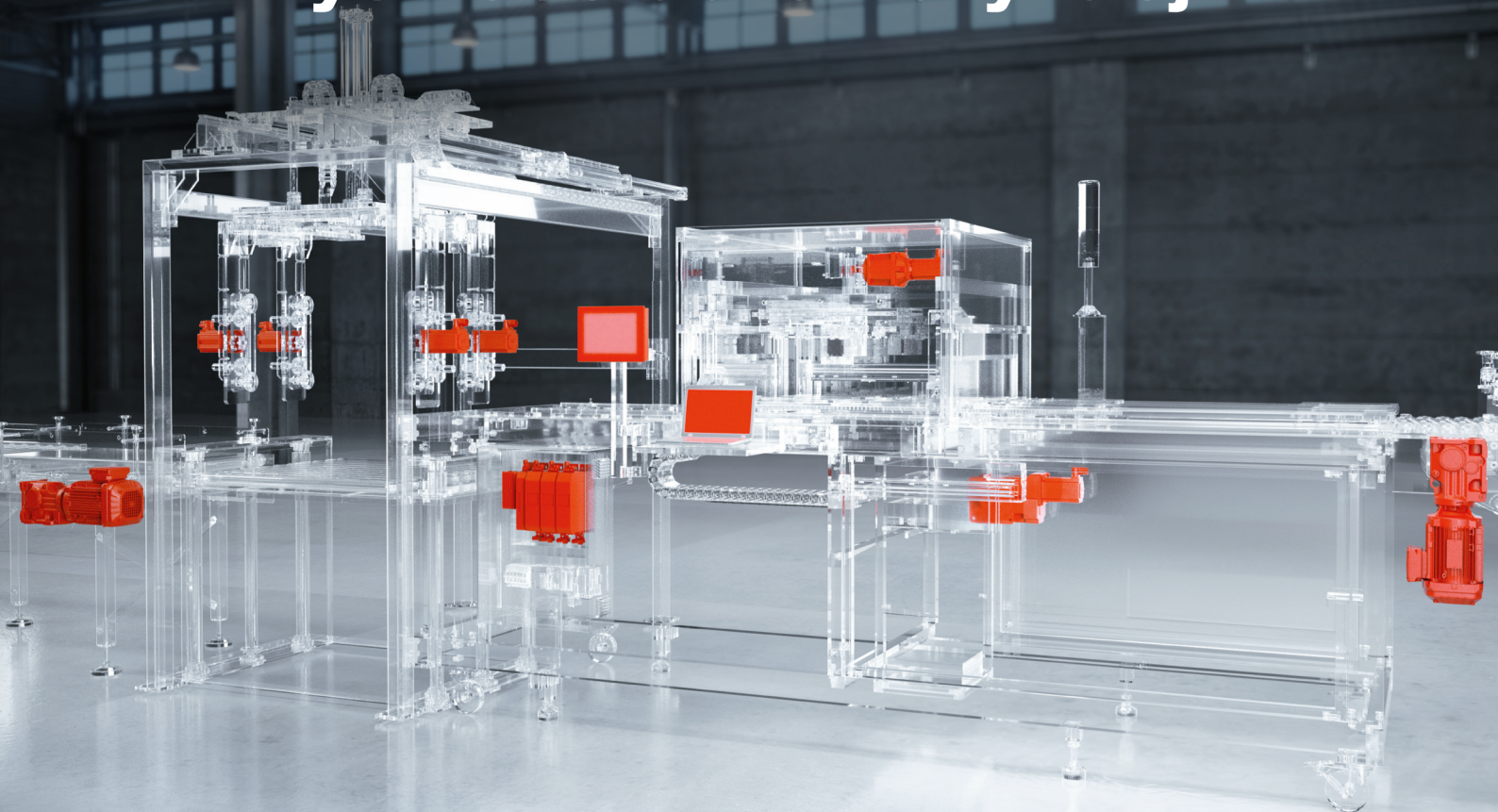
- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, www.nis.com.pl/nis/prenumerata;
- pocztę elektroniczną, e-mail: prenumerata@drukart.pl.

lub za pośrednictwem:

- Wydawnictwa SIGMA NOT, tel./fax 22 840 35 89;
- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 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 (249) 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 (250) Luty	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo sieci przemysłowych • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Hydraulika siłowa
3 (251) Marzec	AUTOMATYKA I ROBOTYKA	<ul style="list-style-type: none"> • Nowe technologie • Roboty przemysłowe • Termowizja • Aparatura kontrolno-pomiarowa • Systemy mechatroniczne
4 (252) 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 (253) 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 (254) 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 (255/256) 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 (257) 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 (258) Październik	HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE	<ul style="list-style-type: none"> • Przemysł 4.0 • Diagnostyka • Inteligentne układy zasilania • Systemy mechatroniczne • Bezpieczeństwo w przemyśle • Napędy hybrydowe i elektryczne • Oleje, środki smarne • Energia odnawialna
11 (259) 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 (260) 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

Przyszłość automatyzacji



MOVI-C® – modułowy system automatyki od jednego dostawcy

SEW-EURODRIVE zapewnia optymalny system do automatyzacji procesów, obejmujący oprogramowanie inżynierskie, kontrolery ruchu, systemy przetwornic częstotliwości oraz technikę napędową.

