

# ***napędy i sterowanie***

**miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny**

**Nr 7/8 (267/268)**

Rok XXIII

Lipiec – Sierpień 2021

ISSN 1507-7764

Indeks 36018X

Cena: 10,80 zł  
(w tym 8% VAT)

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

## ***MAGAZYN ENERGII***



**MARKEL**  
energoelektronika to nasza pasja

THE FACTORY AUTOMATION COMPANY

**FANUC**

# Niezawodne roboty przemysłowe

dla branży drzewno-meblarskiej



## Sprawdzony Partner Technologiczny

- 100% jakość FANUC
- wspólna platforma układu serwo i sterowania CNC
- łatwa kastomizacja
- produkty niezawodne, przewidywalne, łatwe do naprawy
- wsparcie w całym cyklu życia produktu
- globalny serwis

**60** lat  
doświadczenia

Produkty kreowane  
i wytwarzane w Japonii

[WWW.FANUC.PL](http://WWW.FANUC.PL)



**Adres redakcji:**

47-400 Racibórz  
ul. Środkowa 5  
tel./fax 32 755 19 17

e-mail: redakcja.nis@drukart.pl; www.nis.com.pl

**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zając

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

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

**Redaktor statystyczny:** Ludmiła Urbińska

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

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny

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

**Marketing:**

• Aleksandra Misiewicz

tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl

• Estera Krauze

tel./fax 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl

• Agnieszka Gutowska

tel./fax 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

**Dział prenumerat:** Norbert Klencz

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

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

• prof. zw. dr hab. inż. Waclaw Kolek - przewodniczący

• prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender

• prof. Marek Bergander

• prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski

• dr inż. Rafał Hein

• prof. inż. Jaroslav Homišin

• dr inż. Ryszard Jasiński

• prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk

• prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz

• dr hab. inż. Grzegorz Karoń

• prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski

• prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich

• dr hab. inż. Roman Krok

• prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik

• dr inż. Jacek Paraszcza

• prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski

• dr hab. inż. Krzysztof Pietruszewicz

• prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog

• prof. Jacek S. Stecki

• dr hab. inż. Michał Stosiak

• dr inż. Zbigniew Szulc

• prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

• prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak

• dr inż. Grzegorz Wiciak

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

47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

**Patronat honorowy:**

Instytut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Łódzkiej

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

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i nie zwraca materiałów niezamówionych.

Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji.

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

## Szanowni Państwo!

Kolejne, letnie wydanie naszego pisma Koddajemy do rąk Państwa w rzeczywistości, w której wakacyjne nastroje, niestety obraz, że wracając z wakacji – w znakomitych nastrojach, Polska szybciej, niż można się spodziewać, zdarzy się z czwartą falą. Odkładając jednak choć na chwilę pesymistyczne warianty, za to w poszukiwaniu niezapomnianych urlopowych doznań, do których bezsprzecznie zaliczyć należy relaksujący wypoczynek połączony z pięknymi widokami i czystym powietrzem, odkrywamy coraz atrakcyjniejsze zakątki naszej Ziemi. Upajając się pięknem natury i dokonaniem ludzi na przestrzeni wieków, warto zastanowić się, co my pozostawimy po sobie kolejnym pokoleniom. Podczas nie tylko wakacyjnych wojaży, zachwycając się kulturami Majów, Azteków, Egipcjan czy Greków, sami u szczytu rozwoju cywilizacyjnego – mniej lub bardziej świadomie – fundujemy sobie... zmianę klimatu, która jest efektem nadmiernej emisji gazów cieplarnianych.

Polska energetyka oparta na węglu również wymaga szybkich zmian. Dziś przede wszystkim nieustannie reformowane musi być górnictwo; czy jednak spółki węglowe będą prywatyzowane, czy też likwidowane – to kwestia nadal otwarta. Niezaprzeczalny pozostaje fakt, że „czarnej” branży potrzebne są duże pieniądze na inwestycje, by mogła utrzymać się na rynku.

Nie zmienia to faktu, że masowe użycie paliw kopalnianych nieustannie przyczynia się do wzrostu zawartości CO<sub>2</sub> w powietrzu, dlatego – korzystając z węgla – należy nieustannie szukać alternatywnych rozwiązań. Obecnie, w myśl zasady „być albo nie być” konieczne jest stworzenie nowej strategii energetycznej, poprzez sukcesywne wprowadzanie proekologicznych technologii. W krajach wysokorozwiniętych, zużywających najwięcej energii, od wielu lat prowadzona

jest polityka wykorzystania odnawialnych, regenerujących się źródeł energii. Nie ma odwrotu w dążeniu do proekologicznej przyszłości.

Tę drogę musi wybrać również stojąca węglem Polska. Dysponowanie obecnymi i nowymi złożami w oparciu o inwestycje w nowe technologie wytwarzania węgla tańszego oraz czystszy, nie może zamykać innych dróg zmierzających w stronę pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

Szybki niczym niepoohamowany rozwój postrzegają Państwo z pewnością u siebie w firmach, gdzie nowe urządzenia i rozwiązania techniczne znajdują zastosowanie w coraz doskonalszych aplikacjach. Do ich upowszechniania służą m.in. nasze łamy, organizowane konferencje oraz imprezy targowe. To właśnie podczas prezentacji i ekspozycji najlepiej można ocenić i porównać, co zmieniło się już nie na przestrzeni lat, ale miesięcy. Taki też pewnie jest jeden z celów najbliższych Międzynarodowych Targów Kolejowych TRAKO w Gdańsku czy „Energetab” w Bielsku-Białej, takie zadanie przyświeca również konferencji, KOMTECH 2021, która będzie forum innowacyjnych technik i technologii dla górnictwa.

Teraz zaś – w przerwie między pracą, a odpoczynkiem – zachęcam do lektury naszego pisma, w szczególności zaś artykułów: dr. inż. Artura Kozłowskiego, dr. inż. Łukasza Bołozza, inż. Tomasza Szurleja – „Układy zasilania i algorytmy sterowania elektrycznych podziemnych maszyn górniczych zasilanych bateryjnie”, dr. inż. Bartłomieja Będkowskiego – „Analiza konstrukcji modelowego elektrowibratora z magnesami trwałymi” oraz Stefana Gierlotki – „Kopalniane lokomotywy pneumatyczne”.

Życzę ciekawej lektury  
Katarzyna Zając  
redaktor naczelna





**Str. 8**  
Roboty FANUC dla branży drzewno-meblarskiej



**Str. 12**  
Portal Online Support to centralny punkt dostępu do wszystkich cyfrowych usług SEW-EURODRIVE



**Str. 16**  
Cewki bezrdzeniowe w elektromobilnych aplikacjach kolejowych



**Str. 18**  
Oznaczniki w branży transportu od A do Z. Oto najlepsze rozwiązania



**Str. 22**  
Właściwości i znaczenie przewodów HELUCONTROL® - zgodne z Europejską Dyrektywą Budowlaną CPR

## CO W NUMERZE

- 6 Nowości
- 90 Zestawienie firm
- 96 Biblioteka

## Nauka

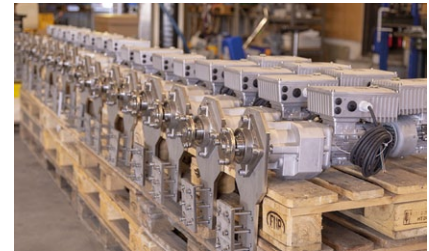
- 42 Time Sensitive Networking (TSN) - nowa jakość Ethernetu  
T. Widomski
- 46 Technologia bezpieczeństwa pneumatycznego oraz Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT)  
J. Welker, E. De Carolis
- 50 Analiza konstrukcji modelowego elektrowibratora z magnesami trwałymi  
B. Będkowski
- 58 Układy zasilania i algorytmy sterowania elektrycznych podziemnych maszyn górniczych zasilanych bateryjnie  
A. Kozłowski, Ł. Bołoz, T. Szurlej
- 66 Symulacja układu chłodzenia baterii trolejbusu. Innowacyjny system bateryjny dla trolejbusu o podwyższonych możliwościach jazdy ciągłej z użyciem dodatkowego magazynu energii  
P. Irzmański, M. Kwiatkowski, B. Kras
- 70 Kopalniane lokomotywy pneumatyczne  
S. Gierlotka
- 74 Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2020-2021  
A. Paszek
- 80 Kontradyktoryjne uczenie maszynowe  
P. Kuznetsov, R. Edmunds, T. Xiao, H. Iqbal, R. Puri, N. Golmant, S. Shih

## Technologie i produkty

- 8 **TEMAT Z OKŁADKI:** Roboty FANUC dla branży drzewno-meblarskiej FANUC Polska Sp. z o.o.
- 12 **TEMAT Z OKŁADKI:** Portal Online Support to centralny punkt dostępu do wszystkich cyfrowych usług SEW-EURODRIVE SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 15 Nowy hydrauliczny zawór zespolony CV120 firmy Webtec oferuje pełną kontrolę nad silnikiem dla maszyn jezdnych. Regulowany dzielnik strumienia z kierunkowym zaworem sterującym w jednym korpusie HYDROMAR ZHS
- 16 Cewki bezrdzeniowe w elektromobilnych aplikacjach kolejowych M. Łukiewski - TRAFECO Sp. j.
- 18 Transport. Oznaczniki w branży transportu od A do Z. Oto najlepsze rozwiązania PARTEX MARKING SYSTEMS Sp. z o.o.
- 22 Właściwości i znaczenie przewodów HELUCONTROL® - zgodne z Europejską Dyrektywą Budowlaną CPR HELUKABEL Sp. z o.o.



- 24 System selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego (SSZZ) w sieci niskiego napięcia z izolowanym punktem neutralnym (IT)  
M. Brocki, A. Sobel – OPA-ROW Sp. z o.o.
- 28 Inteligentna technologia napędowa NORD zapewnia komfort dla zwierząt w oborze  
NORD Napędy Sp. z o.o.
- 31 Bezpieczeństwo w kopalniach – problem w nowym tysiącleciu  
SMART PROTECTIONS S.r.l.
- 34 Przemiennek częstotliwości średniego napięcia PowerFlex 6000T – sprawdzona technologia w zharmonizowanej architekturze sterowania  
Introl Automatyka Sp. z o.o. Sp. k.
- 37 Energooszczędny falownik serii SXA w obudowie IP65, o mocy do 2,2 kW, do montażu na silniku  
Jerzy Sobczak – SANYU Sobczak Sp. j.
- 41 OEE w czasie rzeczywistym  
SEM



**Str. 28**  
Inteligentna technologia napędowa NORD zapewnia komfort dla zwierząt w oborze



**Str. 34**  
Przemiennek częstotliwości średniego napięcia PowerFlex 6000T – sprawdzona technologia w zharmonizowanej architekturze sterowania

## Informacje branżowe

- 13 Wybrane zagadnienia elektrotechniki i elektroniki – WZEE'2021
- 30 Podstawy elektroniki
- 39 ENERGETAB 2021
- 41 Premiery, nowości, interesujące spotkania. Kolejowy świat w jednym miejscu – we wrześniu zapraszamy do Gdańska na Międzynarodowe Targi Kolejowe TRAKO
- 49 DREMA 2021 – najważniejsze spotkanie branży drzewnej i meblarskiej

## Indeks reklam

▷ DREMA .....	49	▷ NOWIMEX .....	63
▷ ELPROMA ELEKTRONIKA .....	6	▷ OPA-ROW .....	25
▷ Energetab .....	39	▷ PARTEX MARKING SYSTEMS .....	19
▷ FANUC .....	2	▷ robotyka.pl .....	30
▷ Grupa Cantoni .....	51, 90	▷ RS Components .....	99
▷ HELUKABEL Polska .....	6, 23	▷ SANYU Sobczak .....	37
▷ HYDROMAR .....	15	▷ SEM .....	7, 41
▷ Introl Automatyka .....	7, 34	▷ SEW-EURODRIVE Polska .....	7, 100
▷ item Polska .....	6	▷ SMART PROTECTIONS .....	31
▷ MARKEL .....	1	▷ STAUFF Polska .....	45
▷ MOJ .....	53	▷ STEINLEN Polska .....	59
▷ MP Filtri .....	33	▷ TRAFECO .....	17
▷ NOARK .....	65	▷ TRAKO .....	40
▷ NORD .....	29	▷ WZEE'2021 .....	13

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Time Sensitive Networking TSN – nowa jakość Ethernet

Umożliwia przesyłanie w tle sieci Ethernet ruchu o niskim priorytecie w sposób niewpływający na ruch krytyczny czasowo. W przemyśle procedury krytyczne czasowo dotyczą sterowania w czasie rzeczywistym produkcją, podczas gdy poprzez operacje o niskim priorytecie rozumie się klasyczne IT związane z przetwarzaniem informacji (poczta, Internet, e-dokumentacja, bazy danych SQL, archiwizacja). TSN wprowadza do Ethernetu determinizm, czas rzeczywisty i inteligentne współdzielenie sieci między procesy i użytkowników. Unifikuje standardem połączenie struktury kablowej, światłowodowej i radiowej. Dostarcza narzędzia parametryzacji oraz do oceny wydajności. Otwiera skalowalność i oferuje wirtualizację – od rozbudowy sterowania lokalną produkcją, po łączenie rozproszonych systemów telemetrii M2M, a nawet całych fabryk Przemysłu 4.0. Dzięki TSN możliwe jest zdalne projektowanie i wdrażanie sterowania produkcją bez ryzyka destabilizacji bieżącego działającego środowiska. TSN są przygotowywane do integracji z CLOUD/EDGE/FOG, co pozwala uzyskać wsparcie narzędzi Big Data, Machine Learning (ML) i sztucznej inteligencji (AI). Dzięki TSN możliwe są transfery całych kontenerów wraz z narzędziami do zarządzania typu Docker i Kubernetes. Większość liderów rynku automatyki już posiada w ofercie obsługę swoich urządzeń w standardzie TSN. Duży wkład w rozwój wnosi polska firma ELPROMA [www.elpromatime.com](http://www.elpromatime.com) produkująca serwery czasu wspierające TSN.



**ELPROMA ELEKTRONIKA Sp. z o.o.**  
[www.elpromatime.com](http://www.elpromatime.com)

### ZŁĄCZA SOLARLOK PV4-S

Do przewodów fotowoltaicznych należy dobrać odpowiednie złącza, które zapewnią szczelność i trwałość połączeń. W ofercie HELUKABEL dedykowanej instalacjom fotowoltaicznym znajdują się złącza PV4-S. Zarówno wtyk, jak i gniazdo łączą się z przewodem za pomocą zaciśnięcia żyły miedzianej na złączu bananowym wykonanym z miedzi ocynowanej, zaś przed rozłączeniem zabezpiecza je system zatraskowy. Rezystancja styku może wynosić maksymalnie 0,35 mΩ.



Złącza SOLARLOK PV4-S zapewniają wodoodporne połączenie i stopień ochrony IP68 (1 m/24 h). Na stałe mogą pracować w temperaturze od -40°C do +85°C, przy czym maksymalna temperatura pracy może wynosić do 105°C. Klasa palności dla tego typu złącz

według normy UL 94 to V-0. Złącza są kompatybilne z SOLAR-FLEX®-X H1Z2Z2-K.

Złącza SOLARLOK PV4-S są przeznaczone do zastosowania w instalacjach fotowoltaicznych o napięciu znamionowym do 1500 V TÜV /IEC i 1500 V UL. Nadają się do stosowania w puszkach połączeniowych, bezpośrednio na panelu, a także na wiązkach łączących panele między sobą oraz panele z inwerterem. Zaprojektowane zgodnie z wymaganiami IEC 62852 i UL6703.

- Zgodne z NEC 2008/2011 (wymagane narzędzie do rozłączenia).
- Kompatybilne z oryginalnymi narzędziami ręcznymi MC4.
- Niska rezystancja styku ( $\leq 0,3$  mΩ).
- Zakres średnic przewodów 5.0 (IEC) // 5.5 (UL) do 7,8 mm.

**HELUKABEL Polska Sp. z o.o.**  
[www.helukabel.pl](http://www.helukabel.pl)

### Konfigurator stanowisk pracy item – łatwiej i szybciej niż kiedykolwiek wcześniej

Projektowanie stanowiska pracy bezpośrednio w przeglądarce może być naprawdę łatwe. Odkryj możliwości konfiguratora stanowisk i stwórz ergonomiczne stanowisko przy użyciu dodatkowych opcji, jak widok 3D czy funkcja „przeciągnij i upuść”, które zapewniają dodatkowe bezpieczeństwo i oszczędność czasu.



Podczas projektowania stanowiska w konfiguratorze pracy masz pełną swobodę – dzięki zbiorom reguł i zasad konstrukcyjnych, a także inteligentnym, automatycznym funkcjom możesz mieć pewność, że wszystko jest zgodne ze sztuką, a w wybranych miejscach zapewniona jest ochrona przed ESD. Konfigurator stanowisk pracy jest bardzo przyjazny dla użytkownika: Do dyspozycji jest bardzo dokładny widok 3D konfigurowanego stanowiska produkcyjnego, który można dowolnie powiększać za pomocą opcji zoom. Wzrost wydajności i lepsza ochrona pracowników: system modułowych stanowisk pracy item zawiera wszystko, czego potrzeba do wykonania i wyposażenia ergonomicznego stanowiska montażowego. Stoły i krzesła robocze mają płynną regulację wysokości i można je dopasować do każdego pracownika osobno. Dla każdego obszaru środowiska roboczego dostępne są ponadto komponenty w wersji ESD. Z konfiguratorem stanowisk pracy zaprojektowanie stanowiska montażowego jeszcze nigdy nie było takie proste i szybkie! Więcej na: [item24.pl](http://item24.pl)

**item Polska Sp. z o.o.**  
[item24.pl](http://item24.pl)



## NOWOŚCI TECHNICZNE

## Etykieta produktu – nowy dostęp do usług cyfrowych

Etykieta produktu pozwala na szybkie i proste powiązanie produktu z naszymi cyfrowymi usługami. Wystarczy zeskanować smartfonem lub tabletem kod QR i natychmiast skorzystać z wielu naszych usług cyfrowych.



Począwszy od dostępu do wszystkich danych i dokumentów dla określonych produktów, przez wizualną kontrolę pozycji pracy napędu, szybki dostęp do analiz błędów oraz zamówień usług serwisowych, po dobór i zamawianie części zamiennych czy też nowych odpowiedników. Chcesz dowiedzieć się więcej? Wystarczy zeskanować i wypróbować nasze rozwiązania.

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.  
www.sew-eurodrive.pl

## Przebiegnik częstotliwości średniego napięcia PowerFlex 6000T – sprawdzona technologia w zharmonizowanej architekturze sterowania

Nowy przebiegnik PowerFlex6000T firmy Rockwell Automation ujrzał światło dzienne w roku 2020 na rynku Ameryki Północnej, w typowym dla tego regionu poziomie napięcia zasilania 4,16 kV. W połowie 2021 roku nastąpi debiut w regionie EMEA (Europa, Bliski Wschód oraz Afryka). Rozszerza się zatem zakres wspieranych napięć do wartości 6,6 kV.

Kompaktowa wersja obudowy, nazwana ramą „A”, będzie dostępna w odmianach prądowych: do 70 A, do 140 A oraz do 215 A. Charakteryzuje się ona niespotykanymi w klasie napięciowej wymiarami, minimalizując wymaganą przestrzeń do instalacji przebiegnika. Przy standardowej wysokości 2875 mm oraz głębokości 1250 mm przebiegniki posiadają szerokość od 2310 mm (70 A), poprzez 2795 mm (140 A) do 3010 mm (215 A). Uzupełnieniem bardzo korzystnych warunków fizycznych jest dostęp z przodu do wszystkich komponentów urządzenia, który redukuje czas wymagany na instalację, uruchomienie, jak i ewentualną wymianę podzespołów.

Pełen obraz nowoczesnego rozwiązania zostaje podkreślony przez platformę sterowania ujednoliconą z rodziną przebiegników



niskiego napięcia PowerFlex 755T. Jej kluczowym komponentem jest funkcja adaptacyjnego dostrajania, oparta na zaawansowanym, automatycznym monitoringu charakterystyk pracy przebiegnika.

Firma Introl Automatyka, jako certyfikowany partner w programie Recognized System Integrator (RcSI) firmy Rockwell Automation, posiada wieloletnie doświadczenie w integracji, uruchomieniach oraz serwisowaniu przebiegników częstotliwości średniego napięcia w kraju i na świecie.

Introl Automatyka Sp. z o.o. Sp. k.  
www.introlautomatyka.pl

## Raportowanie przestojów w monitorze produkcji SEM MP-240

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



SEM  
www.sem.pl

reklama

Wybierz swoją  
prenumeratę na  
www.nis.com.pl



# Roboty FANUC dla branży drzewno-meblarskiej

Sukces przedsiębiorstw produkcyjnych w dużej mierze zależy od stopnia ich automatyzacji. Tymczasem w polskich przedsiębiorstwach zajmujących się produkcją wyrobów z drewna, m.in. mebli i komponentów meblowych, pracuje jedynie 150 robotów przemysłowych. Ten niewielki odsetek ogólnej populacji robotów w krajowym przemyśle, liczącej 15,8 tys. jednostek, wskazuje na ogromny potencjał rynku w zakresie instalacji mechanicznych pracowników.



Przemysł drzewno-meblarski jest istotnym sektorem polskiej gospodarki, w dużej mierze nastawionym na eksport. Utrzymanie wysokiej pozycji polskich firm działających w warunkach nasilającej się presji konkurencyjnej, stale rosnących kosztów wynagrodzeń oraz kurczących się zasobów ludzkich, wymaga wdrażania nowych modeli biznesowych i zwiększenia poziomu inwestycji.

W obecnym czasie, gdy branża odbudowuje się po kryzysie wywołanym pandemią, producenci potrzebują sprawdzonych rozwiązań technologicznych, które pozwolą poprawić wydajność, jakość i powtarzalność produkcji, zwiększyć poziom bezpieczeństwa procesów, obniżyć koszty, a w efekcie zapewnić korzyści ekonomiczne.

Właśnie z myślą o takich wyzwaniach japońska firma FANUC oferuje m.in.

roboty przemysłowe znajdujące zastosowanie we wszystkich obszarach produkcji. W szerokiej gamie rozwiązań są dostępne modele wprost stworzone do procesów często realizowanych w fabrykach zajmujących się obróbką drewna i produkcją wyrobów z tego surowca.

## 130 modeli robotów przemysłowych

FANUC jako wiodący dostawca robotów przemysłowych na świecie dostarcza najszerzy wachlarz rozwiązań, ściśle dostosowanych do potrzeb procesów realizowanych w przemyśle. Wśród nich są zarówno klasyczne roboty przegubowe, roboty typu DELTA, SCARA, jak

również roboty współpracujące. Producent może pochwalić się również liniami wyspecjalizowanych robotów np. do paletyzowania, obsługi maszyn, spawania TIG/MAG/MIG, spawania laserowego czy lakierowania, a także jednostkami przygotowanymi do pracy w obszarach o zwiększonych wymaganiach w zakresie czystości produkcji, tzw. *clean room*. Dodatkowo FANUC służy wsparciem w zakresie inteligentnych systemów wizyjnych (iRVision) i czujników siły (Force Sensor), znacznie zwiększających możliwości operacyjne robota, a także użytecznymi pakietami oprogramowania, m.in. do projektowania, programowania i obsługi stanowisk zrobotyzowanych, umożliwiającymi wygodne zarządzanie pracą maszyn, bieżące wprowadzanie optymalizacji, a także prowadzenie diagnostyki prewencyjnej, wydłużającej żywotność maszyn i robotów oraz redukującej koszty ich serwisowania.

## Dobry start decyduje o zyskach

Z myślą o realizacji procesów na samym początku linii FANUC proponuje stosowanie lekkich robotów, m.in. z serii FANUC M-710iC







charakteryzujących się sztywnymi ramionami i wąskimi nadgarstkami. Duże prędkości osiowe w połączeniu z uniwersalnością, wynikającą z sześciu osi, oraz niewielkim zapotrzebowaniem na powierzchnię sprawiają, że są to idealne roboty do obsługi różnorodnych przedmiotów, szczególnie tych niewygodnych w obsłudze.

W przypadku konieczności przeniesienia cięższych ładunków, w szczególności ich pobierania z palet lub odkładania na palety, warto przyjrzeć się robotom serii FANUC M-410. Dzięki udźwignięciu do 700 kg i zasięgowi do 3,1 m, 4- lub 5-osiowe roboty z tej rodziny stanowią idealne rozwiązanie do obsługi większych obciążeń, wymagających zarówno siły, jak i precyzji.

Warto wspomnieć, że firma FANUC jako pierwsza na rynku zaproponowała użytkownikom wyspecjalizowane roboty do paletyzowania, a robot M-410 jest w tej grupie najszybszy i najsilniejszy. Potrafi wykonać 1900 cykli i przetransportować ładunki o masie 490 ton w ciągu godziny. Ma zoptymalizowaną przestrzeń roboczą i duży skok pionowy, dzięki czemu może układać stosy palet o wysokości 2 m. Zintegrowanie podstawy i kontrolera w cokole (dostępne są też wersje bez cokołu)

nie tylko pozwala zaoszczędzić miejsce w hali, ale ułatwia też transport oraz instalację. Prowadzenie kabli wewnątrz nadgarstka robota zapobiega zakłóceniom i wydłuża trwałość przewodów.

#### Wydajne roboty pracujące w środku linii

Szczególnie lubianą przez użytkowników serią robotów marki FANUC jest LR Mate 200iD. To rodzina stworzona z myślą o operacjach pobierania i odkła-

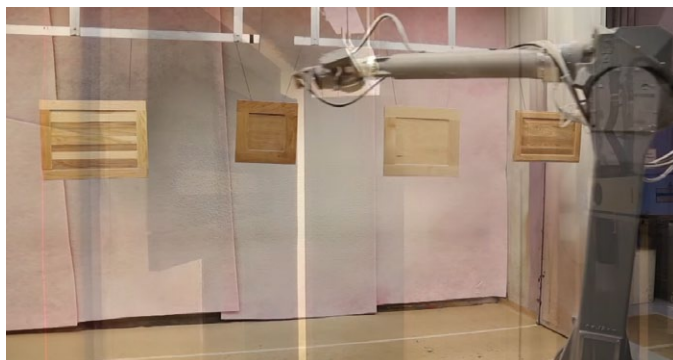


dania, pakowania produktów, a także o obsłudze maszyn obróbkowych. Ulepszone parametry konstrukcji robotów z tej linii sprawiają, że są one doskonałym rozwiązaniem dla systemów transportowych i montażowych o wysokiej wydajności. Dzięki kompaktowej i smukłej sylwetce robot LR Mate 200iD wykorzystuje niewielką powierzchnię hali produkcyjnej, oferując jednocześnie

duże osiągi w zakresie szybkości osi, udźwignięcia i wykorzystania obszaru pracy, m.in. w zwartych gniazdach, na liniach produkcyjnych oraz montażu bezpośrednio do lub na maszynie.

Nowością w ofercie FANUC są roboty współpracujące serii CR i lekkie roboty nowej generacji – CRX, przygotowane do bezpośredniej współpracy z ludźmi wykonującymi prace w strategicznych obszarach linii. FANUC proponuje obecnie sześć modeli robotów CR oraz dwa modele robotów CRX.

Robot CRX waży zaledwie 40 kilogramów, a jego kontroler 20 kilogramów, dzięki czemu można wygodnie przenieść go do miejsca, gdzie ma być zainstalowany i użytkowany. Warto dodać, że niska waga robotów tej klasy sprawia, iż gama aplikacji zrobotyzowanych, w których można je z powodzeniem zainstalować, jest naprawdę szeroka i uwzględnia również platformy AGV (*Automated Guided Vehicles*). Roboty współpracujące FANUC korzystają z wtyczek programowych (*plugin*) zapewniających bardzo łatwe podłączenie interfejsu do urządzeń peryferyjnych. W celu obsługi robota producent dostarcza użytkownikom intuicyjny tablet dotykowy – z symbolami graficznymi oraz użytecznymi funkcjami obsługi i programowania typu *drag and drop*, charakteryzujący się wysoką przejrzystością. Dzięki temu nawet osoby początkujące w kilku krokach poradzą sobie z tworzeniem programów



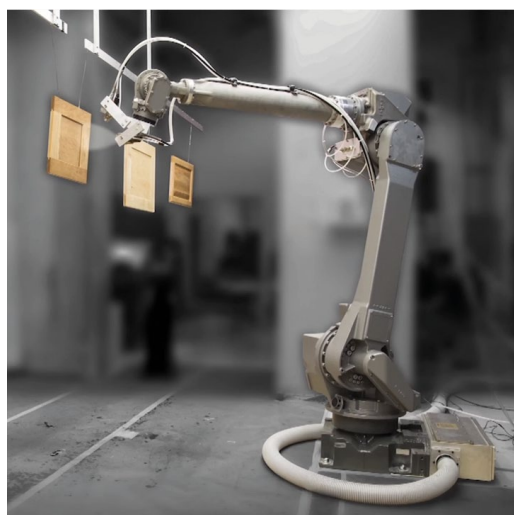
roboczych. Aby nauczyć robota pożądaną sekwencję ruchu, operator może również ręcznie poprowadzić robota do odpowiednich punktów.

W branży obróbki drewna, a w szczególności produkcji mebli, szczególną rolę odgrywają roboty lakiernicze, oferowane wraz z dedykowanym oprogramowaniem PaintTool, przeznaczone do szerokiego zakresu zastosowań związanych z lakierowaniem i powlekaniami. Charakteryzują się one łatwym dostępem, optymalnym zakresem pracy i wysoką wydajnością. W ofercie firmy FANUC można znaleźć kilka modeli takich robotów o zróżnicowanym udźwigu oraz zasięgu. Wszystkie charakteryzuje ekonomiczna, aluminiowa konstrukcja, okablowanie zintegrowane w ramieniu i elastyczna pozycja montażu. Niektóre modele zaprojektowano tak, aby umożliwić im pracę w środowiskach niebezpiecznych – posiadają zabezpieczenie przeciwwybuchowe i zgodność z wymaganiami dyrektywy ATEX.

Przykładem zastosowania robotów tego typu jest system do powlekania elementów mebli przy pomocy robota lakierniczego FANUC P-350iA oraz autorski system samouczący,

stworzony przez autoryzowanego integratora systemów zrobotyzowanych firmy FANUC America – EXEL North America.

To wysoce elastyczne rozwiązanie zostało zaprojektowane z myślą o malo-



waniu elementów meblowych na szybko poruszającej się taśmie produkcyjnej. System umożliwia optymalizowanie ścieżki robota oraz zużycia lakieru poprzez kontrolę wyzwalacza pistoletu, prędkości końcówki aplikatora, wzoru natrysku, odległości – wiodącej i końcowej – przy zmianie kierunku aplikatora, a dodatkowo oferuje możliwość wygładzenia konturów. Proces może

być realizowany zarówno w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, jak i przeciwnym, dzięki czemu robot nada za ruchem szybko poruszającej się taśmy – prędkość linii wynosi 26 części na minutę. W ramach tej aplikacji zrobotyzowanej malowane części wymagają jedynie minimalnych odstępów, co zapewnia płynność i istotnie wyższą jakość w porównaniu z opryskiwaczem ręcznym.

Innym, często wykorzystywanym w branży meblarskiej procesem technologicznym jest spawanie.

W tym zakresie FANUC również może pochwalić się najszerszą ofertą robotów spośród wszystkich obecnie dostępnych na rynku. Producent stworzył serię FANUC Arc Mate (roboty o maksymalnym udźwigu 20 kg oraz zasięgu 2,0 m) z myślą o realizacji procesów spawania łukowego i laserowego, lutowania oraz cięcia i od wielu lat czerpie z doświadczeń w tej dziedzinie.

Roboty spawalnicze marki FANUC są oferowane wraz z pakietem dedykowanego oprogramowania ArcTool, które zapewnia użytkownikom szereg funkcji, m.in. takich jak: łatwe połączenie oraz możliwość komunikacji z wiodącymi na rynku źródłami spawalniczymi: Lincoln, Fronius, Migatronic, Binzel, SKS, Kempf, Lorch, EWM oraz korzystanie

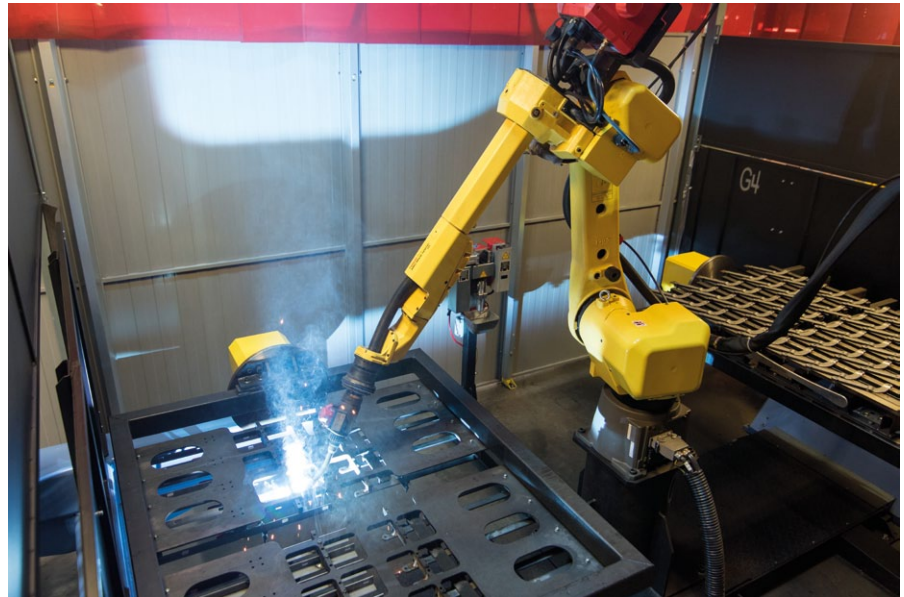


z zaawansowanych funkcji procesowych, m.in.: możliwości wykrywania detalu poprzez dotyk, śledzenia złącza, szybkiego programowania trajektorii, pełnej kontroli nad procesem z panelu robota, dowolnego typu oscylacji w trakcie spawania, wysoko czułego systemu wykrywania kolizji, programowania wypełnienia krateru spoiny, spawania detali o znacząco zróżnicowanych grubościach – funkcja *Heat wave*.

Przykładem firmy, która zdecydowała się na wdrożenie robotów spawalniczych marki FANUC, jest ANN NOWAK Okucia Meblowe Sp. z o.o. Rodzinne przedsiębiorstwo, z Olszowej koło Kępna w województwie wielkopolskim, od ponad 30 lat zajmuje się produkcją elementów stalowych, okuć i akcesoriów meblowych na potrzeby dynamicznie rozwijającego się meblarstwa, zarówno w Polsce, jak i Europie. Potrzeba zwiększenia skali produkcji w ostatnich latach (na same okucia firma przerabia ok. 6–7 tysięcy ton stali rocznie) sprawiła, że w halach produkcyjnych o powierzchni 25 tys. m<sup>2</sup>, gdzie pracuje już 800 maszyn i 400 pracowników, musiało znaleźć się miejsce dla trzech robotów przemysłowych. Dwa z nich to klasyczne aplikacje z robotami spawalniczymi FANUC ARC Mate-120iC/12L i pozycjonerem dwustanowiskowym, a trzecie to stanowisko z takim samym modelem robota oraz dwoma pozycjonerami dwustanowiskowymi. Wszystkie roboty, wyposażone w spawarkę firmy Fronius w najnowszej technologii CMT (*Cold Metal Transfer*), pojawiły się w zakładzie w ciągu niepełna jednego roku.

Dzięki robotyzacji spawania firma uzyskała znaczną poprawę wydajności i jakości produkcji.

W przypadku niektórych elementów zakład spawa ich 5 razy więcej niż wcześniej był to w stanie zrobić wykwalifikowany spawacz. Robot ma w takiej pracy przewagę nad człowiekiem, bo nie męczy się w piątej czy siódmej godzinie. Stanowiska pozwalają na elastyczne zapewnienie ciągłości produkcji przy zróżnicowanym asortymencie produkcyjnym – istnieje możliwość szybkiego przezbierania i dostosowania wielkości serii do bieżących zamówień. Dużym plusem robotów jest to, że dostarczają detale, które są już pełnowartościowym



wyrobem. Co ważne, jest on stabilny w produkcji i wysoce powtarzalny.

### Szczupła końcówka linii

Jednym z najbardziej newralgicznych etapów procesu produkcji, w którym zasady Lean odgrywają kluczową rolę dla zapewnienia produktywności, jest koniec linii. Właściwa organizacja tej strefy zapewnia sprawny przepływ i eliminację „wąskich gardeł” na etapie wyjścia wyrobów gotowych z fabryki.



Sprawdzają się tu szybkie, nieduże, 5- lub 6-osiowe roboty typu R-1000iA, o udźwigu sięgającym 100 kg i zasięgu 2,2 m. Roboty te zostały zaprojektowane przede wszystkim z myślą o zapewnieniu

dużej szybkości w obsłudze średnich obciążeń, a w efekcie niedoścignionej wydajności.

R-2000 to kolejna seria robotów FANUC, która cieszy się szczególnym powodzeniem wśród producentów na całym świecie. Roboty te cechują się wysoką wydajnością i udźwignięciem od 100 do 270 kg, dzięki czemu są dobrym narzędziem do przenoszenia średnich i dużych ciężarów.

FANUC jest ekspertem w dziedzinie automatyzacji przemysłu, z 60-letnim stażem na rynku. Wyróżnikiem firmy jest nieustanne dążenie do tego, by łączyć profesjonalizm ze szczerą troską o klienta i jego potrzeby. Producent realizuje ten cel, oferując użytkownikom nie tylko wysokiej klasy produkty, ale także doradztwo, pełne wsparcie lokalnych inżynierów oraz gwarancję opieki nad produktem (serwis i części zamienne) w całym okresie jego eksploatacji. ■

Więcej informacji na stronie [www.fanuc.pl](http://www.fanuc.pl)

# FANUC

FANUC Polska Sp. z o.o.

ul. Tadeusza Wendy 2

(poprzednio: Tyniecka 12)

52-407 Wrocław

tel. 71 776 61 60

fax 71 776 61 69

<http://www.fanuc.pl>

# Portal Online Support to centralny punkt dostępu do wszystkich cyfrowych usług SEW-EURODRIVE

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



Etykieta produktu – nowy dostęp do usług cyfrowych – szczegóły w dziale Nowości techniczne na str. 7

## Konfigurator produktu

Pozwala na skonfigurowanie dowolnego rozwiązania z oferty SEW-EURODRIVE poprzez personalizację produktu pod konkretne wymagania do projektu. Wszystkie niezbędne dokumenty oraz modele CAD dostępne będą w koszyku po zakończeniu konfiguracji. Na tym etapie jest możliwość wysłania zapytania ofertowego lub zamówienia produktu.

## Koszyk

Koszyk zakupów Online Support pozwala na przekazywanie przez całą dobę zapytań lub zamówień na nasze standardowe produkty, części zamienne oraz dokumentację. Jak to działa? Wystarczy wybrać produkt, zalogować się na swoje konto, wprowadzić lub skorygować informacje o dostawie, a następnie przesłać zapytanie lub zamówienie.

## Przegląd spraw

Przegląd spraw obejmuje zamówienia, oferty, wzory oraz sprawy serwisowe. Użytkownik może w prosty sposób przeglądać wszystkie transakcje i sprawdzać status ich realizacji, jak również monitorować przesyłki. Różne kryteria wyszukiwania, na przykład numer materiału, zapewniają szybkie wyszukiwanie odpowiednich spraw. W zakładce „Przegląd spraw” można w prosty sposób pobrać dokumentację również dla całych projektów.

## Dane i dokumenty

Znajdziesz tutaj dane CAD, dokumentację, dane techniczne produktów oraz potrzebne oprogramowanie. Wiele informacji można wygenerować samodzielnie, bez konieczności rejestracji, podając na przykład numer seryjny lub oznaczenie typu produktu.

Portal Online Support posiada uporządkowaną strukturę, która uwzględnia wszystkie etapy procesu zakupowego:

- Konsultacje i doборы.
- Zapytania i zamówienia.
- Dostawa i przepływ materiałów.
- Uruchomienie i konserwacja.

Użytkownicy posiadają dostęp do wybranych informacji w zależności od zakresu działań i zainteresowań. Zadaniem portalu jest wsparcie użytkownika na każdym etapie współpracy. Począwszy od zaprojektowania aplikacji bądź maszyny oraz pozyskania danych CAD, przez dostęp do dokumentacji techniczno-ruchowej czy jakościowej, aż po dostęp do części zamiennych i oprogramowania, które potrzebne są służbom utrzymania ruchu.

Portal Online Support nie wymaga zalogowania przy korzystaniu z podsta-

wowych funkcji. Jeśli chcesz skorzystać z funkcji oznaczonych symbolem klucza, wtedy należy zalogować się za pomocą adresu e-mail oraz hasła. Poniżej opis wybranych funkcjonalności.

## Drive Selection

Od teraz dobór motoreduktora jest jeszcze prostszy. Konfigurator pozwala przeprowadzić symulację podstawowych aplikacji typu przenośnik, winda etc. Krok po kroku, po wprowadzeniu założeń, przygotowywana jest kalkulacja, która pokazuje wstępny dobór systemu napędowego wraz z propozycją motoreduktorów.

Po podjęciu decyzji wyświetlony zostanie wybrany produkt wraz ze wszystkimi niezbędnymi danymi technicznymi. Jest również możliwość przejścia do konfiguratora produktu w celu określenia wszystkich szczegółowych parametrów aplikacji, a następnie wysłania zapytania i otrzymania oferty.



### Wybór zamienników lub części zamiennych

Po wprowadzeniu numeru seryjnego SEW-EURODRIVE wyświetlane są wszystkie niezbędne informacje o produkcie. Jeśli użytkownik jest zalogowany i posiada niezbędne uprawnienia, może dobrać części zamienne na podstawie listy. Dodatkową korzyścią jest wgląd w dostępność magazynową potrzebnych części zamiennych, a w przypadku wycofanych materiałów oferta zamienników.

### Baza danych CDM®

Complete Drive Management zapewnia przejrzystość i bezpieczeństwo całej instalacji. Narzędzie to działa w oparciu o inwentaryzację oraz diagnostykę istniejących komponentów napędowych (w obrębie maszyny lub w ramach stanów magazynowych) oraz wpisanie ich w bazie danych CDM® w ramach portalu Online Support.

Centralne rejestrowanie wszystkich danych stanowi podstawę do oszacowania oraz zaplanowania wymaganych w danym czasie przeglądów okresowych i prac konserwacyjnych. ■

BEYOND – zawsze ponad standard.



SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42 293 00 00

e-mail: sew@sew-eurodrive.pl

www.sew-eurodrive.pl

# Wybrane zagadnienia elektrotechniki i elektroniki – WZEE'2021

Politechnika Rzeszowska wraz z Zarządem Głównym Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej zaprasza na 16. Międzynarodową Konferencję „Wybrane zagadnienia elektrotechniki i elektroniki – WZEE'2021”. Konferencja odbędzie się w dniach 13–15 września 2021 r. w trybie hybrydowym.

Współorganizatorzy Konferencji WZEE'2021:

- Polskie Towarzystwo Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej;
- Lviv Polytechnic National University;
- Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg;
- Technical University of Kosice-Technicka.

Celem Konferencji, organizowanej przez Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, jest prezentacja dorobku naukowego, wymiana doświadczeń zawodowych oraz integracja interdyscyplinarnego środowiska naukowego z zakresu wybranych zagadnień elektrotechniki, elektroniki



oraz mechatroniki. Wydarzenie zaplanowane na 2021 rok będzie już 16. spotkaniem poświęconym elektrotechnice i elektronice, które rokrocznie gromadzi naukowców zarówno ze środowiska akademickiego, jak i przemysłowego. Podczas Konferencji omawiane są najnowsze osiągnięcia i przyszłe zmiany związane z mechatroniką, przemysłem 4.0, elektromobilnością, odnawialnymi źródłami energii oraz smartelektroniką indukujące rozwój gospodarki opartej na wiedzy.

Serdecznie zapraszamy do uczestnictwa i przedstawienia dotychczasowych badań naukowych w ramach Konferencji WZEE'2021. Link do strony Konferencji: <https://2021.wzee.pl/>



**KONFERENCJA MIĘDZYNARODOWA  
WYBRANE ZAGADNIENIA  
ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI**

13-15 IX

KONFERENCJA REALIZOWANA JEST W RAMACH PROGRAMU RID NA PRZ  
DOFINANSOWANIE Z MEN W RAMACH PROGRAMU „DOSKONAŁA NAUKA”

Z poważaniem,

Organizatorzy Konferencji WZEE 2021

### Sztuczna inteligencja w służbie branży kolejowej

Cyfrowa rewolucja, która jest oparta na wiedzy i przełomowych rozwiązaniach technologicznych, daje przewoźnikom kolejowym nieosiągalne do tej pory możliwości rozwoju, zwiększania efektywności operacyjnej oraz podniesienia poziomu bezpieczeństwa i ochrony transportowanych ładunków. Wykorzystanie potencjału drzemącego w technologii sztucznej inteligencji (z ang. *Artificial Intelligence*, AI) jest obecnie jednym z kluczowych czynników budujących konkurencyjność spółek przewozowych i determinujących ich pozycję rynkową.

Branża kolejowa już w 2014 roku rozpoczęła realizację strategii cyfryzacji kolei, która zakłada zwiększenie poziomu automatyzacji i wykorzystania nowych technologii, znaczne poprawianie dostępności i jakości usług kolejowych, wzmocnienie efektywności przewozów czy podniesienie poziomu bezpieczeństwa ładunków transportowanych drogą kolejową. Podejmowane działania mają na celu przede wszystkim osiągnięcie zrównoważonego rozwoju transportu i transformacji w kierunku mobilności neutralnej klimatycznie.

#### Nowe technologie w transporcie kolejowym

Obecnie firmy technologiczne, które opracowują rozwiązania dla branży kolejowej, w dużej mierze koncentrują się na badaniu i rozwijaniu technologii zwiększających poziom automatyzacji, w tym innowacji wykorzystujących sztuczną inteligencję i Internet Rzeczy (z ang. *Internet of Things*, IOT), nawigację satelitarną czy zaawansowane urządzenia, które potrafią zbierać i analizować dane pochodzące „prosto z torów”. Przykładem takiego rozwiązania jest System GeoTrainAI, który został opracowany przez polską spółkę Meritus Systemy Informatyczne Sp. z o.o.

System GeoTrainAI składa się z niewielkich lokalizatorów, analitycznego

oprogramowania Big Data oraz internetowej platformy GeoTrainAI.com służącej do monitorowania ruchu pojazdów kolejowych i kluczowych parametrów pojazdów kolejowych. Lokalizatory, w połączeniu z technologiami cyfrowymi o dużej mocy obliczeniowej, zbierają ogromne ilości danych w czasie rzeczywistym na całej długości realizowanych tras i poddają je analizie z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji. Dane przechwytywane przez



System GeoTrainAI dotyczą m.in. aktualnej lokalizacji taboru (z dokładnością do 1,5 metra), liczby i czasu postojów, pokonanego dystansu, specyficznych zdarzeń na trasie czy prędkości, z jaką porusza się pociąg.

– Lokalizatory GeoTrainAI pracują w wyjątkowo wymagających warunkach eksploatacji. Dlatego muszą być odporne na oddziaływanie m.in. wilgoci, niskich i wysokich temperatur, opadów śniegu, gradu i deszczu czy uderzeń i zabrudzeń. Stabilność ich działania nawet w najtrudniejszych warunkach zapewniają najwyższej jakości materiały wykorzystane w ich produkcji i odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne. Lokalizatory są wyposażone w silny magnes neodymowy o udźwigu do 35 kg, który pozwala na łatwy i szybki montaż po zewnętrznej stronie pojazdów, a także czujnik antykradzieżowy i czujnik oderwania. Co ważne, urządzenia nie ingerują w poszycie i elektronikę pojazdów. Są zasilane energią elektryczną lub słoneczną oraz posiadają wyjątkowo wytrzymałe i wydajne baterie. Lokalizatory można wprowadzić w tryb tzw. uśpienia, który wyłącza się automatycznie w momencie wznowienia ruchu pojazdu. Pozwala to na optymalne wykorzystanie energii – powiedziała Grażyna Kuś.

#### Tabor kolejowy pod pełną kontrolą

Lokalizatory GeoTrainAI zasilane wyłącznie energią słoneczną pozwalają na dokonywanie odczytów lokalizacji GPS co 60 sekund. Z kolei urządzenia podłączone do prądu odświeżają dane nawet co 5 sekund. Pozwala to na bardzo dokładne śledzenie tras i nie niesie ze sobą wysokich kosztów. System GeoTrainAI wykorzystuje najnowsze technologie lokalizacji, w tym *geofencing*. Rozwiązanie pozwala na optymalizację w zakresie planowania tras, zwiększa skuteczność kontroli pociągów i efektywność zarządzania flotą, a także podnosi poziom ochrony przed kradzieżami. System umożliwia także prowadzenie monitoringu wybranych parametrów pojazdów, kontrolowanie ich stanu technicznego oraz odtworzenie pełnej historii przebiegu pociągów. Dane zbierane przez lokalizatory i gromadzone w systemie GeoTrainAI są narzędziem, dzięki któremu możliwe jest wdrożenie wysoce efektywnego reżimu prac konserwacyjnych, co przekłada się na redukcję ryzyka wystąpienia niespodziewanych przestojów związanych z awariami. Dane historyczne dotyczące realizowanych transportów, które są przechowywane w systemie GeoTrainAI, mogą odegrać także ważną rolę w procesach likwidacji szkód i dopuszczania pojazdów do ruchu.

Przełomowe technologie oparte na sztucznej inteligencji oraz wykorzystujące innowacje w zakresie generowania, przesyłania i przetwarzania wysoce precyzyjnych danych pochodzących „prosto z torów” mają znaczący wpływ na zwiększenie wydajności, bezpieczeństwa i atrakcyjności kolejowych przewozów towarowych. Dzięki podniesieniu poziomu cyfryzacji przewoźnicy kolejowi mogą nie tylko zwiększyć efektywność i bezpieczeństwo realizowanych przewozów, zredukować koszty oraz budować silną przewagę nad konkurencją, ale także przekierować biznes i transportowane ładunki z tras na tory kolejowe, co ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju transportu towarów w Polsce. ■

Źródło: Meritus



Nowy hydrauliczny zawór zespolony CV120 firmy Webtec oferuje pełną kontrolę nad silnikiem dla maszyn jezdnych

## Regulowany dzielnik strumienia z kierunkowym zaworem sterującym w jednym korpusie

Firma Webtec, specjalizująca się w wytwarzaniu produktów do pomiarów i sterowania hydrauliką, prezentuje nowy zawór zespolony serii CV120, stanowiący kompletne rozwiązanie w zakresie sterowania silnikami hydraulicznymi maszyn jezdnych. Projektanci układów hydraulicznych odkrywają, że dzięki компактowemu CV120 zmniejsza zarówno zajmowana przestrzeń, jak i spadek ciśnienia w maszynach używanych w górnictwie, karniołomach, na budowach i w rolnictwie, bez uszczerbku dla wydajności. Ponadto dzięki mniejszej liczbie wymaganych węży i kształtek zmniejsza także koszty.

Ten innowacyjny zawór hydrauliczny łączy w jednym korpusie regulowany dzielnik strumienia z kierunkowym zaworem sterującym. Wśród wielu wyróżniających się funkcji CV120 można wymienić wyraźnie oznaczone pokrętki jednoobrotowe, które umożliwiają szybkie ustawienie wcześniej określonego strumienia z „pierwszeństwem”. Ponadto jest to zawór z kompensacją ciśnienia, co pozwala na jednoczesne stosowanie „pierwszeństwa” i „obejścia” przy różnych ciśnieniach bez wpływu na natężenie strumienia z „pierwszeństwem”.

Zawory sterujące przepływem CV120 wykorzystują konstrukcję i komponenty serii VFD120 firmy Webtec. Ta sprawdzona koncepcja zapewnia dobre właściwości przepływowo-ciśnieniowe, co z kolei pozwala na uzyskanie stałego przepływu niezależnie od ciśnienia obciążenia. Kierunkowy element

sterujący wykorzystuje szpulę z hartowanej stali stopowej, która występuje w wersji dwustronnego działania, lub silnikowej, z trzyzpozycyjnym sterowaniem ze sprężyną lub zapadką. Urządzenie wyposażone jest również w zawór nadmiarowy sterowany pilotem, który chroni regulowane porty A i B.

Webtec CV120 posiada dwa wloty pompy i dwa wyloty zbiornika, które umożliwiają podłączenie hydrauliki z boku lub z góry zaworu, co ułatwia instalację. Zaworów można używać szeregowo, stosując łączniki wysokiego ciśnienia (HPCO) i standardowe łączniki. Jeśli zainstalowano łącznik HPCO w celu użycia zaworów wylotowych, wymagany jest drugi zawór nadmiarowy do kontrolowania ciśnienia wychodzącego z HPCO. W takich przypadkach oba zawory nadmiarowe działają niezależnie od siebie.

Zawory CV120 oferują maksymalne ciśnienie robocze 250 barów (3600 psi) i całkowitą przepustowość 120 lpm (32 USgpm), a regulowana przepustowość wynosi 0–95 lpm (0–25 USgpm). Gwinty mają rozmiar 3/4" BSPP lub 1-1/16" -12UN #12 SAE, chociaż inne rozmiary gwintów są również dostępne na zamówienie. ■



reklama



# HYDROMAR

ZAKŁAD HYDRAULIKI SIŁOWEJ

OFICJALNY DYSTRYBUTOR



HYDRAULIC MEASUREMENT AND CONTROL

**OFERUJEMY  
SPRZEDAŻ I SERWIS:**

HYDRAULICZNYCH TESTERÓW

PRZENOŚNYCH URZĄDZEŃ  
POMIAROWYCH

PRZEŁYWOMIERZY  
TURBINOWYCH

ZAWORÓW REGULACJI  
PRZEŁYWU

DZIELNIKÓW PRZEŁYWU



**NOWOŚCI W OFERCIE:**

REGULOWANY DZIELNIK  
STRUMIENIA Z KIERUNKOWYM  
ZAWOREM STERUJĄCYM  
W JEDNYM KORPUSIE

PRZENOŚNY REJESTRATOR  
CZASU PRACY OSPRZĘTU  
HYDRAULICZNEGO



# HYDROMAR

ZAKŁAD HYDRAULIKI SIŁOWEJ

HYDROMAR ZHS

ul. Powstańców Wlkp. 57 A  
64-500 Szamotuły  
tel. 61 292 19 84  
fax 61 292 58 76  
www.hydomar.pl



# Cewki bezrdzeniowe w elektromobilnych aplikacjach kolejowych

Mirosław Łukiewski

Elementy indukcyjne podczas pracy na pojeździe szynowym poddawane są oddziaływaniom klimatycznym, mechanicznym i elektrycznym. System izolacyjny cewek oraz konstrukcja mechaniczna narażone są na poważne uszkodzenia. TRAFECO Sp. j. jest producentem cewek indukcyjnych i dławików rdzeniowych przeznaczonych do zastosowań kolejowych. Firma prowadzi szereg prac rozwojowych nad technologią i konstrukcją wytwarzanych elementów przeznaczonych do pracy w trudnych aplikacjach kolejowych [1, 2].

## 1. Wymagania norm kolejowych

Elementy indukcyjne przetwornic pojazdów szynowych pracują w niezwykle trudnych warunkach klimatycznych i środowiskowych. Zasilanie bezpośrednio z trakcji kolejowej oraz montaż na mobilnej platformie pojazdu szynowego w połączeniu z oczekiwaniem szczególnej niezawodności definiuje wysokie wymagania dla konstrukcji oraz systemu izolacyjnego dławików i cewek.

Norma techniczna PN-EN 60310 przedstawia ogólne założenia dla transformatorów oraz dławików stosowanych w taborze kolejowym. Z punktu widzenia cewek bezrdzeniowych na szczególną uwagę zasługują wytyczne normy PN-EN 50124-1 dotyczące koordynacji izolacji wg klasy napięciowej (OVx), która wyznacza wymagania dla układu izolacji na spodziewane napięcia pochodzące z trakcji zasilającej.

**Tabela 1.** Parametry techniczne cewki bezrdzeniowej typu AirECO™ – 54 mH / 200 A

AirECO™ – 54 mH / 200 A	
Napięcie	3,6 kV DC
Próba napięciowa	AC 12
Indukcyjność	54 mH
Prąd znamionowy	200 A DC
Klasa izolacji	T50H
Chłodzenie	AF = 4 m/s
Stopień ochrony	IP00
Strefa zabrudzenia	PD4

Wprowadzone zostaje pojęcie strefy zabrudzeniowej (PDx), która decyduje o wielkości odstępów izolacyjnych oraz zastosowanych materiałach i rozwiązaniach technologicznych. Norma

PN-EN 600721 klasyfikuje grupy czynników środowiskowych oraz definiuje ich intensywność w miejscu lokalizacji cewki, biorąc pod uwagę oddziaływania o charakterze klimatycznym, biologicznym, chemicznym i mechanicznym.

Oddziaływania mechaniczne są niezwykle ważnym aspektem w zastosowaniach elektromobilnych. Metody badań odporności cewek na drgania powstające w trakcie ruchu pojazdu i przenoszone na urządzenia zainstalowane na pokładzie definiuje norma PN-EN 61373. Dokument precyzuje częstotliwości i amplitudy drgań działających w różnych płaszczyznach na cewkę w zależności od miejsca zainstalowania elementu na pojeździe szynowym.

## 2. Remonty elementów indukcyjnych

Silne oddziaływania środowiskowe, mechaniczne i elektryczne powodują przyspieszoną degradację izolacji elektrycznej elementów indukcyjnych w pojazdach szynowych. Po pierwszym okresie eksploatacji urządzenia wymagają dokładnego przeglądu technicznego oraz precyzyjnych testów elektrycznych. Firma TRAFECO wykonuje pełne pomiary, przeglądy i remonty transformatorów, dławików i cewek pracujących w zastosowaniach kolejowych. Podczas remontu w pierwszej kolejności potwierdzane są parametry elektryczne cewki – indukcyjność i rezystancja uzwojenia oraz rezystancja izolacji. Na podstawie wartości współczynników absorpcji (DAR) i polaryzacji (PI) oceniany jest stopień zawilgocenia i degradacji izolacji [3]. W przypadkach nieznacznego



**Rys. 1.** Cewka zintegrowana z wentylatorem dla stref zabrudzenia PD4 (tabela 1). Montaż w obudowie pod pojazdem szynowym



**Rys. 2.** Cewka AirECO™ – 1 mH/450 A z powłoką silikonową dla stref zabrudzenia PD4. Montaż w obudowie przetwornicy, w strefie brudnej



**Rys. 3.** Zestaw cewek w obudowie przed i po remoncie. Zestaw przeznaczony do pracy na dachu pojazdu w strefie zabrudzeniowej PD4 (tabela 2)

zawilgocenia izolacji cewki poddawane są suszeniu, a następnie pomiary są powtarzane. Jeśli izolacja jest uszkodzona, a suszenie nie przynosi oczekiwanych efektów, cewki zastępowane są nowymi elementami. Cewki zabezpieczane są zewnętrznie poprzez podwójną impregnację żywicami epoksydowymi oraz szczelną warstwę silikonową. Wymianie podlega całe okablowanie urządzenia z zastosowaniem przewodów w wykonaniu kolejowym RADOX

4GKW lub RADOX 9GKW. Pomiarom poddane są również wentylatory cewek. System izolacji silników wentylatorów diagnozowany jest tą samą metodą na podstawie pomiarów rezystancji uzwojeń oraz izolacji. Część mechaniczna wentylatorów podlega kontroli i ewentualnej naprawie. W dalszej kolejności demontowana i czyszczona jest obudowa oraz wszystkie elementy konstrukcyjne. Odnawiana jest warstwa antykorozyjna i zewnętrzna powłoka lakiernicza.

**Tabela 2.** Parametry techniczne zestawu indukcyjnego z wentylatorami 3x AirECO™

3x AirECO™ – 34 mH + 50 mH + 34 mH	
Napięcie	4 k V DC
Próba napięciowa	AC 12
Indukcyjność	34+50+34 mH
Prąd znamionowy	150+50+150 A DC
Klasa izolacji	T50H
Chłodzenie	AF = 4 m/s
Stopień ochrony	IP00
Strefa zabrudzenia	PD4

**Literatura**

- [1] ŁUKIEWSKA A., ŁUKIEWSKI M., OLSZEWSKI J.: *Modification of Nanocrystalline Fe-Cu-Nb-Si-B Alloys and Their Applications as Magnetic Cores in Rail Power Transformers.* ACTA PHYSICA POLONICA A, No. 2, Vol. 135 (2019).
- [2] ŁUKIEWSKI M., ŁUKIEWSKA A.: *Optymalizacja konstrukcji transformatorów...* ZP-ME, 71/2005.
- [3] SZYMANIEC S.: *Diagnostyka stanu izolacji silników indukcyjnych...* ZP-ME, 71/2005. ■

reklama



**Transformers & Inductive Components**

**Producent elementów indukcyjnych dla przemysłu kolejowego**

- ▶ transformatory
- ▶ dławiki
- ▶ cewki powietrzne
- ▶ filtry sinusoidalne SinECO™
- ▶ filtry harmonicznych ThdECO™
- ▶ elementy indukcyjne



**WWW.TRAFECO.PL**





## Transport

# Oznaczniki w branży transportu od A do Z. Oto najlepsze rozwiązania

W branży transportu zastosowanie znajdują jedynie rozwiązania najwyższej jakości. Liczy się: bezpieczeństwo, czytelność oraz żywotność oznaczeń i opisów mimo zróżnicowanych warunków zewnętrznych. Za pomocą jakich konkretnie produktów można to uzyskać? Sprawdźmy!

Identyfikacja z wykorzystaniem sprawdzonych rozwiązań pozwala na zoptymalizowanie procesów oraz precyzyjne rozplanowanie prac konserwacyjnych, a przy tym obniżenie kosztów związanych z cyklem życia produktu. W związku z tym wymagania stawiane systemom znakowania w branży transportu są jasno sprecyzowane.

### Oznaczniki stosowane w transporcie bezwzględnie muszą być:

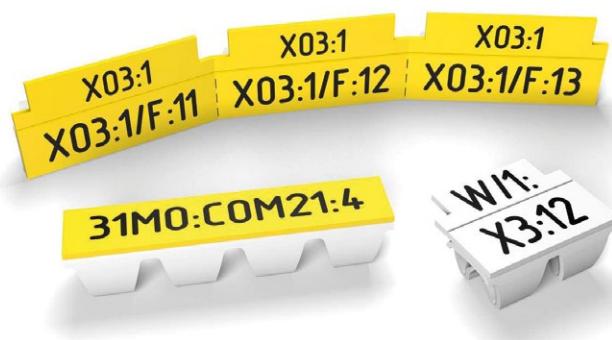
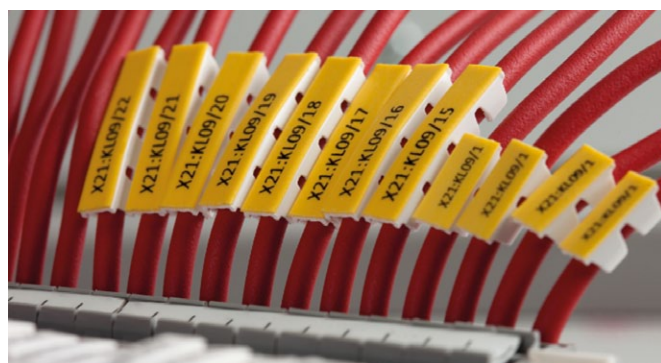
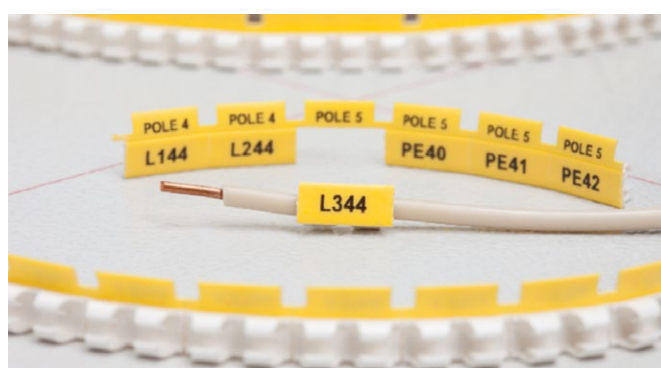
- Bezhalogenowe – czyli wyprodukowane z tworzyw bez dodatku halogenu. Dzięki temu podczas ewentualnego pożaru i ich spalania nie dochodzi do uwalniania trujących gazów – pochodnych halogenów, jak chlor, brom i fluor. Jednocześnie materiały bezhalogenowe zapobiegają dalszemu rozprzestrzenianiu się ognia. Stosowanie tego rodzaju produktów to jeden z podstawowych wymogów dotyczących transportu publicznego.
- Odporne na oddziaływanie środowiska zewnętrznego, szczególnie na stały kontakt z wodą, olejami lub toksycznymi olejami. Opis oznacznika nie może tracić swojej czytelności nawet wskutek długotrwałego narażenia na wymienione czynniki.
- Dla szczególnie wrażliwych i wymagających branż przeznaczone są oznaczniki o jeszcze większej odporności na oleje, wysoką temperaturę, jak również spełniające wyśrubowane normy wojskowe.

### Oznaczniki w transporcie: przykłady rozwiązań

Oczywiście wymagania dotyczące produktów do znakowania różnią się od siebie w poszczególnych branżach. Sprawdźmy, jakie rozwiązania proponowane do danych sektorów transportu można znaleźć w ofercie firmy Partex.

### Oznaczniki w transporcie kolejowym

Priorytetem jest tu stosowanie produktów do identyfikacji zgodnych z normą EN 45545, która ujednoliciła w Europie przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej, jeszcze bardziej zwracając uwagę na bezpieczeństwo pracowników firm, pasażerów oraz urządzeń wykorzystywanych w branży kolejowej. Stosuje się tu przede wszystkim oznaczniki bezhalogenowe, o właściwościach niepalnych i samogasnących, jak chociażby



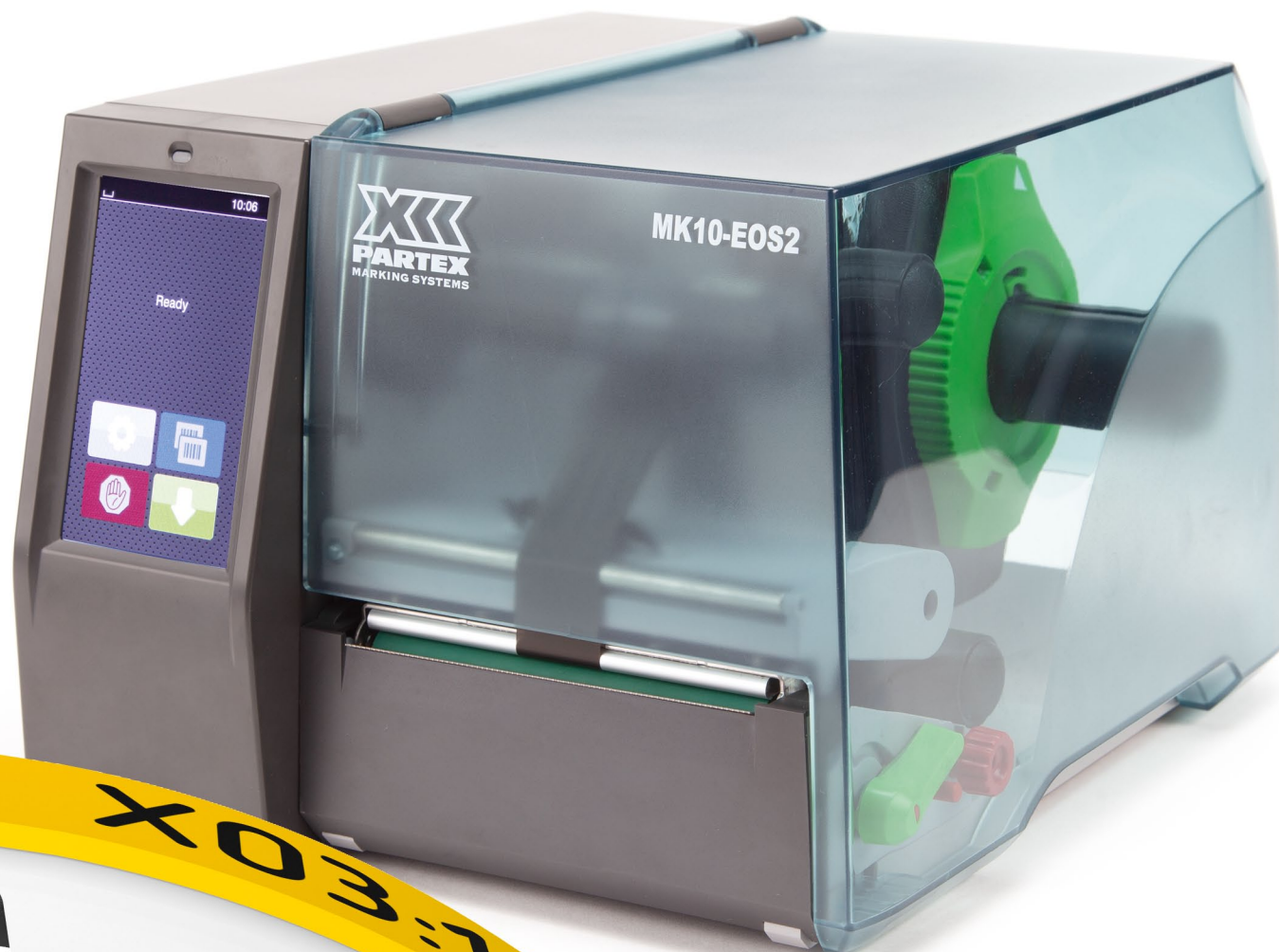
PCT – oznacznik o profilu otwartym do druku termotransferowego

koszulki termokurczliwe z serii PROSLEEVE. Na szczególną uwagę zasługuje w tym miejscu nowość na rynku: oznacznik PCT wykonany z materiałów bezhalogenowych, wolnych od kadmu i silikonu.



Nasze nowe rozwiązania

**Twoje większe możliwości**



**NOWOŚĆ**

**PIERWSZY NA ŚWIECIE**

oznacznik o profilu otwartym,  
dostępny w ciągłej formie  
do zadruku drukarkami  
termotransferowymi!

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

Unikalna budowa oznacznika i jego wyjątkowa elastyczność sprawiają, że z powodzeniem znajduje zastosowanie w miejscach trudno dostępnych lub z mocno ograniczoną przestrzenią.

Przy omawianiu tej branży warto wspomnieć, że rozwiązania Partex są stosowane np. w londyńskim metrze! Czołowi producenci pojazdów szynowych w Polsce również korzystają z tych produktów.

Norma EN 45545 dotyczy m.in. producentów pojazdów szynowych i narzuca im używanie wyłącznie certyfikowanych materiałów bez zawartości halogenów. W znakowaniu wiązek kablowych w tego rodzaju pojazdach sprawdzają się zwłaszcza owalne profile POZ wykonane z bezhalogenowego tworzywa ZEREX, które charakteryzuje się bardzo niską emisją gazów podczas pożaru. Są proste w instalacji na grupie przewodów przed ich podłączeniem oraz łatwe w czytelnym opisaniu – cała informacja zawarta jest na jednej widocznej tulejce. Doskonale do tego celu nadają się także płaskie termokurczliwe koszulki PHZF. To idealne rozwiązanie w miejscach, w których przestrzeń pomiędzy przewodami jest bardzo ograniczona i liczy się każdy dodatkowy milimetr.

Zarówno profile, jak i koszulki zadrukowuje się drukarkami termotransferowymi, które dostępne są w ofercie Partex. Proces jest szybki i intuicyjny, a nadruk można zaprojektować i wykonać nawet na miejscu przeprowadzania prac, czyli bezpośrednio przy pojeździe szynowym.

Trzeba pamiętać, że w przypadku pojazdów szynowych kluczową rolę pełni pulpit operatorski, za pomocą którego maszynista steruje pracą zestawu. Czytelność i trwałość oznaczeń przycisków i przełączników to czynnik, który bezpośrednio przekłada się na bezpieczeństwo całego przejazdu. Na osiągnięcie tego celu pozwalają przede wszystkim samoprzylepne, bezhalogenowe etykiety piankowe EPF z matową powłoką. Są odporne m.in. na wysokie temperatury, alkohole, smary, oleje i promieniowanie UV. Wyróżnia je elastyczność, dzięki której stabilnie trzymają się nawet powierzchni o nierównej strukturze. W pojazdach świetnie sprawdzają się również tabliczki z nadrukiem UV-LED.

### Oznaczniki w przemyśle morskim

Warunki w szeroko pojętym przemyśle morskim stawiają przed rozwiązaniami do oznaczeń jeszcze wyższe wymagania niż w przypadku branży kolejowej. Produkty do identyfikacji muszą pozostać trwałe i niezawodne mimo bardzo trudnych i niezwykle zmiennych czynników pogodowych oraz skomplikowanego środowiska pracy. Jakie oznaczniki sprawdzą się na statkach i platformach wiertniczych? Głównie wykonane z odpornej na pogodowe ekstrema produkty ze stali nierdzewnej, jak również oznaczenia z nadrukiem UV.

Specyfika branży *offshore* sprawia, że wszelkie prace serwisowe i związane z modernizacją przeprowadzane są przeważnie na czynnych rurociągach. Należy zatem tak dobrać elementy do identyfikacji, aby ewentualne przestoje były jak najkrótsze. Stawiamy na zminimalizowanie czasu realizacji pracy, oczywiście bez żadnej straty dla jakości i trwałości zastosowanych rozwiązań. Do znakowania kabli i rur zewnętrznych używa się przede wszystkim wytłaczanych oznaczników i tabliczek



Oznaczniki PKS ze stali nierdzewnej

ze stali nierdzewnej (np. PKS) montowanych na wkręty, nity lub przy użyciu opasek zaciskowych również ze stali nierdzewnej. Co ważne, są one dedykowane do pracy w ekstremalnych warunkach, czyli m.in. w temperaturze dochodzącej nawet do +500°C. Tabliczki z czytelnym i bardzo trwałym grawerem znajdują zastosowanie także w systemach identyfikacji rurociągów.

Należy również zwrócić uwagę na ogromną ilość kabli i przewodów zarówno na platformach wiertniczych, jak i na statkach. Prawidłowa, a jednocześnie błyskawiczna identyfikacja poszczególnych instalacji elektrycznych to jeden z gwarantów bezpieczeństwa pasażerów oraz pracowników. W zależności od momentu przeprowadzania prac można wybrać wygodne oznaczniki o profilu otwartym, oznaczenia o profilu zamkniętym lub też płaskie elementy zapinane na opaski kablowe.

### Oznaczniki w branży automotive

Automotive to kolejny segment przemysłu, w którym priorytetem jest niezawodność oraz zachowanie ciągłości prac. Pod uwagę przy wyborze oznaczników bierze się tu takie kryteria, jak odporność na bardzo wysokie temperatury oraz działanie olejów.

Co ciekawe, integratorzy automatyki przemysłowej nie dokonują znakowania samodzielnie, a korzystają przeważnie z usług podwykonawców zajmujących się identyfikacją systemów. Tworzy się tu przede wszystkim czytelne opisy wiązek kablowych.



Oznacznik PPQ



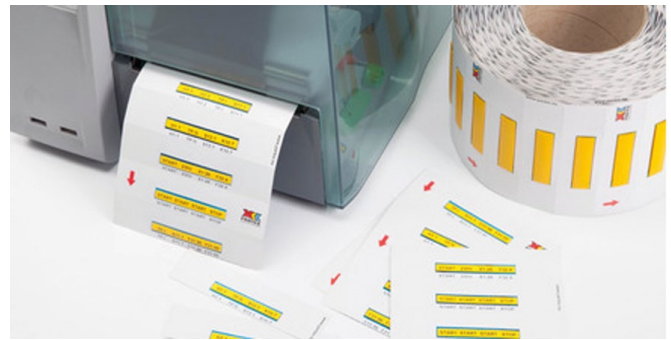
Najczęściej stosowane rozwiązania to koszulki termokurczliwe (PHZF) lub systemy oznaczeń mocowane na wiązki przewodów z wykorzystaniem opasek zaciskowych. Do znakowania węży hydraulicznych dedykowane są z kolei produkty odporne na ewentualne wycieki oleju. Sprawdzą się tu m.in. płaskie oznaczniki PPQ, oznaczniki CMD z serii PROSLEEVE oraz wielkoznakowe tabliczki ze stali nierdzewnej PKS, odporne na ekstremalne warunki pogodowe.

### Oznaczniki w lotnictwie

Lotnictwo to kolejna branża o specjalnych wymaganiach. Szybkie zlokalizowanie kabla czy innego elementu oraz wykrycie i naprawienie usterki jest tu kluczowe. Podstawę stanowi odporność na ekstremalnie wysokie temperatury, przede wszystkim w okolicach silnika, a jednocześnie bardzo niskie temperatury panujące na dużych wysokościach.

Profesjonalnego opisanie wymagają zwłaszcza wiązki kablowe. W dużych samolotach mamy do czynienia nawet z 900 kilometrami kabli! Najlepszym, polecanym rozwiązaniem dla branży lotniczej są oznaczniki kablowe z serii PROSLEEVE – odporne na temperatury zgodnie z normą UL i CSA.

Wymagania dotyczące systemów identyfikacji w poszczególnych specjalistycznych branżach wynikają przede wszystkim z wyśrubowanych norm. W takiej sytuacji nie można zdać się na przypadek i sięgać po niesprawdzone rozwiązania. Należy wybierać wyłącznie produkty wszechstronnie przetestowane, przebadane, a ponadto od firm cieszących się zaufaniem i długoletnią renomą. ■



Oznaczniki z serii PROSLEEVE

**X<sub>CC</sub> PARTEX**  
MARKING SYSTEMS

PARTEX MARKING SYSTEMS Sp. z o.o.

ul. Małgorzatowo 1C

87-162 Lubicz

tel. 56 659 08 02

www.partex.pl

Quality  
Long-term  
Closeness

reklama

## Które wydanie miesięcznika jest dla Ciebie?

9/2021

Automatyka w energetyce

10/2021

Hydraulika, pneumatyka i sterowanie

11/2021

Automatyzacja produkcji

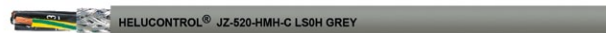
12/2021

Cyfryzacja w przemyśle

# Właściwości i znaczenie przewodów HELUCONTROL® – zgodne z Europejską Dyrektywą Budowlaną CPR

Przewody HELUCONTROL® JZ-520-HMH LS0H GREY i HELUCONTROL® JZ-520-HMH-C LS0H GREY są przeznaczone w szczególności do stosowania w miejscach oraz budynkach skupiających dużą ilość osób, czyli w budynkach o charakterze Zagrożenia Ludzi (ZL), w których należy zapewnić bezpieczeństwo pożarowe na bardzo wysokim poziomie. Do takich budynków zaliczamy m.in.: biurowce, wieżowce, szpitale, instytucje oświaty oraz kultury, lotniska, dworce, metro. Przeznaczone są również do realizacji układów pomiarowych, monitorujących i sterujących w obrabiarkach, systemach przenośników taśmowych, liniach produkcyjnych, instalacjach przemysłowych i klimatyzacji. Odpowiednie do stosowania w stałych i elastycznych aplikacjach z niewielkim lub średnim obciążeniem mechanicznym, okazjonalnym swobodnym ruchem i brakiem obciążenia rozciągającego. Przewody nadają się do stosowania nie tylko w suchych, ale także w wilgotnych lub nawet mokrych miejscach oraz do mocowania/prowadzenia na powierzchni ściany. Są również olejoodporne.

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



Przewody HELUCONTROL® – nieekranowane i ekranowane (wersja „C”)

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

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

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

Przewód posiada żyły wielodrutowe giętkie kl. 5, co pozwala użytkownikowi je nie tylko do połączeń stacjonarnych, ale też

w większości rodzajów połączeń ruchomych. Minimalny promień zginania przewodów dla ułożenia na stałe i połączeń elastycznych (ruchomych) wynosi odpowiednio  $4\varnothing$  i  $12,5\varnothing$  przewodu. Przewody te zostały tak skonstruowane, aby w obu wersjach – ekranowanej i nieekranowanej – mieć taki sam promień zginania, co nie jest zbyt często spotykane.

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

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

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

Niektóre liczby żył są dostępne bez żyły ochronnej.

Pod względem właściwości pożarowych przewód posiada klasę CPR: B2ca, gdzie „B2” – oznacza klasę palności, a „ca” – jest skrótem od słowa „cable”, stosowanym w celu odróżnienia od innych wyrobów budowlanych.

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

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

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

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

d0 – brak płonących kropli,

a1 – konduktywność  $< 2,5$   $\mu$ S/mm i pH  $> 4,3$ ,

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



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

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

- ocenie właściwości użytkowych wyrobu (budowlanego) na podstawie badań (w tym pobrania próbek);
- wstępnej inspekcji zakładu produkcyjnego i zakładowej kontroli produkcji;
- stałemu nadzorowi, ocenie i ewaluacji zakładowej kontroli produkcji;
- kontrolnemu pobraniu próbek, dokonanemu przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu.

Na rysunku obok przedstawiamy fragment certyfikatu dla danych przewodów.

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

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

Product type:	HELUKABEL® HELUCONTROL® JZ-520 HMH-C LSOH GREY Constructions: from 2x0,5 to 7x10						
Manufacturer:	HELUKABEL GmbH Dieselstr. 8-12 71282 Hemmingen						
Intended use:	Cables and wires for the transmission of electricity and electronic signals (data) in buildings						
Systems of assessment and verification of constancy of performance (AVCP):	1+						
Harmonised standard:	EN 50575:2014+A1:2016						
Certification body:	NB 2728						
Declared performance:							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Performance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reaction to fire</td> <td>B2ca s1a, d0,a1</td> </tr> <tr> <td>Hazardous substances</td> <td>NPD</td> </tr> </tbody> </table>		Performance	Reaction to fire	B2ca s1a, d0,a1	Hazardous substances	NPD
	Performance						
Reaction to fire	B2ca s1a, d0,a1						
Hazardous substances	NPD						

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



reklama




Kable, przewody i osprzęt kablowy.  
Tysiące produktów w jednym miejscu.

■ szybka pomoc konsultanta

■ porównywarka produktów

■ zamówienia realizowane w 24 h

■ wyprzedaże

■ korzyści dla stałych klientów



Sprawdź kod QR  
lub odwiedź  
naszą stronę:  
[sklephelukabel.pl](http://sklephelukabel.pl)



Najwyższa  
jakość  
produktów



Wsparcie  
techniczne  
i handlowe



Błyskawiczna  
dostawa  
towarów

# System selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego (SSZZ) w sieci niskiego napięcia z izolowanym punktem neutralnym (IT)

Michał Brocki, Adam Sobel

## 1. Wstęp

Spośród wielu rodzajów zakłóceń występujących podczas pracy sieci rozdzielczych, najczęściej mamy do czynienia ze zwarciami doziemnymi (stanowią one 70–90% wszystkich zwarc). W wyniku ich powstania może dojść do uszkodzenia elementów składowych sieci, jak i współpracujących z nią urządzeń odbiorczych. W celu ograniczenia niepożądanych skutków stosuje się urządzenia zabezpieczeniowe, których zadaniem jest detekcja i likwidacja powstałych zakłóceń. Od zainstalowanych zabezpieczeń wymaga się, aby ich działanie było pewne, selektywne i możliwie jak najszybsze. W artykule opisano rozwiązania dotyczące sieci z izolowanym punktem neutralnym (IT).

## 2. Opis stosowanych rozwiązań

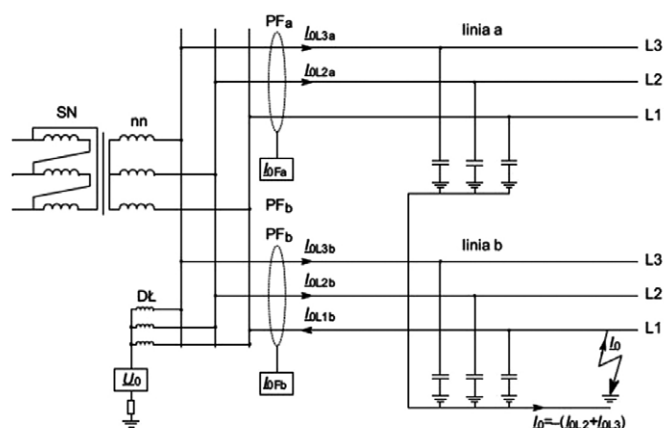
Powszechnie stosowane zabezpieczenia od zwarc doziemnych w sieciach IT ze względu na sposób wykrywania doziemień można podzielić na dwie grupy:

- działające w oparciu o pomiar rezystancji doziemnej (zabezpieczenia upływnościowe);
- działające w oparciu o wartości skuteczne prądów i napięć występujących w sieci.

Urządzenia z pierwszej grupy są stosowane głównie w sieciach nn, natomiast urządzenia drugiej grupy znajdują zastosowanie w sieciach SN. W przypadku zabezpieczeń upływnościowych wprowadza się źródło sygnału pomiarowego, które włączone jest pomiędzy ziemię – odniesieniem a punktem neutralnym sieci. Potencjał punktu neutralnego uzyskuje się najczęściej za pomocą trzech dławików połączonych w gwiazdę (rys. 1).

W najprostszych rozwiązaniach sygnał pomiarowy jest napięciem stałym. Na podstawie jego wartości oraz wartości płynącego prądu oblicza się rezystancję doziemną sieci. W przypadku, gdy wartość mierzonej rezystancji spadnie poniżej ustawionego progu rozruchowego, dochodzi do zadziałania zabezpieczenia, efektem czego jest wyłączenie sieci. Rozwiązanie takie najlepiej nadaje się do sieci o strukturze nierozbudowanej, gdyż w przypadku występowania wielu odplywów nie jest możliwe zapewnienie selektywności, tj. zidentyfikowania, w którym odplywie doszło do doziemienia. W przypadku, gdy selektywność jest wymagana, stosuje się bardziej zaawansowane metody pomiaru upływności.

Metody te wymagają zastosowania kluczowanego napięcia pomiarowego, dostosowującego się do parametrów sieci. Dodatkowo konieczne jest zastosowanie przekładników posiadających szerokie pasmo częstotliwościowe, zainstalowanych w różnych miejscach sieci, oraz zaawansowanych filtrów pomiarowych, pozwalających na oddzielenie prądów upływnych



Rys. 1. Schemat sieci nn z izolowanym punktem neutralnym, przedstawiający rozptył składowej zerowej prądu w przypadku powstania zwarcia doziemnego

pochodzących z napięcia sieciowego od prądów upływowych pochodzących z układu pomiarowego. Z uwagi na powszechność stosowania przekształtników półprzewodnikowych przebiegi prądów i napięć sieciowych są mocno zniekształcone. W takiej sytuacji istnieją trudności z rozróżnieniem, które składowe przebiegów pochodzą ze źródła pomiarowego, a które pochodzą ze zniekształceń rozptyłów sieciowych. W takiej sytuacji dochodzi do zwiększenia niepewności wykrywania doziemienia, a w praktyce w celu wyeliminowania zbędnych wyłączeń najczęściej wydłuża się czas reakcji zabezpieczeń. Ponadto większość rozwiązań zabezpieczeń ziemnozwarciowych istniejących na rynku niestety nie pracuje selektywnie. Zabezpieczenia te wyłączają wyłącznik główny, z którego jest zasilanych 2, 3, 4 i więcej odplywów. Odplywy te są wtedy pozbawiane napięcia.

## 3. Nowe podejście – selektywność rozwiązania

Z powodu powyżej opisanych niedogodności w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym przy współpracy z OPA-ROW podjęto prace badawcze związane z możliwością zastosowania zabezpieczeń działających w oparciu o wartości skuteczne prądów i napięć występujących w sieci, na zasadzie podobnej do tej, która jest szeroko wykorzystywana w sieciach SN.

W ramach przeprowadzonych prac dokonano wdrożenia rozwiązania działającego w oparciu o wartości skuteczne składowych zerowych prądów i napięć. Jako kryterium działania



zastosowano zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe, którego wartość rozruchowa wyliczana jest za pomocą zależności:

$$I_r = \frac{I_m}{\cos(\varphi_0 + \alpha)}$$

gdzie:

$I_r$  – wyliczana wartość prądu rozruchu;

$I_m$  – prąd maksymalnej czułości (wartość nastawiana);

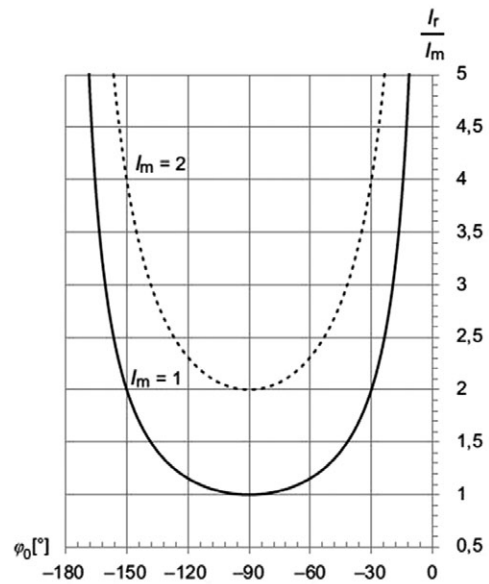
$\varphi_0$  – zmierzony kąt fazowy między  $U_0$  i  $I_0$ ;

$\alpha$  – nastawa kąta.

Pod uwagę brana jest tylko dodatnia wartość rozruchowa, gdyż mierzona wartość prądu (RMS) jest zawsze dodatnia. Dla przyjętej zależności opisującej wartość rozruchową zabezpieczenia ustawiono wartość kąta  $\alpha$  równą  $90^\circ$ . Wartość maksymalnej czułości była zmieniana w zależności od spodziewanych wartości prądów. Na rys. 2 pokazano dwie charakterystyki wartości rozruchowych dla różnych wartości prądu maksymalnej czułości.

#### 4. Implementacja metody w urządzeniu zabezpieczeniowym

W przypadku sieci IT nn występujące prądy ziemnozwarciowe mają niską wartość w porównaniu z prądami



Rys. 2. Przyjęta charakterystyka rozruchowa dla dwóch wartości prądu maksymalnej czułości ( $I_m = 1$ ;  $I_m = 2$ )

ziemnozwarciowymi w sieciach SN, gdyż wartość ta zależy głównie od napięcia sieci oraz pojemności doziemnej układu. Z tego względu zastosowano urządzenie CSP 500 (pokazane na rysunku 3), ze zmodyfikowanymi torami pomiarowymi

reklama



**ZAPRASZAMY  
do współpracy**

**OPA-ROW sp. z o. o.**

adres: ul. Rymera 40 c

44-270 Rybnik

NIP: 642 00 22 939

tel: +48 32 7398803

fax: +48 32 4222744

@: office@opa-row.pl

www: www.opa-row.pl

**OCHRONA  
ŚRODOWISKA**



**ELEKTRO-  
ENERGETYKA**



**NAPĘDY**



**GÓRNICZE  
WYCIĄGI  
SZYBOWE**



**URZĄDZENIA  
PRZECIW-  
WYBUCHOWE**



**AUTOMATYKA  
I ELEKTRONIKA  
PRZEMYSŁOWA**



w stosunku do standardowego wykonania, w którym zwiększono czułość pomiarową toru  $I_0$  (pomiar od 0,1 mA). Tor pomiarowy  $U_0$  został wykonany w wersji wysokoimpedancyjnej (impedancja wejściowa  $> 10 \text{ M}\Omega$ ).

Urządzenie wyposażone jest w zabezpieczenie ziemnozwarciowe chroniące selektywnie elementy składowe sieci przed skutkami zwarć doziemnych. Sterownik realizuje również funkcje zabezpieczeń przeciążeniowych, zwarciovych, napięciowych, technologicznych i innych. Posiada wejścia i wyjścia swobodnie konfigurowalne, pozwalające na projektowanie układów sterowań i zabezpieczeń.



Rys. 3. Urządzenie CSP 500 z zaimplementowanym zabezpieczeniem ziemnozwarciowym kierunkowym pracujące w sieciach nn

W przypadku obiektu, na którym zostało wdrożone urządzenie CSP 500, wartości spodziewanych prądów doziemnych były na poziomie od 0,1 A do 1 A, co powodowało dodatkowe trudności pomiarowe. Z tego względu klasyczne przekładniki Ferrantiego przeznaczone do zabezpieczeń zostały zastąpione przez bardziej czułe, przeznaczone do celów pomiarowych. Zwiększono ponadto wzmocnienie torów pomiarowych sterowników zabezpieczeniowych, aby umożliwić pomiary prądów o bardzo małych wartościach. Dla wspomnianego obiektu przyjęte rozwiązanie okazało się wystarczające, co zostało potwierdzone doświadczalnie. Przeprowadzone zostały próby ruchowe polegające na doziemianiu wybranych fragmentów sieci w czynnym zakładzie górniczym. Zabezpieczenia działały w sposób pewny i selektywny. Dodatkowo podczas eksploatacji zabudowanych sterowników na zakładzie przerobczym zakładu górniczego udało się wychwycić w jednym z odpływów rzeczywistą usterkę, która objawiała się okresowo i związana była z uruchamianiem obwodów grzałek w zasilanym urządzeniu. Sterownik CSP 500 szybko i selektywnie wyłączał odpływ w momencie załączania przez odbiornik grzałek, w których obwodzie występowało doziemienie, co potwierdziło w praktyce skuteczność i pewność działania.

### 5. System selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego

W sieciach niskiego napięcia z izolowanym punktem neutralnym mogą być zastosowane w zależności od wymagań bezpieczeństwa różne systemy zabezpieczeń. W sieciach tych powszechnie stosuje się zabezpieczenia upływowe centralne:

- działające na sygnalizację w przypadku obniżenia stanu izolacji sieci;
- działające na wyłączenie ze zwłoką czasową;
- działające na wyłączenie bezzwłoczne lub krótkozwłoczne.

Ponadto z reguły stosowane są zabezpieczenia takie, jak: przeciążeniowe, zwarciovowe, podnapięciowe i inne. Różne są również wymagania w stosunku do układów sterowania i zabezpieczeń technologicznych. W efekcie dla każdego układu rozdzielczego w sieci IT należy zaprojektować odrębny system zabezpieczeń i sterowania.

Uniwersalny system działający we współpracy z różnymi zabezpieczeniami centralnymi i dla różnych konfiguracji zabezpieczeń został zaprojektowany i wdrożony przez OPA-ROW i Instytut Tele- i Radiotechniczny.

System ten przeznaczony jest do pracy w sieciach na napięcie od 25 V do 1000 V IT (z izolowanym punktem neutralnym transformatora połączonym w gwiazdę) lub w sieciach, gdzie transformator po stronie nn jest połączony w trójkąt.

Podstawowym elementem systemu jest zabezpieczenie CSP 500, które jest zainstalowane na każdym kontrolowanym odpływie. CSP 500 przeznaczony jest do zabezpieczania pól zasilających, odpływowych. Sterownik CSP 500 może być stosowany na powierzchni oraz w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych niezagrażonych wybuchem metanu, stanowiących wyrobiska ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu i w wyrobiskach zaliczanych do klasy „A” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

System selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego SSZZ wyłączy obwód doziemiony, pozostawiając pozostałe odpływy pod napięciem. Jeżeli nastąpi uszkodzenie któregoś z zabezpieczeń CSP 500 i pojawi się doziemienie na odpływie z uszkodzonym CSP 500, SSZZ wyłączy wszystkie odpływy lub (i) wyłącznik główny nn lub (i) zasilanie transformatora.

Należy zaznaczyć, że system selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego SSZZ wprowadza znaczne oszczędności w postaci wyłączenia tylko uszkodzonych części sieci elektroenergetycznych oraz przede wszystkim zwiększy bezpieczeństwo pracy ludzi, maszyn i urządzeń poprzez:

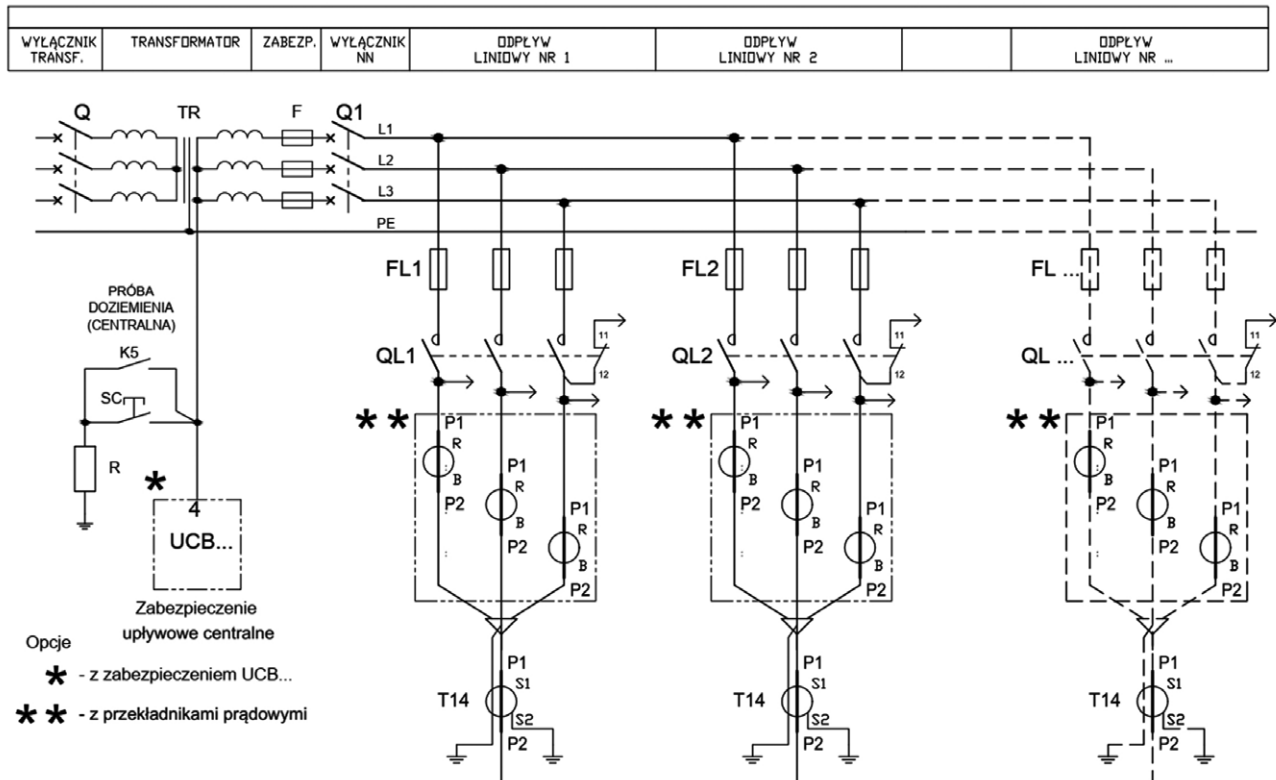
- skrócenie czasu lokalizacji doziemienia (często występującego doziemienia przemijającego, które są trudne w lokalizacji);
- utrzymanie pracy pozostałych maszyn i urządzeń (nieuszkodzonych odpływów);
- zmniejszenie liczby uszkodzeń maszyn i urządzeń, które nagle zostają pozbawione napięcia, np.: łamanie noży na urządzeniach skrawających, wierzących, zasypywanie taśm, przerwy w procesach technologicznych itp.;
- ograniczenie przepięć w sieci zasilającej, które powodują uszkodzenia zasilaczy, transformatorów, silników, kabli itp.;
- znaczące ograniczenie czasu postoju maszyn i urządzeń.

System selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego można stosować w różnych wariantach, wykonaniach, maszynach i urządzeniach. Może być zabudowany w stacjach transformatorowych przewoźnych, stacjonarnych, w rozdzielnicach nn i innych.

Może pełnić następujące funkcje:

- zabezpieczenia selektywnego ziemnozwarciowego;
- zabezpieczenia selektywnego centralno-blokującego;





Rys. 4. SSZZ dla sieci trójfazowej do 500 V AC – obwody silnopiętrowe

- przekaźnika selektywnego ziemnozwarciowego;
- zabezpieczenia przeciążeniowego, zwarciego, nadnapięciowego, podnapięciowego, nadczęstotliwościowego, podczęstotliwościowego, od szybkości zmian częstotliwości, rozruchowego silnika, od częstotliwości rozruchów, od zahamowania wirnika (utyk), od kolejności wirowania faz, od asymetrii zasilania, przeciążeniowe – model cieplny, od współczynnika mocy, mocowego kierunkowego, zwrotnomocowego, technologicznego działającego na podstawie stanów wejść dwustanowych, uniwersalnego działającego na podstawie stanów wejść dwustanowych, kontrolującego stan pola, odpływu itd.

Przykładowy schemat aplikacyjny SSSZ przedstawiono na rys. 4.

SSZZ może pracować jako osobny element, który można włączyć szeregowo pomiędzy odpływ z istniejącej rozdzielni a odbiornik. Liczba odpływów nie jest niczym ograniczona.

SSZZ jest przystosowany do wykonania zdalnej kontroli doziemienia oraz umożliwia zdalne kasowanie zadziałania zabezpieczenia. System można dobudować do istniejących układów kontroli doziemień.

SSZZ może zostać podłączony za pośrednictwem protokołu MODBUS-TCP do systemu sterowania i nadzoru i na bieżąco przekazywać informacje o pracy zabezpieczenia, takie jak: awarie, ostrzeżenia, stany łączników itp. Jeżeli zakład nie posiada systemu sterowania i nadzoru, istnieje możliwość podłączenia wyjść urządzenia do klasycznych kaset sygnalizacyjnych w celu realizacji sygnalizacji optycznej i akustycznej. System

może skutecznie współpracować z istniejącymi na rynku zabezpieczeniami centralno-blokującymi, zapewniając wysokie bezpieczeństwo i niezawodność pracy chronionej sieci.

## 6. Podsumowanie

Istotną zaletą SSZZ dzięki zastosowaniu sterownika polowego jako zabezpieczenia od zwarców doziemnych w miejsce klasycznych zabezpieczeń jest łatwa integracja z systemami sterowania i nadzoru typu SCADA oraz możliwość realizacji złożonych układów automatyki sterowania i zabezpieczeń technologicznych. Pierwsze wdrożenia wykonane w zakładach przerobczych potwierdziły możliwość całkowitej rezygnacji ze stosowania dodatkowych sterowników PLC w celu sterowania załączaniem poszczególnych urządzeń procesu technologicznego. Zrealizowano układy kaskadowego załączania/wyłączania poszczególnych odpływów wraz z kontrolą zabezpieczeń technologicznych, takich jak czujniki ruchu taśmy, czujniki zbiegu taśmy, czujniki zasypowe, czujniki temperatury silników itp., bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń. Takie rozwiązanie projektowe pomaga wprowadzić duże oszczędności finansowe przy realizacji układów zasilania i sterowania relatywnie prostych obiektów technologicznych (np. duża część ciągów technologicznych zakładów przerobczych).

# Inteligentna technologia napędowa NORD zapewnia komfort dla zwierząt w oborze

Odkąd Duńczycy z firmy Celi Invest przeszli na technologię napędową firmy NORD DRIVESYSTEMS, ich szczotki dla krów działają doskonale. Inteligentne i wytrzymałe napędy zapewniają niezawodną, bezpieczną i wydajną pracę. Rezultat mówi sam za siebie: szczęśliwe krowy i zadowoleni rolnicy.

**A**by wyczyścić skórę, krowy lubią ocierać się o drzewa lub o ziemię. Oprócz czystości to drapanie ma inny ważny efekt. Stymuluje ukrwienie skóry i przemianę materii oraz poprawia zdrowie i samopoczucie zwierząt. W oborze rolę drzew przejmują tzw. krowie szczotki.

– Szczotki dla krów to prawdziwa rewolucja w pielęgnacji tych zwierząt – mówi Carsten Papuga, dyrektor zarządzający Celi Invest ApS, duńskiego producenta szczotek dla krów. – Udo- wodniono naukowo, że zdrowe krowy produkują więcej mleka. Nasze szczotki umożliwiają dokładną pielęgnację skóry i dobro- czynne masaże, aby zapewnić krowom większy komfort. Ma to pozytywny wpływ na produkcję mleka.

Fakt, że Carsten Papuga produkuje teraz szczotki dla krów, jest czymś w rodzaju zbiegu okoliczności. W rzeczywistości od ponad 30 lat firma jest dobrze znana ze swoich mobilnych systemów mycia autobusów i ciężarówek.

– Kilka lat temu jeden z naszych klientów, zajmujący się trans- portem świń i bydła, powiedział nam o nowym prawie, które zobowiązuje duńskich rolników do instalowania jednej szczotki na każde 50 krów w oborze, i powiedział: Powiniście produkować szczotki dla krów – wspomina dyrektor Papuga. – Śmiały- śmy się z tego. Jednak klient pozostał nieugięty, więc zaczęliśmy pracować nad tym pomysłem.

Następnie odbyło się wiele dyskusji z rolnikami i konkluzja: solidność i niezawodność są niezbędne.

– Krowy są bardzo silne. Oprócz tego szczotki pracują od 15 do 18 godzin dziennie – będą bardzo obciążone i muszą być solidnie wykonane – wyjaśnia Duńczyk.



We wrześniu 2015 roku Celi Invest wprowadził na rynek pierwszą szczotkę dla krów, początkowo bez napędów NORD – co okazało się błędem, bo kilka urządzeń się popsuło.

– Z tego powodu szybko zmieniliśmy napędy na produkowane przez NORD. Używamy tych napędów od wielu lat w naszych szczotkach do autobusów i ciężarówek i znamy ich pierwszo- rzędną jakość. Jednak kiedy zaczęliśmy od szczotek dla krów, NORD nie był jeszcze w stanie spełnić naszych wymagań doty- czących kontroli i cen – dodaje.

Inżynierowie NORD ds. Rozwoju i aplikacji intensywnie pra- cowali nad rozwiązaniem i od początku 2017 roku Celi Invest sprzedaje swoje szczotki dla krów wyłącznie z technologią z północnych Niemiec.

– Obecnie mamy w użyciu ponad 400 przekładni NORD. Od tego czasu nie było już reklamacji, a wszystkie jednostki napędowe działają doskonale. My i nasi klienci jesteśmy bar- dzo zadowoleni – zachwyca się Papuga. – Obsługa jest również doskonała. NORD dobrze o nas dba.

## Niezawodna technologia napędowa firmy NORD

NORD DRIVESYSTEMS jest jednym z wiodących między- narodowych dostawców w branży i dostarcza w pełni dopaso- wane systemy napędowe składające się z przekładni, silników i przemienników częstotliwości dla ponad 100 gałęzi przemysłu. Specjalista od napędów dostarczył do duńskich szczotek dla krów wydajną kombinację składającą się z dwustopniowego motoreduktora walcowego NORDBLOC.1 i przemiennika







częstotliwości NORDAC BASE. Silnik, sterownik i przekładnia tworzą jednostkę przymocowaną do szczotki dla krów, która nie porusza się wraz z obrotami szczotki, ale raczej pozostaje sztywna.

– W przypadku produktów naszych konkurentów silnik i przekładnie poruszają się razem ze szczotką. Dlatego uszkodzenia i zużycie są nieuniknione – wyjaśnia Papuga i podkreśla: – Nasze szczotki dla krów jako jedyne na rynku mają mocną konstrukcję napędu. To wyklucza zerwanie kabla.

Uniwersalne przeguby pomiędzy silnikiem a szczotką oraz 40-milimetrowe łożyska ze stali nierdzewnej w przedniej części silnika również zapewniają maksymalną trwałość. Oba komponenty pochłaniają momenty i zmniejszają obciążenie silnika.

Ponadto napędy NORD są energooszczędne w eksploatacji, mają zwartą konstrukcję, dużą niezawodność i długą żywotność. Innowacyjna konstrukcja motoreduktorów walcowych

NORDBLOC.1 gwarantuje cichą i bezpieczną pracę. Dzięki zmywalnej konstrukcji napędy spełniają nawet najsurowsze wymagania higieniczne. Przekładnie nie posiadają żadnych przegubów ani zaślepek. Zwiększa to stabilność produktu, a jednocześnie zapewnia gładszą powierzchnię, na której nie mogą gromadzić się ani płyny, ani ciała stałe. Powłoka Certonal chroni elektronikę przed kondensacją.

### Większe bezpieczeństwo i wydajność dzięki inteligentnym funkcjom

Szczotki dla krów są sterowane przez przetwornicę częstotliwości NORDAC BASE. Kompaktowy i wytrzymały falownik jest specjalnie zaprojektowany do prostych zastosowań i jest wyjątkowo ekonomiczny. Dzięki integracji sterownika PLC funkcje specyficzne dla aplikacji związane z jednostką napędową mogą być efektywnie programowane i parametryzowane w taki sam sposób, jak inne funkcje NORDAC BASE-SK 180E. Szczotka zaczyna się obracać, gdy tylko krowa się o nią otrze. W przypadku zbyt dużego oporu, na przykład przy uwięzieniu ogona, szczotka zatrzymuje się, a następnie obraca w przeciwnym kierunku. Ponadto kierunek obrotów zmienia się przy każdym starciu oraz w odstępach co pięć minut. Zapewnia to równomierne zużycie elementów szczotki.

– Ta inteligencja jest dla nas bardzo ważna. Podoba nam się również fakt, że możemy wprowadzać drobne zmiany w programie – mówi Carsten Papuga. – Na przykład możemy zmniejszyć

reklama

## TAKICH DWÓCH, JAK NAS TRZECH TO NIE MA ANI JEDNEGO

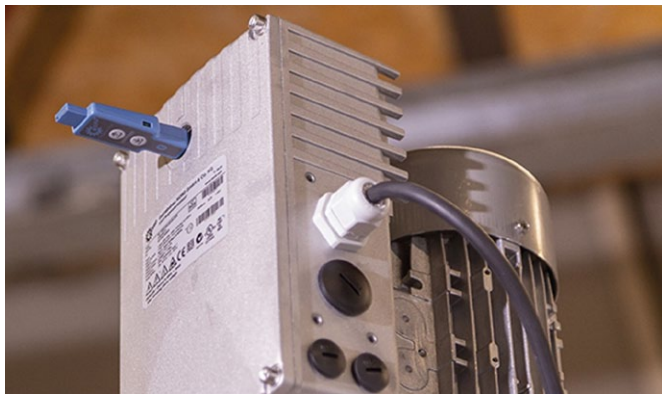
Innowacyjne, kompatybilne, przyszłościowe:  
DuoDrive, IE5+ i NORDAC ON.



- ▶ Niezwykle wysoka wydajność systemu
- ▶ Zaprojektowane z myślą o przemyśle spożywczym i intralogistyce
- ▶ Kompaktowa, higieniczna konstrukcja zapewnia maksymalną wszechstronność
- ▶ Zoptymalizowana przestrzeń montażowa



NORD Napędy | +48 12 288 99 00 | biuro@nord.com | www.nord.com



moment obrotowy, jeśli użyjemy tej samej szczotki dla mniejszych krów – ponieważ mniejsze krowy mają krótsze ogony.

Kolejną zaletą jest funkcja oszczędzania energii dla zakresu obciążenia częściowego: moc silnika dostosowuje się automatycznie do zmian obciążenia zgodnie z aktualnymi wymaganiami. Zapewnia to energooszczędną pracę. Pomaga w tym również zastosowanie przekładni zębatych. Mogą one osiągnąć wydajność do 98 procent – a zatem zużywają co najmniej 50 procent mniej energii niż inne porównywalne szczotki. Większość producentów stosuje silniki jednofazowe z przekładniami ślimakowymi, których sprawność w najgorszym przypadku nie przekracza nawet 60 procent. Pod względem żywotności są one również gorsze od reduktorów walcowych stosowanych w Celi Invest.

### Łatwe uruchomienie

Celi Invest używa nowego pendrive'a od NORD – czyli modułu Bluetooth NORDAC ACCESS BT z aplikacją NORD-CON do parametryzacji napędów szczotek dla krów. Rozwiązanie mobilne umożliwia tymczasowe połączenie bezprzewodowe i oferuje użytkownikom zupełnie nowe opcje sterowania

i optymalizacji ich jednostek napędowych NORD. Dzięki funkcji pomocy i szybkiemu dostępowi do parametrów parametryzacja jest szybka i prosta, a uruchomienie można przeprowadzić bardzo szybko. Ponadto aplikacja ma dalsze praktyczne funkcje, takie jak funkcja tworzenia kopii zapasowych i przywracania do prostej obsługi parametrów napędu przemiennika częstotliwości, a także indywidualnie konfigurowalną funkcję oscyloskopu do analizy napędu. Samouczki wideo i możliwość bezpośredniego kontaktu z działem wsparcia NORD dodatkowo pomagają użytkownikom w ich pracy. NORDAC ACCESS BT służy jako łącznik między systemem napędowym a aplikacją, dzięki czemu użytkownicy mają praktyczny dostęp do danych napędu i zachowują pełną kontrolę dostępu. Pendrive NORD może być również używany bez aplikacji do przesyłania parametrów pomiędzy poszczególnymi przetwornicami częstotliwości.

### Pełna satysfakcja

Do klientów Celi Invest ApS należy Sjoerd Ydema. Rolnik prowadzi gospodarstwo z 450 krowami i uprawia trawę, kukurydzę i zboża na powierzchni 600 ha. Dla zwierząt dostępnych jest w sumie dwanaście krowich szczotek.

– Używamy szczotek firmy Celi Invest od około dwóch i pół roku i jesteśmy z nich bardzo zadowoleni. Napędy działają dobrze i obecnie nie ma żadnych problemów – wyjaśnia Sjoerd Ydema, który dodaje: – Mieliliśmy kiedyś kilka szczotek z innej firmy. Jednak obecnie prawie wszystkie wymieniliśmy na szczotki Celi Invest z silnikami NORD. Uważamy, że te są najlepsze.

Konkurencyjne produkty również nie są już opcją w Celi Invest ApS.

– Dzięki firmie NORD mamy bardzo niezawodny produkt. Nikt nie ma tak dobrych przekładni, jak te. ■

NORD Napędy Sp. z o.o.

## Podstawy elektroniki



Wydanie I  
Augustyn Chwaleba, Bogdan Moeschke,  
Grzegorz Płoszajski, Piotr Majdak,  
Piotr Świstak

Książka ma charakter podręcznika o bardzo szerokim zakresie tematycznym – od współczesnych materiałów elektronicznych przez elementy i układy elektroniczne analogowe i cyfrowe, elementy elektronicznej techniki pomiarowej aż do najnowszych elektronicznych urządzeń

pomiarowych – stosowanych w różnych dziedzinach (między innymi w ochronie środowiska).

Książkę charakteryzuje staranny dobór materiału oraz przystępny sposób prezentowania często trudnych zagadnień – od teorii aż do projektowania. Zaletą książki są pytania i zadania kontrolne, które pozwalają na bieżące sprawdzanie opanowania wiadomości.

Zespół autorski to połączenie doświadczenia dydaktycznego inżynierskiego (A. Chwaleba, B. Moeschke, G. Płoszajski) i młodości (P. Majdak i P. Świstak).

Z książki mogą nauczyć się podstaw elektroniki osoby z wykształceniem średnim, studenci wyższych uczelni, inżynierowie różnych specjalności i uczniowie techników oraz samoucy. ■

reklama



**ROBOTYKA.PL**

centrum polskiej robotyki



# Bezpieczeństwo w kopalniach – problem w nowym tysiącleciu

Bezpieczeństwo w kopalniach stało się głównym zagadnieniem nowego tysiąclecia. Ochrona pracowników w kopalniach podziemnych i odkrywkowych jest niezwykle ważna. Smart Protection SRL jest głównym włoskim producentem zabezpieczeń do węży hydraulicznych. Nasze doświadczenie z klientami na całym świecie popchnęło nas do opracowania specjalnej gamy zabezpieczeń węży na wszystkie zagrożenia, które mogą uszkodzić przewody hydrauliczne: wstrząsy, ścieranie, ogień, iskry, rozerwanie itp.

Wszystkie typy węży posiadają specjalne certyfikaty MSHA (*Mine Safety And Health Administration*) w Stanach Zjednoczonych, która jest oficjalną instytucją uznawaną na całym świecie.

## KOVERTEC HT MSHA IC207/05

Plastikowa folia spiralna w rozmiarach od 9,5 do 90 mm do ochrony przed ekstremalnym ścieraniem w zakresie temperatur od -40 do +125°C.

Jej zaokrąglony kształt jest idealny do ochrony pojedynczych węży lub wiązek o małym promieniu gięcia.



## TEXSLEEVE MSHA IC207/01

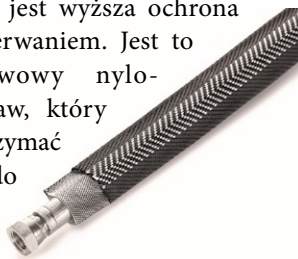
Doskonałe połączenie ekstremalnej odporności na ścieranie (ponad 200 000 cykli zgodnie z ISO 6945) i wysoce skutecznych właściwości antydyfuzyjnych. Rękaw jest stale testowany pod kątem występowania nieszczelności.

Posiada certyfikat odporności na promieniowanie UV zgodnie z normą EN13758-1 i jest zgodny z MDG-41 Australian Spec.



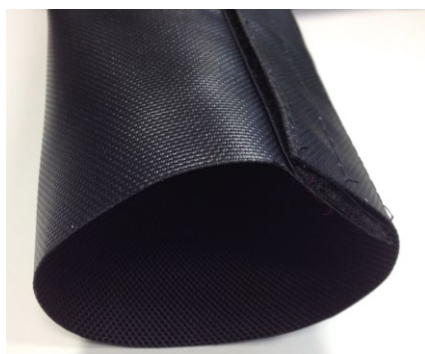
## TEXGUARD MSHA IC207/06

Produkt do zastosowań, w których wymagana jest wyższa ochrona przed rozerwaniem. Jest to dwuwarstwowy nylonowy rękaw, który może wytrzymać ciśnienie do 350 barów.



## TEXWRAP MSHA IC207/02

Składany rękaw nylonowy z systemem zamykania na rzepy. Idealny do ochrony pojedynczych węży lub wiązek, gdy są one już zainstalowane. Jego zewnętrzna powierzchnia pokryta jest warstwą PU, która zwiększa jego odporność na ścieranie i właściwości izolacyjne.



## Węże pneumatyczne i akcesoria do ochrony i grupowania przewodów hydraulicznych



OSŁONY I ZABEZPIECZENIA ZAPOBIEGAJĄCE WYCIEKOWI OLEJU, ODPORNE NA ABRAZJE I WARUNKI ATMOSFERYCZNE



RĘKAWY I ZABEZPIECZENIA Z WŁÓKNA SZKLANEGO, POWLECZONE SILIKONEM, ODPORNE NA OGIEŃ I WYSOKĄ TEMPERATURĘ



TERMOPLASTYCZNE SPIRALNE ODPORNE NA ABRAZJE, TEMPERATURĘ I WARUNKI ATMOSFERYCZNE



WĘŻE PNEUMATYCZNE I SPIRALNE



SMART PROTECTIONS S.r.l.  
Via Montorfano, 66  
22032 Albese con Cassano (Co) Włochy  
Tel. +39 031622602  
sales@smartprotections.com  
www.smartprotections.com

Dostarczany jest w rolkach, które mogą być cięte przez użytkownika końcowego na żadaną długość bez generowania odpadów.

Możemy także wyprodukować niestandardowe rozwiązania według specyfikacji klienta.

### TEXSTRIP MSHA IC207/04

Nylonowe pasy samozaciskowe do zastosowań w trudnych warunkach. Prosta konstrukcja w dwóch wersjach – bez lub z oczkiem w przypadku, gdy istnieje potrzeba zawieszenia lub zamocowania węża w określonym miejscu w maszynie.



### SHILTEK FIRESLEEVE MSHA IC207/03

Rękaw stworzony zgodnie z normą lotniczą AS 1072 Typ 2. Składa się z włókna szklanego z silikonową osłoną. Zapewnia ochronę przed temperaturą do 260°C w sposób ciągły.



Stanowi również doskonałą ochronę przed iskrami spawalniczymi i niebezpiecznymi płomieniami.



### WYDARZENIA

#### ● Wstępne informacje na temat wniosku dotyczącego zmiany dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii (REDII)

Na miesiąc przed oczekiwaną w dniu 14 lipca 2021 r. publikacją pakietu Fit for 55 została udostępniona zaktualizowana wersja propozycji Komisji dotyczącej przeglądu dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii RED II. Dokument, który został upubliczniony 17 czerwca 2021 r., w dużej mierze potwierdza niektóre z ogłoszonych już zapisów, w tym ustalenie wyższego celu UE w zakresie energii odnawialnej, w granicach od 38 do 40%.

Dokument potwierdza również zamiar Komisji zwiększenia wkładu sektorowego w ogólny cel UE, przy czym istotną rolę w realizacji celu odgrywa ogrzewanie i chłodzenie.

Oczekuje się, że krajowy orientacyjny roczny cel zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w sektorze ogrzewania i chłodzenia stanie się wiążącym punktem odniesienia, który może być uzupełniony dodatkowym podwyższeniem celu na poziomie krajowym. Państwa członkowskie są obecnie zobowiązane do przeprowadzenia oceny swojego potencjału pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (i ciepła odpadowego) w sektorze, aby uwzględnić je w krajowych planach w zakresie energii i klimatu, z myślą o ustaleniu

długoterminowych krajowych strategii dekarbonizacji w zakresie ogrzewania i chłodzenia. Lista możliwych środków służących osiągnięciu sektorowego wzrostu rocznego jest również aktualizowana i poszerzana, poprzez uwzględnienie m.in. instalacji wysoko wydajnych systemów ogrzewania



wykorzystujących odnawialne źródła energii w budynkach oraz planowanych programów wymiany, zwłaszcza w celu stopniowego wycofywania „systemów ogrzewania paliwami kopalnymi” (w brzmieniu Komisji UE – branża instalacyjno-grzewcza sprzeciwia się temu z uwagi na brak realnej alternatywy, która pozwoliłaby zastąpić gaz ziemny w ogrzewnictwie w krótkiej perspektywie czasu). Nie ma zmian w metodzie obliczania uwzględniającej energię odnawialną wychwytywaną przez pompy ciepła, a osiągnięcie celu w zakresie ogrzewania i chłodzenia będzie możliwe dzięki zastosowaniu niebiologicznych paliw odnawialnych (np. odnawialny wodór, syntetyczny metan).

Wymieniono również nowe i bardziej rygorystyczne przepisy dotyczące sieciowego ogrzewania i chłodzenia, w tym środki mające na celu rozszerzenie i ułatwienie dostępu stronom trzecim do istniejących sieci.

Sektor budowlany jest również opisany w dokumencie jako kluczowy, a państwa członkowskie będą zobowiązane do podjęcia znacznych wysiłków, aby włączyć do budynków instalacje wykorzystujące odnawialne źródła energii. Komisja może zaproponować wprowadzenie orientacyjnego udziału OZE w budynkach, który powinien być osiągnięty do 2030 r. (dokładna wartość nie została jeszcze określona). Ponadto państwa członkowskie powinny wprowadzić zapisy w swoich przepisach budowlanych, kodeksach i (w stosownych przypadkach) systemach wsparcia w celu zwiększenia udziału energii odnawialnej w sektorze budowlanym, wymagając, aby budynki spełniały minimalne poziomy energii odnawialnej (choć nie podano więcej szczegółów). Wyraźnie wspomina się również o potrzebie zwiększenia wskaźnika wymiany starych systemów grzewczych i przyspieszenia przechodzenia w budynkach na rozwiązania oparte na odnawialnych źródłach energii, podczas gdy inne przepisy dotyczą niedoboru wykwalifikowanych instalatorów.

Źródło: SPIUG



# WYSOKA ODPORNOŚĆ I WYTRZYMAŁOŚĆ



Filtry wysokociśnieniowe o przyłączy płytowym są zaprojektowane do bezpośredniej zabudowy na blokach hydraulicznych w standardach m.in. CETOP3 (NG6) i CETOP5 (NG10). Dzięki kompaktowym wymiarom doskonale sprawdzają się jako ochrona wrażliwych elementów hydrauliki np.: rozdzielaczy proporcjonalnych.





# Przemiennik częstotliwości średniego napięcia PowerFlex 6000T – sprawdzona technologia w zharmonizowanej architekturze sterowania

Ważnym składnikiem kompetencji inżynierskich firmy Introl Automatyka jest wieloletnie doświadczenie w implementacji urządzeń firmy Rockwell Automation charakteryzujących się najwyższą jakością oraz będących synonimem innowacyjności. Rozwój wieloletniej współpracy, formalizowanej regularnym nadawaniem naszej firmie tytułu certyfikowanego integratora (RcSI), zostaje wzmocniony dzięki przemiennikom częstotliwości średniego napięcia nowej generacji. Udoskonalenie konstrukcji oraz platformy sterowania pozwoli znacznie poprawić wydajność procesów klientom wybierającym rozwiązania sygnowane marką Allen-Bradley.

## Wykorzystanie doświadczenia w aplikacjach ogólnego stosowania

Silniki indukcyjne o napięciu zasilania 6 kV z rozruchem bezpośrednim i bez możliwości płynnej regulacji prędkości, choć wciąż obecne w przemyśle, najczęściej są synonimem braku inwestycji. Pojawienie się w latach 80. XX wieku w pełni funkcjonalnych, półprzewodnikowych przemienników częstotliwości okazało się przełomem dla prostego, stosunkowo taniego oraz łatwego w utrzymaniu silnika klatkowego. Płynna regulacja prędkości następowała bez fizycznego dostępu do wirnika maszyny, a rozpoczynająca się era cyfrowa pozwoliła na obsługę urządzeń bez zaawansowanej wiedzy technicznej.

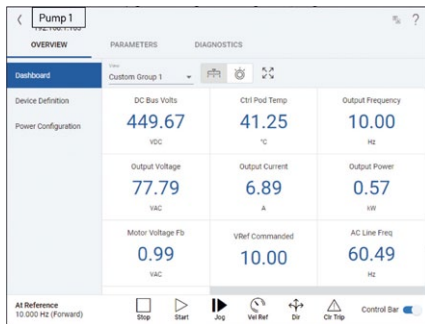
Ewolucja przemienników częstotliwości postępowała w sposób zdecydowany. Obecnie są to urządzenia, które oprócz swojej podstawowej, wynikającej z nazwy funkcji spełniają szereg coraz bardziej rygorystycznych kryteriów – od wysokiej niezawodności wyrażonej w MTBF (*Mean Time Between Failure*), poprzez certyfikowane funkcje bezpieczeństwa STO (*Safe Torque Off*) do wysoko wydajnych metod optymalizacji pracy układów, wpisujących się w koncepcję czwartej rewolucji przemysłowej.

Od ponad 30 lat firma Rockwell Automation, będąc jednym z liderów w zakresie rozwoju układów napędowych, dokonuje przełomów swoimi wysoko sprawnymi i niezawodnymi przemiennikami średniego napięcia marki Allen-Bradley, stworzonymi w topologii falownika prądowego (CSI – *Current Source Inverter*). Ograniczenie składowej zerowej napięcia przy jednoczesnej beztransformatorowej konstrukcji, kable silnikowe o długości 24 kilometrów, zwrot energii do sieci dzięki pełnej pracy czterokwadrantowej czy regulacja prędkości silnika indukcyjnego nawet z lat 30. XX wieku i to bez konieczności stosowania filtrów – to kamienie milowe umownego projektu pod nazwą „rozwój napędów średniego napięcia”, osiągnięte przez przemiennik PowerFlex 7000. Jednakże aplikacje specjalnego przeznaczenia, o ciężkim reżimie pracy lub statusie instalacji krytycznej, wykorzystujące w pełni możliwości przemienników w topologii CSI, to około 20% zapotrzebowania rynku (raport „2019 IHS MV Drive Market Study”). Wychodząc naprzeciw wymaganom klientów, Rockwell Automation zadbał również o aplikacje ogólnego stosowania poprzez produkt wykonany



w topologii falownika napięciowego (VSI – *Voltage Source Inverter*).

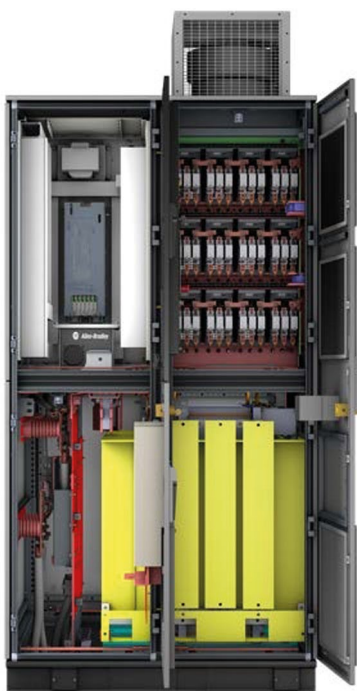
PowerFlex 6000 to przemiennik częstotliwości wykorzystujący sprawdzoną technologię CHB (*Cascaded „H” Bridge*), czyli szeregowo połączone moduły mocy zawierające układ z tranzystorami IGBT w postaci mostka, zasilane przez wielozwojowy transformator z przesunięciem fazowym, zapewniającym obniżenie współczynnika zniekształceń prądu wejściowego (THD<sub>i</sub>). Działając w oparciu o bezczujnikowe sterowanie wektorowe, rozwiązanie to w sposób bardzo dobry radzi sobie z aplikacjami o charakterze stałomomentowym obciążenia, natomiast należy pamiętać, iż



jednak znaczna część typowych układów napędowych cechuje się charakterystyką kwadratową.

### Magiczna charakterystyka wentylatorowa

Maszyny pracujące na zasadzie wykonywania siły odśrodkowej, takie jak wentylator czy pompa odśrodkowa, posiadają istotną cechę, którą jest zależność momentu obciążenia od kwadratu prędkości. Nadrzędnym celem przemienników częstotliwości jest więc umożliwienie osiągnięcia znaczących oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, nawet przy niewielkim obniżeniu prędkości obrotowej silnika. Przemiennik częstotliwości w topologii VSI marki Allen-Bradley został zaprojektowany tak, by poprzez technologię oraz nakład finansowy inwestora zmaksymalizować efektywność energetyczną



w aplikacjach o charakterystyce zmienmomomentowej. Z doświadczeń inżynierów firmy Intral Automatyka oraz Rockwell Automation wynika, że typowy przemiennik częstotliwości w takich aplikacjach oszczędza około 25% kosztów energii wobec układu bez możliwości regulacji prędkości, co powoduje, iż inwestycja w przemiennik częstotliwości średniego napięcia może spłacić się już w okresie od kilku do kilkunastu miesięcy.

Od momentu opracowania rozwiązania urządzenia PowerFlex 6000 z powodzeniem regulują prędkość silników pomp oraz wentylatorów, zlokalizowanych pod różnymi szerokościami geograficznymi. Od najgłębszej na świecie odkrywkowej kopalni diamentów w północno-wschodniej Syberii, poprzez newralgiczną stację przepompowującą wodę pitną w Arabii Saudyjskiej, po największy w Polsce Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów. Dorastanie przemiennika częstotliwości w topologii VSI wkroczyło w kolejną fazę, uwzględniając wszystkie uwagi, które zdefiniował klient końcowy, a które Rockwell Automation jako producent w pełni wdrożył do nowej generacji urządzeń.

### T jak Totalny

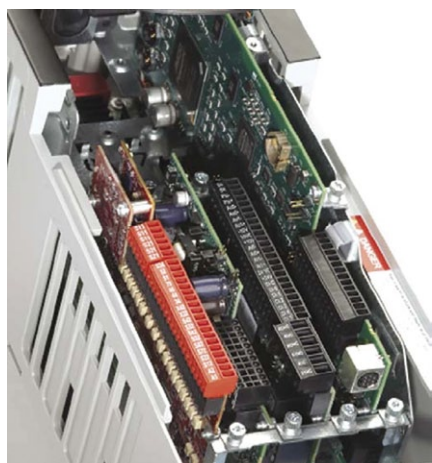
Jasno sformułowany przekaz płynący od użytkowników, określający kierunek rozwoju przemiennika PowerFlex 6000, to elastyczne sterowanie, zapewniające zrównoważoną efektywność pracy układu poprzez dynamiczną optymalizację. Najbardziej typowy zakres mocy to również wymóg większej kompaktowości mechanicznej rozwiązania. Rezultat prac działu rozwoju producenta, spełniający powyższe wymagania, będący jednocześnie spójnym z tendencją rynkową, ujrzał światło dzienne już w roku 2020 – PowerFlex 6000T zajął w sposób naturalny miejsce poprzedniej generacji przemienników na rynku Ameryki Północnej, w typowym dla tego regionu poziomie napięcia zasilania 4,16 kV.

Połowa roku 2021 to debiut urządzenia w regionie EMEA (obejmującym swoim zasięgiem Europę, Bliski Wschód oraz Afrykę), rozszerza się zatem zakres wspieranych napięć do wartości 6,6 kV.



Optymalizacja struktury mechanicznej urządzenia zakończyła się opracowaniem kompaktowej wersji nazwanej ramą „A”, dostępnej w odmianach prądowych: do 70 A, do 140 A oraz do 215 A. Charakteryzuje się ona niespotykanymi w klasie napięciowej wymiarami, minimalizując wymaganą przestrzeń do instalacji przemiennika. Przy standardowej wysokości 2875 mm oraz głębokości 1250 mm, przemienniki posiadają szerokość od 2310 mm (70 A), poprzez 2795 mm (140 A) do 3010 mm (215 A). Uzupełnieniem bardzo korzystnych warunków fizycznych jest dostęp z przodu do wszystkich komponentów urządzenia, który w połączeniu ze zoptymalizowanymi modułami mocy redukuje czas wymagany na instalację, uruchomienie, jak i ewentualną wymianę podzespołów.

Pełen obraz nowoczesnego rozwiązania zostaje podkreślony poprzez platformę sterowania ujednoczoną z rodziną przemienników niskiego napięcia PowerFlex 755T. Jej kluczowym komponentem jest funkcja adaptacyjnego dostrajania, oparta na zaawansowanym, automatycznym monitoringu charakterystyk pracy przemiennika. Opracowany algorytm zapewnia korelację pracy



silnika z obciążeniem oraz kompensację potencjalnych wahań. Architektura systemu sterowania pozwala na łatwą integrację oraz wizualizację w powszechnie stosowanym środowisku inżynierskim Studio 5000, natomiast możliwość rozbudowy systemu oparta jest na opatentowanym rozwiązaniu bazującym na slotach. Przy aplikacjach wymagających programowalnych funkcji jest do dyspozycji wbudowana logika oparta na języku FBD, konfigurowalna również z poziomu narzędzia Studia 5000, jak i oprogramowania Connected Components Workbench. Dopełnieniem jest intuicyjny, a zarazem bogaty w opcje konfiguracyjne oraz diagnostyczne 10-calowy interfejs eHIM (*Enhanced HIM*).

### Charakterystyka PowerFlex 6000T

- 100% momentu początkowego przy bezczujnikowym sterowaniu wektorowym.
- Zabudowany, wielouwojowy transformator zapewnia niski poziom THD prądu wejściowego.
- Redukcja ewentualnego przestoju dzięki funkcji obejścia uszkodzonego modułu mocy.
- Całkowita sprawność urządzenia, uwzględniająca wysoko wydajny transformator: 96,5%.
- Dopuszczalna długość kabli wyjściowych nawet do 10 km (2 km przy użyciu standardowego filtra, 800 m bez filtra).
- Chłodzenie za pomocą wentylatorów wykonanych zgodnie z dyrektywą EcoDesign.

### Zaangażowanie doświadczonych partnera

W szeregu przypadków, zarówno przy inwestycjach nowych, jak i modernizacjach instalacji istniejących, specyfikacja przemiennika częstotliwości średniego napięcia jest zaczerpnięta z projektów o zbliżonym charakterze. Dodając do tego zawężenie wyboru poprzez stosowanie kryterium cenowego, finalnie ograniczane są możliwości funkcjonalne układu. Trywialnym, aczkolwiek dobrze obrazującym takie działania rezultatem jest przemiennik pracujący przy obciążeniu odbiegającym od znamionowego, zmniejszając sprawność układu napędowego, jednocześnie zwiększając współczynniki odkształceń pobieranego z sieci prądu. Jak więc wspierać inwestora w maksymalizacji wydajności, redukcji potencjalnych przestoju oraz możliwości rozwoju opartego o najnowocześniejsze technologie? Jedyną drogą jest dobór poparty dogłębną analizą oraz zastosowanie wyselekcjonowanych opcji.

Zwiększenie opłacalności oraz zmniejszenie ryzyka inwestycyjnego przy stosowaniu nowoczesnych układów napędowych średniego napięcia to domena najbardziej doświadczonych firm inżynierskich. Jedną z nich jest bez wątpienia Intral Automatyka – firma tworzona przez pasjonatów z ponad 30-letnim doświadczeniem. Kompleksowe podejście do realizowanych projektów oraz proponowanie innowacyjnych rozwiązań jest możliwe dzięki przynależności firmy do silnej i stabilnej Grupy Kapitałowej Intral SA.

Dział układów napędowych MVD (*Medium Voltage Drives*) w firmie Intral Automatyka od ponad 15 lat zajmuje się wdrożeniami „pod klucz” przemienników częstotliwości średniego napięcia w zaawansowanych projektach polskiego przemysłu. Doskonale zaplecze techniczne oraz bezpieczeństwo finansowe firmy pozwoliło osiągnąć certyfikację Rockwell Automation Recognized

System Integrator (RcSI), dzięki czemu znacznie wzrosły nasze kompetencje widziane z perspektywy klienta końcowego. Czynności, które historycznie, ze względu na kompleksowość, wykonywane były jedynie przez producenta, od wielu lat są również naszą domeną. Liczne grono klientów krajowych oraz zagranicznych korzysta więc z wykonywanych przez nas na najwyższym poziomie uruchomień oraz gwarancyjnej i pogwarancyjnej obsługi serwisowej układów napędowych. Nasz zespół



certyfikowanych inżynierów ds. układów napędowych, będący największą tego typu jednostką w regionie EMEA, z sukcesem uruchamiał przemienniki w topologii prądowej oraz napięciowej marki Allen-Bradley, nie rzadko w aplikacjach o statusie instalacji krytycznych.

Rockwell Automation, wraz ze swoimi markami, to ponad 100 lat historii oraz referencje oparte na ponad 10 000 zainstalowanych przemienników częstotliwości średniego napięcia o łącznej mocy ponad 13 GW. Dodając do tego doświadczenie zdobyte przez Intral Automatyka oraz nasz permanentny rozwój, możemy zagwarantować naszym klientom najwyższą jakość oferowanych układów napędowych. ■

Do zobaczenia na obiekcie!

**Damian Krinke**

Inżynier ds. systemów napędowych



**Intral Automatyka Sp. z o.o. sp. k.**

ul. Tadeusza Kościuszki 112

40-519 Katowice

tel. 32 789 00 30

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



# Energooszczędny falownik serii SXA w obudowie IP65, o mocy do 2,2 kW, do montażu na silniku

Jerzy Sobczak

Firma Sanyu Sobczak Sp. j. wprowadziła na rynek 2 lata temu falownik serii SXS1000 w obudowie IP56/65. Został on bardzo dobrze przyjęty przez naszych klientów. Przemiennek ten szczególnie chętnie wykorzystywany jest w branży klimatyzacji i wentylacji (HVAC). Jest obecnie produkowany do mocy 22 kW. Falownik ten stał się rozpoznawalną marką firmy Sanyu Sobczak Sp. j. w Polsce i na świecie.

Jego wersja dedykowana do zabudowy na silniku asynchronicznym to falownik serii SXA1000. Reprezentuje on nową generację wysokiej jakości wielofunkcyjnych, ekonomicznych i wydajnych przemienników częstotliwości. Przemiennek

częstotliwości SXA1000 jest energooszczędnym falownikiem skalarnym, zasilanym dzisiaj jedno, a w najbliższej przyszłości trójfazowo, produkowanym obecnie do mocy 2,2 kW, zamkniętym w obudowie o stopniu ochrony IP65.

Falownik ten jest wyposażony w całym swoim zakresie w filtry wejściowe. Jest energooszczędny (funkcja *energy-saving*), prosty w obsłudze i tani. Falownik serii SXA1000 posiada następujące cechy:

- sterowanie U/f;
- zabudowany filtr sieciowy;
- wyświetlacz LED;
- przystosowany do montażu na silniku;
- posiada RS485 (protokół komunikacyjny Modbus RTU lub ASCII);
- wbudowany prosty sterownik PLC;

Typ	moc	nap.	cena zł
SXA1000-00R5G2	0,55	220	536,00
SXA100-00R7G2	0,75	220	545,00
SXA1000-01R1G2	1,1	220	602,00
SXA1000-01R5G2	1,5	220	612,00
SXA1000-02R2G2	2,2	220	644,00

\*oferta do wyczerpania zapasów

- regulator PID;
- posiada funkcję „lotny start”;
- posiada zegar czasu;
- *multi speed* – technologia zadawania do 9 prędkości;
- 18 rodzajów zabezpieczeń;
- 3 wejścia cyfrowe;
- 2 wyjścia przekaźnikowe;
- wejście analogowe 0–10 V, 0/4–20 mA;
- zasilacz 24 V / 100 mA;
- funkcja *Emergency Stop*;
- funkcja inteligentnego sterowania pompami;
- zewnętrzny wyświetlacz LED.



reklama



kupuj on-line  
sanyu.eu/sklep

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



falowniki • softstarty



Testowane i Serwisowane w Polsce  
+48 606 945 936



OSZCZĘDŹ ŚRODOWISKO I TWOJE PIENIĄDZE  
ECO-MONEY SAVING



od 2013 r.  
SANYU.eu  
na polskim rynku



Przeziennik częstotliwości SXA1000 został zaprojektowany tak aby przy możliwościach opisanych powyżej posiadał rozsądną cenę (patrz tabela). Stosowanie falowników o stopniu ochrony IP65 pozwala znacznie ograniczyć koszty instalacji. Ogranicza wielkość szaf

sterujących oraz eliminuje wentylatory do ich przewietrzania. Przy zastosowaniu odpowiednich adapterów można montować go bezpośrednio na silniku.

Kompaktowa obudowa, system montażu falowników serii SXA1000 nawiązuje do obecnych na rynku produktów.

Więcej informacji uzyskają Państwo na naszej stronie [www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu). ■

 Jerzy Sobczak

**SANYU.eu**<sup>®</sup>  
falowniki • softstarty

## Logistyka, produkcja i handel będą zatrudniać, choć są obawy. Dla 78% firm zarządzanie personelem w pandemii to duże wyzwanie

Z ostatnich danych GUS wynika, że po pandemicznych spadkach zatrudnienie w firmach szybko rośnie. Potwierdzają to plany rekrutacyjne przedsiębiorstw logistycznych, spośród których 62% zamierza zwiększać liczebność kadry. W handlu i produkcji taki zamiar ma 20% firm – wynika z raportu „Confidence Index” CBRE. Pracodawcy mają jednak świadomość, że szukanie nowych pracowników, a później zarządzanie personelem jest w pandemii utrudnione. Wskazuje tak 78% firm produkcyjnych, handlowych i logistycznych. Większym wyzwaniem jest tylko zarządzanie zmieniającym się zapotrzebowaniem i popytem wśród klientów.

– Z danych GUS wynika, że tylko w maju tego roku w firmach zatrudniających co najmniej 10 osób zatrudnienie wzrosło o 2,7% w porównaniu rok do roku, a w ciągu miesiąca zwiększyło się o 21,6 tys. osób. Powoli zbliżamy się do poziomów wzrostu zatrudnienia notowanych przed wybuchem pandemii, co jest świetną informacją o rynku pracy. Ofert pracy nie brakuje m.in. w sektorze logistycznym, co potwierdzają wyniki naszego raportu „Confidence Index”. W tej branży zapotrzebowanie na pracowników utrzymało się na poziomie notowanym przed pandemią. Widać jednak, że pracodawcy mają świadomość trudności, z jakimi wiąże się aktualnie rekrutacja. Niemal 8 na 10 przedsiębiorców wskazuje, że zarządzanie personelem jest w pandemii utrudnione. Chodzi nie tylko o sam proces zatrudnienia, ale również wdrożenia pracownika, a następnie jego utrzymania – mówi

Agata Czarnecka, dyrektor w dziale badań i analiz w CBRE.

### Zróżnicowane plany rekrutacyjne

Z raportu „Confidence Index” wynika, że plany rekrutacyjne w ciągu najbliższych 12 miesięcy różnią się w poszczególnych branżach. Firmy logistyczne w większości spodziewają się wzrostu liczebności kadry (62%) i nie planują redukcji. Natomiast wśród firm handlowych i produkcyjnych większość (68%) spodziewa się braku zmian w zatrudnieniu, 20% wzrostu, a 12% niewielkiego spadku. Eksperti CBRE wskazują, że różnice w planach rekrutacyjnych to pochodna wpływu pandemii na poszczególne branże.

Sektory logistyczny i magazynowy stały się naturalnymi beneficjentami sytuacji związanej z COVID-19 m.in. wskutek popularyzacji i wzrostu *e-commerce*. To spowodowało boom na powierzchnię magazynową. Tylko w 2020 roku na ten rynek dostarczono 2 mln mkw. nowej powierzchni. Jeszcze więcej, bo ponad 2,5 mln mkw., jest obecnie w budowie. W sektorze proporcjonalnie do metrów kwadratowych przybywa świetnie płatnych miejsc pracy. Z analizy CBRE i Grafton Recruitment wynika, że zarobki kierowników magazynów sięgają nawet 14 tys. zł brutto. Takie kwoty zarabiają pracujący w województwie łódzkim. Kolejne pod względem wysokości pensji są Mazowsze, Śląsk i Małopolska, w których zarobić można maksymalnie 13 tys. zł.

W innej sytuacji niż logistyka znalazły się handel i produkcja, które zmagają się

z wprowadzanymi obostrzeniami i rosnącymi zachorowaniami na COVID-19. To wpłynęło na mniejsze deklaracje wzrostu zatrudnienia.

### Zarządzanie personelem jednym z większych wyzwań

Pomimo zróżnicowanych deklaracji dotyczących wzrostu poziomu zatrudnienia firmy logistyczne, handlowe i produkcyjne są zgodne co do wyzwań, jakie stawia przed nimi pandemia. Najczęściej (89%) przedsiębiorcy wskazywali jako wyzwanie zarządzanie zmieniającym się poziomem zapotrzebowania i popytu klientów. Natomiast na drugim miejscu 78% firm wskazuje zarządzanie pracą i personelem.

– Do wyzwań związanych z rekrutacją, *onboardingiem* czy utrzymaniem pracowników dochodzi jeszcze aspekt związany z pracą rozproszonych zespołów. Większość firm wprowadziła tryb hybrydowy i część pracowników pracowała zdalnie. To jednak już niedługo powinno zacząć się zmieniać. Firmy coraz odważniej mówią o pełnym powrocie do biur. Natomiast w przypadku sektora produkcyjnego, handlowego czy w dużej mierze logistycznego praca zdalna nie była w ogóle możliwa – mówi Agata Czarnecka, dyrektor w dziale badań i analiz w CBRE.

Podium wyzwań, przed jakimi stoją przedsiębiorcy z sektorów logistycznego, handlowego i produkcyjnego, domyka zarządzanie zakłóceniami w łańcuchach dostaw, na co wskazało 46% respondentów. ■

Źródło: CBRE



# ENERGETAB 2021

**34** Międzynarodowe Energetyczne Targi Bielskie ENERGETAB 2021 odbędą się w dniach od 14 do 16 września br. na terenie ZIAD Bielsko-Biała SA.

Międzynarodowe Targi Energetyczne ENERGETAB są zdecydowanym liderem wśród targów tej branży zarówno w Polsce, jak i w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Również we wrześniu ubiegłego roku, mimo trwającej pandemii, Organizatorom udało się zorganizować Targi, chociaż w mniejszym zakresie niż dotychczas i przy zastosowaniu dodatkowych środków ochrony sanitarnej zarówno wystawców, jak i zwiedzających.

Ostatnio Rada Ministrów oficjalnie zezwoliła na organizację targów od 6 czerwca, wprowadzając jednocześnie pewne ograniczenie co do liczby osób mogących przebywać w tym samym czasie w pomieszczeniach ekspozycyjnych. Odmrożenie targów przez rząd wyraźnie wpłynęło na zwiększenie zainteresowania udziałem w nich wśród firm, także tych spoza Polski. Mamy nadzieję, iż targi szybko wrócą do rozmiarów, jakie miały przed pandemią.

Wraz z partnerami branżowymi ZIAD Bielsko-Biała SA jako organizator Targów przygotowuje kilka konferencji, które powinny przybliżyć odpowiedzi na pytania nurtujące wystawców, jak i zwiedzających Targi. Jedną z tych konferencji dotyczyć

będzie problematyki sprawiedliwej transformacji energetycznej, w której programie przewiduje się omówienie zarówno krajowego planu tej transformacji, jak i wybranych komponentów terytorialnych, a także udziału w tych programach innowacyjnych firm krajowych. Drugą z planowanych konferencji dotyczyć będzie planów inwestycyjnych zarówno w zakresie sieci przesyłowej, jak i wybranych sieci dystrybucyjnych.

Powyższe konferencje i pokazy będą miały charakter stacjonarny, ale z transmisją ich przebiegu w internecie. Zresztą tegoroczne Targi istotnie poszerzą zastosowanie transmisji online z wydarzeń targowych czy specjalnych prezentacji wystawców, aby umożliwić „udział” w Targach także tym, którzy jednak nie będą mogli osobiście na nie przybyć.

Tradycyjnie już podczas Targów odbędzie się konkurs nagradzający prestiżowymi medalami i pucharami „szczególnie wyróżniające się produkty” zgłoszone przez wystawców. Z satysfakcją informujemy, że Ministerstwo Klimatu i Środowiska potwierdziło możliwość przyznania w tym konkursie wyróżnienia pod nazwą „Puchar Ministra Klimatu i Środowiska”.

Targi ENERGETAB, jako jedno z najważniejszych w tym roku spotkań przedstawicieli sektora elektroenergetycznego będą też doskonałą okazją do nawiązania bezpośrednich kontaktów biznesowych między wystawcami a projektantami, dostawcami usług i czołowymi przedstawicielami przedsiębiorstw energetycznych – zarówno z Polski, jak i z zagranicy. ■

reklama

## MIĘDZYNARODOWE ENERGETYCZNE TARGI BIELSKIE

# 34

## BIELSKO-BIAŁA INTERNATIONAL POWER INDUSTRY FAIR

### 14-16.09.2021

# ENERGETAB®



warto  
TU być

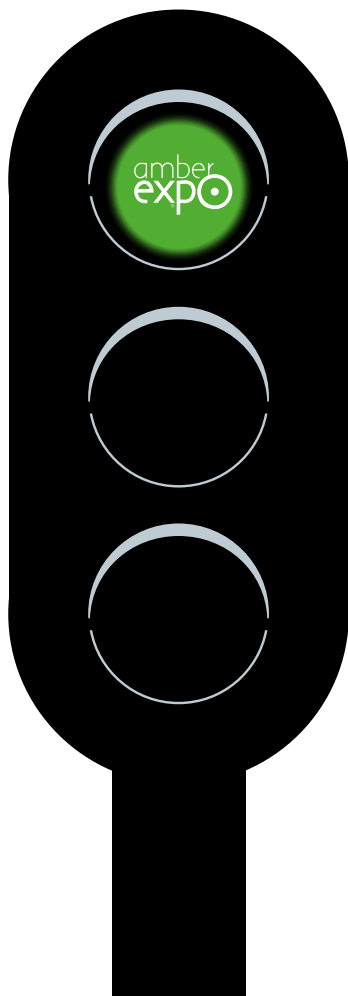


14. MIĘDZYNARODOWE TARGI KOLEJOWE

# TRAKO

(21–24.09.2021)

GDAŃSK – TRAKOTARGI.PL



PATRONAT HONOROWY



MINISTERSTWO  
INFRASTRUKTURY



MINISTERSTWO  
AKTYWÓW  
PAŃSTWOWYCH



URZĄD  
TRANSPORTU  
KOLEJOWEGO



ORGANIZACJA



GRUPA



WSPÓŁORGANIZACJA



KNORR-BREMSE



WSPÓŁPRACA



MINISTERSTWO  
INFRASTRUKTURY



URZĄD  
TRANSPORTU  
KOLEJOWEGO



INSTYTUT KOLEJNICTWA



# OEE w czasie rzeczywistym

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



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

Producent: SEM  
www.sem.pl

reklama

## Premiery, nowości, interesujące spotkania. Kolejowy świat w jednym miejscu – we wrześniu zapraszamy do Gdańska na Międzynarodowe Targi Kolejowe TRAKO

TRAKO to największe i najbardziej prestiżowe w Polsce oraz drugie w Europie spotkanie branży transportu szynowego. W dniach 21–24 września zapraszamy do AMBEREXPO w Gdańsku, gdzie w centrum konferencyjno-wystawienniczym oraz w przestrzeni zewnętrznej Międzynarodowych Targów Gdańskich będzie można się zapoznać z najnowszymi trendami, rozwiązaniami technologicznymi, poziomem rozwoju systemów transportowych, infrastruktury kolejowej i nowościami w Polsce, Europie i na świecie. To także doskonała okazja do wymiany doświadczeń i spotkań w środowisku branżowym.

14. edycja TRAKO będzie największym spotkaniem branży kolejowej w 2021 r., ogłoszonym przez Komisję Europejską – Europejskim Rokiem

Kolei. Na Targach pojawi się blisko 500 wystawców z 20 krajów. Swoje pawilony narodowe wystawią takie kraje, jak: Czechy, Wielka Brytania, Austria, Szwajcaria oraz trzy niemieckie landy: Berlin-Brandenburgia, Badenia-Wirtembergia i Saksonia.

Realizacja Targów TRAKO 2021 w Europejskim Roku Kolei będzie jednym z najważniejszych wydarzeń skupiających całą branżę, co wynika z tegorocznego kalendarza imprez branżowych. Będzie to zatem ogromna szansa dla promocji polskiej kolei i polskiego przemysłu pracującego na rzecz transportu szynowego.

Ekspozycja taboru i maszyn kolejowych odbędzie się po raz pierwszy w nowej przestrzeni torów wystawieniowych stacji Gdańsk-Zaspa Towarowa.

Jednym z interesujących pojazdów, który będzie można zobaczyć, jest pierwszy na świecie pasażerski pociąg wodorowy Coradia iLint, zaprojektowany i wybudowany w zakładach firmy ALSTOM.

Uczestnicy TRAKO to zarówno najważniejsze firmy o zasięgu międzynarodowym, jak i czołówka największych polskich firm z branży kolejowej i tramwajowej. Przedstawiciele branży, wystawcy, eksperci, inwestorzy czy producenci dzięki Targom w Gdańsku będą mogli zobaczyć pojazdy szynowe, maszyny dla infrastruktury, systemy zarządzania transportem, najnowocześniejsze technologie wyposażenia taboru oraz innowacyjne rozwiązania. ■

Więcej informacji o Targach:  
www.trakotargi.pl

# Time Sensitive Networking (TSN) – nowa jakość Ethernetu

Tomasz Widomski

TSN i jego standardy umożliwiają przesyłanie w tle siecią Ethernet ruchu o niskim priorytecie w sposób niewpływający na ruch krytyczny czasowo. Używając przykładu z telemedycyny, sieć TSN umożliwia zdalną operację chirurgiczną z użyciem robota, którego sterowanie odbywa się tym samym Ethernetem, z którego jednocześnie korzysta administracja.

**W** przemyśle procedury krytyczne czasowo dotyczą sterowania w czasie rzeczywistym robotami na produkcji (OT – *Operation Technology*), podczas gdy poprzez operacje o niskim priorytecie rozumie się klasyczne wsparcie systemów IT związane z przetwarzaniem danych (poczta, Internet, e-dokumenty, bazy danych SQL, archiwizacja itp.).

## Trochę historii

Powszechnie uważa się, że inspiracją do prac nad TSN były systemy sieciowego streamingu oparte o AVB (ang. *Audio Video Bridging*) oraz rozwiązania przemysłowe klasy QoS (ang. *Quality of Service*). Zamykając sterowanie w pętli sprzężenia zwrotnego, stworzono predykcyjny mechanizm sterowania, pozwalający przewidywać stan w kolejnych chwilach i dopasowujący doń precyzyjnie parametry sterujące. To pozwoliło podzielić czas na równe ramki (interwały czasu), w których sterownik z usługą działa deterministycznie i może pracować autonomicznie.

A skoro można powierzyć samodzielność procesowi i „spuścić go z oka” na chwilę, to nie wymaga on też ciągłości transmisji sterującej przekazywanej siecią. Pozwoliło to wydzielić odseparowane zsynchronizowane pasma, oparte o ramki czasowe (ang. *time slots*), których priorytetami można zarządzać, realizując w ten sposób efekt zrównoleglenia sterowania wielu urządzeń w fizycznie pojedynczej sieci. Tak powstał pierwszy TSN umożliwiający TCC (ang. *Time Coordinating Computing*).

Warto przypomnieć, że prace nad optymalizacją współbieżności i dyna-

micznym zarządzaniem priorytetami procesów prowadzone były w Polsce już w latach 80. XX wieku na wielu krajowych uczelniach. Duże osiągnięcia w tym zakresie miał Instytut Informatyki Politechniki Warszawskiej, gdzie pod skrzydłami wspaniałych pedagogów studenci poznawali innowacyjność tych rozwiązań. Trudno wszystkich wymienić, ale wkład dr. Waława Iszkowskiego, dr. Janusza Sosnowskiego oraz niezwykłego już dr. Jana Bieleckiego był nie do przecenienia. Dziś, po trzech dekadach, mamy co prawda krajowe rozwiązania jak Phoenix RTOS czy serwery czasu z ELPROMY, odgrywające znaczną rolę w globalnej awangardzie TSN, ale problematyka ta jest niezbyt dobrze rozpropagowana wśród rodzimych inżynierów.

## Sterowanie automatyką i synchronizacja w jednej sieci Ethernet TSN

Zauważono, że przez Ethernet można równolegle z danymi przesyłać telemetrię zegara referencyjnego, niezbędną do synchronizacji rozproszonych elementów sieci. Inspiracją stał się protokół NTP, w którym mechanizm synchronizacji oparto o predykcję. Dystrybucja wzorca czasu siecią różni się od klasycznego podejścia znanej nam regulacji zegarów, gdzie pytamy, „która godzina”, po czym ustawiamy swój zegarek.

W NTP zegar referencyjny MASTER przesyła obok wskazania UTC (ang. *Universal Time Coordinated*) również statystykę błędów zegara wzorcowego, na podstawie której to zegar zsynchronizowany SLAVE (podporządkowany) planuje korektę swojej pracy tak, aby w kolejnej chwili kontrolnej znaleźć się

jak najbliżej wzorca. Czynność wymiany statystyk odbywa się cyklicznie, co pozwala wyliczyć średnie opóźnienie sieci nawet przy rozsynchronizowanych jeszcze zegarach.

W TSN zastąpiono NTP protokołem nowszej generacji PTP (ang. *Precision Time Protocol*) – IEEE1588, który cechuje bardzo szybki rozruch oraz submikrosekundowe dokładności dzięki zastosowaniu sprzętowego stemplowania ramek.

## Innowacja – istota wartości TSN

Ujmując krótko, TSN wprowadza do Ethernetu determinizm, czas rzeczywisty i inteligentne współdzielenie sieci między niezależne procesy. Umożliwia połączyć sieci kablowej, światłowodowej i radiowej jednym standardem. Dostarcza narzędzia niezbędne do parametryzacji oraz oceny wydajności. Otwiera możliwość skalowalności, a nawet wirtualizacji TSN VLAN – od rozbudowy sterowania lokalną produkcją, po łączenie rozproszonych systemów telemetrii M2M, a nawet całych fabryk Przemysłu 4.0. W przyszłości TSN umożliwi zdalne projektowanie i wdrażanie sterowania robotami bez ryzyka destabilizacji środowiska produkcyjnego. Sieci TSN są już przygotowywane do integracji i współpracy z CLOUD/EDGE/FOG-computing, co pozwala przenieść część obliczeń do chmury po to, aby uzyskać wsparcie narzędzi Big Data, Machine Learning (ML), Artificial Intelligence (AI). Rozważane są transfery całych kontenerów, stosując narzędzia typu Docker i Kubernetes do ich zarządzania. Pozwoli to na szybkie modyfikacje procesów w rozproszonych fabrykach Przemysłu 4.0, zarządzając tym z jednego miejsca w sposób zwirtualizowany, również z domu. Czyżby więc czekała nas w niedalekiej przyszłości nowa era możliwości projektowania i wdrażania całych linii produkcyjnych, gdy my pracować będziemy wygodnie w domu, w fotelu, na laptopie? Technicznie ujmując, będzie to możliwe.



Transformacja cyfrowa pociąga za sobą również zmiany kulturowe naszego podejścia do wykonywanej pracy. Bardziej niż o naszą ludzką wygodę i komfort chodzi tu o zapewnienie płynności produkcji, szczególnie w sytuacjach kryzysowych, jakich już doświadczyliśmy w dobie pandemii COVID-19.

W praktycznym ujęciu sieć TSN pozwala na duże oszczędności poprzez integrację sieci IT z OT, np. zmniejszając ilości łącz kablowych. Opracowywanie rozwiązań opartych o TSN jest prostsze, szybsze, gdyż stosuje się jeden standard komunikacji niezależnie od producentów urządzeń pracujących w sieci. Przy czym oprócz sieci TSN przewidywana jest tu unifikacja w ramach standardu OPC UA. Bezpieczeństwo jest z założenia uwzględniane w sprzęcie realizującym TSN (podpisany cyfrowo *firmware*, *update* poprzez bezpieczny zabezpieczony kryptograficznie kanał, taki jak TLS). Jednak mimo tak daleko sięgającej automatyzacji przygotowanie nowej aplikacji do pracy w środowisku TSN wymaga znajomości zasad i standardów. Podobnie jak przy tworzeniu oprogramowania CLOUD Architect – aplikacja sama nie zaadaptuje się optymalnie w środowisku TSN. Pojawia się więc nowa dziedzina, wymagająca już dziś edukacji przyszłych inżynierów w Polsce. To ważne, o ile chcemy sami budować własny przemysł i mieć wpływ na szybkość rozwijającej się w naszym kraju zautomatyzowanej gospodarki.

### TSN – stary czy nowy standard

Bardziej niż tworzenie nowego standardu TSN unifikuje już istniejące. Bierzemy z nich to, co najlepsze, i odsuwamy te mniej użyteczne dziś sprawdzone doświadczenia standardy. Tym samym TSN wprowadza uniwersalność, w której składowe (sprzęt) pochodzą od różnych, często konkurujących ze sobą dostawców sterowników PLC/kontrolerów, switchy, bramek (*gateways*), komputerów do EDGE computingu.

### Zmiana paradygmatu optymalizacji – zarządzanie priorytetami TSN

Główną wartością jest nowy wymiar optymalizacji, jaki TSN wnosi do prze-

mysłu poprzez dynamiczne zarządzanie priorytetami przesyłanych danych. Najważniejszymi elementami są:

- czas i synchronizacja;
- zarządzanie ruchem krytycznym OT oraz niekrytycznym IT (kształtowanie ruchu);
- zarządzanie połączeniami OT (planowanie).

### Czas i synchronizacja w TSN

Pełni to rolę katalizatora dla pozostałych grup. Wszystkie urządzenia włączane do TSN muszą mieć zsynchronizowane zegary z dużą dokładnością, ale – może co najistotniejsze – synchronizacja i czas muszą pozostawać stabilne przez cały czas pracy 24/7. Oznacza to, że zegary muszą zgodnie odmierzać czas, pracując w tej samej dziedzinie – tzw. skali czasu – i nie mogą zbyt „szumieć” (ang. *jitter*). Identyczne rozumienie czasu przez switchy, bramki i roboty definiuje pracę w tzw. wspólnej domenie czasu (ang. *Time Domain*). Najczęściej używana jest skala czasu UTC, ale nie tylko. Dlatego tak ważne jest zrozumienie idei skal czasu, wad już istniejących skal, jak i pilne uporządkowanie norm odmierzania czasu w TSN. Niektóre urządzenia PLC oparte na Linuxie zaczynają liczyć czas od roku 1970. Systemy autonomicznych pojazdów używają swoich skal czasu liczonych od zera, które też zwykle interpretują jako rok 1970 (chwila włączenia pojazdu w garażu uniemożliwia synchronizację do popularnego dziś źródła, jakim jest GNSS). Jednak inne sterowniki wbudowane mogą owo zero interpretować odmiennie jako arbitralne. Dlatego TSN używa do synchronizacji PTP, protokołu opartego na skali atomowej TAI (ang. *Atomic Time Scale*) i przesunięciu „offset” do skali UTC. Standard ten umożliwia też koordynację różnych skal czasu (TAI, UTC, lokalnego). W przypadku nowszej wersji standardu 802.1AS-rev możliwe jest też wydzielenie domeny czasowej dla skali arbitralnej (ARB) liczonej od zera. Pozwala on dokładnie mierzyć opóźnienia istotne do zarządzania ruchem. Wspólny czas pełni w TSN rolę dyrygenta orkiestry złożonej z muzyków (roboty). Dyrygent (zegar master) narzuca rytm niezbędny dla muzyki (proces produkcji).

Dyrygent wskazuje zarówno, kto gra, jak i kto pauzuje. Określa w „symfonii” produkcji głośność gry uczestników (priorytety).

### Zarządzanie ruchem

Zarządzanie sieci i kolejkiwanie uwzględniają dynamiczne zarządzanie priorytetami obsługi danych przesyłanych siecią Ethernet. Dotychczas sterowanie klasyczne oparte było o mechanizmy kolejkiwania, a priorytety możliwe do nadawania za pomocą QoS (tzw. podejście *best effort*). Małe bufor kolejujące mogą prowadzić do utraty pakietów.

Z kolei zbyt duże bufor wprowadzają niepożądane opóźnienia (latencje). Istotę zarządzania porównuje się do ruchu samochodów. Autostrada dzieli się na pasy ruchu (wydzielone sloty czasowe transmisji sieci TSN) zróżnicowane dozwoloną minimalną prędkością. Są tutaj pasy do szybkiej i wolnej jazdy. Są też ustalone procedury tworzenia „pasów życia” dla przejazdów uprzywilejowanych. Samochody (pakiety z danymi) ustawiane są na odpowiednich pasach, zapewniając optymalny, przewidywalny, płynny ruch sieci TSN, gdzie zapewnione jest maksymalne możliwe opóźnienie pakietu.

### Zarządzanie połączeniami

Zarządzanie połączeniami i rezerwacja slotów czasowych zapewniają redundancję połączeń (ang. *fault-tolerance*) na wypadek niespodziewanej awarii. Dotyczy to zarówno połączeń fizycznych, jak pasm logicznych (slotów czasowych) przydzielanych transmisji pakietów. W przykładzie porównania do autostrady zarządzanie połączeniami zapewnia wydzielenie pasów, ich rezerwacje (buspas w godzinach szczytu). Obejmuje to także zapewnienie dróg dojazdowych i objazdów w przypadku systemów krytycznych, a nawet podwojenie autostrad. Dla optymalizacji połączeń niezbędna jest znajomość opóźnień między elementami a urządzeniami końcowymi.

### Problem synchronizacji GPS

Najpowszechniejszym źródłem czasu jest sygnał satelitarny GPS. Od roku 1995 przemysł sukcesywnie wdrażał

rozwiązania oparte o GPS (lub inny GNSS), uzależniając się od niego. Z czasem odbiorników w przemyśle pojawiło się tak dużo, że zaczęły się wzajemnie zakłócać (za sprawą anten aktywnych). Trudne stało się też administrowanie tak dużą liczbą odbiorników. Pojawiły się pierwsze anomalie synchronizacji opartej o GPS prowadzące do awarii. Coraz częściej okazywało się, że skorelowane systemy przemysłowe, synchronizowane dwoma niezależnymi od siebie odbiornikami GPS, wykazują rozbieżności czasowe. Takie zjawisko uznano za niebezpieczne w erze TSN, dlatego zastąpiono odbiorniki specjalizowanymi serwerami czasu, zwanymi również zegarami grandmaster (ang. *grandmaster clock*). Wg standardu w sieci TSN każdy element sieci typu zegar może stać się serwerem master pod warunkiem ogłoszenia posiadania najlepszych parametrów czasowych, jak dokładność, czy ustawionego najwyższego priorytetu dla algorytmu BMCA – typowo jest to właśnie serwer grandmaster, a inne mogą kontynuować synchronizację sieci dla redundancji w przypadku utracenia serwera. To ułatwiło utrzymanie systemów przemysłowych we wspólnej domenie czasowej TAI z informacją o skali czasu UTC. Jako sieciowy protokół synchronizacyjny wybrano PTP IEEE1588, zastępując NTP. Serwery czasu ograniczyły również ilość odbiorników GPS, ale nie rozwiązywały do końca problemów związanych z używaniem czasu z satelitów.

Do synchronizacji używane są specjalne wersje odbiorników GNSS różniące się od geodezyjnych (RTK) i tych mobilnych, jakie mamy w telefonach komórkowych oraz w samochodach. Głównym problem synchronizacji



Widok dachu zakładu produkcyjnego zapełnionego antenami GPS

opartej o GNSS jest błędne domniemanie, że czas i pozycja napływają automatycznie z satelity. Jednakże czas wyliczany jest w odbiornikach GNSS na Ziemi. Każdy odbiornik robi to inaczej – ma własne algorytmy, a poszczególne systemy GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU, IRNSS) różnią się wskazaniem wewnętrznych zegarów systemowych o całe sekundy (problem różnic skal czasu, na jakich bazują na poziomie systemów satelitarnych). Odbiornik musi uwzględniać odebraną z satelitów telemetrię, korygując efekty relatywistyczne, wyliczając opóźnienie w jonosferze (potencjalnie wspierając się systemami SBAS, jak EGNOS) i przeskalać czas, prowadząc złożone operacje na macierzach. Musi on sporo policzyć i poprzez to ma wiele okazji do popełnienia błędów, zwłaszcza w zakresie przepełnień, ponieważ upływ czasu w jego wnętrzu reprezentowany jest numerycznie. Wiele odbiorników GNSS ze słabymi procesorami oraz małą ilością pamięci przechowuje w jednym bajcie sąsiadujące ze sobą bity reprezentujące czas i datę. To bardzo niebezpieczne. Podczas obliczeń mogą występować przepełnienia, błędy sumy kontrolnej, wywołujące duże skoki w czasie (ang. *peak time*). Takie ryzyko występuje szczególnie podczas złych warunków odbioru sygnału GNSS oraz w okresie zapowiedzi i obsługi tzw. sekundy przestępnej UTC (ang. *leap second*).

W przypadku PTP, bazującego na skali TAI, czas należy przeliczyć ze skali UTC czy też GPS, co powoduje dodatkowe ryzyko błędów, zwłaszcza przy występowaniu sekundy przestępnej oraz przy starcie urządzenia (odbiornik GPS posiada pełną informację o czasie UTC dopiero po 12.5 minuty i gdy informacja o sekundach przestępnych zaszyta w jego firmware jest inna, występuje skok czasu w ramce NMEA).

Ponadto, z wyjątkiem europejskiego GALILEO, wszystkie pozostałe systemy GNSS (GPS, GLONASS, BEIDOU, IRNSS) są systemami wojskowymi i nie dają gwarancji odbioru ich sygnału w zależności od sytuacji geopolitycznej. Danymi odbieranymi z GNSS można też łatwo manipulować, tworząc fałszywą emisję tu na Ziemi. Nazywa się to



Awaria telemetrii w tramwajach w dniu 7/04/2019 r. spowodowana problemem przepełnienia i wyzerowania się licznika tygodni. Licznik jest częścią danych telemetrycznych przekazywanych z satelitów GPS i występuje raz na 19,7 lat (10 321 927 minut)

*spoofingiem*. Można też zagłuszać oryginalny sygnał satelitarny, co nazywamy *jammowaniem*, czy też retransmitować z celowym (tym różni się od interferencji czy odbici sygnału) opóźnieniem, tzw. *meacooning*. Obecnie sygnały GNSS w przemyśle są bardzo narażone na takie manipulacje i celowe cyberataki. Coraz częściej zdarzają się ataki na całe infrastruktury przemysłowe, a nawet na infrastrukturę krytyczne państw. W 2019 r. Izrael odnotował zagłuszanie GPS, co wymusiło podjęcie procedur awaryjnych sterowania ruchem lotniczym nad tym państwem. Znane są też przypadki podobnych awarii systemów telekomunikacyjnych w Wielkiej Brytanii i Japonii.

Co więcej, okazuje się, że czas UTC wcale nie jest taki uniwersalny, jak wskazuje jego nazwa – każda konstelacja GNSS ma swoją prywatną skalę czasu UTC i one się różnią. Na przykład rozbieżność UTC amerykańskiego systemu GPS i rosyjskiego GLONASS to 40 ns, a ich bazowe skale czasu GPST i GLONASST różnią się dziś aż o 19 sekund. Różna jest też numeracja dni tygodnia. Chińczycy w BEIDOU oznaczają dni w przedziale 0–6, podczas gdy pozostali nadają numerację 1–7. Wszystkich przypadków jest zbyt wiele, aby przetestować liczne kombinacje na symulatorach w laboratorium, zwłaszcza że ostateczny wynik różnicuje jeszcze jakość odbieranych sygnałów, a to zależy od instalacji anteny i jej dostępności do pełnego nieboskłonu. Zdarzyło



się, że odbiornik, po latach stabilnej pracy, wykonał nieoczekiwane, operacje wywołując fluktuacje i niestabilność synchronizacji.

Dziś synchronizacja ściśle wiąże się z cyberbezpieczeństwem (powiązanie m.in. z przedziałem czasu ważności certyfikatów), ponieważ zamiast włamywać się do sieci wewnętrznej, prościej jest destabilizować pracę całej zautomatyzowanej fabryki poprzez zdalne zaburzenie synchronizacji. Reszta destrukcji wykona się praktycznie sama, jeżeli system nie jest na to przygotowany. Manipulując czasem, można zaburzyć chronologię zapisanych zdarzeń w dziennikach LOG. Traci się wtenczas bezpowrotnie szansę analizy błędów i ustalenia przyczyny awarii. To idealne warunki dla hackerów, którzy odwracają w ten sposób uwagę od rzeczywistej przyczyny ataku wywołującego awarię. Dziś zmianie uległ cały paradygmat cyberbezpieczeństwa, a ataki hackerskie klasy *Time synchronization attack* i *Time delay attack* należą do prawdopodobnych i najniebezpieczniejszych dla silnie zautomatyzowanego, zależnego od GNSS przemysłu.

### Synchronizacja TSN z dedykowanych serwerów PTP IEEE1588


Z powyższych powodów możliwości manipulacji GNSS sieci TSN używają do synchronizacji wyspecjalizowanych serwerów czasu, które mogą pobierać czas jednocześnie z wielu źródeł. Są one skonstruowane pod kątem cyberbezpieczeństwa i stabilności dostaw skali czasu. Serwery czasu IEEE1588 nie tylko odbierają sygnał z wybranych systemów GNSS, ale są z reguły wyposażone w specjalne wewnętrzne oscylatory o długoterminowej wysokiej stabilności częstotliwości, podtrzymujące synchronizację (tzw. *holdover*) podczas problemów z GNSS. Urządzenia mogą być konfigurowane do współpracy z konkretnymi systemami satelitarnymi, co pozwala realizować uwarunkowania geopolityczne. Trudno sobie wyobrazić, aby amerykański przemysł pozostawał zależny od chińskich satelitów BEIDOU czy rosyjskiego systemu GLONASS i zasada ta działa w obie strony. W przypadku Europy ważną rolę pełni europejski system GALILEO,

opcjonalnie wspierany jedynie pracą amerykańskiego GPS. Serwery czasu IEEE1588 mogą też uzyskiwać precyzyjny czas sieci z zegarów atomowych z odległych centrów czasu.

### Czas urzędowy

Coraz częściej mówi się o rosnącym znaczeniu czasu urzędowego, dostarczanego z narodowych instytutów metrologii przy pomocy światłowodów. Za wyznaczenie dokładnego czasu UTC(k) odpowiada w każdym państwie narodowy instytut metrologii. W Polsce rolę tę pełni Główny Urząd Miar RP. Czas urzędowy jest w Polsce chroniony prawnie, a sposób jego rozpowszechniania określa rozporządzenie (Dz.U.04.56.548). GUM udostępnia swoje wzorce publicznie przy pomocy protokołu NTP i wkrótce również IEEE1588. Rodzima administracja, sektor finansowy, przemysł, a także telekomunikacja powinny opierać się na standardzie UTC(PL) lub na wzorcu GALILEO, który niebawem uzyska status oficjalnego czasu Unii Europejskiej. W przyszłości należy pamiętać, że aby uniknąć awarii, konieczne jest zadbanie o zaopatrzenie serwerów w oficjalne źródła czasu polskiego dostarczane niezależnie z GALILEO, sygnału radiowego 225 kHz z Solca Kujawskiego i z sieci Głównego Urzędu Miar RP. Z czasem powstawać będą zapasowe centra czasu urzędowego, jakie dziś można już spotkać w USA i w niektórych innych krajach.

Podsumowując, warto podkreślić bardzo dobrą perspektywę rozwoju sieci TSN, których zasięg z czasem wykróczy poza przemysł. Idea deterministycznego Ethernetu kusi coraz bardziej producentów rozwiązań konsumenckich. Niewykluczone, że pewnego dnia TSN zawita też w naszych domach tak samo, jak sieć 5G czy powszechność łączy światłowodowych „na ostatniej mili”. Ethernet zapewniający określoną z góry nie tylko przepustowość, ale także opóźnienie, każdemu urządzeniu jest bardzo kuszącą propozycją. Jest to idealny partner dla 5G New Radio oraz IoT Critical. ■

 Tomasz Widomski  
www.elpromatime.com



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



# Technologia bezpieczeństwa pneumatycznego oraz Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT)

Jeff Welker, Enrico De Carolis

Systemy pneumatyczne integrują już w sobie szereg funkcji bezpieczeństwa i podzespołów, które chronią operatorów i urządzenia, zapobiegają przestojom, zwiększają niezawodność i wydłużają okres eksploatacji. Wraz z pojawieniem się Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) technologia pneumatyczna zyskuje większą funkcjonalność z nowymi możliwościami śledzenia i pomiaru, zapewniając jeszcze lepszy wgląd w pracę maszyn i wydajność podzespołów i podsystemów. Dzięki tej dodatkowej funkcjonalności dostępne są większe możliwości monitorowania charakterystyki bezpieczeństwa maszyn oraz ochrony ludzi i urządzeń przed uszkodzeniami. Niniejszy artykuł obejmuje kontekst pneumatyki w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa maszyn w środowisku produkcyjnym i ma na celu zbadanie, w jaki sposób funkcje IIoT wraz z odpowiednią technologią pneumatyki mogą zapewnić poprawę bezpieczeństwa i działania maszyn.

## Pneumatyka i bezpieczeństwo

Producenci maszyn i użytkownicy końcowi zawsze korzystali z urządzeń pneumatycznych, aby zapewnić efektywny kosztowo i wydajny ruch oraz załączanie szerokiej gamy systemów. Ponadto pneumatyka dostarcza producentom OEM i użytkownikom końcowym niezawodną, lekką i sprawdzoną technologię, która poprawia

bezpieczeństwo ich urządzeń. Pneumatyka może być wykorzystywana do wdrażania wielu ważnych funkcji bezpieczeństwa, takich jak zapewnienie ograniczonej prędkości, zmniejszenie



Pneumatyka jako sprawdzona technologia automatyzacji już teraz zapewnia wiele korzyści w zakresie bezpieczeństwa. Dzięki dodaniu odpowiednich czujników, funkcji analityki i możliwości łączności, które są przewidywane w zastosowaniach IIoT, systemy pneumatyczne pozwalają jeszcze bardziej zwiększyć poziom bezpieczeństwa, chroniąc ludzi i maszyny przed uszkodzeniami

ciśnienia i siły, bezpieczne uwalnianie energii oraz zapewnienie bezpiecznego kierunku ruchu lub blokowanie ruchu.

Konstruktorzy maszyn w każdym regionie świata starają się wykorzystywać różnorodne alternatywne technologie w celu zwiększenia bezpieczeństwa maszyn – a ruch wykorzystujący pneumatykę jest jednym z wielu trendów. Natomiast globalizacja rynku maszyn oznacza, że maszyny muszą być zgodne z różnorodnymi przepisami dotyczącymi bezpieczeństwa. Na przykład w Unii Europejskiej przy oddawaniu maszyny do eksploatacji należy zachować zgodność z wymaganiami

dyrektywy maszynowej (2006/42/WE). Najlepszym sposobem na spełnienie wymogów prawnych jest zachowanie zgodności z wieloma dostępnymi normami globalnymi.

Dominującą normą regulacyjną, która wpływa na technologię pneumatyczną w automatyce maszyn, jest ISO 13849. Określa ona wymagania dotyczące bezpieczeństwa i zawiera wytyczne w zakresie zasad projektowania i integracji części systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Regulacje te mają na celu zmniejszenie ryzyka obrażeń ciała i zapobieganie uszkodzeniom urządzeń. Jednak, jeśli chodzi o bezpieczeństwo, firmy ponoszą również duże koszty. Amerykańskie Centra Kontroli i Zapobiegania Chorobom (CDC) oraz Krajowa Rada Bezpieczeństwa (NSC) szacują, że bezpośrednie koszty śmiertelnych obrażeń wynoszą co najmniej milion dolarów, a koszty pośrednie, związane na przykład z zakłóceniami w miejscu pracy, utratą wydajności, zmianą pracowników, szkoleniem, zwiększonymi składkami ubezpieczeniowymi i opłatami prawnymi, wynoszą od 2 do 17 razy więcej.

Dlatego też niezależnie od tego, czy maszyny są produkowane w Europie i dostarczane do Stanów Zjednoczonych, czy na odwrót, muszą one być zgodne z normami w zakresie bezpieczeństwa. Systemy pneumatyczne w zakresie bezpieczeństwa pomagają konstruktorom maszyn spełnić wymagania przepisów.

## Nowy czynnik: IIoT

Pojawienie się IIoT i powiązanych z nim trendów, takich jak Przemysł 4.0, stwarza dodatkowe możliwości dla pneumatyki, zwiększając jej udział w zapewnieniu bezpieczeństwa.

IIoT polega na gromadzeniu danych, otwierając nowe możliwości śledzenia, pomiaru i reagowania, a tym samym

gromadzenia danych, co pozwala uzyskać wyniki oparte na informacjach. Ten dodatkowy potencjał gromadzenia informacji oferuje nowe możliwości zwiększenia bezpieczeństwa funkcjonalnego w produkcji. Jedną z zalet rewolucji IIoT jest bardziej przewidywalny stan produkcji, co prowadzi nie tylko do jej optymalizacji, ale także do udoskonalenia algorytmów bezpieczeństwa.

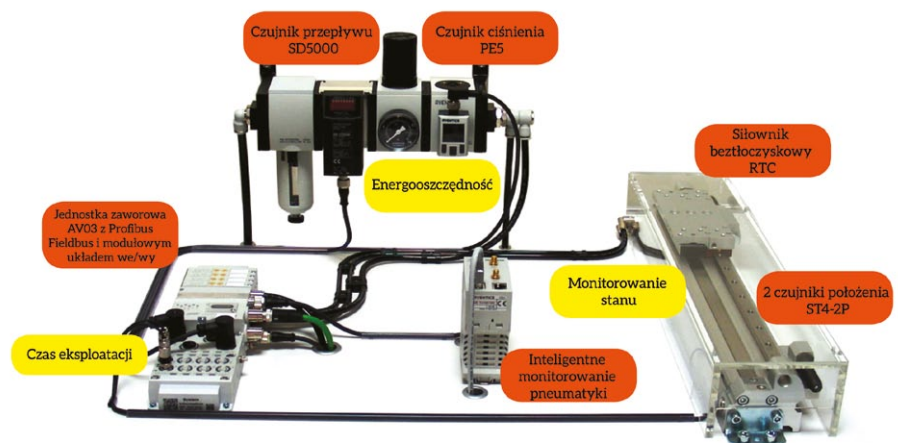
Jednym z kluczowych rozwiązań związanych z pojawieniem się IIoT i Przemysłu 4.0 jest coraz szersze stosowanie czujników w systemach automatyki, w tym w podzespołach pneumatycznych. Technologie czujników stały się inteligentniejsze, a czujniki mniejsze, lżejsze i łatwiejsze do zintegrowania z wieloma podzespołami pneumatycznymi, umożliwiając pomiar temperatury, ciśnienia, natężenia przepływu, czasu trwania cyklu, szybkości reakcji zaworu itp. Nawet najprostsze urządzenia mogą na pewnym etapie dostarczać istotnych informacji. W rezultacie użytkownicy końcowi będą mieli znacznie większy zakres wiedzy na temat wydajności podzespołów pneumatycznych w ich maszynach i urządzeniach.

### Same dane to za mało

Im bardziej inteligentny jest system, tym szerszą analitykę danych będzie mógł zaoferować. Im więcej systemów jest w fabryce, tym większa będzie ilość gromadzonych danych. Aby wszystkie te dane nie stały się przytłaczające, producenci urządzeń i użytkownicy końcowi muszą dokładnie określić, jakie informacje są im potrzebne, aby zapewnić bezpieczne i skuteczne działanie urządzeń.

W przypadku systemów pneumatycznych nie jest niczym wyjątkowym, że maszyna jest wyposażona w 15 kolektorów z conajmniej dziesięcioma zaworami na każdym kolektorze. Monitorowanie liczby zmian pozycji zaworów skutkowałooby tym, że wygenerowane dane nie tylko byłyby bardzo liczne, ale też miałyby ograniczoną użyteczność.

Alternatywną strategią jest monitorowanie czasu reakcji zaworu – parametru, który jest również stosowany do spełnienia wymogów normy bezpieczeństwa funkcjonalnego ISO 13849. W powyższym przykładzie samo monitorowanie



Monitorowanie IIoT typowego układu pneumatycznego

liczby zmian pozycji nie mogłoby zostać wykorzystane do przewidywania wpływu na bezpieczeństwo systemu. Na przykład działanie producenta samochodów polegające na zwiększeniu produkcji w linii montażowej z 60 do 65 pojazdów na godzinę wpłynęłoby również na czas cyklu pracy systemu, a tym samym na cykle zmiany pozycji zaworu, ale nie na czas reakcji zaworu.

Dlatego celem producenta powinno być opracowanie lepszych wyników w zakresie bezpieczeństwa w oparciu o odpowiednie dane, które po prawidłowej analizie prowadzą do uzyskania informacji istotnych dla danego zastosowania. Samo wygenerowanie dużej ilości danych, bez planu, jak je wykorzystać, i zrozumienia, co mierzą, nie jest zbyt użyteczne.

### Czas misji: parametr krytyczny

Czas misji, zdefiniowany w normie ISO 13849 i obliczony na podstawie prędkości cykli, godzin pracy, dni pracy i niezawodności podzespołów, jest kluczowym parametrem w przypadku pomiaru wydajności bezpieczeństwa maszyn. Zapewnia on użytkowników końcowych, że podzespoły związane z bezpieczeństwem będą działały w sposób bezpieczny przez ustalony czas, po którym należy je wymienić niezależnie od tego, czy nadal działają.

W przeciwieństwie do czasu eksploatacji czas misji jest decyzją projektową, która jest udokumentowana w specyfikacji wymagań bezpieczeństwa oraz w części walidacyjnej wymagań norm

ISO 13849 i IEC 62061. Podczas gdy czas misji jest ważny, nowe możliwości IIoT pozwalają na uzyskanie innych dostępnych informacji, które będą pomocne z punktu widzenia bezpieczeństwa. Załóżmy na przykład, że maszyna ma świetlną kurtynę bezpieczeństwa sterującą zaworem, a czas reakcji zaworu zmienił się z 30 milisekund na 50 lub nawet 70 milisekund, zanim urządzenie osiągnie cykl wymiany w oparciu o czas misji. Taki scenariusz mógłby stanowić poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa, ponieważ pozwoliłby operatorowi znaleźć się znacznie dalej w obszarze pracy maszyny, zanim zostałaby wygenerowana reakcja związana ze zdarzeniem zagrażającym bezpieczeństwu. Spadek czasu reakcji zaworu (oraz odpowiedni czas reakcji na alerty) to przydatne informacje, które mogą być proaktywnie wychwytywane i raportowane dzięki nowym możliwościom IIoT.

W obecnych czasach, aby zapewnić bezpieczeństwo systemów i maszyn, należy wprowadzić i przestrzegać harmonogramu planowanej konserwacji. Jest to harmonogram, który wskazuje na konieczność wymiany lub regeneracji podzespołów związanych z bezpieczeństwem działających w maszynie lub systemie. Dzięki autonomicznemu monitorowaniu zmian reakcji zaworu w czasie harmonogram konserwacji jest bardziej dogłębny i przewidywalny. W ten sposób można całkowicie wyeliminować konieczność zaplanowanych konserwacji, tym samym zapewniając gwarantowany czas misji. Istotne zmiany



Aby monitorować zużycie amortyzatora w siłowniku pneumatycznym, brama brzegowa przeanalizuje sygnały z czujnika skoku końcowego w celu oceny skuteczności amortyzacji

parametrów bezpieczeństwa można „monitorować” przy użyciu zasad i urządzeń IIoT.

Bez względu na to, czy są to standardowe dane operacyjne, czy dane związane z bezpieczeństwem IIoT, ich celem jest zapewnienie informacji, które można wykorzystać. Różne branże i zakłady produkcyjne muszą określić, które dane są najbardziej istotne oraz w jaki sposób należy je analizować i stosować, aby poprawić swoje działania i bezpieczeństwo systemów.

### IIoT już tutaj jest

Bramy brzegowe to urządzenia, które tłumaczą dane wykorzystywane przez aplikacje sterujące na format IIoT, umożliwiając połączenie się z systemami w chmurze. Bram tych można jednak również używać do analizowania odbieranych przez nie danych, dlatego też uważane są za urządzenia do przetwarzania brzegowego.

Na rynku dostępne są już urządzenia pneumatyczne z możliwościami bram brzegowych, które są wbudowane w ich platformę elektroniczną. Wielu producentów opracowuje bramy Przemysłowego IoT, które analizują różne sygnały z czujników i wykorzystują wyniki do generowania informacji o procesach. Aby na przykład monitorować zużycie amortyzatora w siłowniku pneumatycznym, brama brzegowa przeanalizuje sygnały z czujnika skoku końcowego, aby ocenić skuteczność amortyzacji. System może inteligentnie przekierowywać te informacje do właściwych osób, bez korzystania ze sterownika maszyny. Koncepcja ta minimalizuje konieczność

modyfikacji programu sterownika, co redukuje ryzyko wystąpienia przestojów maszyn i może znacznie obniżyć koszty operacyjne poprzez identyfikację wadliwych podzespołów, zanim przestaną działać i spowodują nieplanowane przestoje.

Dane dotyczące wydajności systemu mogą być gromadzone wraz z danymi dotyczącymi istniejących podzespołów i czujników, a następnie analizowane w celu zapewnienia istotnych informacji na temat urządzenia lub systemu bezpieczeń-

stwa. Możliwe jest na przykład śledzenie czasu misji za pomocą istniejących czujników, które znajdują się już w podzespołach. Jednak w przypadku bardziej szczegółowych danych producenci podzespołów prawdopodobnie zamontują większą liczbę czujników wewnątrz lub na zewnątrz urządzeń lub systemów. Ostatecznie istnieje możliwość monitorowania każdego poziomu układu pneumatycznego za sprężarką, w tym części związanych z bezpieczeństwem (patrz pasek boczny „Monitorowanie IIoT typowego układu pneumatycznego”).

### Podsumowanie

Jedną z największych korzyści rewolucji IIoT jest bardziej optymalny i przewidywalny stan produkcji. Można ją jednak wykorzystywać również do osiągnięcia lepszych wyników w zakresie bezpieczeństwa i uzyskania bezpieczniejszych systemów produkcji.

Pneumatyka jako sprawdzona technologia automatyzacji już teraz zapewnia wiele korzyści w zakresie bezpieczeństwa. Dzięki dodaniu odpowiednich czujników oraz możliwości analityki i łączności przewidzianych w zastosowaniach IIoT systemy pneumatyczne pozwalają jeszcze bardziej zwiększyć poziom bezpieczeństwa, chroniąc ludzi i maszyny przed uszkodzami.

Zadaniem producentów podzespołów jest praca z użytkownikami końcowymi w celu dostarczania inteligentnych urządzeń zapewniających istotne dane z możliwością wykorzystania, które umożliwiają zwiększenie bezpieczeństwa dzięki wynikom opartym na informacjach.

### Monitorowanie IIoT typowego układu pneumatycznego

#### Sprężarka

Monitorowanie obejmowałoby takie czynniki, jak temperatura, ciśnienie i wilgotność (potencjalne punkty rosy) oraz poziomy zanieczyszczeń powietrza.

#### Filtry, regulatory, smarownice

Czujniki i funkcje monitorowania służyłyby do kontroli zanieczyszczenia, temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza.

#### Rozdzielacz/zawór (zawory)

Kluczowe elementy monitorowania obejmują czas misji, czas reakcji i prędkość cykli.

#### Siłownik

Innymi ważnymi czynnikami, które należy monitorować, są prędkość siłownika, degradacja uszczelnienia oraz czasu rozszerzania/wycofywania.

#### Przykład

Siłownik liniowy wysuwa się i wypycha skrzynię z przenośnika na paletę. Ponieważ stan siłownika ulega pogorszeniu, istnieje prawdopodobieństwo, że należy go wymienić. Dla określonej szybkości można ustalić czas skoku z pozycji wyjściowej do pozycji docelowej. Jeżeli odczyty w pewnym momencie będą poza tym zakresem, system może wygenerować alert i dostarczyć dane, które mogłyby zostać wykorzystane w odpowiedzi na niego. System może również monitorować czas misji dzięki istniejącym czujnikom. Na przykład, jeżeli czas pracy rozdzielacza i zaworu został określony na sześć lat, można monitorować te komponenty, aby śledzić ten przedział czasu, a także monitorować czas reakcji i prędkość cykli zaworu. ■

Jeff Welker, starszy kierownik ds. projektu, Fluid Control and Pneumatics, Emerson;  
Enrico De Carolis, Wiceprezes ds. globalnych technologii Fluid Control and Pneumatics, Emerson



# DREMA 2021 – najważniejsze spotkanie branży drzewnej i meblarskiej

Połowa września to tradycyjny już termin najbardziej wyczekiwanego wydarzenia w branży drzewnej i meblarskiej w Polsce i jednocześnie najlepszego miejsca do zakontraktowania komponentów i materiałów oraz zakupu maszyn i narzędzi do prowadzonej produkcji mebli. Międzynarodowe Targi Maszyn, Narzędzi i Komponentów dla Przemysłu Drzewnego i Meblarskiego DREMA odbędą się w Poznaniu w dniach od 14 do 17 września 2021 roku.

Ubiegłoroczna edycja Targów DREMA spotkała się z bardzo dobrym przyjęciem. Zdobyte wówczas doświadczenia, niesłabnące zainteresowanie udziałem w Targach, zachęta ze strony delegatów krajowych Federacji EUMABOIS oraz wymierne korzyści, jakie w obecnych czasach przynosi udział w targach, sprawiły, że i w tym roku Grupa MTP wraz z partnerami i wystawcami przygotowuje się do najważniejszego wydarzenia branży drzewnej i meblarskiej.

– Siłą Targów DREMA było i jest kreowanie przestrzeni spotkań na żywo i prezentacji najnowszych technologii dla przemysłu drzewnego i meblarskiego. Testowanie maszyn i linii technologicznych, możliwość dotknięcia i zobaczenia złożonych mechanizmów, porównania oferty różnych wystawców, czas na negocjacje – specyfiki DREMY nie sposób przełożyć na dostępne narzędzia online. Nie sposób też oddać klimatu spotkań i wydarzeń towarzyszących wystawie – komentuje Andrzej Półrolniczak, dyrektor Międzynarodowych Targów Maszyn, Narzędzi i Komponentów dla Przemysłu Drzewnego i Meblarskiego DREMA.

Kluczowe organizacje i stowarzyszenia branżowe, izby gospodarcze oraz wystawcy wspólnie z organizatorami Targów DREMA stają na wysokości zadania, aby mimo wyjątkowej sytuacji zadbać o wysoki poziom merytoryczny wydarzeń, przedstawić kompleksową ofertę dla przemysłu drzewnego i meblarskiego – od surowców, materiałów i komponentów do prekursorskich rozwiązań do produkcji mebli oraz zapewnić przestrzeń do owocnych spotkań biznesowych.

VI Ogólnopolski Kongres Meblarski, organizowany przez Ogólnopolską Izbę Gospodarczą Producentów Mebli, dotyczył będzie zmian w zachowaniach konsumentów kupujących meble, konkurencyjności polskiej branży meblarskiej, a także rozwoju personalnego pracowników branży.

Trzeciemu już Spotkaniu Kobiet Branży Meblarskiej towarzyszy hasło „Marka własna kluczem do sukcesu”. O wartości spotkania mówi rosnąca z roku na rok liczba zainteresowanych nim uczestniczek. Jedną z niewielu okazji, aby spotkać się i porozmawiać z ekspertami z różnych dziedzin związanych z obróbką i przetwórstwem drewna, zapoznać się z ofertą edukacji zawodowej, dokonać zakupu literatury fachowej czy specjalistycznych narzędzi do ręcznej obróbki drewna, a także zasięgnąć wiedzy o certyfikacji drewna będzie Strefa Wiedzy i Warsztatów organizowana przez portal Drewno.pl. Na zwiedzających czeka również wyjątkowe wydarzenie: Magia Drewna – Spotkanie Twórców. Wezmą w nim udział pasjonaci zajmujący się obróbką drewna, znani publiczności głównie za sprawą mediów społecznościowych, w których dzielą się swoją twórczością i wiedzą. Przez wszystkie targowe dni odbywać się będą pokazy i prezentacje pracy z wykorzystaniem narzędzi ręcznych i elektronarzędzi, ostrzenia narzędzi, prac stolarskich dla profesjonalistów i amatorów, rzeźbienia w drewnie. Nie zabraknie też specjalnych stref pokazowych: DREMA Dzieciom, DREMA Tools, DREMA Hobby, DREMA Design, Innowacyjna Kuchnia, Tapicernia 4.0. Przyciągające co roku uwagę zwiedzających Mistrzostwa

Polski we Wbijaniu Gwoździ odbędą się już po raz dwudziesty! Przez wszystkie dni Targów będzie można podziwiać prace młodzieży zgłoszone do konkursu „Wyczarowane z drewna” oraz unikatowe rowery z drewna, które powstały w ramach konkursu „Zbuduj rower z drewna”, organizowanego przez Studenckie Koło Naukowe Technologów Drewna Wydziału Leśnego i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Na wszystkich imprezach organizowanych na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich obowiązują aktualne wytyczne i zalecenia Głównego Inspektora Sanitarnego oraz władz państwowych, eventy zdobyły również znak „Bezpieczne targi” i odbywają się zgodnie z wytycznymi Polskiej Izby Przemysłu Targowego. Podobnie jak w ubiegłym roku, udział w Targach DREMA będzie wiązał się m.in. z bezdotykowym pomiarem temperatury z użyciem kamer termowizyjnych, wypełnieniem ankiety epidemiologicznej, dezynfekcją dłoni czy koniecznością zasłaniania ust i nosa. Osoby, u których zaobserwowane zostaną jakiegokolwiek oznaki zakażenia, nie będą miały wstępu na teren Targów. W układzie stoisk przestrzeni wystawieniowych uwzględnione zostaną odpowiednio szerokie ciągi komunikacyjne pomiędzy stoiskami wystawienniczymi.

Najbardziej aktualne informacje dotyczące bezpieczeństwa wystawców i zwiedzających publikowane są na stronie [www.drema.pl](http://www.drema.pl). Bilety na Targi DREMA dostępne są wyłącznie online na platformie ToBilet.pl, na której czekają również bezpłatne karnety dla osób zawodowo związanych z branżą drzewną/meblarską. ■

Zapraszamy do Poznania na Targi DREMA od 14 do 17 września 2021! Więcej informacji na stronie: [www.drema.pl](http://www.drema.pl)

# Analiza konstrukcji modelowego elektrowibratora z magnesami trwałymi

Bartłomiej Będkowski

## 1. Wstęp

W latach 2015–2018 w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Napędów i Maszyn elektrycznych KOMEL oraz w firmie DEMETRIX Sp. z o.o. Sp. k. realizowano prace badawcze nad nowym typem wysokosprawnych napędów elektrycznych dla przemysłowych maszyn elektrowibracyjnych. Prace te były dofinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach trzeciej edycji Programu Badań Stosowanych. W wyniku realizacji projektu opracowano modelowy dwusilnikowy napęd elektrowibracyjny, generujący drgania liniowe, charakteryzujący się szeregiem zalet w stosunku do dostępnych obecnie na rynku rozwiązań [1].

W dotychczasowych rozwiązaniach napędów elektrowibracyjnych dla przemysłu stosowane są elektrowibratory z silnikami indukcyjnymi. W nowym rozwiązaniu napędu zastosowano wysokosprawne silniki synchroniczne z magnesami trwałymi (PMSM), zasilane z dedykowanego przemiennika częstotliwości.

Istotnymi zaletami wynikającymi z zastosowania w urządzeniach elektrowibracyjnych nowych napędów z silnikami PMSM są [1]:

- zdecydowanie poprawiona kultura pracy napędu elektrowibracyjnego, poprzez wyeliminowanie lub ograniczenie niepożądanych, niekontrolowanych drgań i hałasu urządzeń wibracyjnych w trakcie ich rozruchu i zatrzymania, z uwagi na zapewnienie, dzięki pełnemu sterowaniu, w pełni przeciwbieżnej pracy napędu dwusilnikowego od startu aż do zatrzymania;
- poprawione bezpieczeństwo użytkownika i obsługi urządzeń wibracyjnych;
- zwiększona trwałość napędzanych urządzeń wibracyjnych;
- nowa funkcjonalność napędów elektrowibracyjnych z silnikami PMSM:
  - możliwość zmiany kierunku generowanych drgań liniowych,
  - możliwość regulacji prędkości obrotowej napędu wibracyjnego w szerokim zakresie (zmiana częstotliwości drgań i tym samym parametrów przesiewania, szybkości transportu materiału),
  - możliwość zadawania cyklu pracy napędu wibracyjnego, z uwzględnieniem zmian prędkości napędu i kierunku generowanych drgań, możliwość zaprogramowania i wywoływania z pamięci sterownika różnych wcześniej zaprogramowanych cykli pracy napędu;
- możliwość zmniejszenia gabarytu i masy napędzanych przemysłowych urządzeń wibracyjnych;

**Streszczenie:** Praca prezentuje analizę konstrukcji modelowego elektrowibratora z magnesami trwałymi. Analiza została przeprowadzona na przygotowanych przestrzennych modelach obliczeniowych z wykorzystaniem narzędzi do obliczeń MES i CFD firmy Autodesk. W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych określono trwałość łożyskowania, wytrzymałość wału, konstrukcji wirnika i kadłuba, wyznaczono częstotliwości drgań własnych wirnika i kadłuba oraz przeprowadzono analizę termiczną maszyny. Wykonana analiza pozwoliła na ocenę nowej konstrukcji elektrowibratora na etapie modelu, przed wykonaniem rzeczywistej maszyny.

Słowa kluczowe: MES, CFD, obliczenia mechaniczne, obliczenia cieplne, analiza modalna, elektrowibrator

## THE STRUCTURE ANALYSIS OF THE PERMANENT MAGNETS ELECTRO VIBRATOR MODEL

**Abstract:** The structure analysis of the permanent magnet electro vibrator model is presented in the work. The analysis was carried out on prepared spatial computational models using Autodesk's MES and CFD calculation tools. As a result of the simulation tests, bearing durability, shaft, rotor and body structure strength, the rotor and body vibrations frequencies, and thermal analysis of the machine was carried out. The analysis made possible to evaluate the new design of the electro vibrator at the model stage before the actual machine was made.

Keywords: FEM, CFD, mechanical calculations, thermal calculations, modal analysis, electro vibrator

- znaczące zmniejszenie energochłonności urządzeń wibracyjnych, zwłaszcza pracujących w ruchu ciągłym;
- możliwość zastosowania nowych funkcjonalności napędu wibracyjnego (wymienionych wyżej) dla materiałów trudno odsiewalnych, gdzie klasyczne napędy wibracyjne są mało efektywne (zwiększenie wydajności przesiewania dla pewnej grupy materiałów).

Opisane rozwiązanie napędu wibracyjnego dwusilnikowego, bazujące na zastosowaniu silników PMSM zasilanych z dedykowanego przemiennika częstotliwości, jest przedmiotem zgłoszenia patentowego. W oparciu o to rozwiązanie Instytut Łukasiewicz – KOMEL wraz z firmą DEMETRIX mogą opracować i wykonać przemysłowe urządzenia wibracyjne



dostosowane do specyficznych wymagań klienta, charakteryzujące się lżejszą konstrukcją i zmniejszonymi wymiarami gabarytowymi oraz znacznie wyższą sprawnością napędu elektrowibracyjnego w stosunku do rozwiązań dostępnych obecnie na rynku.

Aby opracować taki napęd, na etapie prac projektowych silnika wykorzystano najnowocześniejsze metody i narzędzia obliczeniowe. Poniżej przedstawiono wybrane aspekty konstrukcji mechanicznej, które zostały poddane analizie na etapie projektowym, poprzedzającym wykonanie modelowego napędu.

## 2. Konstrukcja mechaniczna prototypu elektrowibratora

Konstrukcja mechaniczna modelowego elektrowibratora oparta została w dużej mierze na sprawdzonych podzespołach pracujących w rozwiązaniach konkurencyjnych. Dodatkowo ideą było opracowanie takiej konstrukcji, która byłaby zamienna z dostępnymi na rynku urządzeniami, a charakteryzowała się mniejszą masą. Dzięki zastosowaniu silnika PMSM, który oferuje większą gęstość mocy niż standardowy silnik klatkowy [5, 6], możliwe było skrócenie długości obwodu elektromagnetycznego. Modelowy elektrowibrator (rys. 1) składa się ze standardowych tarcz łożyskowych, typowych mas wirujących wraz z osłonami i nowo opracowanego skróconego wirnika oraz spawanego lżejszego kadłuba. Na etapie projektowym, dzięki zaawansowanym narzędziom obliczeniowym, nowe elementy (wirnik, kadłub) oraz obciążenie termiczne poddano wnikliwej analizie.

## 3. Analiza mechaniczna wirnika modelowego elektrowibratora

Na rysunku 2 przedstawiono widok wirnika modelowego elektrowibratora. Składa się on z wału, na którym osadzony jest pakiet blach elektrotechnicznych z umieszczonymi wewnątrz magnesami, łożysk i mas wirujących.

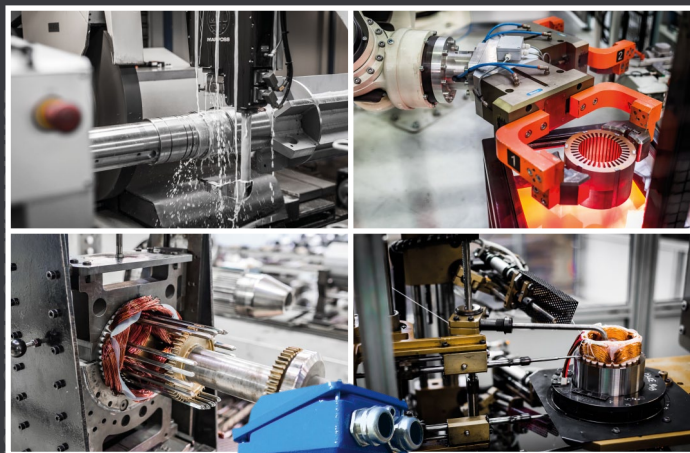
### 3.1. Analiza łożyskowania

Łożyskowanie do elektrowibratora zostało dobrane na podstawie konstrukcji łożyskowania elektrowibratora, z którego wykorzystano gotowe podzespoły (tarcze łożyskowe, masy wirujące) pozwalające na budowę elektrowibratora modelowego. Trwałość dobranej konstrukcji łożyskowania została obliczona przy wykorzystaniu kreatora łożysk dostępnego w programie Autodesk Inventor i porównana z wartościami podanymi przez producenta dla elektrowibratora, z którego pochodzą główne elementy konstrukcyjne. W kreatorze została użyta metoda obliczeń zgodna z SKF AG.

W programie podano wartości obciążeń łożyskowania, które pochodzą od wirujących mas (19275N – siła odśrodkowa pochodząca od mas). Łożyska użyte w konstrukcji klasycznej oraz w elektrowibratorze modelowym to łożyska walcowe typu SKF NJ2311/NUP2311 o deklarowanej przez producenta elektrowibratora żywotności: 100%: 13 635 h, 80%: 28 687 h, 50%: >100 000 h. Żywotność obliczona w kreatorze łożysk to 98%: 15 428 h. Obliczenia trwałości przeprowadzono dla łożysk o podwyższonej trwałości (typu EXPLORER – do zastosowań w maszynach pracujących z dużym obciążeniem łożyskowania),

# Cantoni<sup>®</sup> GROUP

# DRIVING YOUR BUSINESS

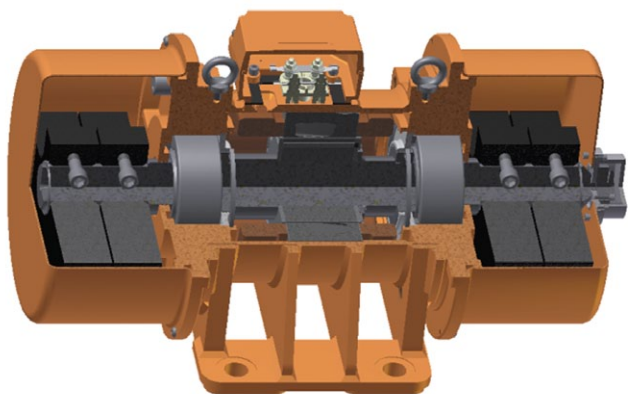


**IE3** PREMIUM  
EFFICIENCY

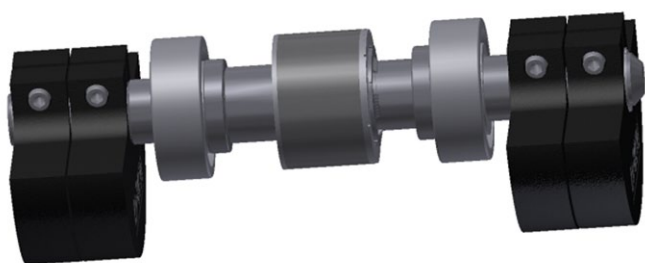
Oferujemy silniki  
energooszczędne **klasy IE3**  
oraz pełny zakres mocy  
silników dla przemysłu  
**od 0,04kW do 6000kW**



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



Rys. 1. Konstrukcja modelowego elektrowibratora typu SMwsk112S6



Rys. 2. Widok wirnika modelowego elektrowibratora typu SMwsk112S6

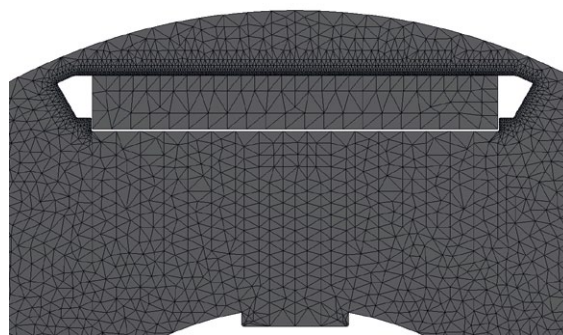


Rys. 3. Widok blachy wirnika modelowego elektrowibratora

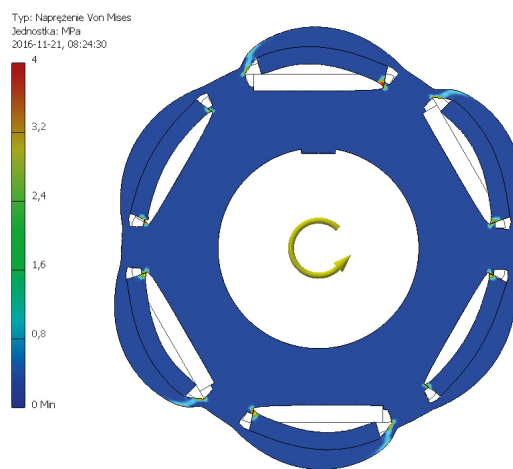
ponieważ tylko taki typ łożyskowania jest stosowany przez czołowych producentów elektrowibratorów i – co potwierdzają obliczenia – tylko taki typ łożyskowania pozwala zapewnić 2-letni okres bezawaryjnej pracy urządzeń przy założeniu ciągłej pracy i niezawodności powyżej 90%.

### 3.2. Analiza wytrzymałości blach wirnika

W opracowywanym innowacyjnym rozwiązaniu elektrowibratora budowa wirnika różni się tym, że w konwencjonalnym rozwiązaniu (klatkowy silnik indukcyjny) wirnik ma budowę monolityczną, natomiast w maszynie z magnesami trwałymi wirnik również jest zwarty, jednak jego konstrukcja nie jest monolitem, lecz składa się z pakietu blach, w których są otwory pod magnesy trwałe, które osłabiają konstrukcję (rys. 3).



Rys. 4. Model dyskretny



Rys. 5. Otrzymane naprężenia zredukowane dla założonego obciążenia

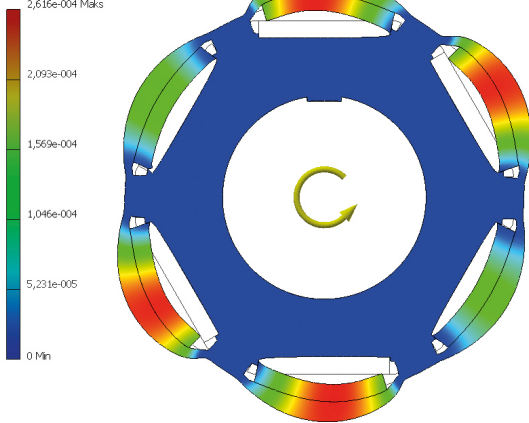
W tym celu rozkrój blach dobrano tak, aby zapewnić odpowiednią wytrzymałość przy optymalnym doborze otworów pod magnesy trwałe, co zapewni ich optymalną objętość. Wytrzymałość blach obliczano za pomocą Metody Elementów Skończonych przy użyciu oprogramowania Autodesk Inventor. Do tego typu obliczeń zastosowano analizę statyczną 2D. Wykorzystano powtarzalność modelu i analizie poddano wycinek zamiast całego pakietu, dyskretyzacji modelu dokonano za pomocą elementów tarczowych trójkątnych z uwzględnieniem płaskiego stanu odkształcenia (PSO). W otworach blachy uwzględniono dodatkowe objętości odpowiadające magnesom trwałym, jako obciążenie zadano prędkość obrotową wirnika (1500 obr./min). Do obliczeń przyjęto własności wytrzymałościowe blachy elektrotechnicznej M400-50A użytej do budowy wirnika modelowego elektrowibratora. Model dyskretny pokazano na rysunku 4.

Analizując wyniki obliczeń, możemy stwierdzić, że konstrukcja wirnika posiada bardzo dużą wytrzymałość, co potwierdza rozkład naprężeń (rys. 5), oraz sztywność, co obrazuje rys. 6.

Osiągnięty współczynnik bezpieczeństwa równy 15 znacznie przekracza założony na początkowym etapie projektu bezpieczny współczynnik wynoszący 3. Wartości te potwierdzają spełnienie wymagań odnośnie do wytrzymałości analizowanego rozkroju blach wirnika.



Typ: Przemieszczenie  
Jednostka: mm  
2016-11-21, 08:21:54  
2,616e-004 Maks

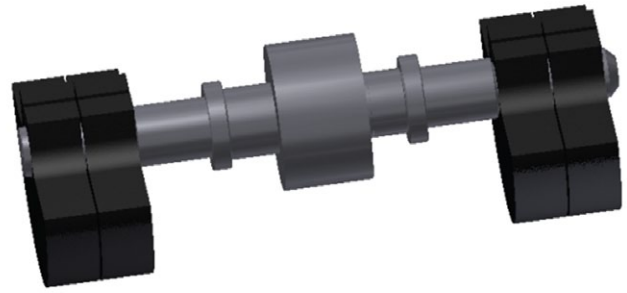


Rys. 6. Otrzymane przemieszczenia dla założonego obciążenia

### 3.3. Analiza wytrzymałości wału wirnika

W elektrowibratorach głównym źródłem obciążenia jest siła odśrodkowa pochodząca od wirujących mas. Obciążenie to musi przenieść wał, łożyskowanie oraz kadłub. Poniżej przedstawiono obliczenia sprawdzające wału wirnika. W tym celu przygotowano uproszczony model geometryczny (rys. 7), który następnie poddano dyskretyzacji (rys. 8). Następnie,

reklama



Rys. 7. Uproszczony model do analizy wytrzymałościowej wirnika modelowego elektrowibratora typu SMwsk112S6

przeprowadzając analizę statyczną, obliczono naprężenia (rys. 9) i przemieszczenia (rys. 10) wału modelowego elektrowibratora przy prędkości 1500 obr./min i utwierdzeniu w węzłach łożyskowych.

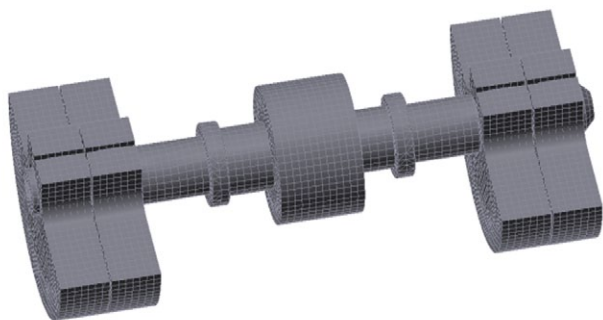
Analizując wyniki obliczeń, możemy stwierdzić, że wał wirnika posiada wystarczającą wytrzymałość (co potwierdza rozkład naprężeń – rys. 9) oraz sztywność (maksymalne przemieszczenie 0,12 mm), co obrazuje rysunek 10. Osiągnięte naprężenia maksymalne wynoszące 103 MPa są poniżej dopuszczalnych naprężeń na gięcie obustronne ( $k_{go}$ ) w wale wirnika wynoszących 130 MPa dla stali 40HM-T. Wartości te potwierdzają spełnienie wymagań odnośnie do wytrzymałości analizowanego wału wirnika.

## DEDYKOWANE ELEMENTY KUTE DLA KOLEJNICTWA

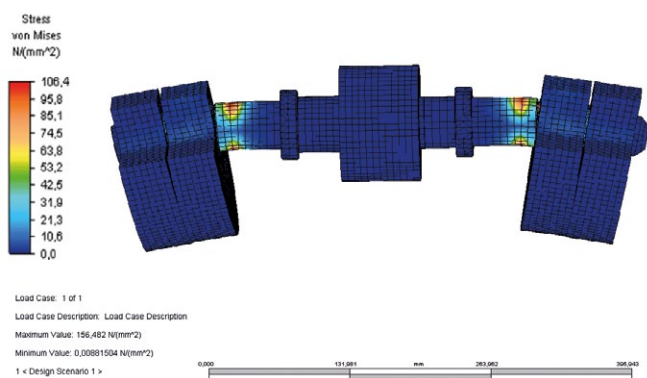
ODKUKWI MATRYCOWE:

DO WAGONÓW

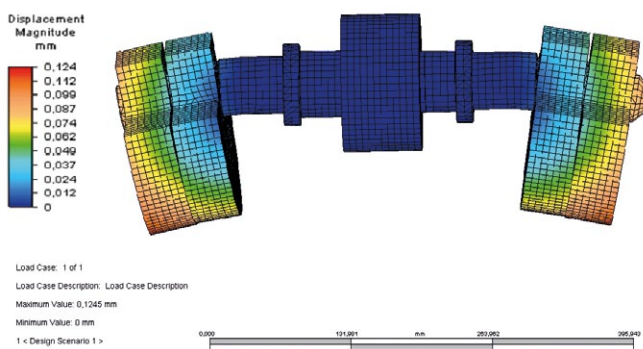
DO NAWIERZCHNI KOLEJOWYCH



**Rys. 8.** Dyskretny model do analizy modalnej i wytrzymałościowej wirnika przygotowany w programie Autodesk Multiphysics



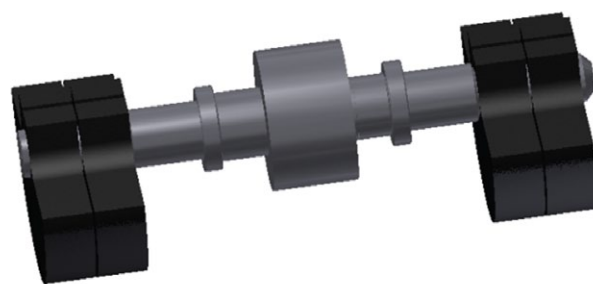
**Rys. 9.** Naprężenia zredukowane otrzymane dla prędkości obrotowej 1500 obr./min



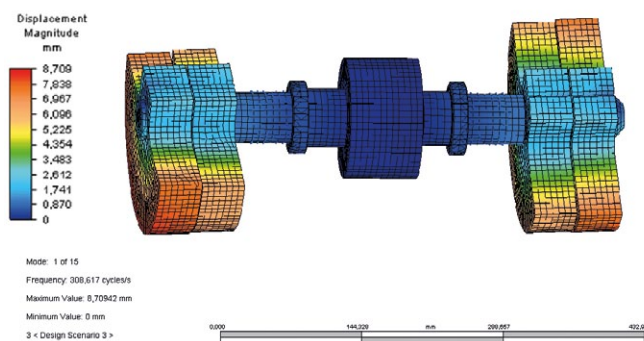
**Rys. 10.** Przemieszczenia otrzymane dla prędkości obrotowej 1500 obr./min

### 3.4. Analiza modalna wirnika

Większość wirujących maszyn elektrycznych działa w ustalonych warunkach działania. Zmienne warunki występują zwykle wtedy, gdy zmianie ulega obciążenie maszyny lub prędkość obrotowa, co najczęściej ma miejsce w trakcie rozruchu lub wybiegu maszyny. Podobnie jest w elektrowibratorach. Podczas działania maszyny w zmiennych warunkach występują wymuszenia o zmiennym charakterze, przy czym źródłem wymuszenia jest sama maszyna, a siły wymuszające pochodzą od wirujących mas szczałkowego niewyrównoważenia wirnika,



**Rys. 11.** Model do analizy modalnej wirnika przy konfiguracji mas dla największej siły wymuszającej elektrowibratora



**Rys. 12.** Postać drgań własnych wirnika przy 308 Hz

zatem główne składowe częstotliwości wymuszających odpowiadają częstotliwości obrotów wirnika i jej harmonicznych. Pojawienie się destrukcyjnych drgań związane jest z wystąpieniem rezonansu, który pojawi się w chwili, gdy częstotliwość obrotowa wirnika pokryje się z częstotliwością drgań własnych układu wirnik – łożyska – podpora [4]. Częstotliwość ta nazywana jest też częstotliwością krytyczną wirnika. Należy unikać tej częstotliwości, w tym celu należy sprawdzić częstotliwości drgań własnych wirnika i ewentualnie skorygować konstrukcję maszyny lub zmienić jej prędkość obrotową. Poniżej (rys. 11) przedstawiono model do analizy modalnej przy konfiguracji mas dla największej siły wymuszającej elektrowibratora. Rysunek 12 przedstawia natomiast postać drgań własnych wirnika dla częstości 308 Hz. Pierwsze 15 częstotliwości drgań własnych wirnika pokazano na rysunku 13.

Analogiczne obliczenia przeprowadzono także dla pozostałych konfiguracji mas. Analizując wyniki obliczeń, możemy stwierdzić, że częstotliwości własne wirnika dla badanych konfiguracji mas nie pokrywają się z częstotliwością 25 Hz wynikającą z prędkości obrotowej elektrowibratora, zatem nie ma zagrożenia wystąpienia niebezpiecznego zjawiska rezonansu.

## 4. Analiza mechaniczna kadłuba modelowego elektrowibratora

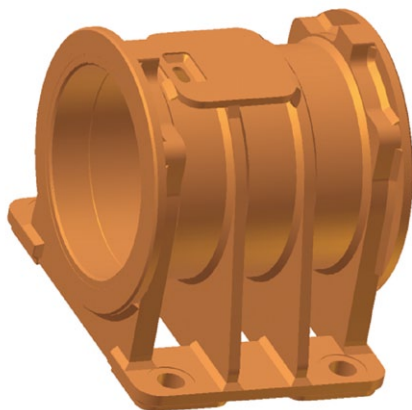
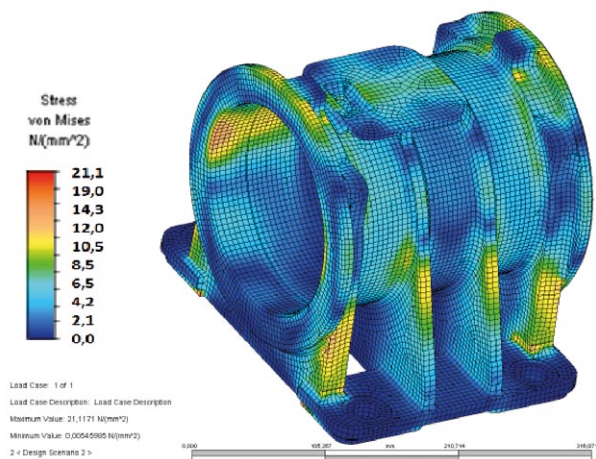
### 4.1. Analiza wytrzymałości kadłuba

W elektrowibratorach kadłub musi przenieść obciążenie od siły odśrodkowej pochodzącej od wirujących mas na konstrukcję, do której elektrowibrator jest mocowany. Poniżej

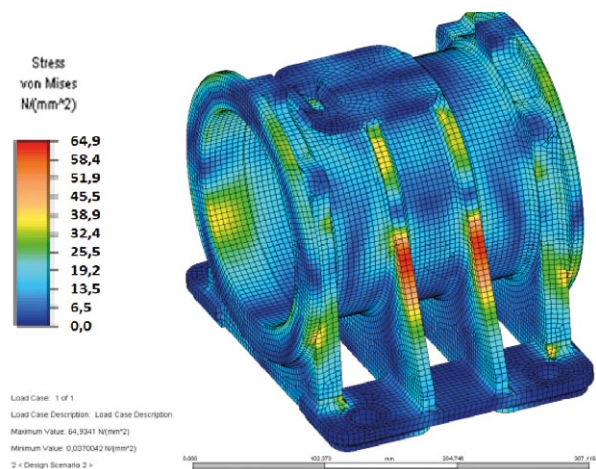


Frequencies = 15			
mode number	circular frequency (rad/sec)	frequency (Hertz)	period (sec)
1	1.9391E+03	3.0862E+02	3.2402E-03
2	2.8837E+03	4.5895E+02	2.1789E-03
3	2.8873E+03	4.5953E+02	2.1761E-03
4	3.0390E+03	4.8368E+02	2.0675E-03
5	3.2040E+03	5.0993E+02	1.9611E-03
6	6.3497E+03	1.0106E+03	9.8952E-04
7	7.1755E+03	1.1420E+03	8.7565E-04
8	7.7249E+03	1.2294E+03	8.1337E-04
9	7.7894E+03	1.2397E+03	8.0663E-04
10	7.8518E+03	1.2497E+03	8.0022E-04
11	7.9764E+03	1.2695E+03	7.8772E-04
12	8.5100E+03	1.3544E+03	7.3833E-04
13	1.2170E+04	1.9369E+03	5.1629E-04
14	1.2201E+04	1.9419E+03	5.1496E-04
15	1.3923E+04	2.2160E+03	4.5127E-04

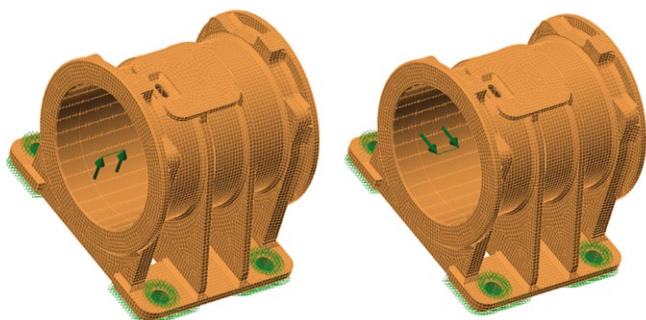
Rys. 13. Pierwsze 15 częstotliwości drgań własnych wirnika



Rys. 14. Uproszczony model kadłuba modelowego elektrowibratora



Rys. 16. Naprężenia zredukowane przy obciążeniu siłą pochodzącą od wirujących mas



Rys. 15. Model dyskretny kadłuba modelowego elektrowibratora z zaznanymi warunkami brzegowymi obciążenia i utwierdzenia

przedstawiono obliczenia sprawdzające kadłuba wirnika. W tym celu przygotowano uproszczony model geometryczny (rys. 14), który następnie poddano dyskretyzacji (rys. 15).

Następnie, przeprowadzając analizę statyczną, obliczono naprężenia (rys. 16) i przemieszczenia (rys. 17) kadłuba modelowego elektrowibratora przy obciążeniu pochodzącym od wirujących mas z prędkością 1500 obr./min (19 275 N od pary obciążników). Obciążenie to przyłożono w 2 kierunkach, jak pokazano na rysunku 15.

Analizując wyniki obliczeń, możemy stwierdzić, że kadłub wirnika posiada wystarczającą wytrzymałość, co potwierdza rozkład naprężeń (rys. 16), oraz sztywność, co obrazuje rysunek 17. Osiągnięte naprężenia maksymalne wynoszące 65 MPa są poniżej dopuszczalnych naprężeń na rozciąganie i ściskanie obustronnie tętniące ( $k_{rc}$ ), wynoszących (0,35 Re) 125 MPa dla stali S355JR. Wartości te potwierdzają spełnienie wymagań odnośnie do wytrzymałości analizowanego kadłuba.

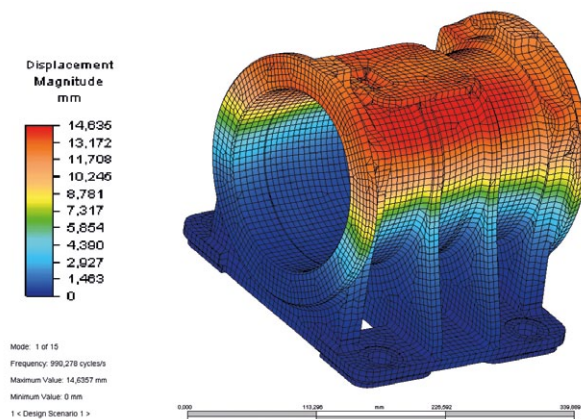
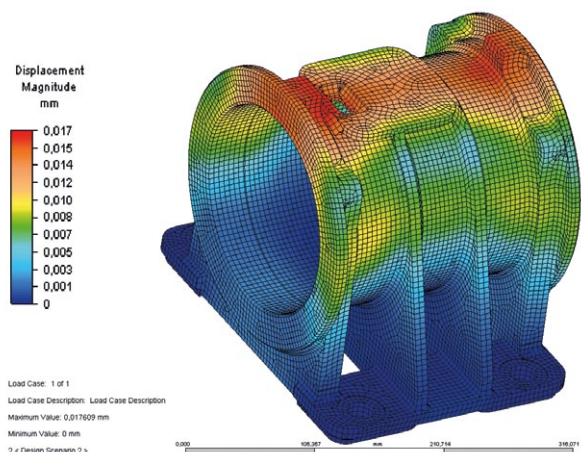
#### 4.2. Analiza modalna kadłuba

Poniżej (rys. 20) podobnie jak dla wirnika przedstawiono model do analizy modalnej kadłuba modelowego elektrowibratora. Rysunek 19 przedstawia natomiast postać drgań własnych wirnika dla częstości 990 Hz. Obliczone częstotliwości drgań własnych kadłuba pokazano na rysunku 20.

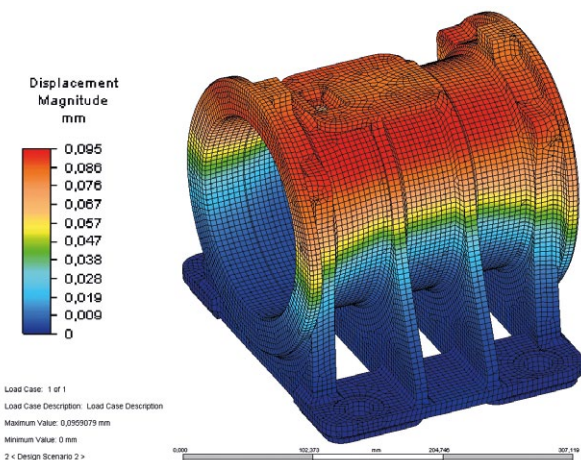
Analizując wyniki obliczeń, możemy stwierdzić, że częstotliwości własne kadłuba modelowego elektrowibratora nie pokrywają się z częstotliwością 25 Hz wynikającą z prędkości obrotowej elektrowibratora, zatem nie ma zagrożenia wystąpienia niebezpiecznego zjawiska rezonansu.

#### 5. Obliczenia cieplne modelowego elektrowibratora

Wybrany rodzaj maszyny (magnesy trwałe) wymaga bardzo wnikliwej analizy cieplnej maszyny. Spowodowane jest to dużą



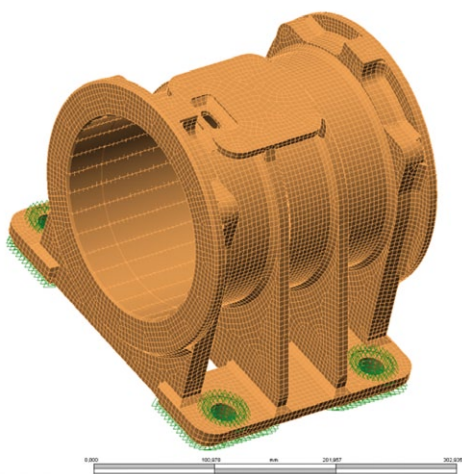
Rys. 19. Przykładowa postać drgań własnych kadłuba przy 990 Hz



Frequencies = 5				
mode number	circular frequency (rad/sec)	frequency (Hertz)	period (sec)	
1	6.2221E+03	9.9027E+02	1.0098E-03	
2	6.7154E+03	1.0688E+03	9.3563E-04	
3	1.0151E+04	1.6155E+03	6.1899E-04	
4	1.2350E+04	1.9656E+03	5.0875E-04	
5	1.2807E+04	2.0383E+03	4.9061E-04	

Rys. 20. Częstotliwości drgań własnych wirnika w zakresie do 3000 Hz

Rys. 17. Przesunięcia przy obciążeniu siłą pochodzącą od wirujących mas



Rys. 18. Model dyskretny kadłuba modelowego elektrowibratora

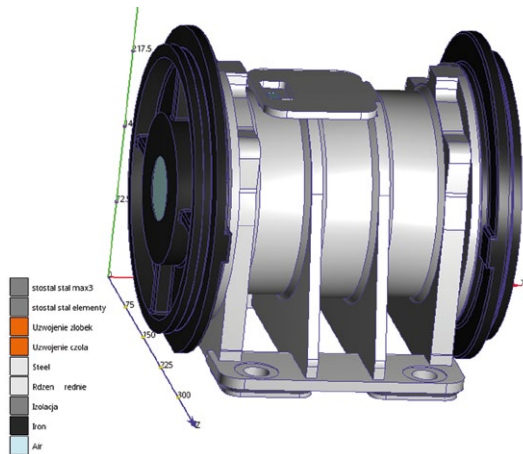
wrażliwością jej komponentów na podwyższoną temperaturę. Przede wszystkim na magnesy trwałe, trwałość izolacji uzwojenia czy możliwość zbyt dużego obciążenia cieplnego elementu sterującego pracą maszyny (enkoder).

Podczas analizy cieplnej wykorzystano uproszczone modele geometryczne przygotowane w programie Autodesk Inventor.

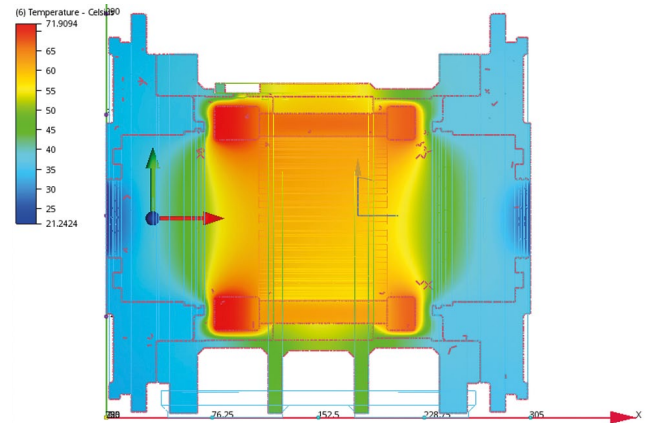
Do zamodelowania uzwojenia została użyta metoda homogenizacji uzwojenia. Zostało ono zastąpione jedną bryłą o zastępczej przewodności cieplnej wyznaczonej metodą Richtera. Zamiast modelu izolacji żłobkowej wprowadzono parametr zastępczej rezystancji cieplnej (określony na podstawie doświadczeń instytutu Łukasiewicz – KOMEL) [3]. Model geometryczny zaimportowano do środowiska obliczeniowego Autodesk Multiphysics (rys. 21). Następnie w modelu wprowadzono własności materiałowe (przewodności cieplne) poszczególnych elementów [2] maszyny i wartości przewidywanych strat wyznaczonych z obliczeń obwodu elektromagnetycznego. Przy uwzględnieniu warunków pracy ustawiono odpowiednie wartości brzegowe modelu (temperatura w przestrzeni pracy maszyny równa 20°C). Dla przygotowanego modelu przeprowadzono symulację typu *steady-state*, na jej podstawie określono temperaturę poszczególnych regionów maszyny (rys. 22–24). Ten typ analizy jest odpowiedni dla urządzeń do pracy ciągłej. Zakłada się, aby temperatura wnętrza nie przekraczała 80°C ze względu na magnesy trwałe i możliwość zastosowania enkodera we wnętrzu maszyny, a temperatura uzwojenia nie przekraczała 180°C ze względu na klasę izolacji uzwojenia (H).

Analizując wyniki obliczeń cieplnych, można zauważyć, że temperatura uzwojenia sięga maksymalnie 72°C, natomiast temperatura wnętrza sięga 60°C. Temperatury te nie przekraczają założonych dopuszczalnych temperatur, zatem kadłub nie wymaga zmian poprawiających wymianę ciepła z otoczeniem np. przez zastosowanie dodatkowego uźebrowania powierzchni zewnętrznej.

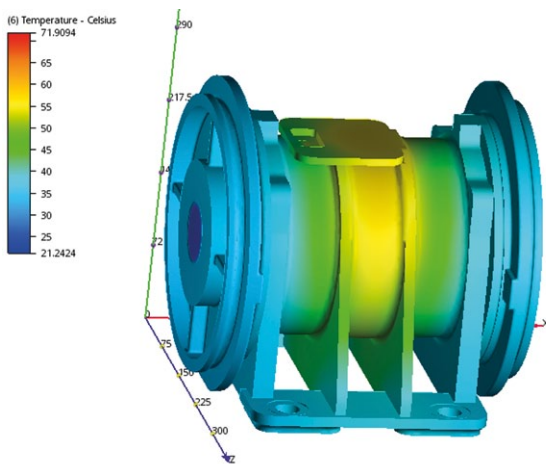




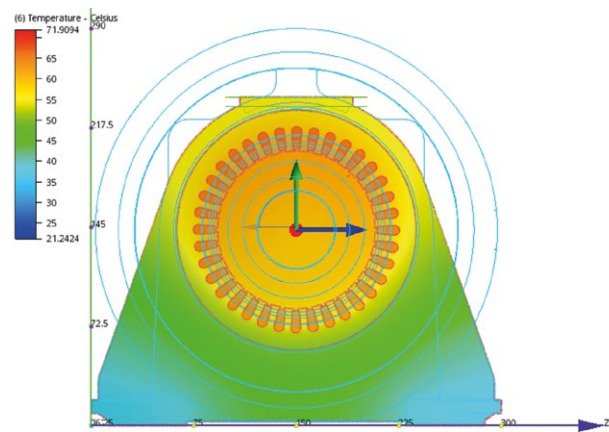
Rys. 21. Model geometryczny zaimportowany do środowiska obliczeniowego Autodesk Multiphysics



Rys. 23. Obliczona temperatura wnętrza modelowego elektrowibratora dla pracy ciągłej - przekrój osiowy



Rys. 22. Obliczona temperatura kadłuba modelowego elektrowibratora dla pracy ciągłej



Rys. 24. Obliczona temperatura wnętrza modelowego elektrowibratora dla pracy ciągłej - przekrój poprzeczny

## 6. Podsumowanie

Nowoczesne narzędzia wspomagające projektowanie pozwalają na szerokie spektrum analiz nowo opracowywanych konstrukcji maszyn elektrycznych, jak również mogą służyć do analizy już istniejących rozwiązań. Stosując specjalistyczne pakiety obliczeniowe, takie jak np. Autodesk Multiphysics, możemy szczegółowo przeanalizować konstrukcję pod względem wytrzymałości, drgań własnych czy wydajności układu chłodzenia. Dzięki tego typu analizom możemy uniknąć wielu błędów konstrukcyjnych już na etapie projektowania i przyspieszyć proces powstania finalnego urządzenia.

## Literatura

- [1] ROSSA R.: *Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych*. „Napędy i Sterowanie” 12/2018.
- [2] BĘDKOWSKI B., MADEJ J.: *Własności cieplne pakietu blach elektrotechnicznych – badania i symulacje*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2/2015.
- [3] BĘDKOWSKI B., MADEJ J.: *Wyznaczenie zastępczej rezystancji cieplnej izolacji żłobkowej – badania i symulacje*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 2/2015.

- [4] MADEJ J., SITEK M.: *Modal and frequency analysis of electrovibrator kit for different configuration of activators*. „Acta Mechanica et Automatica”, Vol. 5, No. 3, 2011.
- [5] GLINKA T.: *Electric motors with permanent magnets*. „Przegląd Elektrotechniczny” 7/2008.
- [6] BERNATT J.: *Silniki trakcyjne z magnesami trwałymi i nowa jakość w napędach trakcyjnych*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 74/2006.

Projekt „Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych”, współfinansowany ze środków NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych, zgodnie z umową: PBS3/B4/15/2015.

dr inż. Bartłomiej Będkowski  
e-mail: bartlomiej.bedkowski@komel.lukasiewicz.gov.pl  
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany

# Układy zasilania i algorytmy sterowania elektrycznych podziemnych maszyn górniczych zasilanych bateryjnie

Artur Kozłowski, Łukasz Bołoz, Tomasz Szurlej

## 1. Wprowadzenie

Pojęcie napędu spalinowego czy elektrycznego maszyn roboczych dotyczy kompletnych jednostek napędowych, czyli uzyskania w efekcie energii mechanicznej, którą możemy wykorzystać do napędu układu jezdnego maszyny i napędu układów roboczych. Silniki – tak spalinowe, jak i elektryczne – są znane i z powodzeniem stosowane od lat w maszynach stacjonarnych oraz mobilnych. Jednak silniki elektryczne nie zużywają tlenu i nie wydzielają spalin, co korzystnie wpływa na środowisko oraz zdrowie człowieka [1]. Nie generują aż tyle hałasu, a przy tym charakteryzują się sprawnością na poziomie ponad 90%, a nawet około 98%, przez co generują znacznie mniej ciepła, a do tego elektryczna jednostka napędowa jest mniej skomplikowana [2]. Stąd tam, gdzie można zastosować zasilanie sieciowe, napęd elektryczny wygrywa. W przypadku pojazdów, maszyn mobilnych czy pracujących w dużej odległości od źródła zasilania energią elektryczną zwyczajowo stosuje się napęd spalinowy. Jeżeli jednak chcemy zastosować zasilanie bateryjne, nazywane w skrócie napędem baterijnym, to pojawiają się dodatkowe poważne problemy. Dostyc istotną wadą zasilania baterijnego jest ograniczony zasięg czy też ograniczony czas pracy maszyny, w szczególności, gdy uwzględnimy długi czas ładowania. Zastosowanie dodatkowych układów zasilanych elektrycznie, jak oświetlenie, klimatyzacja czy układy sterowania, diagnostyki i kontroli, dodatkowo skraca czas pracy. Stąd w przypadku takich maszyn kluczowe jest zarządzanie i kontrola stanu baterii oraz optymalizacja systemów nadzorujących pracę baterii [3]. W przypadku górnictwa podziemnego nie występuje jedynie problem

zmniejszenia czasu pracy z powodu niskich temperatur. Oprócz aspektów technicznych niezwykle ważne są również względy ekonomiczne związane z kosztem zakupu, jak również eksploatacji baterii [4, 5].

Bardzo ważnymi czynnikami związanymi z podziemną eksploatacją rud metali są koszty wentylacji wyrobisk, niwelowania negatywnego wpływu substancji powstałych ze spalania paliw płynnych przez wykorzystywane maszyny na zdrowie pracującej tam załogi. W celu ograniczenia kosztów oraz poprawy warunków pracy załogi wskazane jest zastępowanie silników wysokoprężnych silnikami elektrycznymi zasilanymi sieciowo oraz bateryjnie. Tendencja taka obserwowana jest w wielu krajach na całym świecie, przy czym prekursorem jest Kanada [2, 6]. Dotyczy to w szczególności samojezdnych maszyn górniczych, takich jak wozy wierzące, kotwiące, ładowarki LHD oraz wozy odstawcze. Należy jednak podkreślić, że użytkownik oczekuje, że maszyna z napędem elektrycznym będzie posiadać takie same parametry i właściwości funkcjonalne, jak maszyna napędzana silnikiem spalinowym. Jest to poważne wyzwanie, ponieważ pomimo że napęd elektryczny jest znany i szeroko stosowany również w maszynach górniczych, to jednak kwestia zasilania baterijnego jest nadal czymś nowym. Dodatkowo należy podkreślić, że trudność wynika zwłaszcza ze specyficznych warunków górnictwa podziemnego i związanych z nimi wymagań.

W przypadku wozów wierzących, kotwiących oraz pomocniczych proces roboczy realizowany jest przez pewien czas w jednym miejscu, stąd najczęściej stosowane są rozwiązania pozwalające

**Streszczenie:** W przedmiotowym artykule omówiono prace, w wyniku których powstały dwie samojezdne elektryczne maszyny górnicze zasilane bateryjnie, przeznaczone do pracy w warunkach polskiej kopalni rud miedzi. Obecnie w górnictwie światowym obserwuje się rosnące zainteresowanie maszynami elektrycznymi zasilanymi bateryjnie, które zastępują rozwiązania napędzane silnikami spalinowymi. W wyniku współpracy firmy Mine Master, Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG oraz AGH w Krakowie zrealizowano szereg prac, które pozwoliły w rezultacie na wyprodukowanie dwóch zupełnie nowych maszyn. W celu opracowania wymagań i założeń do projektowanych układów napędowych z zasilaniem baterijnym przeprowadzono badania dołowe istniejących maszyn spalinowych. Wykorzystując wyniki tych badań, opracowano układy zasilania oraz algorytmy sterowania, które zostały zweryfikowane w środowisku wirtualnym, a następnie na stanowisku badawczym. Algorytmy pozwalają na sterowanie maszynami podczas ładowania i rozładowywania baterii, w trybie pracy oraz jazdy, a także uwzględniają odzysk energii hamowania. Algorytmy uwzględniają również niepożądane sytuacje, jak wahania napięcia zasilania czy ograniczenie mocy ładowania. Finalnie układy zasilania wraz z algorytmami sterowania zostały zaimplementowane i sprawdzone w wyprodukowanych maszynach bateryjnych podczas prób ruchowych.

**Słowa kluczowe:** napęd baterijny, zasilanie bateryjne, samojezdne maszyny górnicze, elektryczne maszyny górnicze, algorytmy sterowania



na doładowanie baterii w miejscu pracy. Natomiast wozy odstawcze i ładowarki LHD znajdują się przez większość czasu w ruchu, stąd stosowane są systemy szybkiej wymiany baterii połączone z szybkim ładowaniem lub szybkie ładowanie bez wymiany baterii. Dodatkowo dla wszystkich rodzajów maszyn bateryjnych dosyć często stosowany jest odzysk energii hamowania, która doładowuje baterie [2]. Odzysk energii hamowania stosowany jest nie tylko w samojezdnych maszynach górniczych na podwoziu kołowo-oponowym, ale również w kolejkach spągowych kołowo-szynowych w górnictwie węglowym [7].

Wyniki badań symulacyjnych wskazują jednak na przewagę szybkiego ładowania zwłaszcza w perspektywie kilkuletniej eksploatacji. W jednym z opracowań [8] autorzy wykazali, że przy pięcioletniej eksploatacji z punktu widzenia efektywności i kosztów eksploatacji maszyn korzystniejsze jest stosowanie szybkiego ładowania. Stąd słuszne jest zastosowanie ładowarki zabudowanej na maszynie z możliwością doładowania w miejscu pracy z dostępnej sieci oraz z funkcją odzysku energii hamowania. Dodatkowo maszyna może być szybko ładowana za pomocą zewnętrznych ładowarek o dużej mocy.

Projektowanie maszyn dla górnictwa podziemnego wymaga stosowania nowoczesnych metod, które pozwalają na spełnienie wymagań użytkowników przy uwzględnieniu niezwykle trudnych warunków pracy [9, 10]. Zasilanie bateryjne maszyn stanowi dodatkowe wyzwanie konstrukcyjne i ekonomiczne [11]. Wyzwania przy projektowaniu współczesnych maszyn przeznaczonych do pracy pod ziemią obejmują również aspekty związane z bezpieczeństwem i higieną pracy, w tym coraz częściej poruszany problem nadmiernego hałasu [12], ale również dotyczą szybko rozwijającej się robotyzacji i automatyzacji [13] oraz cyfryzacji [14, 15].

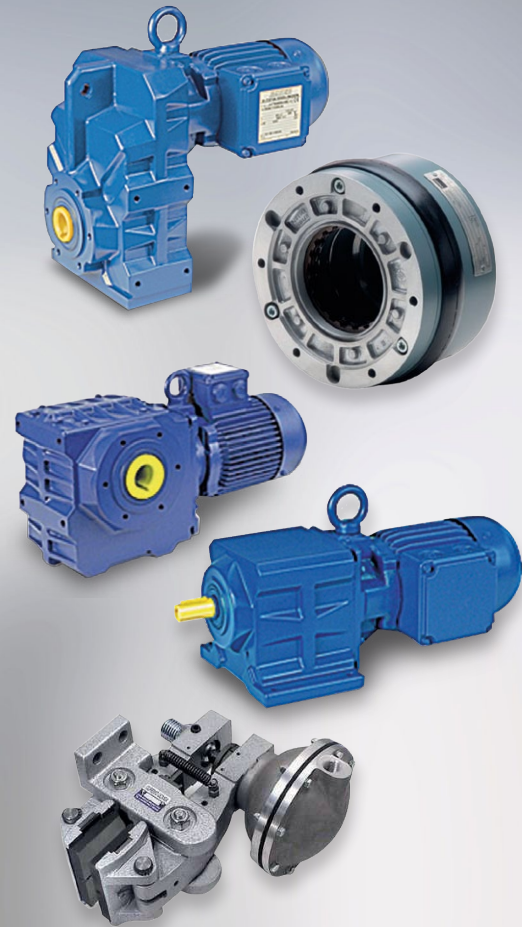
Prace zrealizowane przy współpracy firmy Mine Master, Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG oraz AGH w Krakowie zostały wykorzystane podczas projektowania dwóch samojezdnych maszyn górniczych, a mianowicie wozu wierzącego i wozu kotwiącego. Samojezdne wozy

wierzące i kotwiące realizują procesy wiercenia i kotwienia, które należą do podstawowych procesów urabiania stosowanych w systemie komorowo-filarowym. W przypadku tych maszyn procesy te determinują zapotrzebowanie na moc układów roboczych. Proces kotwienia jest niezbędny i pozwala na kontrolowanie stateczności wyrobiska. Wiercenie występuje tak w przypadku wozów wierzących, jak i kotwiących. Energochłonność oraz efektywność procesu wiercenia zależy od wielu czynników, zwłaszcza od sposobu wiercenia, średnicy otworu, rodzaju i stanu narzędzia oraz własności fizykomechanicznych urabianej skały [16, 17].

Obie maszyny zostały wyprodukowane i przetestowane. Przeprowadzono badania stanowiskowe oraz próby ruchowe, podczas których testowano zwłaszcza własności użytkowe zasilania bateryjnego. W wyniku tych prób i badań potwierdzono poprawność opracowanych układów siłowych oraz algorytmów pracy [18]. Dane techniczne oraz dodatkowe informacje można znaleźć w katalogu na stronie producenta, firmy Mine Master [19]. Należy wyraźnie podkreślić, że są to pierwsze na świecie maszyny, które są przeznaczone do wyrobisk niskich. Wóz wierzący Face Master FM 1,7LE charakteryzuje się wysokością 1,65 m (rys. 1), natomiast wóz kotwiący Roof Master RM 1,8KE 1,8 m (rys. 2). Obie maszyny posiadają możliwość manewrowania w wyrobiskach o szerokości 4,5 m w systemie komorowo-filarowym. Należy podkreślić, że maszyny te zostały wyposażone w zabudowane ładowarki baterii, co pozwala na bezpośrednie ładowanie z sieci kopalnianej. Rozwiązania firm konkurencyjnych wymagają wyrobisk znacznie przekraczających 2 metry, a nierzadko prawie 3 metry.

Tematyka górniczych maszyn bateryjnych w ostatnich latach jest szeroko poruszana na różnych konferencjach oraz w czasopismach naukowych. Producenci oferują coraz nowsze rozwiązania górniczych maszyn elektrycznych zasilanych bateryjnie, przeznaczonych do określonych warunków pracy [20]. Maszyny te, ze względu na konieczność ładowania, muszą być dostosowane do sieci energoelektrycznej przyszłego

## Razem możemy osiągnąć więcej!



### Oferujemy sprzedaż oraz serwis dla:

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

### Nowość w ofercie

- POMIARY WIBROAKUSTYCZNE
- POMIARY TERMOWIZYJNE
- POMIARY OCHRONNE



**STEINLEN Polska Sp. z o.o.**

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

Rys. 1. Samojezdny wóz wierzący Face Master FM 1,7LE firmy Mine Master



Rys. 2. Samojezdny wóz kotwiący Roof Master RM 1,8KE firmy Mine Master



użytkownika. Szczegółowe informacje dotyczące nastaw i parametrów układów zasilania i algorytmów sterowania nadal pozostają *know how* ich producentów. Ogólne algorytmy sterowania dla typowego cyklu rozładowania i ładowania baterii znaleźć można w wielu opracowaniach, w różnych wariantach. Zwłaszcza w ostatnich latach prowadzone są badania nad nowoczesnymi regulatorami i sztuczną inteligencją. Jednak dostępne pozycje literaturowe dotyczą maszyn pracujących na powierzchni, zwłaszcza pojazdów, jednak z różnych względów tylko niektóre typy baterii, układy zasilania oraz komponenty mogą zostać zastosowane w warunkach kopalni podziemnych [18].

## 2. Układ siłowy wozu wierzącego i kotwiącego

Dla każdej nowo projektowanej maszyny dla górnictwa podziemnego konieczne jest określenie wymagań na podstawie warunków pracy oraz oczekiwań użytkownika. Ma to szczególne znaczenie w przypadku zupełnie nowego rozwiązania, jakim są samojezdne elektryczne maszyny górnicze zasilane bateryjnie. Dla każdej kopalni warunki pracy oraz wymagania użytkowników są inne.

W związku z tym w pierwszym etapie prac przeprowadzono badania dołowe, które polegały na rejestracji wybranych parametrów maszyn. Zarejestrowane i przeanalizowane dane, wraz z zebranymi uwagami i wymaganiami przyszłego użytkownika maszyn, posłużyły do opracowania założeń i wytycznych do projektowanego układu siłowego wraz z algorytmami sterowania. Następnie opracowano układy siłowe i algorytmy sterowania, które zostały sprawdzone podczas badań symulacyjnych w środowisku PLC. Podczas realizacji badań rozpatrzono właściwości różnych rodzajów akumulatorów oraz budowę i parametry układów zarządzających ich pracą. Opracowane w ramach opisanych badań algorytmy sterowania uwzględniają wymagania wynikające z harmonogramu eksploatacji maszyn z wyróżnieniem podstawowych cykli, jak postój, jazda, praca, oraz przyjętej koncepcji układu napędowego. W celu przeprowadzenia dalszych badań zaprojektowano i wykonano stanowisko laboratoryjne pozwalające na symulowanie obciążenia maszyny i rozładowywania baterii, ładowania baterii z sieci oraz odzysku energii hamowania. Badania przeprowadzono dla wszystkich możliwych kombinacji

parametrów. Oprócz typowych sytuacji analizowano sytuacje, w których następuje odzysk energii hamowania dla baterii w pełni naładowanej czy równoczesne ładowanie baterii oraz pracy układów roboczych maszyny. Przeprowadzona walidacja potwierdziła poprawność opracowanych układów siłowych i algorytmów sterowania, które zostały wykorzystane w samojezdnym wozie wierzącym oraz samojezdnym wozie kotwiącym. Badania ruchowe wyprodukowanych maszyn również potwierdziły poprawność układów siłowych i algorytmów sterowania.

W projektowanej maszynie jednym z ważniejszych układów jest siłowy układ elektryczny. To od elektrycznego układu zasilania zależy mobilność maszyny, a co za tym idzie – jej parametry robocze i użytkowe. Elektryczny obwód główny (silnoprądowy) zaprojektowano tak, aby dla wozu wierzącego i kotwiącego miał taką samą konfigurację. Różnice występować będą jedynie w wielkości silnika głównego, baterii czy też w układach hydraulicznych. Uwzględniając założenia wynikające z funkcjonalności maszyn w wersji spalinowej, zaprojektowano układ siłowy, którego schemat ideowy przedstawiono na rys. 3.

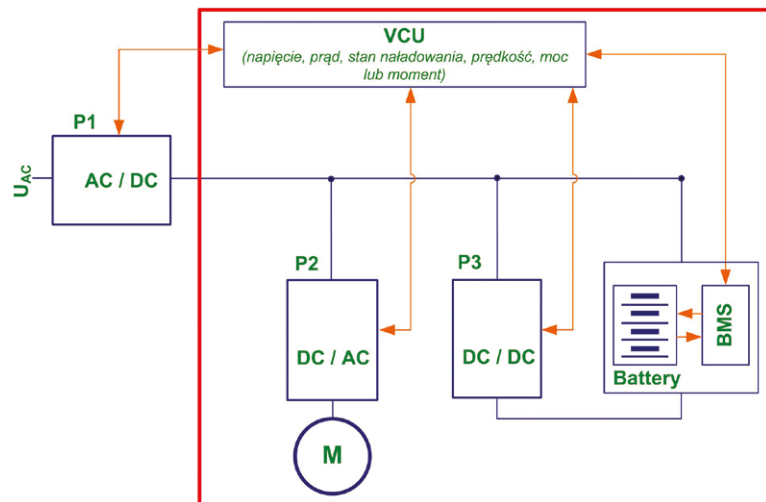


Układ składa się z trzech przekształtników P1, P2 i P3. Przekształtnik P1 służy do połączenia sieci AC (*Alternative Current*) z szyną prądu stałego DC (*Direct Current*) na maszynie. Dla standardowych parametrów sieci prostownik będzie pracował w trybie pasywnym, który polega na prostowaniu napięcia. Poprawę pracy w trybie aktywnym osiąga się przez włączenie na wejście falownika filtra LC (*inductor-capacitor*). Do ładowania baterii służy przekształtnik P3, zaś przekształtnik P2 służy do zasilania i regulacji silnika głównego napędu M. Sterowanie odbywa się z VCU (*Vehicle Control Unit*), w ramach którego program sterujący maszyną zapisany jest w sterowniku PLC (*Programmable Logic Controller*).

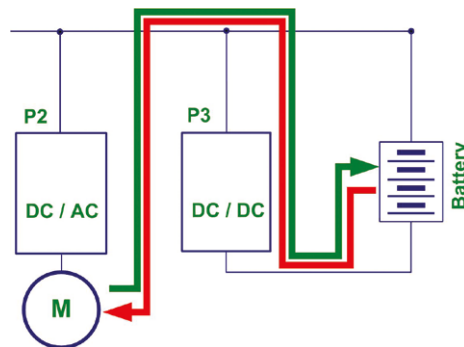
W czasie jazdy wykorzystany zostaje przekształtnik P2. Przekształtnik P3 podłączony do baterii wykorzystuje aplikację DC/DC i pracuje w trybie napięciowym VCM (*Voltage Control Mode*) z opcją utrzymywania napięcia po stronie szyny DC. Przekształtnik P2 zasilający silnik napędowy pracuje wtedy w trybie DC/AC. Schemat układu podczas jazdy maszyny przedstawiono na rys. 3 (czerwona ramka). Podczas jazdy silnik pobiera energię tylko z baterii. Istotną zaletą jest zwrot energii do baterii podczas jazdy w dół.

Ładowanie baterii oraz praca odbywają się zgodnie z układem przedstawionym na rys. 3. Dzięki zabudowanej ładowarce baterii na maszynie ładowanie odbywa się bezpośrednio z sieci kopalnianej. Praca obu maszyn w wyrobisku, czyli wiercenie i kotwienie, zawsze prowadzone są przy maszynie podłączonej do sieci kopalnianej. W praktyce jednak zdarzają się zaniki napięcia ze stacji zasilającej, co skutkuje przerwą pracy maszyny. Aby zapobiec tym przerwom, możliwe jest zasilanie układu hydraulicznego z baterii. W przypadku bardzo trudnych warunków występujących podczas wiercenia skał trudno urabialnych możliwa jest praca z zasilaniem bateryjnym ze zwiększoną mocą na silniku głównym.

Zgodnie z założeniami jazda odbywa się z zasilaniem bateryjnym. Moc pobierana przez silnik jest mocą pobraną z baterii, pomniejszoną o straty w przekształtnikach. Rozpływ mocy w czasie jazdy pokazany został na rys. 4 (czerwona linia).



Rys. 3. Schemat ideowy układu siłowego maszyny



Rys. 4. Schemat rozplywu mocy w czasie jazdy maszyny (czerwona) oraz hamowania (zielona)

W przypadku jazdy energia będzie przepływała zawsze od baterii do silnika głównego. W analizowanych przypadkach schematy rozplywu mocy opracowano z pominięciem strat pochodzących od przekształtników. Straty zamieniane są w ciepło i odprowadzane przez układ chłodzenia.

Hamowanie jest ważnym elementem jazdy maszyny wpływającym na bezpieczeństwo. Główną rolę w tym procesie odgrywa hamowanie hamulcami dynamicznymi z opcją hamowania silnikiem głównym ze zwrotem energii do baterii. Ładowanie baterii musi być zawsze zakończone pewną rezerwą, aby było miejsce w baterii na przyjęcie energii pochodzącej z hamowania. Rozpływ mocy w czasie hamowania pokazano na rys. 4 (zielona linia). Przepływ mocy następuje z silnika do baterii.

Ładowanie baterii odbywa się w pobliżu stacji zasilającej lub w komorze

remontowej. Ładowanie następuje poprzez przekształtnik P1 i P3. Energia ładowania z sieci magazynowana jest w baterii. Na rys. 5 (ciemnozielona linia) przedstawiono rozpływ mocy w czasie ładowania.

Po dojeździe maszyny na stanowisko pracy możliwe jest doładowywanie baterii w czasie pomiędzy wykonywaniem kolejnych otworów lub zabudową kolejnych kotew czy też w czasie realizacji procesów pomocniczych. Pozwala to bardziej efektywnie wykorzystać czas pracy maszyny. Nadrzędny układ sterowania kontroluje sumaryczny prąd pobierany z sieci. Rozpływ mocy przedstawiono na rys. 5 (jasnozielona linia).

### 3. Algorytmy sterowania

Następnie opracowano algorytmy sterowania układem energoelektronicznym w czasie jazdy i pracy maszyny z uwzględnieniem różnych kombinacji.

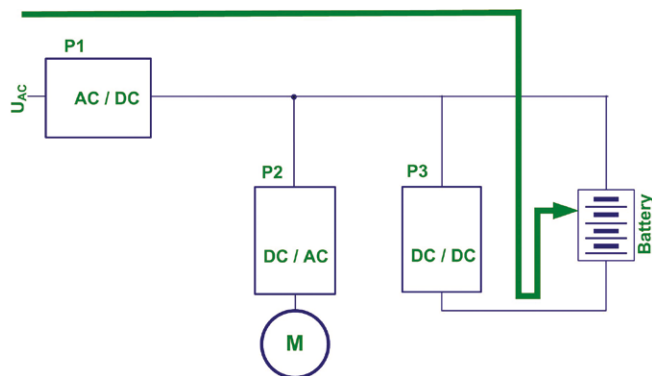
Ze względu na podobną budowę siłowych obwodów elektrycznych wozu wierzącego oraz kotwiącego opracowano wspólne algorytmy dla obydwu typów maszyn.

Przekształtniki P1, P2 oraz P3 skonfigurowano w zależności od wybranego trybu pracy. Odpowiednia konfiguracja zapewnia poprawną pracę maszyny z uwzględnieniem zastosowania odpowiednich ograniczeń, co gwarantuje bezpieczną eksploatację zasilanych urządzeń. Szczególną uwagę zwrócono na konfigurację przekształtników współpracujących z baterią akumulatorów. Skonfigurowano również układ nadzoru, aby nie dopuścić do głębokiego rozładowania baterii oraz aby zapewnić optymalne warunki ładowania, zadawane przez układ nadzoru baterii BMS (*Battery Management System*). W zależności od trybu pracy lub jazdy odpowiednie przekształtniki są blokowane lub konfigurowane. Po wybraniu odpowiedniego trybu pracy maszyny konfiguracja urządzeń odbywa się automatycznie przez sterownik PLC komunikujący się magistralą transmisyjną CAN (*Controller Area Network*).

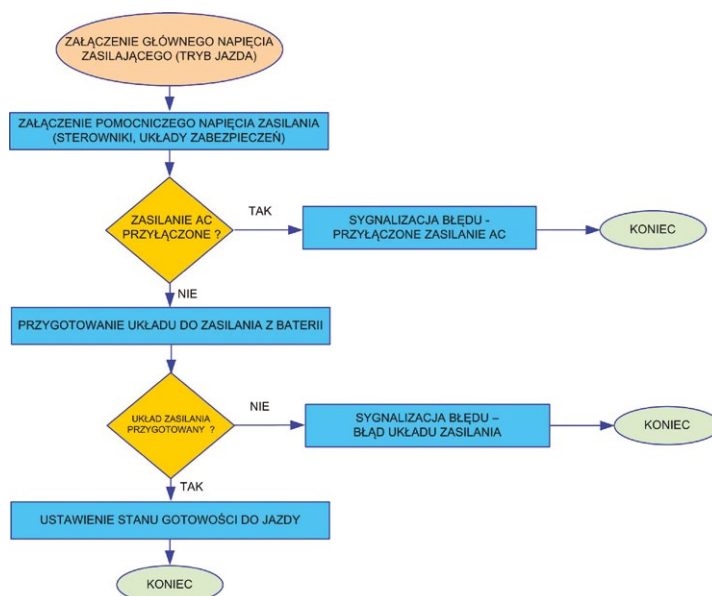
**3.1. Algorytmy załączania napięcia zasilania**

Załączenie napięcia zasilania odbywa się według dwóch algorytmów, w zależności od trybu pracy lub jazdy. Główne napięcie zasilania to napięcie szyny DC dla zasilania baterią oraz napięcie AC w przypadku, gdy realizowany jest tryb pracy (wiercenie lub kotwienie). Przed załączeniem napięć głównych załączane jest napięcie pomocnicze zasilające obwody sterowników PLC oraz układów zabezpieczeń. Przekształtniki są konfigurowane przed załączeniem zasilania głównego.

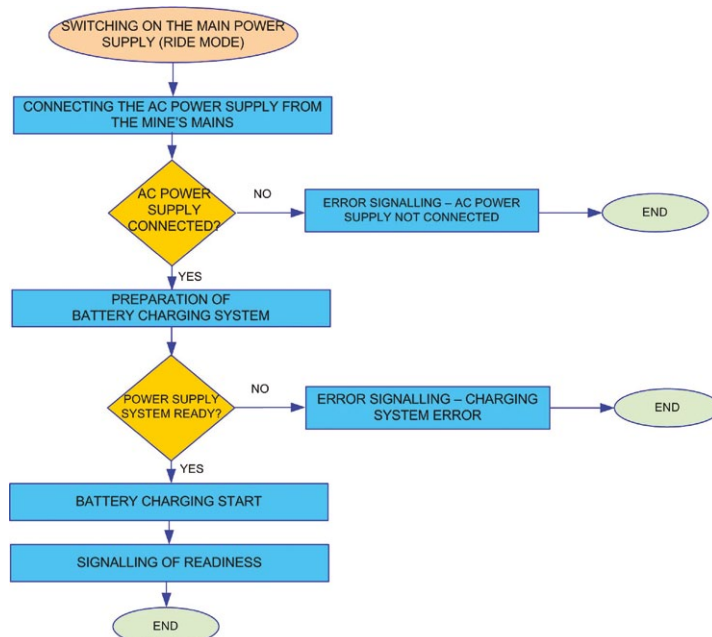
Algorytm sterujący procesem załączania napięcia w czasie jazdy przedstawiono na rys. 6. W czasie jazdy maszyny jako źródło zasilania wykorzystywana jest bateria akumulatorów. Zgodnie z algorytmem sterowania układ sprawdza po kolei wszystkie systemy i przygotowuje układ do pracy. W trybie tym maszyna nie może być podłączona za pomocą kabla do źródła napięcia AC, kabel zasilający nie może być rozwinięty, a układ zasilania musi



Rys. 5. Schemat rozplywu mocy w czasie ładowania maszyny



Rys. 6. Algorytm procedury załączania napięcia zasilania w trybie jazdy



Rys. 7. Algorytm procedury załączania napięcia zasilania w trybie pracy

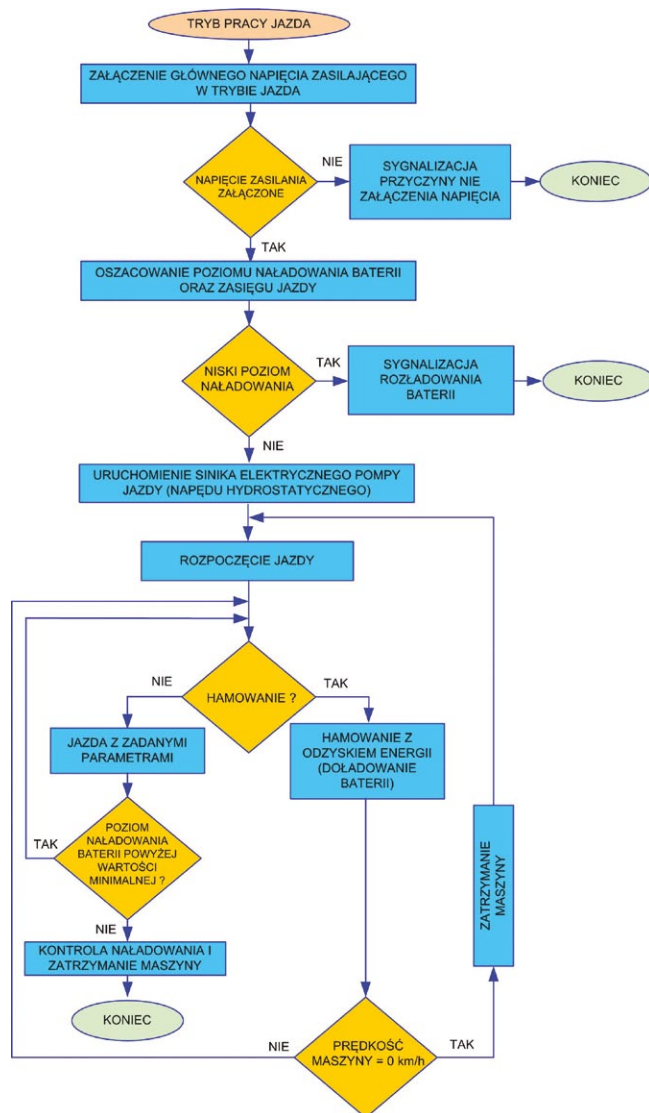


działać prawidłowo. Zanim nastąpi jazda, układ zasilania baterii musi zostać przygotowany.

Algorytm sterujący procesem załączenia napięcia w trybie pracy przedstawiono na rys. 7. W trybie pracy, po załączeniu napięcia pomocniczego, przekształtniki (P1, P2, P3) skonfigurowane są do pracy. W czasie pracy maszyny (wiercenie, kotwienie) jako źródło zasilania wykorzystywana jest kopalniana sieć AC. Podobnie jak w przypadku jazdy, układ zasilania jest najpierw przygotowywany i sprawdzana jest poprawność jego działania. W kolejnym kroku następuje przyłączenie baterii i do obwodu załączany jest przekształtnik P1 oraz P3. W tym momencie układ elektryczny jest przygotowany do pracy.

### 3.2. Algorytmy sterowania układem energoelektronicznym maszyny

Algorytm sterujący układem energoelektronicznym również wybierany jest w zależności od trybu pracy lub jazdy. Algorytm w czasie jazdy przedstawiono na rys. 8. W trybie jazdy, po załączeniu napięcia, układ elektryczny jest przygotowany do jazdy. Przekształtniki (P2, P3) skonfigurowane są do jazdy. Przed rozpoczęciem jazdy układ sterowania maszyną sprawdza stan naładowania baterii akumulatorów. W przypadku całkowicie rozładowanej baterii jazda nie jest możliwa. Po otrzymaniu rozkazu jazdy układ sterowania uruchamia



Rys. 8. Algorytm sterujący układem energoelektronicznym w czasie jazdy

reklama

# NOWIMEX®

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

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

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

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

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławice do kabli.

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

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

**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

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

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



VAHLE  
STROMZUFÜHRUNGEN

SCHLEGEL®  
ELEKTROKONTAKT

LEAB  
mobile energy

TEXELCO  
SAFETY TECHNOLOGY

HUGRO®

brevetti  
stendato

CATTRON

Micro Detectors

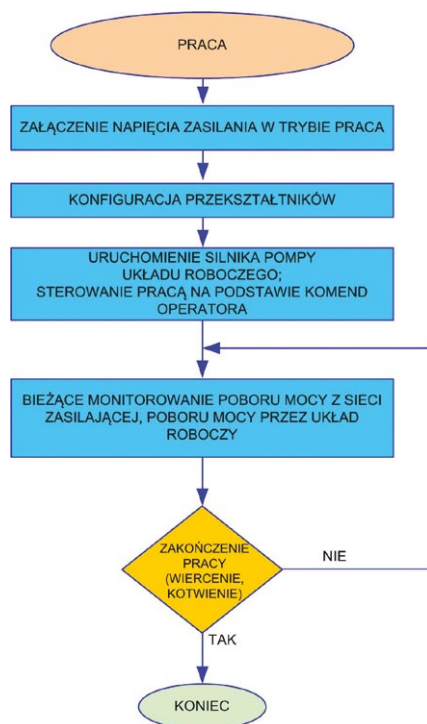
MARECHAL  
ELECTRIC

silnik elektryczny napędu jazdy. W czasie jazdy nadrzędny układ sterowania w PLC kontroluje w sposób ciągły stan rozładowania baterii. Układ na bieżąco informuje operatora o stanie rozładowania baterii akumulatorów. W przypadku osiągnięcia rozładowania krytycznego należy zatrzymać maszynę, w przeciwnym wypadku układ nadzoru baterii (BMS) rozłączy baterię. Dalsza jazda może być kontynuowana po naładowaniu baterii co najmniej do wartości minimalnej. Hamowanie maszyny w większości przypadków odbywa się ze zwrotem energii do baterii. W sytuacji awaryjnej, kiedy bateria akumulatorów zostanie rozłączona lub silnik zostanie zatrzymany przez awarię falownika, nadrzędny układ sterowania rozpoczyna hamowanie awaryjne z wykorzystaniem hamulców mechanicznych. Dalsza jazda (załączenie silnika głównego) odbywa się po uzyskaniu gotowości do jazdy, czyli po ustąpieniu przyczyny awaryjnego zatrzymania i skasowaniu błędów.

Algorytm sterowania układem energoelektrycznym w czasie pracy przedstawiono na rys. 9. Po załączeniu napięcia, zgodnie z opisaną wcześniej procedurą, układ elektryczny jest przygotowany do pracy. Przekształtniki (P1, P2, P3) konfigurowane są do pracy. W trybie pracy stan naładowania baterii jest stale kontrolowany przez sterownik nadrzędnego układu sterowania. Po otrzymaniu przez nadrzędny układ sterowania żądania pracy następuje załączenie silnika pompy układu roboczego. Od chwili załączenia napięcia zasilania stan rezystancji izolacji jest stale kontrolowany. W przypadku wykrycia obniżenia rezystancji należy wyłączyć napięcie zasilające maszynę.

## Podsumowanie

Wszędzie tam, gdzie stosowane są maszyny napędzane silnikami spalinowymi, poszukuje się możliwości ich zastąpienia maszynami elektrycznymi. Obecnie najbardziej rozwijane są maszyny zasilane bateryjnie (BEV), jednak prowadzone są również prace nad napędami elektrycznymi, dla których źródłem zasilania będą wodorowe paliwa ogniowe (FCEV). W przypadku wielu maszyn roboczych oraz pojazdów zasilanie sieciowe nie pozwala na pełną funkcjonalność, stąd konieczne



Rys. 9. Algorytm sterujący układem energoelektrycznym w czasie pracy

jest stosowanie zasilania bateryjnego. Dla każdej maszyny roboczej kluczowe jest, aby jej wersja zasilana bateryjnie spełniała te same wymagania, co wersja spalinowa. Stąd każdorazowo konieczne jest określenie wymagań w docelowym miejscu pracy, w aspekcie zasilania bateryjnego. Górnictwo podziemne charakteryzuje się trudnymi warunkami pracy oraz wymaganiami, które nie pozwalają implementować rozwiązań stosowanych w innych branżach. Warunki w kopalniach podziemnych są tak zróżnicowane, że nie zawsze istnieje możliwość opracowania uniwersalnych rozwiązań i maszyn.

Celem opisanych w tym artykule prac było wyznaczenie i opisanie stanów pracy maszyny oraz opracowanie takich układów zasilania i algorytmów sterowania, aby możliwa była jej praca we wszystkich występujących w analizowanej kopalni warunkach pracy. Po opisaniu podstawowych stanów pracy maszyny wyznaczone zostały algorytmy sterowania układem energoelektrycznym. Upraszczając zagadnienie, można powiedzieć, że sprowadza się to do stanów ładowania i rozładowania baterii w różnych możliwych warunkach. Omówione szczegółowo

algorytmy załączenia napięcia głównego, jazdy oraz pracy wyznaczają takie sterowanie zastosowanymi przekształtnikami oraz pozostałymi elementami układu elektrycznego, aby możliwa była praca z parametrami elektrycznymi odpowiadającymi danym znamionowym projektowanej maszyny. W dalszej kolejności sprawdzono wyznaczone algorytmy podczas badań symulacyjnych oraz w rzeczywistym układzie elektrycznym. W efekcie przeprowadzonych prac firma Mine Master wyprodukowała samojezdny elektryczny wóz kotwiący Roof Master RM 1,8KE oraz wierzący Face Master FM 1,7LE. Maszyny te są pierwszymi w Polsce zaprojektowanymi i wykonanymi dla warunków KGHM SA w pełni elektrycznymi i zasilanymi bateryjnie maszynami. Obie maszyny posiadają zabudowane ładowarki, które pozwalają na doładowanie z sieci kopalnianej, co jest znaczącym osiągnięciem przy uwzględnieniu ich wysokości oraz szerokości. Maszyny zasilane bateryjnie są nieuniknioną przyszłością górnictwa, która kreowana jest również przez polskie jednostki naukowo-badawcze oraz polskie firmy.

**Finansowanie:** Prace zrealizowano w ramach projektu finansowego z NCBiR POIR.01.01.01-00-D011/16 „Nowa generacja modułowych maszyn, wierzącej i kotwiącej, z napędami bateryjnymi, przeznaczonych do pracy w podziemnych kopalniach rud miedzi i surowców mineralnych”.

**Podziękowania:** Podziękowania dla KGHM Polska Miedź SA za umożliwienie badań dołowych oraz wsparcie podczas ich realizacji.

## Literatura

- [1] FUGIEL A., BURCHART-KOROL D., CZAPLIKA-KOLARZ K., SMOLIŃSKI A.: *Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sector of European countries.* „Journal of Cleaner Production” 143/2017.
- [2] BOŁOZ Ł.: *Światowe trendy w rozwoju podziemnych maszyn górniczych z napędami bateryjnymi*, VI Science Sympo-



- sium: *Rozwój i eksploatacja maszyn górnictwa podziemnego surowców mineralnych – efekty współpracy przemysłu i nauki* (online symposium), 23.04.2021.
- [3] GUO YJ., YANG ZL., LIU KL., ZHANG YH., FENG W.: *A compact and optimized neural network approach for battery state-of-charge estimation of energy storage system.* „Energies” 11/2021.
- [4] MIAO Y., HYNAN P., JOUANNE A., YOKOCHI A.: *Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements.* „Energies” 12/2019.
- [5] WENTKER M., GREENWOOD M., LEKER J.: *A Bottom-Up Approach to Lithium-Ion Battery Cost Modeling with a Focus on Cathode Active Materials.* „Energies” 12/2019.
- [6] The 100% electric mine – Converting the biggest diesels to electric. Available online: <https://www.nrcan.gc.ca/science-and-data/funding-partnerships/funding-opportunities/current-investments/the-100-electric-mine-converting-the-biggest-diesels-electric/22639> (dostęp 20 lipca 2021).
- [7] POLNIK B., KACZMARCZYK K., NIEDWOROK A., BALTES R., CLAUSEN E.: *Energy Recuperation as One of the Factors Improving the Energy Efficiency of Mining Battery Locomotives.* „Management Systems in Production Engineering” 4/2020.
- [8] RAFI M.A.H., RENNIE R., LARSEN J., BAUMAN J.: *Investigation of Fast Charging and Battery Swapping Options for Electric Haul Trucks in Underground Mines.* 2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), Chicago, IL, USA, 2020.
- [9] BOŁOZ Ł., CASTAÑEDA L.F.: *Computer-Aided Support for the Rapid Creation of Parametric Models of Milling Units for Longwall Shearers.* „Management Systems in Production Engineering” 4/2018.
- [10] BOŁOZ Ł.: *Digital Prototyping on the Example of Selected Self-Propelled Mining Machines. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering.* 2020.
- [11] BURD J.T.J., MOORE E.A., EZZAT H., KIRCHAIN R., ROTH R.: *Improvements in electric vehicle battery technology influence vehicle lightweighting and material substitution decisions.* „Applied Energy” 12/2020.
- [12] BIAŁY W., BOŁOZ Ł., SITKO J.: *Mechanical processing of hard coal as a source of Noise pollution.* „Energies” 14/2021.
- [13] BOŁOZ Ł., BIAŁY W.: *Automation and Robotization of Underground Mining in Poland.* „Applied Science” 10/2020.
- [14] KOZŁOWSKI A., WOJTAS P.: *Systemowe podejście do cyfryzacji w procesach technologicznych w górnictwie.* Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 99/2017.
- [15] WOJTAS P., KOZŁOWSKI A., WOJTAS M.: *Digitization of Polish mining industry by reducing costs and improving safety and quality of finished product.* „Mining – Informatics Automation and Electrical Engineering” 3/2017.
- [16] BOŁOZ Ł.: *Interpretation of the results of mechanical rock properties testing with respect to mining methods.* „Acta Montanistica Slovaca” 1/2020.
- [17] KOTWICA K., MAŁKOWSKI P.: *Methods of Mechanical Mining of Compact-Rock. A Comparison of Efficiency and Energy Consumption.* „Energies” 12/2019.
- [18] KOZŁOWSKI A., BOŁOZ Ł.: *Design and research on power systems and algorithms for controlling electric underground mining machines powered by batteries.* „Energy” 14/2021.
- [19] Bateria Electric Rigs, Mine Master Spółka z o.o., Available online: <https://www.minemaster.eu/battery-electric-rigs> (dostęp 20 lipca 2021).
- [20] WEISS H., WINKLER T., ZIEGERHOFER H.: *Large lithium-ion battery-powered electric vehicles. From idea to reality,* ELEKTRO, Mikulov, Czech Republic, 2018.

dr inż. Artur Kozłowski, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Techniki Innowacyjnych EMAG;  
dr inż. Łukasz Bołoz, AGH w Krakowie;  
inż. Tomasz Szurlej, Mine Master Sp. z o.o.

reklama

**10** lat  
**NOARK**  
DEFINITION OF RELIABILITY

**KUP WYBRANE PRODUKTY NOARK  
ZA MINIMUM 1000 ZŁ NETTO  
A GRATIS OTRZYMASZ KARTY ZAKUPOWE ORLEN**



Promocja trwa od 02.08.2021 r. do 30.10.2021 r.

Regulamin oraz lista produktów objętych promocją dostępne są na stronie internetowej

[www.noark-electric.pl](http://www.noark-electric.pl)

## Symulacja układu chłodzenia baterii trolejbusu

# Innowacyjny system bateryjny dla trolejbusu o podwyższonych możliwościach jazdy ciągłej z użyciem dodatkowego magazynu energii

Paweł Irzmański, Maciej Kwiatkowski, Bartłomiej Kras

## 1. Wstęp

Obecne akumulatory trolejbusowe nie są przystosowane do rutynowych przejazdów podczas służby liniowej. Współcześnie stosowane akumulatory trakcyjne mają małą pojemność i mogą być używane tylko w przypadku bardzo krótkiego dystansu lub podczas manewrów w zajezdni. Nowy akumulator wymaga opracowania nowych struktur, dedykowanych zarówno dla zabudowy mechanicznej konstrukcji akumulatora, jak również dla większości jej układów funkcjonalnych. W związku z tym konieczne jest przeprojektowanie zasobnika w celu spełnienia wymagań mechanicznych oraz ważniejszych, specjalnych wymagań dla standardów trolejbusowych, które różnią się od standardów dla elektrycznych autobusów. Konieczne jest wyposażenie modułu w nowe funkcje, np. klimatyczny komfort akumulatora trakcyjnego i zarządzanie energią dla współpracy z siecią trolejbusową.


Dodatkowo jednym z celów projektu jest zadanie zbudowania takiego algorytmu sterowania pracą trolejbusu wyposażonego w zasobnik energii, żeby mógł on wspomagać sieć trakcyjną w czasie jazdy, a jednocześnie zapewniać możliwość przejazdu odcinka bez sieci – zwany dalej algorytmem dołączania pojazdu do trakcji. Przy czym zapewnienie przejazdu odcinka bez sieci przy zasilaniu z baterii ma wyższy priorytet niż wspomaganie sieci trakcyjnej. Tradycyjne trolejbusy pobierają całą potrzebną energię z sieci trakcyjnej. W wypadku dużych długości sekcji i małych przekrojów przewodów, zwłaszcza jezdnych, wiąże się to z poważnymi spadkami napięcia, które uniemożliwiają prawidłową pracę pojazdu, a w skrajnych wypadkach mogą powodować odłączenie trolejbusu od sieci.

## 2. Układ napędowy trolejbusu. Założenia systemu

Projektowane trolejbusy będą wyposażone w układ telemetrii umożliwiający operatorowi nadzór oraz optymalizację zużycia energii całej floty poprzez możliwość przechodzenia poszczególnych pojazdów na zasilanie z baterii na wybranych fragmentach trasy oraz w okresach wzmożonego zużycia energii, np. w szczytach komunikacyjnych. Zastosowanie niewielkiej, ale bardzo nowoczesnej baterii litowo-tytanowej (LTO) [1] z chłodzeniem cieczą umożliwi ciągłą pracę trolejbusu zasilanego z baterii i dojazd do osiedli i miejsc, gdzie nie przewidziano budowy sieci trolejbusowej lub taka inwestycja jest bardzo kosztowna. Dodatkowo w centrach miast możliwe będzie zwiększenie elastyczności w tworzeniu układu linii, na której poruszał się będzie pojazd, poprzez uzupełnienie trasy

**Streszczenie:** Autorzy przedstawiają projekt, którego celem jest opracowanie, wykonanie i wdrożenie całkowicie innowacyjnego trolejbusu z dodatkowym zasilaniem baterijnym o podwyższonych możliwościach jazdy ciągłej z użyciem magazynu energii. Projektowane trolejbusy będą wyposażone w układ telemetrii umożliwiający operatorowi nadzór oraz optymalizację zużycia energii całej floty poprzez możliwość przechodzenia poszczególnych pojazdów na zasilanie z baterii na wybranych fragmentach trasy oraz w okresach wzmożonego zużycia energii, np. w szczytach komunikacyjnych.

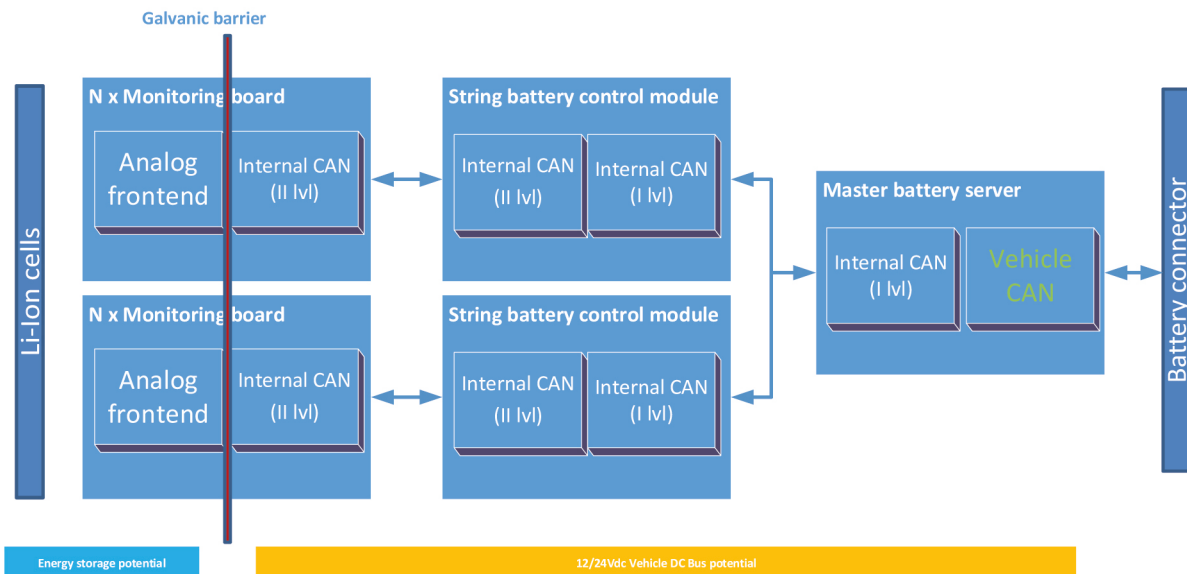
Słowa kluczowe: magazyn energii, trolejbus, LTO, EMS, HEV, EV, skalowalność, CAN

 **Abstract:** The aim of the project is to develop, construct and implement a fully innovative trolleybus with additional battery supply, of enhanced continuous driving capacity using energy storage. It will be equipped with the telemetry system enabling the operator to supervise and optimize energy consumption of the whole fleet through possible switching of individual vehicles to battery supply at selected fragments of the route and in periods of increased energy consumption, e.g. during rush hours.

Keywords: Energy storage, Trolleybus, LTO, EMS, HEV, EV, scalable, CAN

o odcinki pozbawione trakcji. Umożliwi to łatwiejsze adaptowanie tras trolejbusowych w miastach do zmieniających się warunków i powiększenie flot ekologicznych pojazdów, jakimi są trolejbusy. Kosztowny rozwój nowej trakcji był do tej pory jednym z największych ograniczeń dla miast w rozwoju ekologicznej sieci trolejbusowej. Połączone i zastosowane w jednym pojeździe rozwiązania opracowane w projekcie stanowią będą innowację na skalę światową. Wnioskodawcy zamierzają osiągnąć zamierzone w projekcie cele poprzez opracowanie szeregu nowych rozwiązań. W projekcie zakłada się uzyskanie zwiększenia gęstości mocy baterii, stworzenie sterowanego predykcji systemu komfortu klimatycznego oraz umożliwienie zarządzania wykorzystaniem baterii na poziomie floty, a nie pojazdu w celu niwelacji skoków mocy. Opracowany w ramach projektu pojazd będzie umożliwiał jazdę na zasilaniu baterijnym bez





Rys. 1. Struktura komunikacyjna systemu – założenia

ograniczania parametrów użytkowych. Istotną cechą tego rozwiązania będzie modułowość, a co za tym idzie – skalowalność, które zaoferują możliwość konfigurowania systemu bateryjnego.

### 3. Symulacja układu chłodzenia baterii.

#### Struktura zasobnika

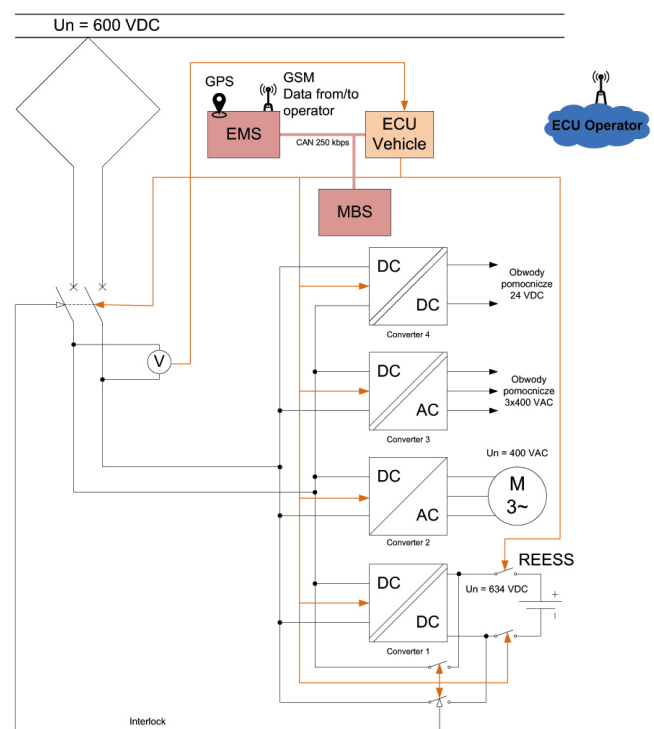
Ustalono, że struktura systemu [3] będzie zbliżona do systemów składowych o mocy maksymalnej przekraczającej 28 kWh opracowanych w ramach wcześniejszych projektów. Postanowiono, że system baterijny (dalej BP) do zabudowy w trolejbusie dwunastometrowym musi składać się z dwóch takich modułów bateryjnych, z kolei w trolejbusie o długości 18 metrów – z trzech. BP będą połączone równolegle. Ogniwa w pojedynczym BP będą w konfiguracji 276S2P. W strukturze przewidziano także systemy zarządzające bateriami oraz układ dostarczający zaawansowane funkcje nadzoru nad flotą tego typu pojazdów w odniesieniu do sieci trakcyjnej.

Topologia systemu nadzorczo-pomiarowego przedstawiona została na rysunku (rys. 1). Zobrazowano najważniejsze jej elementy, opierając się o najniższą warstwę komunikacyjną (internal – 2nd lvl) wykorzystującą sieć opartą na protokole CAN 2.0B [2]. Na niej to odbywa się wymiana podstawowych informacji związanych ze stanem ogni w co najmniej kilkunastu sesjach na sekundę. Łączy ona moduły ogni w jednolity system podrzędny, symulujący jednostkowy zasobnik stanowiący składową dla całego systemu magazynu energii dla pojazdu. Średnia warstwa komunikacyjna (internal – 1st lvl) pozwala na logiczne zarządzanie przepływem energii pomiędzy zasobnikami. Odpowiada ona za zebranie danych z najniższej warstwy, przetworzenie ich do postaci umożliwiającej zarządzanie parametrami wyższego rzędu, takimi jak SOC (*State of Charge*), SOH (*State of Health*). Najwyższa warstwa komunikacyjna (*Vehicle CAN*) służy do wymiany danych z komputerem pojazdu oraz – zgodnie z założeniami projektu – będzie współtworzyć wraz z EMS (*Energy Management System*) innowacyjne rozwiązanie pozwalające na automatyczne dołączanie pojazdu (trolejbusu) do trakcji [4].

### 4. Wyniki symulacji. Wybrane funkcje systemowe

#### 4.1. Algorytm dołączania pojazdu do trakcji

Innowacyjne rozwiązanie pozwalające na automatyczne dołączanie pojazdu (trolejbusu) do trakcji jest jednym z podstawowych elementów projektu, a zarazem najistotniejszym z nich. Układ kontrolno-sterowniczy EMS (*Energy Management System*) realizuje przełączenia pomiędzy poszczególnymi trybami pracy. Zakładano, że musi zapewniać odpowiednią kontrolę nad przepływem energii pomiędzy trakcją, układem napędowym, obwodami pomocniczymi oraz magazynem energii elektrycznej (rys. 2).



Rys. 2. Schemat poglądowy pojazdu

Przewidziano szereg trybów pracy systemu. Oto niektóre z nich:

- praca na trakcji – pobór energii tylko z sieci z jednoczesnym ładowaniem zasobnika;
- praca na zasobniku – pobór energii tylko z baterii;
- praca na trakcję – oddawanie energii do sieci z zasobnika – tryb rozważany teoretycznie dla projektu;
- praca na trakcję – oddawanie energii odzyskowej z hamowania.

Wybór danego trybu pracy będzie realizowany przez jednostkę EMS. Jej głównym zadaniem będzie wyznaczenie trybu pracy, w którym powinien znaleźć się pojazd. Ostatecznie o przejściu na dany tryb pracy będzie decydował komputer pojazdu, ponieważ posiada on kompleksowe informacje dotyczące pozostałych układów pracujących w aplikacji (trolejbus).

Na podstawie powyższego dokonano analizy sieci trakcyjnej pod kątem jej cech elektrycznych (długości odcinków sekcji, zależności prądu oddawanego z trakcji w funkcji odległości). Przeprowadzono analizy na przykładowej trasie (rys. 3) oraz modelu pojazdu.

Opracowany w ramach tego projektu algorytm zapoczątkował dalsze prace inżynierskie mające na celu wdrożenie rozwiązania w rzeczywistej aplikacji.

### 4.2. Symulacje układu chłodzenia

Do symulacji układu chłodzenia brano pod uwagę charakterystykę obciążenia dla trolejbusu 12-metrowego, przedstawioną na wykresie poniżej. Kierunek dodatni oznacza pobór energii z zasobnika energii.

Założono do symulacji określony profil obciążenia obejmujący dystans 0,92 km (rys. 4). Proporcjonalnie obliczono zużycie energii dla 15 km jazdy o tym profilu, a wynosi ono 45 kWh. W obliczeniach energii nie uwzględniano odzysku energii z hamowania regeneracyjnego. W trolejbusie T12 przewidziano montaż układu magazynowania z wykorzystaniem dwóch baterii.

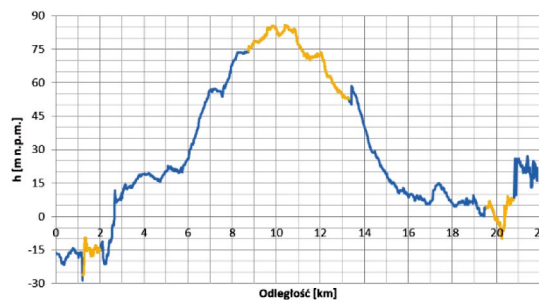
Uzyskany przebieg mocy pobieranej z zasobnika bateryjnego przedstawia rysunek 5.

Następnie, uwzględniając krzywą rozładowania dla ogniwa litowo-tytanowego, wyznaczono przebiegi prądu, napięcia oraz strat w zasobniku energii. Otrzymane przebiegi przedstawiono na rysunkach 6–8.

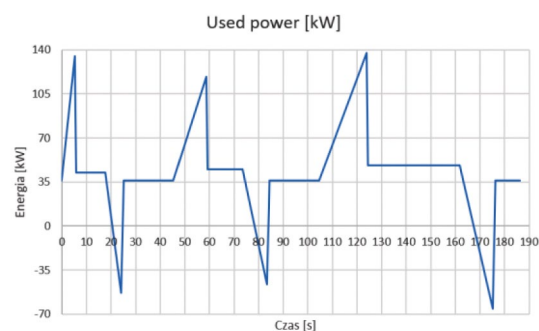
Otrzymany przebieg strat w funkcji przejechanego dystansu posłużył do przeprowadzenia symulacji odbioru energii cieplnej z zasobnika bateryjnego. Symulacje przeprowadzono dla czynnika chłodzącego G13 o temperaturze maksymalnej 15°C, przy założonym przepływie 50 l/min. Przyjęto moc chłodniczą urządzenia układu klimatyzacji zasobnika bateryjnego 1500 W oraz 3000 W.

Symulacje prowadzono dla temperatury początkowej ogniów wynoszącej 15°C, 25°C oraz 35°C.

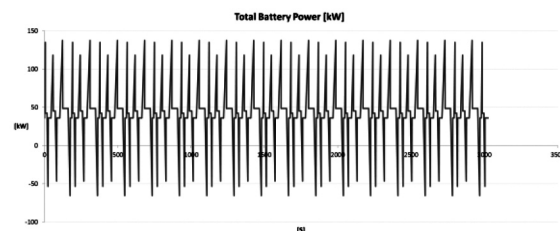
Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że moc chłodnicza 1500 W jest niewystarczająca dla powstrzymania wzrostu temperatury zasobnika bateryjnego. Wykresy poniżej (rys. 9 i 10) przedstawiają zmianę temperatury dla wybranej temperatury początkowej oraz mocy układu chłodniczego odpowiednio 1500 W oraz 3000 W.



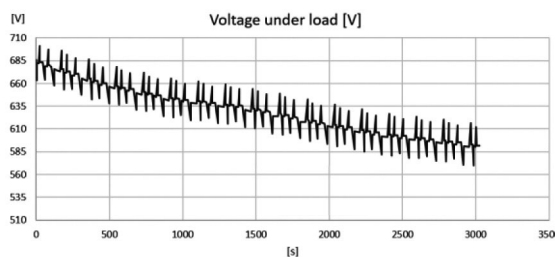
Rys. 3. Profil trasy odniesienia – na pomarańczowo zaznaczono odcinki bez sieci



Rys. 4. Typowy profil obciążenia trolejbusu T12 dla dystansu 0,92 km



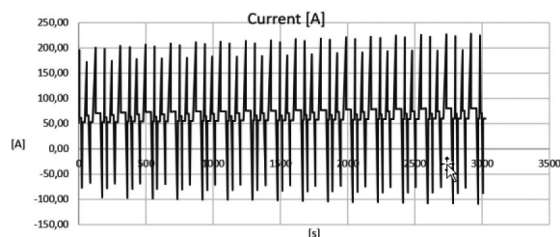
Rys. 5. Wykres mocy zasobnika energii na dystansie 15 km



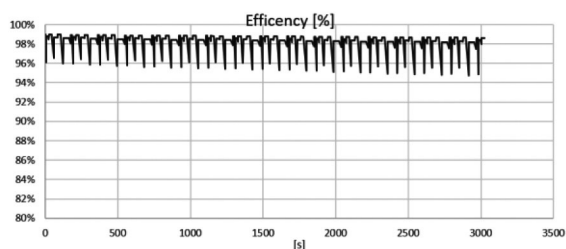
Rys. 6. Wykres napięcia zasobnika energii na dystansie 15 km

Dodatkowo przeprowadzono symulację zdolności układu chłodzenia do odebrania ciepła z zasobnika bateryjnego rozgrzanego do temperatury 55°C. W przypadku montażu zasobnika energii na dachu pojazdu pod wpływem promieni słonecznych może dojść do rozgrzania zasobnika, a taka temperatura jest zbyt wysoka, aby wprowadzić pojazd do pracy.

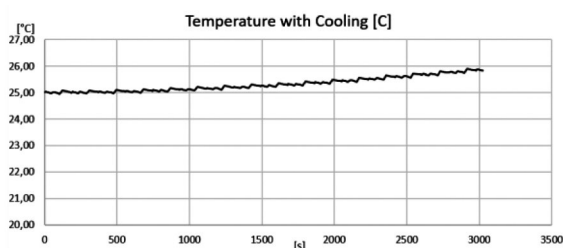




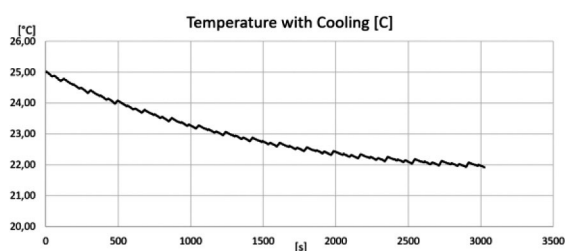
Rys. 7. Wykres natężenia prądu zasobnika energii na dystansie 15 km



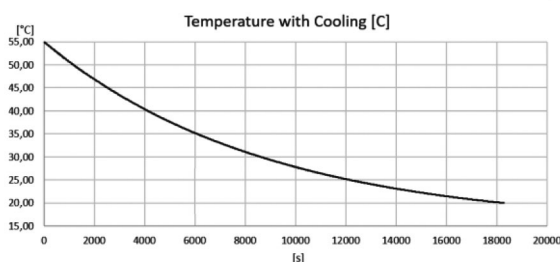
Rys. 8. Wykres strat zasobnika energii na dystansie 15 km



Rys. 9. Przebieg zmian temperatury w systemie dla mocy chłodzenia 1500 W i temperatury początkowej 25°C



Rys. 10. Przebieg zmian temperatury w systemie dla mocy chłodzenia 3000 W i temperatury początkowej 25°C



Rys. 11. Spadek temperatury w nieobciążonym zasobniku energii dla mocy układu chłodzenia 3000 W

Przeprowadzone symulacje wskazują, że moc układu klimatyzacji wynosząca 3000 W będzie wystarczająca dla osiągnięcia wymaganego komfortu termicznego dla zasobnika bateryjnego.

## 5. Wnioski i podsumowanie

Projekt jest aktualnie w ostatniej fazie realizacyjnej. Większość wymienionych założeń została wprowadzona do systemu prototypowego i przetestowana w laboratorium. Odbyła się również pierwsza część testów homologacyjnych (Regulamin 100.02). Potwierdzają one słuszność obranej koncepcji i dają nadzieję, że dalsza część prac testowych, realizowana bezpośrednio w pojeździe, przebiegnie pomyślnie.

## Literatura

- [1] Toshiba's SCiB™ Rechargeable Battery, <https://www.scib.jp/en/>.
- [2] BOSCH, CAN Specification Version 2.0, 1991 ([www.can.bosch.com](http://www.can.bosch.com)).
- [3] MICHNA M., ADAMCZYK D., KUT F., RONKOWSKI M., BERNATT J., PISTELOK P., KRÓL E., KUCHARSKI Ł., KWIATKOWSKI M., BYRSKI Ł., KOZIOŁ M.: *Koncepcja, modelowanie i symulacja układu napędowego prototypu samochodu elektrycznego „Elv001”*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 92/2011.
- [4] KRAS B., IRZMAŃSKI P., KWIATKOWSKI M.: *DCCS-ECU jako innowacyjna jednostka kontrolna dla aplikacji EV i HEV*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 3(119)/2018.
- [5] ICPT SA, Development of universal electronic control unit for electric and hybrid vehicles, ICPT SA., <http://icpt.pl/innovations.aspx#tab1>.

**Informacje dodatkowe.** Projekt realizowany jest w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020 oraz programu sektorowego „INNOMOTO” w ramach Działania 1.2 „Sektorowe programy B+R”, wdrażanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Projekt współfinansowany jest ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Zadanie 4 projektu zostało zrealizowane przy współpracy z Instytutem Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej.

Nr projektu: POIR.01.02.00-00-0313/16-00

- ✉ Paweł Irzmański – M.Sc., Impact Clean Power Technology SA,  
e-mail: [bk@icpt.pl](mailto:bk@icpt.pl);  
Maciej Kwiatkowski – M.Sc., Impact Clean Power Technology SA,  
e-mail: [bk@icpt.pl](mailto:bk@icpt.pl).  
Bartłomiej Kras – PhD, Impact Clean Power Technology SA,  
e-mail: [bk@icpt.pl](mailto:bk@icpt.pl)

# Kopalniane lokomotywy pneumatyczne

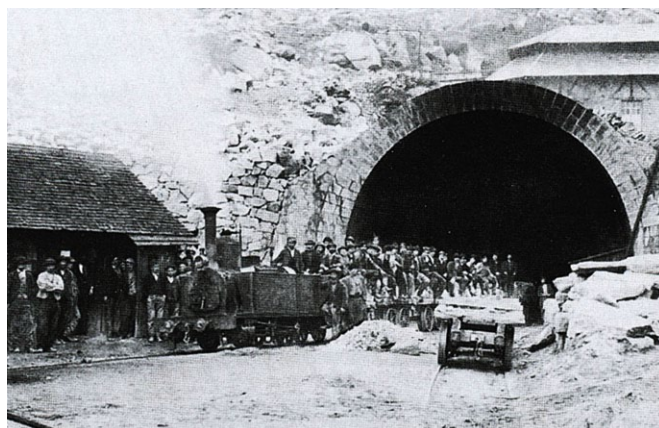
Stefan Gierlotka

**W** 1803 r. angielski inżynier górniczy Richard Trevithick skonstruował pierwszą lokomotywę parową. Jeździła ona w Londynie po torze ułożonym w koło, wzbudzając powszechne zdziwienie. W 1825 r. inżynier, również górniczy, George Stephenson zbudował lokomotywę parową ciągnącą wagony na trasie Darlington – Stockton, a parę lat później uruchomił linię kolejową Liverpool – Manchester.

W kopalniach pierwsze próby z lokomotywami parowymi przeprowadzono w Anglii w połowie XIX wieku. Były to parowozy z węglowym paleniskiem. Parowozy nie dały zadowalających rezultatów, gdyż duże ilości wydzielanej pary i dymu pokrywały szyny tłustą sadzą, co powodowało poślizg kół lokomotywy. Wydzielający się dym i para pogarszały też wentylację wyrobisk i utrudniały pracę ludzi. Ponadto para wodna w wyrobiskach powodowała dużą wilgotność i butwienie obudowy drewnianej.

W specyficznych warunkach wyrobisk podziemnych, po niepowodzeniach z małymi parowozami, rozpoczęto początkowo konstruować ciepłe lokomotywy bezdymne. Lokomotywa systemu Lamm-Francq'a posiadała kocioł z gorącą wodą, do którego wtłaczano parę pod bardzo wysokim ciśnieniem. Napełnianie kotła parą trwało tak długo, aż woda osiągnęła stan przegrzania. Kocioł przed ochładzaniem był izolowany pakunkiem. Czas pracy lokomotywy zależał od temperatury kotła. Eksploatacja lokomotyw wymagała dostępu do źródła pary. Wadą lokomotyw bezdymnych była zmieniająca się podczas jazdy siła pociągowa. Wydobywająca się para jednak nadal zanieczyszczała powietrze w wyrobisku. Przewóz urobku zaprzęgiem konnym w wyrobiskach kopalni był nadal najtańszy.

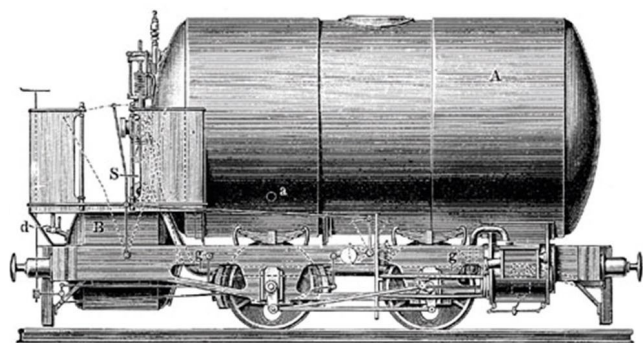
W 1872 r. rozpoczęto drążenie w Szwajcarii tunelu pod przełęczą św. Gottharda. Tunel drążono z dwóch stron, od miejscowości Airolo i Göschenen. W 1873 r. do transportu urobku i materiałów zastosowano dwa dwuosiove parowozy. Dla poprawy wentylacji nie rozpalano ognia w palenisku parowozu, a kocioł zamiast wodą napełniano sprężonym powietrzem o ciśnieniu 4 atm. Doczepiając dodatkowy wagon z blaszonym,



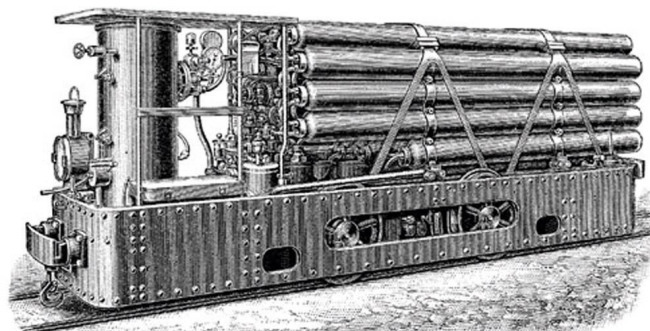
Tunel St. Gotthard (1874 rok) oraz lokomotywa Schneider & Cie

nitowanym zbiornikiem na sprężone powietrze, wydłużano zasięg pracy lokomotywy. Zmagazynowane sprężone powietrze w kotle lokomotywy wystarczyło na jazdę pociągu z 32-tonowym ładunkiem na odległość 1 km – do przodka wyrobiska i z powrotem.

W 1874 r. zamówiono we francuskiej firmie Schneider & Cie w Le Creusot pierwsze cztery lokomotywy pneumatyczne. Lokomotywy te rozpoczęły pracę przy budowie tunelu St. Gotthard. Składały się one z wykonanego z blachy stalowej zbiornika o objętości 7,6 m<sup>3</sup>, napełnianego sprężonym powietrzem o ciśnieniu 25 atm. Powietrze ze zbiornika za pomocą regulatora o ciśnieniu 4 atm doprowadzono do zbiornika wyrównawczego, z którego podawane było do dwóch cylindrów o średnicy 200 mm i skoku tłoka 360 mm. Lokomotywa, o masie 6,5 tony, ciągnęła pociąg o ładunku od 30 do 60 ton z prędkością 10 km/h. Sprawność tych lokomotyw wynosiła około 22%. Gdy postęp budowy tunelu był na tyle duży, iż sprężone powietrze nie wystarczało na jazdę tam i z powrotem, dołączano do pociągu dodatkowy wagonowy zbiornik sprężonego powietrza. Tunel Gottharda otwarto w 1881 roku.

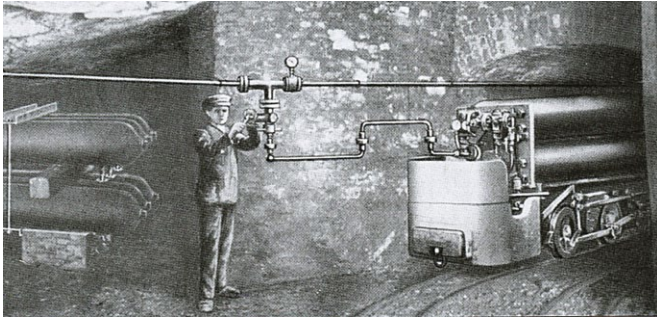


Lokomotywa na sprężone powietrze



Lokomotywa na sprężone powietrze



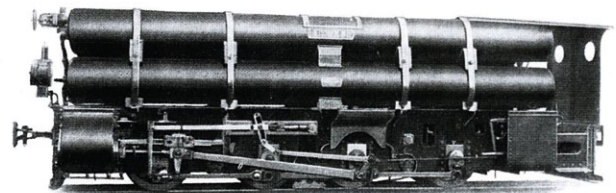
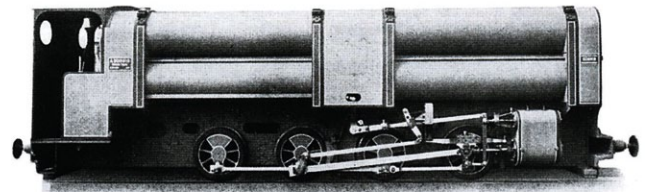
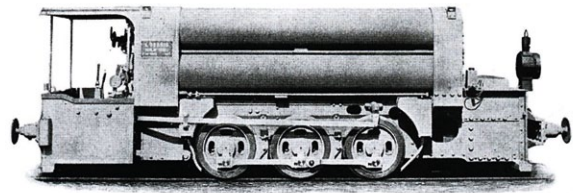


Napełnianie zbiorników lokomotywy sprężonym powietrzem

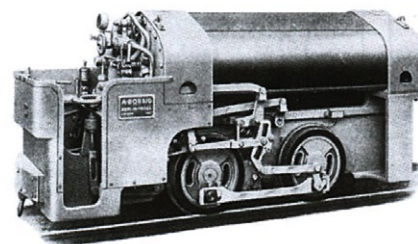
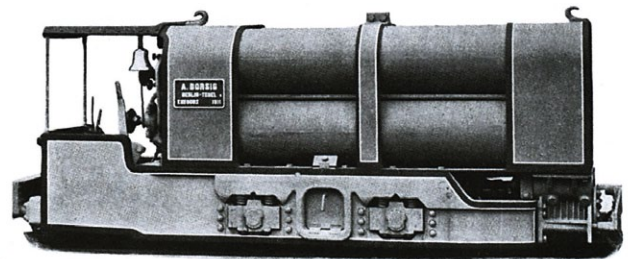
Przy drążeniu tunelu przez Simplon w 1898 r. zastosowano lokomotywy pneumatyczne firmy Schweizerische Lokomotiv und Maschinen-Fabrik w Winterthur. Sprężone powietrze o ciśnieniu 80 atm było gromadzone w rurowych zbiornikach o objętości 2 m<sup>3</sup>. Dwucylindrowa maszyna tłokowa ze stawidłem Joya poprzez przekładnię zębatą napędzała przedni zestaw kołowy. Przedni i tylny zestaw kołowy łączyły wiazary. Ciśnienie powietrza obniżone przez zawór do 15 atm zasilalo maszynę tłokową. Rozprężone powietrze oziębiało się jednak i przy dłuższej pracy powodowało zamarzanie mechanizmów. W lokomotywie zabudowano więc dodatkowy zbiornik z parą przegrzaną o temperaturze 160°C, ogrzewającą powietrze robocze przed wlotem do cylindrów maszyny tłokowej. Lokomotywa o wysokości 1,65 m na trasie do 4 km ciągnęła pociąg o masie 35 ton.

W 1905 r. firma Berliner Maschinenbau AG Vormalis L. Schwartzkopff (BMAG) rozpoczęła seryjną produkcję lokomotyw pneumatycznych dla kopalń węglowych zagrożonych metanem. Wykonywano lokomotywy dla torów o szerokości od 530 do 670 mm. Do 1945 roku firma zbudowała 472 lokomotywy. Produkowane lokomotywy, w wersjach z dwoma, trzema lub czterema zbiornikami sprężonego powietrza, pracowały z podwójnym lub potrójnym rozprężaniem powietrza w cylindrach maszyny tłokowej. Pierwsze lokomotywy tej firmy zakupił koncern Goduli dla kopalni Morgenroth w Chebziu.

Pierwsze lokomotywy dla kopalń były dwuosiove. Tłokowa sprężarka powietrza, napędzana maszyną parową, napełniała zbiorniki lokomotywy powietrzem suchym o ciśnieniu 50–100 atm. Pierwsze zbiorniki wykonane z nitowanej blachy zastąpiono kilkoma połączonymi zbiornikami butlowymi, wykonanymi z ciągniętych rur bez szwu. Sprężone powietrze ze zbiorników przepływało do zbiornika ciśnienia roboczego przez zawór obniżający ciśnienie do 14 atm. Z tego zbiornika, poprzez zawór sterowniczy, powietrze napełniało cylinder wysokiego ciśnienia. Częściowo rozprężone w tym cylindrze powietrze przepływało przez podgrzewacz do cylindra niskiego ciśnienia, gdzie następowało dalsze rozprężenie. Wylot powietrza z tego cylindra następował przez eżektor, zakończony dyszą umieszczoną w komorze podgrzewacza. W celu uniknięcia zamrożenia przewodów przy rozprężaniu się powietrza (oziębienie) stosowano podgrzewacze rurowe. Strumień powietrza wylatujący z cylindra niskiego ciśnienia wytwarzał zasysający ciąg powietrza atmosferycznego, a to oddawało ciepło rozprężonemu powietrzu między cylindrem wysokiego i niskiego ciśnienia.



Lokomotywy powietrzne firmy Borsig z 1911 roku. Moc 200 KM

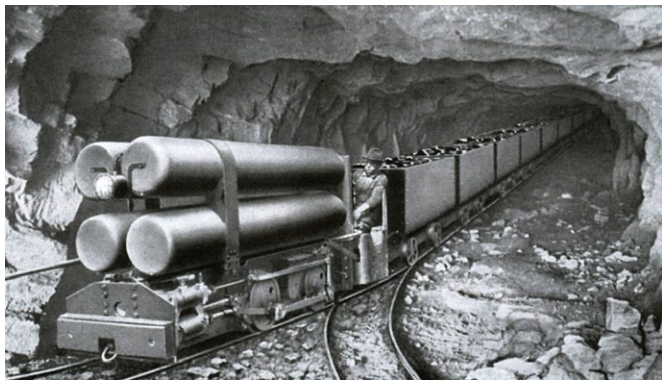


Lokomotywy pneumatyczne firmy Borsig (1911 rok) dla tuneli w Szwajcarii

W 1910 r. niemiecka firma produkująca parowozy A. Borsig w Berlinie rozpoczęła produkcję pneumatycznych lokomotyw dla kopalń i przedsiębiorstwa budowy tuneli alpejskich. Produkowała lokomotywy pneumatyczne dla szerokości toru od 520 do 750 mm.

Niemiecka firma Arnold Jung Lokomotivfabrik rozpoczęła w 1937 r. produkcję lokomotyw pneumatycznych dla kopalń metanowych. W 1942 r. dwie z wykonanych lokomotyw rozpoczęły pracę w kopalni Dębieńsko. Budowa kopalni w Rybnickim Okręgu Węglowym i eksploatacja pokładów metanowych wymusiły stosowanie w przewozie dołowym lokomotyw pneumatycznych. W latach 1956–1987 firma Jung dostarczyła do polskich kopalń 148 lokomotyw pneumatycznych. Stosowano lokomotywy chodnikowe z silnikami pneumatycznymi o mocy od 40 do 70 KM oraz lżejsze lokomotywy przodkowe o mocy od

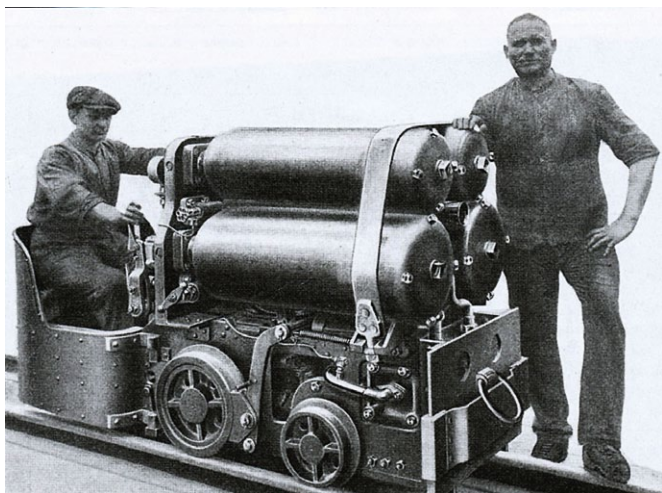




Lokomotywa pneumatyczna firmy DEMAG z 1927 roku



Lokomotywa powietrzna JUNG



Lokomotywa pneumatyczna dla małych chodników firmy DEMAG



Lokomotywa powietrzna w kopalni Luiza w Zabrze



Lokomotywa powietrzna BVD-35

10 do 20 KM. Lokomotywy wykonywano dla torów o szerokości 750, 640, 620 i 550 mm. Na podwoziu lokomotywy było kilka zbiorników w kształcie butli o pojemności od 1,5 do 2,5 m<sup>3</sup> i ciśnieniu sprężonego powietrza 200 atm. Lokomotywa o mocy 40 KM i sile pociągowej do 1000 kG poruszała się z prędkością do 14 km/h. Zużywała około 1 m<sup>3</sup> powietrza na 1 tonokilometr.

Dla niskich chodników kopalnianych firma Deutsche Maschinenfabrik AG z Duisburga (DEMAG) wykonywała lokomotywy z napędem na tylny zestaw kołowy. Układ zasilania stanowiły cztery zbiorniki sprężonego powietrza o pojemności 0,18 m<sup>3</sup> i ciśnieniu 175 atm. Maszyna tłokowa o podwójnym rozprężaniu, z cylindrami o średnicy 80 i 150 mm i skoku tłoka 120 mm, napędzała koła lokomotywy o średnicy 380 mm.

W polskich kopalniach metanowych stosowano lokomotywy typu BVD produkcji czechosłowackiej oraz lokomotywy typu Troll firmy Jung. Lokomotywa BVD-35, o masie 9 ton, pojemności butli 1,38 m<sup>3</sup>, z silnikiem o mocy 35 KM, rozwijała prędkość do 11 km/h. Najczęściej stosowana w polskich kopalniach lokomotywa BVD-40 posiadała silnik czterocylindrowy, który pobierał powietrze z sześciu butli. Średnica cylindrów wynosiła 80 mm, a skok tłoka 120 mm. Silnik pobierał powietrze sprężone z butli przez zawór redukcyjny i zawór jazdy. Wał rozrządczy sterujący zaworami napędzany był z wału korbowego przez zespół kół zębatach. Lokomotywa wyposażona

była w pneumatyczny hamulec manewrowy oraz mechaniczny hamulec bezpieczeństwa. Sprężone powietrze lokomotywy wykorzystywano również do syreny akustycznej i turbiny elektrycznych reflektorów. Lokomotywy pneumatyczne znalazły największe zastosowanie w kopalniach zagrożonych metanem.

Późniejszy rozwój elektrycznych lokomotyw akumulatorowych budowy przeciwybuchowej wyparł napęd pneumatyczny.

dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP



**Postaw na rozwój**



# Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2020–2021

Alfred Paszek

## 1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój produkcji i usług oraz wzrastające wymagania klientów wymuszają na przedsiębiorstwach ciągle dostosowywanie swoich ofert do potrzeb rynku. W warunkach silnej konkurencji należy zwrócić szczególną uwagę na prowadzenie szerokich działań związanych ze skutecznym marketingiem oraz doskonaleniem wizerunku firmy. Dotyczy to nie tylko nowych firm pojawiających się na rynku, ale również firm z ugruntowaną pozycją rynkową. Klienci poszukują wiarygodnych informacji o oferowanych usługach i produktach, które spełniłyby ich oczekiwania. Z tego względu tak ważną jest reklama firmy, która powinna trafiać do szerokiego kręgu odbiorców oraz przybierać różne formy.

Ważną formą reklamy firmy są prezentacje umieszczane w katalogach branżowych. Dzięki swoistej strukturze i przydzielaniu każdej informacji do odpowiedniego działu katalogi branżowe stanowią istotne źródło informacji biznesowych dla zainteresowanych odbiorców, którzy poszukują partnerów biznesowych. Przewaga katalogów branżowych nad katalogami ogólnymi polega na tym, że każdej dziedzinie wyróżnionej w katalogu 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 danej branży, którzy oferują poszukiwane produkty, usługi bądź szkolenia. Pozycje zawarte w katalogu posiadają z reguły szczegółowy odnośnik, w którym znajduje się np. opis działalności firmy, charakterystyka produktu, rodzaj oferowanej usługi oraz dane kontaktowe. Dzięki temu katalogi branżowe pozwalają skrócić czas poszukiwań, a uzyskane informacje stanowią ważną alternatywę dla innych źródeł informacji.

W artykule przedstawiono przykład analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw działających na polskim rynku w latach 2020 i 2021. Dane do analizy zaczerpnięto z Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” [1, 2]. Wybrano czynniki, które mają wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstw w wyróżnionych branżach.

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

Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw rozpoczyna się od ustalenia funkcji kierunkowych przedsiębiorstw [3, 4, 5]. Katalogi branżowe z lat 2020 i 2021 zawierają

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje analizę firm świadczących swoje usługi oraz oferujących produkty w zakresie napędów i sterowań. Zamieszczono wyniki analizy porównawczej funkcjonalności firm działających na polskim rynku w latach 2020 i 2021. Wykonana analiza uwzględnia ilościowe i jakościowe aspekty wynikające ze zgromadzonych danych. Opracowanie przedstawia dynamikę zmian w danym okresie oraz wnioski z przeprowadzonych badań.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY OF FIRMS ACCORDING TO THE BRANCH CATALOGUE „NAPEŁDY I STEROWANIE” („DRIVES AND CONTROL”) FROM THE YEARS 2020 AND 2021

**Abstract:** The article presents a comparative analysis of companies providing their services and offering products in the field of drives and controls. The results of a comparative analysis of companies operating on the Polish market in 2020 and 2021 are included. The analysis takes into account the quantitative and qualitative aspects resulting from the collected data. The study presents the dynamics of changes in a given period of time and the conclusions of the research.

przedsiębiorstwa przyporządkowane do poszczególnych branż. Wybrane branże stały się kluczem do przyjęcia funkcji kierunkowych (tabela 1).

Tabela 1. Funkcje kierunkowe przedsiębiorstw

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

Kolejnym etapem analizy jest przyjęcie pojedynczych symboli, którymi zaznaczane jest występowanie danej firmy w określonym katalogu. Wprowadzony zostaje również zbiorczy symbol, oznaczający występowanie firmy w obydwu katalogach (tabela 2).

Tabela 2. Wykaz symboli analizy porównawczej

○	Firmy z Katalogu Branżowego 2020
□	Firmy z Katalogu Branżowego 2021
⊙	Firmy z Katalogu Branżowego 2020 i 2021

Dalsza analiza polega na opracowaniu zestawienia wybranych funkcji kierunkowych przedsiębiorstw na podstawie danych zawartych w Katalogach Branżowych „Napędy i Sterowanie” z lat 2020 i 2021 (tabela 3). W tym zestawieniu zostały użyte symbole z tabeli 2, w celu zaznaczenia występowania wybranej funkcji kierunkowej przedsiębiorstwa.

Tabela 3. Zestawienie analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw w latach 2020-2021

Nazwa firmy	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
3K TECH Tomasz Kubacki				⊙								
ABUS Crane Systems Polska Sp. z o.o.												⊙
Ad Moto Rafał Zawisz												⊙
ANIRO Sp. z o.o.		⊙					○					
Apator Elkomtech SA Oddział w Toruniu		⊙					⊙					
ARGO-HYTOS Polska Sp. z o.o.	□			□								□
ARMEL Producent Obudów	⊙	⊙				⊙	⊙					⊙
ARNAP Sp. z o.o.							⊙					⊙
ASC AUTOMATYKA SYSTEMÓW CHŁODNICZYCH Sp. z o.o.		⊙					⊙					
ASKOM Sp. z o.o.		⊙							⊙			
Automationstechnik Sp. z o.o.		⊙								⊙		○
Automationstechnik Sp. z o.o. BLOKSMA												□
Automationstechnik Sp. z o.o. K. HARTWALL												□
Automationstechnik Sp. z o.o. ORGATEX												□
B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.		○					○					
BAUMER Sp. z o.o.	⊙	⊙								⊙		□
Beckhoff Automation Sp. z o.o.	□	□					□		□			□
BEDIA Motorentechnik GmbH & Co. KG		⊙			⊙							
BEFARED Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów SA							⊙					
BIALL Sp. z o.o.	⊙											
BIBUS MENOS Sp. z o.o.				○	○		○					
BIKOM-PPHU Ewa Białozorzyc	⊙	⊙								⊙		
Blumenbecker Engineering Polska Sp. z o.o.		⊙							⊙	⊙		

Nazwa firmy (cd.)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
BREMAS ERSCE BELTRADE Sp. z o.o.		⊙										
C. Otto Gehrckens GmbH & Co.KG				⊙	⊙							
CADXPART P. Gurga M. Dukat Spółka Jawna			⊙									
CANTONI MOTOR SA								□				
CEL-MAR Sp. j. Zakład Informatyki i Elektroniki		⊙										
Centrum Elektroniki Stosowanej CES Sp. z o.o.		⊙				⊙	⊙				⊙	
CENTRUM HYDRAULIKI DOH Sp. z o.o.				⊙								
Centrum Produkcyjne Pneumatyki „PREMA” Spółka Akcyjna		⊙				⊙						⊙
Centrum Taśm i Pasów Sp. z o.o.												○
Cloos Polska Sp. z o.o.							□			⊙		□
COMPARTA Zajdel Sp. j.		⊙										
CONEC Polska Sp. z o.o.		○										
CoNStel Sp. z o.o.		⊙										
CONTROL-SERVICE		⊙							⊙			
DACPOL Sp. z o.o.		○							○			○
Danfoss Poland Sp. z o.o.									○			
DĄBROWSKA FABRYKA MASZYN ELEKTRYCZNYCH DAMEL SA									⊙			
Dassault Systemes		⊙	⊙							⊙		
EL-CAB Sp. z o.o.		○					○	○				○
ELBOK Sp. j.		⊙										
ELEKTRO-AUTOMATIC		⊙					⊙					
Elektroniczne Wagi Przemysłowe Sp. z o.o. Sp. K.		⊙										
el Giro		⊙										
ELHAND TRANSFORMATORY Sp. z o.o.							○	○				
ELMARK Automatyka Sp. z o.o.	○	○									○	
ENEL-AUTOMATYKA Sp. z o.o.		⊙							⊙			
E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH		⊙					⊙					⊙
Eurotrafo Sp. z o.o.		⊙									⊙	
Expo Silesia Sp. z o.o.												○
Fabryka Kabli MADEX Sp. j.		⊙										
FAMUR S.A.		⊙										
FANUC Polska Sp. z o.o.		○									○	
Fatek Polska Sp. z o.o.		□							□			□



Nazwa firmy (cd.)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
FENA Sp. z o.o Fabryka Elementów Napędowych							⊙					
FINDER Polska Sp. z o.o.						□						
GALIKA Sp. z o.o.				□			⊙					
GAZELA Mechanika Maszyn				⊙								
GHT Grażyna Wodzińska-Krzakała		⊙										
Grupa Cantoni CELMA INDUKTA SA							⊙					
Grupa Cantoni Fabryka Aparatury Elektrycznej EMA ELFA Sp. z o.o.		⊙										
Grupa Cantoni Fabryka Silników Elektrycznych BESEL SA							⊙					
Grupa Cantoni Zakład Maszyn Elektrycznych EMIT SA							⊙					
Hansford Sensors Sp. z o.o.	⊙											⊙
HARTIMEX Sp. z o.o.	⊙	⊙										
HBM Biuro Inżynierskie Maciej Zajaczkowski	⊙	⊙					⊙					⊙
HEKTOS Sławomir Pokraka	○			○			○					
HF Inverter Polska Sp. C.							⊙					
HYDAC Sp. z o.o.	⊙			⊙			⊙	⊙				⊙
Hydraulika Siłowa Piotr Napieralski				⊙								
HYDROMAR ZHS				⊙								
HYDROMEGA Sp. z o.o.				⊙								
ifm electronic 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												⊙
INTROL Sp. z o.o.	⊙											
Invertek Drives Polska Sp. z o.o.		⊙					⊙					⊙
ITM INDUSTRY EUROPE		○										
JOTES Stanisław Jackowski		○										
KARCZ   Radiowe Sieci Danych Polska		⊙										
KBR Magneto Sp. j.	○	○				⊙					⊙	
KIPP Polska Sp. z o.o.		⊙										○

Nazwa firmy (cd.)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
KOLARZOWSKI, HYDRAULIKA SIŁOWA, PNEUMATYKA, STEROWANIE		○		○	○							
KOM-ODLEW Komputerowe Systemy Inżynierskie Sp. z o.o.			⊙									
Kubler Sp. z o.o.		⊙										
Lenze Polska Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Limatherm Sensor Sp. z o.o.	⊙	⊙										
LINAK Danmark A/S (Spółka Akcyjna) Oddział w Polsce							⊙					
MADEJSKI Spółka Jawna				⊙								
MBB s.c.		⊙										
Merrid Controls Sp. z o.o.		⊙										
Mersen Polska Sp. z o.o.						⊙	⊙				⊙	⊙
MICROSYS spol. s r.o.		○										
MIKRONIKA		⊙							⊙			
Mitsubishi Electric Europe B.V. (Sp. z o.o.)		○					○			○		
MOJ SA							⊙					⊙
Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.		⊙					⊙					⊙
Murrelektronik Sp. z o.o.		⊙										
NIVUS Sp. z o.o.	⊙											
NORD Napędy Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Norgren		□			□							□
NORKOM		⊙										
Oberon 3D L. Pietrzak i Wspólnicy Sp.j.	○											
PAKS'D Sp. z o.o.				○								
Partner Serwis Sp. z o.o.							⊙					⊙
PATECH		⊙										
PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.	⊙	⊙										⊙
pf electronic Sp. z o.o.		⊙										
Pneumat System Sp. z o.o.						⊙						
PNEUMATIK SA												○
Powergate Sp. z o.o.		⊙					⊙					□
PPUH STERPOL		⊙										
PROGRES AUTOMATYKA Sp. z o.o.		○										○
Propes Sp. z o.o.		⊙										
RAControls Sp. z o.o.		⊙					⊙		⊙			
RELPOL SA	○	⊙				⊙	⊙					⊙
Rossi Polska Sp. z o.o.							⊙					⊙
SANYU Sobczak Sp. j.							⊙					

Nazwa firmy (cd.)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
SDS-Automatyka Sp. z o.o. Sp. k.		⊙										
SEW-EURODRIVE							⊙					⊙
SGB-SMIT Transformers Polska											⊙	
SIBA Polska Sp. z o.o.	⊙	⊙				⊙					⊙	⊙
SIMEX Sp. z o.o.	⊙	⊙										
SITI-POL Sp. z o.o.							⊙					
SKAMER-ACM Sp. z o.o.		⊙										
Staubli Łódź Sp. z o.o.	⊙	⊙		⊙	⊙					⊙		⊙
Stauff Polska Sp. z o.o.				⊙								
Steinlen Polska Sp. z o.o.							⊙					⊙
.steute Polska		⊙										⊙
TARGI KIELCE SA		□		⊙	□	□						
Targi w Krakowie Sp. z o.o.		○										
TB-Automation BH Kraków		⊙										
TECHMAK Sp. z o.o.				⊙	⊙							
TECHNICAL Grzegorz Tegos							⊙					⊙
Techno Plus Sp. j.							⊙					
TECHNOKABEL SA	⊙	⊙					⊙				⊙	⊙
TELMATIC s.c.		⊙										
TERM Tomasz Sobczak		⊙				⊙	⊙					⊙
TEST-THERM Sp. z o.o.	⊙											
TMEIC Europe Limited	○	⊙					⊙					
TRONIA Sp. z o.o.	⊙											
TURCK Sp. z o.o.		⊙										
TWT AUTOMATYKA		⊙										
UniMachines - giełda maszyn, MASZYNERIA Sp. z o.o.											○	
WROPOL Engineering Sp. z o.o.				⊙								
ZAE Sp. z o.o.		○										□
Zakład Automatyki KOPOL		⊙										
Zakład Automatyki ZREMB Warszawa Sp. z o.o.		⊙										
Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.		⊙				⊙	⊙					⊙
ZAKŁAD PRODUKCJI URZĄDZEŃ AUTOMATYKI Sp. z o.o.		⊙					⊙					
Zakład Przemysłowych Systemów Automatyki Sp. z o.o.		⊙										
ZAP Robotyka Sp. z o.o.											○	
Zeltech Mechatronika Sp. z o.o.		□										
ZŁOTE RUNO Sp. z o.o.	○											

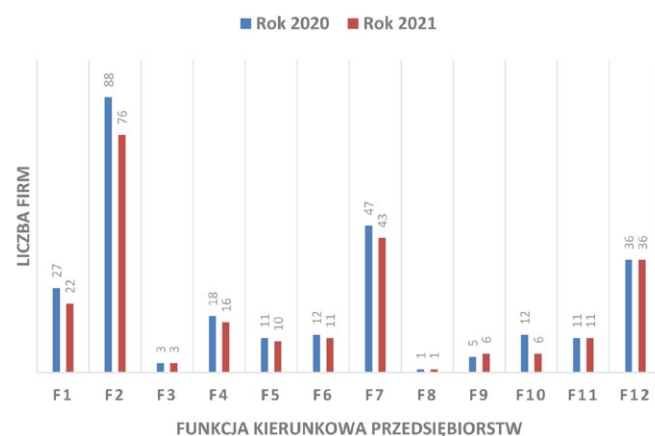
### 3. Opracowanie wyników analizy porównawczej funkcjonalności przedsiębiorstw

Wyniki analizy ilościowej firm występujących w Katalogach Branżowych „Napędy i Sterowanie” z lat 2020 i 2021 w poszczególnych funkcjach kierunkowych zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Analiza ilościowa firm w latach 2020 i 2021

Funkcja kierunkowa	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Liczba firm w 2020 roku	27	88	3	18	11	12	47	1	5	12	11	36
Liczba firm w 2021 roku	22	76	3	16	10	11	43	1	6	6	11	36

Na podstawie danych zgromadzonych w tabeli 4 opracowano wykres, obrazujący dynamikę zmian ilościowych w poszczególnych funkcjach kierunkowych w latach 2020–2021 (rys. 1).



Rys. 1. Wykres zmian ilościowych w funkcjach kierunkowych w latach 2020–2021

Analizując dane zawarte w tabeli 4 oraz na rysunku 1, można wyróżnić następujące przypadki zmian ilościowych w funkcjach kierunkowych w latach 2020–2021:

- zwiększenie liczby firm – występuje tylko dla funkcji kierunkowej F9 (oprogramowanie);
- liczba firm na stałym poziomie – dla następujących funkcji kierunkowych: F3 (CAD/CAM/CAE), F8 (oleje przemysłowe), F11 (systemy zasilające), F12 (utrzymanie ruchu);
- zmniejszenie liczby firm – jest to przeważający przypadek, występujący dla funkcji: F1, F2, F4, F5, F6, F7 i F10; największy spadek ilościowy (o 12 firm) występuje dla funkcji F2 (automatyka przemysłowa), a najmniejszy (o jedną firmę) – dla funkcji F5 (elementy i systemy pneumatyczne) oraz F6 (energoelektronika).

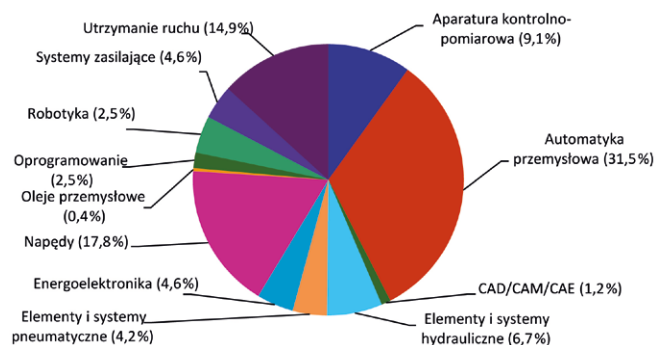
Zmiany procentowe w funkcjach kierunkowych w latach 2020–2021 zostały zebrane w tabeli 5.

**Tabela 5.** Zmiany procentowe w funkcjach kierunkowych w latach 2020–2021

Funkcja kierunkowa	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Wielkość zmiany procentowej [%]	-19	-14	0	-11	-9	-8	-9	0	+20	-50	0	0

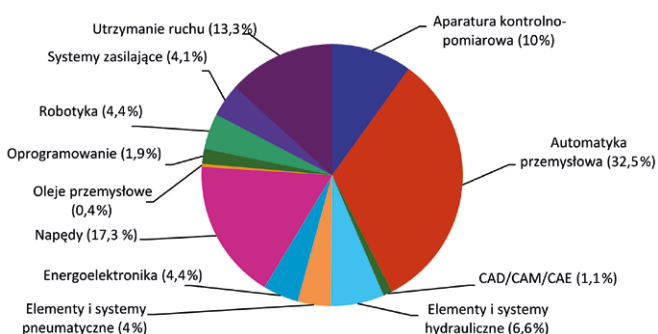
W zakresie porównania liczby firm występujących w funkcjach kierunkowych w Katalogu Branżowym z 2021 roku można wskazać funkcje z największą i najmniejszą liczbą. Liczba ta wpływa na ofertę kierowaną do klientów. Największy wybór ofert pod względem liczby firm występuje w obszarze automatyki przemysłowej, którą reprezentuje 76 firm (podobnie jak w roku 2020 – 88 firm). Na kolejnych miejscach znalazły się: napędy – 43 firmy oraz utrzymanie ruchu – 36 firm. Natomiast najmniejszy wybór ofert, tak jak w poprzednich katalogach, dotyczy obszarów: oleje przemysłowe (1 firma) oraz CAD/CAM/CAE (3 firmy).

Udział firm w wybranych funkcjach kierunkowych można przedstawić w sposób procentowy w odniesieniu do liczby wszystkich przypadków. W 2021 roku odnotowano 241 przypadków występowania badanej grupy firm we wszystkich funkcjach kierunkowych. Na rysunku 2 pokazano wykres kołowy, przedstawiający udział poszczególnych branż zamieszczonych w katalogu z roku 2021.



**Rys. 2.** Udział procentowy branży według katalogu z 2021 roku

Dla porównania pokazano wykres kołowy (rysunek 3) przedstawiający udział procentowy poszczególnych branż zamieszczonych w katalogu z roku 2020.



**Rys. 3.** Udział procentowy branży według katalogu z 2020 roku

Porównując obydwa wykresy kołowe, można zauważyć niewielkie różnice w udziałach procentowych dla poszczególnych branż. Największa różnica występuje w branży robotyka (funkcja F10) – spadek z 4,4 % w roku 2020 do 2,5 % w roku 2021.

W zakresie analizy jakościowej zestawienia firm w okresie 2020–2021 (tabela 3) można wyciągnąć następujące wnioski związane z przedstawianym rynkiem, a mianowicie:

1. Firmy posiadające ustabilizowany oraz szeroki zakres swojej oferty

Wniosek taki można wyciągnąć na podstawie analizy różnych funkcji kierunkowych przyporządkowanych do firmy równocześnie w latach 2020 i 2021. Przyjęto graniczną liczbę funkcji kierunkowych, która wynosi cztery. W tabeli 3 można znaleźć następujące firmy oraz odpowiadające im funkcje kierunkowe:

- ARMEL Producent Obudów – F1, F2, F6, F7, F12;
- Centrum Elektroniki Stosowanej CES Sp. z o.o. – F2, F6, F7, F11;
- HBM Biuro Inżynierskie Maciej Zajączkowski – F1, F2, F7, F12;
- HYDAC Sp. z o.o. – F1, F4, F7, F8, F12;
- Mersen Polska Sp. z o.o. – F6, F7, F11, F12;
- RELPOL SA – F2, F6, F7, F12;
- SIBA Polska Sp. z o.o. – F1, F2, F6, F11, F12;
- Staubli Łódź Sp. z o.o. – F1, F2, F4, F5, F10, F12;
- TECHNOKABEL SA – F1, F2, F7, F11, F12;
- TERM Tomasz Sobczak – F2, F6, F7, F12;
- Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o. – F2, F6, F7, F11.

2. Firmy, które wyspecjalizowały się tylko w jednej branży w latach 2020–2021; są to przykładowo następujące firmy:

- 3K TECH Tomasz Kubacki – elementy i systemy hydrauliczne;
- ABUS Crane Systems Polska Sp. z o.o. – utrzymanie ruchu;
- Ad Moto Rafał Zawisz – utrzymanie ruchu;
- BEFARED Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów SA – napędy;
- inne.

3. Firmy tzw. „nowe”, tzn. te, które zamieściły swoją ofertę w Katalogu Branżowym w 2021 roku, a nie były obecne w Katalogu w 2020 roku; są to przykładowo takie firmy, jak:

- ARGO-HYTOS Polska Sp. z o.o.;
- Automationstechnik Sp. z o.o. BLOKSMA;
- Beckhoff Automation Sp. z o.o.;
- CANTONI MOTOR SA;
- inne.

4. Firmy, które „zniknęły” z Katalogu, tzn. były obecne ze swoją ofertą w 2020 roku, a nie zamieściły oferty w roku 2021, np.:

- B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.;
- BIBUS MENOS Sp. z o.o.;
- DACPOL Sp. z o.o.;
- Danfoss Poland Sp. z o.o.;
- inne.

Należy zaznaczyć, że analizie poddano wersję papierową Katalogu, tak więc nie jest wykluczone, że dana firma zamieściła jednak swoją ofertę w katalogu w wersji elektronicznej.



5. Firmy, które rozszerzyły swoją ofertę w roku 2021 w porównaniu z rokiem 2020 o kolejne funkcje kierunkowe:
- BAUMER Sp. z o.o. – o F12;
  - Cloos Polska Sp. z o.o. – o F5 i F12;
  - GALIKA Sp. z o.o. – o F4;
  - Powergate Sp. z o.o. – o F12;
  - TARGI KIELCE SA – o F2, F6 i F6.
6. Firmy, które w roku 2021 zmniejszyły swoją ofertę o wybrane branże w porównaniu z rokiem 2020, np.:
- ANIRO Sp. z o.o. – brak ofert z branży napędów;
  - RELPOL SA – brak ofert z branży aparatury kontrolno-pomiarowej;
  - TMEIC Europe Limited – brak aparatury kontrolno-pomiarowej.
7. Firmy, które występują w alfabetycznym spisie firm oraz w spisie reklam, np.: ARMEL Producent Obudów, ASKOM Sp. z o.o., Baumer Sp. z o.o., Beckhoff Automation Sp. z o.o., Blumenbecker Engineering Polska Sp. z o.o., C. Otto Gehrckens GmbH & Co.KG itd.

W wydaniu papierowym Katalogu Branżowego z roku 2021 pojawiło się 10 nowych firm. Stanowi to 6,3% wszystkich 158 firm objętych analizą. Dla porównania w Katalogu z roku 2020 pojawiło się 17 nowych firm. Świadczy to o utrzymaniu poziomu popularności Katalogu Branżowego, który stanowi dobre rozwiązanie do prezentacji nowych ofert.

Trzeba jednak też zauważyć zjawisko „znikania” firm z Katalogu w wersji papierowej. W 2021 roku odnotowano aż 27 takich przypadków, a dla porównania w roku 2020 – 29 przypadków. Firmy jednak starają się umieszczać swoją ofertę w katalogu w wersji elektronicznej.

Analizując poszczególne funkcje kierunkowe pod względem liczby firm, które zamieściły swoją ofertę w Katalogach z 2020 i 2021 roku w odniesieniu do wszystkich firm w danej funkcji, można wyciągnąć wnioski dotyczące dynamiki zmian ofert w danej branży. Wyniki analizy zostały zebrane w tabeli 6. Zamieszczono tam również wartość procentową liczby firm z ofertą w obydwu latach w stosunku do liczby wszystkich firm w danej branży. Można zauważyć, że w funkcjach: F3 (CAD/CAM/CAE) oraz F8 (oleje przemysłowe) nie zaobserwowano żadnych zmian, czyli te same firmy zamieściły swoją ofertę tak w jednym, jak i w drugim roku. Natomiast największe zmiany firm zaobserwowano w funkcjach: F5 (elementy i systemy pneumatyczne) oraz F10 (robotyka).

**Tabela 6.** Zestawienie wielkości zmian w danej branży w latach 2020–2021

Funkcja kierunkowa	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Liczba firm, które zamieściły ofertę w obydwu latach	20	71	3	14	7	9	40	1	5	6	10	26
Liczba analizowanych firm w danej branży	29	93	3	20	14	14	50	1	6	12	12	46
Wartość procentowa [%]	69	76,5	100	70	50	64,9	80	100	83,3	50	83,3	56,5

## Podsumowanie


Przedstawiony artykuł jest kontynuacją cyklu artykułów dotyczących analizy porównawczej, do którego należą m.in. artykuły [3, 4, 5]. Porównując zestawienie firm dla wykonanej analizy z zestawieniami firm, które znalazły się we wcześniejszych pracach, można stwierdzić, że występuje duża liczba firm, która na stałe korzysta z możliwości zamieszczenia swoich ofert w Katalogach Branżowych „Napędy i Sterowanie”. Firmy te z reguły mają już ugruntowaną pozycję na rynku, a ich oferta jest dobrze rozpoznawalna wśród klientów, zaspokajając potrzeby partnerów biznesowych. Z pewnością przyczynia się do tego rzetelna i wiarygodna informacja umieszczana w Katalogach Branżowych.

Oferta produktowa przedstawionych firm utrzymywana jest na odpowiednim poziomie, dzięki czemu potrzeby rynku zostają w dużym stopniu zaspokojone. Analiza wymaga aktualizacji wykazu przedsiębiorstw, w czym bardzo pomocne okazują się Katalogi Branżowe „Napędy i Sterowanie”. Wyniki analizy zawarte w postaci tabelarycznych i graficznych zestawień pozwalają na szybkie znalezienie wybranej funkcji kierunkowej oraz wypełnienie jej odpowiednią grupą przedsiębiorstw.

Dokonywana regularnie raz w roku analiza porównawcza Katalogów Branżowych „Napędy i Sterowanie” pozwala na zobrazowanie zmian zachodzących na rynku. Jest to związane z dostosowywaniem się firm do aktualnych potrzeb oraz wchodzeniem nowych firm z ofertą spełniającą wymagania potencjalnych klientów. Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw pozwala stwierdzić, że większość firm nie zmieniła kierunku swojej działalności. Aż 107 firm, na ogólną liczbę 159 objętych analizą, nie zmieniło branży i odnotowało te same funkcje kierunkowe w obydwu Katalogach z 2020 i 2021 roku. Firmy te tworzą stały wizerunek dla potencjalnych klientów, jednocześnie pogłębiając 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.

## Literatura

- [1] Katalog Branżowy „Napędy i Sterowanie” 2020.
- [2] Katalog Branżowy „Napędy i Sterowanie” 2021.
- [3] PARTYKA M.A., PASZEK A.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2017–2018.* „Napędy i Sterowanie” 1/2019.
- [4] PARTYKA M.A., PASZEK A.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2018–2019.* „Napędy i Sterowanie” 10/2019.
- [5] PARTYKA M.A., PASZEK A.: *Analiza porównawcza funkcjonalności przedsiębiorstw według Katalogu Branżowego „Napędy i Sterowanie” w latach 2019–2020.* „Napędy i Sterowanie” 10/2020.

 dr inż. Alfred Paszek jest adiunktem na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej;  
e-mail: a.paszek@po.edu.pl

# Kontradyktoryjne uczenie maszynowe

Phillip Kuznetsov, Riley Edmunds, Ted Xiao, Humza Iqbal, Raul Puri, Noah Golmant, Shannon Shih

## Wprowadzenie

Dzięki ogromnej ilości zasobów oraz znacznego zainteresowania skupionego ostatnio na SI można zaobserwować liczne formy inteligentnych agentów wyposażonych w różnorodne unikatowe i nowatorskie możliwości. Potencjał oddziaływania jest nieograniczony, aczkolwiek odnotowywano już przykłady, w których decyzje podejmowane przez sztuczną inteligencję były niezrozumiałe.

W ostatnim dziesięcioleciu uczenie maszynowe, a ściślej sieci neuronowe, przyczyniły się do eksplozji rozwoju SI. Naukowcy wykorzystali sieci neuronowe, aby poczynić bezprecedensowe postępy w rozwiązywaniu otwartych problemów w takich obszarach, jak rozpoznawanie obrazów, przetwarzanie dźwięku, modelowanie języka i wiele innych. Najnowocześniejsze sieci neuronowe często przewyższają zdolności ludzi w tych dziedzinach.

Pomimo takiego postępu niewykrywalne dla ludzi zaburzenia danych wejściowych mogą oszukać sieci neuronowe. W rzeczywistości, jeśli takie zaburzenie zostanie starannie stworzone, to sieć neuronowa będzie bardzo pewna swoich złych prognoz! Ten rodzaj zakłóceń pokazano na rysunku 1.

Tego rodzaju obrazy i dane są znane jako przykłady kontradyktoryjne, a skupiona na tym dziedzina uczenia maszynowego znana jest jako kontradyktoryjne uczenie maszynowe. W tym rozdziale przedstawiono ramy ataku polegającego na kontradyktoryjnym uczeniu maszynowym, omówiono warianty tego zagrożenia, potencjalną obronę, a na koniec kilka dziedzin, które są podatne na tego typu ataki.

## Samochody samojezdne i kontradyktoryjne uczenie maszynowe: studium przypadku

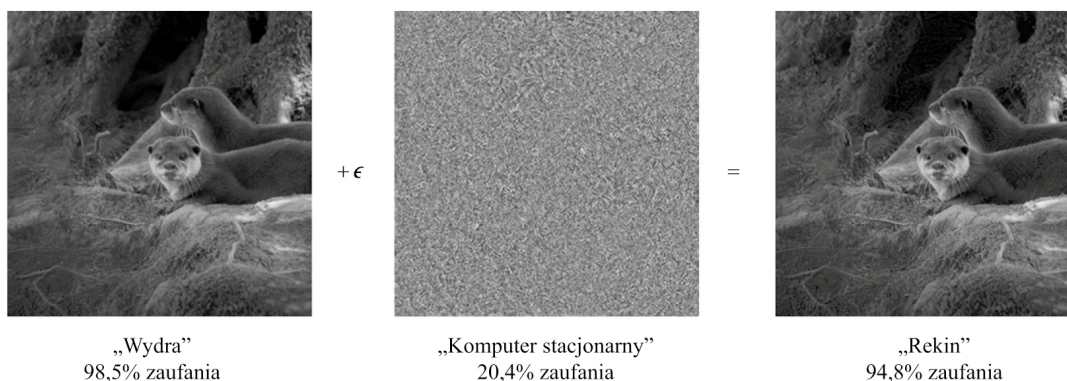
Samochody samojezdne zyskały ogromną uwagę w ciągu ostatnich kilku lat. Firmy takie, jak Uber, Google, GM i Apple,

pracują nad rozwojem solidnych i bezpiecznych, w pełni autonomicznych samochodów przeznaczonych dla konsumentów.

Ostatnie zmiany w uczeniu maszynowym sprawiły, że samochody samojezdne stały się możliwe. Na co jednak dokładnie powinien zwracać uwagę dobry autonomiczny kierowca? Na inne samochody? Pogodę? Przeszkody? Uwzględnienie setek takich dynamicznych zmiennych sprawia, że opracowanie samochodów samojezdnych jest tak trudne. Jakkolwiek jednak trudny byłby to problem, to społeczna korzyść z takiego rozwiązania jest ogromna. W 2016 roku w samych Stanach Zjednoczonych odnotowano ponad 40 000 ofiar śmiertelnych wypadków drogowych [1], z których większość wynikała ze złych decyzji człowieka oraz z ograniczonej ludzkiej percepcji.

Możemy bezpiecznie założyć, że samochody samojezdne ostatecznie osiągną lepsze wyniki od ludzkich kierowców, biorąc pod uwagę ogrom danych, które komputer może przetworzyć. Dzięki zainstalowaniu kamer wokół pojazdu i wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi, takich jak LIDAR, samochód samojezdny może postrzegać otoczenie w zakresie 360°. Samochody samojezdne wykorzystują sieci neuronowe do przekształcania tak dużej ilości danych na wejścia do układów sterowania i przyspieszania samochodu. Algorytmy te mogą skutecznie rozpoznawać przeszkody i znaki drogowe w czasie rzeczywistym. Jednak, jak można zobaczyć na rysunku 1, algorytmy te są również podatne na oszukiwanie. Podatność autonomicznych systemów prowadzenia pojazdu na ataki polegające na kontradyktoryjnym uczeniu maszynowym stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa pasażerów i pieszych.

Co się stanie, jeśli w świecie pełnym samochodów samojezdnych złośliwy osobnik umieści naklejkę na znaku Stop, co oszuka system wizyjny samochodu, który uzna, że znak Stop to tak naprawdę zielone światło? Taki znak Stop prawdopodobnie spowodowałby liczne wypadki, a jego wadliwość byłaby bardzo



Rys. 1. Atakujący wykonuje zdjęcie wydry (po lewej) dodaje niewielkie zaburzenia pikseli, które wygląda jak zwykły szum i oszukuje sieć neuronową, która z dużą pewnością sklasyfikuje obraz jako rekina. Dla człowieka nowy obraz wygląda na niezmienny

trudna do wykrycia. Nasza niezdolność do zaprojektowania sieci neuronowych odpornych na tego rodzaju ataki może prowadzić do wyjątkowo niebezpiecznych sytuacji dla pasażerów i innych samochodów na drodze.

### Model funkcyjny czarnej skrzynki

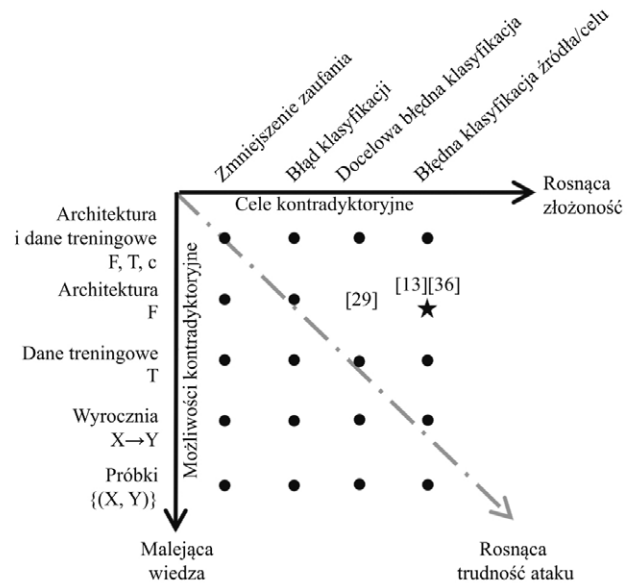
W celu zrozumienia, dlaczego istnieją przykłady kontrydktoryjne, ważne jest, aby pojąć, jak działają modele uczenia maszynowego. Na najbardziej ogólnym poziomie możemy postrzegać model uczenia maszynowego jako czarną skrzynkę. Model pobiera pewne dane wejściowe, takie jak obraz lub dźwięk, przetwarza dane zgodnie z pewną wewnętrzną logiką, a następnie wytwarza pożądany wynik. Dane wejściowe są zwykle określane jako *przykład* i oznaczone przez  $x$ , natomiast pożądane dane wyjściowe są określane jako *etykieta* oznaczona przez  $y^1$ . Model, któremu podano przykład  $X$ , dający wynik  $\hat{Y}$  równoważny etykiecie  $Y$ , jest modelem działającym zgodnie z przeznaczeniem.

Istnieją dwa główne typy problemów, do których rozwiązywania wykorzystuje się modele uczenia maszynowego. Jest to klasyfikacja, która identyfikuje kategorie, takie jak obiekty na obrazach lub nowotwory nieszkodliwe w porównaniu z nowotworami złośliwymi, oraz regresja, która pozwala przewidywać rzeczywiste etykiety, takie jak cena domu lub cena akcji za 10 dni od dzisiaj. W celu upewnienia się, że model identyfikuje odpowiednie obiekty lub dokonuje właściwych prognoz, model musi przetworzyć dużą liczbę przykładów i towarzyszących im etykiet, takich jak tysiąc zdjęć kotów i ich ras lub milion różnych domów wraz z odpowiadającymi im cenami. Ten proces jest znany jako uczenie, a wykorzystywane dane są określane jako *dane uczące*. Takie dane uczące składają się z wielu par  $(x, y)$ , zwykle oznaczonych jako zbiór  $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$ . Używamy metryki znanej z funkcji strat, tak aby porównać przewidywania wyjściowe z prawdziwymi etykietami. W ten sposób możemy ilościowo zmierzyć, o ile ulepszony został model. W celu nauczenia modelu obliczamy pochodną funkcji strat i używamy jej do aktualizacji parametrów modelu. Ilekroć używamy modelu do przewidywania, mówimy, że model wykonuje *wnioskowanie*.

Takie przedstawienie modelu uczenia maszynowego jest przydatne, ponieważ pozwala opisać kontrydktoryjne uczenie maszynowe przez używanie wygodnych abstrakcji. Kontrydktoryjny atakujący chciałby zamienić dane wejściowe  $x$  na kontrydktoryjne przykłady  $\tilde{x}$ , tak aby model zamiast poprawnego wyniku  $y$  dawał niepoprawny wynik  $\tilde{y}$ , a przykład  $\tilde{x}$  wyglądał dla człowieka tak samo jak  $x$ . Umożliwia to atakującemu skuteczne „zhakowanie” systemu przewidywania modelu, tak by ludzie nie byli w stanie wykryć tego aż do momentu wyrządzenia szkody.

### Taksonomia zagrożeń kontrydktoryjnych

Do rozważania kontrydktoryjnych zagrożeń dla modeli uczenia maszynowego konieczne jest posiadanie umiejętności kategoryzowania ataków. Została tu wykorzystana taksonomia zaproponowana przez Papernota i innych, która rozróżnia ataki na podstawie reakcji modelu pożądanej przez atakującego i ilości ujawnionych informacji o modelu [2]. Schemat tej



**Rys. 2.** Taksonomia ataków kontrydktoryjnych. Na osi poziomej przedstawiono cel atakującego według wzrostu złożoności. Na osi pionowej zaznaczono w kolejności rosnącej ilość informacji, którą atakujący musi znać, aby wykonać atak. Im bardziej złożony jest atak, tym trudniej jest go przeprowadzić. Podobnie, im więcej osoba atakująca wie o modelu, tym łatwiej jest wykonać atak. (Zaczerpnięte z: PAPERNOT N. I IN., 2016. *The limitations of deep learning in adversarial settings*, w: *Security and Privacy (Euros&P)*, 2016 IEEE European Symposium, s. 372–387, IEEE)

zależności przedstawiono na rysunku 2. Kategoryzacja koncentruje się przede wszystkim na klasyfikacji, aczkolwiek zagrożenia dla problemów regresji nie różnią się zbytnio.

### Kategorie zagrożeń

*Zagrożenia związane z redukcją zaufania.* Ten typ ataku zmniejsza zaufanie modelu do jego prognoz. W podobny sposób, w jaki szron na szybie przesłania szczegóły obiektów po drugiej stronie szyby, przeciwnik może chcieć dodać do przykładów szum w celu sprawienia, by informacja tam zawarta stała się niejasna. Są to zwykle najłatwiejsze ataki dla atakującego, ponieważ istnieje wiele możliwości dokonania zmian w obrazie, które zmniejszyłyby zaufanie modelu do jego prognozy. Na przykład system samojezdnego samochodu może zakładać, że poprawnie odczytał znak, jeśli sieć neuronowa uzyskuje 95% pewności w przewidywaniu tego znaku. Przeciwnik może chcieć zmodyfikować znak tak, aby obniżyć zaufanie sieci neuronowej poniżej takiego progu, potencjalnie powodując problemy z systemem kierowania samochodem.

*Zagrożenia związane z błędną klasyfikacją źródła/celu.* Atak tego typu jest bardziej ekstremalną wersją ataku polegającego na zmniejszeniu zaufania. Zamiast po prostu obniżyć pewność prognozy, atakujący próbuje oszukać klasyfikator, tak aby oznaczył obraz jako coś innego niż prawdziwa etykieta  $y$ . Zagrożenie spowodowane ukierunkowaną błędną klasyfikacją. Ataki tego typu mają na celu oszukanie modelu, tak aby przewidywał etykiety obrazu jako należące do określonej klasy docelowej  $\tilde{y}$ . Jest to wykonywane przez wygenerowanie przykładów



wyglądających dla ludzkiego oka jak szum, które jednak użyte jako dane wejściowe do modelu powodują przypisanie z dużą pewnością nieprawidłowej etykiety  $y$ .

*Zagrożenia związane z błędną klasyfikacją źródła – cel.* Zagrożenia te są najbardziej specyficznymi formami ataku. Ich celem jest takie oszukanie modelu, aby identyfikował przykład  $x$  (z prawdziwą etykietą  $y$ ) jako należący do określonej klasy  $\tilde{y}$ . Są to najtrudniejsze do wykonania typy ataku, ponieważ istnieje znacznie mniej miejsca na błąd podczas przekształcania  $x$  w przykład kontrydiktoryjny  $\tilde{x}$ , który model sklasyfikuje jako  $\tilde{y}$ . Błędna klasyfikacja źródła – cel jest również najbardziej destrukcyjną kategorią ataku. Wcześniej wspomniany przykład znaku stopu należy właśnie do tej kategorii.

**Hierarchia informacji**

Ważną rolę w stopniu trudności przeprowadzenia ataku, oprócz samego rodzaju ataku, odgrywają informacje dostępne dla atakującego. Atakujący, który zna konstrukcję modelu oraz dane użyte do jego uczenia, jest znacznie lepiej przygotowany niż atakujący, który ma dostęp tylko do prognoz modelu. Papernot i inni skategoryzowali poziomy informacji, które mogą być dostępne dla użytkownika w następujący sposób [2]:

*Dane uczące i architektura.* Atakujący wie wszystko o modelu i danych uczących, od dokładnego projektu architektury modelu i wyuczonych parametrów modelu, po dane użyte do uczenia modelu. Dla atakującego jest to najłatwiejszy scenariusz stworzenia kontrydiktoryjnych przykładów.

*Architektura modelu.* Atakujący wie coś o wewnętrznej strukturze modelu, ale nie wie nic o danych używanych do uczenia modelu.

*Dane uczące.* Przeciwnik wie coś o danych użytych do uczenia modelu, ale nie wie nic o modelu.

*Wyrocznia.* Model jest dla atakującego tylko czarną skrzynką. Atakujący może przedstawić modelowi dowolne wejście i obserwować odpowiednie dane wyjściowe, jednak nie ma żadnej informacji o tym, jaka logika wewnętrzna została użyta do wygenerowania tego wyniku.

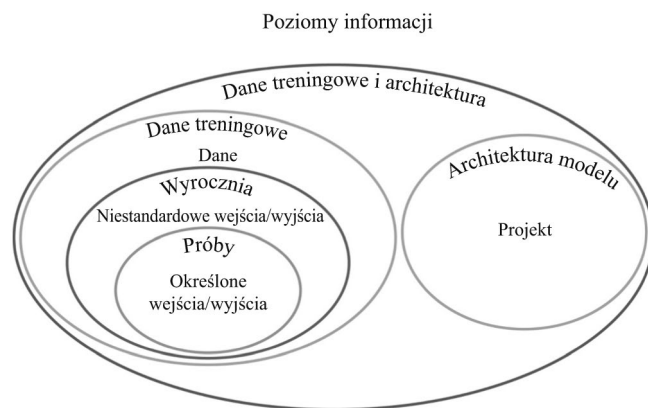
*Próbki.* Atakujący ma tylko listę danych wejściowych i odpowiadające im dane wyjściowe. W przeciwieństwie do poprzedniego poziomu informacji, atakujący nie może przedstawić modelowi nowych danych wejściowych i musi polegać wyłącznie na posiadanych danych wejściowych i wyjściowych.

Zachęcamy Czytelnika do odniesienia się do rysunków 2 i 3, ponieważ stanowią one trzon poniższej dyskusji na temat ataków kontrydiktoryjnych i obrony. Zrozumienie tych liczb i związanych z nimi relacji stanowi duży krok w kierunku zrozumienia kompromisu pomiędzy narażeniem modelu a podatnością na zagrożenia, które leżą u podstaw kontrydiktoryjnego uczenia maszynowego.

Omówiono modele z tych kategorii i poziomów hierarchii informacji, aczkolwiek skupiono się przede wszystkim na tych, które stanowią bardziej bezpośrednie zagrożenia oraz mają największy wpływ w różnych sytuacjach.

**Omówienie problemu wysokiego poziomu**

W tej części omówiono, w jaki sposób osoba atakująca może wygenerować przykłady kontrydiktoryjne. Załóżmy, że agent,



Rys. 3. Hierarchia informacji dostępnych dla modelu

taki jak firma, rząd, hobbysta, uruchamia model uczenia maszynowego w określonym celu. Osoba atakująca może oszukać ten model z jakimś złośliwym zamiarem. Taki atakujący musiałby najpierw uzyskać pewne informacje o modelu, starając się znaleźć jak najwyżej w hierarchii z rysunku 3. Korzystając z tych informacji, atakujący tworzy następnie pseudomodel, który uczy się wykonywania tego samego zadania co model oryginalny. Pseudomodel jest przybliżoną kopią modelu docelowego, którą tworzy atakujący w celu przetestowania strategii ataku. Więcej szczegółów na temat tego procesu omówiono w części „Budowanie pseudomodelu”. Atakujący może następnie znaleźć słabe punkty w pseudomodelu, przeprowadzając jeden z ataków opisanych w części „Ataki na model”. Według wyników omówionych w części „Budowanie pseudomodelu” każdy skuteczny atak przeciwko pseudomodelowi ma duże prawdopodobieństwo powodzenia również w stosunku do oryginalnego modelu.

Krótko mówiąc, atakujący budują repliki modeli, które chcieliby zaatakować, znajdują wady w tych replikach, a następnie konstruują kontrydiktoryjne przykłady, które oszukują repliki modelu, a w rezultacie i model oryginalny.

Dyskusję oparto na części „Samochody samojezdne i kontrydiktoryjne uczenie maszynowe: studium przypadku”. Załóżmy, że istnieje fikcyjna firma samochodowa o nazwie GoDriveYourself.

Opracowując samojezdny samochód, inżynierowie GoDriveYourself zgromadzili tysiące godzin nagrań wideo oraz wydali miliony dolarów swoich inwestorów na opracowanie systemu wizyjnego opartego na uczeniu maszynowym. Jak każdy inny start-up dotyczący samojezdných samochodów, inżynierowie wykorzystali tę samą sieć neuronową, najlepiej działający model, w każdym samochodzie, który opuszcza linię produkcyjną.

GoDriveYourself sprzedaje samochód złośliwej osobie, która chce zaatakować ten system, powodując, by nie zatrzymywał się on przed znakiem Stop. W pierwszym etapie atakujący zbiera informacje o sieci neuronowej wykorzystywanej w systemie wizyjnym, dążąc do uzyskania najwyższego poziomu hierarchii informacji z rysunku 3. Następnie wykorzystuje te informacje do zbudowania pseudomodelu, co zostało omówione bardziej szczegółowo w części „Budowanie pseudomodelu”. Wykorzystując metody omówione w części „Ataki na model”, atakujący

może łatwo przygotować ataki na pseudomodel, które później oszukają również prawdziwy system wizyjny. Ponieważ ta sama sieć neuronowa jest używana w każdym samochodzie, atak, który może wpłynąć na jeden samochód GoDriveYourself, może wpłynąć na każdy inny samochód produkowany przez GoDriveYourself.

### Budowanie pseudomodelu

Jak wspomniano w części „Omówienie problemu wysokiego poziomu”, do przeprowadzenia skutecznego ataku na model atakujący musi mieć wystarczającą ilość informacji o tym modelu, tak aby utworzyć przybliżoną kopię, którą nazywamy *pseudomodelem*. Po skonstruowaniu dobrego pseudomodelu atakujący może generować kontradiktoryjne przykłady, które prawdopodobnie oszukają także pierwotny model. Pomimo że oryginalny model i pseudomodel różnią się od siebie, to – jak pokazali Papernot i inni – udany atak przeciwnika na pseudomodel ma dużą szansę na oszukanie oryginalnego modelu [3]. Co ciekawe, architektura pseudomodelu nie musi być dokładną repliką architektury modelu, by atak się powiódł. Papernot i inni pokazali, że ataki kontradiktoryjne mogą przenosić się pomiędzy modelami uczenia maszynowego, często nawet pomiędzy modelami, które działają na zupełnie innych zasadach, jak na przykład drzewa decyzyjne i sieci neuronowe [4]. Oznacza to, że atakujący może ułatwić sobie zadanie, ucząc pseudomodel, który jest znacznie mniej wymagający obliczeniowo, w celu stworzenia skutecznego kontradiktoryjnych przykładów.

Najprostszą formą ataku mieści się w najwyższej kategorii hierarchii informacji z rysunku 3, gdy atakujący ma bezpośredni dostęp do projektu modelu, danych uczących i parametrów. W przypadku rozpatrywanej firmy zajmującej się samojezdnymi samochodami osobowymi oznaczałoby to, że przeciwnik dowiedział się, jak zaprojektowaliśmy system wizyjny, uzyskał dostęp do danych dotyczących jazdy, które zostały wykorzystane do uczenia modelu, a także uzyskał dostęp do stanu wewnętrznego końcowego wyszkolonego systemu wizyjnego. Dzięki tym informacjom tworzenie pseudomodelu nie wymaga praktycznie żadnej pracy. Atakujący po prostu buduje model, składając architekturę i ucząc model, aby był zbieżny, lub w skrajnym przypadku ustawiając parametry bezpośrednio na końcowe znane wartości.

Powiedzmy, że firma GoDriveYourself sama przyznała, że tego rodzaju atak może się zdarzyć, dlatego też zaszyfrowali szczegóły sieci i ukryli dane uczące, w wyniku czego system wizyjny działa jak czarna skrzynka. System nadal jednak działa, identyfikuje znaki Stop, znaczniki drogowe i tym podobne. Jednak atakujący nie ma już dostępu do struktury modelu ani danych uczących, a zatem dokładne skopiowanie modelu lub wykorzystanie danych uczących do stworzenia pseudomodelu jest niemożliwe.

Może się wydawać, że inżynierowie zatroszczyli się o wszystkie możliwe rodzaje ataku, jakie mogą się wydarzyć. Czy jednak przeciwnik mógłby wykorzystać przewidującą zdolność modelu na swoją korzyść? Papernot i inni zademonstrowali, w jaki sposób przeciwnik może użyć modelu do zbudowania zestawu danych, stosując go do klasyfikowania lub regresji licznych danych wejściowych, które można następnie wykorzystać

do uczenia pseudomodelu [3]. W takim przypadku atakujący traktuje model jako „wycieczkę”, po to, by uzyskać pewne pojęcie na temat jego działania.

Idealnie byłoby, gdyby firma GoDriveYourself chciała ukryć te przewidywania przed atakującym, tak aby był on ograniczony do najniższego poziomu hierarchii informacji opisanej w części „Hierarchia informacji”. Na tym poziomie jedyne informacje, do których atakujący ma dostęp, to próbki danych wejściowych i wyjściowych wybrane przez twórców modelu i wcześniej zapisane. Pomimo że model jest znacznie bezpieczniejszy niż wcześniej, to jeśli zestaw par wejściowych i wyjściowych dostępnych dla przeciwnika jest wystarczająco duży, można go skutecznie wykorzystać do uczenia pseudomodelu. Taki poziom bezpieczeństwa jest dość trudny do osiągnięcia, szczególnie w przypadku już wdrożonych ustawień. Na przykład GoDriveYourself może nie być w stanie osiągnąć tego poziomu, ponieważ wdrożony system wizyjny w samochodzie cały czas musi przetwarzać nowe zdjęcia w celu bezpiecznej autonomicznej jazdy po nieznanymi drogach.

### Ataki na model

Gdy atakujący zbuduje już pseudomodel, musi stworzyć kontradiktoryjne przykłady potrzebne do przeprowadzenia swojego ataku. Poniżej opisano metodę generowania przykładów kontradiktoryjnych redukcji ufności i błędnej klasyfikacji źródłowej: metodę znaku szybkiego gradientu (FGSM, ang. *Fast Gradient Sign Method*).

### Metoda znaku szybkiego gradientu

W metodzie znaku szybkiego gradientu przykłady kontradiktoryjne są tworzone przez znajdowanie kierunku maksymalnej dodatniej zmiany strat przez określanie gradientu obrazu w stosunku do funkcji strat oryginalnego modelu. Następnie obraz wejściowy jest zaburzany wzdłuż tego kierunku, tworząc przykład kontradiktoryjny, który co najmniej zmniejsza zaufanie modelu do jego klasyfikacji, a w najlepszym wypadku powoduje, że model nieprawidłowo sklasyfikuje przykład.

Dla bardziej zaawansowanych matematycznie Czytelników poniżej przedstawiono formalne równanie ataku bazujące na metodzie znaku szybkiego gradientu:

$$\tilde{x} = x + \epsilon \cdot \text{sign}(\nabla_x J(\theta, x, y))$$

Atakujący określa kierunek największego zakłócenia wejścia, obliczając jacobian funkcji strat  $J$  w odniesieniu do parametrów modelu  $\theta$ , wejścia  $x$  i prawdziwej etykiety  $y$ . Atakujący standaryzuje perturbację przez zastosowanie funkcji znaku<sup>2</sup>, a następnie dodaje ten znormalizowany wektor przeskalowany o  $\epsilon > 0$  do przykładu wejściowego  $x$ , tworząc przykład kontradiktoryjny  $\tilde{x}$ . Należy zauważyć, że ta technika działa tylko na modelach, które są rozróżnialne, a zatem nie będzie w stanie atakować modeli takich, jak drzewa decyzyjne [5].

Przeciwnik zazwyczaj wybiera wartość  $\epsilon$  na tyle małą, że zaburzenie jest niewidoczne dla ludzi, a jednocześnie jest w stanie oszukać model.

Przeciwnik może również zmodyfikować ten atak, aby dokonać błędnej klasyfikacji źródłowej:

$$\tilde{x} = x - \varepsilon \cdot \text{sign}(\nabla_x J(\theta, x, y))$$

Zamiast zwiększania gradientu funkcji straty, zwiększania wartości strat i tym samym zmniejszania zaufania do modelu, atakujący obniża gradient względem docelowego  $\tilde{y}$  zamiast prawdziwej etykiety  $y$ . Zapewnia to, że model niepoprawnie klasyfikuje  $\tilde{x}$  jako  $\tilde{y}$  oraz ma duże zaufanie do prognozy  $\tilde{y}$ .

W obu wersjach, jeśli pojedyncza perturbacja nie jest wystarczająca do spowodowania błędnej klasyfikacji, atakujący może powtórzyć proces wprowadzania zaburzeń metodą znaku szybkiego gradientu, zastępując  $x$  w obliczeniu gradientu zaktualizowanym  $\tilde{x}$  po każdej iteracji [6].

Pomimo że istnieją inne rodzaje ataków, to są one głównie rozszerzeniami algorytmu metody znaku szybkiego gradientu. Na przykład w ataku opartym na jacobianach Saliency Map Attack (JSMA) aktualizowana jest jedna funkcja naraz, zamiast zwiększać gradient dla każdej pojedynczej cechy naraz. JSMA zapewnia precyzyjniejszą kontrolę przez aktualizację cech jedna po drugiej, a zatem może generować bardziej przekonujące przykłady kontradiktoryjne ze zmianami, które są mniej widoczne dla ludzi. Jednak ta dodatkowa precyzja związana jest ze zwiększonym kosztem obliczeniowym [2].

## Obrona przed atakami kontradiktoryjnymi

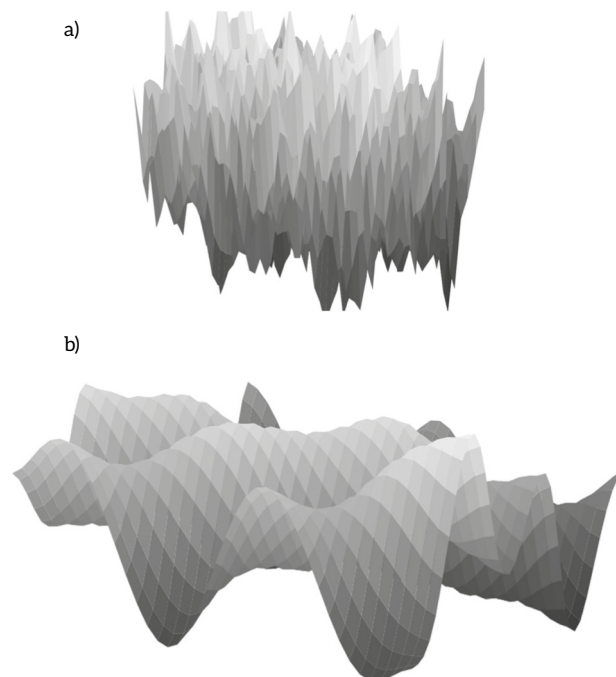
### Obrona w fazie uczenia

Najprostszą obroną przed atakami kontradiktoryjnymi jest zbudowanie silniejszego modelu podczas fazy uczenia przez rozszerzenie zestawu danych uczących albo przez zmianę schematu uczenia w celu włączenia wiedzy o atakach kontradiktoryjnych.

### Uczenie kontradiktoryjne

Jednym ze sposobów zmniejszenia skuteczności ataków kontradiktoryjnych jest dodanie kontradiktoryjnych przykładów do zbioru danych z ich prawidłowymi etykietami. Proces ten nazywany jest *uczeniem kontradiktoryjnym*. Ucząc się poprawnie klasyfikować takie kontradiktoryjne przykłady, modele mogą lepiej zrozumieć prawdziwy rozkład danych. Po pierwsze, proces uczenia kanonicznego przebiega przez wiele iteracji. Potem za pomocą FGSM lub innej metody tworzone są przykłady kontradiktoryjne i dodawane do zestawu danych. Następnie proces zaczyna się od nowa. Przy tradycyjnych ustawieniach bezpieczeństwa uczenie kontradiktoryjne można interpretować jako rodzaj testu penetracyjnego, który pomaga ujawnić luki w zabezpieczeniach w modelu, które są następnie uzupełniane przez proces szkolenia.

Możemy lepiej zrozumieć taką obronę, wprowadzając koncepcję powierzchni błędów. Powierzchnie błędów opisują związek pomiędzy dziedziną możliwych danych wejściowych do modelu a wartością funkcji kosztu modelu. Stromy gradient na powierzchni błędu wskazuje, że niewielka zmiana na wejściu może drastycznie zwiększyć wartość funkcji kosztu modelu, ułatwiając tym samym atakującemu znalezienie kontradiktoryjnego przykładu przez nieznaczną zmianę istniejącego wejścia. Model nauczony bez narażania go na przykłady kontradiktoryjne może mieć wiele takich punktów. Powierzchnia błędu



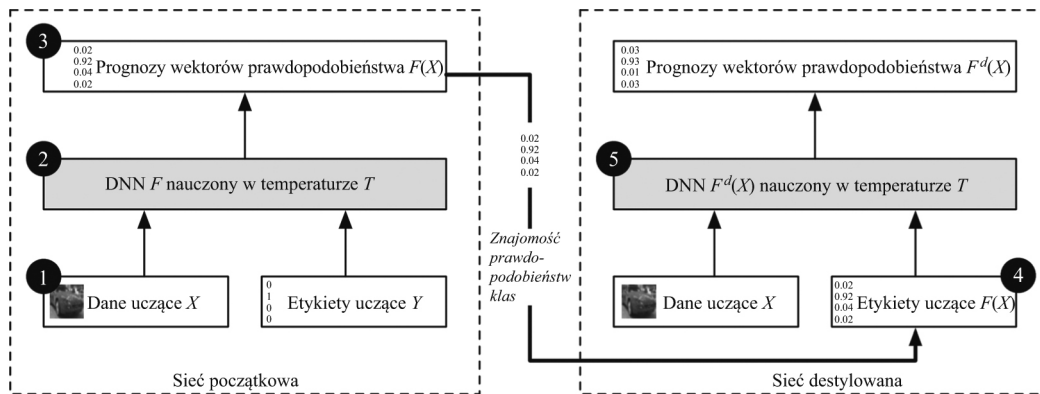
**Rys. 4.** Wizualizacja powierzchni modelu błędu przed i po uczeniu kontradiktoryjnym. Osie  $x$  i  $y$  reprezentują dwie cechy wejścia, a oś  $z$  powierzchnię błędu, znaną również jako powierzchnia strat. Problemem jest klasyfikacja binarna: model z wysokim błędem jest uważany za część klasy A, a model z niskim błędem uważany za część klasy B. Na górze: powierzchnia błędu nauczonego modelu docelowego. Powierzchnia jest bardzo postrzępiona, z dużymi gradientami w wielu punktach, co ułatwia ataki oparte na gradiencie. Na dole: powierzchnia błędu modelu docelowego po uczeniu kontradiktoryjnym. Powierzchnia jest znacznie gładzsza, co zmniejsza wpływ niewielkich zaburzeń na wydajność modelu. (a) Błąd powierzchni przed uczeniem kontradiktoryjnym. (b) Powierzchnia błędu w uczeniu kontradiktoryjnym

takiego modelu byłaby poszarpana, przypominając wystające z ziemi noże, jak pokazano to na rysunku 4a. W takim przypadku atakujący może łatwo znaleźć przykłady kontradiktoryjne, wykorzystując atak taki, jak FGSM.

Uczenie kontradiktoryjne wygładza niedoskonałości powierzchni błędu, jak pokazano na rysunku 4b. Atakującemu trudniej jest wtedy znaleźć zaburzenie, które jest wystarczająco małe, aby było niezauważalne przez ludzi, ale wystarczająco istotne, aby właściwie zaatakować klasyfikator.

Można łatwo sobie wyobrazić, że gdyby obrońca włączył wszystkie możliwe przykłady kontradiktoryjne do zestawu treningowego podczas szkolenia modelu, to model byłby całkowicie odporny, ponieważ nigdy nie zaskoczyłyby go nieznany przykład kontradiktoryjny. Jednak przestrzeń wszystkich możliwych przykładów jest bardzo duża i generowanie każdego przykładu jest trudne obliczeniowo, tak więc obrońcy mogą mieć tylko nadzieję, że wybrane z przestrzeni próbki obrony przed *brute force* są wystarczająco dobre. Korzystanie





Rys. 5. Schemat destylacji defensywnej wykorzystującej dwa modele. Pierwsza sieć generuje bardzo gładkie wartości prawdopodobieństwa, które mają dobre właściwości obronne (jej powierzchnia strat jest naturalnie mniej poszarpana). Druga sieć wykorzystuje te prawdopodobieństwa do generowania wysoce niejednorodnych prawdopodobieństw, które są stosowane do pewnych prognoz klas

z bardzo szybkiej techniki, takiej jak FGSM, jako część reżimu uczenia kontrykcyjnego nadal zapewnia, że obrońca może skutecznie wygenerować wystarczająco duży przykładowy zestaw kontrykcyjny i użyć go do wygładzenia dużej części powierzchni błędu modelu.

### Defensywna destylacja

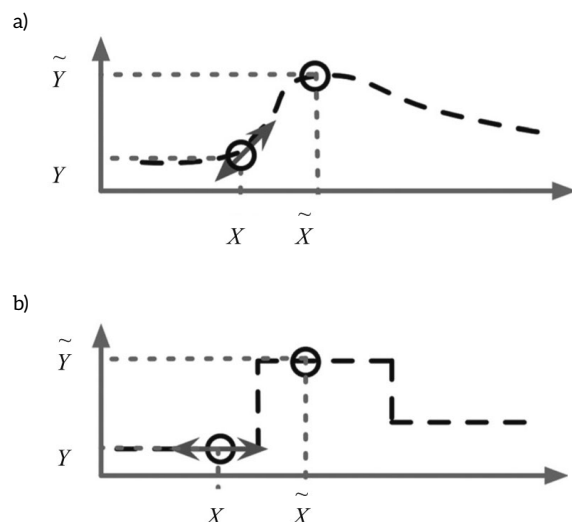
Inną metodą obrony, która została zaproponowana przez Papernota i innych [7], jest tak zwana *destylacja obronna*. Metoda ta oparta jest na technice transferu wiedzy opracowanej przez Hintona i innych [8]. Początkowo metoda wykorzystywała wiedzę na temat skomplikowanych sieci neuronowych lub zespołów sieci neuronowych do uczenia prostych sieci neuronowych, które były w stanie działać w przybliżeniu tak dobrze, jak sieci źródłowe.

Zwykle model tworzy odwzorowanie od przykładów wejściowych do wysoce pewnych prognoz. Na przykład model jest bardziej skłonny do klasyfikowania obrazu psa, który zawiera 98% rozkładu psa i 2% kota (wysoce niejednakowe prawdopodobieństwo) zamiast 54% rozkładu psa i 46% kota (bardzo jednolite prawdopodobieństwo). Niejednorodny wynik prawdopodobieństwa umożliwia dokonanie pewnych przewidywań, natomiast jednolity wynik prawdopodobieństwa jest bardziej przydatny do celów klasyfikacji, ponieważ istnieje mniejsza tendencja do wybierania pewnej klasy zamiast innej. Destylacja zachęca sieć neuronową do dokonywania bardziej jednolitych prognoz, zmniejszając potencjał wpływu przypadkowego szumu na prognozę sieci. Z perspektywy obrony kontrykcyjnej oznacza to, że atakujący miałby większe trudności ze znalezieniem takiego szumu, który pozostaje niezauważalny dla ludzi (rysunek 5).

Zasadniczo celem destylacji defensywnej jest uwzględnienie zalet zarówno właściwości defensywnych jednolitych wyników prawdopodobieństwa, jak i korzyści zaufania wynikającego z niejednorodnych wyników prawdopodobieństwa. Dokładny formalny opis tego, jak destylacja defensywna wykorzystuje ten dwustopniowy proces, został zawarty w pracy Papernota i innych na temat destylacji defensywnej [7].

### Obrona polegająca na blokadzie gradientu

Obiecującym rodzajem obrony jest bezpośrednio ukrywanie sygnałów zwrotnych, na których polegają atakujący przy konstruowaniu ataków kontrykcyjnych. Jak wyjaśniono w przypadku samochodu samojezdnego, osoby atakujące znajdują sposoby na oszukanie modeli przez nieznaczne zaburzenie danych wejściowych i obserwowanie, w jaki sposób zaburzenie to wpływa na zaufanie modelu do klasyfikacji danych wejściowych. Zaburzenie najlepiej przeprowadzić, postępując zgodnie z kierunkiem gradientu. Z tego powodu, ukrywając informacje o gradiencie przed atakującym, obrońca może skutecznie zapobiec takim atakom. Proces ten nosi nazwę maskowanie gradientu (rysunek 6).



Rys. 6. Schemat maskowania gradientu na podstawie [9].

(a) Model docelowy ma ciągłą powierzchnię z niezerowym gradientem. Przeciwnik może wykorzystać to do ataku, zakłócając  $X$  wraz ze wzrostem gradientu i tworząc przykład kontrykcyjny  $\tilde{X}$ , powodując, że klasyfikator oznaczy go jako  $\tilde{Y}$ .

(b) Ten sam model, ale z maskowaniem gradientu. Przeciwnik nie może już używać gradientu do tworzenia przykładu kontrykcyjnego  $\tilde{X}$

Prosta forma maskowania gradientu polega na ukryciu rozkładu prawdopodobieństwa modelu klasyfikacyjnego i udostępnieniu tylko najbardziej prawdopodobnego wyniku. Rozważmy sieć neuronową, której zadaniem jest rozróżnianie psów i kotów.

Taki konkretny model zwraca prawdopodobieństwa jako dane wyjściowe. W przypadku pewnego określonego obrazu psa wyjściem może być 70% prawdopodobieństwo, że jest to pies i 30%, że jest to kot. Dzięki tym informacjom atakujący może zakłócać obrazy wejściowe i sprawdzać, czy zaufanie do przewidywania „psa” spadnie. Taka zmiana prawdopodobieństwa daje atakującemu użyteczny gradient. Obrona maskująca gradientem polegałaby na zmianie oprogramowania *front-end*, które wyświetla wyniki obliczeń tego klasyfikatora, tak aby wyświetlało wyłącznie etykietę o najwyższym prawdopodobieństwie („pies”), a nie zaufanie klasyfikatora do tej prognozy. Takie maskowanie uniemożliwia atakującemu zrozumienie gradientu optymalnej perturbacji wejściowej, co utrudnia użycie ataków opartych na gradiencie.

Okazuje się, że wyżej wspomniane techniki uczenia kontradyktoryjnego i destylacji obronnej tak naprawdę zawdzięczają swoją skuteczność niezamierzonemu maskowaniu gradientu. Uczenie kontradyktoryjne i destylacja defensywna skutkują gładzszymi powierzchniami strat dotyczących przykładów uczących, szczególnie tam, gdzie atakujący może oczekiwać sygnałów gradientu z modelu docelowego.

Wydaje się to świetną perspektywą. Dlaczego zatem potrzebujemy innych środków obrony, jeśli ta prosta metoda jest dostępna? Pomimo że maskowanie gradientu znacznie utrudnia przeprowadzenie ataku, to nie eliminuje potencjalnych atakujących, po prostu ukrywa nieodłączne słabości modelu. Ukrywanie gradientu może utrudniać atakującym tworzenie próbek kontradyktoryjnych. Jednakże nadal istnieją takie przykłady, które są w stanie oszukać sieć i jest całkowicie prawdopodobne, że atakujący nadal może znaleźć takie próbki kontradyktoryjne.

Carlini i inni omówili różne sposoby, w jakie atakujący może to osiągnąć, w tym stosując odpowiednio dobrane funkcje strat, obliczanie gradientów z warstwy pre-softmax i przenoszenie próbek kontradyktoryjnych z pseudomodelu [10]. Podczas gdy wszystkie ataki koncentrują się na przypadkach, w których atakujący ma dostęp do wysokich poziomów hierarchii informacji (rysunek 3), to przykłady kontradyktoryjne łatwo przenoszą się z jednego modelu do drugiego. Oznacza to, że pseudomodel nauczony na wyjściach modelu bronionego przez maskowanie gradientu nadal może generować skuteczne ataki kontradyktoryjne na takie modele.

### Obrona polegająca na wykrywaniu próbek kontradyktoryjnych

Obrona polegająca na wykrywaniu próbek kontradyktoryjnych polega na aktywnym rozróżnieniu próbek normalnych i kontradyktoryjnych podczas *wnioskowania*, na którym to etapie nauczony model aktywnie klasyfikuje nowe dane wejściowe. Obronę polegającą na wykrywaniu próbek kontradyktoryjnych można uznać za filtr dostrojony do wykrywania przykładów kontradyktoryjnych. Zarówno sam model, jak i osobny model mogą próbować zidentyfikować i odfiltrować szkodliwe dane wejściowe przed ich przetworzeniem.

### Detektory

Jedną z metod wykorzystuje *detektor*, który identyfikuje szkodliwe dane wejściowe. Pomimo że zaproponowano wiele schematów detektorów, to w niniejszej pracy skupiono się na *ściskaniu cech* Xu i innych [11].

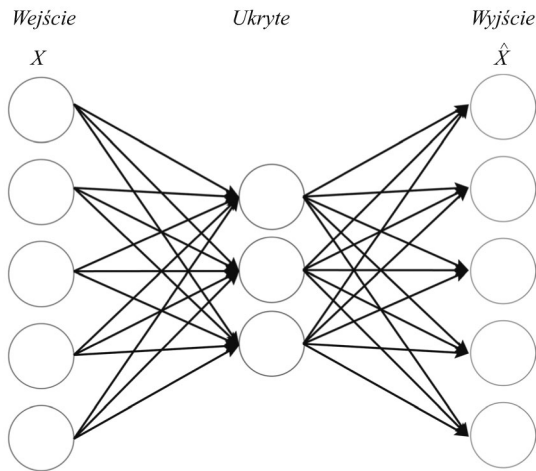
W celu oddzielenia próbek kontradyktoryjnych od normalnych *ściskanie cech* zwiększa odporność modelu. Model jest odporny, jeśli potrafi poprawnie sklasyfikować przykład nawet po niewielkiej transformacji. Na przykład model rozpoznawania obrazu powinien być w stanie rozpoznać obraz nawet po jego obróceniu lub skalowaniu. Detektor wykorzystuje takie informacje do porównania prognoz modelu przed i po transformacji danych wejściowych. Chodzi o to, że jeśli spreparowany kontradyktoryjnie przykład zostanie błędnie zaklasyfikowany jako kot, to nawet po przekształceniu takiego kontradyktoryjnego obrazu zostanie on z powodzeniem sklasyfikowany jako kot. W strategii *ściskania cech* dokonywana jest transformacja zmniejszająca głębokość bitową koloru każdego piksela i wygładzająca obraz przy użyciu filtra przestrzennego. Matematyczne zmniejszenie głębi bitowej kolorów pikseli na obrazie oznacza zmniejszenie ziarnistości bitów reprezentujących intensywność każdego kanału koloru (dla obrazów zwykle RGB). Podczas gdy 8 bitów jest zwykle używanych do przechowywania intensywności zawartych w przedziale [0, 1] dla każdego kanału koloru, *ściskanie cech* sugeruje zmniejszenie głębokości bitowej nawet o 1 bit na kanał. Intuicyjnie, w wyniku takiej transformacji otrzymywany jest obraz, na którym mogą być zaakcentowane niewielkie zakłócenia w kanałach kolorów na wejściu, takie same jak zaburzenia wywołane przez atakującego do przeprowadzenia ataku. Inną cechą transformacji *ściskania cech* jest filtr wygładzania przestrzennego, zwany potocznie rozmyciem. Dla każdego piksela obrazu filtr używa ruchomego okna do uśrednienia intensywności sąsiadujących pikseli. Taka transformacja ma na celu „cofniecie” rzadkich zaburzeń w poszczególnych pikselach.

Motywacją tych dwóch transformacji *ściskania* jest „cofniecie” wszelkich kontradyktoryjnych perturbacji na poziomie pikseli, które są niewidoczne dla ludzi.

Jednak, jak pokazał to He i inni, jeśli osoba atakująca wie, jakiego rodzaju detektor jest używany, może często oszukać detektor w ramach procesu generowania próbki kontradyktoryjnej [12]. Taki rodzaj ataku, który aktywnie omija czujniki obronne, nazywa się atakiem aktywnym. Aktywni atakujący są w stanie wygenerować solidne próbki kontradyktoryjne, które konsekwentnie oszukują sieci docelowe nawet po wielu transformacjach, takich jak wydrukowanie obrazu kontradyktoryjnego, a następnie zrobienie zdjęcia wydruku.

### Reformatory

Meng i inni w najnowszych pracach wprowadzili pojęcie *reformatora* jako metodę obrony kontradyktoryjnej [13]. Reformatory znajdują na podstawie przykładu najbliższy pasujący przykład w zbiorze danych uczących, a następnie modyfikuje dane wejściowe, przybliżając je do tego innego przykładu. Specjalna sieć neuronowa o nazwie *autoencoder* okazała się szczególnie skuteczna w przeprowadzaniu takiej modyfikacji. Autoencoder próbuje nauczyć się mapowania od wejścia



Rys. 7. Prosta sieć neuronowa autoencodera z 5-wymiarowymi danymi i 3-wymiarowym wąskim gardłem. Autoencoder uczy się funkcji tożsamości z takim ograniczeniem, że informacja musi przejść przez wąskie gardło, ukrytą warstwę pośrodku schematu sieci. Nauczenie autoencodera skutkuje nauczeniem wąskiego gardła dobrej reprezentacji danych, która jest podstawą modelu reformatora autoencodera

$x$  z powrotem do siebie, zastępując ponownie etykietę przykładem, tak aby  $y = x$  (rysunek 7). Naiwnie zaprojektowany autoencoder nauczyłby się funkcji tożsamości. Jednak tworząc wąskie gardło w architekturze, model uczy się optymalnego sposobu kompresji informacji do uproszczonej reprezentacji. Uproszczona reprezentacja ułatwia reformatorowi „naprawienie” kontrydktoryjnego przykładu, ponieważ z mniejszą liczbą cech związana jest mniejsza liczba możliwych słabych punktów [14].

Reformator autoencodera jest uczony na niekontrydktoryjnych przykładach z zamiarem poznania powierzchni reprezentującej kluczowe aspekty normalnych próbek. Następnie, gdy reformatorowi przedstawi się kontrydktoryjny przykład  $x$ , wówczas reformator spróbuje znaleźć normalny przykład  $y$  na wyuczonej powierzchni wąskiego gardła, który będzie zbliżony do  $x$ . W kolejnym kroku reformator spróbuje „cofnąć” kontrydktoryjne perturbacje, których atakujący używa do przekształcenia pierwotnego wejścia. Tak poprawiony normalny przykład  $y$  zostanie sklasyfikowany przez model docelowy jako prawdziwa etykieta dla  $x$ .

Jednak reformatorzy są nadal podatni na ataki, podobnie jak detektory. Wiedząc, że obrońca korzysta z reformatora, atakujący może spróbować zaatakować go bezpośrednio, generując przykłady kontrydktoryjne, które oszukują zarówno reformatora, jak i model docelowy.

### Zakres problemów

Omówione zostały kontrydktoryjne ataki uczenia maszynowego oraz zostało wyjaśnione, jak są przeprowadzane i jak się przed nimi bronić. Podczas gdy badania akademickie w zakresie kontrydktoryjnego uczenia maszynowego koncentrowały się na atakowaniu modeli klasyfikacji obrazów, przewidujemy szybki rozwój metod kontrydktoryjnych we wszystkich dziedzinach, w których modele uczenia maszynowego mogą być

przydatne. Poniżej przedstawiono kilka dziedzin, które będą szczególnie podatne na ataki kontrydktoryjne w przyszłości.

- **Rozpoznawanie twarzy.** Atakujący może podszyć się pod kogoś na zasadzie ataku związanego z ukierunkowaną błędną klasyfikacją. Atakujący musiałby po prostu wygenerować kontrydktoryjny obraz, który oszuka model rozpoznawania twarzy, jednocześnie przekonując model, że obraz ten jest kimś, kto ma dostęp do informacji zabezpieczanych przez system. Systemy rozpoznawania twarzy, które opierają się wyłącznie na systemach wizyjnych opartych na uczeniu maszynowym, nie są odporne na ataki kontrydktoryjne i większość planów ataków opisanych w części „Zakres problemów” może przeniknąć do takiego systemu.
- **Antywirus.** Atakujący może wykorzystać atak związany z błędną klasyfikacją źródłową na system antywirusowy, aby stworzyć wirusa „niewidocznego”, przynajmniej dla programu antywirusowego. Atakujący może zbudować wirusa, którego funkcjonalności mogą ukryć zamiary programu przed antywirusowym modelem uczenia maszynowego [15]. Haker może utworzyć trojana z określonym umieszczeniem komentarzy lub inną metodą zmiany kodu, która zamaskuje złośliwą naturę wirusa. Podczas gdy scenariusz ten jest przedmiotem współczesnych badań nad bezpieczeństwem, ataki ewoluują bardzo często, a twórcy programów antywirusowych muszą wiedzieć, jak bronić swoje modele uczenia maszynowego przed sprytnie spreparowanymi atakami kontrydktoryjnymi.
- **Google.** Algorytm wyszukiwania Google jest głównym celem dla przykładów kontrydktoryjnych. Wykorzystując zagrożenia związane z błędną klasyfikacją źródłową, atakujący może zmienić ranking i reputację jakiegokolwiek konkretnej strony internetowej, inteligentnie zaburzając jej zawartość i historię. Należy rozważyć przypadek, w którym właściciel witryny stara się poprawić reputację swojej witryny, tak aby zwiększyć liczbę wyświetleń strony, a tym samym przychody z reklam. Taka osoba może nauczyć się optymalnych „perturbacji”, które zastosowane na własnej stronie internetowej sprawią, że strona internetowa stanie się przykładem kontrydktoryjnym i pomimo braku odpowiedniej treści często będzie się pojawiać w najlepszych wynikach wyszukiwania. Dałoby to stronie internetowej znacznie większy ruch i nakłoniłoby internautów do generowania przychodów z reklam dla tej osoby. Ponadto ze względu na kluczową rolę Google w społeczeństwie jako silnika wiedzy, tego typu ataki kontrydktoryjne są bardzo alarmujące ze względu na potencjalny ogromny zasięg takiego ataku. Na przykład fałszywe źródła informacji mogą przekierowywać prawidłowe wyszukiwania faktów do stronniczych lub sfabrykowanych wiadomości politycznych. W świecie, który już cierpi z powodu cenzury informacji stworzonej przez człowieka, możliwość wykorzystania sztucznej inteligencji do optymalnego „prowadzenia” dogmatu i zrozumienia mas jest bardzo przerażającą perspektywą.

### Trendy, spostrzeżenia i najnowsze osiągnięcia

Niektórzy sceptycy przykładów kontrydktoryjnych twierdzą, że ataki na modele uczenia maszynowego są często



niewykonalne lub niepraktyczne. Jest to błędne założenie, ponieważ zmotywowani atakujący mogą zaakceptować żmudność ataku, jeśli będą mieć wyraźny cel. Powinno być również jasne, że atak może zostać skutecznie wdrożony po kilku dniach lub tygodniach przygotowań (zwykle podczas uczenia pseudomodelu) zamiast po tysiącleciu niezbędnym do złamania bezpieczeństwa kryptograficznego. Zabezpieczenie przed kontrydktoryjnym uczeniem maszynowym nie powinno w pełni polegać na założeniu, że osoba atakująca nie poświęci wystarczającej ilości wysiłku, aby złamać system.

Oprócz wszelkich ataków na sam model, atakujący może skupić się na danych wykorzystywanych do uczenia modelu. Jest to proces znany jako *zatrucie danych*. W takim przypadku atakujący przejmuje kontrolę nad procesem uczenia przez poddawanie starannie spreparowanych próbek do zestawu danych uczących. Próbkę taką są zaprojektowane w celu sztucznego wypaczenia rozkładu danych uczących, a tym samym obniżenia wydajności modelu. Ataki zatrucia danych są skuteczne przeciwko modelom, które są często ponownie uczone przy użyciu danych rzeczywistych. Biorąc pod uwagę, że dane zebrane w celu uczenia jednego modelu będą także udostępniane wszystkim jego odpowiednikom, stosunkowo łatwo jest zatruć setki, jeśli nie tysiące, produktów, takich jak samochody i kamery bezpieczeństwa rozpoznające twarz, infekując dane zgromadzone przez tylko pojedynczy produkt.

Na przykład złośliwe kampanie e-mailowe stale ewoluują tak, aby ominąć filtry antyspamowe. Systemy antyspamowe muszą zbierać dane z ostatnich kampanii spamowych, tak aby ciągle mogły pozostawać aktualne. Ręczne etykietowanie tych danych jest niemożliwe, dlatego system polega na automatycznym gromadzeniu danych uczących. Na przykład system może przechowywać listę adresów e-mail znanych z regularnego wysyłania spamu i automatycznie oznaczać wiadomości e-mail wysyłane z adresu znajdującego się na czarnej liście jako „spam” w danych uczących. Grupa kontrolująca te adresy mailowe może mieć świadomość, że zostały one oznaczone jako spam i zacząć wysyłać wiadomości e-mail, które nie będą charakterystyczne dla wiadomości spamowych, a system nauczy się identyfikować je jako „podobne do spamu”. Jeśli system automatycznego etykietowania błędnie oznaczy znaczną liczbę takich wiadomości e-mail, model wykrywania spamu nauczy się niewłaściwego rozkładu klas wiadomości e-mail, identyfikując spam jako zgodny z prawem, a następnie klasyfikując zwykłe wiadomości e-mail jako spam.

Jedną potencjalną obroną przed zatruciami danych jest dokładne odkażenie danych uczących. W praktyce sprowadza się to do wykrywania i usuwania podejrzanych danych i wartości odstających oraz korzystanie wyłącznie z zaufanych repozytoriów danych. Pomimo że duże ilości danych są często niezbędne do stworzenia dobrych modeli uczenia maszynowego, to niewiarygodne lub niezwerifikowane repozytoria danych mogą być podobnie szkodliwe dla modeli uczenia maszynowego. Inną metodą odkażania danych jest zastosowanie analizy „odrzuć po negatywnym wpływie” do nowych danych. W takiej konfiguracji system porównuje wydajność modelu przed i po uczeniu na podejrzanych próbkach. Jeśli

nowe dane znacznie zmniejszają dokładność testu na sprawdzonych przykładach, to system odrzuca nowe próbki szkoleniowe.

Wraz z rozwojem dyscypliny wydaje się, że atakujący przewyżniają obronę kontrydktoryjną, jak tylko zostanie ona opracowana. Istnieje jednak kilka obiecujących kierunków badań. Pierwszym z nich jest zestawianie modeli: łączenie informacji z wielu modeli „podstawowych” w celu uzyskania pojedynczej klasyfikacji. Składanie ma tendencję do podkreślania mocnych stron modeli podstawowych, gdy działają one dobrze, i maskowania słabości modeli podstawowych, gdy działają słabo. Jeden z wariantów takiego podejścia wydaje się zmniejszać podatność kontrydktoryjnie uczonych modeli na ataki typu biała skrzynka [16]. Korzystając z wielu źródeł przed podjęciem decyzji, metoda ta wygładza powierzchnię błędów, czyniąc model odpornym na ataki kontrydktoryjne, tak jak omówiono to w części „Ataki na model”.

Możemy również zaobserwować lepszą odporność na przykłady kontrydktoryjne, w sytuacjach, gdy duże grupy badawcze, takie jak Google i Facebook, uczą modele, wykorzystując gigantyczne zestawy danych. Obejmując większy zakres możliwych danych wejściowych, modele uczone na dużych zestawach danych mogą uczyć się bardziej wygładzonych powierzchni błędów, a tym samym większej odporności na ataki kontrydktoryjne. Jednakże rozwiązuje to tylko tę część problemów, dla których dostępne są duże ilości danych.

## Wnioski

Ataki i mechanizmy obronne nieustannie ewoluują wraz ze sztuczną inteligencją. Obecnie wydaje się, że bardzo trudno obronić się przed większością ataków. Jednak niektóre mechanizmy obronne są obiecujące w przypadkach, kiedy atakujący ma dostęp tylko do ograniczonych informacji o modelu. Rozważając ten wyścig zbrojeń w nauczaniu kontrydktoryjnym, wydaje się, że obecnie przewaga leży po stronie atakującego. Aby być naprawdę odpornym na każdy atak, model musiałby nauczyć się i zachować wszelką możliwą wiedzę oraz informacje na temat problemów z procesem uczenia, niezależnie od tego, czy obejmowałyby to proaktywne i niepraktyczne uczenie na wszystkich możliwych próbkach uczących, nieskończoną przestrzeń, uczenie reaktywne lub cokolwiek związane z wykrywaniem i odkażaniem wszelkich ataków kontrydktoryjnych.

Jedno jest pewne: zanim zaczniemy polegać na modelach uczenia maszynowego i integrować je z systemami bezpieczeństwa, takimi jak samochody samojezdne, konieczne jest przeprowadzenie większej liczby badań, tak aby zapewnić integralność tych systemów. Opracowanie solidnej obrony ma kluczowe znaczenie, ponieważ niebezpieczne aplikacje mogą kosztować życie ludzkie.

## Przypisy

1. Warto powiedzieć, że pojęcie to pasuje tylko do nadzorowanego paradygmatu modelu uczenia maszynowego. Istnieje również uczenie nienadzorowane oraz nauczanie częściowo nadzorowane. Jednakże dyskusja na temat tych metod została pominięta, ponieważ większość najnowocześniejszych algorytmów w uczeniu maszynowym opiera się na uczeniu nadzorowanym, w wyniku czego

kontraduktoryjne uczenie maszynowe koncentruje się tylko na tym paradygmacie.

2. Funkcja sign po prostu wyodrębnia znak liczby rzeczywistej. Jeśli  $x < 0$ ,  $\text{sign}(x) = -1$ . Jeśli  $x > 0$ ,  $\text{sign}(x) = 1$ .

## Literatura

- [1] D. of Statistics 2016. *NSC motor vehicle fatality estimates*.
- [2] PAPERNOT N., MCDANIEL P., JHA S., FREDRIKSON M., CELIK Z.B., SWAMI A.: *The limitations of deep learning in adversarial settings*. In 2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P), pp. 372–387. IEEE, Saarbrücken, Germany.
- [3] PAPERNOT N., MCDANIEL P., GOODFELLOW I., JHA S., CELIK Z.B., SWAMI A.: *Practical blackbox attacks against machine learning*. In Proceedings of the 2017 ACM on Asia Conference on Computer and Communications Security, pp. 506–519. ACM, Abu Dhabi, UAE.
- [4] PAPERNOT N., MCDANIEL P., GOODFELLOW I.: *Transferability in machine learning: from phenomena to black-box attacks using adversarial samples*. arXiv preprint arXiv:1605.07277, 2016.
- [5] GOODFELLOW I.J., SHLENS J., SZEGEDY C.: *Explaining and harnessing adversarial examples*. arXiv preprint arXiv:1412.6572, 2014.
- [6] KURAKIN A., GOODFELLOW I., BENGIO S.: *Adversarial machine learning at scale*. arXiv preprint arXiv:1611.01236, 2016.
- [7] PAPERNOT N., MCDANIEL P., WU X., JHA S., SWAMI A.: *Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks*. In Proceedings of the 37th IEEE Symposium on Security and Privacy, pp. 582–597. IEEE, San Jose, California, 2015.
- [8] HINTON G., VINYALS O., DEAN J.: *Distilling the knowledge in a neural network*. arXiv preprint arXiv:1503.02531, 2015.
- [9] PAPERNOT N., MCDANIEL P., SINHA A., WELLMAN M.: *Towards the Science of Security and Privacy in Machine Learning*. ArXiv e-prints, 2016.
- [10] CARLINI N., WAGNER D.A.: *Defensive distillation is not robust to adversarial examples*. CoRR abs/1607.04311. <http://arxiv.org/abs/1607.04311>, 2016.
- [11] XU W., EVANS D., QI Y.: *Feature squeezing: Detecting adversarial examples in deep neural networks*. arXiv preprint arXiv:1704.01155, 2017.
- [12] HE W., WEI J., CHEN X., CARLINI N., SONG D.: *Adversarial example defenses: Ensembles of weak defenses are not strong*. arXiv preprint arXiv:1706.04701, 2017.
- [13] MENG D., CHEN H.: *Magnet: a two-pronged defense against adversarial examples*. arXiv preprint arXiv:1705.09064, 2017.
- [14] BALDI P.: *Autoencoders, unsupervised learning, and deep architectures*. In Proceedings of ICML Workshop on Unsupervised and Transfer Learning, Bellevue, Washington, pp. 37–49, 2012.
- [15] GROSSE K., PAPERNOT N., MANOHARAN P., BACKES M., MCDANIEL P.: “Adversarial perturbations against deep neural networks for malware classification.” arXiv preprint arXiv:1606.04435, 2016.
- [16] TRAMÈR F., KURAKIN A., PAPERNOT N., BONEH D., MCDANIEL P.: *Ensemble adversarial training: Attacks and defenses*. arXiv preprint arXiv:1705.07204, 2017.

Fragment pochodzi z książki:

Sztuczna inteligencja. Bezpieczeństwo i zabezpieczenia,

Roman V. Yampolskiy (redakcja).

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020

reklama



Preferujesz internet?

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

# Zestawienie firm - automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Napędy</b>	
<b>CANTONI GROUP</b> ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn	tel. 33 813 87 00 fax 33 813 87 01 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com  Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 6000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="display: flex; gap: 10px;">     </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Silniki w zakresie mocy od 0,04kW do 6000kW</i></p> <p><a href="http://www.cantonigroup.com">www.cantonigroup.com</a></p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>	
<b>INVERTEK DRIVES</b> <b>POLSKA Sp. z o.o.</b> ul. Spalska 26/28 97-200 Tomaszów Mazowiecki	tel. 44 723 40 05 sprzedaz@invertekdrives.com.pl invertekdrives.com.pl  Invertek Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertek Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl  Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>SEW-EURODRIVE</b> ul. Techniczna 5 92-518 Łódź	tel. 42 293 00 00 fax 42 293 00 49 e-mail: sew@sew-eurodrive.pl www.sew-eurodrive.pl  SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o. jest światowym ekspertem techniki napędowej i automatyzacji procesów produkcji. Oferujemy indywidualne rozwiązania oparte na motoreduktorach, przekładniach, silnikach, falownikach, komponentach techniki decentralnej, techniki serwo, jak również intuicyjne oprogramowanie firmy SEW-EURODRIVE. Klienci otrzymują od nas pełne wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, szkoleń oraz usług serwisowych. Zapraszamy do obserwowania naszego profilu na LinkedIn.
<b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów	tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl  Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<b>Askom Sp. z o.o.</b> 44-100 Gliwice ul. Józefa Sowińskiego 13	tel. 32 301 81 00 e-mail: biuro@askom.pl www.askom.pl  ASKOM jest integratorem systemów automatyki, zarządzania produkcją (MES/MOM) oraz producentem oprogramowania przemysłowego. Klienci otrzymują z jednego źródła rozwiązania, które integrują systemy produkcyjne z systemami zarządzania, mając na celu minimalizację kosztów i maksymalizację efektywności produkcji. Oferujemy projektowanie i wykonanie „pod klucz” systemów dla maszyn, linii produkcyjnych, procesów przemysłowych i kompletnych zakładów.



Automatyka przemysłowa (cd.)		
<b>AUTOMATECH Sp. z o.o.</b> ul. Ewy 2 05-816 Opacz-Kolonia	tel. 22 753 24 80 biuro.warszawa@automatech.pl www.automatech.pl www.automatechsklep.pl www.bezpieczenstwo-maszyn.com	Projektujemy i wdrażamy aplikacje automatyki przemysłowej. Realizujemy indywidualne zlecenia oraz oferujemy sprawdzone rozwiązania techniczne gotowe do realizacji. Jesteśmy ekspertami w zakresie bezpieczeństwa na liniach produkcyjnych. Oferujemy usługi inżynierskie oraz dystrybuujemy komponenty automatyki.
<b>CCIBA Sp. j.</b> Tarnopolska 10 54-616 Wrocław	tel. 717 954 080 e-mail: biuro@ciba.pl cciba.pl	Jesteśmy producentem urządzeń elektronicznych przeznaczonych na potrzeby automatyki przemysłowej. Nasza oferta kierowana jest zarówno do odbiorców końcowych, jak i integratorów systemów automatyki i poddostawców. Nasze produkty od 30 lat znajdują zastosowanie praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu – od wydobywczego, przez energetykę i ciepłownictwo, przemysł spożywczy i chemiczny, do kontroli jakości w motoryzacji. Pomagamy w realizacji niewielkich systemów automatyki, tworząc urządzenia dostosowane do specyficznych potrzeb.
<b>COMPARTA Zajdel Sp. z o.o.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl	Oferuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• switche przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC – PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER;</li> <li>• zdalny dostęp SECOMEA – najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych.</li> </ul> Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL
<b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Mierzeja Wiślana 6 30-732 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolska.pl www.fatek.pl	Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek. Oferujemy kompleksowe wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, doboru komponentów oraz pełnego wsparcia dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia.
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>
<b>Fabryka Kabli MADEX Sp. j.</b> ul. Żurawia 96 05-462 Wiązowna	tel. 22 780 36 00 e-mail: madex@madex.pl www.madex.pl	Fabryka Kabli MADEX jest uznanym dostawcą dla największych odbiorców kabli z branży telekomunikacyjnej i teleinformatycznej. Firma specjalizuje się w produkcji kabli i przewodów: teleinformatycznych, górniczych, telekomunikacyjnych, szerokopasmowych, ognioodpornych i bezhalogenowych, współosiowych, sygnalizacyjnych dla automatyki i sterowania.
<b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b> ul. Spalska 26/28 97-200 Tomaszów Mazowiecki	tel. 44 723 40 05 sprzedaz@inverterkdrives.com.pl inverterkdrives.com.pl	Inverterk Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Inverterk Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl	Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.

<b>Automatyka przemysłowa (cd.)</b>		
<p><b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Zamoyckiego 45 A/9 03-801 Warszawa</p>	<p>tel. 22 855 18 30 fax 22 855 18 32 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl</p>	<p>Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwigów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.</p>
<p><b>SEW-EURODRIVE</b> ul. Techniczna 5 92-518 Łódź</p>	<p>tel. 42 293 00 00 fax 42 293 00 49 e-mail: sew@sew-eurodrive.pl www.sew-eurodrive.pl</p>	<p>SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o. jest światowym ekspertem techniki napędowej i automatyzacji procesów produkcji. Oferujemy indywidualne rozwiązania oparte na motoreduktorach, przekładniach, silnikach, falownikach, komponentach techniki decentralnej, techniki serwo, jak również intuicyjne oprogramowanie firmy SEW-EURODRIVE. Klienci otrzymują od nas pełne wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, szkoleń oraz usług serwisowych. Zapraszamy do obserwowania naszego profilu na LinkedIn.</p>
<p><b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów</p>	<p>tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl</p>	<p>SKAMER-ACM to firma z ponad 30-letnim doświadczeniem w zakresie szeroko pojętej automatyki przemysłowej, od prostych urządzeń pomiaru, regulacji, sterowania i rejestracji, po zaawansowane układy sterowania i robotykę (projektowanie, programowanie, montaż, rozruch, serwis); systemy wizualizacji i monitoringu energii; OZE; audyty i ekspertyzy specjalistyczne.</p>
<p><b>TWT AUTOMATYKA</b> ul. Waflowa 1 02-971 Warszawa</p>	<p>tel./fax 22 648 20 89 e-mail: twt@twt.com.pl www.twt.com.pl</p>	<p>TWT to polski producent indukcyjnych czujników zbliżeniowych i czujników optycznych, obecny na rynku od 1999 r. Nasze wyroby charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technicznego, dużą niezawodnością i wytrzymałością. Zapraszamy na naszą stronę <a href="http://www.twt.com.pl">www.twt.com.pl</a> i do sklepu internetowego.</p>
<p><b>Zakład Elektroniki Przemysłowej ELMAST</b> ul. Bema 11 lok. 62 15-369 Białystok</p>	<p>tel. 506 745 439 e-mail: biuro@elmast.pl www.elmast.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezczujnikowe inteligentne sterowniki z mikroprocesorowym zabezpieczeniem silnika do zanurzeniowych pomp ściekowych.</li> <li>• Mikroprocesorowe niedomiarowoprądowe zabezpieczenia agregatów pompowych głębinowych.</li> <li>• Zestawy rozruchowo-sterująco-zabezpieczające ze zdalnym sterowaniem i powiadomieniem przez GSM.</li> </ul>
<b>Energoelektronika</b>		
<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>
<p><b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b> ul. Spalska 26/28 97-200 Tomaszów Mazowiecki</p>	<p>tel. 44 723 40 05 sprzedaz@invertekdrives.com.pl invertekdrives.com.pl</p>	<p>Invertex Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertex Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.</p>

Aparatura kontrolno-pomiarowa		
<b>CCIBA Sp. j.</b> Tarnopolska 10 54-616 Wrocław	tel. 717 954 080 e-mail: biuro@ciba.pl cciba.pl	Jesteśmy producentem urządzeń elektronicznych przeznaczonych na potrzeby automatyki przemysłowej. Nasza oferta kierowana jest zarówno do odbiorców końcowych, jak i integratorów systemów automatyki i poddostawców. Nasze produkty od 30 lat znajdują zastosowanie praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu – od wydobywczego, przez energetykę i ciepłownictwo, przemysł spożywczy i chemiczny, do kontroli jakości w motoryzacji. Pomagamy w realizacji niewielkich systemów automatyki, tworząc urządzenia dostosowane do specyficznych potrzeb.
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>
<b>TRONIA Sp. z o.o.</b> ul. Sycowska 11 02-266 Warszawa	tel. 781 991 168 e-mail: tronia@poczta.onet.pl tronia.pl	Tronia jest znanym producentem rejestratorów zakłóceń elektrycznych. Nasze produkty są w Elektrowni Bełchatów, Hucie Miedzi „Głogów” i wielu innych obiektach. Wyróżnia je modułowa konstrukcja, ułatwiająca dostosowanie parametrów urządzenia do bieżących potrzeb użytkownika.
Systemy zasilające		
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>
Układy zabezpieczeń		
<b>AUTOMATECH Sp. z o.o.</b> ul. Ewy 2 05-816 Opacz-Kolonia	tel. 22 753 24 80 biuro.warszawa@automatech.pl www.automatech.pl www.automatechsklep.pl www.bezpieczenstwo-maszyn.com	Zapewnij bezpieczeństwo pracowników: wyłączniki bezpieczeństwa SLC BERNSTEIN doskonale integrują się z indywidualnymi rozwiązaniami systemowymi klientów, kurtyny bezpieczeństwa Panasonic gwarantują instalację bez martwych stref, maty bezpieczeństwa MAYSER zapewniają optymalną ochronę w celu zabezpieczenia obszarów.
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>



Układy zabezpieczeń (cd.)		
<p><b>Zakład Elektroniki Przemysłowej ELMAST</b> ul. Bema 11 lok. 62 15-369 Białystok</p>	<p>tel. 506 745 439 e-mail: biuro@elmast.pl www.elmast.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezcujnikowe inteligentne sterowniki z mikroprocesorowym zabezpieczeniem silnika do zanurzeniowych pomp ściekowych.</li> <li>• Mikroprocesorowe niedomiarowoprądowe zabezpieczenia agregatów pompowych głębinowych.</li> <li>• Zestawy rozruchowo-sterująco-zabezpieczające ze zdalnym sterowaniem i powiadomieniem przez GSM.</li> </ul>
Hydraulika		
<p><b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o.</b> ul. Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry</p>	<p>tel. 32 381 05 20 fax 32 381 05 21 e-mail: noram@noram.com.pl www.noram.com.pl</p>	<p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego, zakres średnic od Q30 do O650 mm. Oferujemy również dostawy odlewów żeliwnych i stalowych jako części maszyn w stanie surowym lub obrobionym, wraz z omodelowaniem.</p>
<p><b>WROPOL Engineering Sp. z o.o.</b> Lutynia ul. Wróblowicka 3 55-330 Miękinia</p>	<p>tel. 71 317 12 18 e-mail: hydraulika@wropol.pl www.wropol.pl</p>	<p>Projektowanie i produkcja elementów hydrauliki siłowej oraz maszyn z napędem hydraulicznym. Siłowniki hydrauliczne do Ø500, multiplikatory, agregaty hydrauliczne, zawory Z0, ZZ, ZDZ, ZSZ, prasy BISON Euro, AL, BISON CNC do brykietowania trocin i wiórów AL oraz maszyny i urządzenia technologiczne.</p>
Robotyka		
<p><b>AUTOMATECH Sp. z o.o.</b> ul. Ewy 2 05-816 Opacz-Kolonia</p>	<p>tel. 22 753 24 80 biuro.warszawa@automatech.pl www.automatech.pl www.automatechsklep.pl www.bezpieczenstwo-maszyn.com</p>	<p>Dostosowujemy linie produkcyjne do wymagań nowoczesnej fabryki. Integrujemy cele robotyczne oraz coboty z liniami produkcyjnymi: projektujemy optymalne rozwiązania, wdrażamy projekty, szkolimy obsługę. NOWOŚĆ – zamów u nas pomiar siły cobota.</p>
Utrzymanie ruchu		
<p><b>AUTOMATECH Sp. z o.o.</b> ul. Ewy 2 05-816 Opacz-Kolonia</p>	<p>tel. 22 753 24 80 biuro.warszawa@automatech.pl www.automatech.pl www.automatechsklep.pl www.bezpieczenstwo-maszyn.com</p>	<p>Nasz zespół inżynierski wdraża aplikacje usprawniające linie produkcyjne, gwarantujące prawidłowy przebieg procesów. Modernizujemy linie i maszyny pod kątem bezpieczeństwa. Usprawniamy kontrolę jakości poprzez wdrożenie systemów wizyjnych. Dostosujemy maszyny do wymogów UE pod kątem bezpieczeństwa.</p>
<p><b>Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. (CBiDGP)</b> ul. Lędzińska 8 43-143 Lędziny</p>	<p>tel. 32 32 42 200 fax 32 32 42 205 e-mail: cbidgp@cbidgp.pl www.cbidgp.pl</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badania rzeczoznawcze maszyn i urządzeń górniczych, w tym urządzeń budowy przeciwwybuchowej.</li> <li>• Badania zagrożeń metanowych.</li> <li>• Pomiary i badania maszyn i urządzeń mechanicznych i elektroenergetycznych.</li> <li>• Badania diagnostyczne.</li> <li>• Pomiary i badania środowiska pracy.</li> <li>• Pomiary i badania czynników środowiska naturalnego.</li> </ul>
<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu obejmuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przekaźniki przemysłowe i mocy;</li> <li>• przekaźniki interfejsowe;</li> <li>• przekaźniki półprzewodnikowe;</li> <li>• przekaźniki nadzorcze i czasowe;</li> <li>• przekaźniki bistabilne;</li> <li>• urządzenia do termoregulacji przemysłowej;</li> <li>• zasilacze impulsowe;</li> <li>• moduły serwisowe i wiele innych.</li> </ul>

## Utrzymanie ruchu (cd.)

<p><b>Galanteria Modelarska i Odlewnicza Noram Sp. z o.o.</b> ul. Kard. St. Wyszyńskiego 101 42-612 Tarnowskie Góry</p>	<p>tel. 32 381 05 20 fax 32 381 05 21 e-mail: <a href="mailto:noram@noram.com.pl">noram@noram.com.pl</a> <a href="http://www.noram.com.pl">www.noram.com.pl</a></p>	<p>Oferujemy profile okrągłe, kwadratowe i prostokątne, wykonane z żeliwa szarego i sferoidalnego metodą odlewania ciągłego, zakres średnic od Q30 do Q650 mm. Oferujemy również dostawy odlewów żeliwnych i stalowych jako części maszyn w stanie surowym lub obrobionym, wraz z omodelowaniem.</p>
<p><b>INVERTEK DRIVES POLSKA Sp. z o.o.</b> ul. Spalska 26/28 97-200 Tomaszów Mazowiecki</p>	<p>tel. 44 723 40 05 <a href="mailto:sprzedaz@invertekdrives.com.pl">sprzedaz@invertekdrives.com.pl</a> <a href="http://invertekdrives.com.pl">invertekdrives.com.pl</a></p>	<p>Invertek Drives Polska Sp. z o.o. jest oficjalnym przedstawicielem angielskiej firmy Invertek Drives, gdzie od 25 lat produkujemy przemienniki częstotliwości do wielu aplikacji. Unikalne rozwiązanie sterowania silnikami indukcyjnymi, BLDC, PM i SynRM czyni naszą firmę rozpoznawalną w świecie napędów.</p>
<p><b>MULTIPROJEKT</b> ul. Cystersów 20 a 31-553 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: <a href="mailto:krakow@multiprojekt.pl">krakow@multiprojekt.pl</a> <a href="http://www.multiprojekt.pl">www.multiprojekt.pl</a></p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>
<p><b>Wytwórnia Sprzętu Elektroenergetycznego AKTYWIZACJA</b> ul. Stadionowa 24 31-751 Kraków</p>	<p>tel. 12 644 08 92 e-mail: <a href="mailto:wse@aktywizacja.com.pl">wse@aktywizacja.com.pl</a> <a href="http://www.aktywizacja.com.pl">www.aktywizacja.com.pl</a></p>	<p>WSE AKTYWIZACJA produkuje, prowadzi serwis i badania okresowe elektroenergetycznego sprzętu ochronnego. W ofercie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• drążki izolacyjne: uniwersalne UDI, teleskopowe TDI;</li> <li>• uziemiacze: przenośne, uszyniacze;</li> <li>• wskaźniki: niskiego, średniego i wysokiego napięcia, uzgadniacze faz;</li> <li>• przyrządy, mierniki i detektory pola elektrycznego;</li> <li>• wyroby elektroizolacyjne z gumy oraz inny sprzęt ochronny BHP.</li> </ul>

reklama



**napędy i sterowanie**  
miesięcznik naukowo-techniczny  
Nr 1 1091  
ISSN 1505-7345  
Polecenie nr 2022  
Cena 12,00 zł  
Cena 12,00 zł  
Cena 12,00 zł

Napędzaj z nami przemysł  
[www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

# Darmowa e-prenumerata!

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

**napędy i sterowanie**  
miesięcznik naukowo-techniczny



## BIBLIOTEKA

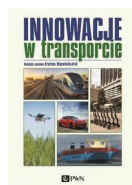


Ilona Jacyna-Golda  
**Inżynieria oceny efektywności sieci dostaw**  
Wydawnictwo Naukowe PWN  
Rok wydania: 2019

Publikacja *Inżynieria oceny efektywności sieci dostaw* przedstawia tytułowe zagadnienia w ujęciu systemowym. Przedstawiono w niej istotę oraz zadania systemów zaopatrzenia i dystrybucji, omówiono inżynierię systemów oraz zasady prowadzenia analizy systemowej w aspekcie oceny efektywności funkcjonowania sieci. Dla oceny efektywności funkcjonowania sieci dostaw zaproponowano wskaźniki efektywności dla różnych obszarów oceny. Dla wybranych opracowano tzw. karty wskaźnika, które mogą być bardzo przydatne w analizie systemowej doboru właściwego wariantu konfiguracji sieci dostaw.

Przedstawiono ogólne sformułowanie modelu oceny efektywności sieci dostaw oraz modele cząstkowe dedykowane dla wybranych obszarów oceny. Dla poszczególnych modeli zaproponowano algorytmy ich rozwiązania oraz praktyczne przykłady zastosowania.

Przedłożona w publikacji metodyka umożliwia nie tylko kształtowanie sieci dostaw dla różnych branż, ale również analizę wrażliwości i ocenę efektywności funkcjonowania przy różnych warunkach brzegowych oraz uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych otoczenia. Zakres i sposób przedstawienia informacji, tok wyводу, aparat formalny, zaproponowane modele i algorytmy oraz przykłady praktycznego ich zastosowania sprawiają, że monografia nie tylko ma charakter naukowy, ale również posiada walory podręcznika akademickiego – stąd może być wykorzystywana przez zaawansowanych badaczy i praktyków, a także przez studentów studiów inżynierskich i ekonomicznych na kierunkach transport, logistyka oraz inżynieria produkcji.



Krystyna Wojewódzka-Król (red.)  
**Innowacje w transporcie.**  
**Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja**  
Wydawnictwo Naukowe PWN  
Rok wydania: 2021

Publikacja *Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja* została napisana przez naukowców i praktyków w związku z dynamicznym rozwojem transportu i logistyki w świecie – branży, która jest filarem polskiej gospodarki, wytwarza 6% PKB, a 40% kabotażu i prawie 1/3 międzynarodowego transportu samochodowego ładunków w Unii Europejskiej jest obsługiwana przez polskie firmy transportowe.

Autorami są profesorowie, naukowcy i praktycy z wielu ośrodków, w tym z Uniwersytetu Gdańskiego, Politechniki Gdańskiej, Uniwersytetu Morskiego, International Maritime Organization w Londynie, przedsiębiorstw transportowych.

Problem innowacji jest bardzo szeroki, dotyczy bowiem różnych sfer działalności transportu. Autorzy wybrali te aspekty, które z ich punktu widzenia są obecnie istotne, odpowiadają na wyzwania stojące przed transportem w świetle współczesnych oczekiwań. Innowacje transportowe przedstawione w książce dotyczą na przykład: innowacji infrastrukturalnych, innowacji w transporcie samochodowym, kolejowym, wodnym śródlądowym, morskim, rowerowym, innowacyjnego zarządzania transportem w miastach. Podręcznik ten kierowany jest do studentów studiów inżynierskich i ekonomicznych – na kierunkach: transport, logistyka, ekonomika transportu itp. – ale również do administracji samorządowej i centralnej, spedytorów, operatorów logistycznych czy przedstawicieli firm transportowych.



Krzysztof Karwowski  
**ENERGETYKA TRANSPORTU ZELEKTRYFIKOWANEGO**  
Wydawca: Politechnika Gdańska  
Rok wydania: 2020

W dzisiejszym świecie zglobalizowanej gospodarki, przy ogromnej i stale rosnącej wymianie towarowej oraz coraz większej mobilności społeczeństw poziom rozwoju transportu stał się jednym z najbardziej istotnych czynników decydujących o możliwościach dalszego wzrostu gospodarczego. Narastające ograniczenia transportowe, spowodowane ekstensywną rozbudową środków transportu, która nie nadąża za zwiększającymi się potrzebami, odczuwamy wszyscy – także w życiu codziennym. Stawia to przed inżynierami konieczność wprowadzania nowych technik w celu ułatwienia przemieszczania pasażerów i towarów. Postęp nauki w dziedzinie inżynierii transportu ukierunkowuje się na nowoczesną trakcję elektryczną, szeroko rozumianą elektromobilność oraz wzrost efektywności energetycznej transportu zelektryfikowanego.

Podręcznik zawiera zagadnienia związane z treścią przedmiotów prowadzonych dla kierunków studiów: automatyka i robotyka, elektrotechnika oraz transport. Wymienić tu można przedmioty ogólne, prowadzone na studiach I stopnia: inżynieria elektryczna w transporcie, energetyka transportu oraz przedmioty specjalnościowe na studiach II stopnia: energetyka i telematyka transportu, mechatronika pojazdów, pojazdy elektryczne. Podręcznik jest przeznaczony dla studentów zarówno I, jak i II stopnia kształcenia wyższych uczelni technicznych, a także wszystkich zainteresowanych nowoczesną trakcją elektryczną i zelektryfikowanymi systemami transportowymi.



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

## TEMATYKA

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

**Nr 9 (269)**

Rok XXIII  
Wrzesień 2021

- Automatyka w energetyce
- Automatyka w przemyśle spożywczym
- Efektywność w energetyce
- Automatyka w przemyśle maszynowym
- Układy regulacji automatycznej
- Systemy transportowe
- Maszyny i napędy elektryczne
- Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

Kontakt: e-mail: [redakcja.nis@drukart.pl](mailto:redakcja.nis@drukart.pl); tel. 32 755 19 17

1/2021 (261)

2/2021 (262)

3/2021 (263)

4/2021 (264)

5/2021 (265)

6/2021 (266)

7-8/2021 (267-268)

**9/2021 (269)**

10/2021 (270)

11/2021 (271)

12/2021 (272)

## PRENUMERATA

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

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

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

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

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

lub za pośrednictwem:

- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.



Symbol Rozwoju  
Biznesu **2020**

# BRANŻA PRZEMYSŁOWA IIOT

**PRODUKTY I ROZWIĄZANIA  
DLA NOWOCZESNYCH  
ŚRODOWISK PRZEMYSŁOWYCH**

SKORZYSTAJ Z NASZEJ WIEDZY I SZEROKIEJ OFERTY

 [pl.rs-online.com](http://pl.rs-online.com)

**Wspieramy Twój biznes**







# BEYOND - zawsze ponad standard

