

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 1 (237)

Rok XXI

Styczeń 2019

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



 WEINTEK

CMT-FHD

Panel HMI dla monitorów dotykowych lub telewizorów

HDMI™
HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE

www.multiprojekt.pl
MullProjekt®

AUTOMATYKA | MECHANIKA | NAPĘDY | TECHNIKA LINIOWA
STEROWANIE | SZKOLENIA | DORADZTWO TECHNICZNE

www.multiprojekt.pl
info@multiprojekt.pl

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (237) 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 (238) Luty	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo sieci przemysłowych • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Hydraulika siłowa
3 (239) Marzec	AUTOMATYKA I ROBOTYKA	<ul style="list-style-type: none"> • Nowe technologie • Roboty przemysłowe • Termowizja • Aparatura kontrolno-pomiarowa • Systemy mechatroniczne
4 (240) Kwiecień	BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE	<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 (241) 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 (242) 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 (243/244) Lipiec/sierpień	SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO	<ul style="list-style-type: none"> • Inteligentne układy zasilania, sterowania • Diagnostyka • Nowe technologie • Silniki elektryczne • Transformatory
9 (245) Wrzesień	AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE 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 (246) Październik	HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostyka • Inteligentne układy zasilania • Systemy mechatroniczne • Bezpieczeństwo w przemyśle • Napędy hybrydowe i elektryczne • Oleje, środki smarne
11 (247) 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 (248) Grudzień	PRZEMYSŁ 4.0 BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE	<ul style="list-style-type: none"> • Systemy mechatroniczne • Napędy elektryczne i hydrauliczne • Inteligentny budynek • Cyberbezpieczeństwo

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 Zajac

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

Redaguje Zespół: Katarzyna Zajac, Ludmiła Urbińska,
Monika Gomołka, 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:

Ester Krauze
tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl
Agnieszka Gutowska
tel./fax 32 755 18 47 • 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
- prof. Ing. Jaroslav Homišin
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- Ph. D. Ing. Jacek Paraszczak
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski
- dr hab. inż. Krzysztof Pietrusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog
- prof. Jacek S. Stecki
- dr hab. inż. Michał Stosiak
- dr inż. Zbigniew Szulc
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak
- dr inż. Grzegorz Wiciak

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

Wydawca: Wydawnictwo Druk-Art SC

47-400 Racibórz
ul. Środkowa 5

Patronat honorowy:

Instytut Konstrukcji
i Eksploatacji Maszyn
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki
i Inżynierii Biomedycznej
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji
i Eksploatacji Maszyn
Politechniki Łódzkiej

Punktacja MNISW za publikacje naukowe wynosi 5 pkt (poz. 1652). 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 adiustacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji.

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

„Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

Szanowni Państwo!

Rozwój to wynik nieustannych zmian następujących w drodze stopniowej rewolucji lub też gwałtownych przekształceń. Zmęczeni burzliwością życia politycznego, oczekujemy na sukcesywne przemiany gospodarcze. Z uwagą wsłuchujemy się w optymistyczne prognozy ekonomistów.

Nie ma dziś pisma, które w swych podsumowaniach – jak to zwykle na początku nowego roku bywa – nie opisywałoby Koncepcji Przemysłu 4.0, która powstała w Niemczech w 2011 roku jako odpowiedź na dynamiczny rozwój zmian cyfrowych, które objęły jedną z najbardziej rozwiniętych gospodarek wytwórczych na świecie. Od tego czasu transformacja cyfrowa napędza współczesny przemysł, a firmy produkcyjne są coraz bardziej świadome, że tylko inwestycja w oferowane przez nią rozwiązania pozwoli im utrzymać konkurencyjność.

Globalne badanie – przeprowadzone wśród 361 przedstawicieli kadry kierowniczej z jedenastu krajów obu Ameryk, Azji i Europy, przez firmę doradczą Deloitte, o temacie „Paradoks Przemysłu 4.0. Pokonywanie przeciwności na drodze przekształceń cyfrowych” – pokazuje, że jest to główny trend, konieczny do dalszego rozwoju nowoczesnego przemysłu w rozpoczynającym się roku 2019. W swoim badaniu eksperci Deloitte skupili się przede wszystkim na przedstawicielach sektora produkcyjnego i zwrócili uwagę na szereg przeszkód, które w takich obszarach, jak strategia, łańcuch dostaw, talenty i inwestycje, hamują firmy w drodze do pełnej transformacji cyfrowej. Z raportu wynika jeszcze jedna teza, która jest kluczowa dla przemysłu w Polsce. Przemysł 4.0 to wciąż stosunkowo nowy temat dla naszego rynku. Widoczne jest to, że firmy w Polsce myślą w tym kontekście bardziej o zwiększeniu efektywności niż o samych innowacjach. Z opinii ekspertów Deloitte wynika, że polski przemysł nadal znajduje się w trakcie trzeciej rewolucji przemysłowej, czyli czerpie korzyści z automatyzacji i komputeryzacji. Dodatkowe badanie, które firma Deloitte przeprowadzi w polskiej edycji, być może zdiagnozuje potencjalne bariery na drodze do pełnej transformacji cyfrowej.

Badanie to na pewno będzie obejmowało polskie kopalnie, które w obliczu Przemysłu 4.0 mają za zadanie wprowadzić najnowsze technologie. Wpłyną one na wzrost efektywności, poprawę bezpieczeństwa pracy oraz redukcję kosztów. W ten sposób zapewnią elastyczność w poruszaniu się na arenie międzynarodowej, gdzie występują dynamiczne zmiany cen czy samych warunków handlowych. Przemysł 4.0 ma przede wszystkim wpłynąć na bezpieczeństwo ludzi, w tym umożliwić szczegółową analizę danych związanych z potencjalnymi wydarzeniami w kopalniach i ich prognozowanie. Rewolucja przemysłowa w górnictwie to także monitorowanie linii produkcyjnych i automatyka przemysłowa. Dzisiaj górnictwo to przede wszystkim nowoczesne maszyny, coraz częściej w pełni zautomatyzowane, wymagające mniejszej ingerencji ludzkiej. Robotyzacja pozwala na to, by ludzie nie byli obecni w niebezpiecznych miejscach, a skupiali się na pracy w bezpiecznych warunkach.

Tymczasem zapraszam do ukazującej rozwój Państwa firm lektury naszego pisma. W tym roku, tak jak w poprzednich, chcielibyśmy prezentować nowości techniczne pojawiające się na polskim rynku oraz firmy, które napędzają rozwój naszego przemysłu. Zamierzamy również tradycyjnie wzbogacić Państwa wiedzę o badania prowadzone są przez naukowców uczelni technicznych. Wszystko to w optymistycznej Koncepcji Przemysłu 4.0.

Katarzyna Zajac
Redaktor naczelna





Str. 8
PLC i HMI w jednym!



Str. 10
Wężę gumowe DIESSE - włoska doskonałość



Str. 13
Prezentacja oferty firmy Leine & Linde. Cz. III



Str. 14
NORD DRIVESYSTEMS na drodze do Smart Factory



Str. 16
Smart diagnostyka dla silników przemysłowych

CO W NUMERZE

Stałe pozycje

- 6 Nowości techniczne
- 88 Biblioteka

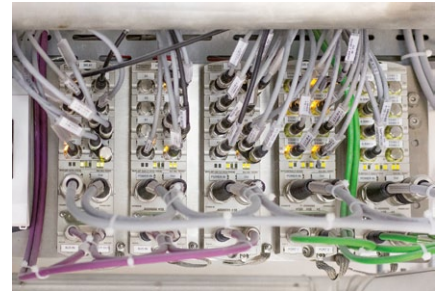
Nauka

- 26 **Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2017-2018**
M.A. Partyka, A. Paszek
- 36 **Nowoczesne rozwiązanie napędu elektrycznego górniczego przenośnika taśmowego**
T. Wolnik, R. Rossa
- 40 **Geoelektromagnetyczne właściwości skał**
S. Gierlotka
- 44 **Trakcyjno-akumulatorowy układ zasilania napędu dla górniczej lokomotywy spągowej**
P. Deja
- 48 **Model do obliczeń sprawności silnika indukcyjnego, uwzględniający wpływ temperatury otoczenia**
R. Krok
- 52 **Przegląd aktualnych rozwiązań w projektowaniu stopni mocy sterowników napędów bezpośrednich**
P. Mars, G. Góra, M. Petko, G. Karpień
- 58 **Urządzenie do monitorowania komutatora i pierścieni ślizgowych maszyn elektrycznych**
A. Jakubowska-Ciszek, P. Wąs
- 66 **Czułość detekcji zmian struktury w stali NDT SHM w transporcie**
Z.H. Żurek, Z. Stokłosa, B. Chmiela, P. Idziak, K. Kowalski
- 74 **Wolnoobrotowy bezszczotkowy silnik prądu stałego do napędu rogatek**
Z. Goryca, A. Pakosz
- 77 **Studium wykonania lokomotywy elektrycznej z silnikiem z magnesami trwałymi, z zastosowaniem w rekreacyjnej kolejce parkowej**
J. Pytel
- 82 **Układy napędowe pojazdów trakcyjnych z trójfazowymi silnikami prądu przemiennego**
A. Stobiecki, R. Dudek

Technologie i produkty

- 8 **TEMAT Z OKŁADKI: PLC i HMI w jednym!**
M. Sakowicz - MULTIPROJEKT
- 9 **TEMAT Z OKŁADKI: Smart HMI na miarę Przemysłu 4.0**
M. Sakowicz - MULTIPROJEKT

- 10 **Węże gumowe DIESSE – włoska doskonałość**
DIESSE RUBBER HOSES S.p.A.
- 13 **Prezentacja oferty firmy Leine & Linde. Cz. III**
TERM Tomasz Sobczak
- 14 **NORD DRIVESYSTEMS na drodze do Smart Factory**
B. Jagła – NORD Napędy Sp. z o.o.
- 16 **Smart diagnostyka dla silników przemysłowych**
ABB Sp. z o.o.
- 18 **Projektanci instalacji elektrycznej firmy Alfred Ritter GmbH wykorzystują przeniesienie fabryki jako okazję do modernizacji systemu. Udana modernizacja z MVK Metal**
Murrelektronik Sp. z o.o.
- 21 **MP240 – monitoring i wizualizacja**
M. Świetliński – SEM



Str. 18

Projektanci instalacji elektrycznej firmy Alfred Ritter GmbH wykorzystują przeniesienie fabryki jako okazję do modernizacji systemu. Udana modernizacja z MVK Metal



Str. 44

Trakcyjno-akumulatorowy układ zasilania napędu dla górniczej lokomotywy spagowej

Informacje branżowe

- 20 **Targi INNOFORM® – skuteczne narzędzie innowacji**
- 21 **KOMEKO 2019**
- 22 **Sieci komputerowe podstawowym narzędziem w Przemysle 4.0**
P. Gaj
- 24 **Spotkanie Lenze Polska na Politechnice Wrocławskiej**

Str. 74

Wolnoobrotowy bezszczotkowy silnik prądu stałego do napędu rogatekowego



Indeks reklam

▷ ABB.....	17	▷ Murrelektronik.....	6, 19
▷ Automaticon.....	65	▷ NO-EL.....	7
▷ Befared.....	25	▷ Nord Napędy.....	15
▷ Cantoni GROUP.....	43	▷ Nowimex.....	39
▷ DIESSE RUBBER HOSES.....	11	▷ PTG.....	23
▷ ELEKTROTECHNIKA.....	73	▷ Robotyka.com.....	41
▷ Energoelektronika.com.pl.....	51	▷ Sanyu Sobczak.....	13
▷ ENEX.....	57	▷ SCHUNK Intec.....	7
▷ FAULHABER.....	33	▷ SEM.....	7, 21
▷ INNOFORM®.....	20	▷ Sieci Komputerowe.....	22
▷ KOMEKO.....	21	▷ STAUFF Polska.....	47
▷ LOTOS.....	29	▷ Steinlen.....	51
▷ Multiprojekt.....	1, 6	▷ Sternkraft Telematics.....	6

NOWOŚCI TECHNICZNE

Masi20 – szczególnie opłacalne połączenie sygnałów z systemem sterowania

Rozwiązanie instalacyjne MASI umożliwia proste i niedrogię połączenie sygnałów IO z systemem sterowania. Tym samym wspiera elastyczne koncepcje instalacji w szafie sterowniczej i poza nią bez konieczności stosowania sztywnych topologii.

Murrelektronik prezentuje nową i wyjątkowo kompaktową generację modułów szaf sterowniczych MASI20. Wyróżnia je innowacyjna konstrukcja i wyjątkowa opłacalność. To szczególnie opłacalny sposób łączenia sygnałów z systemem sterowania.

Moduły MASI20 mają jedynie 19 mm szerokości, dzięki czemu wymagają niewiele miejsca w szafie sterowniczej. Są zoptymalizowane do zastosowania w skrzynkach zaciskowych o głębokości 120 mm. 28 zacisków umieszczono z przodu, dzięki czemu są łatwo dostępne.

AS-Interface i zasilanie AUX są wewnętrznie zmostkowane. W przypadku demontażu modułu nie występuje żadna przerwa. Warianty z wyjściem półprzewodnikowym są odpowiednie do zastosowania w rozwiązaniach pasywnych do poziomu Performance Level d (funkcjonalność K3).



Murrelektronik Sp. z o.o.
www.murrelektronik.pl

MT8053iE – najmniejszy panel z dwoma portami Ethernet

Połączenie Ethernet stało się standardem dla urządzeń przemysłowych, umożliwiając łatwy przesył i wymianę dużej ilości danych z urządzeniami wyższej warstwy (np. SCADA, MES) oraz integrację z usługami w chmurze i bazami danych. Właśnie dlatego rodzina paneli Weintek została rozszerzona o najmniejszego przedstawiciela: MT8053iE, czyli 4,3-calowy panel HMI z dwoma niezależnymi portami sieciowymi.

Panel został wzbogacony o usługę zdalnego dostępu VPN. Funkcja ta (EasyAccess 2.0) daje ogromną swobodę w dostępie zdalnym do HMI oraz podłączonych do niego urządzeń. To także powiadomienia o alarmach i parametrach produkcji w bezpłatnym oprogramowaniu dla systemów Android, iOS, Windows. Zdalna diagnostyka, zmiana programu PLC czy dane mierzone na obiekcie teraz są w zasięgu ręki. Dwa porty Ethernet to niezakłócona praca programisty w jednej sieci, a w drugiej nieprzerwana komunikacja



z PLC, falownikami, serwonapędami etc. Użytkownicy dbający o bezpieczeństwo swoich sieci komputerowych będą zadowoleni z tego rozwiązania, które separuje newralgiczne urządzenia wykonawcze w sieci lokalnej od bezpośredniego dostępu z zewnątrz poprzez drugi port.

Panel MT8053iE posiada procesor 32-bitowy RISC 600 MHz, porty szeregowo RS232/485/422 i szeroki zakres napięcia zasilającego (10,5–28 V DC). Płytkę elektroniczną została zabezpieczona przed korozją w klasie przemysłowej. Panel potrafi komunikować się w języku Internetu Rzeczy MQTT i Modbus TCP/IP.

Multiprojekt
multiprojekt.pl

System SAFEWAY firmy Sternkraft Telematics

SafeWay to kompletne narzędzie do ochrony naczep TIR, również tych plandekowych, oraz baków paliwa, zapobiegające napaściom, kradzieżom i wandalizmowi, zapewniające bezpieczeństwo flocie i jej kierowcom. W odróżnieniu od innych dostępnych rozwiązań, system ten instalowany jest jedynie na naczepie pojazdu.



Specjalnie zaprojektowane moduły czujników laserowo-optycznych wnętrza naczepy SmartSensors wykrywają nawet najmniejsze zmiany położenia towaru bez autoryzacji przewoźnika.

Moduł monitoringu zewnętrznego SafeTube jest natomiast sercem koordynującym pracę wszystkich podzespołów. Specjalne kamery, wysuwane automatycznie poza obrys naczepy podczas postoju, pokazują logiście otoczenie pojazdu znajdującego się w dowolnym miejscu na terenie Unii Europejskiej.

Kamery z kolei pozwalają kierowcy na natychmiastową analizę sytuacji wokół pojazdu, dla logisty zaś przydają się przy problemach związanych z załadunkiem i rozładunkiem. Obraz z kamer wędruje do panelu SafeWay w takiej postaci, aby kierowca w intuicyjny sposób wiedział, który podgląd odpowiada za daną część pojazdu. Operator panelu może przejść do pełnego widoku każdej z kamer, a także powiększać dany kadr, aby jeszcze lepiej przyjrzeć się potencjalnemu zagrożeniu.

Panel to urządzenie o niezwykle prostym interfejsie – tablet ma tylko trzy przyciski: uzbrój alarm, włącz tryb załadunku oraz włącz alarm (tzw. *panic button*). Kierowca może przejrzeć historię zdarzeń i filmy z nimi powiązane.

Sternkraft Telematics
www.sternkraft.com

NOWOŚCI TECHNICZNE

Ministycznik P195 MiniTACTOR™ GIGAVAC

Ministycznik P195 dołączył do grona hermetycznych produktów przełączających dla aplikacji DC, w skład których wchodzi przekładniki wysokich napięć do 70 kV oraz styczniki serii GX (do 1000 A/800 V DC), MX (military do 1000 A/48 V DC), HX (do 1000 A/1500 V DC) oraz GV (Automotive 500 A/1000 V DC). Stycznik P195 charakteryzuje się hermetyczną obudową – Certyfikacja UL, gabarytami na poziomie przekładnika elektromagnetycznego – 81 × 33 × 54 mm oraz niską ceną!

Waga P195 wynosi zaledwie 135 g, można go łatwo zainstalować w dowolnym położeniu na panelu w ciągu kilku sekund. Zamknięta komora stykowa zarówno dla styków, jak i cewki zapewnia czyste przełączanie w każdym środowisku. Bezpieczne przełączanie i rozłączanie można osiągnąć przy dowolnym napięciu do 1200 V DC. Z dwukierunkową funkcją przełączania i prądem pracy do 80 A styczniki z serii MiniTACTOR™ są idealnym wyborem dla aplikacji solarnych czy też wstępnego ładowania. P195 jest również odpowiedni dla szerokiej gamy innych aplikacji, w tym urządzeń i maszyn użytku magazynowego, wózków golfowych, systemów HVAC, grzejników czy też bram podnośnikowych.

NO-EL Sp. j. Ryszard Nowak, Barbara Musiałek
wyłączny przedstawiciel amerykańskiej firmy GIGAVAC
www.gigavac.pl

**Ekran LED w sieci Ethernet – nowe oprogramowanie**

Firma SEM produkuje swobodnie programowalne, wielokolorowe wyświetlacze i tablice z matrycą LED, pracujące w sieci Ethernet i przeznaczone do wizualizacji procesów produkcyjnych lub wyświetlania informacji w obiektach publicznych. Najnowsze oprogramowanie przeznaczone do wyświetlaczy i tablic pozwala na różnorodne zastosowania tych urządzeń, na przykład do prezentacji danych pochodzących z systemów MES/ERP/SCADA, jako zegarów z synchronizacją NTP, z możliwością programowania zdarzeń w czasie oraz do komunikacji wizualnej w sieci LAN. Do przesyłania danych i dynamicznego programowania sposobu wyświetlania wykorzystywane są protokoły Modbus TCP i SDP. SDP to otwarty protokół, oparty na znacznikach, opracowany dla ekranów LED. Specjalny zestaw komend protokołu SDP pozwala każdemu komunikatowi tekstowemu przypisać miejsce na ekranie oraz atrybuty wyświetlania: font, kolor i wyrównanie tekstu. Ramki protokołu SDP można łatwo tworzyć na dowolnej platformie programowej. Dzięki wbudowanym webserwerom obsługa wyświetlaczy i tablic SEM odbywa

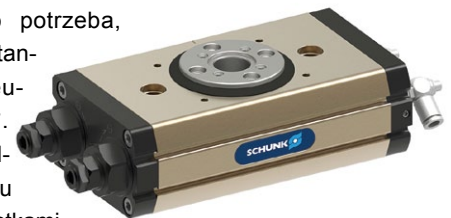


się przy pomocy przeglądarki stron WWW, z dowolnego komputera w sieci LAN. W ten sposób konfiguruje się wyświetlacze, programuje ich działanie w sieci, tworzy listy komunikatów i harmonogramy czasowe.

SEM, Warszawa
www.sem.pl

Solidny i wysoko wydajny moduł obrotowy wyznacza nowe standardy gęstości mocy, trwałości, uruchamiania i konserwacji

Wysoko wydajny moduł obrotowy SCHUNK SRM ma wszystko, czego potrzeba, aby stać się nowym standardem obrotu pneumatycznego do 180°. W porównaniu z aktualnie dostępnymi na rynku pneumatycznymi jednostkami obrotowymi ten wydajny moduł wyróżnia się unikatowym połączeniem wysokich momentów obrotowych i momentów bezwładności z krótkimi czasami obrotu, dużym otworem centralnym, solidnym łożyskowaniem oraz smukłymi konturami zewnętrznymi. Do stworzenia tego wysoko wydajnego modułu firma SCHUNK wykorzystła najnowocześniejsze technologie symulacyjne, pozwalające po raz pierwszy zarejestrować siły reakcji, sekwencje ciśnienia, prędkości uderzenia, energię kinetyczną czy energię napędu. Nowe tłumiki oraz specjalne uszczelniacze tłoków, a także uszczelnienie Viton/FKM stanowią podstawę dotychczas unikalnego pakietu usług i wysokiej niezawodności. Moduł obrotowy nadaje się dzięki temu również do zastosowań w środowiskach z obecnością agresywnych mediów. Zarówno w płaszczyźnie osiowej, jak i promieniowej bezłuzowe, wstępnie obciążone łożysko umożliwia amortyzację bardzo dużych momentów obrotowych i sił poprzecznych. Dzięki SRM firmy SCHUNK systemy mogą zostać zmniejszone, czasy cykli skrócone, a precyzja i trwałość użytkowa zwiększone. Duża gęstość mocy zapewnia doskonałe warunki do tworzenia szczególnie kompaktowych, a jednocześnie oszczędnych czasowo rozwiązań. Spójna struktura modułu obrotowego zapewnia dostosowanie konstrukcji do indywidualnych potrzeb przy bezkonkurencyjnej relacji ceny do wydajności. Wysoko wydajny moduł obrotowy SCHUNK SRM będzie początkowo dostępny w rozmiarze: 14, 16, 25 oraz 40 do kątów obrotu 0°/180° oraz 0°/90°. Dodatkowe rozmiary i opcje są już w planie.



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

PLC i HMI w jednym!

Maciej Sakowicz

Wielu producentów skłoniło się ku dołączeniu do swoich urządzeń popularnego środowiska programistycznego CODESYS produkcji niemieckiej firmy 3S-Smart Software Solutions. Wbrew pozorom to posunięcie wytwórców sprzętu ma na celu coś więcej niż wyłącznie przerzucenie ciężaru, jakim jest tworzenie oprogramowania, na kogoś innego. Użytkownicy zyskują w takim układzie kilka istotnych rzeczy.

Ważna jest zgodność ze standardami i tutaj właśnie dostajemy języki programowania opisane szczegółowo w normie IEC 61131-3. Zdefiniowane są tam języki graficzne i tekstowe, takie jak FBD, LD, SFC, ST czy IL. Dzięki zachowaniu standardów konstruowanie programu będzie wyglądało podobnie, niezależnie do jakiego urządzenia i w jakim języku trzeba będzie go napisać. Druga zaleta tworzenia w tym środowisku to dostęp do sporej bazy bibliotek i wtyczek darmowych i płatnych, gdzie otrzymujemy gotowe funkcje i podprogramy, a także rozszerzenia pozwalające na komunikację praktycznie w każdym standardzie przemysłowym.

Istotna jest też dostępność. Oprogramowanie w podstawowej wersji jest bezpłatne, a producenci sprzętu dostarczają do niego tzw. „targety”, czyli pliki definiujące obszar pamięci i inne charakterystyczne cechy urządzeń. Taki też scenariusz mamy w przypadku panelu HMI marki Weintek. Model cMT3072 jest klasycznym interfejsem człowiek – maszyna z dotykowym ekranem. Możliwość używania panelu także jako sterownika PLC wymaga zakupu niedrogiej karty aktywacyjnej i przepisanie z niej kodu do pamięci panelu oraz naklejenia na urządzenie naklejki licencyjnej. Od tej pory przez jeden z rdzeni procesora Cortex A9 będzie obsługiwana logika programu CODESYS z systemem czasu rzeczywistego. Na drugim rdzeniu będzie pracowała wizualizacja HMI, tak jak na klasycznym panelu. Oba procesy mogą się ze sobą komunikować i korzystać z tego samego obszaru pamięci i wymieniać się także opisami rejestrów.

Co wyróżnia rozwiązanie marki Weintek? Wyjątkowa może się wydawać wbudowana komunikacja z ponad trzystoma różnymi urządzeniami automatyki. Na tym nie koniec, bo wprowadzono tu tak zaawansowane funkcje, jak serwer/klient OPC UA – wszystko po to, by transport danych był jeszcze bardziej intuicyjny. Jest też możliwość zapisu danych do brokerów MQTT oraz serwerów baz danych MySQL/MS SQL (także wykonywanie zapytań). Gdy panel potrzebuje dostępu do Internetu – może skorzystać z modemu USB. Dodatkowo zdalnie skorzystać z wizualizacji może dziewięciu innych operatorów za sprawą bezpłatnego oprogramowania dla systemów Android, iOS i Windows.


Wracając do naszego PLC programowanego w CODESYS – bez sygnałów z fizycznych wejść/wyjść sterowanie wydaje się co najmniej bezzasadne. Tutaj przychodzą z pomocą moduły I/O Weintek serii iR. Można oczywiście wykorzystać moduły



Panel serii cMT3xxx z wbudowanym CODESYS oraz moduły I/O serii iR

innych producentów. Weintek oferuje aktualnie adaptory komunikacyjne CANopen i Modbus TCP/IP oraz pełen wachlarz rozszerzeń dyskretnych i analogowych. Po skonfigurowaniu modułów rozproszonych w dedykowanym do tego narzędziu (EasyRemote IO) można ustawienia wraz z komentarzami zaimportować do wizualizacji. Tę tworzymy w oprogramowaniu do tego przeznaczonym, gdzie znajdują się już niektóre wbudowane funkcje, na które – chcąc ich użyć w środowisku CODESYS – trzeba wykupić licencję.

Minimalna wersja CODESYS to V3.5 SP10 Patch 3. ■

 Maciej Sakowicz – specjalista ds. HMI, doradca techniczno-handlowy, Multiprojekt

www.multiprojekt.pl
Multiprojekt

MULTIPROJEKT
ul. Fabryczna 20 A
31-553 Kraków
tel. 12-413 90 58
fax 12-376 48 94
info@multiprojekt.pl
www.multiprojekt.pl

Smart HMI na miarę Przemysłu 4.0

Maciej Sakowicz

cMT3071 firmy Weintek – to dotykowy panel operatorski o najpopularniejszym rozmiarze na rynku. Panele 7-calowe są szeroko stosowane zarówno w dużych, jak i mniejszych maszynach ze względu na atrakcyjny stosunek możliwości do ceny. Modele serii cMT producent określa mianem „Smart-HMI” z powodu jego dużych możliwości związanych z magazynowaniem i przetwarzaniem danych oraz szerokim wachlarzem funkcji wpisujących się w ramy pojęcia Przemysł 4.0. Wiodącymi cechami są tutaj obsługa baz danych SQL i wsparcie dla Internetu Rzeczy za sprawą protokołów MQTT oraz OPC UA.

Panel posiada wbudowany wyświetlacz z matrycą rezystancyjną o rozdzielczości 800×480 pikseli. Operator jednak nie musi z niego korzystać, ma do dyspozycji również oprogramowanie dostępne dla urządzeń przenośnych, na których może pracować zdalnie. Mechanizm zabezpieczający chroni przed jednoczesną zmianą tych samych parametrów przez wielu użytkowników zdalnych. Wprowadzić można podział na różne poziomy dostępu.



Opcjonalnie można aktywować w urządzeniu usługę dostępu zdalnego VPN – EasyAccess 2.0, za pomocą której także można zmienić program w PLC podłączonym do panelu przez szyfrowany tunel.

Najbardziej zaawansowaną zmianą w porównaniu do innych serii paneli jest możliwość programowania tego oraz kilku innych modeli cMT w środowisku CODESYS (IEC61131-3). Traktujemy go wtedy, jakby wewnątrz był sterownik PLC, a jego wejścia/wyjścia podłączamy w formie modułów rozproszonych Weintek iR. Program PLC działa wtedy osobno na jednym z dwóch rdzeni procesora HMI, choć możemy się ciągle odwoływać także do pamięci panelu. Przy aktywacji wymagana jest opłata licencyjna.

Maciej Sakowicz – specjalista ds. HMI,
doradca techniczno-handlowy, Multiprojekt

www.multiprojekt.pl
Multiprojekt

MULTIPROJEKT
ul. Fabryczna 20 A
31-553 Kraków
tel. 12-413 90 58
fax 12-376 48 94
info@multiprojekt.pl
www.multiprojekt.pl

reklama

Które wydanie
jest dla Ciebie?

2/2019

Automatyzacja produkcji
Efektywność w energetyce

3/2019

Automatyka i robotyka

4/2019

Bezpieczeństwo w przemyśle

Węże gumowe DIESSE – włoska doskonałość

DIESSE Rubber Hoses S.p.A. to włoska firma rodzinna i uznany na całym świecie producent gumowych węży hydraulicznych przeznaczonych do użytku w warunkach wysokiego i bardzo wysokiego ciśnienia. Zakład produkcyjny znajduje się w Filago (Bergamo, północne Włochy).

Spółka DIESSE, zawsze zaangażowana w innowacje i rozwój rynkowy, nieustannie rozbudowywała działalność w oparciu o inwestycje w badania, technologię i zasoby ludzkie, osiągając w ten sposób ważną pozycję w świecie hydrauliki. Spółka oferuje szeroki wybór węży przeznaczonych do zastosowań w robotach ziemnych, rolnictwie i przemyśle ciężkim, w procesie wylesiania i innych branżach, np. w budownictwie, marynarce, instalacjach morskich i górnictwie.

Wydawnictwo Hose & Coupling World miało przyjemność przeprowadzenia wywiadu z dwoma przedstawicielami drugiego pokolenia, Giosianą i Heleanną de Stasio, pełniącymi funkcje odpowiednio Dyrektora ds. Sprzedaży i Dyrektora Działu Technicznego i Rozwoju Produktu w Spółce DIESSE Rubber Hoses.

Konkurencyjna, dynamiczna i międzynarodowa: za pomocą takich właśnie słów można najlepiej opisać kontekst,

w którym Spółka DIESSE prowadzi działalność od niemal 40 lat, w którym to czasie wyróżniła się jako jedyny całkowicie włoski producent węży hydraulicznych.

– Nasz sukces ma kilka sekretów: od obsługi klienta po wdrażanie dyscypliny, która ma na celu utrzymanie wysokiej jakości, wraz z dogłębną znajomością rynku – mówi Giosiana de Stasio. – Głęboko zakorzeniona kultura dążenia do doskonałości i rzetelności stanowią kluczowe wartości, które przyswiecały naszemu rodzinnemu przedsiębiorstwu od momentu rozpoczęcia działalności. Dla nas, drugiego pokolenia, stanowią filary wizerunku naszej firmy.

Na koniec dodaje:

– Dodatkowo nasza zdolność łączenia specjalistycznej wiedzy i unikalnych umiejętności z systematycznymi badaniami i rozwojem efektywnych produktów umożliwiła nam, z biegiem czasu, uzyskanie powodzenia na poziomie globalnym.

Węże gumowe DIESSE – moc ciągłości

Architektami tego całkowicie włoskiego sukcesu byli Raffaele, Giuseppe i Anna Maria de Stasio, którzy założyli Spółkę w 1979 r. i którzy dzięki swojej intuicji, determinacji i dalekowzroczności wspięli się na szczyt międzynarodowego biznesu.

– Optymistycznie nastawieni co do przyszłego sukcesu, trzej przedsiębiorcy wybrali anglojęzyczną nazwę marki zgodnie ze swoją wizją globalnej ekspansji. Nazwa marki stanowi połączenie inicjałów rodzowego nazwiska włoskiego, DS, z anglojęzycznym określeniem Rubber Hoses, co stanowi doskonałe odzwierciedlenie dążeń Spółki do



pozycji globalnego gracza i fundamentu, który do dzisiaj leży u podstaw jej strategii – mówi Heleanna de Stasio.

Doskonałość oparta jest na doświadczeniu i umiejętnościach przedsiębiorczych trzech założycieli. Współpracując w Spółce razem z drugim pokoleniem: takie podejście gwarantuje ciągłość zarządzania i stałe ukierunkowanie na innowacyjność.

Na początku Spółka działała na włoskim rynku montażu węży, osiągając w dwóch pierwszych latach swojego istnienia istotny wzrost do czasu, gdy oferowane produkty przestały zaspokajać zapotrzebowanie na rynku. Wyzwanie to okazało się szansą i zapewniło Spółce pozycję producenta markowych węży w 1982 r., wzbogaconych o węże spiralne w 1990 r. Staranny dobór materiałów oraz technologicznie zaawansowane systemy od samego początku były kluczowymi atutami Spółki, dzięki którym zyskała szerokie uznanie za jakość



oferowanych wyrobów oraz profesjonalizm, zarówno na włoskim, jak i zagranicznych rynkach.

– Klienci stanowią punkt centralny działań Spółki i jej strategiczny atut: to, jacy jesteśmy, jak myślimy i produkujemy oraz doskonalimy wszystkie nasze działania, jest ukierunkowane na lepsze zaspokajanie potrzeb klientów, nagrodzenie zaufania, którym nas darzą – mówi Giosiana de Stasio, dodając również: – Energia i potencjał w zakresie innowacyjności, szerokie horyzonty oraz rygorystyczne zasady etyczne: nasz wzrost stanowi również wyraz naszej pełnej wigoru pasji, która codziennie inspirowuje i dopinguje nasz zespół menedżerski.

Źródłem ciągłego wzrostu Spółki jest również jej program inwestycyjny oraz polityka handlowa, mająca na celu wzmocnienie działalności za granicą. Spółka DIESSE posiada zakład produkcyjny o całkowitej powierzchni 50 000 m² i prowadzi działalność w 42 krajach, od Ameryki Północnej po Europę, Azję i Oceanie, 90% obrotów Spółki pochodzi z eksportu, a największym rynkiem zbytu jest Ameryka Północna.

Obecnie działalnością Spółki DIESSE Rubber Hoses kierują Anna Maria, Raffaele i Giuseppe de Stasio, we współpracy z drugim pokoleniem, Giosianą i Heleanną de Stasio oraz Stefano Santisem, pełniącym funkcję Inżyniera Produktu, i Alessandro Santisem, pełniącym funkcję Inżyniera Technologicznego.

Przekształcenie i innowacyjność na potrzeby globalnego współzawodnictwa

Przewaga konkurencyjna spółki DIESSE Rubber Hoses, która specjalizuje się w rozwiązaniach o wysokiej wartości dodanej, polega na wykorzystywaniu wyłącznie oryginalnie włoskich projektów, które odzwierciedlają parametry

jakościowe charakterystyczne dla przemysłu włoskiego na świecie, w połączeniu z silną dążnością do innowacyjności. Model rozwoju biznesowego Spółki opiera się na trzech strategicznych wytycznych: głos klienta, niezależność i elastyczność. Po pierwsze, Spółka nieustannie śledzi sytuację na rynku, aby móc szybko reagować na zachodzące zmiany, oferując wysokiej jakości wyroby. Dodatkowo prowadzi działalność w oparciu o własne zasoby i posiada bezpośrednią kontrolę nad łańcuchem

wartości. To zapewnia większą wydajność i elastyczność procesów, co pozwala skrócić czas do wprowadzenia na rynek.

DIESSE kształtuje jakość: Program Kompleksowego Zarządzania Jakością

Jakość produktów

Projektowanie dla Jakości: każdy nowy produkt jest projektowany i oceniany w oparciu o szczegółowe badania, które umożliwiają połączenie technologii

reklama

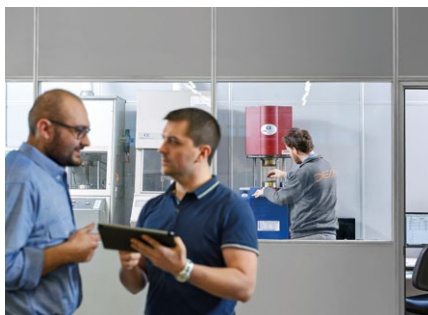
Performance *on the rocks.*

DIESE Iceflex

1 EN 60202-2

ICEFLEX SPIRAL HOSE:
PRESSURE AND FLEXIBILITY FOR LOW TEMPERATURE CONDITIONS.
 Diesse Rubber Hoses has introduced a spiral hose suitable for low temperature conditions from -57°C to 100°C (-70F to +212F). This hose is available in 4SP, 4SH, R12, R13 and R15 versions.

DIESE
 DIESSE RUBBER HOSES
 MADE IN ITALY



i wydajności. W ten sposób wartość innowacji można docenić w codziennym życiu. Surowe kryteria wyboru surowców i komponentów stanowią gwarancję zgodności ze standardami wysokiej jakości. Ponadto cele w zakresie doskonalenia są ustalane jako rezultat procesu ciągłej oceny wydajności. Na koniec Spółka DIESSE Rubber Hoses koncentruje się na wydajności i efektywności. Spółka stosuje podejście oparte na dążeniu do wysokiej jakości, niezmiennie odwołuje się do potrzeb klienta, wdraża procesy eliminacji odpadów i wad oraz postrzega zmianę jako sposób generowania wartości.

Jakość usług

Obsługa klienta stanowi dla DIESSE niewidoczny atut, który umożliwia Spółce identyfikowanie i interpretowanie sygnałów rynkowych w celu szybszego reagowania i bardziej elastycznego działania. W tym kontekście Zarząd i pracownicy zakładu produkcyjnego stanowią kluczowy element w nieprzerwanym wdrażaniu procesów ukierunkowanych na rozwój wiedzy i innowacyjności.

Wspólny cel: wysoki poziom satysfakcji klienta

W miarę upływu czasu pojęcie jakości zaczęło nabierać coraz większego znaczenia w DIESSE, a podejście oparte na jakości zaowocowało nowymi rezultatami biznesowymi, wychodząc poza tradycyjną wizję zgodności z charakterystyką i typowymi właściwościami produktów. Spółka postrzega jakość jako drogę ciągłego, ustrukturyzowanego, ukierunkowanego i mierzalnego wzrostu w dynamicznym kontekście podmiotu gospodarczego jako całości, zgodnie z podejściem opartym na Kompleksowym Zarządzaniu Jakością. Ten

model organizacyjny opiera się na satysfakcji klienta, którego poziom stanowi kryterium pomiaru oraz oceny wyników i jakości w dążeniu do zapewnienia konkurencyjności i doskonałości biznesowej.

Trzy filary: wysoka wydajność, specjalizacja, personalizacja

Asortyment produktów

Spółka produkuje szeroki asortyment węży hydraulicznych spełniających specyfikacje SAE J517 i wymagania norm EN 853-856-857-854. Ambicją Spółki było zawsze oferowanie produktów przekraczających normy, co dało początek węzom z serii Fortius, Master oraz Overmaster. Doświadczenie zdobyte przy ich produkcji umożliwiło wprowadzenie na rynek jeszcze bardziej wydajnych węży, które łączą bardzo mały promień wygięcia z możliwością użytkowania pod bardzo wysokim ciśnieniem roboczym. W taki sposób powstały kompaktowe węże z serii Fighter i Stark. Podobnie jak w przypadku węży spiralnych, produkty z serii XFight również zostały opracowane w wyniku połączenia ultrawysokiej wydajności z kompaktowymi wymiarami, co pozwoliło osiągnąć wartości cyklu ciśnieniowego nawet na poziomie powyżej 1M. Ze względu na coraz większą obecność bioolejów na rynku wprowadzono wersję XBIO, która nie tylko jest kompatybilna z bioolejami, lecz również zapewnia doskonałą wydajność.

Aby zyskać zasięg międzynarodowy, Spółka rozszerzyła asortyment o wyroby odporne na działanie niskich temperatur, co dało początek produktom z serii Iceflex i ICE Fighter, dostępnym z opłotem oraz od niedawna w wersji spiralnej. Węże z tej kategorii są przeznaczone do użytku w temperaturach od -70°F do $+212^{\circ}\text{F}$.

W ten sposób firma zdobyła bardzo bogate doświadczenie w dziedzinie węży Fahrenheit, opracowanych z myślą o zastosowaniach w temperaturze 302°F i szczególnych potrzebach najbardziej wymagających producentów sprzętu oryginalnego (OEM).

Dopełnieniem oferty są węże BOP, opracowane na bazie włókna szklanego z myślą o sektorze naftowo-gazowym i posiadające certyfikat zgodności ze specyfikacjami API 16D.

Certyfikaty

DIESSE Rubber Hoses jest Spółką, która posiada System Jakości akredytowany przez DNV w zakresie zgodności z normą UNI EN ISO 9001:2015. Oferowane przez nią węże i mocowania zostały zatwierdzone przez takie podmioty klasyfikacyjne, jak American Bureau of Shipping, Det Norske Veritas, Lloyd's Register of Shipping, a także amerykańskie instytucje rządowe: Urząd ds. Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Górnictwie (MSHA) i Departament Transportu. Dodatkowo Spółka DIESSE posiada akredytację w zakresie zgodności z dyrektywą 2014/90/UE w sprawie wyposażenia morskiego (MED).

Liczne certyfikaty i akredytacje posiadane przez Spółkę wpisują się w jej politykę dążenia do doskonałości poprzez jakość, przy zapewnieniu maksymalnie korzystnych warunków BHP dla swoich pracowników.

– Dzięki temu, że korzystamy z naszych osiągnięć i dochowujemy wierności wartościom, którym hołduje nasza organizacja, z optymizmem wyglądamy wyzwania, które może przynieść przyszłość, wiedząc, że czekają na nas nowe ważne cele – stwierdza na koniec Giosiana de Stasio. – Dziękujemy naszym Klientom za zaufanie, jakim nas darzą. Nadal będą stanowić kluczowy czynnik naszego sukcesu i część naszej historii. ■

DIESSE RUBBER HOSES S.p.A.

Via Provinciale 8

SP 155 - Filago (BG) - ITALY

tel.: +39 (035) 49 42 300

e-mail: sales@diesserubber.com

www.diesserubber.com

Prezentacja oferty firmy Leine & Linde. Cz. III

W dzisiejszym artykule kontynuujemy prezentację produktów Leine & Linde, której firma TERM Tomasz Sobczak jest wyłącznym przedstawicielem w Polsce.

Seria 900 to enkodery absolutne, które podobnie jak prezentowana w poprzednim artykule seria enkoderek inkrementalnych, oznaczona jako 800, przeznaczone są do pracy w bardzo trudnych warunkach. Enkodery serii 900 charakteryzują się wykonanymi z najwyższej jakości materiałami łożyskami, odpornością na działanie wysokiej temperatury oraz na wibracje i uderzenia. Oferowane są z wałkiem w wersji kołnierzej standard B10 oraz w wersji z otworem na wałek. Dostępne interfejsy komunikacyjne to: Profibus, Profinet, EtherCAT, EtherNet/IP, Drive-Clq, SSI i EnDat. Dla wymagających klientów dostępna jest wersja z dodatkowym

sygnałem inkrementalnym. Enkoder absolutny serii 900 dostępny jest z rozdzielczością do 35 bitów.

Produktem, który wykorzystuje podzespoły enkoderek serii 900, jest programowalny wyłącznik prędkościowy typ FSI 900. Urządzenie może pracować z maksymalną prędkością obrotową do 5000 obr./min. Dostępne jest z wyjściem inkrementalnym i absolutnym.

Do ekstremalnie trudnych zadań, firma Leine & Linde oferuje enkodery serii 1000. Wał enkodera wykonany jest ze stali nierdzewnej, a jego obudowa z anodowanego aluminium. Maksymalne wzdłużne obciążenie wału wynosi aż 1000 N – obciążenie boczne to 680 N. Urządzenie w zależności od zamówionej wersji może pracować w temperaturze od -40 do +70°C lub od -20 do +100°C. Enkoder serii 1000 oferowany jest w wersji inkrementalnej – wyjście HTL, HCHTL, TTL oraz RS422 – i absolutnej z interfejsem SSI, równoległym, Profibus i EnDat. Istnieje możliwość zamówienia enkodera w wersji podwójnej,

w której obwody elektroniczne są od siebie odseparowane galwanicznie. Kolejną opcją jest możliwość podłączenia zewnętrznego przekaźnika typ CRG, pełniącego funkcję wyłącznika prędkościowego dla enkodera serii 1000, działającego w zakresie częstotliwości 0–100 kHz.

Serdecznie zapraszamy Państwa do zapoznania się ze szczegółową ofertą firmy TERM, która znajduje się pod adresem www.term.pl.



reklama



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

SANYU.eu
falowniki • softstarty

info@sanyu.eu
tel. +48323452020
tel. kom 606945936

NORD DRIVESYSTEMS na drodze do Smart Factory

Bartosz Jagła

Specjalizująca się w technice napędowej firma NORD DRIVESYSTEMS stawia w swoich zakładach produkcyjnych na technologie smart. Inteligentne i połączone ze sobą sieci cyfrowe w Aurich umożliwiają maksymalną elastyczność i indywidualizację podczas produkcji podzespołów elektronicznych.

Czasy przemysłowej produkcji masowej z małym urozmaiceniem produktów i dużymi liczbami sztuk już dawno przeminęły. Obecnie dąży się coraz mocniej do indywidualizacji. Klienci wymagają coraz bardziej specyficznych konfiguracji, które skrojone są dokładnie pod ich indywidualne potrzeby. Ponadto zamawiane są coraz mniejsze partie produktów. Tradycyjnie zorganizowane fabryki nie podołałyby takiemu wzrostowi różnicowania przy jednoczesnym spadku liczebności partii. Warunkiem szybkiego i elastycznego reagowania na oczekiwania klientów i zmiany na rynku jest posiadanie inteligentnych, łatwych w adaptacji i efektywnych procesów produkcyjnych. Temu dokładnie służy INDUSTRY 4.0, czyli inteligentna, całkowicie zintegrowana produkcja.

Także firma NORD DRIVESYSTEMS wykorzystuje i wypróbuje procesy INDUSTRY 4.0 w celu optymalizacji procesów i zwiększenia wartości dodanej. Obowiązuje ta sama zasada, co zawsze: korzyści muszą być współmierne do nakładów. Rozbudowywany przez dziesięciolecia zakład ze swoimi instalacjami i procesami, taki jak w NORD, stawia oczywiście inne wymagania niż projekty typu greenfield, które powstają od zera i mogą od początku być budowane w sposób zgodny ze strukturami INDUSTRY 4.0. Mimo to dostawca kompletnych elektrycznych, mechanicznych i elektrycznych systemów techniki napędowej kontynuuje digitalizację i przedstawia swoje zakłady produkcyjne na technologii inteligentne. Dotyczy to między innymi powstałego na początku lat 80. XX wieku zakładu w Aurich w Dolnej Saksonii, gdzie produkowane są podzespoły elektroniczne.

MONTAŻ INDUSTRY 4.0 w Aurich

W zajmującym 5000 m² powierzchni zakładzie w północno-zachodnich Niemczech firma NORD wytwarza elementy techniki napędowej o mocy do 160 kW (przetwornice, rozruszniki silników i elektronikę). Hale produkcyjne opuszcza co roku ponad 100 000 urządzeń. Wśród nich jest coraz więcej urządzeń skonstruowanych na zamówienie klienta. Ten trend utrzymuje się wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na indywidualne modyfikacje. Nowoczesna technika napędowa musi być elastyczna i łatwa w indywidualizacji, aby bez problemu móc ją integrować ze wszystkimi instalacjami i systemami. W Aurich radzą sobie z tym znakomicie. Czy to produkcja seryjna, produkty o indywidualnej konfiguracji, czy też pojedyncze wyroby – nowoczesna, zautomatyzowana i elastyczna struktura produkcji umożliwia wykonanie każdego zlecenia w identyczny sposób, niezależnie od jego wielkości. Wykonalne są nawet partie o wielkości 1 sztuki, bez konieczności większego przezbrajania. To efekt kompleksowej strategii optymalizacji procesów. Podstawowe motto brzmi: maksymalna wydajność, szybkość i elastyczność. Wymaga to m.in. „szczerpłego” łańcucha dostaw, jak najdalej idącej eliminacji dokumentów papierowych towarzyszących produkcji, automatycznego tworzenia schematów montażu i planów testów z konfiguracji oraz cyfrowych systemów wspomagania montażu.

Efektywne procesy

Już od roku, podczas przyjęcia towarów, stosowany jest autonomiczny system transportowy. Ten niewymagający żadnego operatora system przewozi



towary z punktu przyjęcia do zautomatyzowanego magazynu małych części. Rozpoznaje on wymagane miejsce źródłowe i docelowe, samoczynnie ładuje na siebie pojemniki transportowe i wyznacza sobie drogę. Automatycznie reaguje także na ewentualne przeszkody, które napotka: zatrzymuje się lub skręca, obierając inną drogę. Gdy skrzynie transportowe zostaną przeniesione na przenośnik taśmowy, nadszedł czas, aby sprawy przejął NORDAC LINK.

Te elastyczne, inteligentne dystrybutory polowe produkowane są na miejscu, zatem są oczywiście także stosowane w Aurich do własnych potrzeb. Wygodny układ sterowania napędem w zdecentralizowanej instalacji można dowolnie skonfigurować zależnie od wymagania i zastosowania. Klient ma też swobodę wyboru urządzeń peryferyjnych, takich jak cyfrowe i analogowe wejścia i wyjścia, system magistrali oraz zabezpieczenia. NORDAC LINK można zatem integrować ze wszystkimi architekturami Industry 4.0. W Aurich za niezawodne funkcjonowanie transportu towarów, w tym także w zautomatyzowanym magazynie małych części, odpowiada łącznie 20 napędów. Dzięki wbudowanemu sterownikowi PLC są one w stanie samodzielnie sterować całymi procesami. Ponadto do każdego towaru w momencie przyjęcia przypisywany

jest kod 2D, na podstawie którego towar może być bezbłędnie obserwowany aż do momentu użycia. Kontrola możliwa jest także w drugą stronę, na podstawie numeru seryjnego urządzenia, aż do przyjęcia towaru.

Digitalizacja, automatyzacja, przejrzystość

Chociaż NORDAC LINK trafił na rynek dopiero w 2017 roku, ze względu na liczne możliwości indywidualizacji zdążył już stać się bestsellerem. Aby sprostać dużemu popytowi, uruchomiono we własnym zakresie nową linię montażową do produkcji tej inteligentnej przetwornicy. Sterowanie wszystkimi wymaganymi systemami montażu i testowania – od opracowania schematu montażu elementów do badania końcowego i parametryzacji – odbywa się na podstawie indywidualnej konfiguracji. Wszystkie dane i informacje umieszczone są online w centralnym zleceniu i można je wywołać z dowolnego miejsca

i w dowolnym momencie. W ten sposób na monitorach mogą być wyświetlane m.in. schematy pracy montażu przelekane (THT – *Through Hole Technology*), który tradycyjnie wykonywany jest ręcznie. Równocześnie skanowany jest kod 2D z podzespołu. Na wyświetlaczu dotykowym pojawiają się wtedy konkretne instrukcje montażu danego produktu. W obrazowej formie pokazane jest dokładnie, jakie elementy mają zostać zamontowane i w których miejscach, natomiast pracownik dowiadyuje się krok po kroku, jak ma wykonywać proces. Ułatwia to pracę, podnosi prędkość i zapewnia jakość. Ponadto elastyczność tych pomocy cyfrowych pozwala na szybsze zmiany serii produkcyjnych, korzystając z informacji z systemów wspomaganie montażu.

Silnik dla INDUSTRY 4.0

Firma NORD bez przerwy stara się optymalizować procesy, aby zwiększyć ich efektywność. Specjalizując się

w technice napędowej, firma NORD DRIVESYSTEMS ma oczywiście świadomość, że nowoczesna inteligentna technika napędowa jest kluczem do czwartej rewolucji przemysłowej, ponieważ to ona w sposób skoordynowany wprawia w ruch skomunikowane, zdecentralizowane i autonomiczne procesy produkcyjne. Napędy NORD są gotowe do podłączenia do sieci, pracują samodzielnie i odznaczają się skalowalnością pod względem zakresu funkcji i mocy – można je zatem śmiało nazwać INDUSTRY 4.0 READY! Sprawna, łatwa w adaptacji i szybka – elastyczna produkcja elektroniki w Aurich to dowód na to, że produkty są takie, jak proces ich produkcji. Inteligentne i cyfrowo komunikujące się ze sobą systemy na stałe weszły do procesów produkcyjnych. Poprzez uelastycznienie, indywidualizację i modularyzację NORD przygotowuje się na rosnące wymagania INDUSTRY 4.0.

NORD Napędy Sp. z o.o.

reklama

NORD
DRIVESYSTEMS

20 LAT
NORD NAPĘDY
1998-2018

www.nord.com

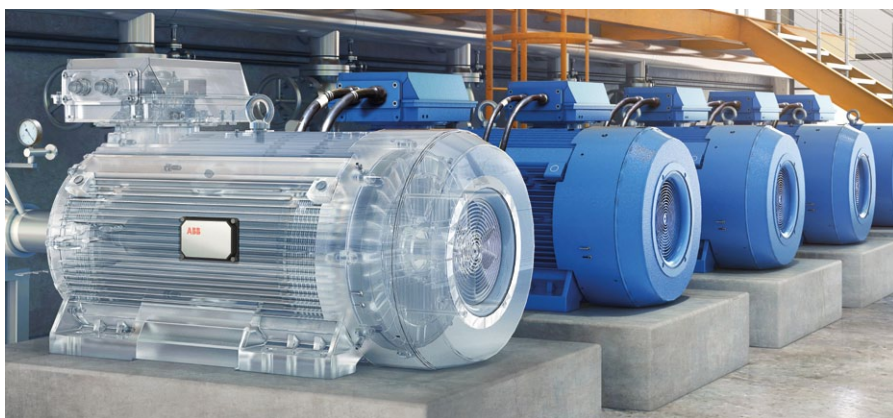
Smart diagnostyka dla silników przemysłowych

Ograniczenie kosztownych przestoju, przyspieszenie prac serwisowych i wydłużenie cyklu życia parku maszynowego – to jedne z największych wyzwań służb utrzymania ruchu w przemyśle. Tym wymaganiom pomagają sprostać nowatorskie rozwiązania, takie jak ABB Ability™ Smart Sensor, które umożliwiają zdalny monitoring i diagnostykę silników. Innowacyjne czujniki nie tylko badają stan i pracę urządzeń, ale także transmitują dane do pracowników, co umożliwia im szybkie podejmowanie decyzji np. w kwestii przeprowadzenia prac konserwacyjnych. W efekcie udaje się zredukować postoje aż o 70 proc. i wydłużyć żywotność silników o 30 proc.

Silniki poinformują, gdy potrzebują serwisu

Coraz więcej przedsiębiorstw inwestuje w zaawansowaną predykcję i korzysta z innowacyjnych rozwiązań do monitoringu i diagnostyki maszyn i ich układów, co pozwala zredukować nieplanowane postoje i znacznie wpływa na wydajność produkcji. Dziś nowe możliwości w tym zakresie oferują technologie typu smart, które pozwalają na bezprzewodową komunikację między urządzeniami. Taką funkcjonalność oferują czujniki ABB Ability™ Smart Sensor, przeznaczone do monitorowania stanu silników, pomp i opraw łożyskowych w aplikacjach przemysłowych. Czujniki ABB badają kluczowe parametry dotyczące kondycji i pracy urządzeń, m.in.: poziom temperatury, drgań i zużycia energii, a dane gromadzą w wirtualnej chmurze, gdzie są one poddawane szczegółowej analizie. By pobrać trendy i informacje na urządzenie mobilne, np. smartfon pracownika, wystarczy znaleźć się w zasięgu Bluetooth czujnika. Te czynności można także zautomatyzować, instalując w fabryce bramkę Bluetooth, która zbiera dane z urządzeń samodzielnie. Użytkownik może wtedy przeglądać je zdalnie, bez konieczności pobierania.

– Jest to duże ułatwienie i usprawnienie w pomiarowaniu silników, szczególnie tych, do których pracownicy mają utrudniony dostęp. By zbadać stan silnika, wystarczy zainstalować na nim czujnik, a później pobrać dane na smartfon bez konieczności zbliżania się



do silnika. Co ważne, dzięki zastosowaniu sensorów możliwy jest bieżący podgląd krytycznych parametrów, takich jak wibracje silnika, które są analizowane na podstawie algorytmów i informują szczegółowo o stanie łożysk. Dzięki temu można planować prace serwisowe i konserwacyjne jeszcze przed wystąpieniem

awarii i zgodnie z realnymi potrzebami. Takie rozwiązanie znajduje zastosowanie zarówno w dużych, jak i mniejszych zakładach przemysłowych, które nie posiadają rozwiniętej diagnostyki i wielu specjalistów utrzymania ruchu – mówi Rafał Żabicki, specjalista ds. sprzedaży ABB.



Bezinwazyjna instalacja

Wykorzystanie czujników ABB Ability™ Smart Sensor nie wymaga skomplikowanych i inwazyjnych prac montażowych. Instalacja czujników na obudowie urządzenia zajmuje kilka minut, a konfiguracja wymaga podania danych znamionowych silnika i ustawienia częstotliwości pomiarów. Czujniki są więc gotowe do pracy już w dniu ich montażu. Domyślnie zbierają one informacje co godzinę, ale możliwe jest także częstsze sczytywanie pomiarów, nawet co 5 minut, w zależności od potrzeb danej aplikacji przemysłowej. Choć ABB Ability™ Smart Sensor to nowe rozwiązanie, które swoją premierę miało w ubiegłym roku, to czujniki pracują już w aplikacjach przemysłowych. Ich wykorzystanie zapobiegło wystąpieniu awarii i zatrzymaniu produkcji w jednym z czołowych zakładów działających w przemyśle papierniczym w Polsce.

– Zainstalowane przez nas czujniki były jedynymi urządzeniami pomiarowymi silników w papierni. Po ich zamontowaniu okazało się, że jeden z sensorów sygnalizował alarm i zgłaszał przekroczenie parametrów znamionowych silnika, dotyczących zbyt wysokiej temperatury. Nieprawidłowość została wykryta na tyle szybko, że odpowiednio wcześniej klient zastosował dodatkowe chłodzenie silnika, co uchroniło urządzenie przed przegrzaniem i postojem – dodaje Rafał Żabicki, ABB.

Czujniki ABB Ability™ Smart Sensor wspierają optymalne działania prewencyjne, które przekładają się na realne wyniki w postaci zredukowania kosztów serwisu, zmniejszenia ilości przestojów, a także umożliwiają zapobieganie poważnym awariom. Czujniki pomagają także identyfikować nieefektywne elementy układu i ograniczają ryzyko związane z przeglądami urządzeń. Wszystko

to sprawia, że służby utrzymania ruchu mogą efektywnie planować pracę i szybko podejmować decyzje, które pozwalają eliminować problemy jeszcze przed ich wystąpieniem. ■

Więcej na temat ABB Ability™ Smart Sensor znajdziecie na stronie:

<http://www.new.abb.com/pl/smartsensor>



ABB Sp. z o.o.

Oddział w Aleksandrowie Łódzkim
Dział Sprzedaży Napędów
ul. Placydowska 27
95-070 Aleksandrów Łódzki
ABB Contact Center: +48 2222 3 7777
www.abb.pl/napedy

reklama

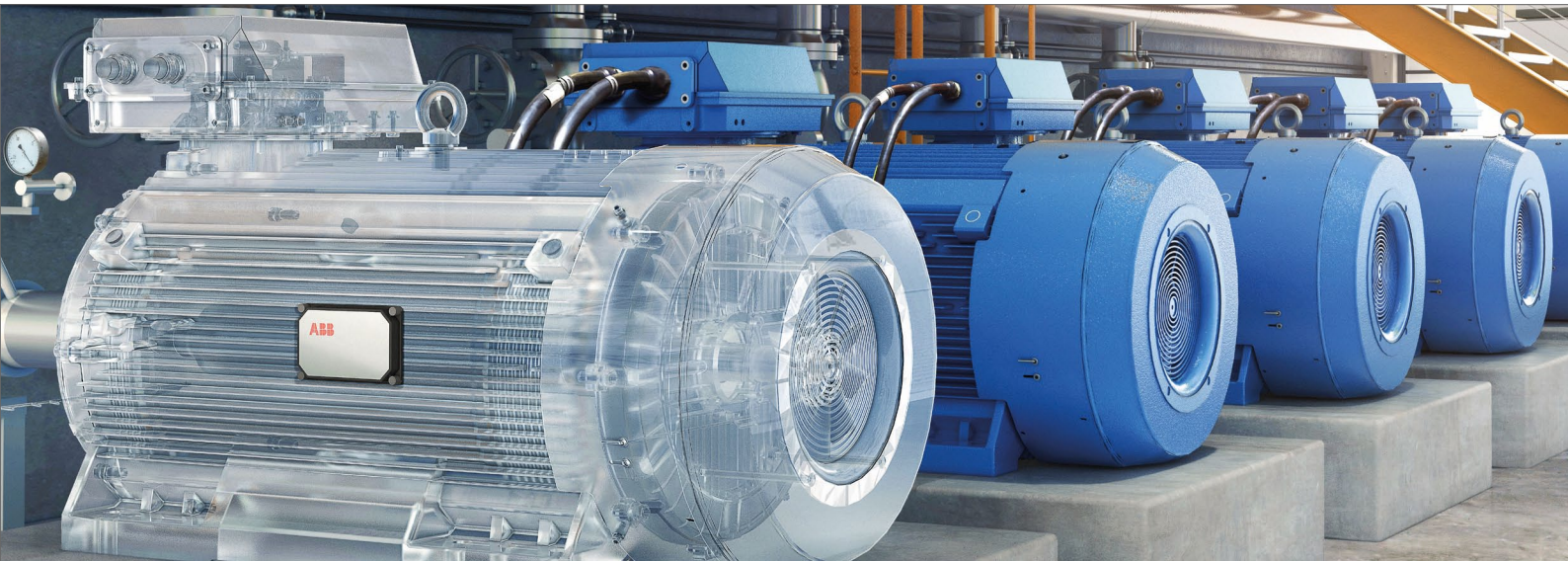


ABB Ability™ Smart Sensor Monitoruj zdalnie pracę silnika

ABB Ability™ Smart Sensor to krok milowy w monitorowaniu stanu silników elektrycznych. Łatwy w instalacji bezprzewodowy czujnik dokonuje pomiaru kluczowych parametrów pracy silnika, które po przesłaniu i analizie w chmurze udostępniane są klientowi za pośrednictwem portalu oraz poprzez aplikacje dla urządzeń mobilnych
www.new.abb.com/pl/smartsensor



Projektanci instalacji elektrycznej firmy Alfred Ritter GmbH wykorzystują przeniesienie fabryki jako okazję do modernizacji systemu

Udana modernizacja z MVK Metal

Czekoladki Ritter Sport są uwielbiane na całym świecie. Ich kwadratowy kształt jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych znaków towarowych. Do bestsellerów marki zaliczane są czekoladki z prawdziwym jamajskim rumem. System wykorzystywany do produkcji tych chrupiących batoników został niedawno zmodernizowany. Teraz do komunikacji w ramach niego stosowane są moduły sieciowe Murrelektronik.

Siedziba Alfred Ritter GmbH & Co. SKG jest zlokalizowana w Waldenbuch – mieście położonym na południe od Stuttgartu, w północnej części Parku Krajobrazowego Schönbuch. Firma wykorzystuje zrównoważoną produkcję energii, w związku z czym wybudowała nowy budynek z nowoczesną elektrownią. To wymagało przeniesienia fabryki, w której produkowane są popularne batoniki Ritter Sport Rum.

Tę okazję wykorzystał zespół kierowany przez Petera Schettera.

– Postanowiliśmy przeprowadzić gruntowną modernizację maszyn i instalacji – mówi Schetter.

Główny nacisk położono na kwestie bezpieczeństwa. Oczywiście dla projektantów było, że „należy nie tylko spełnić wszystkie normy, ale również zapewnić maksymalizację bilansu kosztów i zysków”.

Zakład produkujący czekoladki zlokalizowany jest na trzech piętrach. Odbywające się w nim procesy są precyzyjnie koordynowane. Na początku miesza się składniki tak, by stworzyć podstawową masę. Następnie dodawane są kawałki wafli i rodzynki moczone uprzednio przez 20 godzin w oryginalnym jamajskim rumie. W kolejnym kroku batoniki są formowane, oblewane pyszną czekoladą mleczną, a na końcu umieszczane w charakterystycznych niebieskich opakowaniach.



Do niedawna czujniki i urządzenia wykonawcze połączone były w systemie *point-to-point*. Teraz to rozwiązanie zastąpiono serią modułów MVK wykonanych z wytrzymałej, cynkowej obudowy – doskonale sprawdzających się w trudnych warunkach przemysłowych.

Peter Schetter podkreśla:

– W fabryce rozlokowanej na trzech piętrach zastosowanie modułów sieciowych to znaczna redukcja okablowania.

Moduły instalowane są bezpośrednio przy procesach, a czujniki i urządzenia wykonawcze łączone są bardzo krótkimi

przewodami, które w razie potrzeby można szybko wymienić. Każdy kanał MVK Metal jest indywidualnie monitorowany pod kątem ewentualnych błędów, takich jak przeciążenia, zwarcia czy uszkodzenia przewodów. Błędy sygnalizowane są za pomocą diody LED na danym porcie, a do systemu sterowania wysyłany jest odpowiedni komunikat.

– Wykorzystujemy pełen zakres możliwości diagnostycznych tych urządzeń – twierdzi Peter Schetter.

Błędy są szybko wykrywane, więc można je niezwłocznie naprawić, a to

skraca czas przestoju. Kierownik projektu wyjaśnia, dlaczego tak ważna jest niezawodność instalacji:

– Nasza produkcja odbywa się na bieżąco, nie tworzymy dużych zapasów, dzięki czemu dostarczamy do sklepów zawsze świeże produkty.

Ponadto, w przemyśle spożywczym nawet niewielki problem może doprowadzić do czasochłonnej awarii, a przed wznowieniem produkcji konieczne jest dokładne oczyszczenie całej instalacji.

Prefabrykowane konektory M12 stosowane są w wielu miejscach instalacji. Projektanci Ritter Sport często instalują również trójniki, aby móc wykorzystać oba kanały do transmisji sygnałów, dzięki czemu do każdego modułu można podłączyć większą liczbę czujników i urządzeń wykonawczych. Przewody dokręcane są kluczem dynamometrycznym, który „ułatwia dostęp do nakrętek nawet na niewielkich przestrzeniach modułu” – jak podkreśla Peter Schetter. Odpowiedni moment obrotowy jest istotny, ponieważ maszyny poddawane są silnym wibracjom, co mogłoby doprowadzić do poluzowania źle dokręconych połączeń.

Najwyższe standardy bezpieczeństwa dzięki MVK Metal Safety

W fabrykach Ritter Sport niezwykle ważne są aspekty bezpieczeństwa, dlatego stosowane są urządzenia zapewniające ochronę ludzi i maszyn. Dla przykładu, mieszadło nie będzie uruchomione, dopóki pokrywy nie zostaną zamknięte. Projektanci Ritter Sport po raz pierwszy wykorzystali elementy systemu bezpieczeństwa, takie jak moduł MVK Metal Safety, który umożliwia przesyłanie danych bezpośrednio poprzez PROFIsafe – rozszerzenie PROFINET. Dzięki temu można było spełnić najwyższe standardy bezpieczeństwa (SIL3 i Ple) bez konieczności stosowania dodatkowego okablowania w szafie sterowniczej. ■



Murrelektronik Sp. z o.o.

ul. Jordana 11
40-056 Katowice
tel. 32-730 00 20
fax 32-730 00 23

e-mail: info@murrelektronik.pl
www.murrelektronik.pl
shop.murrelektronik.pl

reklama

MONITOROWANIE PRĄDU 24 V

MODUŁOWOŚĆ – DOKŁADNIE DO POTRZEB APLIKACJI

NOWOŚĆ!



Mico Pro®

Mico Pro® sygnalizuje graniczne obciążenia i odłącza odpowiednie kanały. Opatentowany proces załączania działa w myśl zasady: „tak szybko, jak trzeba; najpóźniej, jak to możliwe”

- System modułowy
- Monitorowanie do 20 A/kanał
- Zintegrowany blok potencjałów
- Rozbudowana diagnostyka

Targi INNOFORM® – skuteczne narzędzie innowacji

Innowacje w realnych kształtach, know-how liderów branży, grono specjalistycznych Zwiedzających i dopasowana do ich potrzeb oferta Wystawców – przed nami 3. edycja Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®. Przygotowania do imprezy weszły na ostatnią prostą. Na 2 miesiące przed rozpoczęciem Targów udział w nich potwierdziło ponad 150 wystawców z Australii, Austrii, Czech, Hiszpanii, Niemiec, Polski, Portugalii, Turcji, Wielkiej Brytanii oraz Korei Południowej.

Dwa lata. Tylko tyle czasu potrzebały Targi INNOFORM®, by stać się uznaną marką i na stałe zagościć w kalendarzu przedstawicieli branży narzędziowo-przetwórczej. Wpływ miało na to kilka czynników m.in. bardzo atrakcyjna, specjalistyczna oferta Wystawców, premiery maszyn i narzędzi oraz prezentacja innowacyjnych technologii. Przełożyło się to z kolei na olbrzymie zainteresowanie współtworzących wydarzenie Firm. Tylko w ubiegłym roku ofertę zaprezentowało 263 renomowanych producentów i dystrybutorów z Austrii, Czech, Japonii, Korei Południowej, Niemiec, Polski, Słowacji, Wielkiej Brytanii czy Włoch. Wystawcy Targów INNOFORM® reprezentowali specjalistyczne obrabiarki, urządzenia, narzędzia specjalne i skrawające, oprzyrządowanie technologiczne, drukarki 3D oraz specjalistyczne oprogramowanie. W gronie 3000 Gości znaleźli się przedsiębiorcy z kraju i zagranicy – przedstawiciele branży przetwórstwa tworzyw sztucznych, produkcji narzędzi oraz firm zajmujących się obróbką metali. Co więcej, wśród Zwiedzających dużą część stanowiły osoby decyzyjne: właściciele, dyrektorzy i prezesi firm.

Tegoroczna edycja zapowiada się jeszcze ciekawiej niż poprzednie. Nowością trzeciej odsłony wydarzenia jest specjalna Strefa Usług Przemysłowych. Skierowana jest do firm podwykonawczych, które świadczą usługi w zakresie produkcji form, obróbki materiałów, regeneracji narzędzi czy remontów maszyn. Udział w Strefie będzie świetną okazją do pozyskania nowych partnerów i zleceń. Na uczestników czekają nowoczesne modułowe stoiska, które pozwolą na pełne zaprezentowanie oferty.

Kolejną nowością – w aspekcie produktów i usług – będzie prezentacja robotów współpracujących japońskiej firmy FANUC. Charakteryzują się łatwością obsługi i pełną elastycznością. Po wdrożeniu do istniejących środowisk produkcyjnych urządzenia te pracują bezpośrednio z ludźmi, stając się kluczową częścią zespołu. Przejmują monotonne, powtarzalne czynności i podnoszą ciężary do 35 kg, dzięki czemu jednocześnie automatyzują całe linie montażowe i chronią zdrowie pracowników. To rewolucja, która ma za zadanie poprawić bezpieczeństwo na halach produkcyjnych.

Po raz kolejny przedsiębiorcy będą mogli wziąć udział w Giełdzie Kooperacyjnej, która umożliwi nawiązanie bezpośrednich kontaktów biznesowych, a także zapoznanie się z najnowszymi trendami w branży.

Tradycyjnie już na Zwiedzających czekają specjalistyczne obrabiarki, narzędzia do przetwórstwa tworzyw sztucznych, narzędzia skrawające do obróbki metali, urządzenia i materiały do inżynierii odwrotnej, przyrządy i urządzenia kontrolno-pomiarowe, specjalistyczne oprogramowanie CAD/CAM/CAE oraz nowinki ze świata automatyzacji i robotyzacji produkcji.

Targi INNOFORM® to również doskonale skomponowany program towarzyszący, czyli specjalistyczne konferencje, podczas których eksperci zaprezentują najnowsze rozwiązania w dziedzinie produkcji form. Będzie to jednocześnie okazją do wymiany doświadczeń i zapoznania się z nowoczesnymi technologiami. Bydgoski Kłaster Przemysłowy – współorganizator wydarzenia – pierwszego dnia Targów



(12 marca) zaprasza na konferencję pt. „Automatyzacja w branży narzędziowo-przetwórczej w dobie Przemysłu 4.0”. Partnerem konferencji jest High Technology Machines Sp. z o.o. 13 marca odbędzie się druga konferencja, poświęcona technikom przyrostowym w przemyśle narzędziowo-przetwórczym. Jej partnerem jest firma FADO Sp. z o.o.

W dniach 12–14 marca w Bydgoskim Centrum Targowo-Wystawienniczym wszyscy Zwiedzający będą mogli sprawdzić, co oferują największe i najbardziej innowacyjne w branży firmy. Zapraszamy do rejestracji online i odbioru bezpłatnego biletu uprawniającego do zwiedzania Targów INNOFORM® oraz uczestnictwa w bogatym programie towarzyszącym.

Więcej informacji na naszej stronie internetowej: www.innoform.pl. ■

MP240 – monitoring i wizualizacja

Marcin Świetliński

Monitor produkcji MP240 – opracowany i produkowany przez SEM – jest rejestratorem przebiegu pracy, a zarazem tablicą elektroniczną. MP240 zlicza wykonane sztuki, również braki, analizuje czas, tempo i regularność pracy, wylicza wskaźniki OEE oraz zapisuje zgłoszone przez operatora zdarzenia. Spowolnienia i przestoje produkcji są rejestrowane automatycznie, a operator jest obligowany do podania powodów zatrzymań. Duży, trzykolorowy ekran LED pozwala wyświetlać jednocześnie wyniki w liczbach i komunikaty tekstowe. MP240 ma szereg wejść do akwizycji danych, złącze skanera kodów kreskowych, łącze szeregowo i port Ethernet. W pamięci monitora są zapisywane dane o przebiegu pracy nawet 100 zmian produkcyjnych. Są zapamiętywane nazwy produktów, identyfikatory brygad, daty i czasy zmian, a także przebieg pracy w funkcji czasu, w tym przestoje i awarie. Parametry, algorytm pracy i organizacja ekranu monitora mogą być konfigurowane przez użytkownika. Można wybierać dane do wyświetlenia, tworzyć własne opisy i komunikaty, ustawiać kolory i wielkość znaków, ustawiać progi sygnalizowane zmianą koloru. Monitor ma wbudowany webserwer ułatwiający konfigurację, obsługę i podgląd danych z dowolnej lokalizacji. Łącze Ethernet służy też do zapisu zebranych danych jako pliki na zewnętrznym serwerze.

Dodatkowa aplikacja MS Excel pozwala odczytywać zgromadzone dane i obserwować wyniki w postaci tabelarycznej i graficznej. Monitory MP240 są dostarczane jako standardowe oraz, na indywidualne zamówienie, w innych konfiguracjach, z inną wielkością ekranu i dedykowanym oprogramowaniem. ■

www.sem.pl, sem@sem.pl

reklama

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

Monitoring produkcji
Wyświetlacze
Mierniki
Liczniki

www.sem.pl

SEM

KOMEKO 2019

20. Jubileuszowa Konferencja Naukowo-Techniczna
INNOWACYJNE I PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA
TECHNIKI I TECHNOLOGIE PRZERÓBKI SUROWCÓW MINERALNYCH
BEZPIECZEŃSTWO – JAKOŚĆ – EFEKTYWNOŚĆ
25-27 marca 2019 r. – Szczyrk – Hotel „Klimczok”

Institut Techniki Górniczej KOMAG serdecznie zaprasza do wzięcia udziału w konferencji z cyklu KOMEKO. Celem konferencji jest przegląd kierunków rozwoju systemów przerobczych surowców mineralnych z uwzględnieniem relacji człowiek – maszyna – środowisko, wymiana wiedzy i doświadczeń dotyczących wykorzystania innowacyjnych technik i technologii, jak również prezentacja oferty producentów maszyn i urządzeń.

Zakres tematyczny konferencji

- Racjonalna gospodarka surowcami w procesach przeróbki i przetwarzania.
- Najnowsze technologie przeróbki surowców mineralnych.
- Nowe materiały i technologie w produkcji maszyn przerobczych.
- Nowe rozwiązania konstrukcyjne maszyn przerobczych.

- Inteligentne systemy mechatroniczne wspomagające procesy przeróbki.
- Automatyzacja procesów przerobczych.
- Systemy sterowania, diagnostyki i wizualizacji procesów.
- Aspekty ekologiczne w procesach przeróbki.
- Kierunki modernizacji zakładów przerobczych.
- Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w zakładach przerobczych.
- Innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów wydobywczych.
- Technologie zgazowania węgla
- Metody wytwarzania i wykorzystania paliw alternatywnych.
- Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich.

Informacje organizacyjne:
konferencje@komag.eu
www.komag.eu

Sieci komputerowe podstawowym narzędziem w Przemysle 4.0

Piotr Gaj

Koncepcja „Przemysł 4.0” jest ogólnym pomysłem grupującym technologie umożliwiające stworzenie tzw. nowych jakości w komputeryzacji systemów produkcyjnych. Dotyczy to zarówno komputerowo wspomaganých systemów automatyki, informatycznych systemów przemysłowych, jak i nadrzędnych systemów ogólnie postrzeganych jako systemy IT. Jak sama nazwa sugeruje, chodzi o stworzenie nowego podejścia i nowej generacji systemów opartych na najnowszych technikach i technologiach typu Internet Rzeczy (IoT – ang. *Internet of Things*), systemy cybernetyczno-fizyczne (CPS – ang. *Cyber-Physical Systems*), przetwarzanie w chmurze i tzw. mgle (ang. *Cloud/Fog computing*), wykorzystaniu sztucznej inteligencji i dużych zbiorów danych oraz na zaawansowanej komunikacji. Zatem nie



należy rozpatrywać tego podejścia jako technik integracyjnych dla istniejących rozwiązań, lecz jako środki dla tworzenia nowej klasy systemów, nazywanych też często Smart Factories, czyli fabryki inteligentne. Aktualnie tworzenie koncepcji zintegrowanych systemów umożliwiających całkowitą komputeryzację procesów wytwórczych jest głównym trendem rozwojowym w dziedzinie. Należy podkreślić, że mowa tu o systemach zintegrowanych, a nie o integracji systemów.



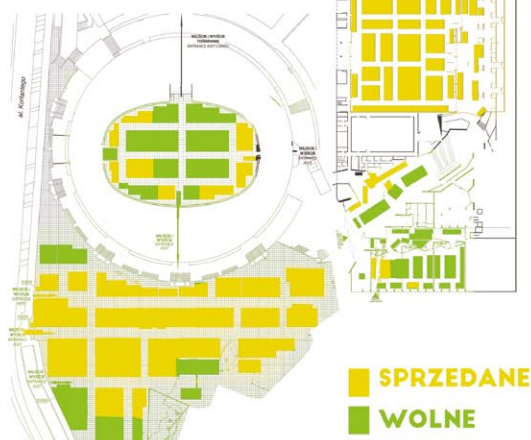
Jednak należy zauważyć, że podstawą funkcjonowania tych wszystkich rozwiązań są sieci komputerowe, zarówno lokalne, jak i rozległe, zarówno biurowe, jak i przemysłowe, włączając w to sieci kablowe, jak również bezprzewodowe. Sieci spajają różnego rodzaju urządzenia i podsystemy, dostarczając danych, na podstawie których budowane są cyfrowe obrazy rzeczywistości. Zwykle są to kompleksowe opisy informacyjne stanu i funkcjonowania aparatury, maszyn, procesów, działów czy wręcz całego przedsiębiorstwa. Wszystko, co się później dzieje z tymi danymi, całe przetwarzanie, sterowanie, wnioskowanie itp., nie funkcjonowałoby bez sieci komputerowych. Stanowią one obecnie swoisty krwioobieg nowoczesnych systemów, choć często są mało widoczne.

Dlatego warto dyskutować i szkolić się w temacie sieci komputerowych. Jednym z ciekawszych wydarzeń na rynku krajowym w dziedzinie wymiany wiedzy o sieciach jest międzynarodowa konferencja Sieci Komputerowe (*Computer Networks*) organizowana od roku 1994 przez pracowników Wydziału Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej wraz z naukowcami z PAN oraz z innych ośrodków akademickich. Tematyka Przemysłu 4.0 oraz zagadnienia pokrewne pojawiają się tam na wykładach zarówno od strony teoretycznej, jak i rozwojowej oraz aplikacyjnej. Prezentowanych jest również szereg innych tematów związanych z sieciami, komunikacją, systemami rozproszonymi, bezpieczeństwem, jakością usług itp. Wydarzenie tego typu jest również doskonałą platformą do nawiązywania współpracy pomiędzy nauką a przemysłem. Konferencja odbywa się w czerwcu w Kamieniu Śląskim.

Szersze informacje o wydarzeniu można znaleźć na stronie <http://cn.polsl.pl>.

dr hab. inż. Piotr Gaj – Politechnika Śląska,
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki

MTGPEiH Targi KATOWICE 2019



**OSTATNIE
WOLNE
MIEJSCA**

10 - 13.09.2019 r.

Targi EkoSpalanie&EkoTechnologie



**EKODESIGN
KOTŁY 5 KLASY**

10 - 13.09.2019 r.

**Elektromobilność
Automatyka
Robotyka
EkoGroszek
Piecze i kotły
Filtry**



**EkoSpalanie
EkoTechnologie**

-50%

do 10.02.2019 r.

marketing@ptg.info.pl www.ptg.info.pl

Spotkanie Lenze Polska na Politechnice Wrocławskiej

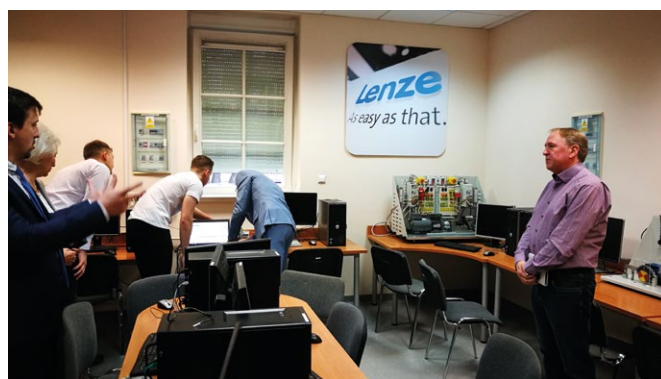
Jednym z kierunków działania Lenze Polska jest współpraca z wyższymi uczelniami technicznymi. Datuje się ona od 2010 roku i dotyczy 12 uczelni w Polsce. Współpraca ta obejmuje:

- coroczne seminaria dla studentów, na których prezentowane są najnowsze trendy w dziedzinie układów napędowych na przykładzie rozwiązań Lenze;
- we współpracy z pracownikami naukowymi uczelni modernizowane są laboratoria napędu elektrycznego;
- w Lenze Polska corocznie studenci odbywają praktyki, w czasie których przygotowują materiały do swoich prac dyplomowych, opartych o rozwiązania Lenze;
- do procesu dydaktycznego, w ramach przedmiotu dotyczącego komputerowego wspomaganie doboru układów energoelektrycznych, wprowadzony został program doboru komponentów układów napędowych DSD;
- zostało przetestowane przez studentów i zostanie wprowadzone do procesu dydaktycznego szkolenie online z zakresu podstaw robotyki;
- produkty Lenze wykorzystywane są w pracach badawczych pracowników naukowych uczelni;
- prowadzone są szkolenia dla pracowników uczelni z zakresu programów, które są wdrażane do procesu dydaktycznego;
- pracownicy uczelni korzystają z rozwiązań opracowanych w Lenze Polska;
- Lenze Polska w 2020 r. będzie brała udział w IEEE-PEMC 2020 – 19th International Conference On Power Electronics And Motion Control organizowanej przez Politechnikę Śląską w Gliwicach.

Aby zacieśnić tę współpracę, w dniu 10 grudnia 2018 roku, w Katedrze Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej odbyło się spotkanie przedstawicieli trzech polskich uczelni technicznych: Politechniki Wrocławskiej, Śląskiej i Poznańskiej, z przedstawicielem LENZE



Spotkanie Lenze Polska na Politechnice Wrocławskiej



Laboratorium Automatyki i Napędu Elektrycznego

Niemcy – inż. Michaeliem Mayem oraz przedstawicielami firmy LENZE Polska – mgr. inż. Adamem Deptą i mgr. inż. Kamilem Renkowskim. Gospodarzem spotkania była Pani prof. dr hab. inż. Teresa Orłowska-Kowalska, Kierownik Katedry Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych.

Spotkanie było jednocześnie podsumowaniem dotychczasowej współpracy wspomnianych trzech uczelni technicznych i firmy LENZE w zakresie szeroko rozumianej dydaktyki akademickiej oraz próbą nakreślenia dalszych działań na linii uczelnia – przemysł.

W ramach spotkania przedyskutowano szereg zagadnień, dotyczących kształcenia studentów na różnych stopniach studiów, zarówno w sposób tradycyjny, w laboratorium, jak i online, przez Internet. Kursy online były jednym z kluczowych zagadnień omawianych podczas tego spotkania. Obecni na spotkaniu studenci kierunku studiów Automatyka i Robotyka (III rok) otrzymali nagrody za udział w szkoleniach z zakresu robotyki i certyfikaty pozytywnie zaliczonego testu kończącego te szkolenia. Pan Michael May podzielił się z uczestnikami spotkania swoimi doświadczeniami we współpracy w zakresie szkoleń z uczelniami w Niemczech.

Wszyscy uczestnicy spotkania zgodzili się, że jest to dobry sposób na wspomaganie kształcenia studentów, oprócz tradycyjnych wykładów, laboratoriów i projektów. Oprócz tematu szkoleń, dyskusja podczas spotkania dotyczyła wielu różnych zagadnień, takich jak prace inżynierskie/magisterskie o tematyce związanej z produktami i działalnością LENZE, praktyki przemysłowe, tradycyjne kursy dla pracowników i studentów w siedzibie firmy w Katowicach, zagadnień przyszłych prac badawczych, oprogramowania DSD firmy LENZE do doboru poszczególnych elementów układu napędowego oraz oprogramowania FAST umożliwiającego wykorzystanie gotowych modułów maszynowych w parametryzacji układów napędowych kompletnych linii produkcyjnych.

W trakcie jednodniowego spotkania uczestnicy zobaczyli również szereg laboratoriów Katedry Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, w tym Laboratorium Sterowania Urządzeniami i Napędami Przemysłowymi, Laboratorium Automatyki Przemysłowej oraz Laboratorium Automatyki Napędu Elektrycznego. To ostatnie, dzięki wsparciu okazanemu przez firmę LENZE Polska, wyposażone zostało w nowoczesne sterowniki PLC oraz zestawy napędowe z przemiennikami częstotliwości i silnikami prądu przemiennego. Nakładem środków finansowych Katedry, a przede wszystkim dzięki pomysłom



Wręczenie certyfikatu ukończenia szkolenia online

i projektem kilku nauczycieli akademickich Katedry, zestawy te pomagają studentom kierunków Elektrotechnika, Mechatronika oraz Automatyka i Robotyka poznać zagadnienia współczesnych, nowoczesnych układów napędowych z silnikami indukcyjnymi i PMSM.

Spotkanie było doskonałym podsumowaniem dotychczasowej owocnej współpracy na linii Politechniki – firma LENZE i potwierdzeniem chęci do dalszej współpracy z obu stron. ■

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

Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2017–2018


Marian A. Partyka, Alfred Paszek

1. Wprowadzenie

Rozwój technologii informacyjnych w przedsiębiorstwach w istotny sposób ułatwia dostęp do różnorodnych informacji biznesowych. Przedsiębiorstwa powinny dostosować swoją ofertę do potrzeb rynku, przy wzrastających wymaganiach klientów. W warunkach istniejącej konkurencji należy zwrócić szczególną uwagę na prowadzenie działań związanych z właściwym marketingiem oraz doskonaleniem wizerunku firmy. Dotyczy to nie tylko nowych firm, dopiero wchodzących na rynek, ale także firm z ugruntowaną już pozycją. W logistycznym łańcuchu dostaw klienci szukają przede wszystkim sprawdzonych informacji na temat tego, co spełniłoby ich oczekiwania, np. w zakresie współpracy i kooperacji. Z tego też względu firmy powinny dokonać wyboru odpowiedniego źródła reklamy i prezentacji swoich produktów. Jednym z podstawowych i wiarygodnych źródeł informacji o ofercie firm działających w wybranych sektorach przemysłu są katalogi branżowe.

Katalogi branżowe to profesjonalnie uporządkowane i stale aktualizowane różnorodne bazy dostawców, produktów, usług, szkoleń itp. Dzięki drzewiastej strukturze i przydzieleniu każdej informacji do odpowiedniego działu stanowią one niezastąpione źródło kontaktów biznesowych dla specjalistów poszukujących nowych dostawców i partnerów biznesowych. Większość ogólnych katalogów grupuje informacje zbyt pobieżne, nie prezentując dokładnych szczegółów. Przewaga katalogów branżowych nad ogólnymi polega na tym, że każdej z wyróżnionych dziedzin poświęcony jest oddzielny zakres tematyczny, a informacje pogrupowane są zazwyczaj w wielu szczegółowych kategoriach. Dzięki temu można szybko znaleźć potrzebne informacje np. na temat dostawców z branży, którzy oferują dokładnie te produkty, usługi bądź szkolenia, których poszukujemy. Każda pozycja w katalogu posiada szczegółowy odnośnik, w którym znajdziemy np. opis działalności firmy, charakterystykę produktu, rodzaj oferowanej usługi oraz dane kontaktowe do dostawcy. Wyszukiwanie informacji w katalogach branżowych pozwala znacznie zaoszczędzić czas, a zebrane i opracowane dane są ważną alternatywą dla innych źródeł informacji. Katalog Branżowy miesięcznika „Napędy i Sterowanie” zawiera uporządkowany tematycznie i alfabetycznie spis firm oferujących swoje produkty i usługi dla szeroko pojętej branży technicznej. Każda firma jest przydzielona do określonych szczegółowych zakresów funkcjonalności. Odbiorca znajduje

Streszczenie: Artykuł prezentuje analizę porównawczą firm działających na polskim rynku w zakresie hydrauliki, pneumatyki, napędów i innych. Opracowanie zawiera opis dynamiki zmian zachodzących w wybranych firmach i przedsiębiorstwach w poszczególnych sektorach przemysłu. Wykonana analiza porównawcza uwzględnia ilościowe i jakościowe aspekty, wynikające z danych zgromadzonych w latach 2017 i 2018.

 **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY OF FIRMS ACCORDING TO THE BRANCH CATALOGUE „NAPEŁDY I STEROWANIE” („DRIVES AND CONTROL”) FROM THE YEARS 2017 AND 2018**

Abstract: *The article presents a comparative analysis of companies operating in the Polish market of hydraulics, pneumatics, drives and others. This elaboration contains a description of the dynamics of changes taking place in selected companies and enterprises in particular industry sectors. The comparative analysis takes into account the quantitative and qualitative aspects resulting from the data collected in 2017 and 2018.*

w Katalogu m.in. dane teleadresowe firm oraz istotne informacje o profilu ich działalności. Katalog wydawany jest w formie książkowej oraz elektronicznej. Ma wypracowaną dobrą pozycję na rynku i ułatwia nawiązywanie nowych kontaktów biznesowych [1, 2].

W celu uzyskania właściwego obrazu sytuacji panującej na rynku należy przeprowadzić wnikliwą jego analizę, korzystając przy tym z wiedzy pozyskanej z różnorodnych źródeł. Katalogi branżowe stanowią istotne źródło wiedzy na ten temat, oferując możliwość bezpośredniego porównania różnych czynników związanych z prezentowanymi firmami. Dzięki temu można zauważyć zmiany, jakie zachodzą na polskim rynku np. w hydraulice, pneumatyce, napędach i automatyce. Odbywa się to zgodnie z wprowadzonymi kluczami poszukiwań informacji, związanymi z funkcjami kierunkowymi przedsiębiorstw [3, 4, 5].

2. Zestawienie analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie”

Dokonywana regularnie raz w roku analiza porównawcza dwóch lub trzech katalogów z lat poprzednich pozwala na zobrazowanie ciągłych zmian zachodzących na rynku. Jest to związane z dostosowywaniem się istniejących firm do obecnych trendów oraz wchodzeniem nowych firm z ofertą spełniającą wymagania potencjalnych klientów [3, 4, 5].

Analiza porównawcza wybranych przedsiębiorstw przeprowadzona została dla podstawowych funkcji kierunkowych, które zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Funkcje kierunkowe analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw

F1	Aparatura kontrolno-pomiarowa	F7	Napędy
F2	Automatyka przemysłowa	F8	Oprogramowanie
F3	CAD/CAM/CAE	F9	Robotyka
F4	Elementy i systemy hydrauliczne	F10	Systemy zasilające
F5	Elementy i systemy pneumatyczne	F11	Utrzymanie ruchu
F6	Energoelektronika	F12	Oleje przemysłowe

W tabelarycznym zestawieniu funkcjonalności poszczególnych przedsiębiorstw użyto oznaczenia, których objaśnienie zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Wykaz oznaczeń analizy porównawczej

○	Firmy z Katalogu Branżowego 2017
●	Firmy z Katalogu Branżowego 2018
⊙	Firmy z Katalogu Branżowego 2017 i 2018

Tabela 3 zawiera zestawienie analizy porównawczej funkcjonalności poszczególnych przedsiębiorstw według danych zawartych w odpowiednich Katalogach Branżowych „Napędy i Sterowanie” z lat 2017 i 2018.

Tabela 3. Zestawienie analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw w latach 2017-2018

Nazwa firmy	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
3K TECH Tomasz Kubacki				⊙								
AB-MICRO Sp. z o.o.		⊙	⊙					⊙				
ABB Sp. z o.o.											⊙	
ABC CONTROL – Rafał Kuder		⊙									⊙	
ABUS Crane Systems Polska Sp. z o.o.												⊙
Ad Moto Rafał Zawisz												⊙

Nazwa firmy	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Advantech Poland Sp. z o.o.		●										
AEA TECHNIQUE	⊙											
AKTIM Sp. z o.o.											○	
Alfa-Net Sp. z o.o. Sp. k.								●				
ALLMAR Dystrybutor Automatyki Siemens		⊙					⊙					
ANIRO Sp. z o.o.		⊙					⊙					
APP Sp. z o.o.		○										
APS Automatyka Przemysłowa Serwis, HEIDENHAIN	●	●									●	
ARGO-HYTOS Polska Sp. z o.o.	○			○							○	
ARMEL Producent Obudów							⊙					
ARNAP Sp. z o.o.							●				⊙	
ARVENS Julian Justyński, METRIS.PL	●						●				●	
ASC AUTOMATYKA SYSTEMÓW CHŁODNICZYCH Sp. z o.o.		⊙					⊙					
ASKOM Sp. z o.o.		⊙						⊙				
ASTOR Sp. z o.o.		○						○	○	○	○	
Automation Trader		⊙										
Automationstechnik Sp. z o.o.		⊙							⊙		⊙	
Automore Sp. z o.o. – PENRITE												○
B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Badania Termowizyjne TERMOCERT											⊙	
BAUMER Sp. z o.o.	⊙	●							●			
Beckhoff Automation Sp. z o.o.		⊙										
BEDIA Motorentechnik GmbH & Co. KG	⊙											
BEFARED Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów							⊙					
BELIMO Siłowniki SA							○					
BERNASZEWSKI Sp. z o.o.		○										

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
BHU „FART”	○											
BIALL Sp. z o.o.	⊙											
BIBUS MENOS Sp. z o.o.				•	⊙		⊙					
BIKOM-PPHU Ewa Białozorczyk		⊙										
Biuro Inżynierskie Maciej Zajączkowski	⊙	⊙					⊙				⊙	
BIURO INŻYNIERSKIE ZAJĄCZKOWSKI	○											
Blumenbecker Engineering Polska Sp. z o.o.		⊙						⊙	⊙			
Bosch Rexroth Sp. z o.o.		⊙		⊙			⊙					
BP Techem SA												○
BREMAS ERSCE BELTRADE Sp. z o.o.		⊙										
BTT AUTOMATYKA Sp. z o.o.		⊙				⊙	⊙				⊙	
C. Otto Gehrckens GmbH & Co.RG				⊙	⊙							
CANTONI MOTOR SA							⊙					
CCIBA Sp. j.	○											
CEL-MAR Sp. j. Zakład Informatyki i Elektroniki		⊙										
Centrum Elektroniki Stosowanej CES Sp. z o.o.		⊙				⊙	⊙				⊙	
Centrum HYDRAULIKI DOH Sp. z o.o.				⊙								
Centrum Taśm i Pasów Szczeban Jurek												⊙
Clausohm Polska Sp. z o.o.		⊙										
Cloos Polska Sp. z o.o.										⊙		
Coleman International Sp. z o.o.		⊙										
COMEX SA											⊙	
CompArt Automation Zajdel Spółka Jawna		⊙										
CONEC Polska Sp. z o.o.		⊙										
CoNStel Sp. z o.o.		⊙										
CONTROL-SERVICE		⊙					⊙					

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
DACPOL Sp. z o.o.		⊙				⊙				⊙	⊙	
DAMEL SA							⊙					
Danfoss Poland Sp. z o.o.							⊙					
DEKRA Polska Sp. z o.o.	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙				⊙	
Delta Technika Sp. z o.o.					⊙							
EATON ELECTRIC Sp. z o.o. Eaton Electrical Group		○					○					
EBRO ARMATUREN Sp. z o.o. Oddział w Polsce							•					
EL-CAB Sp. z o.o.	⊙	⊙										
el Giro		•										
ELAUTEC KRAKÓW		•										
ELBOK Sp. j. Kazimierz Babczyk, Wiesław Oskędra		⊙										
ELEKTRO-AUTOMA- TIC		⊙			⊙							
Elektroniczne Wagi Przemysłowe Sp. z o.o. Sp. K.	⊙											
ELHAND TRANSFORMATORY Sp. z o.o.						⊙	⊙			⊙		
ELMARK Automatyka Sp. z o.o.	⊙	⊙										
ELMODIS Sp. z o.o.											•	
ELOKON Polska Sp. z o.o.		•										
Elteco SC		○										
EMA-ELFA Sp. z o.o.		•										
ENEL-AUTOMATYKA Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Energoelektronika. com.pl						⊙						
EPS SYSTEM											•	
E-T-A Elektrotechni- sche Apparate GmbH		⊙										
EURA Drives Polska							○					
Eurotrafo Sp. z o.o.						•				•		
EX-BOX										○		

ANALIZA OLEJU MOŻE BYĆ TWOJĄ PIERWSZĄ LINIĄ OBRONY!

Środki smarowe to nasza pasja. Dla Ciebie to fundament realizacji istotnych funkcji w systemie technicznym Twojego parku maszynowego. Powierz Serwisowi Olejowemu LOTOS Oil zarządzanie gospodarką smarowniczą. Korzystaj z naszego doświadczenia, tak jak wiele renomowanych firm w kraju i za granicą. Zyskaj gwarancje najwyższej jakości produktów, bezawaryjność maszyn i minimalizację kosztów eksploatacji. Wykorzystaj analizę olejową do monitorowania stanu maszyny i środka smarowniczego i zabezpiecz swoje interesy!

Oferta dostosowana do Twoich potrzeb:

- bezpłatny audyt gospodarki smarowniczej w przedsiębiorstwie;
- pomiary online za pomocą bezpośredniego próbkowania z maszyn u klienta;
- pielęgnacje układów olejowych (filtry, pompy);
- profesjonalny serwis środków smarowych: napełnianie i oczyszczanie układów, filtracje olejów i cieczy roboczych;
- pomiary własności oleju: klasa czystości (ISO, NAS, SAE, GOST), stopień nasycenia wodą, temperatura oleju, lepkość oleju w danej temperaturze i 40C, liczba kwasowa, zasadowa, ilość osadów, zawartość ścieru Fe i inne;
- mikroskopowe pomiary klasy czystości oleju (ISO, NAS, GOST) z raportem składu granulometrycznego cząstek zanieczyszczeń oraz zdjęciami i opisami rodzajów cząstek;
- szczegółowe analizy laboratoryjne olejów, zawierające pomiary podstawowych własności fizykochemicznych, powierzchniowoczynnych, zawartości pierwiastków od zużycia dodatków wraz z komentarzem i oceną stanu oleju;
- komentarze do badań;
- doradztwo techniczne w zakresie olejów smarowych, problemów eksploatacyjnych i serwisu;
- szkolenia pracowników w tematyce olejowej.

Żaden test nie mówi całej historii. Interpretacja wyników testu wymaga umiejętności. LOTOS LUBRICATION SERVICE - nasza wiedza, Twoja pewność.



Kontakt bezpośredni:
tel. +48 32 323 74 82
kom. +48 500 148 593
kom. +48 505 050 099
e-mail: lotosoil.serwis@lotosoil.pl



Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
Expo Silesia Sp. z o.o.												●
Fabryka Kabli MADEX Sp. j.		●										
FAMUR S.A.		●										
FAULHABER Polska Sp. z o.o.							•					
FENA Sp. z o.o. Fabryka Elementów Napędowych							●					
Festo Sp. z o.o.		●		●		●	●	●		●		
FINDER Polska Sp. z o.o.						•						
GALIKA Sp. z o.o.							●					
GAZELA Mechanika Maszyn			●									
„GHT” Grażyna Wodzińska-Krzakała		●										
Gigaom M. Hulacki, P. Wosz Sp. j.		●										
Grupa Azoty AUTOMATYKA Sp. z o.o.	●	●				●	●	●				●
Grupa Cantoni CELMA INDUKTA SA							•					
Grupa Cantoni Fabryka Silników Elektrycznych BESEL SA							•					
Grupa Cantoni Zakład Maszyn Elektrycznych EMIT SA							•					
GS-Hydro Sp. z o.o.				○								
Guenther Polska Sp. z o.o.	○	○										○
Hansford Sensors Sp. z o.o.	●										•	
HARTIMEX Sp. z o.o.	●	●										
HEKTOS Sławomir Pokraka	●		●	●		●						
HF Inverter Polska Sp. C.							•					
HITIN Sp. z o.o.	○	○										
HYDAC Sp. z o.o.				●								
Hydraulika Siłowa Piotr Napieralski				●								
HYDRO-HURT II				•								
HYDROMAR ZHS				•								

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
HYDROMEGA Sp. z o.o.				●								
HYDROPNEUMAT SC					○							
HYDROSET Sp. z o.o.				•			○					
igus Sp. z o.o.		●							●	●	●	
IMCON-INTEC SC Ryszard Siurek i Halina Pasek-Siurek		●								●		
IMI International Sp. z o.o. Oddział Precision Engineering		●			●						●	
IMPOL-1 F. Szafrński Sp. j.	●	●								●		
INDASOL Industrial Solution							○				●	
INS Ewa Porzych Przedstawiciel KIS Antriebstechnik GmbH w Polsce											●	
INSTOM Sp. z o.o.		●										
Instytut Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe		●										
INTER-CONSULTING Wydział Elektroenergetyki											●	
INTROL Sp. z o.o. Sp. k.	●	●					●					
Invertex Drives Polska Sp. z o.o.		●					●				●	
Invertim Bis SC Biuro Techniczno-Handlowe							○					
IZO-ERG SA Zakłady Tworzyw Sztucznych							○					
JADAN Automatyka Sp. z o.o.		●					●					
JEAN MUELLER POLSKA Sp. z o.o.						●						
JOTES Stanisław Jackowski		●										
JPEmbedded s.c.		○						○				
KACPEREK MECHANIKA MASZYN		●					●				●	
KARCZ Polska Radiowe Sieci Danych		●										
KBR Magneto Sp. j.		•				•				•		
KIPP Polska Sp. z o.o.											•	

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
Kobold Instruments Sp. z o.o.	⊙											
KOLARZOWSKI, HYDRAULIKA SIŁOWA, PNEUMATYKA, STEROWANIE		•		•	•							
KOMERC Sp. z o.o.							⊙					
KOM-ODLEW Komputerowe Systemy Inżynierskie Sp. z o.o.			⊙									
Kompania Elektroniczna Sp. z o.o.	•	•				•	•					
KONECRANES Sp. z o.o.											○	
Krotech Construction Sp. z o.o.		•			○		○				⊙	
KROTECH Marcin Korczak					•		•				•	
KTR Polska Sp. z o.o.	⊙	⊙		⊙			⊙					
Kubler Sp. z o.o.	•	○										
LAB-EL Elektronika Laboratoryjna Sp. j.	⊙											
Lenze Polska Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Limatherm Sensor Sp. z o.o.	⊙	⊙										
LOVATO ELECTRIC Sp. z o.o.	⊙	⊙				⊙	⊙			⊙		
MADEJSKI Spółka Jawna				⊙								
Maus Electronics Sp. z o.o.											○	
MBB SC							○					
MERA EX Sp. z o.o.						○						
Merrid Controls Sp. z o.o.		•										
Mersen Polska Sp. z o.o.						⊙	⊙			⊙	⊙	
MICROSYS spol. s r.o.		⊙										
MIKRONIKA		⊙						⊙				
MILEX						○						
Mitsubishi Electric Europe B.V. (Sp. z o.o.)		⊙					⊙	⊙				
MOJ SA							•				•	
Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.		•		•		•					•	

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
Multiprojekt KRAKÓW		○			○		○				○	
Murrelektronik Sp. z o.o.		⊙										
NaviNet		•										
NIVUS Sp. z o.o.	⊙											
NORD Napędy Sp. z o.o.		⊙					⊙					
NORKOM		⊙										
NOVA Piotr Bitner Danuta Bitner Spółka Jawna	•	•		•	•		•				•	
Nowimex S.C.											•	
Oberon 3D L.Pietrzak i Wspólnicy Sp.j.	•											
OPTOSOFT Sp. z o.o.	⊙											
PAKS'D Sp. z o.o.				⊙								
Parker Hannifin Sales Poland Sp. z o.o.	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙					
Partner Serwis Sp. z o.o.							⊙				⊙	
PATECH		⊙										
PCSCHMATIC				⊙								
PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.	•	•									•	
pf electronic Sp. z o.o.		⊙										
PHU HYDRO-SERWIS				⊙								
PHU NOVA P.D. Bitner	○	○		○	○		○				○	
PIN Andrzej Nosal		⊙										
Pneumat System Sp. z o.o.					⊙							
PNEUMATIK SA					•						⊙	
Powergate Sp. z o.o.		•					⊙			○		
PPUH POLWENT EXPORT-IMPORT Jacek Korczyk							⊙					
PPUH STERPOL		⊙										
PRODUS SA		⊙										

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
PROGRES AUTOMATYKA Sp. z o.o.		•									⊙	
PROMET Spółdzielnia Niewidomych		⊙										
Propes Sp. z o.o.		⊙										
Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowe HYDEX Sp. z o.o.				⊙								
Przedstawicielstwo Handlowe Paweł Rutkowski (KAMERY - IR)	•											
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP									•			
PTH PNEUMATIC COMPLEX Sp. j.		•							•			
PW HYDROKOB Bogumił Kobiela				•								
RAControls Sp. z o.o.		•					•	•				
Radius-Katowice J. Wzięch - H. Wzięch Technika Napędów							•					
RELPOL SA	○	○				○	○				○	
Reo Cromax Sp. z o.o.		⊙				○	⊙				•	
Rittal Sp. z o.o.		○										
Rossi Polska Sp. z o.o.							•				•	
SANYU Sobczak Sp. j.							⊙					
Schrack Technik Sp. z o.o.	⊙	⊙					⊙	⊙		⊙	⊙	
SDS-Automatyka Sp. j.		⊙									○	
SEM	•	•										•
SENSORCOM Automatyka Przemysłowa i Energetyka		⊙					⊙				⊙	
SEW-EURODRIVE							⊙				⊙	
SGB-SMIT Transformers Polska										⊙		
SIBA Polska Sp. z o.o.	⊙	⊙				⊙				⊙	⊙	
SICK Sp. z o.o.		•										
SIMEX Sp. z o.o.	•	•										
SITI-POL Sp. z o.o.							⊙					

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
SKAMER-ACM Sp. z o.o.		⊙										
SOLID LINK Sp. z o.o.		⊙				⊙						
Staubli Łódź Sp. z o.o.	⊙	⊙		⊙	⊙	○			•		⊙	
Stauff Polska Sp. z o.o.				•								
Steinlen Polska Sp. z o.o.							⊙				⊙	
STERNET Sp. z o.o.							•					
STERNISKO INDUSTRY											○	
.steute Polska		⊙									⊙	
Stoltronic Polska Sp. z o.o.		•										
Synergy Oil (Chevron)												○
TAKOM Sp. z o.o.		•										
TARGI KIELCE SA	•											
TB-Automation BH Kraków		•										
TECHMAK Sp. z o.o.				•	•							
Techno Plus Sp. j.							⊙					
TECHNOKABEL SA	⊙	⊙					⊙			⊙	⊙	
TERM Tomasz Sobczak		⊙					⊙	⊙			⊙	
TERMOAPARATURA WROCŁAW	○	○										
Tespol Sp. z o.o.	○											
TEST-THERM Sp. z o.o.	⊙											
TMEIC Europe Limited	⊙	⊙					⊙					
TRASKO AUTOMATYKA Sp. z o.o.		○										
TR Automatyka Sp. z o.o. Sp. k	⊙											
TRANSTOOLS Sp. z o.o.				⊙			⊙					
Tripus Polska Sp. z o.o.							⊙					
TRONIA Sp. z o.o.	⊙											
Tubes International Sp. z o.o.		⊙		⊙	⊙						⊙	

FAULHABER BX4

Weż w garść precyzję



© Schunk



WE CREATE MOTION

Systemy napędowe FAULHABER do chwytaków elektrycznych

Przy chwytaniu i przemieszczaniu małych i średnich elementów niezbędne są elastyczna siła i duża prędkość - zarówno w pracy automatycznej jak i we współpracy z człowiekiem. Systemy chwytaków elektrycznych charakteryzują się czułością i elastycznością sterowania siłą chwytania oraz precyzyjną i zsynchronizowaną pracą w najmniejszych przestrzeniach i przy zachowaniu maksymalnej dynamiki.

W zakresie rozwiązań napędów, wiodący producent polega na technologii oraz know-how firmy FAULHABER.

Więcej informacji: www.faulhaber.com/gripper/en
FAULHABER Polska sp. z o.o. · info@faulhaber.pl

Nazwa firmy	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
TURCK Sp. z o.o.		⊙										
TWERD Zakład Energoelektroniki		⊙				⊙	⊙			⊙		
TWP Sp. z o.o.							⊙					
TWT Beata, Jacek, Przemysław Turscy		⊙										
TZ Polska Sp. z o.o.							•					
ULTIMA		•										
UniMachines – giełda maszyn, MASZYNERIA Sp. z o.o.									⊙			
VACON®, Danfoss Poland Sp. z o.o.							⊙					
VIX Automation								⊙				
Voith Turbo Sp. z o.o.							⊙					
Wamtechnik Sp. z o.o.										⊙		
WIKA Polska Sp. z o.o. Sp. k.	⊙											
WROPOL Engineering			⊙									
ZAE Sp. z o.o.		⊙										
Zakład Automatyki KOPOL		⊙										
Zakład Automatyki ZREMB Warszawa Sp. z o.o.		•										
Zakład Hydrauliki Sito-wej HYDROMECH SA			○									
Zakład Instalacji Elektrycznej ELEKTROVAT Damian Mrozik		•					•					
ZAKŁAD PRODUKCJI URZĄDZEŃ AUTOMATYKI Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Zakład Przemysłowych Systemów Automatyki Sp. z o.o.		⊙										
Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o.		⊙					⊙					
ZAP Robotyka Sp. z o.o.									⊙			
ZŁOTE RUNO Sp. z o.o.	⊙											
ZW Radiolex Sp. z o.o.		⊙										

3. Wyniki analizy porównania funkcjonalności przedsiębiorstw

Na podstawie porównania funkcjonalności przedsiębiorstw pokazanego w tabeli 3 można stwierdzić, że firmy starają się utrzymać na odpowiednim poziomie swoją ofertę produktową, dzięki czemu potrzeby potencjalnych klientów zostają w dużym stopniu zaspokojone. Przeprowadzona została analiza ilościowa firm występujących w Katalogach Branżowych „Napędy i Sterowanie” z lat 2017 i 2018 w poszczególnych funkcjach kierunkowych. Uzyskane wyniki tej analizy zawiera tabela 4.

Tabela 4. Analiza ilościowa firm w latach 2017 i 2018

Funkcja kierunkowa	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂
Liczba firm w 2017 roku	43	106	3	24	16	19	69	9	12	16	46	3
Liczba firm w 2018 roku	44	120	3	29	18	19	74	9	14	19	47	1

Porównując dane zawarte w tabeli 4, można stwierdzić większy wzrost liczby firm w roku 2018 w stosunku do roku 2017 dla następujących funkcji: F₂ (automatyka przemysłowa), F₄ (elementy i systemy hydrauliczne) oraz F₇ (napędy). Mniejszy wzrost odnotowano dla funkcji: F₁, F₅, F₉, F₁₀ i F₁₁. Zauważono znaczny spadek liczby firm (z 3 do 1) dla funkcji F₁₂ (oleje przemysłowe), a dla pozostałych funkcji (F₃, F₆ i F₈) nie odnotowano żadnych zmian.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 4 można wyciągnąć również wnioski dotyczące możliwości wyboru firm w danym roku przez potencjalnych klientów w określonych funkcjach kierunkowych:

- największy wybór występuje w obszarze automatyki przemysłowej (F₂) – 120 firm w roku 2018, a dalej – napędów (F₇) oraz utrzymania ruchu (F₁₁);
- najmniejsze pole wyboru klienci mają w następujących obszarach: olejów przemysłowych (F₁₂) – tylko jedna firma w roku 2018, a dalej CAD/CAM/CAE (F₃) – 3 firmy oraz oprogramowania (F₈); tym samym można zauważyć, że branża IT w katalogach jest reprezentowana przez niewielką liczbę firm. W zakresie analizy jakościowej zestawienia firm w badanym okresie (tabela 3) można wyciągnąć następujące wnioski związane z przedstawianym rynkiem, a mianowicie:

1. Firmy prowadzące szeroką działalność w zakresie co najmniej czterech funkcji kierunkowych, np.:
 - Biuro inżynierskie Maciej Zajączkowski – aparatura kontrolno-pomiarowa (F₁), automatyka przemysłowa (F₂), napędy (F₇) i utrzymanie ruchu (F₁₁);
 - BTT AUTOMATYKA Sp. z o.o. – automatyka przemysłowa (F₂), energoelektronika (F₆), napędy (F₇) i utrzymanie ruchu (F₁₁);
 - Centrum Elektroniki Stosowanej CES Sp. z o.o. – automatyka przemysłowa (F₂), energoelektronika (F₆), napędy (F₇) i systemy zasilające (F₁₀) itd.
2. Firmy wyspecjalizowane w zakresie jednej funkcji kierunkowej, np.:
 - 3K TECH Tomasz Kubacki – elementy i systemy hydrauliczne (funkcja F₄);

- ABUS Crane Systems Polska Sp. z o.o. – utrzymanie ruchu (F11);
 - AEA TECHNIQUE – aparatura kontrolno-pomiarowa (F1) itd.
3. Firmy, które umieściły swoją ofertę dopiero w Katalogu Branżowym w 2018 roku, a nie było ich w Katalogu w 2017 roku, np.:
 - Alfa-Net Sp. z o.o. Sp. k.;
 - APS Automatyka Przemysłowa Serwis, przedstawiciel firmy HEIDENHAIN;
 - ARVENS Julian Justyński, METRIS.PL itd.
 4. Firmy, które były obecne w Katalogu w 2017 roku, a nie zamieściły swojej oferty w Katalogu w roku 2018, np.:
 - APP Sp. z o.o.;
 - ARGO-HYTOS Polska Sp. z o.o.;
 - ASTOR Sp. z o.o. itd.
 5. Firmy, które zmieniły zakres swojej oferty poprzez rozszerzenie swojej działalności w 2018 roku, np.:
 - BIBUS MENOS Sp. z o.o. – w zakresie elementów i systemów hydraulicznych (F4);
 - ELMARK Automatyka Sp. z o.o. – w zakresie utrzymania ruchu (F11);
 - PNEUMATIK SA – w zakresie elementów i systemów pneumatycznych (F5) itd.
 6. Firmy, które w roku 2018 ograniczyły swoją ofertę o wybrane funkcje w stosunku do roku poprzedniego, np.:
 - INDASOL Industrial Solution – w zakresie napędów (F7);
 - Powergate Sp. z o.o. – w zakresie systemów zasilających (F10);
 - SDS-Automatyka Sp.j. – w zakresie utrzymania ruchu (F11) itd.
 7. Firmy, które dokonały przebranżowienia swojej oferty zawartej w katalogach poprzez zamianę funkcji kierunkowych w latach 2017 i 2018, np.:
 - HYDROSET Sp. z o.o. – z napędów (F7) na elementy i systemy hydrauliczne (F4);
 - Kubler Sp. z o.o. – z automatyki przemysłowej (F2) na aparaturę kontrolno-pomiarową (F1).
 8. Zmiana nazwy firmy w latach 2017–2018, np.:
 - Multiprojekt KRAKÓW → Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.;
 - PHU NOVA P.D. Bitner → NOVA Piotr Bitner Danuta Bitner Spółka Jawna.
 9. Firmy, które występują w opisach ustalonej działalności i jednocześnie w spisie reklam, np.: Bosch Rexroth Sp. z o.o., Conec Polska Sp. z o.o. itd.
 10. Firmy występujące w spisie reklam Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” 2018.

Analiza danych zawartych w tabeli 3 pozwala zauważyć, że większość firm nie zmieniła kierunku swojej działalności. Firmy te tworzą pewien wizerunek wśród potencjalnych klientów i pogłębiają swoją specjalizację. Trend ten jest w zupełności zrozumiały w aspekcie przetrwania na rynku w warunkach konkurencji, gdzie tylko ścisła specjalizacja pozwala na utrzymanie pozyskanych klientów. Należy zauważyć, że tylko niektóre firmy rozszerzyły swoją działalność w celu pozyskania nowej branży, a tym samym nowych klientów.


W Katalogu Branżowym z roku 2018 pojawiło się 51 nowych firm w porównaniu do Katalogu z roku 2017. Jest to dość duża liczba w stosunku do całkowitej liczby 262 firm objętych analizą. Potwierdza to, że Katalog Branżowy „Napędy i Sterowanie” cieszy się dużym zainteresowaniem, również wśród nowych firm, które widzą w nim istotną możliwość przedstawienia swojej oferty. Jednocześnie odnotowano 36 przypadków tzw. „zniknięcia” firm z Katalogu w roku 2018 w porównaniu z rokiem 2017. Może to być spowodowane różnymi sytuacjami, np.: firma ulegnie rozwiązaniu i zakończy swoją działalność, zmiana nazwy firmy lub też umieszczenie firmy w spisie reklam. Porównując jednak zestawienie firm dla wykonanej analizy z zestawieniami firm, które znalazły się we wcześniejszych pracach [3, 4, 5], można stwierdzić, że większość firm pojawiła się już w Katalogach Branżowych z ubiegłych lat.

4. Podsumowanie

Przedstawiona analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogów Branżowych „Napędy i Sterowanie” 2017 i 2018 stanowi formalizację graficzną, która pozwala na zobrazowanie aktualnej sytuacji, jaka panuje na polskim rynku. Obecna praca jest kontynuacją cyklu analizy porównawczej, do którego należą już wcześniej opublikowane prace, m.in. [3, 4, 5]. Można zauważyć, że występuje pewna stabilizacja na polskim rynku produktów i usług. Należy jednak nadal śledzić zmiany na rynku, aby podejmować właściwe decyzje. W tym celu niezbędne jest wykonanie analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw, która wspomaga procesy podejmowania decyzji w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Analiza wymaga aktualizacji wykazu przedsiębiorstw, w czym bardzo pomocne okazują się Katalogi Branżowe „Napędy i Sterowanie”. Wyniki analizy, zawarte w tabeli w postaci graficznego zestawienia, pozwalają na szybkie znalezienie wybranej funkcji kierunkowej i jej wypełnienie odpowiednią grupą przedsiębiorstw.

Literatura

- [1] Katalog Branżowy „Napędy i Sterowanie” 2017.
- [2] Katalog Branżowy „Napędy i Sterowanie” 2018.
- [3] PARTYKA M.A., TISZBIEREK A., NATORSKA M.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2007 i 2013–2015*. „Napędy i Sterowanie” 10/2016.
- [4] PARTYKA M.A., NATORSKA M.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2015–2016*. „Napędy i Sterowanie” 1/2017.
- [5] PARTYKA M.A., PASZEK A.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2016–2017*. „Napędy i Sterowanie” 1/2018.

 prof. dr hab. Marian A. Partyka jest profesorem zwyczajnym na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej; dr inż. Alfred Paszek jest starszym wykładowcą na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej; e-mail: a.paszek@po.opole.pl

Nowoczesne rozwiązanie napędu elektrycznego górniczego przenośnika taśmowego

Tomasz Wolnik, Robert Rossa

1. Wprowadzenie

Większość układów napędowych górniczych przenośników taśmowych zbudowana jest z silnika indukcyjnego klatkowego, sprzęgła, przekładni mechanicznej, hamulca oraz bębna napędowego [1, 2, 3]. Są to rozwiązania sprawdzone i stosowane powszechnie, które jednak nie są rozwiązaniami wolnymi od wad. Na podstawie danych zgromadzonych z kilku kopalń można wnioskować, że odnotowywane są częste awarie elementów pośrednich, w tym głównie przekładni mechanicznej [4]. Poza tym zabudowa napędu w przestrzeni bocznej konstrukcji przenośnika, poza głównym jego obrysem, wymaga powiększonych przekrojów wyrobisk. Stosowane silniki klatkowe pracują zwykle z obciążeniem rzędu 25–50%, co powoduje nieefektywną pracę z uwagi na niski współczynnik $\cos\varphi$ oraz niższy od znamionowego współczynnik sprawności w tym zakresie obciążenia.

W ostatnich latach w dziedzinie górniczych napędów przenośników taśmowych wprowadzone zostały napędy o regulowanej prędkości obrotowej [2, 3, 5, 6]. Pozwoliło to na rozwiązanie problemu poboru dużych wartości prądów rozruchowych. Poza tym regulacja prędkości obrotowej umożliwiła dostosowanie pracy napędu do aktualnej nadawy urobku. Z doświadczeń przeprowadzonych na jednej z kopalń wynika, że zastosowanie regulacji prędkości obrotowej w jednym z napędów przenośnika odstawy głównej pozwoliło na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej podczas jednej zmiany aż o 30%.

Rozwiązaniem alternatywnym, które oprócz regulacji prędkości obrotowej pozwala na wyeliminowanie z układu napędowego elementów pośredniczących oraz ograniczenie przestrzeni instalacyjnej, jest zastosowanie wolnoobrotowego silnika synchronicznego z magnesami trwałymi (ang. skrót PMSM od *Permanent Magnet Synchronous Motor*), umieszczonego wewnątrz głównego bębna napędowego. Takie rozwiązanie konstrukcyjne zostało opracowane i przebadane w ramach projektu POIG 01.03.01-24-075/12 przez Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL oraz firmę NAFRA POLSKA.

2. Konstrukcja wolnoobrotowego silnika PMSM

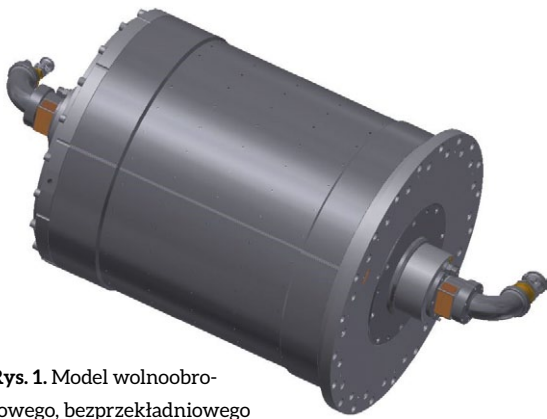
Bezprzekładniowy napęd górniczego przenośnika taśmowego bazuje na wolnoobrotowym silniku PMSM o znamionowej prędkości obrotowej 45 obr./min. Częścią nieruchomą silnika jest uzwojony stojan umieszczony na wale maszyny, natomiast częścią wirującą zewnętrzny wirnik z magnesami trwałymi, nad którym zabudowany jest gumowany bęben napędowy przenośnika. Zaprojektowany układ napędowy zasilany jest poprzez przemiennik częstotliwości z sieci o napięciu 1000 V. Moc

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono i omówiono innowacyjne rozwiązanie napędu górniczego przenośnika taśmowego, bazującego na wolnoobrotowym silniku synchronicznym z magnesami trwałymi, o regulowanej prędkości obrotowej. Silnik z wirnikiem zewnętrznym umieszczony jest wewnątrz bębna napędowego, dzięki czemu z układu napędowego można wyeliminować przekładnię mechaniczną, która – po pierwsze – zmniejsza sprawność układu napędowego, a po drugie – ulega dość częstym awariom. Opracowane rozwiązanie napędu przenośnika taśmowego znacząco ogranicza potrzebną do jego zabudowy przestrzeń, co w warunkach wyrobiskowych ma szczególne znaczenie.

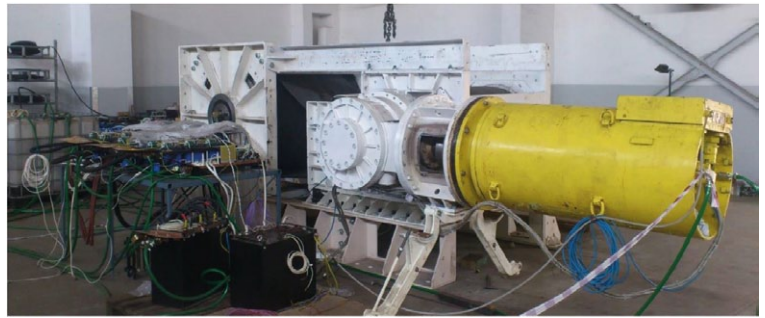
Abstract: The paper presents a novel solution of a variable speed electric drive for mining belt conveyer system which is based on a low-speed permanent magnet synchronous motor (PMSM). The motor with outer rotor construction is built into a drum which allows to eliminate a mechanical transmission and clutch of the drive system, i.e. the elements that reduce the efficiency of the propulsion system and are responsible for frequent failures. Developed solution of mining belt conveyer significantly reduces the space required for its installation, which is especially important in mining conditions.

znamionowa silnika PMSM wynosi 250 kW. Silnik umieszczony jest wewnątrz głównego bębna napędowego (rys. 1), co pozwala na ograniczenie przestrzeni instalacyjnej do głównego obrysu konstrukcji przenośnika. Z układu napędowego wyeliminowano wszystkie elementy pośredniczące w przekazywaniu momentu, a silnik PMSM stanowi bezpośredni napęd bębna. Cały napęd cechuje się wysokim współczynnikiem sprawności.

Dla znamionowej prędkości silnika prędkość taśmy przenośnikowej wynosi ok. 3,2 m/s. Przeciężalność napędu jest równa 2,4 M_N przy krotności prądu 2,7 I_N . Silnik zasilany jest z przemiennika częstotliwości, więc rozruch napędu odbywa się poprzez łagodne narastanie prędkości obrotowej bez udarów prądowych, będących często przyczyną poślizgu bębna napędowego. Dla omawianego napędu konieczne było opracowanie rozwiązania dotyczącego przekazywania informacji o aktualnej prędkości obrotowej silnika i pozycji wirnika względem stojana. Zaprojektowano specjalny system przekładni, pozwalający



Rys. 1. Model wolnoobrotowego, bezprzekładniowego napędu górniczego przenośnika taśmowego o mocy 250 kW



Rys. 3. Stanowisko badawcze bezprzekładniowego napędu górniczego przenośnika taśmowego



Rys. 2. Uzwojony pakiet stojana silnika PMSM

na zastosowanie klasycznego enkodera absolutnego. W układzie zastosowano 13-bitowy enkoder absolutny firmy Kubler, o komunikacji szeregowej w standardzie SSI. W ten sposób ograniczono liczbę połączeń między enkoderem a układem sterowania, co ma znaczenie ze względu na planowane zapewnienie barier iskrobezpiecznych.

W silniku zastosowano chłodzenie wodne. W żłobkach stojana umieszczone jest trójfazowe, jednowarstwowe uzwojenie o liczbie biegunów $2p = 30$ i poskoku cewki $Y = 3$. Na rysunku 2 przedstawiono fotografię uzwojonego pakietu stojana prototypowego silnika.

W przekształtniku wykorzystano tranzystory IGBT Hitachi MBN800E33D, o maksymalnym napięciu blokowania 3,3 kV i prądzie 800 A. System chłodzenia wodnego, z szeregowym połączeniem elementów napędu: przekształtnik, dławik sieciowy, silniki, pozwalał na skuteczne odprowadzenie ciepła strat. Układ sterowania przemiennika do napędu z silnikiem PMSM został oparty na mikrokontrolerze sygnałowym TMS 320F28335. System sterowania silnika PMSM został oparty na znanym układzie połowo zorientowanym, z optymalizacją stosunku momentu do prądu silnika.

3. Badania testowe

Opracowany i wykonany prototyp napędu został przebadany na dedykowanym stanowisku badawczym. Stanowisko zostało przygotowane tak, aby odwzorować pracę rzeczywistego przenośnika taśmowego. W związku z powyższym, wolnoobrotowy silnik PMSM zintegrowany z gumowanym bębnem napędowym umieszczony został w korpusie przenośnika. Do obciążenia silnika wykorzystano krótki odcinek taśmy przenośnikowej, czteroprzekładniowej oraz klasyczny układ napędowy złożony z silnika indukcyjnego o mocy 250 kW, sprzęgła, przekładni KPL 25 i stacji zwrotnej z bębmem o średnicy 800 mm (rys. 3). Układ obciążenia zasilany był poprzez przemiennik częstotliwości, który umożliwiał zwrot energii do sieci.

Prototypowy silnik PMSM do bezprzekładniowego napędu przenośnika taśmowego posiada następujące parametry znamionowe:

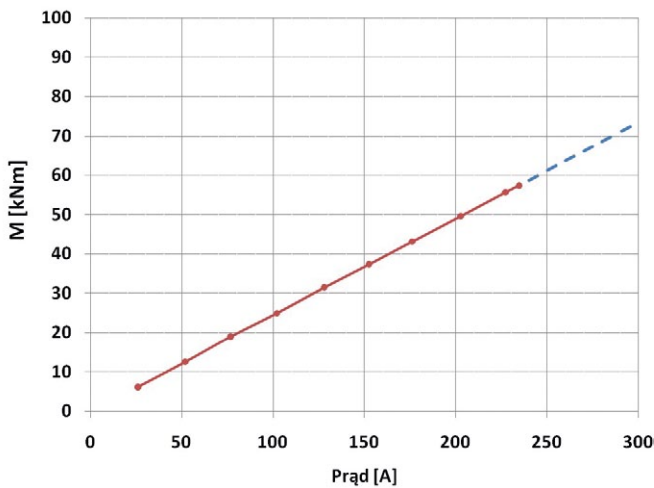
- $P_N = 250$ kW;
- $U_N = 1000$ V (AC);
- $n_N = 45$ obr./min;
- $I_N = 220$ A;
- $M_N = 53$ kNm;
- $\eta_N = 92\%$.

Przed zabudową układu obciążenia na stanowisku badawczym dokonano pomiaru momentu zaczepowego silnika, który wynosił ok. 0,5% momentu znamionowego. Wynik należy uznać za bardzo dobry, szczególnie biorąc pod uwagę, że opracowany silnik jest maszyną wielobiegunową ($2p = 30$).

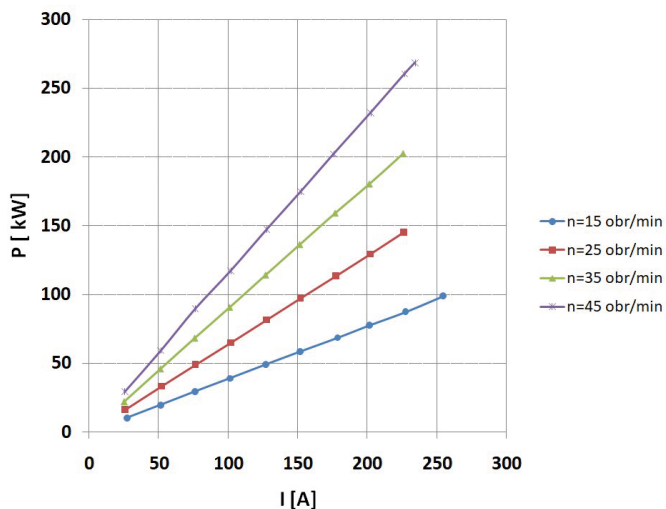
Dla omawianego silnika przeprowadzono próbę nagrzewania dla znamionowych parametrów zasilania i obciążenia maszyny. Wydatek medium chłodzącego wynosił 12 l/min. W uzwojeniu stojana umieszczono 9 czujników pomiarowych Pt100, z czego 3 w czołach od strony napędowej D, 3 w czołach od strony przeciwnapędowej ND oraz 3 w żłobkach pośrodku długości rdzenia magnetycznego stojana. Czujniki zostały rozłożone symetrycznie na obwodzie twornika. Najwyższy przyrost temperatury, ok. 60 K, odnotowano w czołach stojana po stronie D, po której umieszczono wylot czynnika chłodzącego. Różnica temperatury na wlocie i wylocie czynnika chłodzącego zarejestrowana na koniec próby nagrzewania wynosiła 22,5 K. Temperatura łożysk nie przekraczała 35°C.

Na rysunku 4 przedstawiono zmierzoną charakterystykę momentu mechanicznego silnika w funkcji wartości skutecznej prądu obciążenia.

Na podstawie dokonanych pomiarów wyznaczono charakterystyki eksploatacyjne silnika. Na rysunkach 5–6 przedstawiono charakterystyki mocy mechanicznej oraz sprawności układu napędowego w funkcji prądu obciążenia dla wybranych wartości prędkości obrotowych. Współczynnik sprawności napędu bezprzekładniowego, w zakresie obciążenia do 0,5 momentu znamionowego i prędkości obrotowej 45 obr./min, jest o ok. 8–10% wyższy w stosunku do analogicznego rozwiązania układu napędowego z silnikiem indukcyjnym i przekładnią mechaniczną. W skali całego „cyklu życia” przenośnika pozwala to na znaczne ograniczenie kosztów eksploatacyjnych [4].



Rys. 4. Charakterystyka momentu mechanicznego silnika w funkcji prądu obciążenia silnika

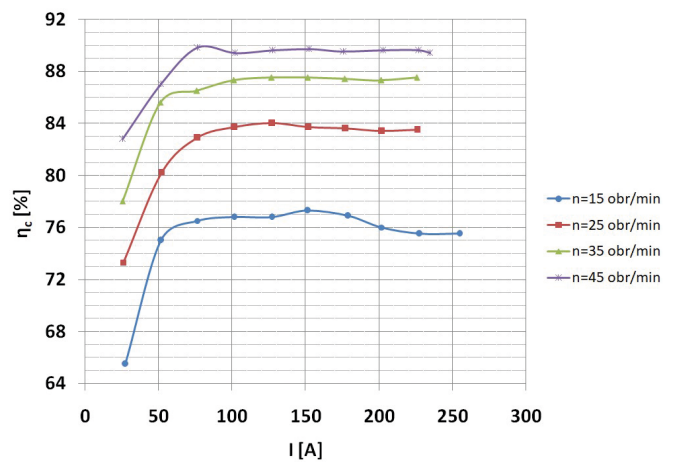


Rys. 5. Charakterystyka mocy mechanicznej silnika w funkcji prądu obciążenia dla wybranych wartości prędkości obrotowych

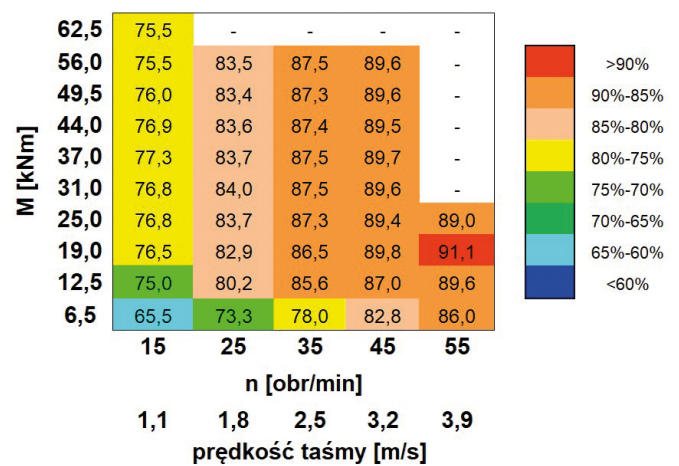
4. Korzyści stosowania bezprzekładniowego napędu elektrycznego

Poza względami natury konstrukcyjnej, podstawową zaletą bezprzekładniowego napędu górniczego przenośnika taśmowego jest zwiększenie współczynnika sprawności, a tym samym ograniczenie kosztów eksploatacyjnych. Na rysunku 7 przedstawiono mapę sprawności bezprzekładniowego układu napędowego z silnikiem PMSM o regulowanej prędkości obrotowej (silnika wraz z falownikiem) w funkcji momentu obciążenia M oraz prędkości taśmy.

Ze względu na wprowadzane coraz częściej napędy przenośników taśmowych o regulowanej prędkości obrotowej z silnikami indukcyjnymi zasilanymi z przemienników częstotliwości, na rysunku 8 przedstawiono porównanie sprawności



Rys. 6. Charakterystyka sprawności napędu (silnik wraz z falownikiem) w funkcji prądu obciążenia dla wybranych wartości prędkości obrotowych



Rys. 7. Mapa sprawności bezprzekładniowego układu napędowego (łącznie z falownikiem) o regulowanej prędkości obrotowej

Trwałość to jeden z warunków który rozumiemy naprawdę dobrze

Prowadniki Nylonowe

Zaprojektowane na lata



Prowadniki Robot

Odwijanie długi czas



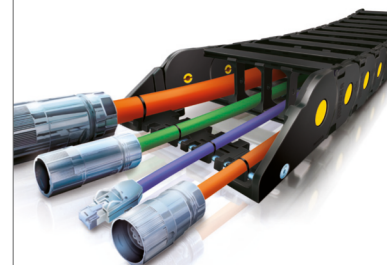
Prowadniki Stalowe

Lekkie ale bardzo bardzo mocne



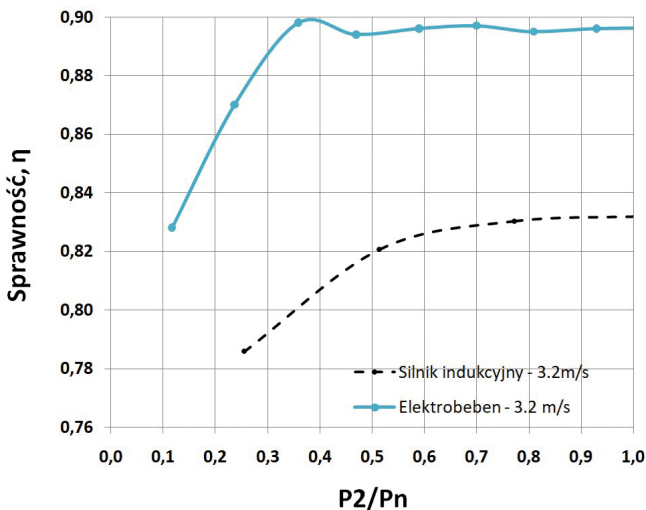
TotalChain

Kompletacja dla każdej aplikacji



NOWIMEX

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



Rys. 8. Porównanie współczynników sprawności bezprzekładniowego układu napędowego z silnikiem PMSM oraz klasycznego układu napędowego z wysoko sprawnym silnikiem indukcyjnym i przekładnią mechaniczną o regulowanej prędkości obrotowej

z silnikiem indukcyjnym do sprawności bezprzekładniowego napędu elektrobėbna, dla nominalnej prędkości taśmy równej 3,2 m/s. W tym przypadku w obliczeniach współczynnika sprawności klasycznego układu napędowego uwzględniono, oprócz sprawności silnika i przekładni mechanicznej, również sprawność przemiennika częstotliwości. Jeżeli przyjąć, że pomimo znacznego niedociężenia jednostek napędowych w normalnym trybie pracy przenośnika, ich moc znamionowa dobrana jest prawidłowo, wówczas należy zwrócić szczególną uwagę na współczynnik sprawności układu napędowego w zakresie obciążenia 0,1 do 0,5 obciążenia znamionowego. Współczynnik sprawności napędu bezprzekładniowego w zakresie obciążenia 0,1 do 0,5 obciążenia znamionowego jest wyższy o ok. 8–10% w stosunku do napędu klasycznego z silnikiem indukcyjnym, co daje już wymierne korzyści finansowe z racji ograniczenia kosztów eksploatacyjnych.

5. Podsumowanie

W publikacji zaprezentowano innowacyjne i nowoczesne rozwiązanie napędu górniczego przenośnika taśmowego, w którym wykorzystano zalety wolnoobrotowego silnika PMSM. Opracowana konstrukcja pozwala na eliminację z układu napędowego przekładni mechanicznej i innych elementów układu, pośredniczących w przekazywaniu momentu. Opracowane rozwiązanie eliminuje szereg wad i niedogodności stosowanych obecnie rozwiązań, a przede wszystkim zwiększa sprawność układu napędowego nawet o ok. 10%. Prototypowy napęd bezprzekładniowy opracowany został przez Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL oraz firmę NAFRA POLSKA w ramach projektu POIG.01.03.01-24-075/12.

Literatura

- [1] GWOŹDZIECKI M., ŚWIĄTKIEWICZ H.: *Przenośniki*. WNT, Warszawa 1979.
- [2] ANTONIAK J.: *Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym energooszczędne*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [3] KAROLEWSKI B., PIEŃKOWSKI K.: *Elektryczne układy napędowe przenośników taśmowych w górnictwie odkrywkowym*. Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, 58/2005.
- [4] WOLNIK T.: *Bezprzekładniowy napęd elektryczny górniczego przenośnika taśmowego*. „Przegląd Górniczy” 7/2016.
- [5] KASZTELEWICZ Z., REIZER R., SZYMAŃSKI J., ŚWIDERSKI J.: *Przełączniki częstotliwości w napędach jazdy gąsienicowych maszyn górniczych i węglowych przenośników taśmowych o regulowanej prędkości taśmy*. „Górnictwo i Geoinżynieria” 31/2007.
- [6] TRAJDOS M., LEŚNIEWSKI K.: *Zastosowanie napędów o regulowanej prędkości w odkrywkowych zakładach górniczych – zagadnienia wybrane*. „Górnictwo Odkrywkowe” 3–4/2012.

Artykuł opublikowany w ramach projektu badawczo-rozwojowego nr POIG.01.03.01-24-075/12 „Bezprzekładniowy i wysoko sprawny napęd elektryczny górniczego przenośnika taśmowego”.

mgr inż. Tomasz Wolnik

e-mail: t.wolnik@komel.katowice.pl

dr inż. Robert Rossa

e-mail: r.rossa@komel.katowice.pl

Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

Geoelektromagnetyczne właściwości skał

Stefan Gierlotka

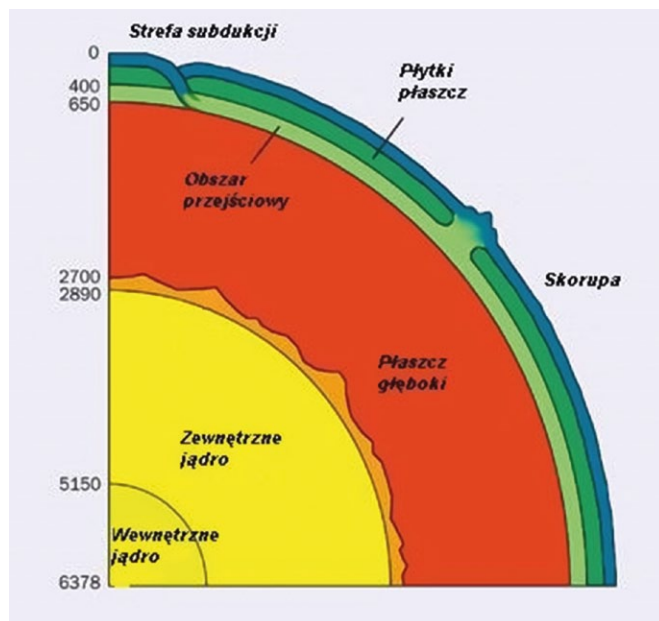
Istnienie magnetyzmu znane było ludziom od dawien dawna. Zwrócili uwagę na dziwne kamienie przyciągające żelazo. Były to, jak się później okazało, rudy magnetytu. Przed czterema czy pięcioma tysiącami lat w Chinach przy pomocy magnetytu sporządzono pierwszy kompas. W Europie prymitywnymi kompasami zaczęli posługiwać się Wenecjanie w XII wieku. W niespełna sto lat później żeglarze zwrócili uwagę na fakt, iż namagnesowana igła nie wskazuje dokładnie kierunku północnego bieguna geograficznego. W 1492 roku Krzysztof Kolumb podczas swej podróży przez Ocean Atlantycki stwierdził, że odchylenia te są niejednakowe dla różnych punktów globu ziemskiego. Wielu żeglarzy w miarę posuwania się na północ obserwowało coraz większą różnicę między wskazaniami igły kompasu a kierunkiem bieguna północnego.

Pole geomagnetyczne Ziemi

Jeśli igłę magnetyczną zawiesić na osi poziomej, ustawi się ona pod pewnym kątem do horyzontu, zwanym inklinacją. Im dalej będziemy się przesuwać na północ, tym inklinacja będzie większa. Miejsce, w którym igła ustawi się prostopadle do powierzchni Ziemi, nazwano biegunem magnetycznym.

Pole magnetyczne Ziemi wytwarzane jest przez prąd wirowy płynący w jej płynnym jądrze. Zjawisko to, oparte o dynamo magnetohydrodynamiczne, działa na zasadzie prądnicy przekształcającej energię kinetyczną ruchomych części w pole magnetyczne i elektryczne. W prądnicy ruchomymi częściami są wirujące zwoje drutu, zaś w przypadku planety jest to przewodzący, płynny ośrodek. Taką funkcję w jądrze Ziemi spełniają przestrzenie roztopionego żelaza.

Struktura wewnętrzna Ziemi składa się z trzech elementów: skorupy, płaszcz i jądra. Skorupa jest cienką twardą powłoką zewnętrzną, na której żyjemy. Grubość skorupy ziemskiej sięga do głębokości 10 km pod oceanami i ok. 30 km pod kontynentami. Pod skorupą znajduje się płaszcz Ziemi o grubości ok. 2900 km. Skały płaszcz różnią się od skał skorupy większą gęstością. Pod wpływem znacznych ciśnień minerały zmieniają swą strukturę w krystaliczną. Jądro Ziemi jest kulą o promieniu 3470 km i gęstości 9,6–18,5 g/cm³. Tworzą ją głównie stopy niklu i żelaza, będące dobrym przewodnikiem elektryczności. Część zewnętrzna jądra Ziemi o grubości około 2100 km jest płynna, a jego temperaturę szacuje się na 5500–6500°C. W jądrze płynnym, o dużej przewodności elektrycznej, występują prądy konwekcyjne, unoszące rozgrzaną materię od środka w stronę płaszcz. Powstające uporządkowane wiry substancji przewodzącej prąd przyczyniają się do powstawania pola magnetycznego Ziemi. W odróżnieniu od płynnego jądra



Budowa wnętrza Ziemi

zewnętrznego, jądro wewnętrzne o grubości 1250 km jest lite, a obie warstwy wspólnie wytwarzają pole magnetyczne Ziemi.

Źródłem energii geodynamy jest ciepło i reakcje chemiczne. W płynnym jądrze zewnętrznym, generują one zmiany ciśnienia i turbulentne ruchy konwekcyjne. Zalegające bliżej środka gorące żelazo, o niższej gęstości, przemieszcza się. Gdy gorący strumień dociera do granicy z płaszczem, oddaje mu część ciepła. Schłodzone żelazo staje się gęstsze od otoczenia i spływa z powrotem. Aby pole magnetyczne planety samo się podtrzymywało, potrzebna jest rotacja. W wyniku ruchu obrotowego Ziemi na płynne żelazo w jądrze działa siła Coriolisa.

Natężenie pola magnetycznego jest znacznie większe w jądrze Ziemi niż na jego powierzchni. Szacuje się, że natężenie pola magnetycznego w jądrze zewnętrznym jest 50 razy większe niż na powierzchni Ziemi. Wartość natężenia pola magnetycznego w różnych punktach powierzchni Ziemi zmienia się. Na obszarze zbudowanym z bazaltów odchylenie to jest większe niż w rejonach występowania granitów. Obecnie indukcja ziemskiego pola magnetycznego przy powierzchni Ziemi zawiera się w granicach od 30 μT do 46 μT . Największa jest w okolicy biegunów – około 60 μT , a najniższa na równiku – około 25 μT .

Właściwości magnetyczne skał

Własności magnetyczne skał uwarunkowane są zawartymi w nich minerałami skałotwórczymi. Istotną rolę odgrywają własności magnetyczne pierwiastków chemicznych wchodzących w ich skład, a także rodzaj wiązań i struktury kryształów. Na własności magnetyczne wpływają momenty magnetyczne elektronów tworzących atomy pierwiastka skałotwórczego. Momenty magnetyczne protonów i neutronów atomu pierwiastka są kilkakrotnie mniejsze i nie odgrywają znaczącej roli. Krążący elektron wykonuje ruch po orbicie dodatnio naładowanego jądra atomu, tworząc moment magnetyczny. Jeżeli momenty magnetyczne wszystkich elektronów się kompensują, to przy braku zewnętrznego pola magnetycznego atom nie jest namagnesowany. Występuje to w diamagnetykach. Substancje, w których poszczególne atomy posiadają moment magnetyczny, a nie wykazują stanu namagnesowania, są paramagnetykami. W ferromagnetykach współdziałanie między atomami jest tak silne, że momenty magnetyczne wszystkich atomów, nawet przy braku zewnętrznego pola magnetycznego, wykazują stan namagnesowania.

Właściwości magnetyczne minerałów skałotwórczych

Rodzaj materiału magnetycznego	Przenikalność magnetyczna względna μ_r	Podatność magnetyczna χ	Minerały skałotwórcze
Diamagnetyk	$0,999836 \pm 1,0$	$-2 \times 10^{-4} \pm 0$	apatyt, plagioklaz, halit, kalcyt, kwarc, korund, węgiel, rutyl
Paramagnetyk	$1,0 \pm 1,0064$	0 ± 10^{-3}	ilmenit, magnezyt, muskowitz, oliwin, piroksen, porfiry, chromit, dolomit
Ferromagnetyk	$1,0064 \pm 5,0$	$10 \pm 4 \times 10^6$	hematyt, magnetyt, pirotyt, jakobsyt, tytanomagnetyt

Magnetyczne własności skał charakteryzuje wielkość zwana podatnością magnetyczną, która określa zdolność danej substancji do zmian namagnesowania pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego. Podatność magnetyczna określa związek między namagnesowaniem i natężeniem pola magnetycznego.

$$M = \chi H$$

$$\chi = \mu_r - 1$$

gdzie:

M – namagnesowanie;

H – natężenie pola magnetycznego;

χ – podatność magnetyczna;

μ_r – przenikalność magnetyczna względna.

Materiały magnetyczne mogą zostać namagnesowane i wytwarzać własne pole magnetyczne. Zależnie od podatności magnetycznej wszystkie skały można podzielić na trzy rodzaje: diamagnetyki, paramagnetyki oraz ferromagnetyki.

Diamagnetyki – $\chi < 0$ – po przyłożeniu pola magnetycznego ich namagnesowanie jest minimalne, o kierunku przeciwnym do przyłożonego pola. Wartość podatności magnetycznej jest ujemna. Należą do nich m.in. kwarc, korund, kalcyt, dolomit, baryt, magnezyt, sfaleryt, galena, chalkozyn, cyrkon, rutyl, anhydryt, gips, skalenie, np. ortoklaz lub albit, oraz węgiel.

Paramagnetyki – $\chi > 0$ – słabo są przyciągane przez magnes. Reagują na pole magnetyczne, jednak wartość podatności magnetycznej jest niska, a po odjęciu zewnętrznego pola magnetycznego momenty magnetyczne ulegają rozproszeniu kierunków. Należą do nich minerały skałotwórcze: krzemiany i glinokrzemiany, piryty, markasyt, chalkopiryty, ilmenit, almandyn, oliwiny, pirokseny, amfibole i biotyty, minerały ilaste oraz wszystkie metale rodzime oprócz żelaza. Właściwości paramagnetyczne posiada większość skał osadowych (wapienie, dolomity, piaskowce, ily), wiele skał magmowych i metamorficznych (granit, gnejs, hornfels). Skały paramagnetyczne nie posiadają spontanicznego namagnesowania.

Ferromagnetyki – $\chi \gg 0$ – reagują na zadane pole magnetyczne i ulegają namagnesowaniu aż do momentu osiągnięcia stopnia nasycenia. Po odjęciu zewnętrznego pola magnetycznego namagnesowanie pozostaje i zachowuje zwrot zgodny z wcześniej przyłożonym polem. Ferromagnetyczne minerały w skałach występują w postaci tlenków, przede wszystkim żelaza i tytanu, lub w postaci siarczków tych metali. Należą do nich m.in. hematyt, syderyt, monacyt, turmalin, piroluzyt, magnetyt, maghemit, pirotyn.

Wśród skał magmowych skały zasadowe wykazują większą podatność magnetyczną od skał kwaśnych. Skały osadowe wykazują mniejszą podatność magnetyczną od skał magmowych, przy czym podatność ta wzrasta od piaskowców do iłowców.

Właściwości elektryczne skał

Główne minerały skałotwórcze są złymi przewodnikami elektrycznymi. Podwyższona przewodność elektryczna niektórych skał wynika z obecności w nich dobrze przewodzących prąd elektryczny minerałów akcesorycznych albo z dobrej przewodności elektrolitycznej roztworów wodnych, wypełniających ich szczeliny. Duże wartości rezystywności występują w skałach litych, małoporowatych. Małe wartości rezystywności mają skały porowate, w pełni nasycone wodą mocno zmineralizowaną i z dużą ilością rozpuszczonych soli.

Wytrącenia minerałów rudnych, w kształcie żyłek lub pasek, zwiększają przewodność elektryczną skały, w której występują. Odnosi się to na przykład do skał zawierających

reklama



Najnowsze informacje ze świata robotyki

katalog branżowy | aplikacje robotów | targi



chalkopiryt i pirotyn. Skały takie są pod względem przewodności elektrycznej anizotropowe, przy czym ich przewodność w kierunku równoległym do osi tych wtrąceń jest większa od przewodności w kierunku prostopadłym.

Własności elektryczne niektórych skał

Grupa skał	Skała	Rezystywność Ωm	Przenikalność dielektryczna względna
Magmowe	granit	$10^2 - 10^7$	5-9
	sjenit	$10^2 - 10^5$	7-14
	dioryt	$10^2 - 10^8$	8-9
	gabro	$10^2 - 10^5$	18
	bazalt	$10^3 - 10^6$	12
	perydotyt	$10^2 - 10^3$	7
Metamorficzne	kwarcyt	$10 - 10^5$	7
	gnejs	$10^2 - 10^7$	8-15
	marmur	$10^2 - 10^5$	8
Osadowe	wapień	$10^2 - 10^3$	8-15
	dolomit	$10^2 - 10^6$	-
	piaskowiec	$10 - 10^8$	9-11
	piasek	$10 - 10^{10}$	4-6
	głina	$10 - 10^6$	7-12
	łupek	$10 - 10^2$	6-8
	węgiel kamienny	$10^2 - 10^3$	3-15
	węgiel brunatny	$10 - 10^3$	4-5

Przewodność elektryczna skał osadowych jest na ogół mała, gdyż substancjami wiążącymi są minerały o niskiej przewodności, takie jak: kwarc, gips, kalcyt i inne. Skały osadowe drobnoziarniste, zwłaszcza zawierające cząstki koloidalne, mają większą przewodność elektryczną niż skały gruboziarniste. Wśród skał osadowych niezawierających minerałów rudnych największą przewodność elektryczną mają il i glina. Rezystywność pokładów węgla kopalnych związana jest z zawartością w nich pierwiastka węgla, co prowadzi do zwiększania ich wartości.

Pod względem elektrycznym substancje skalne zależnie od wartości ich rezystywności dzieli się na przewodniki, półprzewodniki i dielektryki:

- przewodniki elektryczne, których przewodnictwo związane jest z obecnością w nich swobodnie poruszających się elektronów; do tej grupy należą metale o rezystywności $\rho \sim 10^{-8} \Omega m$ oraz grafit z wartością $\rho = 10^{-6} \Omega m$;
- półprzewodniki elektryczne o wartości rezystywności ρ od 10^{-6} do $10^4 \Omega m$; do których należą: siarczki, tlenki, arsenki i telurki;
- dielektryki; nie zawierają żadnych swobodnych nośników ładunków elektrycznych, a pod działaniem pola elektrycznego występuje w nich przesunięcie ładunków wywołujące polaryzację dielektryka.

W grupie przewodników obserwuje się wzrost ich oporu elektrycznego przy wzroście temperatury, a w półprzewodnikach opór elektryczny maleje przy wzroście temperatury. Domieszki substancji zanieczyszczających w przewodnikach zawsze zwiększają ich rezystancję, w półprzewodnikach natomiast zmniejszają rezystancję.

W warunkach niskich temperatur skały zachowują się jak izolatory, tzn. ich pasmo walencyjne jest wypełnione, a pasmo przewodnictwa oddzielone od pasma walencyjnego przerwą energetyczną.

Własności elektryczne niektórych minerałów i innych składników skał

Grupa	Minerał	Rezystywność Ωm	Przenikalność elektryczna względna
Pierwiastki rodzime	grafit	$10^{-6} - 10^{-3}$	15-40
	siarka	$10^{12} - 10^{15}$	3-4
Siarczki	sfaleryt	$10^5 - 10^7$	6-12
	piryt	$10^{-4} - 10^{-1}$	33-81
	galenit	$10^{-6} - 10^{-1}$	81
	chalkopiryt	$10^{-3} - 10^{-1}$	81
Tlenki	hematyt	$10^{-2} - 10^2$	25-140
	magnetyt	$10^{-2} - 10^5$	34-81
	rutil	$10^{-2} - 10^3$	80-150
	kwarc	$10^{12} - 10^{14}$	4-5
Węglany	kalcyt	$10^7 - 10^{12}$	7-9
	dolomit	10^8	6,8
	syderyt	$10 - 10^3$	5-7
Siarczany	anhydryt	$10^7 - 10^{10}$	6,5
	gips	10^{10}	7,0
Halogenki	halit	$10^{14} - 10^{15}$	5-7
	sylwin	$10^{13} - 10^{15}$	4-7
	fluoryt	10^{14}	6-9
Krzemiany	oliwin	10^5	6-8
	biotyt	$10^{13} - 10^{15}$	10-12
	muskowit	$10^{13} - 10^{15}$	5-7
	ortoklaz	$10^{11} - 10^{12}$	4-6
	albit	$10^{11} - 10^{12}$	5-6
	anortyt	$10^{11} - 10^{12}$	7-8
	skalenie	10^{12}	4-6
	labrador	10^{11}	6-7
Inne	lód	$6,7 \cdot 10^5$	90
	woda	$10 - 10^5$	80
	ropa naftowa	10^{10}	2

Przenikalność elektryczna względna ϵ_r skał jest istotna tylko w odniesieniu do materiałów słabo przewodzących prąd elektryczny. Jest to stosunek przenikalności elektrycznej danej skały do przenikalności próżni wyrażony wielkością bezwymiarową, większą od jedności. Wartość ϵ_r suchej skały porowatej jest znacznie mniejsza niż skały bez porów.

Przenikalność dielektryczna ϵ_r skał zależy w głównej mierze od ich składu chemicznego oraz od ich struktury krystalicznej, która określa rodzaj polaryzacji elektrycznej. Przy niedużych częstotliwościach pola elektrycznego wartości ϵ_r większości minerałów mieszczą się w przedziale od 3 do 25. Najmniejsze wartości ϵ_r – około 3 do 5 – mają minerały, które podlegają głównie polaryzacji elektronowej, np. kwarc, ortoklaz, gips i siarka. Minerały, w których do polaryzacji elektronowej dołącza polaryzacja jonowa, mają zazwyczaj wyższe wartości przenikalności dielektrycznej. Przykładem jest halit i sylwin, dla których ϵ_r wynosi 4,4 do 6,7. W minerałach o polaryzacji dipolowej przenikalność dielektryczna jest jeszcze większa.

Właśnie tym efektem tłumaczy się wysoką wartość ϵ_r rutyli i innych tego typu minerałów oraz wody i lodu.

Innymi właściwościami elektrycznymi wyróżniającymi skały jest zjawisko piroelektryczności oraz piezoelektryczności.

Piroelektryczność jest zjawiskiem powstawania ładunków elektrycznych na powierzchni kryształu pod wpływem ogrzewania lub studzenia. Ładunki elektryczne powstają na przeciwległych ściankach niektórych kryształów (np. turmalinu) pod wpływem zmiany jego temperatury. Zjawisko jest wykorzystywane m.in. w czujnikach temperaturowych.

Piezoelektryczność jest zjawiskiem powstawania ładunków elektrycznych na powierzchni kryształu pod wpływem nacisku lub rozciągania. Właściwości piezoelektryczne mają kryształy będące złymi przewodnikami elektrycznymi. Zachodzi też efekt odwrotny: jeżeli kryształ piezoelektryczny umieści się w zmiennym polu elektrycznym, to będzie on wykonywał drgania sprężyste, stając się źródłem fal elektromagnetycznych. Piezoelektryki zmieniają swoje wymiary materiału pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego. Odkształcenie powstaje na skutek rozsunienia jonów pod wpływem sił elektrostatycznych i jest proporcjonalne do przyłożonego pola. Odkształcenia te znalazły ważne zastosowanie w technice fal ultradźwiękowych. Fale takie są wytwarzane poprzez drgania piezokwarcu w takt drgań pola elektrycznego o odpowiedniej częstotliwości.

Wśród najczęściej stosowanych piezoelektryków znajdują się kryształy kwarcu oraz turmaliny. Występującym w naturze minerałem piezoelektrycznym jest kryształ górski, który jest powszechnie używany w elektronice. Obecnie kryształy kwarcu wytwarza się również sztucznie metodą hydrotermalną. Turmaliny – to występujące w naturze borokrzemiany kilku metali. Były jednymi z pierwszych stosowanych praktycznie piezoelektryków.

Literatura

- [1] GIERLOTKA S.: *Magnetyzm i materiały magnetyczne*. „Wiadomości Elektrotechniczne” 4/2013.
- [2] HALLIDAY D., RESNICK R.: *Fizyka. Tom 2*. PWN, Warszawa 2001.
- [3] WESTPHAL M.: *Paleomagnetyzm i własności magnetyczne skał*. PWN, Warszawa 1993.
- [4] RAWA H.: *Elektryczność i magnetyzm w technice*. PWN, Warszawa 2001.
- [5] RYNCARZ T.: *Zarys fizyki górotworu*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1993.
- [6] RYKA W., MALISZEWSKA A.: *Słownik petrograficzny*. Wydawnictwo geologiczne, Warszawa 1991.
- [7] *Poradnik górnika. Tom 1 oraz Tom 5*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1972 i 1976.
- [8] *Encyklopedia Fizyki Współczesnej*. PWN, 1983.

dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

Cantoni®

GROUP

DRIVING YOUR BUSINESS

Grupa Cantoni oferuje silniki elektryczne i systemy napędowe od 0,04 kW do 6000 kW

SILNIKI 3-FAZOWE ELEKTRYCZNE
INDUKCYJNE KLATKOWE
od 0,04 kW do 2200 kW



SILNIKI PRZECIWWYBUCHOWE
BUDOWY WZMOCNIONEJ
od 0,06 kW do 22 kW



SILNIKI 3-FAZOWE
Z WYMUSZONĄ WENTYLACJĄ
od 0,06 kW do 250 kW



SILNIKI
OGNIOSZCZELNE
od 0,55 kW do 3200 kW



SILNIKI HAMULCOWE
od 0,04 kW do 160 kW



SILNIKI 3-FAZOWE
WYSOKIEGO NAPIĘCIA
od 160 kW do 6000 kW



SILNIKI 1-FAZOWE
INDUKCYJNE KLATKOWE
od 0,04 kW do 2,2 kW



SILNIKI NEMA
od 1 HP do 250 HP



oraz cały zakres hamulców elektromagnetycznych i zwalniaków ...



CELMA
indukta



www.cantonigroup.com

Trakcyjno-akumulatorowy układ zasilania napędu dla górniczej lokomotywy spągowej

Przemysław Deja

1. Wstęp

W polskich kopalniach węgla kamiennego stosowanych jest wiele środków technicznych do transportu materiałów oraz przewozu ludzi. Ze względu na źródło zasilania energią dzieli się je na spalinowe oraz elektryczne. Te drugie, z uwagi na sposób dostarczania energii elektrycznej, dzieli się na: akumulatorowe, przewodowe oraz zasilane z trakcji elektrycznej. Koszty eksploatacji maszyn górniczych zasilanych energią elektryczną są wysokie. Stąd uzasadnione jest wdrażanie rozwiązań umożliwiających zasilanie maszyn zarówno z elektrycznej trakcji przewodowej, jak i z baterii akumulatorów. Podwójny układ napędu maszyny akumulatorowej może zmniejszyć ograniczenia maszyny zasilanej tylko z trakcji (przewidzianej do stosowania wyłącznie w pomieszczeniach niemietanowych lub ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu.

Prowadzone dotychczas prace nad trakcyjno-akumulatorowym układem napędu skutkowały wykonaniem prototypu lokomotywy, która z uwagi na duże gabaryty nie znalazła zainteresowania wśród użytkowników. Rozwój technologii wytwarzania baterii ogniw pozwala obecnie na opracowanie układu napędu elektrycznego zoptymalizowanego pod kątem gabarytów oraz wyposażenia elektrycznego.

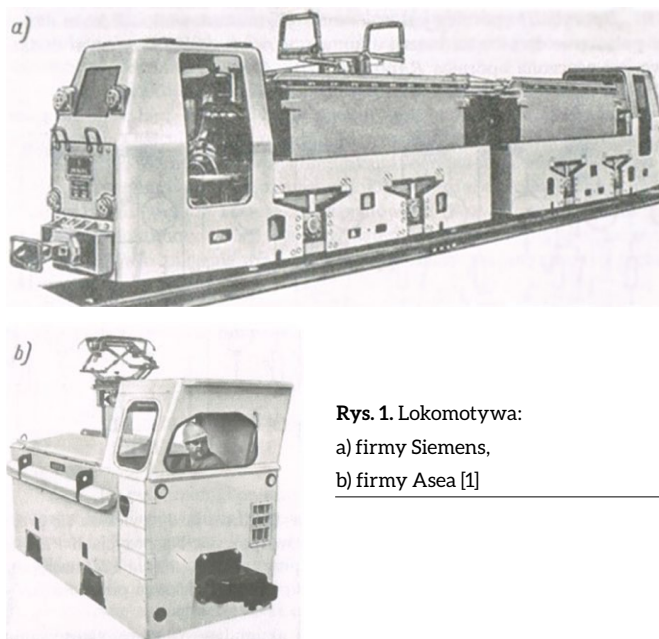
W niniejszym artykule przedstawiono wyniki prac zrealizowanych w Instytucie KOMAG, dotyczących układu napędu elektrycznej lokomotywy spągowej przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego [2, 3].

2. Rozwiązania elektrycznych lokomotyw górniczych z trakcyjno-akumulatorowym układem zasilania napędu

W polskich kopalniach jedyną eksploatowaną lokomotywą dołową z trakcyjno-akumulatorowym układem zasilania napędu była lokomotywa typu Lda-20, która w latach 1966–1969 została wykonana przez firmę Konstal z Chorzowa w ilości 40 sztuk.

W światowym górnictwie znalazły zastosowania lokomotywy firm Siemens (rys. 1 a) oraz Asea (rys. 1 b). Stosowano w nich silniki szeregowo prądu stałego, zaś układ baterii akumulatorów zbudowano w oparciu o klasyczne ogniwa kwasowo-ołowiowe, które umieszczono w osłonie ognioszczelnej. Sterowanie prędkością jazdy odbywało się za pośrednictwem przekształtników tyrystorowych.

Producentem lokomotywy z trakcyjno-akumulatorowym układem zasilania jest również firma Clayton (Wielka Brytania),



Rys. 1. Lokomotywa:
a) firmy Siemens,
b) firmy Asea [1]



Rys. 2. Lokomotywa górnicza firmy Clayton [8]

której lokomotywy (rys. 2) mogą być zasilane z przewodu napowietrznej linii trakcyjnej lub z tzw. zelektryfikowanej trzeciej szyny.

Firma oferuje lokomotywy trakcyjno-akumulatorowe o masach od 4 do 40 ton, z silnikami asynchronicznymi.

3. Model trakcyjno-akumulatorowego układu zasilania napędu lokomotywy górniczej

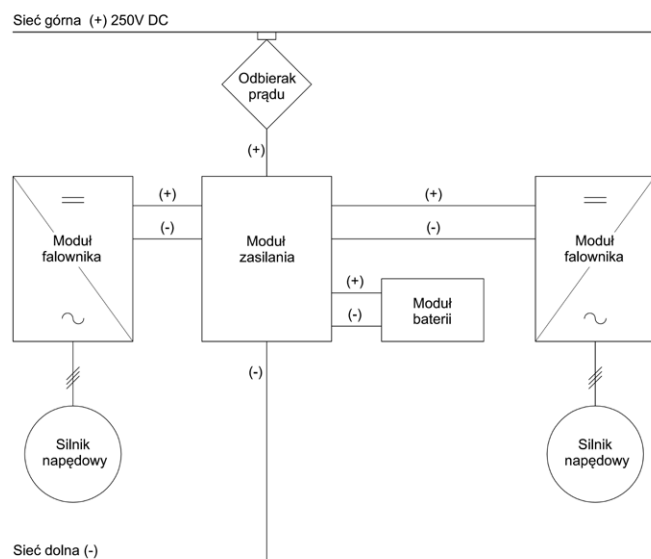
W Instytucie KOMAG prowadzone są prace nad opracowaniem trakcyjno-akumulatorowego układu zasilania napędu lokomotywy spągowej przewidzianej do pracy w podziemnych zakładach górniczych, w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Idea rozwiązania opiera się na połączeniu rozwiązań zastosowanych w lokomotywie typu Ld-31EM [6], zasilanej z przewodu trakcyjnego, i lokomotywy akumulatorowej typu Lea budowy przeciwwybuchowej. Nowością rozwiązania jest wykorzystanie energii elektrycznej indukowanej w trakcie hamowania lokomotywy do ładowania baterii ogniów.

Na rys. 3 przedstawiono elektryczny schemat blokowy układu zasilania napędu, w którym zastosowano nowoczesne moduły falownika współpracujące z wysoko sprawnymi, bezszczotkowymi silnikami elektrycznymi z magnesami trwałymi. Jako źródło zasilania, poza elektryczną siecią trakcyjną dostarczaną przez odbierak prądu oraz moduł zasilania, zastosowano moduł baterii, składający się z ogniów litowych [7].

Rozwiązanie jest zgodne z wymaganiami dla urządzeń stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, wynikającymi z Dyrektywy Europejskiej [4] oraz norm zharmonizowanych. Układ napędu eliminuje ograniczenia lokomotywy akumulatorowej (czas pracy wynikający z pojemności baterii) oraz ograniczenia lokomotywy zasilanej z trakcji (praca wyłącznie w pomieszczeniach niemietanowych lub ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu).

Układ elektryczny spełnia wymagania:

- posiada obudowę zapewniającą stopień ochrony przed dostępem osób do części niebezpiecznych, przed wnikaniem obcych ciał stałych oraz przed szkodliwymi skutkami wnikającej wody, nie niższy niż IP54;
- zapewnia ochronę przed dotykiem bezpośrednim, poprzez umieszczenie aparatury elektrycznej w odpowiednich obudowach;



Rys. 3. Elektryczny schemat blokowy podwójnego układu zasilania napędu [2]

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	12,5 t
Pojemność akumulatorów	100 Ah
Obciążenie lokomotywy (wozy typu Granby)	20 szt
Nachylenie trasy	0,4%

- zapewnia ochronę przed dotykiem pośrednim, poprzez zastosowanie zabezpieczeń przed skutkami zwarć, przeciążeń, posiada obwody sterowania i sygnałowe;
- przewidziany jest do pracy w temperaturze otoczenia od -20°C do 40°C , przy wilgotności względnej do 95%;
- zapewnia rezystancję izolacji nie mniejszą niż 10 M Ω ;
- posiada właściwe odstępy izolacyjne powierzchniowe i w powietrzu.

4. Model układu zasilania

Model układu zasilania wykonano w środowisku Matlab-Simulink, w oparciu o schemat blokowy przedstawiony na rys. 3, celem potwierdzenia poprawności działania układu oraz przyjętych danych wejściowych. Do budowy modelu przyjęto dane wejściowe podane w tabeli 1.

Przyjęto, że model układu 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 zwiększono dwukrotnie, symulując w ten sposób dwa silniki, przewidziane do budowy napędu.

Do budowy modelu baterii akumulatorów wykorzystano blok Simulinka. Sygnałem wejściowym dla baterii była moc chwilowa układu napędowego, a sygnałem wyjściowym wartość napięcia i prądu baterii oraz informacja o poziomie jej naładowania.

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

Model poddano badaniom, podczas których 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.

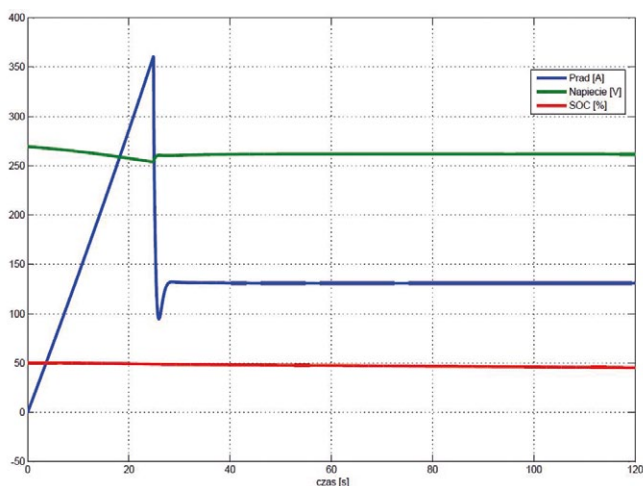
W czasie badań rejestrowano wartości: prądu, napięcia i stan naładowania baterii akumulatorów oraz prąd, moment i prędkość obrotową pojedynczego silnika napędowego.

Na rys. 4 do 8 przedstawiono przykładowe, wybrane przebiegi uzyskane podczas badań.

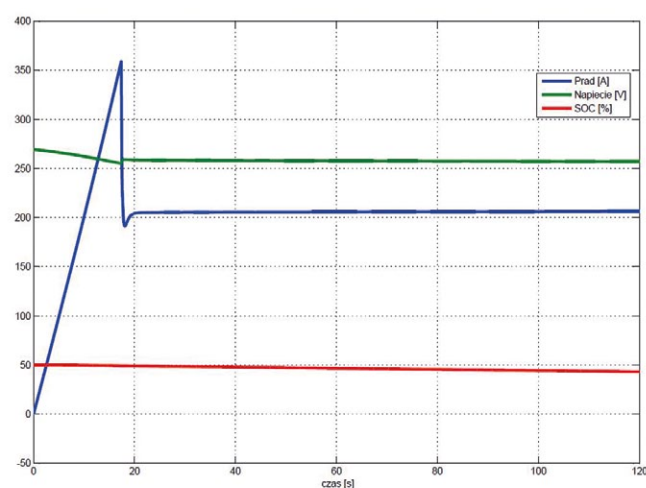
Maksymalny prąd silnika ograniczono poprzez nastawy falownika do wartości 360 A (prąd znamionowy silnika). Wartość skuteczna prądu podczas rozruchu wynosiła 360 A. Stwierdzono, że regulator typu PI, sterujący ograniczeniem prądowym silnika, został zamodelowany prawidłowo. Zgodnie z dokumentacją dla prądu znamionowego 360 A moment silnika wynosi

560 Nm [5]. Tę wartość momentu uzyskano podczas rozruchu, co potwierdziło poprawność działania modelu układu zasilania. Również model układu przełączania zasilania lokomotywy z trakcji na baterię akumulatorów działał prawidłowo.

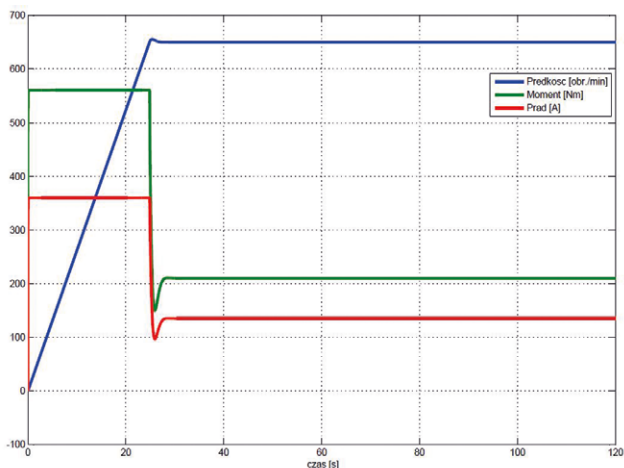
Wyniki badań układu napędowego wykazały, że silnik napędowy lokomotywy z pełnymi wozami rozpędza się do prędkości znamionowej w czasie 25 sekund (rys. 5), natomiast z pustymi w czasie 18 sekund (rys. 7). Prąd lokomotywy z pełnymi wozami wynosi 130 A (rys. 4), natomiast z pustymi 205 A (rys. 6). Różnica ta wynikała 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% (rys. 8).



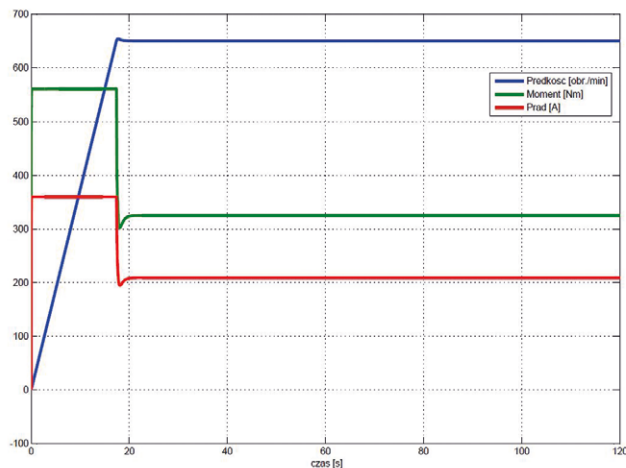
Rys. 4. Przebiegi prądu, napięcia oraz stopnia rozładowania akumulatora dla jazdy lokomotywy z pełnymi wozami po upadzie 0,4%, zasilanej z akumulatora [3]



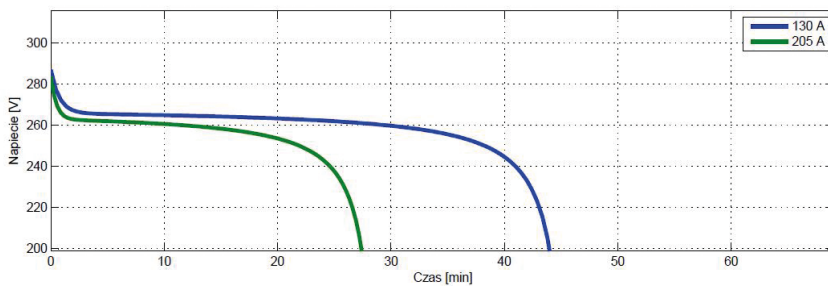
Rys. 6. Przebiegi prądu, napięcia oraz stopnia rozładowania akumulatora dla jazdy lokomotywy z pustymi wozami po wzniosie 0,4%, zasilanej z akumulatora [3]



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



Rys. 7. Przebiegi prądu, momentu oraz prędkości obrotowej silnika dla jazdy lokomotywy z pustymi wozami po wzniosie 0,4%, zasilanej z akumulatora [3]



Rys. 8. Przebiegi spadku napięcia baterii akumulatorów [3]

5. Podsumowanie

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

Opracowany model układu zasilania napędu elektrycznego pozytywnie zwerifikowano, przeprowadzając badania mające na celu sprawdzenie poprawności działania oraz przyjętych danych wejściowych. Przedstawione wyniki badań modelu układu zasilania napędu elektrycznego, wyposażonego w silniki z magnesami trwałymi wraz ze składem wozów kopalnianych, uwzględniają zamodelowaną trasę jazdy w warunkach rzeczywistych. Badania przeprowadzono w programie Matlab-Simulink. Uzyskane wyniki badań potwierdziły poprawność działania układu zasilania oraz przyjętych danych wejściowych. Rezultaty dotychczasowych prac stanowią podstawę do dalszych prac związanych z doбором podzespołów wyposażenia elektrycznego napędu.

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] Dokumentacja techniczno-ruchowa (instrukcja obsługi). Silnik trójfazowy synchroniczny z magnesami trwałymi typu PMP 250L-w.
- [6] Karta katalogowa: Dołowa lokomotywa elektryczna Ld-31EM.
- [7] Karta katalogowa ogniów litowo-żelazowo-fosforanowych SP-LFP 100AHA.
- [8] Strona internetowa: www.clayton.com

Przemysław Deja

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

reklama



Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania



Systemy Pomiarowe



Technika Filtracji



Diagtronics



Akcesoria Hydrauliczne



Zawory Kulowe



Złącza Hydrauliczne



NOWOŚĆ!
STAUFF
Connect

Technologia Złączy Rurowych
od STAUFF



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

www.stauff.pl

Model do obliczeń sprawności silnika indukcyjnego, uwzględniający wpływ temperatury otoczenia

Roman Krok

1. Wstęp

Przy doborze silnika do układu napędowego uwzględnia się koszty eksploatacji. Wyznaczenie tych kosztów wymaga znajomości sprawności energetycznej silnika. Sprawność zależy od warunków zasilania i obciążenia silnika, ale również od temperatury otoczenia. W celu porównania sprawności różnych silników należy sprowadzić jej wartość do takiej samej temperatury otoczenia. Obliczenie kosztu energii elektrycznej pobranej przez silnik podczas eksploatacji wymaga określenia sprawności w zadanych warunkach pracy z uwzględnieniem panującej temperatury otoczenia.

Metoda schematów cieplnych zapewnia dużą dokładność odwzorowania zarówno rozkładu temperatury, jak i strat mocy w różnych typach maszyn elektrycznych różniących się konstrukcją, rozwiązaniem systemu chłodzenia oraz medium chłodzącym [1, 4, 5, 6]. Uzyskanie dużej dokładności obliczeń wymaga umiejętnego wydzielenia głównych dróg przepływu ciepła w badanym silniku, a następnie poprawnego sformułowania zależności opisujących opory cieplne oraz straty mocy w poszczególnych elementach. Opracowana sieć cieplna dla silnika indukcyjnego budowy zamkniętej umożliwia obliczenie strat występujących w jego elementach w dowolnym stanie pracy z uwzględnieniem wpływu temperatury otoczenia.

2. Konstrukcja i parametry techniczne badanego silnika indukcyjnego

Obliczenia wykonano dla przykładowego silnika klatkowego budowy zamkniętej o danych znamionowych:

- moc 3 kW;
- napięcie stojana 380 V;
- prąd stojana 6,5 A;
- prędkość obrotowa 1430 obr./min.

Na wale silnika zamocowany jest wentylator osiowy (rys. 1). Wytworzona przez niego struga powietrza chłodzi łożyska silnika.

Uzwojenie stojana nawinięte jest przewodem miedzianym, zaś klatka wirnika odlana jest z aluminium.

3. Sieć cieplna dla silnika klatkowego

W celu odwzorowania rozprzyszczenia ciepła w badanym silniku klatkowym wydzielono 8 elementów, którym przypisano węzły sieci cieplnej (rys. 2):

- żłobkowa część uzwojenia stojana;
- czołowa część uzwojenia stojana;

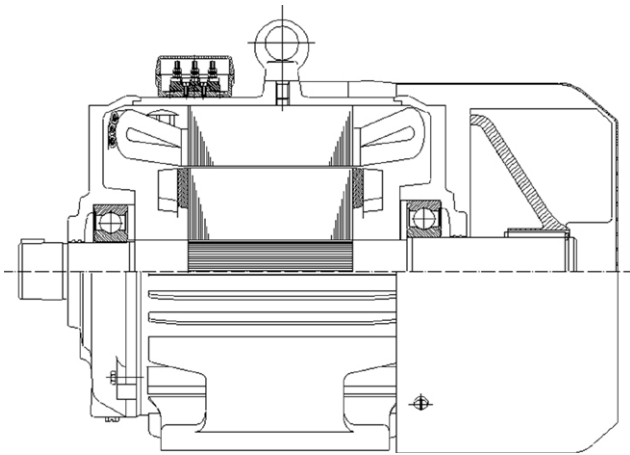
Streszczenie: Sprawność jest jednym z najważniejszych parametrów branych pod uwagę przy wyborze silnika do układu napędowego. Od jej wartości zależą koszty eksploatacji silnika. Wpływ na sprawność silnika mają nie tylko warunki zasilania i obciążenia, ale również temperatura otoczenia. Temperatura otoczenia wpływa na temperaturę uzwojeń, a w konsekwencji rezystancję uzwojeń oraz straty mocy. W celu porównania strat mocy w różnych silnikach konieczne jest przeliczenie sprawności na jednakową temperaturę otoczenia. Pomiary sprawności silników są wykonywane w laboratoriach przy różnej temperaturze otoczenia. Dokładne wyznaczenie strat mocy w silniku w celu określenia kosztów eksploatacji wymaga obliczenia sprawności w warunkach panujących podczas jego pracy, w szczególności przy zadanej temperaturze otoczenia. W artykule przedstawiono model do obliczeń strat mocy oraz sprawności silnika indukcyjnego budowy zamkniętej, uwzględniający wpływ temperatury otoczenia. Opracowana sieć cieplna umożliwia obliczenie temperatury poszczególnych elementów silnika indukcyjnego oraz wytwarzanych w nich strat mocy przy zadanej temperaturze otoczenia. Przykładowe obliczenia strat mocy i sprawności wykonano dla silnika klatkowego budowy zamkniętej o mocy 3 kW.

Słowa kluczowe: sprawność silnika indukcyjnego, sieć cieplna, temperatura otoczenia

INDUCTION MOTOR MODEL TAKING INTO ACCOUNT AMBIENT TEMPERATURE AND USED IN EFFICIENCY CALCULATIONS

Abstract: Efficiency is one of crucial parameters considered during selection of motor for a particular drive system. Motor's operational costs depend on efficiency. Efficiency is influenced by supply and load conditions as well as ambient temperature. Ambient temperature affects windings' temperature, subsequently also winding resistance and power losses. In order to compare power losses in different motors it is necessary to express efficiency at uniform ambient temperature. Precise determination of power losses in motor, aiming at calculation of operational costs, requires estimation of efficiency under actual operating conditions, and in particular at set ambient temperature. Model for calculation of power losses and efficiency of totally enclosed induction motor, which takes into account ambient temperature, is presented in the paper. The elaborated thermal network makes it possible to calculate temperatures of different parts of induction motor and their power losses, if ambient temperature is set. Example of power losses and efficiency calculations for cage induction totally enclosed motor rated at 3 kW is presented.

Keywords: efficiency of induction motor, thermal network, ambient temperature



Rys. 1. Przekrój silnika indukcyjnego

Poszczególnym węzłom przyporządkowano średnie temperatury elementów silnika ($\vartheta_1(t) \div \vartheta_8(t)$). Dodatkowo wprowadzono węzeł odwzorowujący średnią temperaturę powietrza wewnątrz silnika ($\vartheta_p(t)$).

Opracowana sieć cieplna dla silnika klatkowego umożliwia badanie zarówno stanów cieplnie ustalonych, jak i niestabilnych. Obliczenia sprawności silnika przy różnej temperaturze otoczenia wykonano w stanach cieplnie ustalonych, a wtedy pojemności cieplne występujące na schemacie są równe zero.

Przewodności cieplne wyznaczono na podstawie wymiarów elementów konstrukcyjnych silnika oraz wyników obliczeń wentylacyjnych.

Przykładowa przewodność cieplna pomiędzy kadłubem a powietrzem na zewnątrz silnika obliczona jest ze wzoru:

$$G_{th6\ ot3} = k_{kp} [\pi d_{kz} + (2 h_z - b_z)Z]l_z \quad (1)$$

gdzie:

k_{kp} – średni współczynnik oddawania ciepła z powierzchni kadłuba do powietrza;

d_{kz} – średnica zewnętrzna kadłuba;

h_z – wysokość żebra;

b_z – grubość żebra u nasady;

Z – liczba żeber;

l_z – długość żeber.

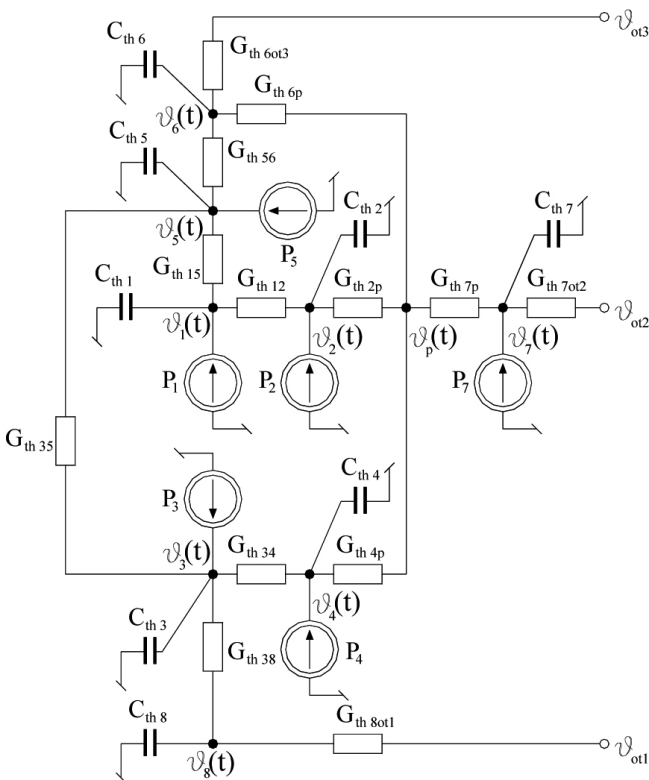
Wartość współczynnika k_{kp} zależy od średniej prędkości powietrza przy powierzchni żeber. Z przeprowadzonych obliczeń wentylacyjnych wynika, że całkowity wydatek wentylatora chłodzącego uźebrowaną powierzchnię kadłuba wynosi $0,054 \text{ m}^3/\text{s}$, czemu odpowiada średnia prędkość powietrza przy powierzchni żeber $4,86 \text{ m/s}$.

Wzory umożliwiające obliczenie pozostałych przewodności cieplnych podano w pracy [2].

Wartości przewodności cieplnych obliczonych dla rozpatrywanego silnika indukcyjnego zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Przewodności cieplne

Oznaczenie na schemacie	Wartość W/K	Oznaczenie na schemacie	Wartość W/K
$G_{th\ 12}$	11,8	$G_{th\ 4p}$	1,77
$G_{th\ 15}$	8,22	$G_{th\ 6p}$	1,51
$G_{th\ 34}$	15,7	$G_{th\ 7p}$	1,52
$G_{th\ 35}$	2,24	$G_{th\ 6ot3}$	14,1
$G_{th\ 38}$	14,6	$G_{th\ 7ot2}$	0,96
$G_{th\ 56}$	39,0	$G_{th\ 8ot1}$	0,0422
$G_{th\ 2p}$	1,17	-	-



Rys. 2. Sieć cieplna dla silnika klatkowego budowy zamkniętej

- pręty klatki wirnika;
- pierścienie zwierające klatkę wirnika;
- rdzeń stojana;
- uźebrowany kadłub;
- tarcze łożyskowe;
- rdzeń wirnika wraz z wałem.

W modelu cieplnym uwzględniono zależność strat mocy w uzwojeniu stojana (jego części żłobkowej i czołowej) oraz w klatce wirnika (prętach i pierścieniach zwierających) od temperatury:

$$P_k = P_{ko} (1 + \alpha_k \vartheta_k(t)), k = 1, 2, \dots, 4 \quad (2)$$

gdzie:

P_k – straty mocy w k -tym elemencie silnika w temperaturze $\vartheta_k(t)$;

P_{ko} – straty mocy w k -tym elemencie silnika w temperaturze odniesienia (0°C);

α_k – temperaturowy współczynnik zmiany rezystancji materiału, z którego wykonany jest k -ty element silnika;

$\vartheta_k(t)$ – średnia temperatura k -tego elementu.

Opracowując model, założono ponadto, że straty mocy w rdzeniu stojana P_5 oraz straty mocy wywołane tarciem w łożyskach P_7 są stałe i nie zależą od temperatury tych elementów. Straty mocy w poszczególnych elementach silnika wyznaczono na podstawie zależności zawartych w pracy [3].

4. Sprawność energetyczna silnika

Sprawność energetyczna silnika indukcyjnego:

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + \Delta P} \quad (3)$$

gdzie:

P_u – moc użyteczna;

ΔP – całkowite straty mocy w silniku.

W celu zbadania wpływu temperatury otoczenia na sprawność rozdzielono straty mocy w silniku na zależne (ΔP_z) oraz niezależne (ΔP_{nz}) od jej wartości.

Temperatura otoczenia wpływa na temperaturę uzwojenia stojana oraz klatki wirnika, a w konsekwencji na generowane w tych elementach straty mocy (1), a zatem:

$$\Delta P_z = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (4)$$

Pozostałe straty mocy w silniku praktycznie nie zależą od temperatury otoczenia:

$$\Delta P_{nz} = P_5 + P_7 + \Delta P_w \quad (5)$$

gdzie:

P_5 i P_7 – straty mocy w rdzeniu stojana oraz łożyskach reprezentowane na schemacie cieplnym;

ΔP_w – straty wentylacyjne (moc mechaniczna pobierana przez wentylator oraz straty mocy mechanicznej związane z tarciem o powietrze wszystkich elementów wirujących silnika).

5. Weryfikacja pomiarowa modelu obliczeniowego

Celem badań jest określenie wpływu temperatury otoczenia na sprawność energetyczną silnika indukcyjnego. Realizacja tego celu wymaga odwzorowania z dużą dokładnością zależności strat mocy w uzwojeniu stojana i klatce wirnika od temperatury otoczenia. Dokładność wyznaczenia strat mocy w uzwojeniach silnika (1) zależy od dokładności odwzorowania temperatury przez sieć cieplną.

Tabela 2. Ustalone temperatury elementów silnika w znamionowym stanie pracy

Element silnika	Temperatura z pomiaru $^\circ\text{C}$	Temperatura z obliczeń $^\circ\text{C}$
Część żłobkowa uzwojenia stojana	80,0	80,5
Część czołowa uzwojenia stojana	86,7	84,5
Pierścień zwierający klatkę	98,3	97,1
Rdzeń stojana	58,3	53,7
Kadłub	45,0	45,1
Tarcza łożyskowa	53,0	52,3

W celu przeprowadzenia weryfikacji pomiarowej utworzonej sieci cieplnej zbudowano stanowisko do pomiaru temperatury w silniku indukcyjnym [5]. W poszczególnych elementach silnika zabudowano termopary. Sygnał z termopary zamontowanej w pierścieniu zwierającym klatkę wirnika silnika wyprowadzono poprzez głowicę Hottingera.

W znamionowym stanie pracy silnika porównano ustalone temperatury elementów uzyskane z obliczeń oraz pomiarów cieplnych (tabela 2).

Opracowany model z zadowalającą dokładnością odwzorowuje temperatury elementów silnika. Maksymalna różnica pomiędzy temperaturą zmierzoną i obliczoną dotyczy rdzenia stojana i wynosi $4,6^\circ\text{C}$. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że z bardzo dużą dokładnością zostały obliczone temperatury uzwojenia stojana i klatki wirnika (błąd nie przekracza $2,2^\circ\text{C}$), na podstawie których wyznacza się część strat mocy w silniku zależną od temperatury otoczenia.

6. Obliczenie strat mocy i sprawności silnika

Wykorzystując opracowany model matematyczny, wykonano obliczenia strat mocy oraz sprawności rozpatrywanego silnika klatkowego w znamionowym stanie pracy przy różnej temperaturze otoczenia.

Straty mocy w silniku niezależne od temperatury otoczenia wynoszą $\Delta P_z = 277$ W. Obliczone wartości strat mocy w uzwojeniach silnika (łącznie w uzwojeniu stojana oraz klatce wirnika) przy zmianie temperatury otoczenia od 10°C do 50°C zestawiono w tabeli 3.

Straty mocy w uzwojeniach silnika przy wzroście temperatury otoczenia od 10 do 50°C zmieniają swoją wartość od 304 do 350 W, czyli aż o 15% . Zmiana strat mocy w uzwojeniach silnika powoduje zmianę jego sprawności energetycznej od $83,8\%$ przy temperaturze otoczenia 10°C do $82,7\%$ przy temperaturze otoczenia 50°C , czyli o $1,1\%$.

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono opracowany model silnika indukcyjnego budowy zamkniętej do obliczeń sprawności, uwzględniający wpływ temperatury otoczenia. Na zbudowanym stanowisku laboratoryjnym wykonano pomiary silnika o mocy

Tabela 3. Straty mocy w uzwojeniach oraz sprawność silnika indukcyjnego

Temperatura otoczenia °C	Straty w uzwojeniach W	Sprawność energetyczna %
10	304	83,8
20	315	83,5
30	327	83,2
40	338	83,0
50	350	82,7

3 kW. Z porównania uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń wynika, że utworzony model silnika z dużą dokładnością odwzorowuje wpływ temperatury otoczenia na temperaturę elementów (w szczególności uzwojeń), a w konsekwencji na wytwarzane straty mocy i sprawność.

Z badań wynika, że temperatura otoczenia ma istotny wpływ na wartość strat mocy w uzwojeniach, a w konsekwencji na sprawność silnika indukcyjnego.


Pomiary sprawności silników w halach laboratoryjnych wykonywane są przy różnej temperaturze otoczenia. W celu przeprowadzenia analizy porównawczej strat mocy w różnych silnikach konieczne jest zatem sprowadzenie zmierzonej sprawności do jednakowej temperatury otoczenia, co umożliwi sporządzenie modelu.

Obliczenie kosztów energii elektrycznej pobranej przez silnik w planowanym okresie eksploatacji wymaga przeliczenia sprawności podanej przez producenta na wartość temperatury otoczenia podczas jego pracy. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że silniki indukcyjne pracują w bardzo różnych warunkach środowiskowych (np. w trakcji, podziemiach kopalń, halach fabrycznych),

czemu odpowiadają bardzo różne temperatury otoczenia. Model umożliwia przeliczenie sprawności silnika na temperaturę otoczenia występującą podczas eksploatacji układu napędowego.

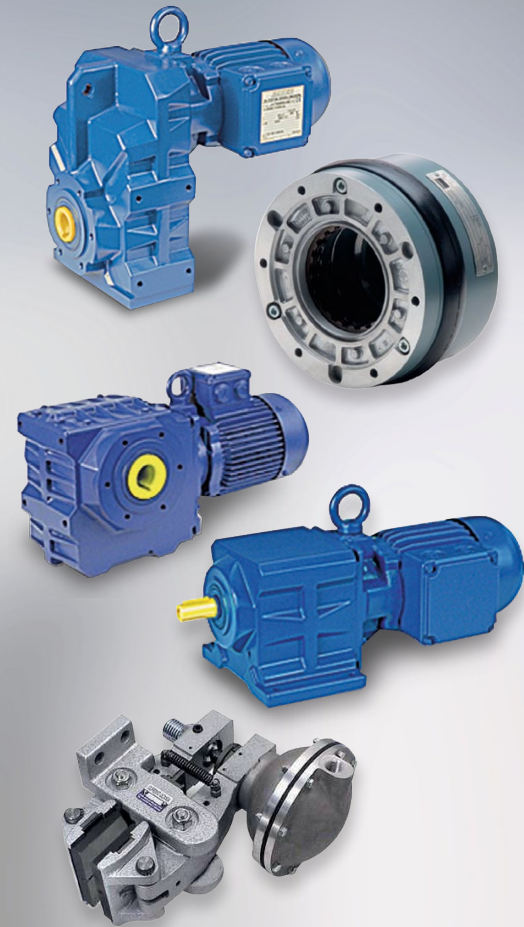
Literatura

- [1] BOGUMIŁ M., DĄBAŁA K., KRZEMIEŃ Z.: *Obliczenia i badania cieplne silnika bezkomutatorowego z kadłubem chłodzonym wodą*. „Przegląd Elektrotechniczny” 2/2017.
- [2] CIOSKA A., DRAK B., KLUSZCZYŃSKI K., MIKSIEWICZ R., RÓŻYCKI A.: *Komputerowe projektowanie silników asynchronicznych trójfazowych*. Opracowanie wykonane w Instytucie Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1990.
- [3] DĄBROWSKI M.: *Projektowanie maszyn elektrycznych*. WNT, Warszawa 1994.
- [4] KROK R.: *Sieci cieplne w modelowaniu pola temperatury w maszynach elektrycznych prądu przemiennego*. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [5] KROK R.: *Zweryfikowany pomiarowo model cieplny do monitorowania rozkładu temperatury w silniku indukcyjnym*. XXXVIII International Symposium on Electrical Machines SME'2002, Cezdyna – Kielce 2002.
- [6] SZCZYPIOR J., JAKUBOWSKI R.: *Obliczenia i badania cieplne maszyny z magnesami trwałymi i zewnętrznym wirnikiem*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problematyczne” 3/2014.

 dr hab. inż. Roman Krok, prof. Pol. Śl. – Instytut Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Śląskiej, e-mail: Roman.Krok@polsl.pl

artykuł recenzowany

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

reklama

www.energoelektronika.com.pl

Twój branżowy serwis z przyszłością

 **Bauer**
Gear Motor

FLENDER
A Siemens Company

 **MAGNET SERVICE BINDER**
Paper Technology

 **COREMO**
OCMEA S.p.A.

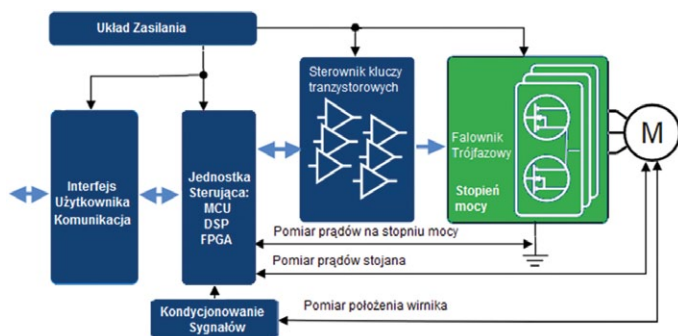
STEINLEN Polska Sp. z o.o.
ul. W. Grabskiego 4/8, 63-500 Ostrzeszów
tel. 62 732 23 50 lub 52, fax 62 732 23 51
www.steinlenpolska.pl

Przegląd aktualnych rozwiązań w projektowaniu stopni mocy sterowników napędów bezpośrednich

Piotr Mars, Grzegorz Góra, Maciej Petko, Grzegorz Karpel

1. Wstęp

Rosnąca popularność elektrycznych napędów bezpośrednich silnie napędza rozwój sterowników napędów bezpośrednich, w których główną rolę pełni stopień mocy w postaci przekształtnika energoelektronicznego zbudowanego z elementów półprzewodnikowych. Układ ten jest odpowiedzialny za wygenerowanie finalnej postaci przebiegów prądowych bądź napięciowych podawanych bezpośrednio na uzwojenia silnika. Stopień mocy stanowi najdroższą część sterownika napędu bezpośredniego oraz ma istotny wpływ na sprawność całego układu napędowego. Przykładowy sterownik silnika bezpośredniego małej mocy składa się z układu zasilania najczęściej opartego na baterii akumulatorów, przetwornicy DC/DC lub AC/DC [1]. W przypadku odzyskiwania energii elektrycznej podczas hamowania silnika istotne jest, aby przetwornica umożliwiała dwukierunkowy przepływ energii [2]. Ważnym elementem układu zasilania jest stopień pośredni zbudowany na bazie kondensatorów o dużej pojemności, stanowiący tzw. bufor ładunku (ang. DC – link) pomiędzy prostownikiem a stopniem mocy. Kolejnym elementem składowym sterownika jest jednostka sterująca, bazująca na mikrokontrolerze, procesorze DSP (ang. *Digital Signal Processor*) lub układzie FPGA (ang. *Field Programmable Gate Array*), w którym zaimplementowany jest algorytm sterowania. Jednym z elementów składowych przekształtnika jest również sterownik kluczy tranzystorowych (ang. *gate driver*), zwany również sterownikiem wstępnym. Głównym elementem sterownika jest stopień mocy w postaci falownika trójfazowego. Dodatkowymi elementami sterownika są układy kondycjonowania sygnałów sprzężenia zwrotnego z czujników położenia wirnika oraz bloki interfejsów komunikacyjnych – rys. 1 [1].



Rys. 1. Schemat blokowy typowego sterownika napędu bezpośredniego małej mocy [1]

Streszczenie: Napędy bezpośrednie są obecnie stosowane w wielu dziedzinach przemysłu, zwłaszcza w aplikacjach wymagających zapewnienia dużego momentu napędowego przy jednocześnie wysokiej dokładności odwzorowania trajektorii sterowania. Ostatnie lata przedstawiają bardzo silny rozwój coraz nowszych konstrukcji napędów bezpośrednich oraz ciągłą optymalizację istniejących rozwiązań. Równocześnie przebiega nieustanny proces udoskonalania układów sprzętowych sterowników napędów bezpośrednich oraz rozwój zaawansowanych algorytmów sterowania.

Artykuł opisuje istniejące rozwiązania elektronicznych układów stopni mocy stosowanych w sterownikach napędów bezpośrednich małej, średniej oraz dużej mocy. Omówiono budowę podstawowych układów kluczujących z wykorzystaniem tranzystorów MOSFET oraz IGBT. W treści referatu wymieniono wady i zalety poszczególnych topologii przekształtników energoelektronicznych jedno- i wielopoziomowych. Opisano również budowę zintegrowanych modułów mocy oraz inteligentnych modułów mocy, tzw. IPM (ang. *Intelligent Power Module*). W finalnej części artykułu uwydatniono najbardziej obiecujące trendy w projektowaniu stopni mocy sterowników napędów bezpośrednich.

REVIEW OF THE CURRENT SOLUTIONS IN THE DESIGNING OF POWER STAGES OF DIRECT DRIVES' CONTROLLERS

Abstract: Direct drives are currently used in many fields of industry, especially in applications requiring high torque with high accuracy of control trajectory mapping. Recent years show a very strong development of more and more new designs of direct drives and continuous optimization of existing solutions. At the same time, there is a continuous process of improving the hardware systems of direct drive controllers and the development of advanced control algorithms.

The article describes existing solutions of electronic power stage systems used in low, medium and high power direct drives' controllers. The construction of basic switching circuits using MOSFET and IGBT transistors is discussed. The content of the paper lists the advantages and disadvantages of individual topologies of single and multi-level power converters. The construction of integrated power modules and intelligent power modules so called IPM is also described. The final part of the article highlights the most promising trends in the power stages designing of direct drives' controllers.

2. Podstawowe elementy przełączające

Falownik trójfazowy najczęściej składa się z sześciu kluczy tranzystorowych, może być on również zbudowany z wykorzystaniem modułów półmostków i mostków H. Istnieje wiele odmian tranzystorów, jednakże ze względu na swoje właściwości najczęściej stosowane w układach mocy są tranzystory polowe typu MOSFET (ang. *Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) oraz tranzystory bipolarne z izolowaną bramką IGBT (ang. *Insulated Gate Bipolar Transistor*).

2.1. Tranzystory MOSFET

Mogą być łączone równolegle w celu zwiększenia obciążalności prądowej, gdyż mają dodatni współczynnik temperaturowy. Niewielka rezystancja kanału w stanie włączenia pozwala na znaczne zmniejszenie strat mocy podczas przewodzenia. Tranzystory typu MOSFET charakteryzują się szerokim pasmem częstotliwościowym, mają szczególnie krótki czas wyłączenia, co znacznie zmniejsza przełączeniowe straty mocy [3].

2.2. Tranzystory IGBT

Tranzystory mocy z izolowaną bramką IGBT łączą w sobie zalety tranzystorów MOSFET i bipolarnych. Są one wykonywane w monokrystalicznych strukturach przystosowanych do większych gęstości prądu w porównaniu z klasycznymi tranzystorami polowymi mocy i bipolarnymi. Od strony obwodu mocy tranzystory IGBT wyglądają jak tranzystor bipolarny, natomiast od strony wejścia sterującego zachowują się jak klasyczne MOSFET-y, dzięki czemu umożliwiają one przełączanie obciążeń o dużej mocy z wysoką częstotliwością. Dodatkową zaletą tranzystorów IGBT jest możliwość pracy z bardzo wysokimi napięciami [4].

2.3. Tyrystory GTO i IGCT

Warto wspomnieć, iż jeszcze większe obciążalności prądowe i napięciowe oferują elementy półprzewodnikowe, takie jak tyrystory wyłączalne prądem bramki GTO (ang. *Gate-Turn-Off*) oraz coraz popularniejsze tyrystory IGCT (ang. *Integrated Gate Commutated Thyristor*). Przewagą tyrystorów IGCT nad GTO jest to, iż dzięki swojej konstrukcji mogą pracować bez dodatkowych układów tłumiących przepięcia [5]. Oba wspomniane rodzaje tyrystorów są najczęściej multiplikowane i integrowane w postaci sprasowanych pakietów (ang. *press-pack*) [6] umożliwiających przełączanie prądów rzędu [kA] przy napięciach rzędu [kV]. Tyrystory GTO i IGCT są elementarnymi składnikami przekształtników średnich i dużych mocy.

3. Przekształtniki napięciowe

Wśród przekształtników napięciowych VSI (ang. *Voltage Source Inverters*) najczęściej stosowanych w sterownikach napędów bezpośrednich wyróżniamy następujące rodzaje:

3.1. Przekształtniki dwupoziomowe

Falowniki generujące napięcie wyjściowe poprzez przełączanie pomiędzy dwoma biegunami zasilającymi nazywane są falownikami dwupoziomowymi (ang. *Two Level Inverter*). Są one powszechnie stosowane z powodu prostej budowy, niewielkiej liczby elementów składowych oraz algorytmu sterowania

o małej złożoności. Posiadają jednak pewne ograniczenia ujawniające się głównie w aplikacjach dużej mocy oraz przekształtnikach wysokich napięć. Z tego powodu coraz powszechniej stosuje się falowniki wielopoziomowe (ang. *Multilevel Inverters*).

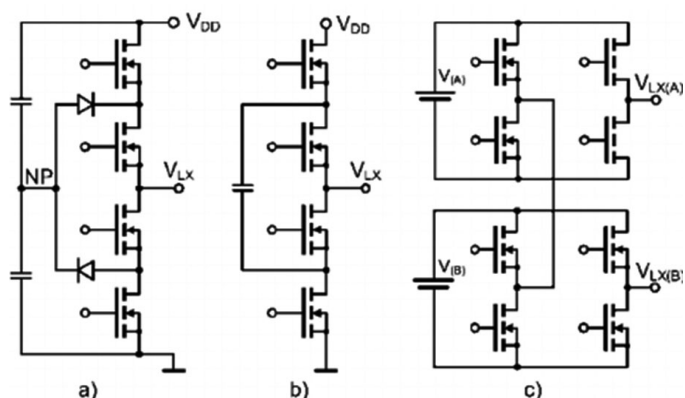
3.2. Przekształtniki wielopoziomowe

Rodzaj przekształtników, w których napięcie wyjściowe jest generowane przy wykorzystaniu kilku poziomów napięcia zasilającego. Najczęściej stosowane są trzy poziomy napięcia jako kompromis pomiędzy uproszczoną budową stopnia mocy i małą ilością elementów składowych oraz zaletami wielopoziomowej topologii [7], do których należą: niski współczynnik zawartości harmonicznych THD (ang. *Total Harmonic Distortion*), mniejsze tętnienia prądu [8, 9], kilkukrotnie większa efektywna częstotliwość przełączania w stosunku do rzeczywistej częstotliwości przełączania tranzystorów [10] oraz mniejsze straty termiczne związane z przełączaniem elementów półprzewodnikowych w stosunku do przekształtników dwupoziomowych, przy zachowaniu strat przewodzenia na podobnym poziomie [11]. Decydujący wpływ na redukcję strat mocy w topologiach wielopoziomowych ma zmniejszenie tzw. napięcia blokowania, czyli napięcia pojawiającego się na danym łączniku przy zamkniętym kanale. Ma to również korzystny wpływ na minimalizację niezbędnych odległości separacyjnych, uwzględnianych w projektowanym urządzeniu energoelektronicznym, co umożliwi lepszą integrację obwodu mocy. Zmniejszone wymagania napięciowe stawiane łącznikom półprzewodnikowym, diodom i kondensatorom korzystnie wpływają także na cenę wytwarzanego przekształtnika. Łączniki półprzewodnikowe o mniejszym napięciu blokowania charakteryzują się również lepszymi parametrami statycznymi (np. mniejszym spadkiem napięcia w stanie przewodzenia w przypadku tranzystora IGBT lub zredukowaną rezystancją szeregową otwartego kanału w tranzystorach typu MOSFET) oraz dynamicznymi (krótsze czasy opóźnień oraz przełączeń) w stosunku do ich odpowiedników wysokonapięciowych [12].

Najczęściej spotykane w literaturze przekształtniki wielopoziomowe są wymienione w poniższych podrozdziałach.

3.2.1. Wielopoziomowy falownik z diodowym poziomowaniem napięć (ang. *Diode Clamped Multilevel Inverter*)

Ten typ falownika jest jedną z najczęściej stosowanych topologii wielopoziomowych przekształtników energii elektrycznej. Wykorzystuje szeregowo połączone kondensatory w charakterze dzielnika napięcia źródła zasilania oraz szereg tzw. diod poziomujących. Dzięki nim maksymalne napięcie na poszczególnych łącznikach nie przekracza wartości przewidzianej dla danej sekcji dzielnika kondensatorowego [12]. Zwiększenie ilości poziomów napięciowych polega na dodaniu szeregowo połączonych sekcji, składających się z pary tranzystorów oraz diody poziomującej i kondensatora buforującego ładunek. Doświadczenia projektantów opisane w literaturze wskazują jednak, że duża liczba poziomów powoduje problemy z równomiernym rozkładem napięcia na pojemnościach buforujących [10, 11], dlatego też najczęściej wykorzystuje się topologię trójpoziomową przedstawioną na rys. 2 a.



Rys. 2. Topologie przekształtników wielopoziomowych

3.2.2. Wielopoziomowy falownik z kondensatorowym poziomowaniem napięć (ang. Flying Capacitors Multilevel Inverter, Capacitor Clamped Multilevel Inverter)

W porównaniu do falowników z diodowym poziomowaniem napięć ten typ przekształtnika wykorzystuje odpowiednio połączone kondensatory w celu uzyskania proporcjonalnych poziomów napięć na półprzewodnikowych przełącznikach. Aby to osiągnąć, należy użyć pojemności o różnych parametrach. Zwiększenie liczby poziomów napięciowych polega na dodaniu kolejnych par tranzystorów oraz kondensatorów buforujących. Ta topologia jest również podatna na nierówny rozkład napięcia na pojemnościach buforujących i rzadko wykorzystuje się liczbę poziomów napięciowych większą od pięciu [10, 11]. Trójpoziomowy falownik z kondensatorowym poziomowaniem napięć przedstawiony jest na rys. 2 b).

3.2.2. Wielopoziomowy kaskadowy falownik napięcia (ang. Cascaded Inverter with Separate DC Sources)

Składa się z kilku klasycznych, jednofazowych mostków H zasilanych z niezależnych źródeł i połączonych szeregowo po stronie napięcia przemiennego. Pojedyncza sekcja mostka umożliwia wytworzenie trzech poziomów napięcia: $+U_{DC}$, 0 , $-U_{DC}$. Połączenie szeregowe daje możliwość wygenerowania przebiegu będącego algebraiczną sumą napięć wszystkich sekcji. Podstawową zaletą kaskadowego falownika napięcia jest możliwość uzyskania wielu poziomów napięcia wyjściowego przy wykorzystaniu niewielkiej liczby mostków H. Ze wzoru na obliczanie ilości poziomów napięcia wyjściowego: $m = 2s + 1$ (gdzie s oznacza liczbę potrzebnych źródeł prądu stałego) wynika, że liczba uzyskanych poziomów napięć jest ponaddwukrotnie większa od ilości wykorzystanych źródeł prądu stałego. Oznacza to, że ten rodzaj topologii wymaga najmniejszej liczby komponentów koniecznych do uzyskania planowanej liczby poziomów napięć. Nie wymaga również stosowania żadnych dodatkowych diod ani kondensatorów poziomujących napięcie. Dodatkowo wykorzystanie sekcji w postaci klasycznych mostków jednofazowych pozwala na zminimalizowanie kosztów budowy falownika. Wadą tego typu struktury jest konieczność stosowania wielu galwanicznie izolowanych źródeł prądu

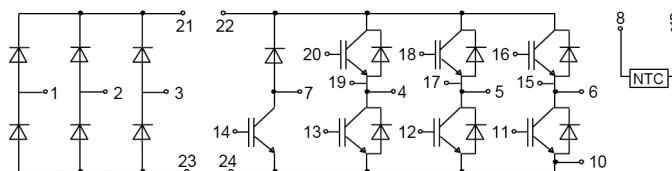
stałego [10, 11]. Trójpoziomowy kaskadowy falownik napięcia przedstawiony jest na rysunku 2 c).

4. Zintegrowane elementy mocy

Producenci układów półprzewodnikowych dynamicznie rozwijają rynek zintegrowanych elementów mocy, które w ostatnich latach stanowią podstawę do budowy przekształtników energoelektronicznych oraz stopni mocy napędów. Duża różnorodność oraz wysoki poziom zintegrowania tych elementów pozwala na projektowanie stopni mocy do napędów bezpośrednich nawet przez inżynierów o niewielkim doświadczeniu w tym zakresie. Dostępne na rynku moduły możemy podzielić na trzy zasadnicze grupy o różnym stopniu złożoności i elastyczności w ich wykorzystaniu.

4.1. Zintegrowane moduły mocy

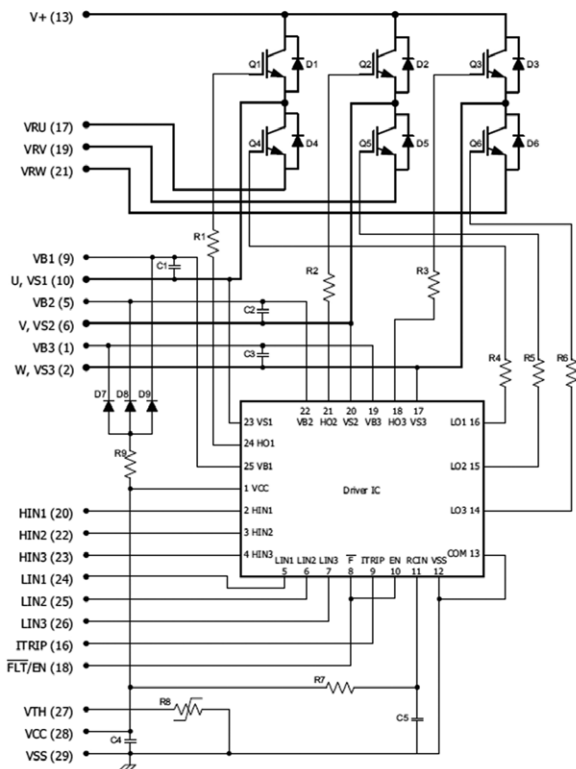
W podstawowej wersji występują jako mostki trójfazowe z diodami regeneracyjnymi. Bardziej rozbudowane wersje wyposażone są w dodatkowe elementy, takie jak: wbudowany termistor pozwalający na pomiar temperatury wewnątrz układu, tranzystor przeznaczony do sterowania zewnętrznym rezystorem rozpraszającym energię podczas hamowania, a także mostek prostowniczy przystosowany do współpracy z jednofazową lub trójfazową siecią elektryczną (rys. 3). Aby zaprojektować stopień mocy, wykorzystując zintegrowany moduł mocy, należy dobrać: sterowniki tranzystorów, elementy pasywne, pojemności buforujące ładunek, filtry oraz zabezpieczenia. Zastosowanie zintegrowanego modułu mocy przede wszystkim ułatwia projektantowi odprowadzanie i rozproszenie energii termicznej z elementów półprzewodnikowych poprzez wykorzystanie gotowego modułu o zoptymalizowanej pod tym kątem konstrukcji mechanicznej.



Rys. 3. Schemat elektryczny zintegrowanego elementu mocy [13]

4.2. Inteligentne moduły mocy, tzw. IPM (ang. Intelligent Power Module)

Moduły integrujące w sobie elementy mocy wraz z częścią logicznych układów sterujących i pomiarowych. Najczęściej występującą odmianą inteligentnych modułów mocy są mostki trójfazowe oparte na tranzystorach typu MOSFET lub IGBT wraz z wbudowanymi sterownikami tych tranzystorów. Dodatkowymi elementami są wbudowane układy umożliwiające pomiar temperatury oraz prądów fazowych. Klasyczny moduł IPM wykorzystuje dwa napięcia zasilające: główne – do zasilania obwodów mocy, oraz pomocnicze o wartości około 12 [VDC] do zasilania wewnętrznych odwodów logicznych. Każdy półmostek posiada najczęściej oddzielne wyprowadzenia do sterowania dla górnego i dolnego tranzystora, dlatego należy programowo zadbać o tzw. czasy martwe, czyli czasy



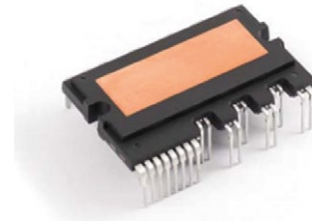
Rys. 4. Schemat elektryczny modułu IPM [14]

opóźnień pomiędzy wyłączeniem jednego a włączeniem drugiego tranzystora w półmostku. Aby zaprojektować stopień mocy, wykorzystując inteligentne moduły mocy, należy dobrać elementy pojemnościowe, część elementów pasywnych oraz zaimplementować sterowanie każdym tranzystorem z uwzględnieniem czasów martwych. Przykład modułu IPM przedstawiony jest na rys. 4.

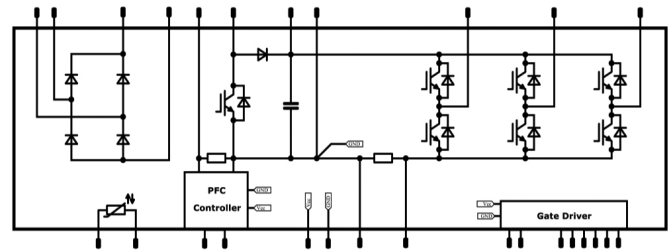
4.3. Zintegrowane stopnie mocy

Najbardziej zaawansowane moduły, łączące w sobie elementy mocy wraz ze wszystkimi układami kontrolno-pomiarowymi koniecznymi do zaimplementowania sterowania stopniem mocy. Najbardziej zaawansowane odmiany posiadają automatyczne zabezpieczenia termiczne i nadprądowe chroniące moduł przed uszkodzeniem. Wymagają jednego lub dwóch napięć zasilających (głównego do zasilania obwodów mocy oraz pomocniczego do zasilania odwodów cyfrowych).

Standard napięciowy wejść/wyjść cyfrowych jest przystosowany do bezpośredniego podłączenia z portami mikrokontrolera lub układu FPGA. Najczęściej stan każdego półmostka jest ustawiany za pomocą jednego sygnału sterującego, a opóźnienia związane z czasami martwymi realizowane bezpośrednio przez moduł. Aby zaprojektować przekształtnik, wykorzystując zintegrowany stopień mocy, należy dobrać elementy pojemnościowe i podstawowe elementy pasywne oraz zaimplementować sterowanie fazami półmostka. Moduły te pozwalają na szybkie i łatwe zaprojektowanie sterownika, lecz ich wadą jest brak elastyczności i możliwości wpływu na końcowe parametry otrzymanego stopnia mocy.



Rys. 5. Widok zintegrowanego stopnia mocy [15]



Rys. 6. Schemat elektryczny zintegrowanego stopnia mocy [16]


6. Podsumowanie

Ostatnie regulacje w standardzie IEC definiują coraz ostrzejsze wymagania sprawności zwłaszcza dla napędów średniej i dużej mocy, dlatego efektywność energetyczna staje się jednym z głównych kryteriów doboru układu sterowania. Ze względu na duże wymagania sprawności układów napędowych spodziewany jest trend wykorzystywania zaawansowanych sterowników nawet w procesach, które do tej pory ich nie wymagały [17]. Technologie wytwarzania układów półprzewodnikowych są systematycznie usprawniane. Powstaje wiele odmian tranzystorów IGBT i MOSFET, jak np. tranzystory BiMOSFET, znane również jako *Reverse Conducting IGBTs*, które umożliwiają jeszcze szybsze przełączanie wysokich wartości prądów i napięć [18].

Literatura

- [1] *Motor Controls and Drives* – subpages. <https://www.infineon.com>, (dostęp 2018.02.20).
- [2] NOWAK R.: *Wybrane zagadnienia sterowania silnikami z magnesami trwałymi*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 1/2017.
- [3] *Tranzystory MOSFET kontra IGBT – świadomy wybór*. <https://elektronikab2b.pl>, (dostęp 2018.02.20).
- [4] GAWRYLUK A.: *IGBT: tranzystory do zadań specjalnych*. „Elektronika Praktyczna” 3/2008.
- [5] ZHOU X., XU Z., HUANG A.Q., BOROVYEVICH D.: *Comparison of High Power IGBT, IGCT and ETO for Pulse Applications*. Annual power electronics seminar, 2002, p. 506–510.
- [6] *Press-pack IGBTs for HVDC and FACTS*. <https://www.dynexsemi.com>, (dostęp 2018.02.20).
- [7] CHEE S.-J., KO S., KIM H.-S.: *Common-Mode Voltage Reduction of Three-Level Four-Leg PWM Converter*. IEEE Transactions on Industry Applications, nr 5, 2015, p. 4006–4016.

- [8] MEHRABIAN-NEJAD H., MOHAMMADI S., FARHANGI B.: *Novel Control Method for Reducing EMI in Shunt Active Filters with Level Shifted Random Modulation*. International Power Electronics Drive Systems and Technologies Conference, 2015, p. 585–590.
- [9] SABARAD J., KULKARNI G.: *Comparative analysis of SVPWM and SPWM techniques for multilevel inverter*. Power and Advanced Control Engineering (ICPACE), 2015 International Conference.
- [10] HONADE T., UDAPURE S., TIMANDE S., RODGE S., BURDE V., GUDADHE S.: *Comparative Study between Two and Three Level Converter for Electric Applications*. „International Journal of Advances in Engineering & Technology”, 2016, p. 210–217.
- [11] ORFANOUDAKIS G.I., SHARKH S.M., YURATICH M.A., ABUSARA M.A.: *Loss Comparison of Two and Three-Level Inverter Topologies*. International Conference on Power Electronics, Machines and Drives, 2010, p. 1–6.
- [12] SZAREK M.: *Wielopoziomowy falownik napięcia z poziomowaniem diodowym (NPC) zasilany z wyodrębnionych alternatywnych źródeł energii, pracujących przy różnych wartościach mocy maksymalnej (MPP)*. Rozprawa doktorska. Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej; Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii AGH, Kraków 2016.
- [13] Eupec, *BSM20GP60 – IGBT-Module*. <http://www.bjtrd.com>. (dostęp 2018.02.20).
- [14] International Rectifier, *IRAM136-0760A – Integrated Power Hybrid IC for Appliance Motor Drive Applications*. <http://www.irf.com>, (dostęp 2018.02.20).
- [15] ON Semiconductor, *FSBB20CH60 Motion SPM® 3 Series*. <http://www.onsemi.com>, (dostęp 2018.02.20).
- [16] *IPMs – a solution for compact motor drive applications?* <https://www.vincotech.com>, (dostęp 2018.02.20).
- [17] ORŁOWSKA T., DYBKOWSKI M.: *Industrial Drive Systems. Current State and Development Trends*. „Power Electronics and Drives” 1/2016.
- [18] *IXYS Reverse Conducting IGBTs (BiMOSFETs™)*. <https://www.ixys.com>, (dostęp 2018.02.20).

 mgr inż. Piotr Mars; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, e-mail: mars@agh.edu.pl;
mgr inż. Grzegorz Góra; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, e-mail: ggora@agh.edu.pl;
dr hab. inż. Maciej Petko; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, e-mail: petko@agh.edu.pl;
dr inż. Grzegorz Karpiel; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, e-mail: gkarpiel@agh.edu.pl

WYDARZENIA

● COPA-DATA Polska i Akademia Górniczo-Hutnicza podpisały Umowę o Partnerstwie

COPA-DATA Partner Community to powołany w 2011 roku przez firmę COPA-DATA program partnerski, którego członkami jest wiele ekskluzywnych uczelni technicznych z całego świata. Teraz do tego szacownego grona, na mocy umowy podpisanej przez Prorektora ds. Współpracy AGH, prof. dr. hab. inż. Jerzego Lisa, oraz przedstawiciela COPA-DATA Polska, dołączyła właśnie Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Akademia Górniczo-Hutnicza aktywnie uczestniczy w budowaniu społeczeństwa opartego na wiedzy i wykorzystywaniu technologii na rzecz rozwoju i wzrostu gospodarczego. Od wielu lat znajduje się na szczytach list rankingowych i ma opinię jednej z najlepszych i prestiżowych uczelni w Polsce, której dyplom jest potwierdzeniem najwyższej jakości kształcenia w dziedzinie nauk technicznych. Teraz ta prestiżowa jednostka, wspólnie z producentem platformy programowej zenon, będzie

edukować młodych inżynierów, przybliżając im praktyczne zastosowania zenon, związane m.in.: ze Smart Grid, digitalizacją czy Czwartą Rewolucją Przemysłową – Industry 4.0. Mówi dr hab. inż. Andrzej Bień, prof. AGH:

– COPA-DATA jest producentem uznanej platformy programowej zenon® dedykowanej dla branży energetycznej, z którą jesteśmy ściśle związani. Systemy SCADA w dzisiejszych czasach stają się niezbędne w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz energetycznym. Umożliwiają sprawne sterowanie rozległymi systemami oraz urządzeniami. Dotychczasowa współpraca umożliwiła nam poznanie tego oprogramowania i przetestowanie jego możliwości. Niewątpliwą zaletą tego środowiska inżynierskiego jest elastyczność oraz możliwość stosowania go w szerokiej gamie urządzeń.

Dla COPA-DATA nawiązanie współpracy z prestiżową jednostką naukową, jaką jest Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii krakowskiej Akademii Górniczo-Hutniczej, to ważny krok w realizacji

strategii innowacyjności i ciągłego rozwoju firmy. Stały kontakt z przedstawicielami nauki oraz ze studentami dają możliwość wymiany doświadczeń i oczekiwań, co prowadzi do przełomowych pomysłów i finalnie innowacyjnych technologicznie rozwiązań w przemyśle i energetyce. Natomiast dla rozwoju platformy programowej zenon nie bez znaczenia jest dostęp do odkryć naukowych oraz wyników prac eksperymentalnych prowadzonych przez wyspecjalizowaną kadrę naukową i studentów. Składową partnerstwa jest również współpraca marketingowo-promocyjna, mająca na celu propagowanie przyszłościowych realizacji opartych na zenon w środowisku naukowo-biznesowym w Polsce i za granicą. Do podpisania tej znaczącej dla obydwu stron Umowy Partnerskiej przyczynił się prof. dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka, posiadający znaczący na skalę światową dorobek naukowy w zakresie Jakości Energii Elektrycznej oraz rozwijania Smart Grid w Polsce.

Źródło: COPA-DATA Polska Sp. z o.o.

PARTNER TARGÓW



PGE Dystrybucja S.A.

PATRONAT HONOROWY



MINISTERSTWO ENERGII



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Targi Kielce
exhibition & congress centre

enex

XXII MIĘDZYNARODOWE TARGI
ENERGETYKI I ELEKTROTECHNIKI
XVII TARGI ODNAWIALNYCH
ŹRÓDEŁ ENERGII

27-28.02.2019

Targi Kielce

www.enex.pl

enex

4INSULATION

IV Międzynarodowe Targi
Izolacji Przemysłowych

www.4insulation.eu



Urządzenie do monitorowania komutatora i pierścieni ślizgowych maszyn elektrycznych

Agnieszka Jakubowska-Ciszek, Piotr Wąs

1. Wstęp

Niezawodność i długi okres eksploatacji dużych maszyn elektrycznych wiąże się z ich przeglądami, skuteczną diagnostyką i usuwaniem usterek mogących prowadzić do ciężkich awarii, a co za tym idzie – zapobieganiem wynikającym z nich stratom finansowym, oraz zagrożeniu bezpieczeństwa ludzi i mienia. Skuteczne prowadzenie nadzoru i monitorowanie stanu wrażliwych elementów maszyn elektrycznych, jakimi są komutator albo pierścienie ślizgowe, prowadzi do szybkiej reakcji i unikania poważnych awarii. Cennym atutem metod diagnostycznych jest, gdy pozwalają one na pomiary bezdotykowo i w ruchu.

Korzystając z tej metody, można przewidzieć i zapobiec skutkom długotrwałych awarii, do których zalicza się postoje, ważnych dla całego procesu technologicznego maszyn wirujących. Podnosi się również poziom bezpieczeństwa i niezawodności. Ma to niebagatelne znaczenie dla obiektów takich, jak maszyny wyciągowe, główne odwadnianie i wentylacja w podziemnych zakładach górniczych, czyli kopalniach. Również w hutach i rafineriach znajduje zastosowanie proponowana metoda.

Celem prac autorów jest uzyskanie użytecznych danych pomiarowych, świadczących o bieżącym stanie maszyny elektrycznej z komutatorem albo pierścieniami ślizgowymi. Zakres zastosowań dotyczy pomiarów maszyn będących w ruchu, w stanach normalnej pracy, tzn. przy pełnym zakresie prędkości obrotowej i prądów obciążenia. Związane jest to z coraz bardziej rosnącymi wymaganiami klientów odnośnie do obniżania kosztów pomiarów, czasu ich trwania i wymogów odnośnie do dokładności. Dlatego żądają oni coraz częściej aby pomiary zostały przeprowadzone przez automatyczne systemy pomiarowe, a nie ludzi. Pomiary przeprowadzane przez ludzi trwają wiele godzin, a nawet dni, muszą być wykonywane tylko na postoju, a często również przy częściowym lub całkowitym demontażu maszyny. Jedną z głowic zastosowaną do pomiaru odległości spełnia powyższe wymagania, ponieważ posiada najwyższą powtarzalność w swojej klasie 0,005 mm, najwyższą dokładność w swojej klasie $\pm 0,02\%$, najszybszą w świecie wśród dostępnych obecnie głowic częstotliwość próbkowania 392 kHz.

2. Metoda pomiarowa

Doświadczenie wyniesione z wieloletniej eksploatacji maszyn elektrycznych wykazuje potrzebę opracowania takiej metody pomiarowej, która pozwala na przeprowadzanie pomiarów w czasie występowania znamionowej siły odśrodkowej i drgań przy działaniu dynamicznym prądu oraz pod wpływem temperatury wywołanej jego przepływem. Pomiary przeprowadzone w ruchu pozwalają na wielopunktowy pomiar w bardzo krótkim

Streszczenie: Nieodłącznym elementem elektrycznych silników dużej mocy są komutatory i pierścienie. W przypadku wirujących maszyn elektrycznych siła odśrodkowa wirującej masy wirnika po pewnym czasie doprowadza do uszkodzenia komutatora lub pierścieni. Takie uszkodzenia należą do największych zagrożeń, powodujących długotrwały przestój. Dotychczasowe działania diagnostyczne są często nieskuteczne i nie zapobiegają nagłym i niespodziewanym awariom. Dobór właściwej metody diagnostycznej umożliwia zapobieżenie poważnej awarii. Prezentowana metoda diagnostyczna pozwala na wykrycie uszkodzeń już na początkowym etapie rozwoju. Dzięki temu można zapobiec nagłym poważnym awariom i długim przestojom na remont. Opracowanie dokładnej głowicy pomiarowej do prac w ruchu pozwoliło na określenie temperatury i geometrii komutatora lub pierścienia. Dotychczasowe metody pomiarów wykonywanych na postoju nie pozwalają stwierdzić, czy geometria i temperatura komutatora pod wpływem siły odśrodkowej nie ulegnie niebezpiecznej zmianie. Wady tej pozbawiona jest proponowana metoda diagnostyczna.

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, bezdotykowe badania diagnostyczne, komutator, pierścienie ślizgowe

COMMUTATOR AND ELECTRICAL MACHINERY SLIP RINGS MONITORING DEVICE

Abstract: Commutators and rings are inseparable elements of high-power electric motors. In case of rotating electric machines, the centrifugal force of the rotor rotating mass causes damage to the commutator or rings after some time. Such damage is one of the biggest threats that causes long-term outage. Ineffective diagnostic activities are among the sudden and unexpected causes of their failure. Selecting an appropriate diagnostic method is a way to prevent a serious accident. The paper presents a diagnostic method, which detects the progressive damage right at the initial stage of its development. Consequently, it is possible to prevent serious failures and long outage for repairs. The development of an accurate measuring head for work in motion has allowed to determine the temperature and geometry of the commutator or ring. The measurement methods performed at a outage do not allow to determine whether the commutator geometry and temperature under the influence of centrifugal force will change dangerously or not. The proposed diagnostic method avoids this problem.

Keywords: electrical machines, non-contact diagnostic tests, commutator, slip ring

czasie, kilkakrotnie na całym obwodzie. Pomiar przeprowadzone na postoju maszyny nie pozwalają na taki zakres diagnostyki, jak pomiary uzyskane na wirującej maszynie. Ustalenie rzeczywistej przyczyny w nieprawidłowo działającej maszynie trwa na ogół krócej, gdy badania przeprowadza się dynamicznie, a nie statycznie, lecz z odpowiednio wysoką dokładnością. Obecnie oferowane technologie pozwalają coraz częściej sprostać tym wysokim wymaganiom. Proponowana metoda została praktycznie zrealizowana i wdrożona przez OPA SA w Zabrze. Pierwszy egzemplarz został zbudowany i pomyślnie przetestowany, a zdobywane doświadczenie pozwoli w przyszłości na dalsze jego ulepszenie.

3. Technika pomiarowa

Wspomniana metoda diagnostyczna polega na przeprowadzeniu rejestracji zmian geometrii i temperatury komutatora albo pierścieni ślizgowych w czasie ruchu maszyny. Jest ona zasadniczo prosta i opiera się na klasycznych zasadach fizyki, lecz jej realizacja wymaga zastosowania zaawansowanych nowoczesnych technik i technologii pomiarowych. Czas na przeprowadzenie jednego pomiaru jest tym krótszy, im większa jest prędkość liniowa przemieszczającej się płaszczyzny komutatora albo pierścienia. Założenie to nie zawsze jest do spełnienia, szczególnie w przypadku pomiaru temperatury.

Zastosowana technika pozwala uzyskać optymalny zakres i rozdzielczość mierzonych zmian geometrii i temperatury w wąskim polu pomiarowym. Dzięki technice bezdotykowej zachowane jest również pełne bezpieczeństwo maszyny i ludzi oraz nie uszkadza się badanej powierzchni, a tak często się dzieje, gdy stosuje się mikrometr czy czujnik z końcówką szafirową (rys. 1).

Problem powtarzających się lub nieprzewidzianych postojów spowodowanych awariami zostanie ograniczony. Wczesne wykrywanie przyczyn zapobiega groźnym skutkom. Postępująca nieuchronnie destrukcja nie wymknie się szybko spod kontroli.

Zdanie sobie sprawy z powagi problemu, zrozumienie, na czym polega innowacyjność rozwiązania i jakie płyną korzyści z jego wykorzystania, wynika z określonego prawa fizyki. Siła odśrodkowa, która jest nieodłącznym elementem każdej wirującej maszyny elektrycznej, jest tym większa, im większa jest masa wirująca, jej średnica i kwadrat prędkości obrotowej.

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (1)$$

gdzie:

F – siła odśrodkowa;

m – masa;

ω – prędkość wirowania;

r – promień.

Problem jest tym większy, im większe są masy wirujące, prędkość obrotowa oraz średnica części wirującej.

4. Budowa układu pomiarowego

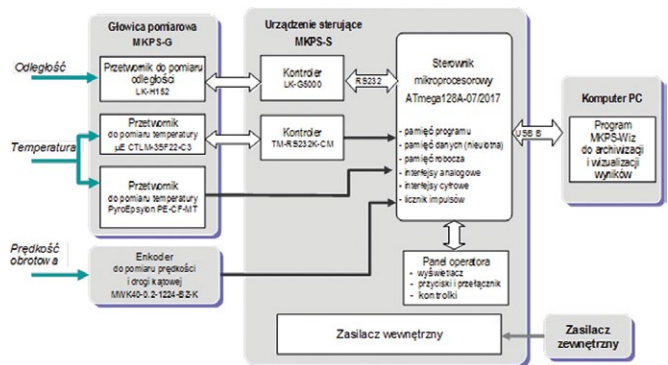
Do obsługi głowicy laserowej i sensorów pirometrycznych zaprojektowano i wykonano układ mikroprocesorowy.



Rys. 1. Głowica dotykowa z końcówką szafirową



Rys. 2. Przykład komutatora w czasie pracy

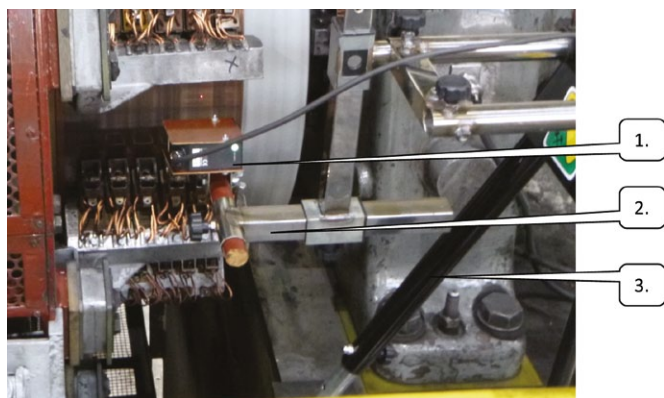


Rys. 3. Schemat blokowy kompletnego układu pomiarowego

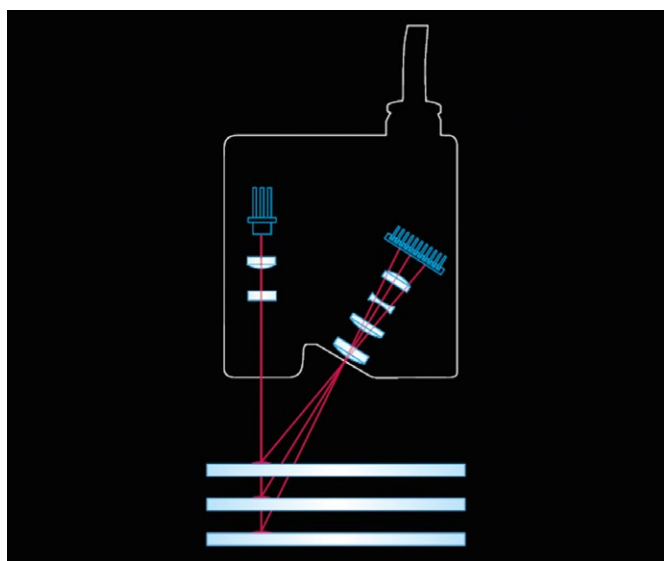
Zastosowano mikrokontroler ATMEGA128, przedstawiony na rys. 3. Stanowisko pomiarowe MKPS (skrót od Monitorowanie Komutatora [albo] Pierścieni Ś(s)lizgowych) wykorzystuje jedną wybraną – z trzech do wyboru – głowic pomiarowych: głowicę do pomiaru odległości lub jedną z dwóch głowic pirometrycznych do pomiaru temperatury. Zastosowanie głowicy do pomiaru odległości w czasie pomiarów na prądnicy pokazano na rys. 4, gdzie głowicę (1) zamocowano w uchwycie (2), przymocowanym do statywu (3) z zastosowaniem osprzętu do pozycjonowania głowicy w osi prostopadłej do osi wirowania maszyny, przewodów, kontrolerów i komputera przenośnego (laptop).

Proponowana technika pomiarów zmusza do zastosowania ultraszybkich i wysoko wydajnych laserowych sensorów drogi. Zastosowano głowicę pomiarową serii LK-G500 japońskiej firmy Keyence [3], jak na rys. 5.

Głowica pomiarowa LK-G500 pozwala na śledzenie obiektów o szorstkiej powierzchni, małych gabarytach, o powierzchniach przezroczystych lub lustrzanych. Funkcjonuje niezawodnie i szybko w każdej sytuacji. Zastosowano głowicę LK-H152,



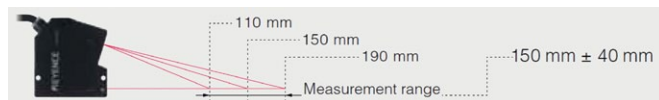
Rys. 4. Zdjęcie poglądowe fragmentu stanowiska pomiarowego
1 – głowica laserowa LK-H152; 2 – uchwyt; 3 – statyw mocujący (jego część)



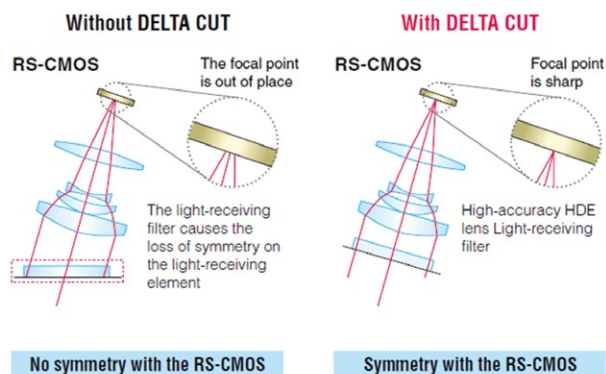
Rys. 5. Zasada triangulacji wykorzystana w głowicy LK-G500 [3]

której zakres pomiarów jest w odległości 150 mm od badanego obiektu i rozciąga się w zakresie ± 40 mm, dokładności powtarzalnej 0,25 mm, o średnicy plamki pomiarowej $\varnothing 120$ mm (rys. 6).

Wybrana głowica wykonana jest zgodnie z najnowszą technologią. Dzięki ultraszybkim częstotliwości próbkowania umożliwia rejestrację bardzo szybko poruszających się obiektów, przy ekstremalnie wysokiej precyzji i stabilności pomiarów. Takie, dotąd nieosiągalne, własności pomiarowe uzyskano dzięki matrycy RS-CMOS (R – wysoka rozdzielczość; S – wysoka prędkość). Podwojenie zakresu pikseli struktury CMOS umożliwia wysoką precyzję. Optyka została przerobiona nie tylko w celu powiększenia szerokości punktu świetlnego, lecz również po to, aby zarejestrować najmniejsze wyniesienie mierzonego elementu. Geometria punktu laserowego w kombinacji z udoskonaloną matrycą CMOS umożliwia uzyskanie dotąd nieosiągalnych dokładności. Do nastawiania intensywności światła, rozdzielczości i czasu trwania światła zastosowano system ABLEII [3]. Specjalnie do tego celu zaprojektowano obiektyw



Rys. 6. Zakres pomiaru głowicy LK-H152 [3]

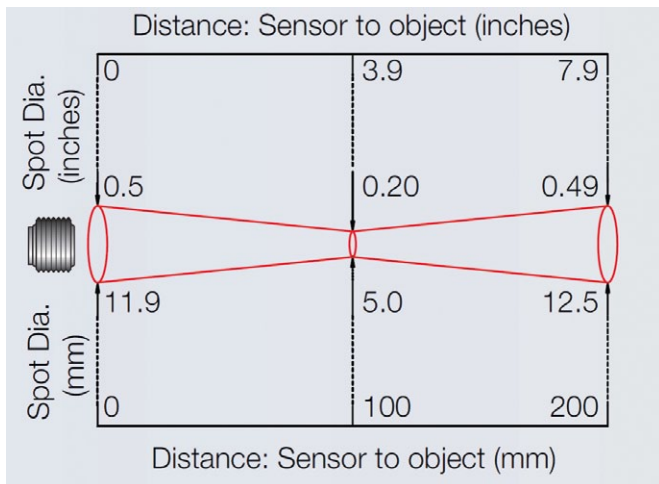


Rys. 7. Minimalizowanie efektu wykrzywienia metodą Delta-Cut [3]

z linearną soczewką kolimatora. Punkt lasera jest celowo ogniskowany i dzięki temu unika się nieregularności. Równomierna wielkość punktu świetlnego jest decydującą zaletą przy pomiarach małych obiektów. Bardzo równomierny owalny promień światła formuje soczewka cylindryczna, co ma wielkie znaczenie dla pomiarów obiektów o szorstkiej powierzchni. Ponadto zadbano o równomierną szerokość promienia światła w całym zakresie. Efekty wykrzywienia zostały zminimalizowane technologią Delta-Cut [3] poprzez symetryczne przyporządkowanie elementów CMOS, obiektywu i filtra (rys. 7).

Pozycja obiektu pomiarowego zostaje ustalona (zmierzona) przy wykorzystaniu metody triangulacji (rys. 5). Odbity promień światła trafia na matrycę RS-CMOS. Piksele, na które padł promień odbitego światła, pozwalają ustalić pozycję obiektu pomiarowego. Głowica LK-H152 współpracuje z kontrolerem LK-G5001P [3]. Przyłącze rozszerzające kontrolera pozwala na podłączenie do 10 głowic pomiarowych, za pomocą których można prowadzić jednocześnie rejestrację. Posiada interfejsy RS232C o prędkościach 9600 do 115200 bps, USB 2.0 dla wysokich prędkości i Ethernet 100 Base-TX/10 Base. Zasilanie zapewnia zasilacz 24 V DC $\pm 10\%$ 3,5 A, również przy wykorzystaniu maksymalnej liczby głowic i rozszerzeń. Wyprowadzenie alarmowe, komparatorowe, binarne typu PNP otwarty kolektor.

Układ pracuje bardzo efektywnie i wydajnie. Ograniczeniem są w tym przypadku drgania całego obiektu, które jednak mogą się w pewnym niewielkim stopniu przenosić na głowicę pomiarową. Zbyt duże drgania podłoża przeniesione na głowicę uniemożliwiają pomiar z dużą precyzją. Podkładki antywibracyjne pod stopami statywu, do którego zamocowana jest głowica, ograniczają do minimum ich wpływ. Analizując wyniki rejestracji, należy to uwzględnić i jeżeli jest możliwe to eliminować. Układ pomiarowy pracuje bezdotykowo względem



Rys. 8. Pole pomiaru pirometrycznego przetwornika temperatury PyroEpsilon [4]

badanej maszyny, co oznacza, że rejestracja może być prowadzona nawet przez długi czas, w wybranych momentach.

Do bezdotykowego pomiaru temperatury wybrano dwa przetworniki pomiarowe. Powodem jest podział zakresu temperatur na przedziały poniżej i powyżej 50°C. Typowy komutator pracuje dobrze w temperaturze do 70°C. Ograniczenia zastosowania metody pirometrycznej biorą się z braku informacji o rzeczywistym współczynniku emisyjności badanego materiału. Jednak nie ma to większego znaczenia dla pomiarów porównawczych. Jeżeli temperatura sąsiednich działek komutatora będzie się znacząco różnić, to również jest to informacja o stanie odbiegającym od normalnego. Ponawiając pomiary temperatury co pewien okres czasu, można stwierdzić, czy stan tego obwodu podłączonego do tej konkretnej działki komutatora ulega zmianie, czy jest stabilny. Wydaje się, że szybkie wykrycie uszkodzonej działki komutatora możliwe jest przy rejestracji temperatury maszyny od wychłodzonej do nagrzanej. Temperatura uszkodzonej działki podniesie się znacznie szybciej niż nieuszkodzonych. Informacja zawarta w promieniowaniu podczerwonym jest bardzo cenna, ponieważ wydzielona energia cieplna zależy od kwadratu natężenia prądu obserwowanego obwodu. Przerwa lub zwarcie międzyzwojowe (tzw. skrót uzwojenia) zmieni jego wartość i przez to zmieni się temperatura. Również pęknięcie lub obłuzowanie się w obwodzie uzwojenia jednej działki pod wpływem siły odśrodkowej, drgań ujawni się już w początkowej fazie uszkodzenia w czasie ruchu maszyny. Przy zatrzymanej maszynie stan taki jest do wykrycia dopiero przy postępującym większym uszkodzeniu. Niemniej wynika to tylko z pewnych rozważań, a potwierdzić to może jedynie praktyka, czemu ma służyć proponowana metoda oraz technika pomiarowa.

Pierwszy pirometryczny przetwornik temperatury to PyroEpsilon PE-CF-MT, którego parametry zamieszczono w tabeli 1, a pole pomiaru przedstawiono na rys. 8.

Drugi pirometryczny przetwornik temperatury to microEpsilon CTM-3SF22-C3, którego parametry zamieszczono

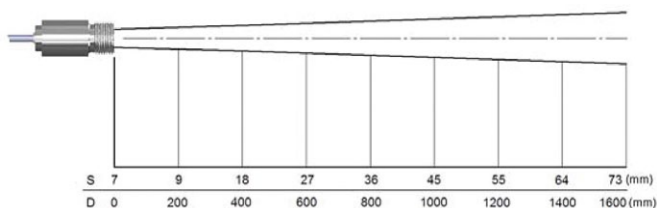
Tabela 1. Dane katalogowe pirometrycznego przetwornika temperatury PyroEpsilon PE-CF-MT [4]

Bezdotykowy sensor na podczerwień PyroEpsilon PE-CF-MT	
zakres podczerwieni	8 do 14 μm
mierzona temperatura	od 0 do 50°C
średnica pola obrazu (rys. 8)	5 mm
niepewność pomiaru	$\pm 1\%$ wartości mierzonej lub $\pm 1^\circ\text{C}$
dokładność powtarzalna	$\pm 0,5^\circ\text{C}$ wartości mierzonej
współczynnik emisyjności	0,2 do 1,0
czas reakcji	240 ms
interfejs 4 do 20 mA	jedno wejście
	jedno wyjście analogowe
napięcie zasilania	24 V DC
stopień ochrony	IP65
temperatura otoczenia sensora	0 do 70°C

Tabela 2. Dane katalogowe microEpsilon CTM-3SF22-C3

Bezdotykowy sensor na podczerwień microEpsilon CTM-3SF22-C3	
zakres podczerwieni	2,3 μm
mierzona temperatura	50 do 1800°C
znosi przeciążenia	do 3G
znosi udary	do 55G
temperatura baz schładzania sensora	85°C
najmniejsza plamka optyczna (ostrzy punkt)	6,5 mm
rozdzielczość optyczna	22:1
czas rejestracji jednego pomiaru	1 ms
stopień emisyjności	od 0,100 do 1,100
dokładność	$\pm(0,3\% T_{\text{mes}} + 2^\circ\text{C})$
powtarzalność	$\pm(0,1\% T_{\text{mes}} + 1^\circ\text{C})$
interfejs 4 do 20 mA	jedno wejście (współczynnik emisyjności)
	jedno wyjście
napięcie zasilania	24 V DC
średnica sensora	18 mm
długość sensora	103 mm
ciężar	95 g
stopień ochrony	IP65

w tabeli 2, a pole pomiaru przedstawiono na rys. 9. Jest to przetwornik temperatury do bezdotykowego pomiaru temperatury o większej precyzji od pierwszego przetwornika temperatury (PyroEpsilon PE-CF-MT), przeznaczony do pomiarów temperatury metali i materiałów kompozytowych. Przetwornik



Rys. 9. Pole pomiaru pirometrycznego przetwornika temperatury microEpsilon [4]

microEpsilon posiada zminiaturyzowany sensor, mniejszą głowicę niż PyroEpsilon.

Posiada on rozszerzoną kompensację błędów pomiarowych. Sensor posiada wysoką odporność na wpływy pola elektromagnetycznego, co ma znaczenie przy pomiarach w sąsiedztwie komutatora i oddziaływaniu dużych prądów. Wymagane jest jednopunktowe skalowanie temperatury.

5. Procedura pomiaru owalności

Dla przykładu rozpatrzony został komutator wyciągowego silnika prądu stałego produkcji DolMel Wrocław, typu PW-104, o mocy 2000 kW, prędkości znamionowej $n = 51$ obr./min.

Ze względu na potrzebę zeskanowania całego obwodu komutatora przyjęto czas pomiaru jednego punktu $t_p = 100 \mu s$, czyli odstęp pomiędzy próbkami $526,2 \mu m$.

$$V = 7,854 \left[\frac{m}{obr.} \right] \cdot 0,67 \left[\frac{obr.}{s} \right] = 5,262 \left[\frac{m}{s} \right] = 5,262 \left[\frac{m}{s} \right] = 5262 \left[\frac{m}{ms} \right] = 526,2 \left[\frac{m}{100\mu s} \right]$$

Liczba próbek (gęstość próbek) przypadająca na jedną działkę wynosi:

$$5,1 \left[\frac{mm}{działkę} \right] / 0,53 \left[\frac{mm}{próbkę} \right] \approx 9,6 \left[\frac{próbkę}{działkę} \right]$$

Maksymalnie można zarejestrować do 20 000 próbek (pomiarów),

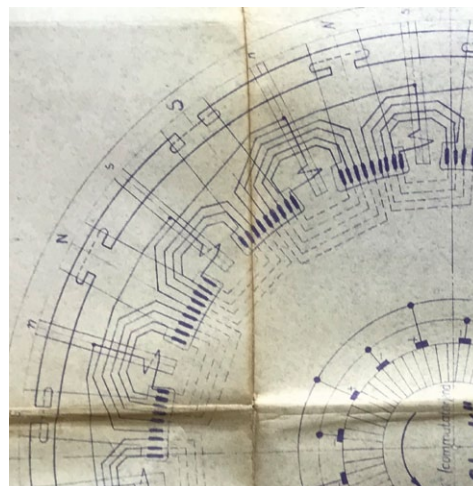
$$t_{rejestracji} = 20000 \left[\frac{próbkę}{rejestrację} \right] \cdot 100 \cdot 10^{-6} \left[\frac{s}{próbkę} \right] = 2 \left[\frac{s}{rejestrację} \right]$$

co daje:

$$20000 \left[\frac{próbkę}{rejestrację} \right] \cdot 526,2 \cdot 10^{-6} \left[\frac{s}{próbkę} \right] / 7,854 \left[\frac{m}{obrót} \right] = 1,34 \left[\frac{obrót}{rejestrację} \right]$$

W celu rejestracji z największą dostępną gęstością (rozdzielczością) pomiaru czas pomiaru można skrócić nawet 20-krotnie, czyli proporcjonalnie otrzymuje się:

$$\frac{100 \left[\frac{\mu s}{próbkę} \right]}{20} = 5 \left[\frac{\mu s}{próbkę} \right]$$



Rys. 10. Fragment schematu silnika typu PW-104

Tabela 3. Dane silnika przyjętego do badań

Silnik prądu stałego typu PW-104		
średnica koła pędnego	5000 mm	
obwód koła pędnego	15710 mm	
przyjęta maksymalna prędkość w szybie	10,5 m/s	
prędkość obrotowa dla przyjętej maksymalnej prędkości w szybie	40,2 obr./min	
	0,67 obr./s	
średnica	2500 mm	
	obwód komutatora	7854 mm
	prędkość liniowa komutatora $V = 7,854 \text{ m/obr.} \cdot 0,67 \text{ obr./s}$	5,262 m/s 52,62 m/ms 526,2 $\mu m/100 \mu s$
całkowita liczba działek komutatora	1536 szt.	
szerokość jednej działki (wraz z przerwą izolacyjną)	5,1 mm/szt.	
średnica obszaru objętego plamką pomiarową	120 mm	

co pozwoli dokonać pomiaru co

$$\frac{526,2 \left[\frac{\mu m}{działkę} \right]}{20} = 26,3 \left[\frac{\mu m}{działkę} \right]$$

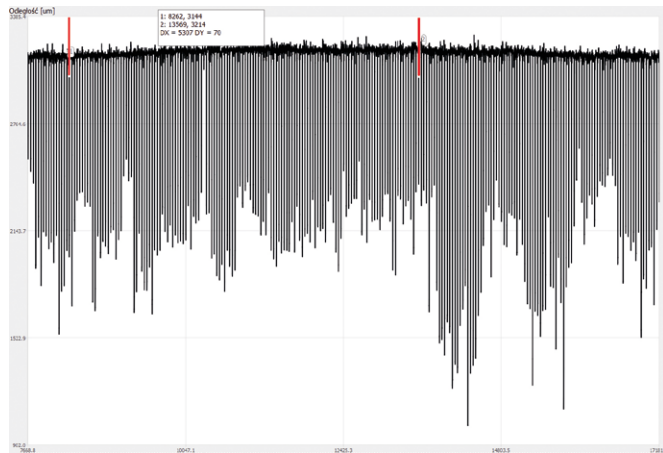
na

$$\text{na } \frac{1,34 \left[\frac{m}{obrót} \right]}{20} \cdot 100\% = 6,7\% \text{ obwodu}$$

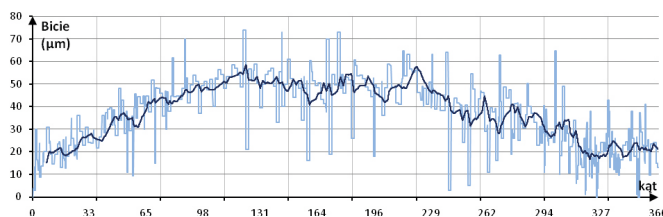
Dzięki temu można również ocenić porowatość pomierzonego fragmentu komutatora. Parametry graniczne głowicy są na tyle wysokie, że możliwe są pomiary komutatorów wirujących nawet z prędkością 750 obr./min (np. w prądnicach sterujących układu Leonarda, takie jak DolMel P-1500, $D_k = 800$ mm, 2x225 działek komutatora), napędzanych silnikiem synchronicznym. Głowica LK-H152 bardzo dobrze spełnia powyższe wymagania.

Po tych przeliczeniach (jak dla silnika wyciągowego) należy zamocować głowicę LK-G152 w odległości 150 mm od płaszczyzny komutatora (rys. 6). Zakres pomiarowy zawarty jest w przedziale ± 40 mm (rys. 6), czyli możliwe jest jej oddalenie o prawie 190 mm. Następnie można przeprowadzić rejestrację.

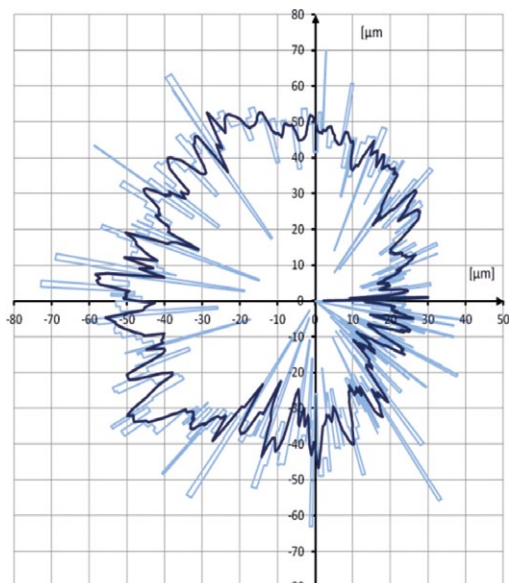
6. Przykłady przeprowadzonych rejestracji z wykorzystaniem głowicy laserowej LK-H152



Rys. 11. Przykład rejestracji prądnicy nr 1 P1500 Nr 1 P_n = 1300 kW, I_n = 4000 A, n = 750 obr./min, średnica komutatora D_k = 800 mm

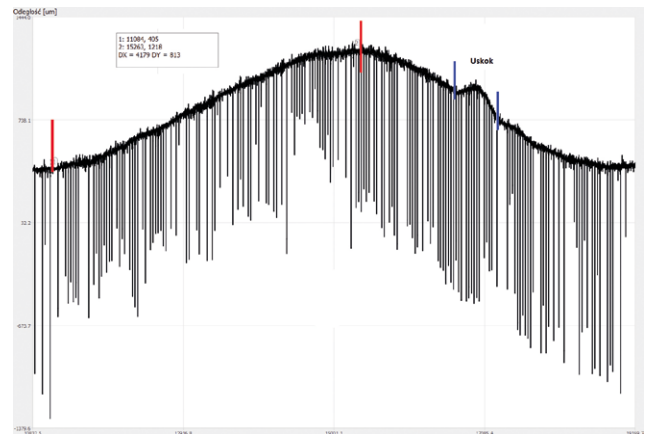


Rys. 12. Przykład „bicia promieniowego” w funkcji kąta 0–360° prądnicy z rys. 11

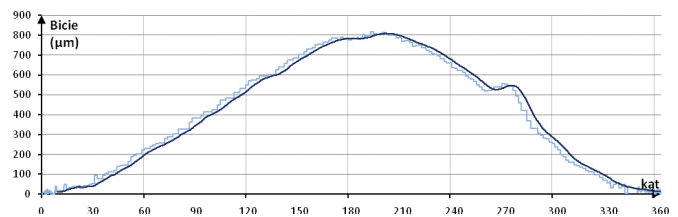


Rys. 13. Wykres kołowy „bicia promieniowego” komutatora prądnicy z rys. 11

Wniosek: prądnica nr 1 z rys. 11 może być eksploatowana.

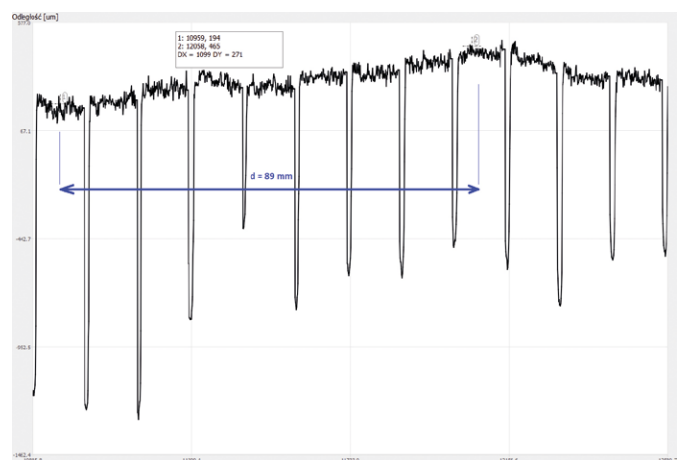


Rys. 14. Przykład rejestracji. Prądnica nr 2. P1500 Nr 2 P_n = 1300 kW, I_n = 4000 A, n = 750 obr./min, średnica komutatora D_k = 800 mm

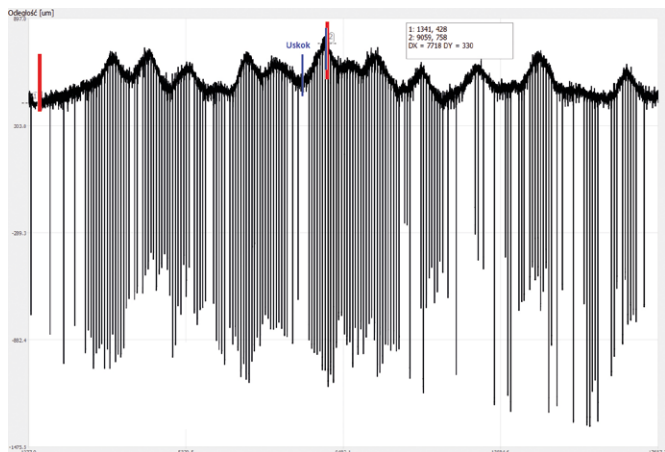


Rys. 15. Przykład „bicia promieniowego” w funkcji kąta 0–360° prądnicy nr 2 z rys. 14

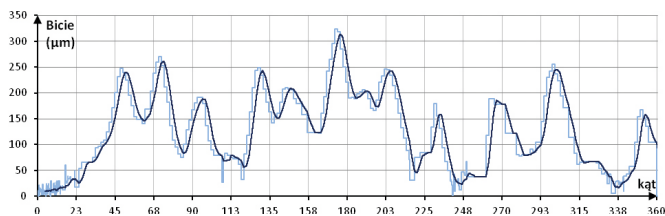
Przekroczona wartość 8 razy, dopuszczalna wartość 100 μ m przy prędkości 750 obr./min.



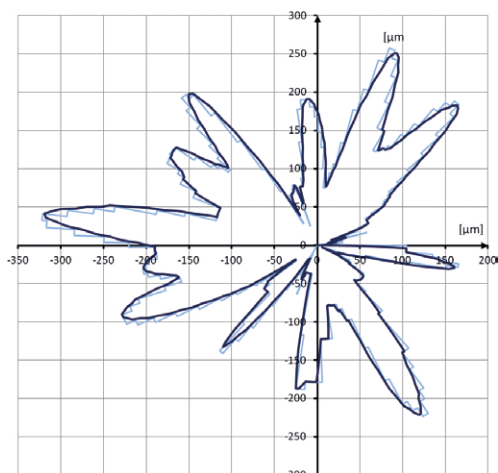
Rys. 16. Fałd na długości 8 działek, h = 271 μ m komutatora prądnicy nr 2 z rys. 14



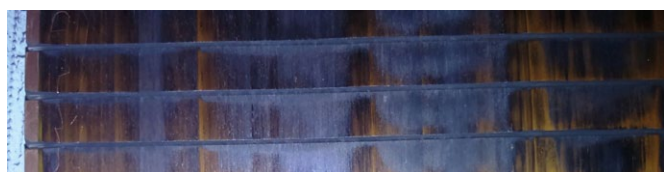
Rys. 17. Przykład rejestracji. Prądnica nr 3. P1500 Nr 1 $P_n = 1300$ kW, $I_n = 4000$ A, $n = 750$ obr./min, średnica komutatora $D_k = 800$ mm



Rys. 18. Przykład „bicia promieniowego” w funkcji kąta 0–360° komutatora prądnicy nr 3 z rys. 17

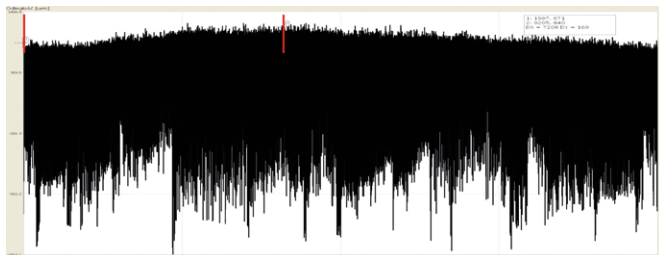


Rys. 19. Wykres kołowy „bicia promieniowego” komutatora prądnicy nr 3 z rys. 17

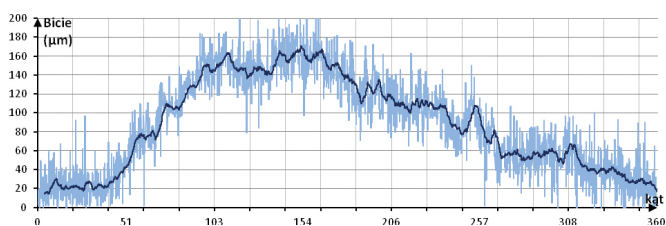


Rys. 20. Ciemne plamy rozmieszczone nieregularnie na wszystkich segmentach komutatora świadczące o iskrzeniu pomiędzy szczotkami a komutatorem

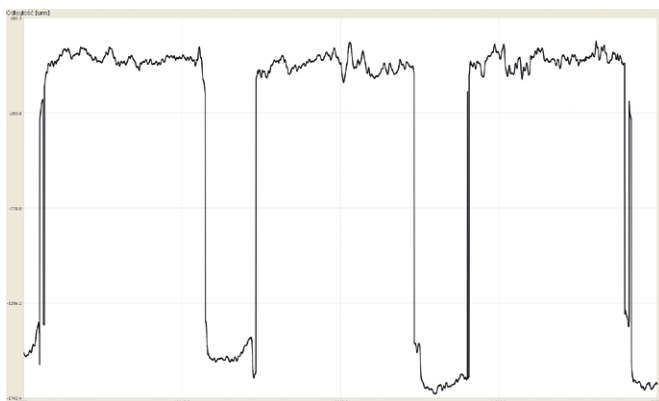
Wniosek: powyższe usterki wykluczają prądnice nr 2 i 3 z eksploatacji!



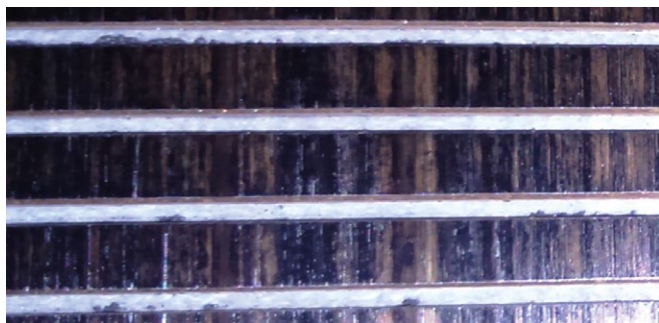
Rys. 21. Silnik wyciągowy PW201 $P_n = 3150$ kW, $U_n = 735$ V, $I_n = 4585$ A, $n = 56$ obr./min, średnica komutatora $D_k = 2,5$ m



Rys. 22. Skan linii pomiarowej komutatora z rys. 21



Rys. 23. Linia pomiarowa komutatora z dodatkowymi punktami w strefie izolacji międzydziółkowej komutatora z rys. 21



Rys. 24. Obraz komutatora z małymi rysami i łuszczącymi się punktami

Wszystkie wyniki pochodzą z pomiarów maszyn elektrycznych przeprowadzonych w ramach badań OPA Zabrze, wykonanych przez Jerzego Łabę.

Rejestrację przeprowadzamy dla kilku reprezentatywnych ścieżek na całej szerokości komutatora.

7. Podsumowanie

Zaprezentowany zestaw aparatury pomiarowej umożliwia uzyskanie nowej jakości pomiarów wirujących maszyn elektrycznych, która była dotychczas niedostępna w metodach dotykowych. Dzięki wysokiej precyzji, szybkości, obniżeniu kosztów, jakie daje jej zastosowanie, doprowadzi to do jej coraz szerszego wykorzystania, głębszej analizy zgromadzonych wyników, a nawet prac badawczych z zakresu niezawodności.


8. Korzyści płynące z metody

Dzięki proponowanej metodzie pomiarowej i wykorzystaniu przedstawionej techniki uzyskuje się doświadczenie i umiejętność przewidywania skutków pracy danej maszyny elektrycznej w określonym pomiarami stanie.

Literatura

- [1] PLAMITZER A.M.: *Maszyny elektryczne*. WNT 1986.
- [2] SZKLARSKI L., ZARUDZKI J.: *Elektryczne maszyny wyciągowe*. PWN, Warszawa 1998.

- [3] Karty katalogowe firmy Keyence Modellreihe Lk-G5000 <https://www.keyence.com/products/measure/laser-1d/lk-g5000/index.jsp>.
- [4] Karty katalogowe firmy Calex Electronics Limited głowic pirometrycznych microEpsilon i pyroEpsilon, <https://www.micro-epsilon-shop.com/de/infrarot-temperatursensoren/ir-sensoren-metall-kompositmaterialien/hochleistungs-pyrometer-ctm-3sf22-c3>, <https://www.calex.co.uk/product/temperature-measurement/infrared-temperature-sensors/pyroepsilon/>.
- [5] PRACA ZBIOROWA: *Poradnik inżyniera elektryka. Tom 2*. WNT, Warszawa 1995, 1997,
- [6] Dr inż. Henryk Urzędniczek, Numer pracy w Politechnice Śląskiej 05/020/NB_16/0018 pn (NB-248/RE2/2016) – dostępna w Bibliotece Politechniki Śląskiej.

 dr inż. Agnieszka Jakubowska-Ciszek – Politechnika Śląska;
mgr inż. Piotr Wąs – Ośrodek Pomiarów i Automatyki SA

artykuł recenzowany

reklama



**Międzynarodowe Targi
Automatyki i Pomiarów**



BIURO TARGÓW

Al. Jerozolimskie 202,
02-486 Warszawa
tel. 22 874 01 50, 874 02 30,
fax 22 874 01 49
e-mail: targi@automaticon.pl

ORGANIZATORZY



www.automaticon.pl

Czułość detekcji zmian struktury w stali NDT SHM w transporcie

Zbigniew Hilary Żurek, Zbigniew Stokłosa, Bartosz Chmiela, Paweł Idziak, Krzysztof Kowalski

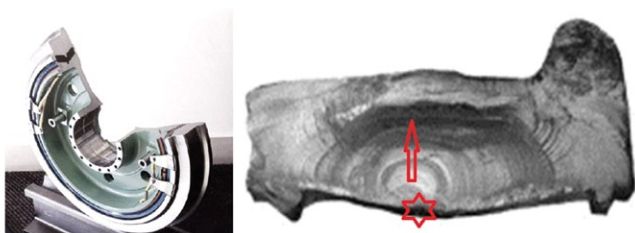
1. Wprowadzenie

Intensywny rozwój technik defektoskopii kolejowych zestawów kołowych nastąpił po wprowadzeniu systemu diagnostycznego AURA (2002–2004). W tym czasie zanotowano także znaczny wzrost średnich i maksymalnych prędkości pociągów. Wraz ze zwiększeniem prędkości nastąpił wzrost dynamiki oddziaływania koło – szyna, pojawiła się zatem konieczność penetracji materiału i detekcji coraz mniejszych defektów, takich jak wtrącenia niemetaliczne czy rozwój pęknięć tych wtrąceń w gniazdach. Istotną jest nie tylko powierzchnia kontaktowa, ale nawet niewielkie wtrącenia niemetaliczne (200 nm), czego dowiodły wyniki badań struktur po testach wytrzymałościowo-zmęczeniowych (1–4, 6, 7, 10) Na rys. 1 pokazano przykład rozwoju pęknięcia dla jednego z rozwiązań konstrukcyjnych koła zestawu (rys 1).

Zagadnienia te były tematyką grantu własnego [2], w którym istotne znaczenie miały badania metalograficzne [3] zmęczeniowe, a także pomiarowe [1, 2, 4]. Modyfikacja metodyki badań znanej z defektoskopii, opisanej w publikacji [5, 10–14], zapewniła możliwość rejestracji z wysoką czułością zmian parametrów magnetycznych i elektrycznych skorelowanych ze zmianami struktur i ich defektami. Głównym obiektem badań minionego okresu były próbki stali typu P54T. Próbkę poddano cyklicznym zmiennym obciążeniom zmęczeniowym na maszynie wytrzymałościowej.

Materiałem dedykowanym do produkcji obręczy wagonów towarowych i osobowych o dużej intensywności eksploatacji jest stal. Jej skład procentowy podstawowych składników stopowych jest następujący: 0,50–0,58% C; 0,15–0,40% Si; 0,6–0,9% Mn. Stal ta stosowana jest w stanie ulepszonym cieplnie po hartowaniu w temperaturze 820–850°C i następnie odpuszczaniu w temperaturze 480–630°C.

W opisywanych badaniach po raz pierwszy poddano jednoczesnemu porównaniu magneto-indukcyjnemu materiał dwóch próbek (nowej oraz odkształconej przez naprężenia kontaktowe



Rys. 1. Konstrukcja koła i przykład rozwoju pęknięcia [6]

Streszczenie: Metody defektoskopowe dedykowane szczególnie do diagnozowania deformacji i degradacji elementów stalowych wymagają szczegółowych badań parametrów magnetycznych i elektrycznych. W opracowaniu zamieszczono wybrane wyniki badań dotyczących możliwości wykrywania zmian strukturalnych za pomocą metod indukcyjnych. Z grupy metod indukcyjnych opisano badania polegające na rozdziale i szczególnej interpretacji przebiegu składowych impedancji w funkcji pulsacji pola magnetycznego w układzie współrzędnych kartezjańskich, unormowanych według zależności F. Förstera. W wybranych zakresach częstotliwości możliwa jest diagnostyka zarówno stanu powierzchni, jak i głębszych warstw materiału. Zainteresowanie badaniami nieniszczącymi, analizą rozwoju defektu oraz skutecznym i wczesnym wykrywaniem nastąpiło po katastrofie kolejowej w Eschede.

Słowa kluczowe: NDT, SHM, transport, bezpieczeństwo

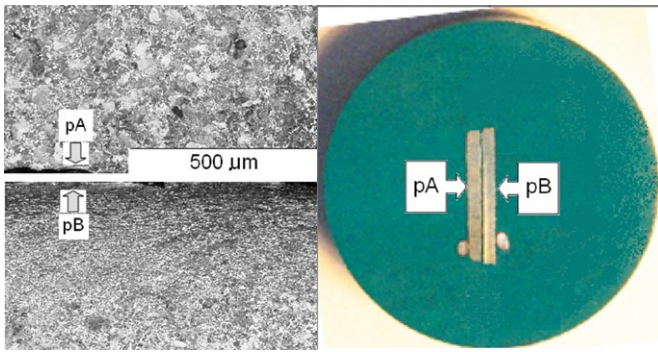
🇬🇧 SENSITIVITY OF THE DETECTION OF STRUCTURAL CHANGES IN STEEL NDT SHM IN TRANSPORT

Abstract: Flaw detection are especially dedicated to diagnosing structures of their deformation and degradation require detailed tests of parameters magnetic and electric. The study includes selected results research related to the possibility of detecting structural changes with the help of induction methods. Inductive methods have been described in research involving chapter and special interpretation of the course of impedance components in function magnetic field pulsation in the Cartesian coordinate system according to F. Förster. In selected frequency ranges, it is possible to identify surfaces and deeper layers of material up to 8 mm. The sensitivity of defect detection using these dependencies is discussed. Effective detection of defects in transport took place several years after (Eschede).

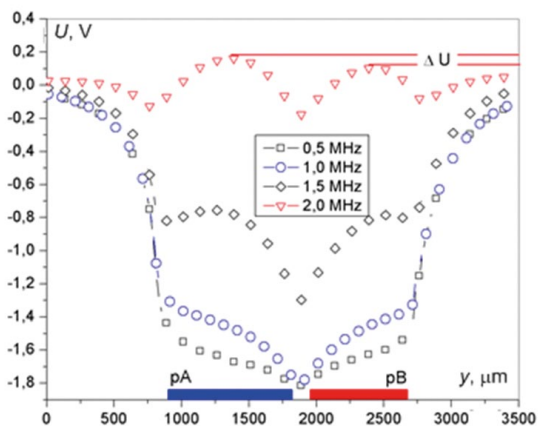
Key words: NDT SHM, railway transport, safety

toczne), wykorzystując przy tym mikroskop BEMI w Saarbrücken. Zgład oraz strukturę wycinka powierzchni tocznej obręczy pokazano na rys. 2. Wyniki pomiarów przedstawia rys. 3.

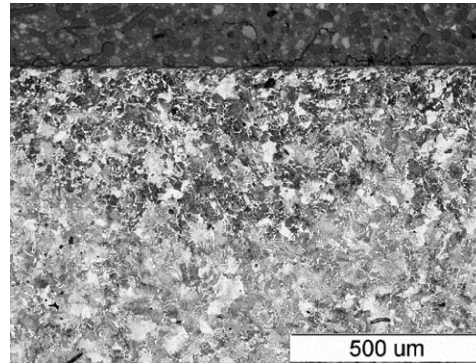
Zgodnie z teorią F. Förstera, badania właściwości elektromagnetycznych materiałów przewodzących, na podstawie



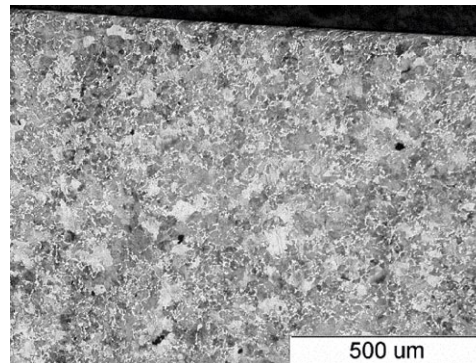
Rys. 2. Zgląd próbek i struktura materiału [10]



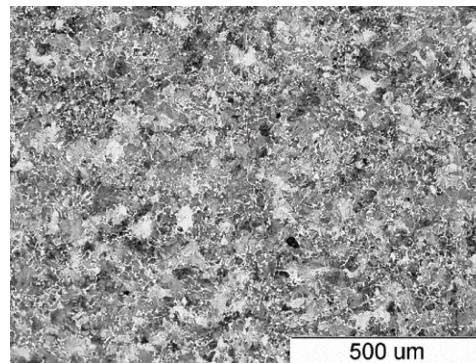
Rys. 3. Wartości napięć zarejestrowane przez sondę pomiarową dla struktury z rysunku 2 [10]



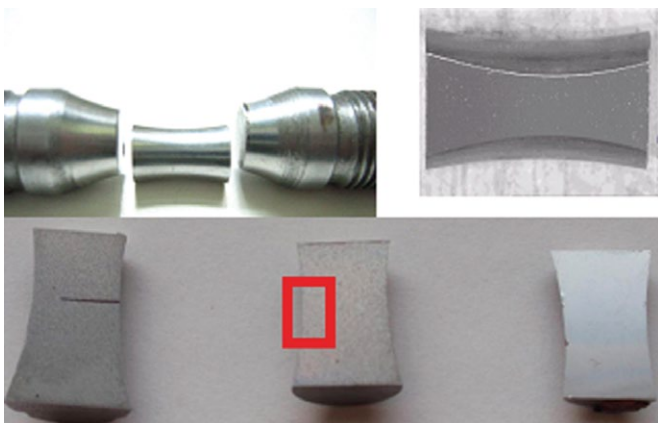
Próbka wzorcowa zmęczona 78% (120/150 tys. cykli)



Próbka wzorcowa zmęczona 52% (80/150 tys. cykli)



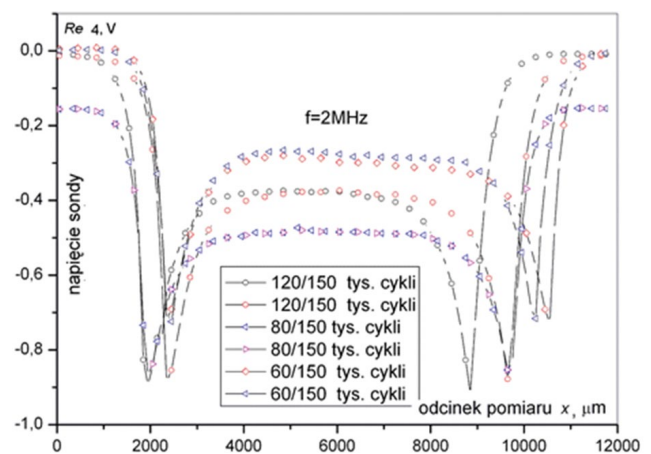
Próbka wzorcowa zmęczona 39% (60/150 tys. cykli)



Rys. 4. Proces przygotowania próbek do badań za pomocą mikroskopu BEMI [10]; obramowaniem czerwonym kolorem zaznaczono skanowany obszar

szczegółnej interpretacji przebiegu składowych ich impedancji w funkcji pulsacji pola magnetycznego w unormowanym układzie współrzędnych kartezjańskich można określać stan materiału. Unormowania tego można dokonać, korzystając z układu równań Förstera:

Rys. 5. Wzorce stanu degradacji [10]



Rys. 6. Wgląd na skuteczność rozróżniania degradacji materiału w zakresie częstotliwości testowania powyżej 2 MHz [10]

$$\frac{\operatorname{Re} \underline{\varepsilon}}{\varepsilon_0} = \frac{R}{\omega L_0} = -\operatorname{Im} \underline{\mu}_{sk} \quad (1)$$

$$\frac{\operatorname{Im} \underline{\varepsilon}}{\varepsilon_0} = \frac{\omega L}{\omega L_0} = \operatorname{Re} \underline{\mu}_{sk} \quad (2)$$

$$\eta = \left(\frac{D_p}{D_s} \right)^2 \quad (3)$$

$$f_g = \frac{2}{\pi D_p^2 \gamma \mu_r \mu_0} \quad (4)$$

Równanie (4) koreluje zależność przenikalności skutecznej jedynie od stosunku f/f_g . Wynika z tego, że w próbkach cylindrycznych rozkład natężenia pola i prądów wirowych oraz przenikalność skuteczna dla jednakowych wartości stosunku f/f_g są identyczne. Jest to tzw. prawo podobieństwa, sformułowane przez F. Förstera i jego współpracowników.

Przemieszczenie punktu dla zadanej częstotliwości f lub stosunku f/f_g na wykresie unormowanych składowych impedancji precyzuje aktualny stan mechaniczny materiału i przynależnych parametrów fizycznych (elektrycznych i magnetycznych). Przedstawia to rysunek 7.

Badania metalograficzne przeprowadzono na wydziale IMM Politechniki Śląskiej [2, 3] przy użyciu mikroskopu świetlnego Olympus GX71 w polu jasnym przy powiększeniach do 1000 razy oraz mikroskopu skaningowego Hitachi S-4200 sprzężonego z systemem EDS do mikroanalizy rentgenowskiej. Obserwacje wizualne każdej z próbek prowadzono na całej powierzchni zglądu. Charakterystyczne elementy struktury wykryte na każdej z próbek rejestrowano w formie obrazów cyfrowych. Dodatkowo dokonano analizy składu chemicznego ujawnionych wtrąceń przy użyciu mikroanalizy rentgenowskiej [2, 3].

2. Stan wyjściowy

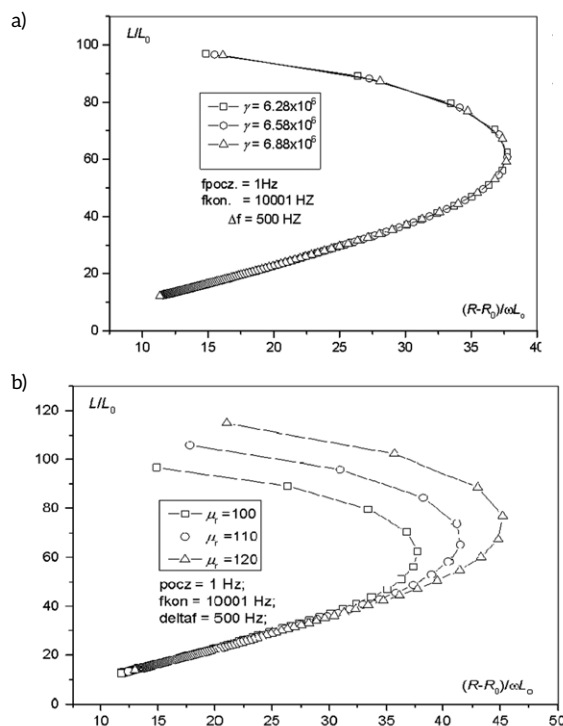
Próbki stali P54T w stanie wyjściowym, tj. niepoddawane obciążeniom zmęczeniowym, wykazują strukturę ferrytyczno-perlityczną [2, 3]. Ferryt występuje na granicach pierwotnych ziaren austenitu (rys. 8). Ponadto w badanej strukturze ujawniono wtrącenia niemetaliczne, głównie tlenki aluminium Al_2O_3 i siarczki manganu MnS. Analizę składu chemicznego ujawnionych wtrąceń przeprowadzono przy użyciu mikroanalizy rentgenowskiej i jej wyniki przedstawiono na rysunkach 8 i 9. Na rysunku 10 pokazano przykład wtrąceń niemetalicznych w badanej strukturze.

Pęknięcia ujawniono już na poziomie gniazda ziarna (rys. 10), co miało zasadnicze znaczenie w opisie rozwoju defektu. Przykład ujawniony w pracy [2] był przytaczany przez wiele lat i przez wielu autorów, jednak bez cytowania źródłowego [2].

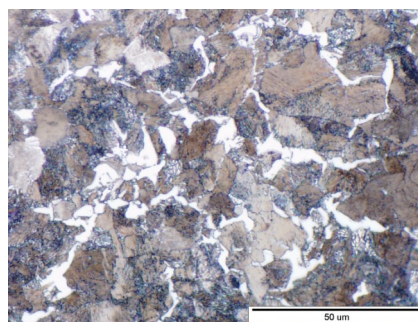
2.1. Struktura poddana obciążeniu

W odniesieniu do stanu wyjściowego struktura obciążana mechanicznie w sposób cykliczny charakteryzuje się:

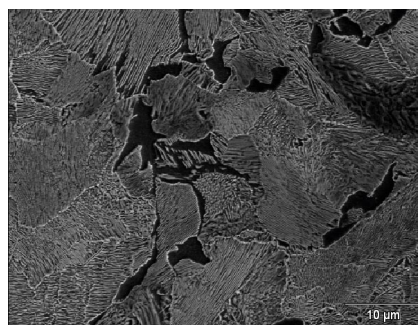
- większym rozdrobnieniem perlitu;
- utratą ciągłości materiału (rys. 12, 13) na niektórych wtrąceniach niemetalicznych (rys. 14, 15) i dość silnym zdefektowaniem w warstwie przypowierzchniowej (rys. 16).



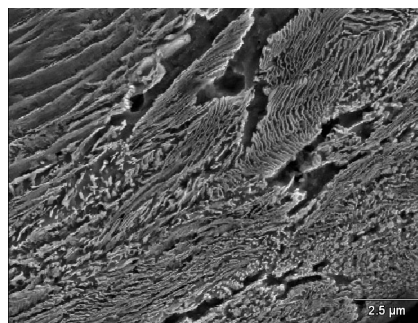
Rys. 7. Teoretyczne przebiegi składowych impedancji w zależności od przewodności elektrycznej właściwej (a) i zmian przenikalności (b)



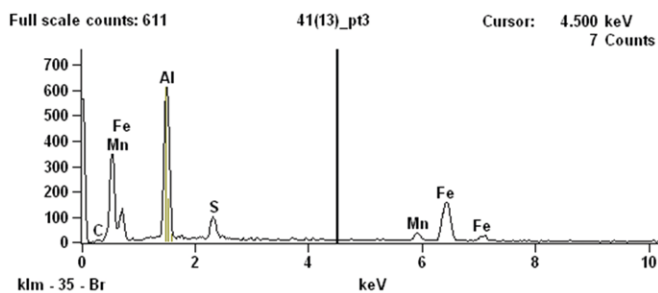
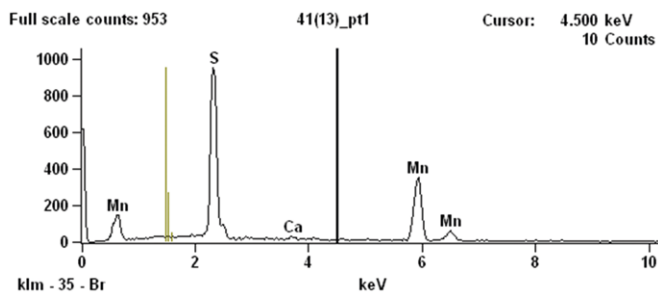
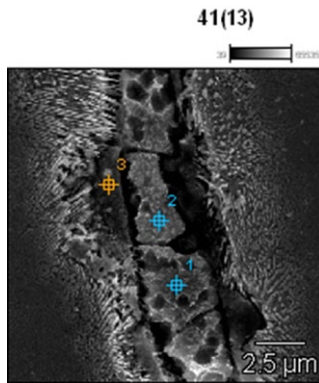
Rys. 8. Stan wyjściowy, środek próbki klepsydrycznej, mikroskop świetlny, pow. 1000x



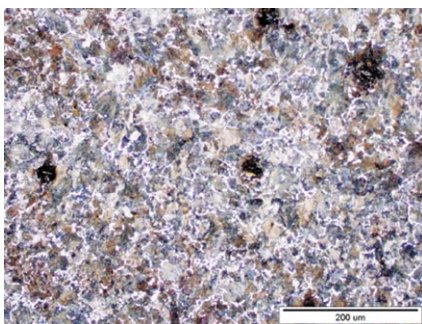
Rys. 9. Płytkowa budowa perlitu, stan wyjściowy, środek próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 6000x



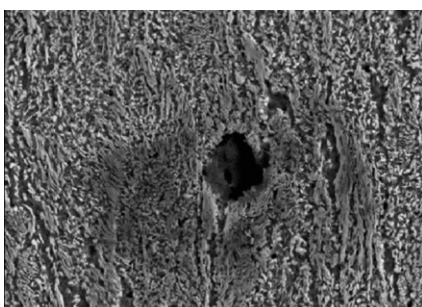
Rys. 10. Płytkowa budowa perlitu, stan wyjściowy, 3 mm od środka próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 3000x



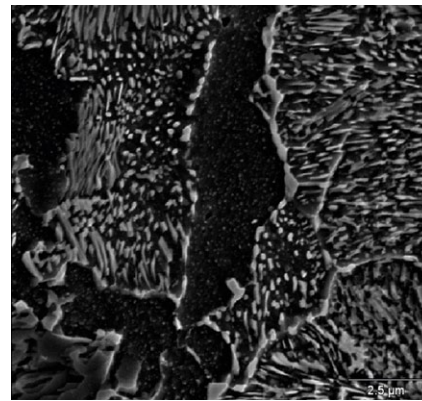
Rys. 11. Przykładowe wyniki detekcji wtrąceń niemetalicznych; mikroanaliza rentgenowska wykazała głównie tlenki aluminium Al_2O_3 i siarczki manganu MnS



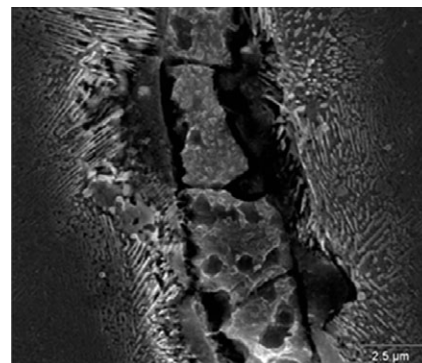
Rys. 12. Stan 1, środek próbki klepsydrycznej, mikroskop świetlny, pow. 200x



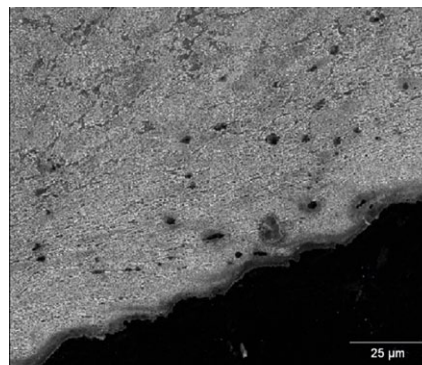
Rys. 13. Stan 1, 3 mm od środka próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 2000x



Rys. 14. Środek próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 2000x



Rys. 15. Stan 4, środek próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 2000x



Rys. 16. Stan 4, 3 mm od środka próbki klepsydrycznej, mikroskop skaningowy, pow. 5000x

Fotografie struktur [12–15], będące wynikiem współpracy kilku Wydziałów Uczelni dla Grantu [2, 3], nie zostały nigdy opisane źródłowo przez cytujących je autorów pomimo dostępności monografii autorskiej w Internecie.

2.2. Hartowanie i przemiany struktury

W wyniku hartowania otrzymano strukturę sorabistyczną. Obraz z mikroskopu skaningowego ujawnił występowanie nielicznych wysp martenzytu z charakterystycznym układem igieł martenzytu (rys. 17, 18). W niektórych miejscach na zglądzie pojawiły się charakterystyczne pęknięcia płytek cementytu (rys. 19).

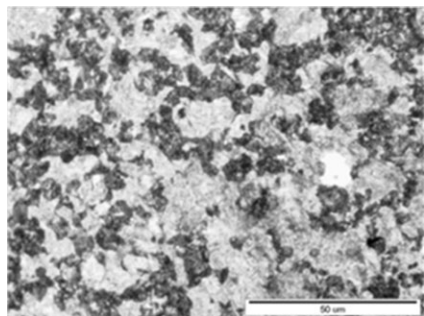
3. Test wykrywania braku jednorodności struktury

Stal martenzytyczna, którą zastosowano w testach (XCrMo-VNb9-1 DIN), jest szczególnie odporna na ciśnienie i temperaturę do około 650°C.

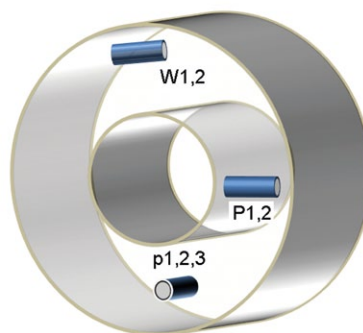
Stal P91 oraz jej poprzedniczka 20H12M1F należą do tej samej grupy stali.

Tabela 1. Skład chemiczny stali XCrMoVNb9-1

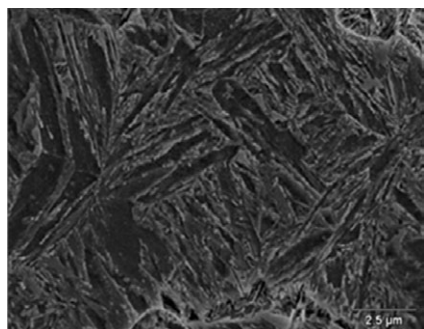
Gatunek stali	Standard	Skład chemiczny										
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Nb	inne
XCrMoVNb9-1	ASME	0,08	0,3	0,2	0,035	max	8,0	<0,40	0,085	0,18	0,06	0,03



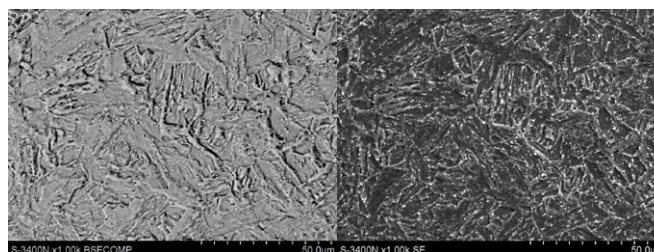
Rys. 17. Środek próbki – struktura sorabistyczna, mikroskop świetlny 1000x



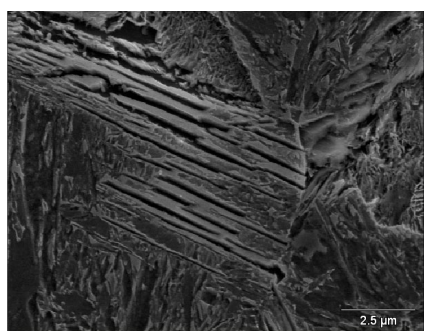
Rys. 20. Orientacja przestrzenna wycinanych z rury próbek



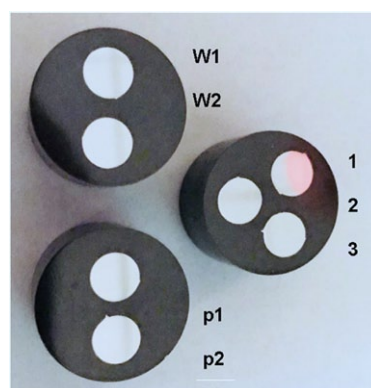
Rys. 18. Stan po hartowaniu, środek próbki klepsydrycznej, mikroskop świetlny, pow. 3500x



Rys. 21. Struktura stali z widocznymi ziarnami austenitu



Rys. 19. Stan po hartowaniu, środek próbki, mikroskop skaningowy, pow. 4000x

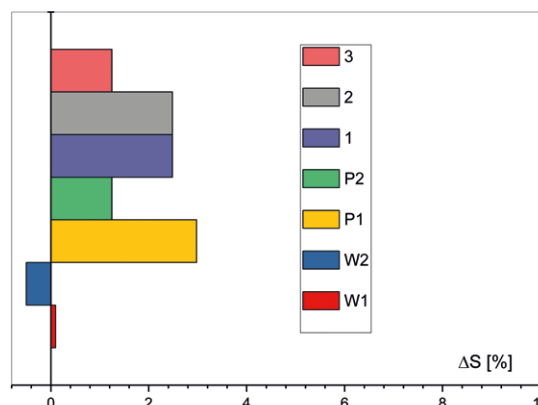


Rys. 22. Zglądy próbek z rysunku 20

3.1. Sposób przygotowania próbek

Badania przeprowadzono dla 7 próbek walcowych o nominalnej średnicy $\varnothing = 8$ mm, długości $l = 80$ mm i przekroju poprzecznym $S_n = 50,264$ mm². Próbki zostały wycięte elektroiskrowo z wycinka rury. Orientację przestrzenną (lokalizację w odniesieniu do próbki materiału) wycinanych próbek przedstawia rys. 19. Próbki p – 1, 2, 3 wycinano elektroiskrowo równoległe do osi wycinka rury, próbki P – 1, 2 wycinano promieniowo, a próbki W – 1, 2 wycinano obwodowo [16].

Analizowano błąd przekroju poprzecznego wykonanych próbek. Błąd ten dla kolejnych próbek przedstawia wykres zmian ΔS [%] w stosunku do przekroju nominalnego S_n (rys. 23).



Rys. 23. Błędy wykonania (błąd przekroju poprzecznego) dla testowanych próbek

Zmiana przekroju ma istotny wpływ na wartość indukcji szeregowej L_s i pośrednio rezystancji szeregowej R_s cewki pomiarowej. Skrajne wartości błędu wykonania zaobserwowano w próbkach P1 i W1.

4. Obwód pomiarowy i urządzenia pomiarowe

W badaniach stosowano dwa typy urządzeń [9] (rys. 24) i jedną wspólną cewkę pomiarową z otwartym obwodem magnetycznym. Zastosowano urządzenia pomiarowe znacznie różniące się klasą dokładności pomiarów. Pierwsze to Agilent 4294 (a), precyzyjny mostek pomiarowy RLC o błędzie pomiaru nieprzekraczającym 0,1%. Drugi to zwyczajny mostek RLC UNIT. Częstotliwość detekcji zmian parametrów magnetycznych i elektrycznych materiału została określona zakresem pomiarowym urządzeń. Dla mostka RLC UT603 przyjęto konstrukcyjne przedziały częstotliwości 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz. Dla precyzyjnego mostka AGILENT 4294 przyjęto zakres częstotliwości od 40 Hz do 2 MHz. Tak duży zakres przedziału częstotliwości podyktowany jest koniecznością oceny zarówno powierzchni próbek, jak i struktur podpowierzchniowych w zakresie penetracji prądów wirowych.

5. Zastosowana metodyka pomiaru

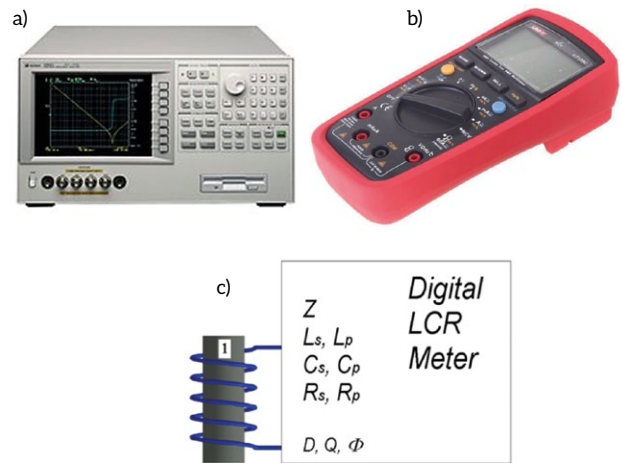
Pomiary wykonano w obwodzie otwartym cewki o długości 50 mm i średnicy otworu 10 mm. Udział powietrza pomiędzy wewnętrzną powierzchnią uzwojenia próbki a powierzchnią próbki wyznaczano kolejno z zależności określającej wypełnienie przekroju poprzecznego η próbki.

Współczynnik η służy do korekcji pomierzonych wartości indukcyjności L_{s0} oraz rezystancji R_{s0} . Przy pomocy przyrządu AGILENT 4294A pomierzono składowe impedancje w zakresie do 2 MHz, natomiast przyrządem UNIT w zakresie dostępnych częstotliwości. Na podstawie wyników wyznaczono unormowane składowe impedancje (Förster Plot) stosowane powszechnie w teorii urządzeń wiroprądowych dla NDT (*Non Destructive Test*) [5, 10]. Tę samą procedurę zastosowano do ograniczonego zakresu częstotliwości, dostępnego w mierniku UT603. Napięcie na uzwojeniu cewki, przed włożeniem próbki, wynosi ϵ_0 , a po włożeniu próbki ϵ i zmienia się proporcjonalnie do zmian impedancji łącznej cewki i materiału, a tym samym proporcjonalnie do zmian parametrów materiału, takich jak przenikalność magnetyczna i przewodność elektryczna. Unormowane składowe impedancje są opisane wzorami Förstera, przytoczonymi w pracy [10].

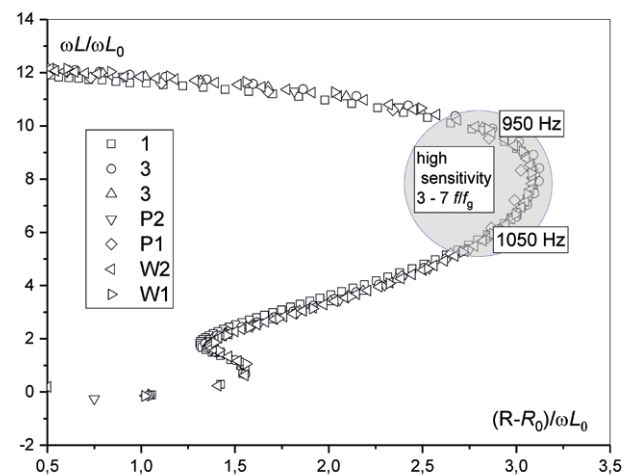
5.1. Obrazowanie pomiaru - Förster plot

Optymalną częstotliwość pomiarową dla wykresu Förster Plot uzyskuje się dla częstotliwości pomiarowej będącej wielokrotnością częstotliwości granicznej f_g . Częstotliwość graniczna jest definiowana podobnie jak częstotliwość wnikania dla prądów wirowych.

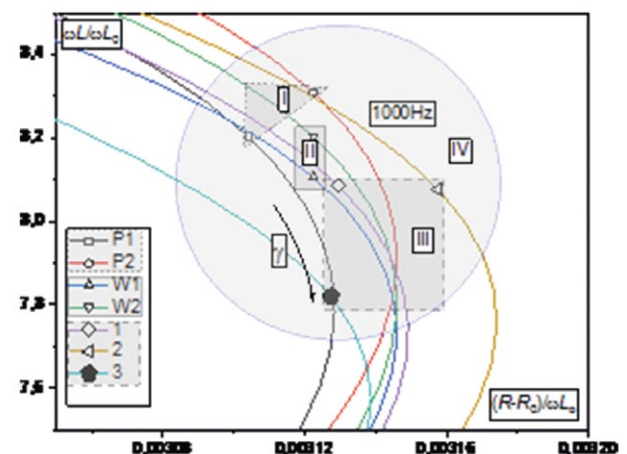
W zakresie częstotliwości diagnostycznej, pomimo znacznej różnicy w klasach dokładności pomiędzy zastosowanymi przyrządami (rys. 25), ujawniają się statystyczne zmiany w próbce 3. Aby doprecyzować poczynione obserwacje w ramach prowadzonych badań, przeprowadzono analizy materiału w zakresie ilości i składu wtrąceń niemetalicznych.



Rys. 24. Urządzenia pomiarowe a) i b), schemat podłączenia cewki pomiarowej c)



Rys. 25. Przebieg zmian unormowanych składowych impedancji [9]



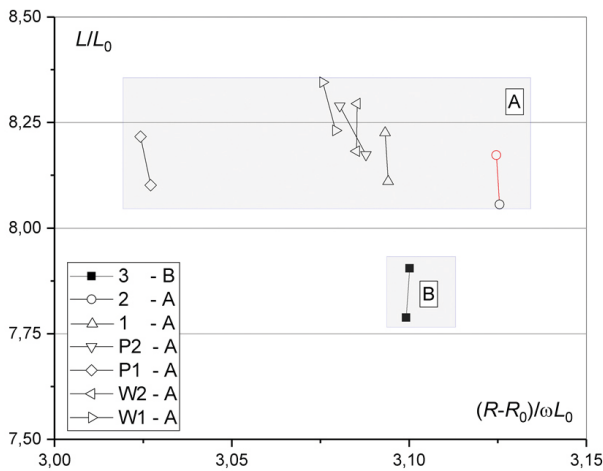
Rys. 26. Zakres częstotliwości diagnostycznych UNIT

Badaniami objęto również próbkę 1.

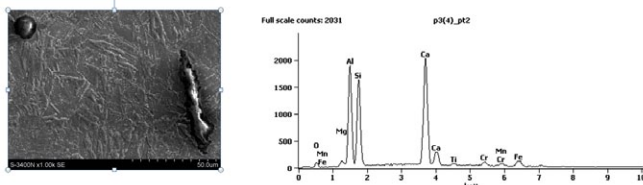
Stwierdzono w składzie wtrącenia niemetaliczne (rys. 30). Prowadzone są dalsze badania mające na celu naukowe wyjaśnienie różnic w materiale próbek uzyskanych z obszarów znajdujących się w bliskiej odległości od siebie.

Podsumowanie

Obrany kierunek badań metodami magnetycznymi konstrukcji eksploatowanych w zagadnieniach transportowych [15, 16] jest kierunkiem przyszłościowym. Należy podkreślić, że główna zaleta stosowania w badaniach metod magnetycznych i elektrycznych nie tkwi wyłącznie w relatywnie ich niewielkich

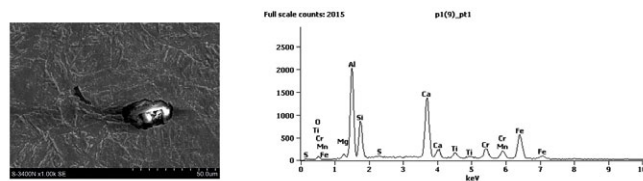


Rys. 27. Zakres częstotliwości diagnostycznych Agilent



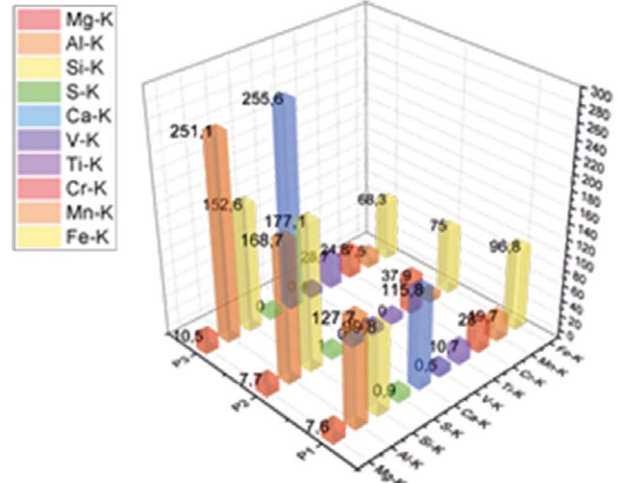
	Mg-K	Al-K	Si-K	Ca-K	Ti-K	Cr-K	Mn-K	Fe-K
p3(4)_pt1		28.9	13.0	54.2	0.8			3.0
p3(4)_pt2	1.5	24.4	27.6	37.5	1.0	2.1	1.0	4.9
p3(4)_pt3	1.6	37.7	8.7	16.4	12.8	5.4	1.7	15.6
p3(4)_pt4	0.6	21.3	19.2	34.9	4.0	2.6	0.7	16.5

Rys. 28. Wyniki analizy dla próbki 3



	Mg-K	Al-K	Si-K	S-K	Ca-K	Ti-K	Cr-K	Mn-K	Fe-K
p1(9)_pt1	1.6	28.9	14.9	0.3	22.0	2.8	5.7	5.4	18.4
p1(9)_pt2	4.0	37.7	19.5		24.8	3.1	3.7	2.8	4.4

Rys. 29. Wyniki analizy dla próbki 1




Rys. 30. Zestawienie podstawowych różnic w składzie zanieczyszczeń stali

kosztach, ale przede wszystkim w ich możliwości prostego aplikowania w badaniach przemysłowych i powszechnego stosowania w początkowej fazie diagnostyki typu NDT.

Literatura

- [1] ŻUREK Z.H.: Grant własny NN510 2383 38 „Metoda diagnostyki stanu stalowych (paramagnetycznych i ferromagnetycznych) elementów maszyn elektrycznych na przykładzie bandaży i kołpaków wirników generatorów”. Dyscyplina naukowa, N510 – Elektrotechnika (kierownik, grant własny zakończony i przyjęty).
- [2] ŻUREK Z.H.: Grant własny NN507 0807 33 „Opracowanie metody magnetycznej do wczesnej detekcji procesów zmęczeniowych w stalach niskostopowych niskowęglowych”. Dyscyplina naukowa, N507 – Nauka o Materiałach i Inżynieria Materiałowa (kierownik, grant własny zakończony i przyjęty).
- [3] ROSKOSZ S. – wykonawca: Grant własny NN507 0807 33 „Opracowanie metody magnetycznej do wczesnej detekcji procesów zmęczeniowych w stalach niskostopowych niskowęglowych”. Dyscyplina naukowa, N507 – Nauka o Materiałach i Inżynieria Materiałowa (kierownik, grant własny zakończony i przyjęty).
- [4] ŻUREK Z.H. – wykonawca: NN 502 3453 36, pt. „Zidentyfikowane parametry fizyczne materiału tarczy koła napędowego kolejowego zestawu kołowego jako podstawa projektowania i diagnostyki”.
- [5] ŻUREK Z.H., ŁAZARZ B., WITOS, M., ROCKSTROH B.: *Hochpräzise induktive digital Wandler LDC 1000 zur Erfassung von Ermüdung des Radsatz-Stahles*, Dresden RAD Schiene 2015, 14. Internationale Schienenfahrzeugtagung 23–25 September 2015 mit begleitender Fachausstellung Tagungsband. Strony: 191–194, DOI: 10.13140/RG.2.1.3924.5284.
- [6] SZUDYGA M.: *Diagnozowanie metodą magnetyczną procesów zmęczeniowych stali stosowanej do kół i obręczy kolejowych zestawów kołowych*. Praca doktorska, 22/09/2011, Politechnika Śląska; Wydział Transportu. Uzyskany stopień: doktor nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn, promotor Żurek Z.H.

- [7] JANEK T.R.: *Diagnostyka eksploatacyjna kolejowych zestawów kołowych metodą magnetyczną*. Praca doktorska, 29/05/2009, Politechnika Śląska; Wydział Transportu. Uzyskany stopień: doktor nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn, promotor Żurek Z.H.
- [8] ŻUREK Z.H., DOBMANN G., IDZIAK P., KOWALSKI K.: *SHM structural health monitoring and ndt for thin steel sheets under LDC testing with PCB flat asymmetric sonde*, SHM NDT 2018, Saarbrücken.
- [9] ŻUREK Z.H., SOLECKA B., STOKŁOSA Z., WOLNIK P., CHMIELA B.: *Selekcjonowanie mocy strat blach transformatorowych w obwodach magnetycznych zamkniętych i otwartych*. „Napędy i Sterowanie” 5(229)/2018.
- [10] ŻUREK Z.H.: *Wprowadzenie do elektromagnetycznej diagnostyki degradacji stali*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.
- [11] ŻUREK Z.H., DUKA P.: *Obwody RLC w diagnostyce i eksploatacji maszyn*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
- [12] ŻUREK Z.H., DUKA P.: *RLC Circuits For Material Testing And NDT, Monografia*, Institute of Electrical Drivers & Machines KOMEL, 01/2015. Księgozbiór PAN i Biblioteki Uniwersyteckiej w Getyndze: Sygnatura 2015 A 26910, https://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/SET=1/TTL=3/CMD?ACT=SRCHA&IKT=1016&SR-T=LST_aty&TRM=%C5%BBurek%2C+Zbigniew+Hilary&MATCFILTER=N&MATCSET=N&NOSCAN=N&ADI_BIB
- [13] ŻUREK Z.H., JANEK T.: *Untersuchung des Ermüdungsprozesses in dem band der Bahn-radsätze*. 9 Internationale Schienenfahrzeugtagung, 27–29 Februar 2008, Dresden Rad Schiene 2008, <http://www.rad-schiene.de/historie/2003/2008-ts1.php>.
- [14] ŻUREK Z.H., BIZOŃ K., WITASZEK K., ROCKSTROCH B.: *Magnetische Messgrößen der Werkstoffe für Bahn-Radsätze während und nach einer zyklischen mechanischen Belastung*. 9 Internationale Schienenfahrzeugtagung, 23–25 September 2009, Dresden Rad Schiene 2009.
- [15] ŻUREK Z.H.: *Magnetic monitoring of fatigue process of the rim material of railway wheel sets*. „NDT&E international” 39/2006.
- [16] ŻUREK Z.H.: *Magnetic Contactless Detection of Stress Distribution and Assembly Defects in Constructional Steel Element*. „NDT&E International” 38/2005.
- [17] KUKLA D. – wykonawca: IPPT PAN, PW, Grant własny (Z.H. Żurek) NN507 0807 33 „Opracowanie metody magnetycznej do wczesnej detekcji procesów zmęczeniowych w stalach niskostopowych niskowęglowych”. Dyscyplina naukowa, N507 – Nauka o Materiałach i Inżynieria Materiałowa (kierownik, grant własny zakończony i przyjęty)

 Zbigniew Hilary Żurek – Politechnika Śląska WT,
e-mail: zbigniew.zurek@polsl.pl;
Zbigniew Stokłosa – Uniwersytet Śląski,
e-mail: zbigniew.stoklosa@us.edu.pl;
Bartosz Chmiela – Politechnika Śląska IMM,
e-mail: bartosz.chmiela@polsl.pl;
Paweł Idziak – Politechnika Poznańska WE,
e-mail: pawel.idziak@put.poznan.pl;
Krzysztof Kowalski – Politechnika Poznańska WE,
e-mail: krzysztof.kowalski@put.poznan.pl

artykuł recenzowany

reklama

TARGI ELEKTROTECHNIKA 2019

XVII Międzynarodowe Targi Sprzętu Elektrycznego i Systemów Zabezpieczeń

13 - 15 marca 2019

WARSZAWA

www.elektroinstalacje.pl



Termin zgłoszeń: 31.12.2018

ORGANIZATOR
a g e n c j a
SOMA

ul. Bronikowskiego 1, 02-796 Warszawa
tel.: 22 649 76 69, 649 76 71
e-mail: office@elektroinstalacje.pl



Miejsce targów:



Warszawskie Centrum
Wystawiennicze EXPO XXI

Wolnoobrotowy bezszczotkowy silnik prądu stałego do napędu rogatek

Zbigniew Goryca, Artur Pakosz

1. Wstęp

W krajowej sieci kolejowej znajduje się kilka tysięcy przejazdów kolejowych. Większość z nich chroniona jest szlabanami zamykanymi na czas przejazdu pociągu oraz dodatkową sygnalizacją świetlną. Około 60% szlabanów wyposażonych jest w stare, mechaniczne napędy typu JEGD z szeregowo-bocznikowymi silnikami prądu stałego zasilanymi napięciem 24 V. Napędy te nie są produkowane od wielu lat i z tego powodu zainteresowano się nowymi konstrukcjami mechanicznymi, w których jest zastosowany nowoczesny, bezszczotkowy silnik z magnesami trwałymi. Poniższy artykuł pokazuje konstrukcję silnika zbudowanego na potrzeby tego napędu. Silnik ten jest znacznie tańszy i trwalszy od szeregowo-bocznikowego silnika dotychczas stosowanego. Praktycznie nie wymaga on serwisowania, ma wyższą sprawność, pracuje cicho, a jego trwałość jest ograniczona jedynie trwałością użytych łożysk. Dodatkowym atutem tego silnika jest szeroki zakres zmian prędkości obrotowej, dzięki któremu można płynnie ruszać i zatrzymywać szlaban.

2. Założenia konstrukcyjne

Przy projektowaniu silnika kierowano się głównie wymogami czasu zamykania i otwierania napędu i określonym przez przeładnię, wymaganym momentem mechanicznym. Na podstawie znanych zależności [1, 2, 3] obliczono prędkość obrotową silnika na poziomie 300 obr./min oraz moc silnika 100 W. Silnik zasilany jest napięciem stałym 24 V i podstawowym rodzajem pracy jest praca dorywcza.

Ze względu na terenową lokalizację określono zakres temperatur pracy od -40°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

Z uwagi na trudne warunki pracy i możliwość zapylenia założono wykorzystanie magnetycznego czujnika położenia wału silnika.

3. Budowa i działanie silnika

W skład nowego układu napędowego wchodzi bezszczotkowy silnik prądu stałego z magnesami trwałymi i niskonapięciowy, trójfazowy falownik wyposażony w tranzystory CMOS. Obliczenia obwodu magnetycznego silnika przeprowadzono w ostatnio zmodyfikowanym programie FEMM 4.2. Na rysunku 1 pokazano obwód magnetyczny zaprojektowanego silnika, a na rysunku 2 przykładowy rozkład pola magnetycznego w wybranym położeniu wirnika. Średnica zewnętrzna blach stojana wynosi 130 mm, szerokość jarzma 9 mm, szerokość zęba 12,7 mm, zaś średnica wewnętrzna stojana to 76 mm.

Streszczenie: W pracy przedstawiono konstrukcję i wybrane wyniki badań wolnoobrotowego, bezszczotkowego silnika prądu stałego przeznaczonego do kolejowego napędu rogatek. Obliczenia obwodu magnetycznego silnika przeprowadzono w programie FEMM 4.2. Blachy stojana i wirnika silnika wykonano metodą cięcia laserowego. Taka technologia umożliwia umieszczenie magnesów wewnątrz wirnika, co w znaczący sposób upraszcza technologię wykonania wirnika i zapewnia pewność mocowania magnesów. Do kontroli położenia wirnika względem stojana zastosowano wielobiegunowy magnes współpracujący ze specjalizowanym, programowanym układem elektronicznym. W zależności od potrzeby układ ten może dostarczać różne sygnały informujące o położeniu wirnika. Silnik zasilany jest z niskonapięciowego falownika, którego tranzystory sterowane są sygnałami mikroprocesora.

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, silnik bezszczotkowy, szlaban kolejowy

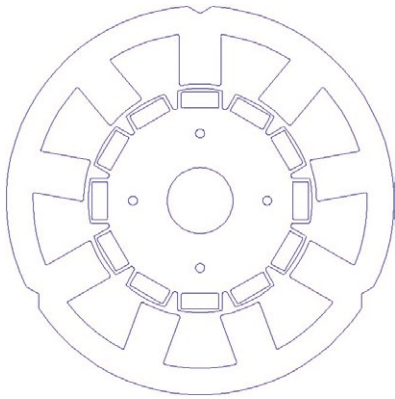
🇬🇧 LOW SPEED BRUSHLESS DC MOTOR FOR LEVEL CROSSING BARRIER DRIVE

Abstract: The paper presents the construction and chosen experimental results for brushless motor using in level crossing barrier drive. Calculations for magnetic circuit have been conducted in FEMM 4.2 program. Steel sheets both for the stator and the rotor have been made using laser. Such technology allows placing magnets inside the rotor what in turn simplifies significantly the rotor and enhances durability of the motor. The position of the rotor towards the stator is controlled by multi-pole magnet connected to special electronic circuit. This circuit can generate different signals indicating the rotor's position. The motor is supplied by low voltage converter whose transistors are controlled by microprocessor.

Keywords: electrical machines, brushless DC motor, crossing barrier

Szczelina powietrzna ma szerokość 1 mm. W wirniku umieszczono 12 magnesów neodymowych typu N38SH, zajmujących 75% podziałki biegunowej. Magnesy mają wysokość 5 mm. Rysunki nr 3 i 4 przedstawiają wewnętrzną konstrukcję silnika.

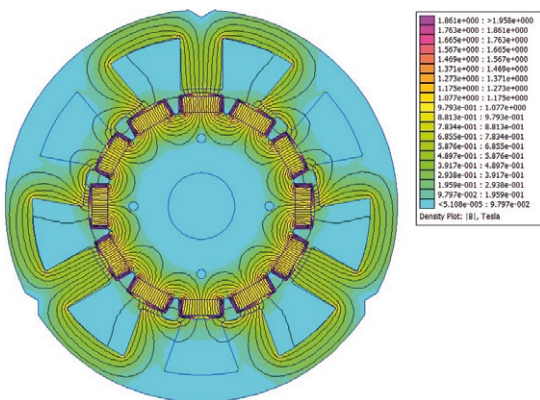
W omawianym zastosowaniu silnika – napędzie rogatek – występuje duży początkowy moment oporowy i w takich przypadkach powszechnie stosuje się metody sterowania z użyciem



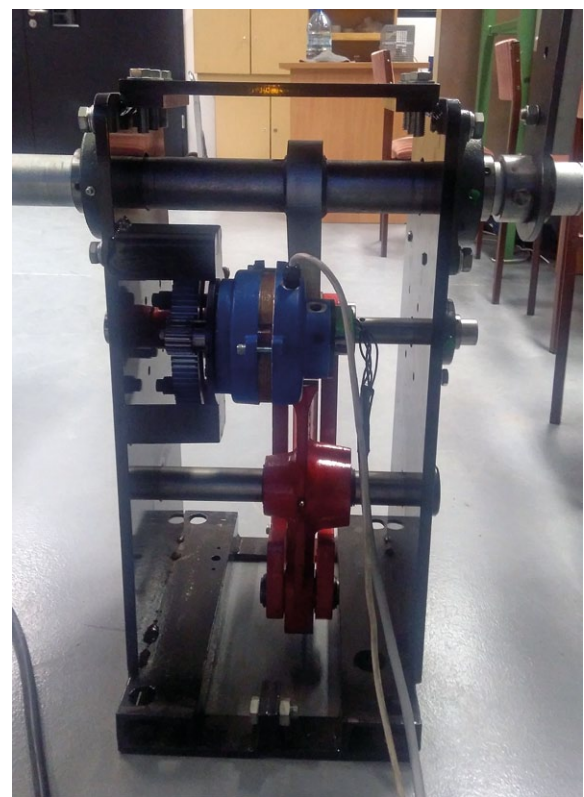
Rys. 1. Obwód magnetyczny nowego silnika



Rys. 5. Widok kompletnego silnika



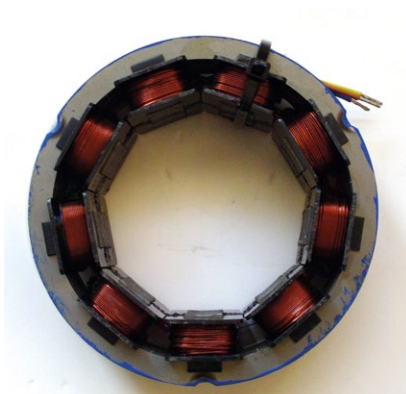
Rys. 2. Przykładowy rozkład pola magnetycznego



Rys. 6. Napęd rogatekowy z opracowanym silnikiem



Rys. 3. Wirnik z 12 zagłębionymi magnesami i tarczą łożyskową

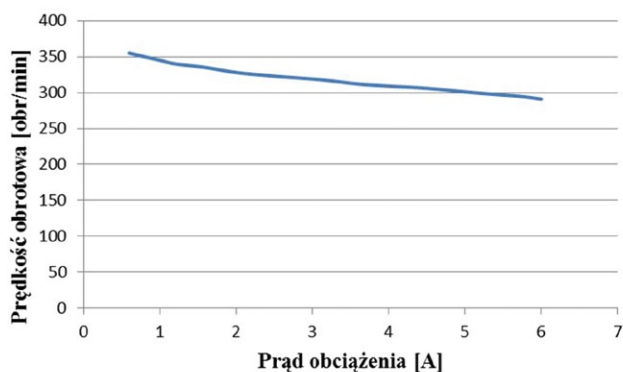


Rys. 4. Uzwojony stojan silnika

czujników położenia wirnika [4, 5, 6, 7, 8, 9]. Współpracujący z silnikiem falownik wykorzystuje informację o położeniu wirnika względem stojana, uzyskiwaną z układu elektronicznego współpracującego z wielobiegunowym magnesem przyklejonym do wału silnika. Falownik umożliwia płynną regulację prędkości obrotowej silnika, zmianę kierunku wirowania i szybkie hamowanie.

4. Badania silnika

Badania silnika obejmowały wyznaczenie jego charakterystyki mechanicznej, sprawdzenie zakresu regulacji prędkości obrotowej oraz sprawdzenie funkcji falownika – zmiany kierunku wirowania silnika i hamowanie. Badany silnik obciążony



Rys. 7. Zależność prędkości obrotowej od prądu obciążenia silnika

był niewielką prądnicą prądu stałego, a z uwagi na brak momentomierza o odpowiednio małym zakresie mierzona była prędkość obrotowa w funkcji prądu obciążenia. Tak wyznaczoną zależność pokazano na rysunku 7.

Prędkość obrotową silnika można regulować w zakresie od 10 do 300 obr./min. Przy odpowiednio wydajnym źródle zasilania (powyżej 12 A) możliwy jest nawrót silnika przy znamionowej prędkości obrotowej.

Po włączeniu sygnału hamowania silnik zatrzymuje się w czasie poniżej 0,1 s. Badania silnika na napędzie rogakowym wykazały jego pełną przydatność. Zmierzony podczas pracy prąd wahał się w zakresie 4,0 A.

5. Wnioski

Opracowany silnik jest znacznie tańszy i trwalszy od dotychczas stosowanych silników komutatorowych, zapewnia znacznie dłuższy okres bezserwisowej pracy oraz mniejsze zużycie energii. Pełny zakres regulacji prędkości obrotowej pozwala płynnie ruszać i zatrzymywać szlaban bez drgań i uderzeń. Niskie napięcie zasilania umożliwia pracę napędu, w przypadku awarii sieci energetycznej, przy zasilaniu z akumulatorów. Niskie napięcie zasilania sprzyja także poprawie bezpieczeństwa obsługi.

Literatura

- [1] GLINKA T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2018.
- [2] GORYCA Z., BOJARCAK P.: *Manner of controlling of three-winding brushless motor*. Forth International Conference Unconventional Electromechanical and Electrical Systems, St. Petersburg, Russia, 21–24 June, 1999.
- [3] GORYCA Z.: *Niskonapięciowy układ napędowy z bezszczotkowym silnikiem prądu stałego*. X Konferencja „Problemy eksploatacji maszyn i napędów elektrycznych”, Ustroń, 28–30 maja 2003.
- [4] GORYCA Z., BOJARCAK P.: *Driving system of electric wheelchair*. International XIV Symposium Micromachines & Servodrives, Tuczno, Poland, 12–16.09.2004.
- [5] GORYCA Z.: *Niskonapięciowy, wolnoobrotowy napęd z bezszczotkowym silnikiem prądu stałego*. XV Konferencja „Problemy eksploatacji maszyn i napędów elektrycznych”, Ustroń, 17–19 maja 2006.
- [6] GORYCA Z.: *Bezczotkowe silniki prądu stałego – konstrukcje i sterowanie*. „AUTOMATYKA, ELEKTRYKA, ZAKŁÓCENIA” 13/2013.
- [7] KRYKOWSKI K.: *Silnik PM BLDC w napędzie elektrycznym. Analiza, właściwości, modelowanie*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
- [8] WIŚNIEWSKI J., KOCZARA W., DOBROŃ P.: *Analiza momentu rozruchowego silnika z magnesami trwałymi przy zastosowaniu metody HPI*. „Przegląd Elektrotechniczny” 2/2010.
- [9] ZAWIRSKI K.: *Sterowanie silnikiem synchronicznym o magnesach trwałych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2005.

Zbigniew Goryca, Artur Pakosz
Politechnika Świętokrzyska
Zespół Szkół Elektronicznych w Radomiu

artykuł recenzowany

reklama

Wybierz swoją prenumeratę na www.nis.com.pl



PRENUMERATA
DRUKOWANA



PRENUMERATA
ELEKTRONICZNA



PAKIET

Studium wykonania lokomotywy elektrycznej z silnikiem z magnesami trwałymi, z zastosowaniem w rekreacyjnej kolejce parkowej

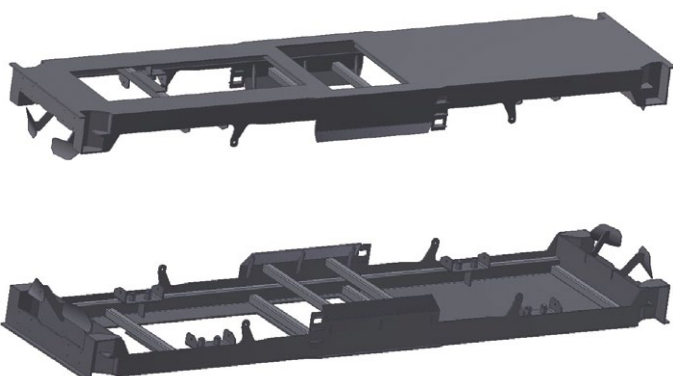
Jacek Pytel

1. Wstęp

Niniejszy referat nawiązuje do pracy [1], w której dokonano analizy właściwości trakcyjnych i bilansu energii modelu lokomotywy w skali. Celem pracy jest konstrukcja lub dobór podzespołów niezbędnych do wykonania modelu lokomotywy w skali 1:6. Przedstawiono wybiórczo poszczególne etapy projektowania od ostoi pojazdu, poprzez połączenie wózków jezdnych z ostoją, dobór przekładni i hamulców.

2. Rama ostoi

Prace rozpoczęto od wykonania modeli elementów ostoi i poszycia lokomotywy we właściwej skali, w oparciu o dokumentację oryginału. Szczególną wagę przywiązano do ramy ostoi z uwagi na to, że stanowi ona ustrój nośny dla pozostałych podzespołów, takich jak kabina, osłony skrajne, akumulatory, a także dla operatora. Ostoja, poprzez sprzęg wagonowy, jest obciążona siłą pociągową. Celem pracy było także wykonanie konstrukcji ostoi i nadwozia lokomotywy, które możliwie wernie prezentuje kształty i wymiary modelu w skali, uwzględniając technologię oraz dostępność półfabrykatów. W ostoi znajdują się miejsca osadzenia ramy na sprężynach wózków oraz punkty mocowania cięgieł trakcyjnych. Pod poszyciem kabiny umieszczone będą elementy układu zasilania. Wymienione podzespoły powinny być dostosowane do wymiarów i postaci modelu, nie ingerując w zewnętrzne elementy kabiny osłon. Model ostoi w widoku ukośnym górnym i dolnym prezentuje rys. 1.



Rys. 1. Rama ostoi

Streszczenie: Artykuł opisuje część procesu konstrukcyjnego, obejmującego analizę i dobór istotnych podzespołów modelu lokomotywy typu 6DI wykonanej w skali 1:6, o napędzie elektrycznym i zasilaniu akumulatorowym. Artykuł jest rozwinięciem koncepcji modelu przedstawionego w artykule [1]. Dokonano analizy wytrzymałościowej ramy pojazdu, cięgna trakcyjnego i wykonano ich modele. Dobrano zawieszenie wózków w ostoi oraz sposób przeniesienia napędu. Opisano możliwy do zastosowania układ hamulcowy. Praca wraz z artykułem [1] stanowi studium wykonania modelu lokomotywy elektrycznej z silnikiem z magnesami trwałymi, z zastosowaniem w rekreacyjnej kolejce parkowej.

Słowa kluczowe: kolej, analiza statyczna, przekładnia pasowa zębata, hamulce tarczowe

🇬🇧 FEASIBILITY STUDY OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE PROPELLED BY PERMANENT MAGNET MOTOR WITH APPLICATION IN MINIATURE RIDABLE RAILWAY

Abstract: The article describes a part of designing process involving analysis and assortment of essential subassemblies of 1:6 scale model locomotive class 6DI. The model is propelled by permanent magnet electric motor supplied by traction batteries. The article develops a concept of the model presented in article [1]. Strength analysis of vehicle's frame and traction rod is performed and also models of them are made. Possible to use braking system is described. This paper with article [1] provides a technical study for construction of electric locomotive model with synchronous permanent magnet motor with application in rideable miniature railway.

Keywords: railway, static analysis, timing belt drive, disc brakes

Dla potrzeb analizy statycznej wykonano jej model fenomenologiczny (rys. 2). Przedstawione wymiary i obciążenia wynikają z rozmieszczenia elementów obciążających ramę ostoi. Obciążenia zredukowane do sił skupionych prezentuje tabela 1. Jako podpory przyjęto miejsca osadzenia ostoi na wózkach. Układ równowagi dla przedstawionego ustroju nośnego zaprezentowano parą równań (1).

$$\begin{cases} \sum F_{iy} = -q_1 b - q_2 c - q_3 b + R_A + R_B = 0 \\ \sum M_{iA} = -\frac{q_1 a^2}{2} + \frac{q_1 (b-a)^2}{2} + q_2 c \left(\frac{c}{2} + b - a\right) - R_B (l - 2a) + q_3 b \left(\frac{b}{2} + c + b - a\right) \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} q_1 &= 1380 \left[\frac{N}{m}\right], q_2 = 2220 \left[\frac{N}{m}\right]; \\ q_3 &= 530 \left[\frac{N}{m}\right], a = 500 [mm]; \\ b &= 940 [mm], c = 360 [mm]; \\ l &= 2240 [mm]. \end{aligned}$$

Wynikające z równań równowagi reakcje wynoszą:

$$\begin{cases} R_A = 1717 [N] \\ R_B = 878 [N] \end{cases} \quad (2)$$

Siły i momenty gnące obciążające ramę mają następujący zapis w funkcji współrzędnej x :

$$\begin{cases} T(x) = -q_1 x + R_A - q_2 (x - b) + R_B - q_3 [x - (l - a)] = 0 \\ M(x) = \frac{q_1 x^2}{2} - R_A (x - a) + q_2 \frac{(x - b)^2}{2} - R_B [x - (l - a)] + q_3 \frac{[x - (l - a)]^2}{2} \end{cases} \quad (3)$$

Z równań tych otrzymano wykresy sił i momentów gnących przedstawionych kolejno na rys. 3 i 4. Maksymalna wartość momentu gnącego przypada na połowę długości między podporami A i B, rozumianymi jako miejsce oparcia ramy na wózkach. Otrzymany z obliczeń maksymalny moment gnący M_{max} wynosi 173 Nm.

Przyjęto wartość dopuszczalnych naprężeń przy zginaniu k_g równą 145 MPa:

$$k_g > \frac{M_{max}}{W_{yy}} \quad (4)$$

zatem

$$W_{yy} > \frac{M_{max}}{k_g} \quad (5)$$

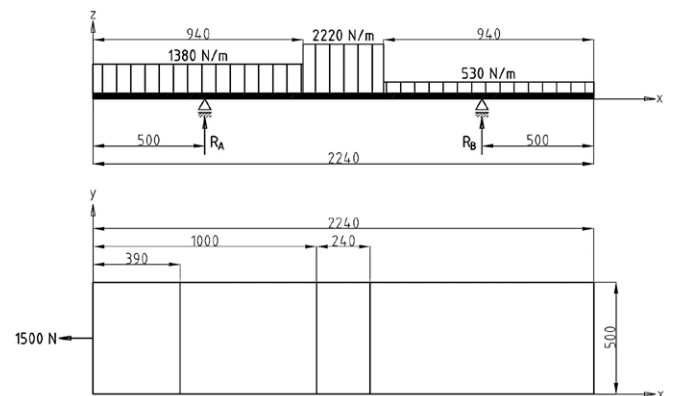
Z obliczeń (5) wynika, że sprężysty wskaźnik wytrzymałości na zginanie W_{yy} belki podłużnej powinien być nie mniejszy niż 1,173 cm³.

Kryterium to spełnia każdy profil zamknięty prostokątny lub kwadratowy wg normy PN-EN 10210-2. Zastosowanie zależy od dostępności handlowej oraz innych względów konstrukcyjnych, nieujętych analizą statyczną ramy. Orientację osi bezwładności względem wymiarów przekroju profilu przedstawiono na rys. 5.

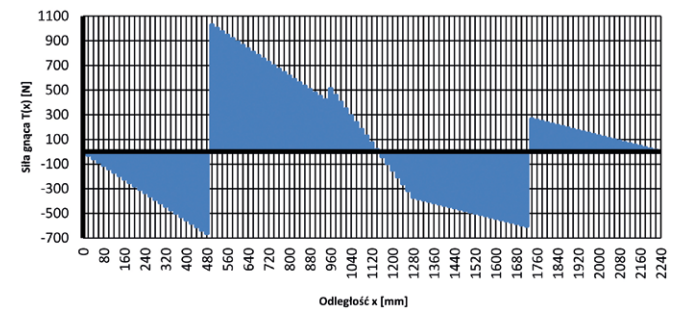
Siłę pociągową przyłożono do tylnej belki poprzecznej, w miejscu mocowania sprzęgu wagonowego, którego postać

Tabela 1. Rozkład sił obciążających ramę ostoi, zredukowanych do sił skupionych

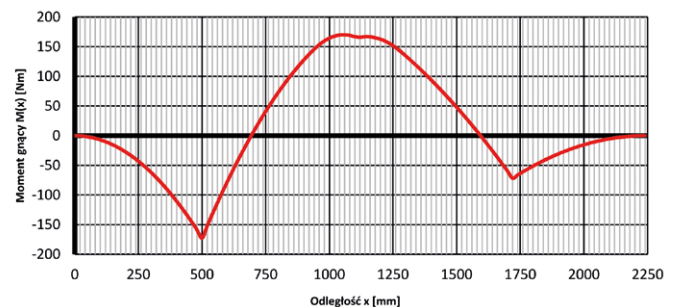
Ciężar elementów obciążających ramę ostoi [N]									
Miejsce przyłożenia	Tył			Środek			Przód		
Kierunek	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Akumulatory		250			500			250	
Oslony skrajne		250						250	
Kabina					300				
Operator		800							
Siła pociągowa max.	1500								



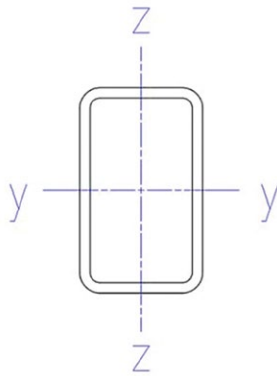
Rys. 2. Model fenomenologiczny ramy ostoi



Rys. 3. Wykres sił gnących



Rys. 4. Wykres momentów gnących



Rys. 5. Profil belki ostoi

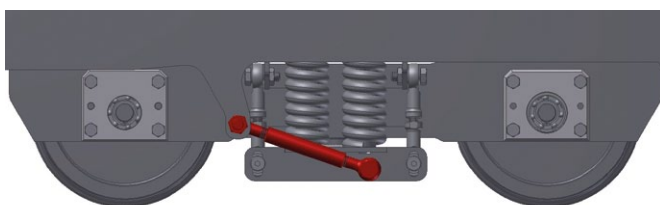
pozostaje nieokreślona. Z uwagi na dostatecznie stałe utwierdzenie belki poprzecznej w ostoi, uzasadniona jest analiza nośności samej belki obustronnie utwierdzonej, bez wpływu na pozostałe elementy ramy. Strzałka ugięcia belki wyniesie wówczas:

$$f = \frac{Pl^3}{192EI_{zz}} \text{ [mm]} \quad (6)$$

Moment bezwładności profilu $50 \times 30 \times 2,6$ względem osi z wynosi $5,38 \text{ cm}^4$, co wg równania (6) daje ugięcie samej belki nieprzekraczające $0,1 \text{ mm}$ przy długości $l = 500$. Belka połączona jest z blachami bocznymi oraz górną ostoi, zatem nośność całego ustroju jest większa. Wartość naprężeń w płaszczyźnie działania siły pociągowej P wynosi 26 MPa – maksymalny moment gnący przy długości 500 mm wynosi 94 Nm .

3. Ciężno trakcyjne

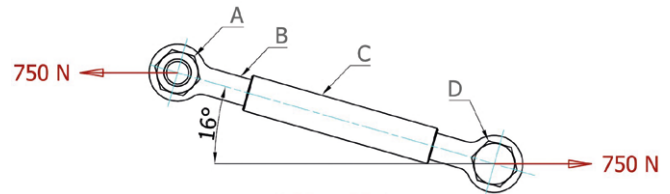
Istotnym elementem wymagającym analizy na etapie konstruowania są ciężna trakcyjne, łączące wózki z ostoją, a zatem z resztą lokomotywy, występujące po parze na każdy wózek. Miejsce występowania ciężna trakcyjnego i jego postać prezentuje rys. 6. Jest to element przenoszący siłę pociągową zespołu napędowego na resztę pojazdu. Przyjęto rozwiązanie analogiczne do stosowanego w oryginalnej konstrukcji lokomotywy, tj. występowanie ciężna jako łącznika pomiędzy belką skrętową wózka a ostoją lokomotywy, po obu stronach każdego z wózków.



Rys. 6. Występowanie ciężna trakcyjnego w wózku

Należy założyć, że maksymalna siła pociągowa o wartości 1500 N skupi się zwłaszcza na obu ciężnach łączących wózek napędowy z ostoją, zatem na każde ciężno działa siła F o wartości 750 N . Jej zwrot jest zależny od kierunku jazdy. Siła ta

skupia się bezpośrednio jako siła tnąca śruby A, łączącej ciężno z ostoją oraz belką skrętową. Zakładając, że kąt pracy ciężna jest nie mniejszy niż 16° , to siła rozciągająca połączenie gwintowane śruby oczkowej B z tuleją C wyniesie 721 N . Stan obciążenia ciężna prezentuje rys. 7.



Rys. 7. Stan obciążenia ciężna trakcyjnego

Wiedząc, że wartość dopuszczalnych naprężeń na ścinanie k_t dla śruby A wynosi 75 MPa , średnica jej rdzenia powinna być nie mniejsza niż:

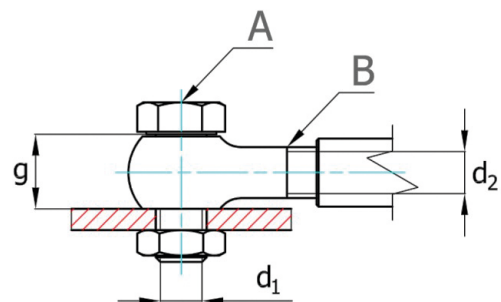
$$d_1 > \frac{F}{k_t g} \quad (7)$$

gdzie $g = 17$ oznacza długość trzpienia śruby podlegającą działaniu siły tnącej F . Ponadto średnica rdzenia śruby oczkowej B powinna być nie mniejsza niż [2]:

$$d_2 \geq \sqrt{1,49 \frac{F \cos 16^\circ}{k_r}} \quad (8)$$

gdzie $k_r = \text{MPa}$ oznacza dopuszczalną wartość naprężeń przy rozciąganiu, a współczynnik równy $1,49$ wynika z przeliczenia pola powierzchni rdzenia śruby na średnicę rdzenia.

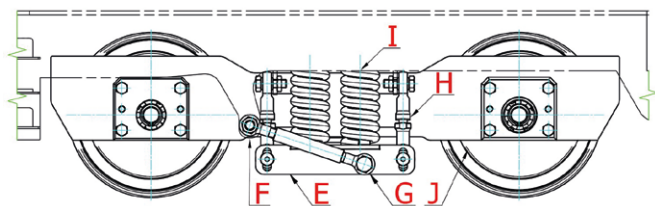
Z obliczeń wynika, że średnica rdzenia śruby powinna być większa niż 3 mm . Szkic złącza po zamocowaniu do ostoi prezentuje rys. 8.



Rys. 8. Mocowanie ciężna trakcyjnego do ostoi

4. Zawieszenie

Istotna jest taka konstrukcja wózka, która nie powieli mankamentów wózka istniejącego już modelu. Zasadniczym warunkiem był jeden wspólny stopień usprężynowania. W istniejącym modelu lokomotywy, do którego opracowana jest konstrukcja alternatywna, każda z osi jest zawieszona niezależnie. Powoduje to komplikacje w układzie przeniesienia napędu. Proponowaną konstrukcję wózka prezentuje rys. 9.

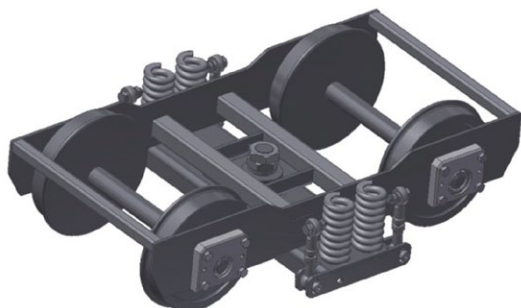


Rys. 9. Połączenie wózka z ostoją

Przyjęto zawieszenie za pomocą belki skrętowej E, połączonej z ostoją F za pomocą cięgieł trakcyjnych G oraz podwiesi H o końcach przegubowych i sprężyn I osadzonych na trzpieniach walcowych belki oraz ostoi. Kompletny wózek J tworzy wraz z belką parę obrotową. Podobne ideowo rozwiązanie funkcjonuje w oryginalnej lokomotywie.

Tak podwieszona belka tworzy element podatny w dwóch płaszczyznach: pionowej w zakresie ± 5 mm oraz w poziomej ok. 1–2 mm. Zastosowano sprężyny o sztywności 55 daN/mm, przyjmując, że ugięcie statycznie nie powinno przekraczać 20% zakresu ruchu zawieszenia w kierunku pionowym. Z uwagi na niesymetryczne rozmieszczenie obciążenia wskazane jest stosowanie sprężyn o podatności różnej dla obu wózków. Mając na uwadze wartości reakcji R_A i R_B (2) w ostoi, można stosować sprężyny o sztywności kolejno 43 daN/mm i 22 daN/mm.

Model ogólny wózka przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Model ogólny wózka

Na osiach wózka tocznego planowane jest umieszczenie hamulców. Na wózku napędowym umieszczony zostanie silnik z przekładnią. W celu doboru właściwego zawieszenia wskazane są próby na wykonanym prototypie.

5. Przekładnia pasowa

Z uwagi na konieczność umieszczenia silnika wzdłuż lokomotywy, przeniesienie napędu w wózku następuje poprzez przekładnię pasową zębatą o przełożeniu 1:1 na oś przekładni zębatej kątowej o przełożeniu 3:1, sprzężonej bezpośrednio z kołami pierwszej osi wózka napędowego. Druga oś zostanie połączona z pierwszą również pasem zębatym. O ile dobór przekładni zębatej ogranicza się do doboru danych katalogowych jej producenta, takich jak dopuszczalne obciążenia i prędkości, to przekładnia pasowa wymaga doboru drogą

stosownych obliczeń. Do wyboru pasów zębatych jako elementów przenoszących moment obrotowy na osie wózka skłania przede wszystkim fakt, że wymiary przekładni pasowej zębatej są mniejsze niż przekładni łańcuchowej zdatnej do przeniesienia tej samej mocy na osie wózka. Zaletą jest także ich cicha praca i bezobsługowość (brak smarowania).

Dla pierwszej przekładni pasowej, tj. łączącej wał silnika z wałem przekładni zębatej, wymagana jest możliwie najmniejsza średnica kół z uwagi na ograniczone miejsce – pas zębaty wyprowadzony zostanie poza obrys wózka, a teoretyczna odległość osi wału silnika i wału przekładni jest relatywnie niewielka i wynosi 178,25 mm. Wał przekładni ma średnicę 28 mm, zatem uwzględniając wyłącznie kwestie montażowe (osadzenia koła pasowego na wale), szacuje się, że koło pasowe powinno mieć średnicę podziałową $d_p > 40$ mm dla pasa trapezowego metrycznego T5 oraz $d_p > 45$ mm dla pasa T10, względnie $d_p > 50$ mm dla pasa T20 i zarazem o średnicy zewnętrznej nie większej niż 130 mm. Pas powinien być możliwie wąski, o szerokości nie większej niż 50 mm. Należałoby dobrać pas determinujący minimalną wielkość (liczbę zębów) kół pasowych, zdalnych do przeniesienia siły obwodowej F nie większej niż [3]:

$$F < F_{dop} = bh_z z_m k_z C \quad (9)$$

$$F = \frac{2\pi i M_{max}}{z p_b} \cdot 10^3 \quad (10)$$

gdzie:

b – szerokość pasa;

h_z – wysokość zęba;

p_b – podziałka;

M_{max} – maksymalny moment na wale silnika;

$z_m = z \frac{\alpha}{360^\circ}$ – liczba zazębionych (czynnych) zębów (przełożenie $i = 1$);

$k_z \cong 1$ dla $z_m \geq 6$ – współczynnik zazębienia;

$k_z \cong 1$ dla $z_m \geq 6$ – współczynnik zazębienia;

$C = C_1 C_2 C_3 C_4 = 0,45$ – współczynnik warunków pracy.

Występowanie rolki napinającej może stosownie zwiększyć lub zmniejszyć kąt opasania pasa α na kole, wpływając odpowiednio korzystnie bądź niekorzystnie na nośność pasa w danym układzie. Dla analizowanego przypadku $\alpha = 152^\circ$. Wyniki doboru pasa zębatego i wielkości kół na podstawie kryterium (9) oraz ograniczeń wymiarowych prezentuje tabela 2. Podane warunki spełnia pas o podziale T20 oraz szerokości 50 mm, z kołami pasowymi o 20 zębach.

Tabela 2. Dobór pasa zębatego

Podziałka	Szer. pasa [mm]	Liczba zębów	Siła obwodowa obliczeniowa [N]	Dopuszczalna siła obwodowa [N]
T5	50	32	2002	365
T10	50	25	1282	594
T20	50	20	890	950

Podobną analizę należy przeprowadzić dla pasa zębatego łączącego osie wózka napędowego, uwzględniając, że średnica zewnętrzna kół nie może być większa niż 170 mm, a przestrzeń do osadzenia koła pasowego pomiędzy kołem jezdnym a korpusem przekładni pozwala na stosowanie pasa o szerokości 32 mm. Rozmiary przekładni są praktycznie narzucone. Pas powinien spełnić warunek (9), przy czym współczynnik $C = 0,8$ po uwzględnieniu mniejszej prędkości pasa w wyniku redukcji za przekładnią zębatą oraz obecności dwóch rolek napinających. Kąt opasania $\alpha = 234^\circ$. Dopuszczalna siła obwodowa F_{dop} dla koła pasowego o maksymalnym wymiarze, tj. $z = 34$, wynosi 2829 N. Siła obwodowa obliczeniowa, po uwzględnieniu przełożenia przekładni zębatej $i = 3$, wynosi 1414 N. Przekładnia pasowa łącząca osie wózka spełnia warunek (9). Możliwa jest optymalizacja pod kątem zmniejszenia średnicy kół pasowych.

6. Hamulce

Układ hamulcowy, z uwagi na brak miejsca, będzie zbudowany na wózku tocznym. Rozważono zastosowanie hamulców tarczowych ze względu na relatywnie małe średnice tarcz oraz dostępność części (hamulce do skuterów, rowerowe). Do zaprojektowania go przyjęto następujące dane wejściowe:

- średnica zewnętrzna tarczy $d_z = 160$ mm;
- średnica wewnętrzna tarczy $d_w = 140$ mm;
- średnica cylindrów hamulcowych (po 1 na stronę) $d_c = 20$ mm;
- współczynnik tarcia $\mu = 0,3$;
- czas zatrzymania pociągu z prędkości 30 km/h nie większy niż 10 s.

Z uwagi na średnice kół nie można zastosować większych tarcz. Dana jest szacunkowa energia kinetyczna E_k pociągu o wartości 58681 J.

$$E_k = \frac{v^2(\xi_l m_l + \xi_w m_w)}{2} \quad (11)$$

gdzie:

$v = 30$ km/h;

$\xi_l = 1,3$ jest współczynnikiem mas wirujących dla lokomotywy;

$\xi_w = 1,04$ jest współczynnikiem mas wirujących dla wagonów;

$m_l = 500$ kg – masa lokomotywy;

$m_w = 1000$ kg – masa wagonów.

Czas hamowania t wykazuje następującą zależność względem energii kinetycznej masy hamowanej:

$$t = \frac{E_k}{h M_h \omega} \quad (12)$$

gdzie:

h – liczba osi hamowanych (2);

M_h – moment hamujący przypadający na oś;

ω – prędkość kątowna osi (92,6 rad/s przy 30 km/h dla średnicy kół 180 mm).

Ze względu na przyjęty maksymalny czas zatrzymania (5 s), wymagany moment hamujący na każdą z dwóch osi wózka

tocznego powinien być nie mniejszy niż 199 Nm. Siła hamująca na oś wynosi 4,42 kN według zależności:

$$F_h = \frac{M_h}{\mu \frac{d_z + d_w}{2}} \quad (13)$$

Zakładając wstępnie, że na każdej z dwóch osi wózka tocznego znajduje się po jednym hamulcu, siła przeliczona na jeden cylinder wynosi $0,5F_h = 2,21$ kN, zatem ciśnienie w cylindrze hydraulicznym wyniesie 7,04 MPa (14).

$$p_h = \frac{2F_h}{\pi d_c^2} \quad (14)$$


Wartość ciśnienia w hydraulicznych układach hamulcowych zazwyczaj zawiera się w zakresie 5–10 MPa, zatem działanie hamulców w ilości 1 kpl. na oś można uznać za wystarczające. Przy stosowaniu tarcz hamulcowych rowerowych dodatkowo należy mieć na względzie kierunek obrotu właściwy przyjętemu kierunkowi jazdy pociągu, względnie stosować dwa niezależne obwody hamulcowe. Wybór komponentów rowerowych podyktowany jest ich dostępnością oraz niewielkimi wymiarami tarcz, których średnica nie może przekraczać 160 mm. Możliwe jest zabudowanie do 4 kompletów tarcz z zaciskami na oś, stosownie do wymaganych warunków hamowania względem czasu zatrzymania i masy pociągu. Należy mieć na uwadze, że przy danej średnicy koła (180 mm) moment hamujący może okazać się zbyt duży względem określonych warunków przyczepności koła do szyny.

7. Podsumowanie

Analiza statyczna elementów nośnych modelu lokomotywy oraz dobór przekładni i hamulców według zadanych kryteriów wskazują na zdatność modelu do eksploatacji w wymaganych warunkach.

Literatura

- [1] PYTEL J.: *Analiza właściwości trakcyjnych i bilans energii lokomotywy z silnikiem synchronicznym, z magnesami trwałymi, z zastosowaniem w rekreacyjnej kolejce parkowej*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe”, 1(117)/2018.
- [2] Praca zbiorowa: *Mały poradnik mechanika. Tom II*. WNT, Warszawa 1988.
- [3] DUDZIAK M.: *Przekładnie cięgnowe*. WNT, Warszawa 1997.
- [4] ŚCIESZKA S.: *Hamulce cierne. Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i tribologiczne*. Politechnika Śląska, Instytut Technologii Eksploatacji, Gliwice – Radom 1998.

 Jacek Pytel – KOMEL, Katowice

artykuł recenzowany

Układy napędowe pojazdów trakcyjnych z trójfazowymi silnikami prądu przemiennego

Andrzej Stobiecki, Roman Dudek

1. Wstęp

Trójfazowe silniki indukcyjne należały do maszyn wykorzystywanych do napędu pojazdów w początkowej fazie rozwoju trakcji elektrycznej. W takie silniki wyposażone były lokomotywy eksploatowane na pierwszej zelektryfikowanej normalnotorowej linii kolejowej w Europie, linii Burgdorf – Thun, uruchomionej w 1889 roku. Linia została zelektryfikowana napięciem przemiennym 750 V 40 Hz, w systemie trójfazowym. Zastosowane silniki były niskobrotowe (300 obr./min), o mocy 150 KM. Dwie prędkości jazdy, 17,5 oraz 35 km/h, uzyskiwano poprzez zmianę ilości par biegunów stojana [1, 2].

Rozwój elektryfikacji kolei spowodował ograniczenie stosowania silników trójfazowych. Elektryfikację prowadzono zwykle w systemie jednofazowego napięcia przemiennego albo napięcia stałego, z jedнопrzewodową siecią górną. Przy takim zasilaniu powszechne zastosowanie znalazły silniki komutatorowe: jednofazowe prądu przemiennego w przypadku zasilania w systemie napięcia przemiennego i szeregowe prądu stałego przy zasilaniu z sieci napięcia stałego. Dalsze wykorzystanie trakcyjnych silników trójfazowych wymagało rozwiązania dwóch istotnych problemów: w jaki sposób zasilic silnik trójfazowy z sieci jednofazowej oraz jak zapewnić płynną regulację prędkości obrotowej maszyny w szerokim zakresie. Prace nad takim napędem prowadzono przez wiele lat [3, 4], ale bez zadowalającego rezultatu.

Efektywne wykorzystanie silników trójfazowych stało się możliwe w wyniku rozwoju energoelektroniki, któremu towarzyszył postęp w dziedzinie układów sterowania, związany głównie z rozwojem techniki mikroprocesorowej.

Streszczenie: Istotne wady silników komutatorowych prądu stałego i przemiennego, związane przede wszystkim z istnieniem węzła komutator – szczotki oraz dużymi wymiarami i masą przy danej mocy, w powiązaniu z rozwojem energoelektroniki, spowodowały zastąpienie ich trójfazowymi silnikami prądu przemiennego. Do napędu pojazdów wykorzystywane są silniki synchroniczne ze wzbudzeniem elektromagnetycznym, silniki indukcyjne klatkowe oraz silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi. W artykule przedstawiono typowy układ napędowy pociągu napędzanego silnikami synchronicznymi wzbudzonymi elektromagnetycznie. Zdecydowaną większość aktualnie wytwarzanych pojazdów napędzają silniki indukcyjne. Na podstawie literatury przedstawiono koncepcje obwodów głównych układów napędo-

wych pojazdów z trójfazowymi silnikami klatkowymi przy zasilaniu z sieci napięcia stałego i przemiennego. Stwierdzono, że przy zasilaniu napięciem przemiennym stosowana jest jedna konfiguracja układu zasilania, wspólna dla niemal wszystkich pojazdów. Przy zasilaniu napięciem stałym istnieje większe zróżnicowanie konfiguracji układu napędowego. Poszczególne koncepcje zilustrowano, przedstawiając układy napędowe wybranych pojazdów. Silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi wydają się być napędem, który będzie coraz szerzej stosowany w pojazdach trakcyjnych. W artykule opisano układ napędowy przykładowego pociągu, wyposażonego w takie silniki.

Słowa kluczowe: trakcja elektryczna, silniki trójfazowe, układy napędowe pojazdów

DRIVE SYSTEMS OF TRACTION VEHICLES EQUIPPED WITH 3-PHASE AC MOTORS

Abstract: Significant drawbacks of the DC and AC commutator motors, primarily associated with the existence of a commutator – brushes unit as well as large dimensions and weight for a given power, in conjunction with the development of power electronics, led to their replacement with the three-phase AC motors. Electromagnetically excited synchronous motors, squirrel-cage induction motors and permanent magnet synchronous motors are used to drive the traction vehicles. A typical drive system of a train driven by electromagnetically excited synchronous motors is presented in the article. The vast majority of currently produced vehicles are driven by induction motors. On the basis of the literature, the

concepts of the main circuits of drive systems of vehicles with three-phase squirrel cage motors supplied with DC and AC voltage are presented. It was found that at the AC catenary supply a single configuration of the drive system is applied, common to almost all vehicles. There is a larger variety of configurations of the drive at the DC supply. The particular concepts are illustrated by presenting the drive systems of selected vehicles. The PMSMs seem to be the motors, which will be increasingly used in traction vehicles. The drive system of an exemplary train equipped with such motors is presented in the article.

Keywords: electric traction, three-phase motors, vehicles' drive systems

2. Czynniki wpływające na konfigurację układu napędowego

Na konfigurację energoelektronicznego trakcyjnego układu napędowego wpływają przede wszystkim:

- system zasilania, z którym współpracować ma pojazd;
- rodzaj silnika trakcyjnego;
- rodzaj i parametry dostępnych elementów energoelektronicznych.

W Europie eksploatowane są cztery systemy zasilania elektrycznej trakcji kolejowej: 1,5 kV DC; 3 kV DC; 15 kV, 16,7 Hz i 25 kV, 50 Hz. Pojazdy komunikacji miejskiej zasilane są napięciem stałym 600–800 V.

W układach napędowych współczesnych pojazdów trakcyjnych wykorzystywane są silniki trójfazowe:

- synchroniczny wzbudzany elektromagnetycznie;
- indukcyjny klatkowy;
- synchroniczny wzbudzany magnesami trwałymi (PMSM).

Najczęściej stosowany z tych silników, silnik klatkowy, ma istotne zalety w stosunku do maszyn prądu stałego oraz jednofazowych komutatorowych silników prądu przemiennego. Należą do nich przede wszystkim:

- brak komutatora i szczotek;
- prosta i odporna konstrukcja;
- mniejsza masa i wymiary przy danej mocy;
- możliwość pracy przy wyższych napięciach zasilania;
- możliwość pracy z większymi prędkościami obrotowymi.

Pojazdy napędzane silnikami synchronicznymi ze wzbudzeniem elektromagnetycznym są eksploatowane, ale nie są już produkowane. Podstawową wadą takiego silnika w stosunku do silnika klatkowego jest konieczność zasilania uzwojenia wirnika, z czym wiąże się obecność w maszynie pierścieni wirujących i szczotek.

Silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi wydają się być napędem, który będzie coraz szerzej stosowany w pojazdach trakcyjnych. W stosunku do silnika klatkowego mają one następujące zalety [5]:

- mniejszą masę i wymiary przy danej mocy;
- wyższą sprawność;
- większą przeciążalność momentem.

Tabela 1. Porównanie współczynnika moc/masa dla silników napędzających pociągi TGV [6]

Pociąg	Silnik	Moc [kW]	Masa [kg]	Moc/masa [kW/kg]
TGV PSE (1981)	szeregowy DC	535	1560	0,34
TGV-A (1989)	synchroniczny	1130	1525	0,74
Eurostar (1994)	indukcyjny	1020	1260	0,81
AGV (2004)	PMSM	800	768	1,04

Przy coraz większych prędkościach jazdy pociągów i przy jednoczesnej konieczności ograniczenia oddziaływania pociągu na tor (ograniczenia masy silników trakcyjnych) parametrem dobrze charakteryzującym silniki jest stosunek mocy do masy maszyny. W tabeli 1 porównano pod tym względem silniki napędzające kolejne generacje francuskich pociągów dużej prędkości. Pociągi TGV PSE, TGV Atlantique (TGV-A) i Eurostar są prowadzone lokomotywami umieszczonymi z obu stron składu, natomiast AGV jest elektrycznym zespołem trakcyjnym.

W rozwoju napędów energoelektronicznych z silnikami trójfazowymi można wyróżnić trzy okresy [7, 8].

W latach 1971–1987 jedynymi dostępnymi wyłączalnymi elementami półprzewodnikowymi o parametrach prądowo-napięciowych umożliwiającymi stosowanie w trakcji były tyrystory SCR. W okresie tym opracowano prototypy pojazdów napędzanych silnikami trójfazowymi [3, 4, 9] i wyprodukowano pierwsze serie nowoczesnych pojazdów z napędem prądu przemiennego [4, 10].

W końcu lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku do napędów trakcyjnych wprowadzono elementy energoelektroniczne w pełni sterowalne – tyrystory GTO. Dzięki temu uzyskano znaczne uproszczenie obwodów głównych pojazdów trakcyjnych, szczególnie tych, w których zastosowano falowniki napięcia. W napędach trakcyjnych dużej mocy stosowane były najczęściej elementy o maksymalnym napięciu blokowania 4,5 kV i prądzie 3–4 kA [7]. Częstotliwości przełączania tyrystorów GTO dużej mocy nie przekraczają 600 Hz [11–14].

Od około 2000 roku w napędach trakcyjnych wykorzystywane są tranzystory IGBT. Szczególne znaczenie miało wyprodukowanie tranzystorów na napięcie 6,5 kV przy prądzie 0,6 kA,

umożliwiających konstrukcję falowników napięcia zasilanych bezpośrednio napięciem sieci trakcyjnej 3 kV DC [15]. Tranzystory IGBT stosowane w napędach trakcyjnych pracują z częstotliwością 1–4 kHz, przy czym przy zasilaniu bezpośrednio z sieci trakcyjnej 3 kV DC realna jest niższa wartość [11, 16, 17].

3. Układ napędowy z silnikiem synchronicznym wzbudzonym elektromagnetycznie

Jak podano w tabeli 1, silniki synchroniczne napędzają między innymi pociągi TGV Atlantique. Moc pociągu wynosi 8,8 MW, a prędkość maksymalna – 300 km/h [18]. Uproszczony schemat układu napędowego TGV-A dla jednego wózka pokazano na rysunku 1. Przy zasilaniu pojazdu napięciem przemiennym silniki SM_1 i SM_2 zasilane są z dwóch uzwojeń wtórnych pokładowego transformatora trakcyjnego (1). Z każdym z tych uzwojeń współpracuje prostownik półsterowany (2). Oba prostowniki, połączone szeregowo, zapewniają przepływ w dławiku obwodu pośredniczącego L_d prądu stałego o regulowanej wartości. Tyrystorowe falowniki prądu (3) załączają odpowiednie fazy silnika. Dla prędkości jazdy powyżej 4% prędkości maksymalnej tyrystory falownika są komutowane siłami elektromotorycznymi silnika, więc nie są dla nich potrzebne obwody komutacyjne [19]. Przy mniejszych prędkościach jazdy do wyłączania tyrystorów falownika wykorzystywane są pomocnicze obwody komutacyjne, złożone z tyrystorów T_C oraz kondensatorów C_C . Filtry F umożliwiają poprawę współczynnika mocy napędu [20]. Przy zasilaniu pojazdu napięciem stałym wartość prądu w obwodzie pośredniczącym jest regulowana czoperem T_{CH} (tyrystor GTO). Hamowanie oporowe napędu jest realizowane po rozwarciu styku stycznika hamowania S_H . Prąd

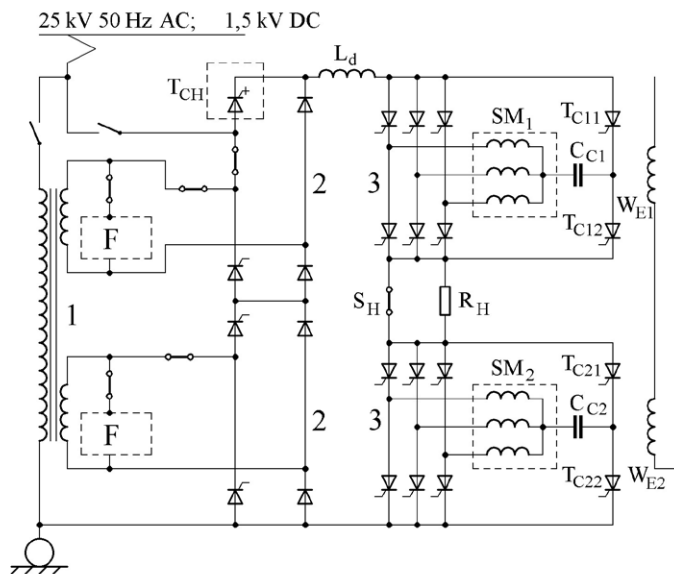
hamującego silnika zamyka się wtedy przez opornik hamowania R_H i diody prostowników (2). Do sterowania układem niezbędna jest informacja o kącie położenia wirnika, więc silnik może pracować tylko w zamkniętym układzie sterowania. Z tego powodu dany falownik może zasilać tylko jeden silnik [7, 19].

4. Układy napędowe z silnikiem indukcyjnym klatkowym

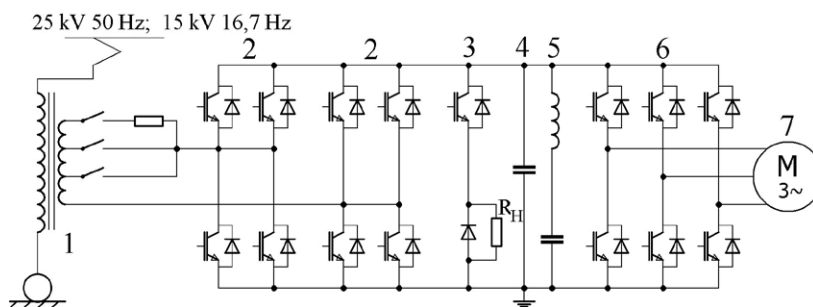
W początkowej fazie rozwoju energoelektroniki opracowane zostały układy napędowe z silnikami indukcyjnymi zasilanymi poprzez falowniki prądu, stosowane głównie w pojazdach komunikacji miejskiej [13, 21]. Układy te nie rozpowszechniły się i nie będą dalej omawiane.

Analiza dostępnej literatury wskazuje, że przy zasilaniu napięciem przemiennym stosowany jest typowy układ napędowy, w skład którego wchodzi: transformator trakcyjny, przekształtniki czterokwadrantowe, obwód pośredniczący napięcia stałego z filtrem składowej zmiennej napięcia i czoperem hamowania oporowego, falowniki napięcia oraz silniki trakcyjne.

Na rysunku 2 pokazano konfigurację układu napędowego czterosilnikowej lokomotywy wielosystemowej Prima kolei francuskich przy zasilaniu napięciem przemiennym i dla jednego silnika. Moc pojazdu jest równa 6 MW, a prędkość maksymalna – 140 km/h [22]. Każdy z czterech silników trakcyjnych jest zasilany poprzez własny tor przetwarzania energii. Napięcie uzwojenia wtórnego transformatora trakcyjnego (1) jest podawane na dwa połączone równolegle przekształtniki czterokwadrantowe (2), pracujące przy pracy silnikowej napędu jako prostowniki zapewniające w obwodzie pośredniczącym (4) napięcie stałe o wartości 3,6 kV [22]. Umożliwiają one jednocześnie pobór energii z sieci trakcyjnej przy prawie jednostkowym współczynniku mocy [7, 13]. Podczas hamowania odzyskowego przekształtniki działają jako falowniki, zwracając do sieci trakcyjnej energię hamowania. Trójfazowy falownik dwupoziomowy (6) zasila silnik trakcyjny (7). W obwodzie pośredniczącym włączony jest czoper hamowania z opornikiem hamowania (3) oraz filtr składowej zmiennej (5),



Rys. 1. Uproszczony schemat układu napędowego pociągu TGV Atlantique dla jednego wózka [7]



Rys. 2. Uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy Prima dla jednego wózka, przy zasilaniu napięciem 25 kV lub 15 kV AC [22]

wprowadzanej w trakcie pracy przez przekształtników czterokwadrantowych.

Przy zasilaniu układów napędowych pojazdów trakcyjnych z sieci napięcia stałego można wyróżnić cztery następujące struktury:

- układy z falownikami dwupoziomowymi i obwodem pośredniczącym zasilanym napięciem sieci trakcyjnej;
- układy z falownikami dwupoziomowymi, w których wartość napięcia w obwodzie pośredniczącym jest inna niż napięcie w sieci trakcyjnej;
- układy z falownikami trójpoziomowymi i z zasilaniem obwodu pośredniczącego napięciem sieci trakcyjnej;
- układy, w których obwód pośredniczący jest zasilany napięciem sieci trakcyjnej, z falownikami

dwupoziomowymi połączonymi szeregowo oraz silnikami trakcyjnymi o specjalnej konstrukcji.

Układy energoelektroniczne znacznej części aktualnie budowanych pojazdów trakcyjnych są przystosowane do zasilania napięciem sieci trakcyjnej. Jak wspomniano, wymaga to zastosowania w falownikach dwupoziomowych tranzystorów o klasie napięciowej 6,5 kV, jeśli pojazd ma być eksploatowany w systemie 3 kV DC. Zaletą tego rozwiązania jest prostota układu i rezygnacja z jednego stopnia przetwarzania energii. Według tej koncepcji budowane są układy napędowe pojazdów komunikacji miejskiej.

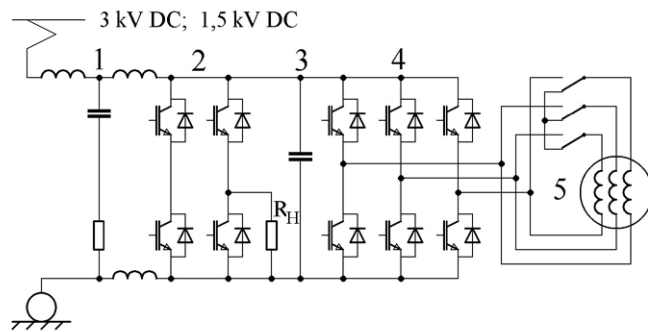
Obniżenie napięcia obwodu pośredniczącego w stosunku do napięcia sieci trakcyjnej (3 kV) może wynikać

z wymagań silnika, z klasy napięciowej zastosowanych elementów energoelektronicznych albo z dążenia do zapewnienia stałego napięcia obwodu pośredniczącego pomimo zmian napięcia w sieci trakcyjnej. W przypadku pojazdów wielosystemowych, przystosowanych do pracy w obu systemach zasilania napięcia stałego, stosuje się także podwyższanie napięcia obwodu pośredniczącego w stosunku do napięcia sieci 1,5 kV [np. 23].

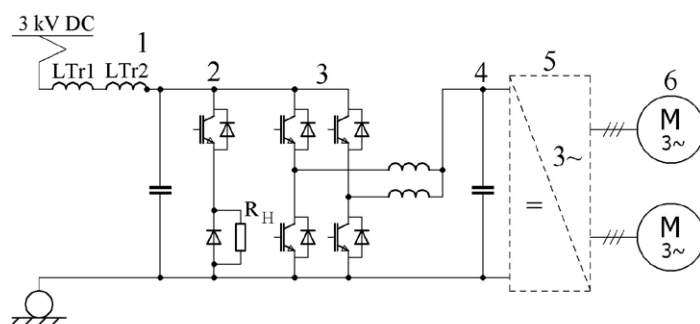
Dwie ostatnie konfiguracje umożliwiły wykorzystanie w napędzie trakcyjnym elementów półprzewodnikowych o stosunkowo niskiej klasie napięciowej, jednak kosztem znacznej komplikacji układu energoelektronicznego. Stanowiły one etap przejściowy w rozwoju pojazdów napędzanych silnikami indukcyjnymi. Nie są one stosowane w aktualnie wytwarzanych pojazdach.

Przykładem pojazdu wyposażonego w falowniki dwupoziomowe i obwód pośredniczący zasilany napięciem sieci trakcyjnej jest wielosystemowa lokomotywa BR 189, należąca do rodziny EuroSprinter. Uproszczony schemat obwodu głównego tego pojazdu przy zasilaniu z sieci napięcia stałego i dla jednego silnika pokazano na rysunku 3. Napięcie sieci trakcyjnej doprowadzane jest do obwodu pośredniczącego (3) poprzez filtr wejściowy (1). Trójfazowy falownik dwupoziomowy (4) zasilają silnik trakcyjny (5). Jedną z gałęzi przekształtnika czterokwadrantowego (2) wykorzystywana jest jako czoper hamowania. Konfiguracja obwodu głównego pozostaje stała dla obu systemów zasilających napięcia stałego. Moc pojazdu przy zasilaniu napięciem 3 kV wynosi 6 MW, natomiast przy zasilaniu napięciem 1,5 kV – 4,2 MW. Prędkość maksymalna lokomotywy jest równa 230 km/h w wersji pasażerskiej i 140 km/h w wersji towarowej [24].

Na rysunku 4 przedstawiono uproszczony schemat obwodu głównego dwusystemowej (15 kV, 16,7 Hz AC, 3 kV DC [23]) lokomotywy Re 484 kolei szwajcarskich przy zasilaniu napięciem stałym i dla jednego wózka. Lokomotywa należy do rodziny TRAXX. W przypadku tego pojazdu zastosowano układ napędowy z falownikami dwupoziomowymi i regulacją napięcia w obwodzie



Rys. 3. Uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy EuroSprinter przy zasilaniu napięciem stałym, dla jednego silnika [25]



Rys. 4. Uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy Re 484 przy zasilaniu napięciem stałym 3 kV, dla jednego wózka [23]

pośredniczącym. Tor zasilania silników jednego wózka dołączony jest do sieci trakcyjnej poprzez filtr wejściowy LC (1), którego indukcyjność stanowią dwa uzwojenia wtórne transformatora trakcyjnego połączone szeregowo. Dwa moduły przekształtnika czterokwadrantowego, pracujące jako czoper obniżający napięcie (3), zapewniają w obwodzie pośredniczącym (4) napięcie stałe o wartości regulowanej w granicach 2,1–2,8 kV [23]. Dwa trójfazowe dwupoziomowe falowniki napięcia (5) zasilają indywidualnie silniki trakcyjne (6). Czoper obwodu hamowania oporowego (2) działa przy napięciu 3 kV. Moc lokomotywy wynosi 5,6 MW, a jej prędkość maksymalna – 140 km/h [23].

W układ napędowy z falownikami trójpoziomowymi i z zasilaniem obwodu pośredniczącego napięciem sieci trakcyjnej została wyposażona dwusystemowa (15 kV, 16,7 Hz AC, 3 kV DC [26]) lokomotywa 1822 kolei austriackich. Uproszczony schemat obwodu głównego tego pojazdu przy zasilaniu napięciem stałym

i dla jednego wózka zaprezentowano na rysunku 5. Napięcie sieci trakcyjnej, podzielone w kondensatorowym dzielniku napięcia (1), podawane jest na falownik trójpoziomowy (3). Silniki jednego wózka połączone są równolegle. Obwody hamowania oporowego (2) mogą również służyć do wyrównywania napięcia na obu częściach dzielnika (1). Moc lokomotywy wynosi 4,4 MW, a jej prędkość maksymalna – 140 km/h. Przekształtniki pojazdu zostały wykonane na bazie tyrystorów GTO o maksymalnym napięciu blokowania 4,5 kV i prądzie wyłączalnym 3 kA [26].

Na rysunku 6 został pokazany uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy 113E dla jednego wózka. Pojazd jest jednosystemowy, przeznaczony do pracy w systemie napięcia stałego 3 kV. W lokomotywie tej zastosowano szeregowe połączenie falowników dwupoziomowych (4) zasilanych napięciem sieci trakcyjnej poprzez filtr wejściowy (1). Aby zapewnić równomierne obciążenie falowników w różnych warunkach

trakcyjnych, elektrowóz wyposażono w silniki (5), których uzwojenia stojana tworzą podwójną gwiazdę, przy czym każda gwiazda zasilana jest z innego falownika. Także w tym przypadku obwody hamowania oporowego (3) mogą służyć do wyrównywania napięcia na obu częściach kondensatorowego dzielnika napięcia (2). Moc lokomotywy wynosi 6 MW, a prędkość maksymalna – 200 km/h [28]. Elektrowozy 113E, wyprodukowane dla PKP, są aktualnie eksploatowane we Włoszech.

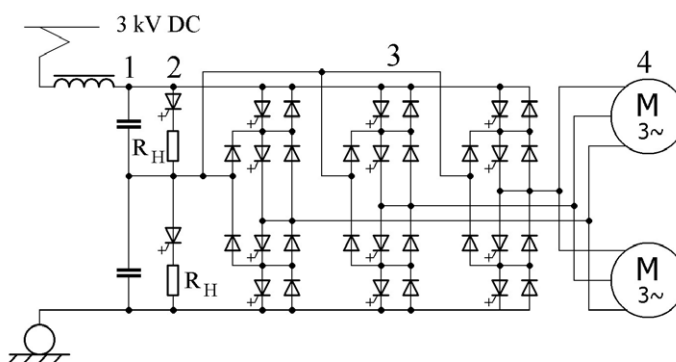
5. Układy napędowe z silnikiem synchronicznym wzbudzonym magnesami trwałymi

Układ zasilania silnika synchronicznego wzbudzanego magnesami trwałymi nie różni się zasadniczo od układu zasilania trakcyjnego silnika indukcyjnego – w obu przypadkach maszyna współpracuje z falownikiem napięcia. Ze względu na sposób sterowania maszyny PMSM, zależny od kąta położenia wirnika, falownik może zasilac tylko jeden silnik tego typu. Najbardziej znanym pociągiem wyposażonym w silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi jest elektryczny zespół trakcyjny dużej prędkości AGV. Układ napędowy tego pociągu przedstawiono w pracy [6]. Przy zasilaniu napięciem przemiennym wykorzystywana jest typowa konfiguracja układu napędowego (rys. 2). Napięcie układu pośredniczącego wynosi wtedy 3,6 kV. Przy zasilaniu napięciem stałym na falowniki dwupoziomowe podawane jest napięcie sieci trakcyjnej (rys. 3).

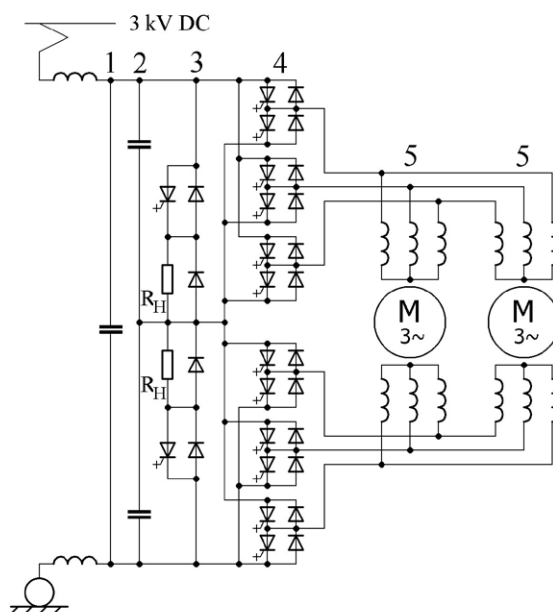
Jak wspomniano, silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi zastosowano dotychczas w stosunkowo nielicznych pojazdach. Informacje o tych pojazdach znajdują się na przykład w opracowaniach: [30–33] – pojazdy kolejowe, [34–36] – tramwaje, [35, 37, 38] – lokomotywy przemysłowe.

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono konfiguracje układów napędowych pojazdów trakcyjnych napędzanych trójfazowymi silnikami prądu przemiennego. Zastosowanie silników synchronicznych wzbudzanych elektromagnetycznie i indukcyjnych współpracujących z falownikami prądu oraz układów



Rys. 5. Uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy 1822 przy zasilaniu napięciem stałym 3 kV dla jednego wózka [27]



Rys. 6. Uproszczony schemat obwodu głównego lokomotywy 113E dla jednego wózka [28, 29]

z trójpoziomowymi falownikami napięcia i z szeregowym połączeniem falowników dwupoziomowych przy zasilaniu pojazdu w systemie napięcia stałego było etapem przejściowym w rozwoju napędu trakcyjnego. Aktualnie wytwarzane pojazdy są napędzane indukcyjnymi silnikami klatkowymi albo silnikami synchronicznymi wzbudzonymi magnesami trwałymi.


Analizując rysunki 2–4, można zauważyć, że napęd trakcyjny uległ pewnej unifikacji: silniki są zasilane poprzez dwupoziomowe falowniki napięcia. Różnice istnieją w sposobie zasilania obwodu pośredniczącego.

Na podstawie literatury można wskazać dalsze kierunki rozwoju napędu trakcyjnego [6, 8, 39]:

- szersze stosowanie silników PMSM;
- wprowadzenie napędu bezprzekładniowego z silnikiem PMSM;
- wprowadzenie transformatora trakcyjnego średniej częstotliwości (5 kHz [40], 10–20 kHz [6]), co pozwoli na ograniczenie masy i rozmiarów tego podzespołu;
- wprowadzenie nowej generacji elementów energoelektronicznych, umożliwiających uzyskanie wyższych częstotliwości przełączania przy mniejszych stratach i wyższych dopuszczalnych temperaturach pracy; najbardziej zaawansowane są prace nad elementami SiC;
- lepsze wykorzystanie energii dzięki stosowaniu pokładowych zasobników energii.

Literatura

- [1] LANG N.: *Electrifying history*. „ABB review” 4/2016.
- [2] HAUT E.J.G.: *Historia lokomotywy elektrycznej*. WKŁ, Warszawa 1975.
- [3] NOUVION F.F.: *Three-Phase Motors in Electric Rail Traction*. „IEEE Transactions on Industry Applications” 5/1984.
- [4] DUFFY M.C.: *Three-phase motor in railway traction*. „IEE Proceedings A – Science, Measurement and Technology” 6/1992.
- [5] GLINKA T., GRZENIK R., FRĘCHOWICZ A.: *Wykorzystanie silników elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi w napędach trakcyjnych*. Konferencja MET’2005, Warszawa 2005.
- [6] MERMET-GUYENNET M.: *New Power Technologies for Traction Drives*. 2010 International Symposium on Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion, Pisa 2010.
- [7] STEIMEL A.: *Electric Railway Traction In Europe*. „IEEE Industry Applications Magazine” 6/1996.
- [8] STEIMEL A.: „Power-Electronics Issues of Modern Electric Railway Systems”. „Advances in Electrical and Computer Engineering” 2/2010.
- [9] MATTHAEI W.: *20 years of ABB Henschel three-phase drives in diesel and industrial locomotives*. „ABB Review” 7/1991.
- [10] ABRAHAM L.: *Power Electronics in German Railway Propulsion*. „Proceedings of the IEEE” 4/1988.
- [11] WHITE R.D.: „GTO and IGBT traction three phase inverter drives”. Seventh International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives, London 1998.
- [12] SIMPSON D.E., KING A.S., SIDDALL R.B.: *Design of multivoltage locos for international service*. International Conference on Main Line Railway Electrification, York 1989.
- [13] HILL R.J.: *Electric railway traction. Part 2. Traction drives with three-phase induction motors*. „Power Engineering Journal” 3/1994.
- [14] VAN GELDER R., VAN OVERBEEKE F.: *A universal traction drive system with minimal levels of interference currents for use on AC and DC supply systems*. International Conference on Electric Railways in a United Europe, Amsterdam 1995.
- [15] BAKRAN M.M., ECKEL H.-G.: *Traction Converter with 6,5 kV IGBT Modules*. 9. Konferencja EPE, Graz 2001.
- [16] LIPIŃSKI L.: *Praktyczne metody regulacji trakcyjnych silników indukcyjnych optymalne pod względem energetycznym*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 78/2007.
- [17] KEMP J.: *Drive systems for high speed trains*. <http://www.windana.com/upload/ref%2017.pdf> (01.2017)
- [18] HARASSEK A., RABSZTYN M., RACZYŃSKI J.: *Rozwój konstrukcji pociągów TGV*. „Technika Transportu Szynowego” 10/2006.
- [19] STEIMEL A.: *Electric Traction – Motive Power and Energy Supply*. Oldenburg Industrieverlag, Monachium 2008.
- [20] PETIT G.: *Evolution of the electrical equipment of TGV trainsets*. International Conference on Main Line Railway Electrification, York 1989.
- [21] *Drehstromantriebe für die Wiener U-Bahn*. „Der Stadtverkehr” 2/1978.
- [22] RUSAK R.: *Lokomotywy elektryczne i spalinowe Prima*. „Technika Transportu Szynowego” 6/2009.
- [23] GERSTER C., SKARPETOWSKI G., SOMMER H., STILL L.: *Advanced Multi-System Traction Chain for Locomotives and Power Heads*. 11. Konferencja EPE-PEMC, Ryga 2004.
- [24] IWAŃSKI R., BILIŃSKI J.: *Wielosystemowa lokomotywa BR 189 dla przewoźników europejskich*. „Technika Transportu Szynowego” 1–2/2004.
- [25] FUCHS A., FRIEDRICH T., MARQUARDT R.: *Advanced multi-system locomotives using 6,5 kV power semiconductors*. 8. Konferencja EPE, Lusanne 1999.
- [26] JAHN P., LEICHFRIED H.: *Traction equipment of the class 1822 dual-system locomotive*. „ABB Review” 4/1992.
- [27] WALCZYNA A., WOLFRAM T.: *Współczesne koncepcje obwodów głównych lokomotyw elektrycznych dużej mocy z silnikami asynchronicznymi*. „Technika Transportu Szynowego” 5/1994.
- [28] NOWAK S., SZLEMER J.: *Lokomotywa 113E – EU11 dla PKP*. „Technika Transportu Szynowego” 10/1999.
- [29] NOWAK S.: *Lokomotywa dwusystemowa typu 112E – EU43 dla PKP*. „Technika Transportu Szynowego” 12/1997.
- [30] BRIGINSHAW D.: *AGV: the next generation*. „International Railway Journal” 3/2008.
- [31] GRAFF M.: *AGV – nowy pociąg dużych prędkości*. „Technika Transportu Szynowego” 4/2008.
- [32] *Kolej JR East zaprezentowała pociąg podmiejski nowej generacji*. „Technika Transportu Szynowego” 7–8/2002.
- [33] RABSZTYN M.: *Pociąg Gröna Tåget dla kolei szwedzkich*. „Technika Transportu Szynowego” 9/2008.
- [34] *Alstom Makes Advances In Traction Power*. „International Railway Journal” 4/2004.
- [35] ANUSZCZYK J., WAWRZYNIAK A.: *Napędy trakcyjne z silnikami synchronicznymi o magnesach trwałych w transporcie szynowym*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 85/2010.
- [36] PEROUTKA Z., ZEMAN K., KRUS F., KOŠTA F.: *New Generation of Trams with Gearless Wheel PMSM Drives: From Simple Diagnostics to Sensorless Control*. 14. Konferencja EPE-PEMC, Ohrid 2010.
- [37] BUDZYŃSKI Z., DEJA P.: *Nowa generacja napędów trakcyjnych lokomotyw kopalnianych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 79/2008.
- [38] POLNIK B.: *Silnik PMSM jako nowoczesny napęd w górniczych systemach transportowych*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 1/2012.
- [39] KOSEKI T.: *Technical Trends of Railway Traction in the World*. 2010 International Power Electronic Conference, Sapporo 2010.
- [40] ENGEL B., VICTOR M., BACHMANN G., FALK A.: *15 kV/16,7 Hz Energy Supply System with Medium Frequency Transformer and 6,5 kV IGBTs in Resonant Operation*. 10. Konferencja EPE, Toulouse 2003.

 dr inż. Andrzej Stobiecki

e-mail: astob@agh.edu.pl

dr inż. Roman Dudek

e-mail: dudek@agh.edu.pl

 AGH Akademia Górniczo-Hutnicza,
 Wydział EAIiB, Katedra Energoelektroniki
 i Automatyki Systemów Przetwarzania
 Energii

artykuł recenzowany

BIBLIOTEKA



Mariusz Giergiel, Zenon Hendzel, Wiesław Żylski
Modelowanie i sterowanie mobilnych robotów kołowych
Wydawnictwo Naukowe PWN
Rok wydania: 2019

Książka jest zaawansowanym wprowadzeniem w zagadnienia modelowania, identyfikacji i sterowania układami nieliniowymi na przykładzie mobilnych robotów kołowych. Przedstawiono w niej najnowszą wiedzę z tego zakresu, opartą na teorii sztucznych sieci neuronowych, układach z logiką rozmytą, przekształceniach symbolicznych i systemach ekspertowych.

Podręcznik przeznaczony jest dla pracowników naukowych, doktorantów, studentów oraz inżynierów zajmujących się mechaniką, robotyką, automatyką oraz informatyką.



Mirosław Skarżyński
Terminale LNG w polityce energetycznej państw nadbałtyckich UE
Fundacja na rzecz Czystej Energii
Rok wydania: 2018

Rola gazu ziemnego jako surowca energetycznego w zamożnych państwach europejskich staje się coraz ważniejsza. Stopniowo wypiera on tradycyjnie wykorzystywany w północnej i środkowej części Starego Kontynentu węgiel. Wobec nieodwracalności procesu dekarbonizacji gospodarki należy spodziewać się dalszego wzmocnienia pozycji „błękitnego paliwa” na rynku. Z dużą dozą prawdopodobieństwa należy oczekiwać, że do niego najbliższa dekada. Kluczowego znaczenia w kontekście prognozowanego wzrostu popytu na ten surowiec nabiera kwestia zaspokojenia go oraz logistycznych rozwiązań związanych z dystrybucją i zaopatrzeniem odbiorców. Naturalne stają się pytania o infrastrukturę przesyłową oraz magazynową, o pozazekonomiczne determinanty podejmowanych decyzji. Praca Mirosława Skarżyńskiego, poświęcona terminalom LNG w polityce państw bałtyckich, jest czymś więcej niż kolejnym głosem w toczącym się dyskursie naukowym dotyczącym dostaw gazu ziemnego. Stanowi pionierskie na gruncie krajowym i międzynarodowym analityczne opracowanie zdefiniowanego tytułem książki problemu.



Stefan Wyciszczok
Maszyny i urządzenia górnicze. Podręcznik dla zawodu technik górnictwa podziemnego. Część 1
Wydawnictwo: REA
Rok wydania: 2013

Podręcznik jest przeznaczony do nauki zawodu technika górnictwa podziemnego. W czytelnej formie dostarcza wiedzę z zakresu budowy i obsługi maszyn oraz urządzeń górniczych. Zawiera również informacje dotyczące systemu technicznego stanowiącego podstawę działania omawianej maszyny, najistotniejszych węzłów konstrukcyjnych i tendencji rozwojowych. W pierwszej części podręcznika zawarto ogólne wiadomości na temat podziemnej kopalni węgla kamiennego oraz omówiono sposoby i parametry mechanicznego urabiania skał. Publikacja prezentuje też wiadomości dotyczące młotków mechanicznych, wiercenia otworów, sposobów usuwania zwiercin, własności napędów, hydrauliki siłowej, maszyn urabiająco-ładujących, kombajnów wąskoprzodkowych, ścianowych, strug węglowych, obudowy wyrobisk, obudowy zmechanizowanej i podsadzania wyrobisk.



Teresa Zielińska
Maszyny kroczące. Podstawy, projektowanie, sterowanie i wzorce biologiczne
Wydawnictwo Naukowe PWN
Rok wydania: 2014

Książka dotyczy robotów, które chodzą, czyli maszyn kroczących – przemieszczających się i działających w naturalnym otoczeniu bez pomocy człowieka. Wykorzystywane są do prac w warunkach niebezpiecznych oraz trudno dostępnych dla ludzi i pojazdów kołowych – gaszą pożary, wyszukują miny, dokonują inspekcji w elektrowniach atomowych oraz wchodzą do kraterów aktywnych wulkanów. Roboty te, w odróżnieniu od robotów przemysłowych, pomagają również człowiekowi w usługach – opiece nad dziećmi, ludźmi starszymi oraz niepełnosprawnymi.

Podręcznik zawiera podstawową wiedzę na temat wspomnianych maszyn kroczących. Omawia ich projektowanie, sterowanie (programowanie), a także przedstawia ich wzorce biologiczne.

Wydanie drugie zostało przez autorkę uzupełnione o rozdział na temat robotów dwunożnych, tzw. bipedów.



*Pamiętaj o sile reklamy
Wyprzedź konkurencję!*

TEMATYKA

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 3 (239)

Rok XXI
Marzec 2019

- Automatyka i robotyka
- Nowe technologie
- Roboty przemysłowe
- Termowizja
- Aparatura kontrolno-pomiarowa
- Systemy mechatroniczne



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na www.nis.com.pl

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

1/2019 (237)

2/2019 (238)

• 3/2019 (239)

4/2019 (240)

5/2019 (241)

6/2019 (242)

7-8/2019 (243-244)

9/2019 (245)

10/2019 (246)

11/2019 (247)

12/2019 (248)

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, przysyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

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

Wydawnictwo Druk-Art SC nr konta: 57 1560 1140 0000 9090 0004 0921

Wysyłając powyższy formularz, wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych zgodnie z ustawą z dn. 29.08.1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz. U. nr 133, poz. 883).

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, www.nis.com.pl/nis/prenumerata;
- 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 SA, tel. 22-355 04 10.

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

XIII edycja Konkursu miesięcznika

napędy miesięcznik
i sterowanie naukowo-
-techniczny

PRODUKT ROKU 2018

KATEGORIE:

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



Ogłoszenie wyników konkursu oraz wręczenie nagród i wyróżnień odbędzie się podczas Międzynarodowych Targów AUTOMATICON 2019, w Warszawskim Centrum EXPO XXI, ul. Prądzyńskiego 12/14, w dniu 27.03.2019 r. o godz. 10:00, w Sali Konferencyjnej B-1.

Więcej na www.nis.com.pl

