

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

MultiProjekt

Wspieramy Twój biznes

cMT X

nowa seria paneli operatorskich HMI



cMT3162X



cMT3152X

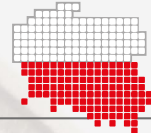


cMT3092X

Więcej informacji o panelach operatorskich HMI Weintek
znajdziesz w artykule na stronie 14.

EVER
POWER SYSTEMS

ZASILACZ URZĄDZEŃ PRZECIWPÓŻAROWYCH **UZS-230V-1kW-1F**



PRODUKT POLSKI



Certyfikat stałości właściwości użytkowych
nr **1438-CPR-0664**

Świadectwo dopuszczenia nr **3741/2019**

Efektywna współpraca z napędami bram
używanymi w systemach kontroli
rozprzestrzeniania dymu i ciepła,
zasilanymi z jednofazowej sieci
energetycznej ~230 V,
o zapotrzebowaniu na moc
nie większym niż 1 kVA / 1 kW.

www.ever.eu/zasilanie-ppoz



Adres redakcji:

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

Redaktor naczelna: Katarzyna Zając

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

Redaguje Zespół: Katarzyna Zając, Ludmiła Urbińska,
Ryszard Klencz

Redaktor statystyczny: Ludmiła Urbińska

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

Redakcja techniczna: Grzegorz Drobny

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

Marketing:

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

Dział prenumerat: Norbert Klencz

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

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

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

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

47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

Patronat honorowy:

Instytut Konstrukcji
i Eksploatacji Maszyn
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki
i Inżynierii Biomedycznej
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji
i Eksploatacji Maszyn
Politechniki Łódzkiej

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

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

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

„Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

Szanowni Państwo!

Słońce znów wszędzie.

Nikogo nie trzeba przekonywać, że kwiecień tego roku jest miesiącem szczególnym.

Epidemia, której nikt nigdy nie doświadczył, objęła cały świat. Zaledwie kilka miesięcy temu niewidzialny wróg „nowy koronawirus”, o którym nigdy wcześniej nie słyszano, rozprzestrzenił się z jednego chińskiego miasta na cały świat w nieprawdopodobnym tempie.

W czasach technokracji, kiedy wydawałoby się, że wykorzystując najnowsze zdobycze techniki, sami nadajemy ton swojemu życiu, przeświadczenie o potęgę ludzkich możliwości szybko topnieje wobec praw natury. Wystarczył bowiem jeden wirus, by z pokorą przyznać się do własnej słabości. Zewsząd dobiegają nas głosy, jak bardzo niekorzystnie wpływa on na gospodarkę. Smutny obraz zdrowotnych problemów dopełniły informacje o stratach przedsiębiorstw na skutek epidemii, stratach ponoszonych przez wiele gałęzi przemysłu.

Każdy z nas czegoś się boi. Mniej lub bardziej skrywane obawy są głęboko zakorzenione w człowieku. Potrzeba wielkiej dojrzałości, a jednocześnie umiejętności powstrzymywania czasem w panice okazywanego strachu, wymaga zdolności patrzenia z dystansem na sprawy ponadpartytularne, ponieważ ta walka, która nie wydaje się kończyć w najbliższym czasie, kiedyś dobiegnie końca. Należy pamiętać o tym, że po nocy nadejdzie dzień i słońce znów wszędzie. Z największą troską o zdrowie i bezpieczeństwo róbmy, co w naszej mocy i róbmy to, co możemy zrobić teraz. Jak pisał bowiem Stanisław Jerzy Lec: „Wszystko mija, nawet najdłuższa zmija”.

My również będziemy pracować razem z Państwem, aby pokonać te bezprecedensowe trudności. Już teraz gromadząc i zapisując na naszych łamach szczegóły dotyczące oferowanych na rynku urządzeń, rozwiązań technicznych czy zrealizowanych już aplikacji, dostrzegamy również szereg ważnych zagadnień o charakterze bardziej ogólnym, które są nieodzowną konsekwencją procesu wytwórczego. Dlatego w tym numerze chcielibyśmy zainteresować Państwa problematyką z tak ważnych dziedzin, jak bezpieczeństwo i efektywność energetyczna, a także przedstawić szersze spojrzenie na branże, w których Państwo funkcjonują na co dzień, jak np. automatyka, hydraulika i pneumatyka czy energetyka.

Zapraszam zatem do lektury publikacji, które znalazły się na łamach kwietniowego wydania pisma, m.in. zestawienia nagrodzonych produktów w Konkursie „Produkt Roku 2019” czy też artykułów: Radosława Goneta „Ogrodzenia ochronne jako elementy bezpieczeństwa polegające oznakowaniu CE”, Stefana Gierlotki „Zatrzymanie krążenia jako skutek porażenia prądem elektrycznym”, Jana Górzyńskiego „Wstęp do efektywności energetycznej w działalności gospodarczej”.

Zapraszam do lektury

Katarzyna Zając

Redaktor naczelna



CO W NUMERZE



Str. 13

Urządzenie przeznaczone do kartonowania zbiorczego, wyposażone w hybrydowy manipulator wieloosiowy z podwójną obrotnicą horyzontalną. RPHP-100



Str. 14

Najnowsza seria paneli dotykowych Weintek została oznaczona symbolem X



Str. 16

Wybrane aspekty wymagań zasilaczy stosowanych do urządzeń przeciwpożarowych – na przykładzie zasilacza do napędów bram napowietrzających UZS-230V-1kW-1F firmy EVER. Cz. 1. Wprowadzenie w specyfikę trendów i zachowań



Str. 19

Aplikacja NORDCON APP oraz moduł Bluetooth NORDAC ACCESS BT

Stałe pozycje

- 6 Nowości techniczne
- 96 Biblioteka

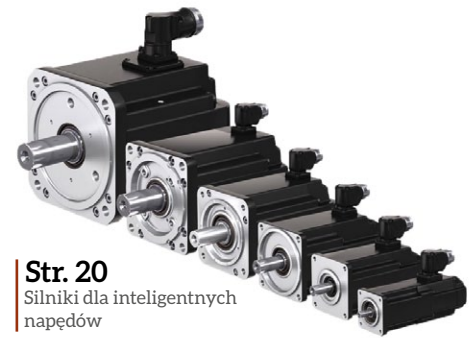
Nauka

- 50 Ogrodzenia ochronne jako elementy bezpieczeństwa podlegające oznakowaniu CE – R. Gonet
- 54 Zatrzymanie krążenia jako skutek porażenia prądem elektrycznym – S. Gierlotka
- 57 Szacowanie niepewności ilości energii cieplnej w układach pomiarowych z przepływomierzami zwężkowymi – O. Byts, I. Kurytnik, F. Matiko, L. Lesovoy, H. Matiko
- 64 Wstęp do efektywności energetycznej w działalności gospodarczej – J. Górzyński
- 68 Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej. Nośniki energii i system społeczno-gospodarczy – J. Górzyński
- 74 Stabilność nieliniowych układów dynamicznych – J. Kabziński, P. Mosiołek
- 79 Współczesny elektryczny napęd trakcyjny. Powody upowszechniania się pojazdów z napędem elektrycznym – A. Dębowski
- 84 Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych. Cz. 1. Tramwajowy napęd elektryczny – A. Dębowski
- 94 Energetyka i kopalnictwo opali w Etiopii – S. Gierlotka

Technologie i produkty

- 13 Urządzenie przeznaczone do kartonowania zbiorczego, wyposażone w hybrydowy manipulator wieloosiowy z podwójną obrotnicą horyzontalną. RPHP-100 – Radpak
- 14 **TEMAT Z OKŁADKI:** Najnowsza seria paneli dotykowych Weintek została oznaczona symbolem X – M. Sakowicz – Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.
- 16 **TEMAT Z OKŁADKI:** Wybrane aspekty wymagań zasilaczy stosowanych do urządzeń przeciwpożarowych – na przykładzie zasilacza do napędów bram napowietrzających UZ S-230V-1kW-1F firmy EVER. Cz. 1. Wprowadzenie w specyfikę trendów i zachowań – D. Zgorzalski – EVER Sp. z o.o.
- 19 Aplikacja NORDCON APP oraz moduł Bluetooth NORDAC ACCESS BT – NORD Napędy Sp. z o.o.
- 20 Silniki dla inteligentnych napędów – Bosch Rexroth Sp. z o.o.
- 22 Adash A4500 VA-5 Pro – VIMS Sp. z o.o.
- 23 Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL
- 24 **TEMAT Z OKŁADKI:** Przygotuj się na spotkanie z cMT-SVR-200, nowej generacji interfejsem operatora dla Twoich bezprzewodowych aplikacji przemysłowych. Interfejs cMT-SVR-200 – Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.
- 26 **TEMAT Z OKŁADKI:** Simplified Motion Series. Łatwe pozycjonowanie – FESTO Sp. z o.o.

- 30 **TEMAT Z OKŁADKI:** IO-Link Master z interfejsem OPC UA – łatwiejszy dostęp do danych w chmurze – PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.
- 32 **TEMAT Z OKŁADKI:** Pierścieniowa głowica odczytu/zapisu i inne urządzenia IO-Link. Śledzenie towarów z pomocą RFID – PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.
- 34 Wysoko wydajny sterownik Bosch Rexroth BODAS RC5-6, pierwszy z nowej serii 40 – Bosch Rexroth Sp. z o.o.
- 36 TXOne Networks – nowe rozwiązania dla bezpieczeństwa w przemyśle od producenta Moxa – Elmark Automatyka S.A.
- 38 IO-Link Murrelektronik. Łatwy w użyciu – Murrelektronik Sp. z o.o.
- 38 Zobacz proces produkcji konektorów w nowym filmie Murrelektronik. Tworzymy konektory! – Murrelektronik Sp. z o.o.
- 40 Rozwiązania napędowe NORD łączą wydajność energetyczną ze zmniejszoną liczbą wariantów napędów LogiDrive dla intralogistyki – NORD Napędy Sp. z o.o.
- 42 Na czym tak naprawdę polega predykcyjne utrzymanie ruchu i jakie narzędzia warto zastosować. Predykcyjne utrzymanie ruchu – B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.
- 44 Hydraulika mobilna. Nowa generacja elektrohydraulicznych układów skrętu – HYDAC Sp. z o.o.
- 47 Ważne funkcje przemienników częstotliwości w elektrowniach słonecznych – SANYU Sobczak Sp. j.
- 48 Marzec miesiącem targów? – SANYU Sobczak Sp. j.
- 49 Prezentacja firmy IOW TRADE – IOW TRADE Sp. z o.o.



Str. 20
Silniki dla inteligentnych napędów



Str. 22
Adash A4500 VA-5 Pro



Str. 23
Nowa generacja wysokosprawnych elektrowibratorów do urządzeń wibracyjnych

Informacje branżowe

- 8 Medale rozdane! – K. Zając
- 29 Wspieranie transferu technologii – M. Osińska – MS-CONSULTING

Indeks reklam

▷ B&R Automatyka Przemysłowa	7, 43	▷ MULTIPROJEKT	1
▷ Befared	61	▷ Murrelektronik	6, 39
▷ Bosch Rexroth	21	▷ NORD Napędy	19, 41
▷ Cantoni GROUP	65	▷ Nowimex	63
▷ Elmark Automatyka	6, 37	▷ PEPPERL+FUCHS	7, 99
▷ Endress+Hauser Polska	6	▷ Radpak	13
▷ EVER	2	▷ Robotyka.com	62
▷ FESTO	100	▷ SANYU Sobczak	47
▷ HYDAC	45	▷ Schmersal-Polska	59
▷ IOW TRADE	55	▷ STAUFF Polska	51
▷ KOMEL	23	▷ Steinlen	53
▷ MS-CONSULTING	29	▷ VIMS	22

NOWOŚCI TECHNICZNE

Zapewnij ciągłość działania swojej firmy z Endress+Hauser

Nie pozwól, aby aktualna sytuacja zakłócała Twoją codzienną pracę. Korzystaj z nowego portalu klienta i komfortowo zamawiaj urządzenia, składaj zapytania ofertowe, korzystaj z dokumentacji oraz bądź w kontakcie z Twoim opiekunem. W dowolnym miejscu i czasie!



Nowy portal klienta Endress+Hauser to cyfrowy kanał komunikacji z działami doradztwa aplikacyjnego i sprzedaży oraz realizacji zamówień. Po założeniu konta użytkownicy mogą korzystać ze spersonalizowanego obszaru strony pl.endress.com. Dzięki temu wszelkie zadania związane z codzienną pracą można wykonywać wygodnie online, z dowolnego miejsca i w dowolnym czasie.

Nowy portal klienta umożliwia:

- zakupy online urządzeń pomiarowych, części zamiennych i akcesoriów;
- możliwość składania zapytań ofertowych online;
- wgląd w historię zamówień i zapytań ofertowych;
- wgląd w dokumentację techniczną;
- kontakt z dedykowanym doradcą technicznym.

Dzięki nowym funkcjom strona firmowa pl.endress.com stała się innowacyjnym kanałem łączącym firmę z klientami. Każdy z nich ma bezpośredni kontakt ze swoim osobistym opiekunem w Endress+Hauser Polska, niezależnie od tego, gdzie aktualnie się znajduje.

Dowiedz się więcej: pl.endress.com/portal-klienta.

Endress+Hauser Polska Sp. z o.o.
www.pl.endress.com

EDS-2000 – bardzo małe switchy na szynę od producenta Moxa

Tam, gdzie rozmiar ma znaczenie. Nowa seria switchy niezarządzalnych na szynę DIN – EDS-2000 pojawiła się niedawno w ofercie producenta Moxa. Jego rozmiary porównywalne są z rozmiarami karty kredytowej – urządzenie bez problemów mieści się w kieszeni spodni.

Przemysłowa seria przełączników EDS-2000 to następcza popularnych urządzeń EDS-205 oraz EDS-208. Urządzenia tej serii posiadają 5 lub 8 miedzianych portów 10/100M, które idealnie nadają się do zastosowań wymagających najprostszyc



narażeniu na uszkodzenie. Opcjonalnie urządzenie może być wyposażone w port światłowodowy ze złączem SC lub ST.

EDS-2000 umożliwia włączanie obsługi kolejkowania ruchu (QoS) oraz ochronę przed burzą broadcastową (BSP) za pomocą przełączników DIP na obudowie.

Seria EDS-2000 posiada pojedyncze wejście zasilania 12/24/48 VDC, montaż na szynie DIN i wytrzymałość EMI/EMC. Oprócz niewielkich rozmiarów urządzenia tej rodziny mogą pracować w temperaturowym zakresie pracy od -10 do 60°C , a wybrane modele (z -T w nazwie) w rozszerzonym zakresie od -40 do 75°C .

Poniżej lista najważniejszych parametrów serii EDS-2000:

- małe wymiary idealne do większości maszyn i szaf;
- konfiguracja QoS i BSP za pomocą przełącznika DIP;
- wysoka odporność na EMC;
- łatwy montaż na szynie DIN;
- obsługiwane 10/100BaseTX/FX;
- szeroki zakres temperatur pracy od -40 do 75°C (modele -T);
- urządzenia w metalowej obudowie: EDS-2005-EL oraz EDS-2008-EL;
- urządzenia w plastikowej obudowie: EDS-2005-ELP oraz EDS-2008-ELP.

Elmark Automatyka S.A.
moxa@elmark.com.pl

Impact67 – parametryzowanie portów według potrzeb

Kompaktowy moduł Impact67 dostępny jest teraz dla sieci Ethernet/IP z dopuszczeniem CT14 ODVA (*Open DeviceNet Vendors Associations*). Dzięki całkowicie szczelnej obudowie ten wysokiej jakości moduł zapewnia niezawodność maszyn. Porty modułu można konfigurować jako wejścia, wyjścia lub porty IO-Link – w zależności od wymagań konkretnej aplikacji. To maksymalna elastyczność i oszczędność kosztów, ponieważ liczba modułów w instalacji może zostać zredukowana do minimum. Rozbudowane możliwości diagnostyczne i możliwość utworzenia struktury pierścienia dodatkowo zwiększają wydajność systemu. Prosty i intuicyjny interfejs umożliwia szybkie uruchomienie. Technologia *Quick Connect* gwarantuje szybki rozruch, co jest szczególnie ważne w obszarze robotyki. Dodatkowym atutem jest szeroka oferta akcesoriów, takich jak konwertery analogowe/IO-Link czy praktyczne sprzęgła indukcyjne.



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

NOWOŚCI TECHNICZNE

Nowa oferta czujników bezpieczeństwa indukcyjnego firmy Pepperl+Fuchs



Nowa rodzina czujników bezpieczeństwa firmy Pepperl+Fuchs – wynalazcy indukcyjnego czujnika zbliżeniowego – obejmuje cztery cylindryczne i prostokątne serie z połączeniami kablowymi i wtyczkowymi. Czujniki posiadają certyfikat TÜV zgodnie z Dyrektywą Maszynową (EN 13849), poziom niezawodności PL d oraz kategorię 2 i SIL 2. Służą do zabezpieczenia maszyn i elementów instalacji, a także do niezawodnego wykrywania pozycji w tym środowisku. Czujniki indukcyjne o podwyższonym zakresie temperatur, zwiększonej odporności na EMC i dopuszczeniu E1 do użytku z maszynami mobilnymi i pojazdami w obszarach o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa uzupełniają tę nową ofertę.

Te czujniki zbliżeniowe bezpieczeństwa nie wymagają specjalnego kodowanego elementu wyzwalającego i dlatego mogą być używane ze standardowymi metalowymi aktywatorami. Czujniki firmy Pepperl+Fuchs nie mają martwej strefy, dzięki czemu można je łatwo zamontować bez dodatkowej regulacji.

Czujniki są wyposażone w znormalizowane wyjścia OSSD (*Output Signal Switching Device*) do sygnałów i diagnostyki, które można podłączyć do modułu bezpieczeństwa lub odpowiedniego panelu sterowania.

Indukcyjne czujniki bezpieczeństwa firmy Pepperl+Fuchs charakteryzują się bardzo wysokimi charakterystycznymi wartościami bezpieczeństwa ze względu na zastosowaną elektronikę. W rezultacie regularne kontrole działania są wymagane znacznie rzadziej, a integracja z pętlą bezpieczeństwa jest znacznie łatwiejsza.

PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.
www.pepperl-fuchs.pl

Sterowniki przemysłowe B&R z wydajnością komputera

Nowy sterownik X20CP3687X firmy B&R łączy wydajność komputera przemysłowego z kompaktową konstrukcją sterownika serii X20. Dzięki wydajnemu przetwarzaniu, dodatkowej pamięci RAM i wbudowanej pamięci flash wysokiej klasy sterownik może obsługiwać złożone algorytmy sterowania, a nawet aplikacje robotyki, które wcześniej wymagałyby zastosowania komputera przemysłowego.



Dzięki interfejsowi Ethernet z obsługą TSN sterownik X20CP3687X może z powodzeniem stawić czoła wyzwaniom przyszłości. Jest w pełni przygotowany do komunikacji z wykorzystaniem niezależnego od producenta standardu komunikacyjnego OPC UA over TSN. Sterownik jest standardowo wyposażony w złącza USB i POWERLINK.

Dodatkowe interfejsy można zainstalować za pomocą modułów interfejsu. Mimo swych niezwykłych możliwości nowy moduł ma dokładnie taką samą konstrukcję i wymiary jak wszystkie inne sterowniki serii X20 firmy B&R.

B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.
www.br-automation.com

reklama

Które wydanie
jest dla Ciebie?

5/2020

Termowizja, monitoring, pomiary

6/2020

Przemysł maszynowy, innowacje
Przemysł 4.0

7-8/2020

Systemy automatyzacji w górnictwie
Automatyzacja transportu szynowego

Medale rozdane!

Katarzyna Zając

Redakcja miesięcznika „Napędy i Sterowanie” we współpracy z Katedrą Automatyki AGH zorganizowała kolejną edycję Konkursu na najlepsze rozwiązanie – PRODUKT ROKU 2019. Przedsięwzięcie związane z ideą wydawnictwa, którego celem jest wyróżnienie nowych rozwiązań technicznych oraz zaprezentowanie ich Czytelnikom.



Organizując kolejną edycję Konkursu, postanowiliśmy uhonorować producentów, którzy wzbogacili polski rynek techniczny o innowacyjne rozwiązania. Jednocześnie postawiliśmy sobie za cel przybliżyć Państwu produkty, które obecnie są oferowane na rynku.

Polskie firmy opracowują rozwiązania na światowym poziomie. Powstał szereg rozwiązań we współpracy firm polskich i partnerów europejskich. Wiodące firmy automatyki na rynku światowym wprowadzają rozwiązania, z których korzysta polski przemysł. Konkurs NiS PRODUKT ROKU 2019 pokazuje światowe trendy w automatyce i rozwiązania wprowadzane do polskiego przemysłu. Jest on doskonałą okazją do zaprezentowania szerokiej publiczności innowacyjnych produktów. Stanowi również narzędzie służące zmianie postaw i świadomości w zakresie potrzeby wdrażania innowacji i korzyści wynikających ze współpracy sektora biznesu i nauki. Adresatami przedsięwzięcia były przedsiębiorstwa reprezentujące innowacyjne rozwiązania i myśli techniczne, które z pewnością wzbogacą polski przemysł.

Produkty i rozwiązania zgłoszone do Konkursu ocenione zostały w Katedrze Automatyki i Robotyki na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie przez niezależne jury, w składzie:

- prof. dr hab. Witold Byrski;
- prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz;
- dr hab. inż. Krzysztof Oprzędkiewicz.

Komisja konkursowa podczas analizy produktów brała pod uwagę innowacyjność danego produktu, możliwy krótki okres stosowania na świecie, potencjał rozpowszechniania, podniesienia efektywności w działaniu i bezpieczeństwa. Założenia te były podstawą oceny zgłoszonych produktów.

Nagrody przyznane zostały w następujących kategoriach:

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

Nagrodzone produkty z pewnością będą inspiracją dla nowych projektów, wdrożeń pozwalających na sprawniejszą i bardziej efektywną produkcję.

W imieniu całej redakcji pisma uczestnikom Konkursu oraz jego zwycięzcom serdecznie gratulujemy innowacyjnych, nowoczesnych rozwiązań.

Zapraszam Państwa do zapoznania się z szerszą informacją na temat produktów konkursowych na kolejnych stronach pisma.

Członkowie Komisji przyznali nagrody w każdej z pięciu niżej wymienionych kategorii

Nowe maszyny i technologie

- Radpak Fabryka Maszyn Pakujących Sp. z o.o.
RPHP-100
- Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.
Szybka ładowarka DC o mocy 50 kW dla samochodów elektrycznych
- Waldemar Rys Zakład Hydrauliki Siłowej „HYDROMAR”
Siłownik hydrauliczny o nowej konstrukcji zwiększającej bezpieczeństwo eksploatacji i parametry użytkowe

Poprawa bezpieczeństwa

- EVER Sp. z o.o.
Zasilacz EVER typu UZS-230V-1kW-1F

Napędy i silniki

- Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL
Wysokosprawny napęd elektrowibracyjny dwusilnikowy do przemysłowych urządzeń wibracyjnych, wyposażony w silniki synchroniczne z magnesami trwałymi

- Bosch Rexroth Sp. z o.o.
MS2N – serwoślilniki dla inteligentnych napędów
- Faulhaber Polska Sp. z o.o.
Przekładnie planetarne z serii GPT

Systemy sterowania procesami i układami

- MULTIPROJEKT AUTOMATYKA Sp. z o.o.
cMT3162X
- TURCK Sp. z o.o.
TCG20 (brama UMTS/Wi-Fi)
- Nord Napędy Sp. z o.o.
Aplikacja NORDCON APP oraz moduł Bluetooth NORDAC ACCESS BT

Urządzenia pomiarowe i czujniki

- VIMS Sp. z o.o.
Adash A4500 VA5Pro
- Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.
Przetwornik ciśnienia typu DOH PT-02
- Pepperl + Fuchs Sp. z o.o.
Indukcyjne czujniki bezpieczeństwa

Radpak Fabryka Maszyn Pakujących Sp. z o.o. **RPHP-100**

Urządzenie przeznaczone do kartonowania zbiorczego, wyposażone w hybrydowy manipulator wieloosiowy z podwójną obrótnicą poziomą, które służy do zautomatyzowanego procesu pakowania różnego rodzaju produktów w opakowaniach jednostkowych typu DOYPACK do kartonów typu 0201 oraz 0202 według katalogu FEFCO. Do urządzenia podawane są uformowane kartony zbiorcze. Następnie kierowane są na jedno ze stanowisk załadunkowych. Na pierwszym stanowisku

torby pakowane są w pozycji poziomej. Na drugim stanowisku torby układane są w kartonach w pionie. Torby dostarczane są do przenośnika indeksowego systemem przenośników wstrzeliwujących. Na przenośniku indeksowym formowane są odpowiednie grupy produktu i dostarczane do stacji pakowania. Następnie grupy toreb chwyte są ssawkami podciśnieniowymi i przenoszone do kartonów zbiorczych.





Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.

Szybka ładowarka DC o mocy 50 kW dla samochodów elektrycznych

Celem projektu było opracowanie i wdrożenie do produkcji nowego produktu, jakim jest szybka ładowarka prądu stałego EVC1000 o mocy 50 kW przeznaczona do zastosowania w stacjach szybkiego ładowania samochodów elektrycznych. W urządzeniu zastosowano innowacyjne rozwiązanie wykorzystujące wysokoczęstotliwo-

ściową przetwornicę separującą AC/AC, zbudowaną na bazie transformatora wysokoczęstotliwościowego (ang. *High Frequency*, HF). Ograniczono w ten sposób koszty, wymiary i wagę całego urządzenia. Ładowarka jest zgodna ze standardami ładowania CCS i CHAdeMO.



Waldemar Rys Zakład Hydrauliki Siłowej „HYDROMAR”

Siłownik hydrauliczny o nowej konstrukcji zwiększającej bezpieczeństwo eksploatacji i parametry użytkowe

Siłownik hydrauliczny o nowej konstrukcji zwiększającej bezpieczeństwo eksploatacji i parametry użytkowe – innowacyjnością rozwiązania jest zwiększenie żywotności siłownika, zwiększenie bezpieczeństwa użytkownika poprzez eliminację możliwo-

ści swobodnego przemieszczenia, znaczący wzrost stopnia odprowadzenia energii cieplnej i zanieczyszczeń podczas eksploatacji oraz zwiększona sztywność siłownika, co wynika z ograniczenia wpływu podatności przewodów zasilających.



EVER Sp. z o.o.

Zasilacz EVER typu UZS-230V-1kW-1F

Polski, certyfikowany zasilacz urządzeń przeciwpożarowych firmy EVER typu UZS-230V-1kW-1F przeznaczony jest do współpracy z napędami bram używanymi w systemach kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła, zasilanymi z jednofazowej sieci energetycznej ~230 V, o zapotrzebowaniu na moc nie większym niż 1 kVA / 1 kW. Urzą-

dzenie wyróżnia się niewielką powierzchnią montażową, niską masą własną oraz możliwością instalacji na powierzchni o niskiej nośności (płyty warstwowe). Dodatkowo produkt cechuje krótki czas ładowania wysokiej jakości akumulatorów i możliwości ich ergonomicznej wymiany.



Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL

Wysokosprawny napęd elektrowibracyjny dwusilnikowy do przemysłowych urządzeń wibracyjnych, wyposażony w silniki synchroniczne z magnesami trwałymi

W wyniku realizacji projektu PBS nr PBS3/B4/15/2015 opracowano, wykonano i przebadano nowatorski dwusilnikowy napęd elektrowibracyjny, generujący drgania liniowe. Napęd charakteryzuje się szeregiem zalet w stosunku do rozwiązań tego

typu napędów dostępnych dotychczas na rynku. Rozwiązanie objęte jest patentem RP nr 233275, pt. „Układ napędowy dwusilnikowy maszyn elektrowibracyjnych oraz sposób jego rozruchu i sterowania w czasie pracy”, przyznanym w roku 2019.

Bosch Rexroth Sp. z o.o.

MS2N – serwoślilniki dla inteligentnych napędów

Moment obrotowy 360 Nm i prędkość do 9000 obr./min, połączenie jednokablowe, enkodery SIL3 Ple.

Źródło danych dla inteligentnych rozwiązań w środowisku Przemysłu 4.0: odczyty nasycenia i temperatury z każdego silnika. Dane te są zapisywane w pamięci silnika.

Sterowniki napędu IndraDrive przetwarzają te wartości w czasie rzeczywistym, dlatego serwoślilnik może być używany jako niezawodny czujnik. Technologia Przemysłu 4.0 może być realizowana w ekonomiczny sposób i bez użycia dodatkowych komponentów.



Napędy i silniki

Faulhaber Polska Sp. z o.o.

Przekładnie planetarne z serii GPT

Nowe metalowe przekładnie charakteryzują się kompaktową budową o średnicach 22, 32 i 42 mm, dużym momentem obrotowym do max. 25 Nm oraz wieloma precyzyjnymi stopniami przełożenia, maksymalnie do 1294:1. Mogą one pracować z prędkościami

wejściowymi do 20000 obr./min w trybie pracy przerywanej. Są one niezwykle wytrzymałe i tolerują zarówno częste, jak i głąb zmiany obciążenia. Przekładnie pracują z dużą wydajnością i mogą być montowane z różnymi typami silników z naszej oferty.



Napędy i silniki

MULTIPROJEKT AUTOMATYKA Sp. z o.o.

cMT3162X

Urządzenie cMT3162X to nowoczesny panel operatorski o wysokich parametrach. Cechę wyróżniającą stanowi wyświetlacz o wysokiej rozdzielczości, szerokich kątach widzenia i dużym kontraście. Posiada ekran Full-HD IPS LCD o rozdzielczości 1920×1080 (proporcje 16:9) – 15,6", na którym czterordzeniowy procesor z obsługą grafiki 3D pozwoli zaprezentować nawet najbardziej złożone animacje w procesie automatyki. Dodatkowo wbudowa-

na została usługa dostępu zdalnego VPN, ułatwiająca szyfrowane połączenie zdalne z panelem i urządzeniami do niego podłączonymi. W opcji jest także wewnętrzny wirtualny PLC (Codesys). Panel posiada także powiadomianie o alarmach wibracjami i dźwiękiem lub przez natychmiastowe wiadomości na urządzeniu mobilnym. Dodatkowo istnieje możliwość sterowania zaprogramowanymi funkcjami procesu poprzez funkcję gestów ekranowych.



Systemy sterowania procesami i układami

TURCK Sp. z o.o.

TCG20 (brama UMTS/Wi-Fi)

Bezprzewodowa brama UMTS/Wi-Fi umożliwia łatwe łączenie maszyn, instalacji oraz pojedynczych punktów pomiarowych w odległych lokalizacjach z sieciami automatyki.

Środowisko EDGE-PLC umożliwia zarządzanie prostymi funkcjami kontrolera oraz

wstępnym przetwarzaniem danych do transmisji cyklicznej lub kierowanej zdarzeniami.

Może wymieniać dane z systemami chmurowymi oraz informować użytkowników o zdarzeniach występujących w systemie poprzez wiadomości SMS czy e-mail.



Systemy sterowania procesami i układami



Nord Napędy Sp. z o.o.

Aplikacja NORDCON APP oraz moduł Bluetooth NORDAC ACCESS BT

Oferują zdalny rozruch, monitorowanie i obsługę wszystkich napędów NORD z użyciem urządzenia mobilnego. Szybki dostęp do parametrów oraz funkcja pomocy zapewniają bezproblemową parametryzację napędów. W trybie ręcznym wtyczka NORDAC BT ACCESS może być wykorzy-

stana do tworzenia kopii zapasowej. Moduł ten jest wykorzystywany do tworzenia połączenia pomiędzy urządzeniem a aplikacją. Wtyczka Bluetooth jest umieszczana bezpośrednio w gnieździe komunikacyjnym przetwornicy.



VIMS Sp. z o.o.

Adash A4500 VA5Pro

Adash A4500 VA5Pro to analizator drgań z ogromnym ekranem dotykowym, wyposażony w 4 kanały drgań i 4 kanały wartości procesowych (temperatura, ciśnienie itp.) wraz z prędkością synchroniczną. Z możliwością zastosowania czujnika trójosiowego

i sond zbliżeniowych do pomiaru przemieszczeń. Wyposażony w pomiary turbinowe, wyważarkę, analizę oktaw, możliwość wyznaczania rezonansów konstrukcji (BUMP TEST), ODS, MCSA, kamerę termowizyjną i pomiary ultradźwiękowe.



Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.

Przetwornik ciśnienia typu DOH PT-02

Przetwornik ciśnienia DOH PT-02 przeznaczony jest do pomiaru ciśnienia względnego cieczy i gazów. Jest urządzeniem iskrobezpiecznym, wykonanym ze stali nierdzewnej kwasoodpornej, w obudowie zapewniającej stopień ochrony IP65/67. Dzięki swojej budowie nadaje się do zastosowania w instalacjach pneumatycznych i hydraulicznych maszyn i obiektów przemysłowych. Zastosowany w przetworniku wysokiej klasy element pomiarowy umożliwia precyzyjny pomiar ciśnienia w dowolnym zakresie od 0-10 MPa do 0-100 MPa. Przetwornik ciśnienia DOH PT-02 za-

silany jest napięciem 12 V DC. Wyniki pomiarów udostępnia w postaci analogowego sygnału napięciowego w zakresie 0,5-4,5 V. Szczególnie znajduje zastosowanie w przemyśle wydobywczym do monitorowania ciśnienia w systemach sterowania elektrohydraulicznego obudową zmechanizowaną, kombajnem ścianowym, kombajnem chodnikowym, w układach sterowania agregatami pompowymi oraz w innych maszynach wchodzących w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego.



Pepperl + Fuchs Sp. z o.o.

Indukcyjne czujniki bezpieczeństwa

Indukcyjne czujniki bezpieczeństwa Pepperl+Fuchs nie wymagają specjalnie kodowanego obiektu i mogą być stosowane ze standardowymi obiektami metalowymi. Ze względu na to, że nie mają strefy „martwej”, można je łatwo zamontować i nie wymagają dalszej regulacji. Oszczędza to zarówno czas, jak i pieniądze. Ponadto znormalizowany interfejs OSSD umożliwia łatwe i bezpośred-

nie podłączenie bezkontaktowych czujników bezpieczeństwa do sterowników bezpieczeństwa. Dzięki nowym indukcyjnym czujnikom bezpieczeństwa użytkownicy mogą korzystać z wysokiej wydajności i elastycznej implementacji systemów bezpieczeństwa SIL 2/PL d. Dzięki połączeniu redundantnemu można osiągnąć nawet SIL 3/PL e.



Connected Hydraulics

Now. Next. Beyond.

Jesteśmy globalnym partnerem w zakresie sprawdzonych rozwiązań z zastosowaniem napędów hydraulicznych. Nieustannie wyznaczamy nowe standardy wydajności. Pomagamy naszym klientom sterować siłą oraz momentem obrotowym. Nasze rozwiązania z zakresu usieciowionej

hydrauliki doskonale wpasowują się w nowoczesną architekturę sterowania: od małych po wielkie, od seryjnych po duże biznesowe projekty - wszystko przy wsparciu globalnej sieci serwisowej. **Now. Next. Beyond.**



www.connected-hydraulics.pl

rexroth
A Bosch Company



Adash A4500 VA-5 Pro

To, co niegdyś oferowały komputery, dziś jest standardem w smartfonie. Wszyscy oczekujemy coraz więcej... Podobnie jest w obszarze analizatorów drgań. W związku z tym jeden z liderów branży – firma Adash – niedawno zaprezentował najnowsze dziecko, profesjonalny analizator drgań A4500 VA-5 Pro, jednocześnie oferując niespotykanie bogatą funkcjonalność, wykraczającą poza zaawansowane pomiary drgań. Termowizja i ultradźwięki uzupełniają przetwarzanie czterech kanałów pomiarów dynamicznych drgań, zachowując przy tym niewygórowaną cenę urządzenia, prawdopodobnie nieosiągalną dla klasowej konkurencji.

Analizator drgań Adash VA-5 Pro wyprzedza standardy, oferując niezwykle poręczny przyrząd o kontrastowym wyświetlaczu, z możliwością obsługi dotykowej. Spora powierzchnia ekranu sprawia, że analizy widmowe i przebiegi czasowe można wykonać już na obiekcie, dokonując na bieżąco szybkiej oceny stanu technicznego badanej maszyny, a niewielka waga niewątpliwie zachęca do noszenia urządzenia zawsze przy sobie.

Podczas gdy powszechnie spotykamy politykę cenową opartą na oferowaniu w niskiej cenie produktu pozbawionego kluczowych cech, a dopiero po doposażeniu o opcjonalne funkcjonalności zyskujemy pełnowartościowy przyrząd i... dwukrotnie wyższą cenę, Adash staje znów w opozycji, dostarczając analizator VA-5 Pro w pełnej opcji funkcjonalnej. Nie dość, że dostępne są wszystkie 4 kanały synchronicznie próbkowane, to od razu do dyspozycji mamy aż 11 modułów funkcjonalnych, wśród których oprócz oczywistych, jak analizator, wyważarka czy ścieżka pomiarowa, znajdziemy jeszcze *bump test*, czyli test uderzeniowy do wyznaczania częstotliwości rezonansowych, rejestrator do wielogodzinnych nagrań oraz bezsprzecznie warty zainteresowania system FASIT, czyli ekspercki system wspomagania diagnostyki.

Naturalnie nasuwa się wątpliwość, czy czeskie pochodzenie i niewygórowana cena to nie prosta droga do niskiej jakości urządzeń. Godne uwagi jest odnotowanie pięciu lat pełnej gwarancji na wszystkie produkty Adash.



Wydaje się, że oprogramowanie współpracujące, do zainstalowania na komputerze PC, to kolejny ważny element wyposażenia każdego diagnosty drganiowego. Z pewnością oprogramowanie diagnostyczne DDS jest doskonale zaprojektowane do budowania przejrzystej bazy pomiarów i pozwala szybko uzyskać profesjonalny raport o stanie maszyny.

Konkludując, analizator Adash VA-5 Pro to nowoczesne urządzenie z długim okresem gwarancji, bogatą funkcjonalnością i niewygórowaną ceną. Na dodatek coś, czego nie oferują znane analizatory, to kamera termowizyjna, która pozwala na szybkie dodanie do raportu zdjęcia z widokiem rozkładu promieniowania cieplnego maszyny, a także ultradźwięki do wykrywania wycieków.



verified industrial maintenance solutions **VIMS**

VIMS Sp. z o.o.
tel. 12 446 40 50
e-mail: info@vims.pl
www.vims.pl

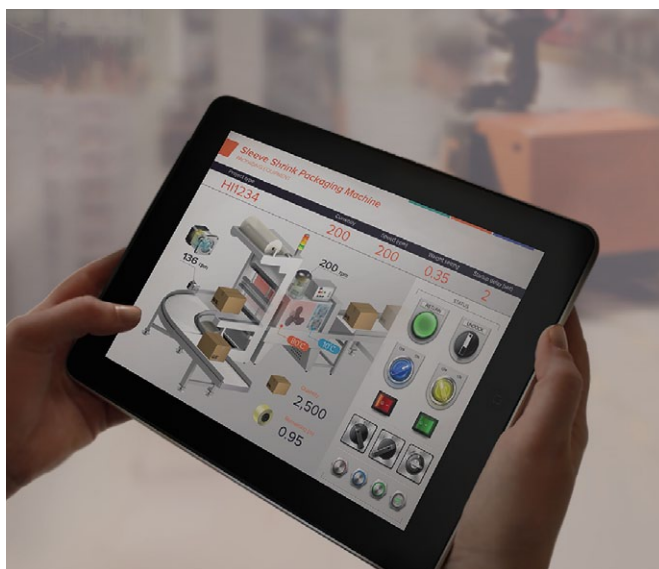
Przygotuj się na spotkanie z cMT-SVR-200, nowej generacji interfejsem operatora dla Twoich bezprzewodowych aplikacji przemysłowych

Interfejs cMT-SVR-200

Przez ostatnie lata Weintek nieustannie inwestował w badania i rozwój w zakresie innowacji dotyczących serii cMT, która stopniowo zwiększała zasób swoich możliwości, zyskując uznanie w różnych zastosowaniach i aplikacjach IIoT – przy czym wspierając głównie kablową komunikację sieciową. Niemniej jednak firma Weintek jest świadoma tego, że nie wszystkie fabryki tworzone są w oparciu o kablową łączność sieciową.

Wwielu sytuacjach zbudowanie sieci oraz okablowania staje się przeszkodą dla wykonania modernizacji, zwłaszcza w przypadku, gdy sama instalacja ma zostać wykonana na ruchomej platformie. W tych trudnych sytuacjach na ratunek spiesz bezprzewodowa łączność Wi-Fi. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, Weintek wprowadza nowy bezprzewodowy model – cMT-SVR-200, oparty na funkcjonalności modelu cMT-SVR-100, ale w którym jedną z przewodowych kart sieciowych zastąpiono bezprzewodową kartą Wi-Fi.

Przełamując schematy konwencjonalnego podejścia typu „jedna maszyna współpracuje z jednym panelem operatorskim”, bezekranowa seria cMT-SVR stała się jedynym w swoim rodzaju produktem przełomu generacji. Prezentując innowacyjne rozwiązanie serii cMT, model cMT-SVR-200 odziedziczył wszystkie kluczowe cechy i funkcje, w tym monitorowanie z poziomu wielu ekranów oraz możliwość zdalnej obsługi. Dzięki uruchomieniu aplikacji cMT Viewer na tablecie, telefonie komórkowym lub komputerze PC operatorzy mogą bezprzewodowo monitorować i kontrolować wiele interfejsów cMT.



Nawet w sytuacji, gdy operatora nie ma na miejscu, EasyAccess 2.0 umożliwia zdalne monitorowanie maszyny, ale również umożliwia transparentne połączenie ze sterownikiem PLC.

Nie posiadając własnego ekranu, cMT-SVR-200 montowany jest wewnątrz szafy sterowniczej – w oczywisty sposób nie prowadzi to do obaw związanych ze zużywaniem się ekranu. Jednak w przypadku, gdy dla lokalnej obsługi maszyny potrzebny jest ekran, wystarczy zainstalowanie modelu cMT-iV6, który stanowi stacjonarny terminal dla ukazywania wizualizacji zaszytych w urządzeniach serii cMT.

W porównaniu do swojego poprzednika cMT-SVR-200 otrzymał szeroki zakres napięcia zasilającego do stosowania go w różnych warunkach zasilania.

Ponadto Wi-Fi w cMT-SVR-200 obsługuje standardy komunikacji bezprzewodowej 802.11b/g/n oraz zabezpieczenia WPA/WPA2, umożliwiając HMI efektywne, niezawodne i bezpieczne wysyłanie/zbieranie cennych danych w trudnych warunkach przemysłowych.



Wraz z pojawieniem się modelu cMT-SVR-200 użytkownicy zyskali nową możliwość w pokonywaniu przeszkód związanych z samym okablowaniem. Przygotuj się na spotkanie z cMT-SVR-200, panelem nowej generacji HMI dla Twoich bezprzewodowych aplikacji przemysłowych.

Funkcje CMT-SVR-200

Przemysłowe Wi-Fi

Obsługuje standardy bezprzewodowe 802.11b/g/n. Zaprojektowany z odpornością na możliwe zakłócenia środowiska przemysłowego. Demontowalna konstrukcja anteny pozwala na użycie anteny innego pochodzenia, odpowiedniej dla danego środowiska.

Bogate interfejsy I/O

Port Ethernet, USB Host 2.0, porty szeregowo: COM1: RS-232 COM2: RS-485 2W / 4W COM3: RS-485 2W.

Wysoka niezawodność

Zabezpieczenia na poziomie przemysłowym: powlekana płytka drukowana i izolacja zasilania zapewniają trwałość i niezawodność nawet w trudnych warunkach.

Pojemność pamięci

Nie tylko oferuje znaczną pojemność pamięci, ale także pozwala na użycie zewnętrznego dysku USB/karty SD jako miejsca do przechowywania.

Szeroki zakres napięcia zasilania

Obsługuje szeroki zakres napięcia zasilania 10,5 ~ 28 V DC do instalacji w różnych warunkach zasilania.

Wydajna łączność

Obsługuje ponad 300 sterowników, w większości przypadków przeznaczonych dla głównych marek PLC i sterowników.

EasyAccess 2.0

EasyAccess 2.0 posiada możliwość zdalnego dostępu do danych HMI, umożliwiając transparentne połączenie ze zdalnym sterownikiem PLC. W przypadku modelu cMT-SVR-202 licencja EasyAccess 2.0 jest zawarta w cenie serwera.

Obsługa protokołów IIoT

Obsługuje bramę MQTT i MODBUS TCP/IP, zapewniając bezproblemową integrację systemu i integrację z platformami przesyłającymi dane w chmurze. ■



MultiProjekt

Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.

ul. Cystersów 20 A

I Piętro

31-553 Kraków

tel. 12 413 90 58

fax 12 376 48 94

e-mail: info@multiprojekt.pl

www.multiprojekt.pl

Simplified Motion Series

Łatwe pozycjonowanie

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

Integracja

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



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

Najważniejsze cechy

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

Prostota

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

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

Przegląd produktów – Simplified Motion Series

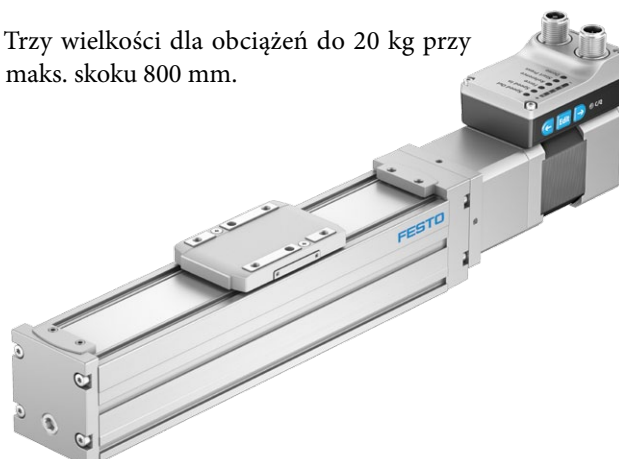
Simplified Motion Series składa się z liniowych i obrotowych napędów elektromechanicznych wraz z prostym i zoptymalizowanym pod kątem aplikacji połączeniem silnika i napędów serwo, które tworzą tak zwany zintegrowany napęd. Takie rozwiązanie nie wymaga dodatkowych komponentów do instalacji w szafce sterowniczej,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

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

Napęd ze śrubą ELGS-BS

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

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



Napęd z paskiem zębatym ELGS-TB

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

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



Wspólne cechy:

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

Jednostka mini EGSS

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



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

Siłownik elektryczny EPCS

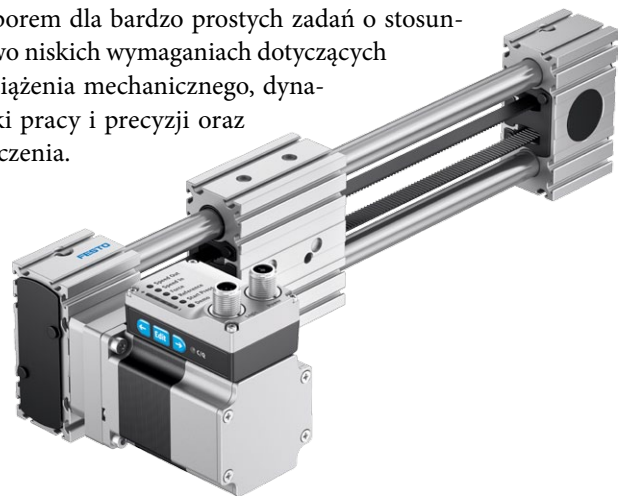
Siłownik EPCS może być wykorzystywany do pojedynczych ruchów liniowych w każdej pozycji montażu, a płynnie pracujący napęd ze śrubą toczną zapewnia precyzyjne i szybkie pozycjonowanie. Siłownik elektryczny jest bardzo ekonomicznym i kompletnym rozwiązaniem, które jest doskonałe do wielu aplikacji, np.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



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

Napędy ELGE z paskiem zębatym

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



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

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

Napęd obrotowy ERMS

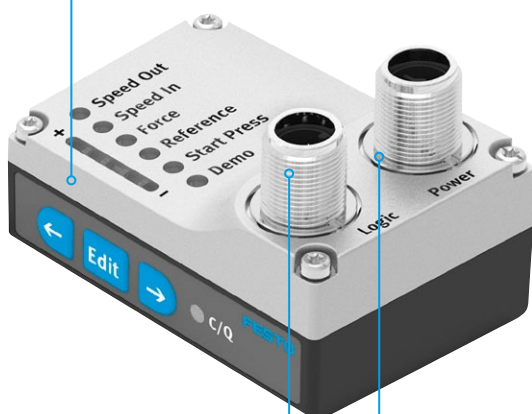
Napęd obrotowy ERMS jest atrakcyjnym cenowo rozwiązaniem dla prostych zadań obracania, ale może być również wykorzystywany w zastosowaniach z większym obciążeniem. Napęd może przenosić duże siły oraz momenty dzięki obrotowej płycie ze sztywnymi, precyzyjnymi i bezluzowymi łożyskami kulkowymi.



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

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

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



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

Przyłącza elektryczne za pomocą wtyczki M12:

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

Podłączenie i uruchomienie zintegrowanego napędu

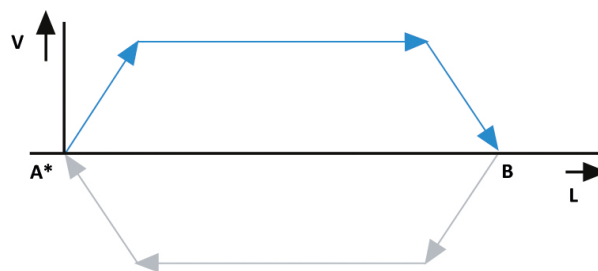
Simplified Motion Series sterowany jest poprzez cyfrowe We/Wy lub IO-Link. Oba typy sterowania są zintegrowane jako standard.

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

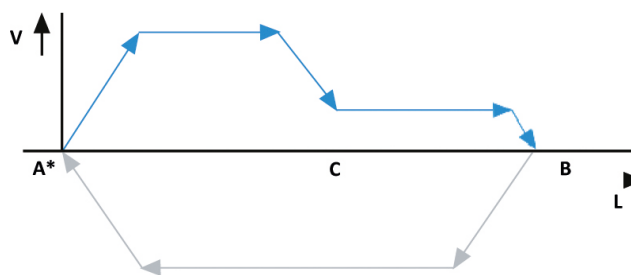
Sygnalizacja położenia końcowego jest zintegrowana w standardzie, a jej funkcjonalność odpowiada konwencjonalnemu czujnikowi zbliżeniowemu. Uruchamianie jest szybkie i proste, bez konieczności stosowania jakiegokolwiek oprogramowania, komputerów czy innych akcesoriów, ponieważ wszystkie parametry można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

Funkcje Simplified Motion Series

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



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



→ „Wysuw”

→ „Powrót”

A* Referencyjne położenie końcowe

B Pozycja docelowa

C Pozycja rozpoczęcia procesu wciskania z zadaną siłą

FESTO

FESTO Sp. z o.o.

ul. Mszczonowska 7

05-090 Raszyn

tel. 22 711 41 00

fax 22 711 41 02

e-mail: festo_poland@festo.com

www.festo.pl

Wspieranie transferu technologii

Marta Osińska

W kwietniu br. Agencja Rozwoju Przemysłu planuje przeprowadzić kolejny konkurs na Transfer Technologii. Konkurs planowany jest w ramach Projektu grantowego Sieć Otwartych Innowacji Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020, I komponentu, Działania 2.2. Otwarte innowacje – Wspieranie transferu technologii.

Poprzednia edycja, przeprowadzona w marcu br., nieco różnić będzie się od kolejnej. Najważniejszą zmianą jest zwiększenie intensywności wsparcia w ramach pomocy *de minimis*. Poziom wsparcia wzrośnie dla wszystkich województw:

- w województwie mazowieckim będzie to do 80% dofinansowania (wcześniej 20–55%);
- w pozostałych województwach będzie to do 85% dofinansowania (wcześniej 45–70%).

Zmianie ulegnie również minimalna kwota dofinansowania. Wynosić będzie ona 150 tys. zł (dotąd minimalna kwota wydatków kwalifikowalnych wynosiła 100 tys. zł).

Uproszczone zostaną też formalności dotyczące dokumentów składanych w ramach konkursu. Zmianie ulegnie m.in. załącznik dot. części finansowej wniosku o powierzenie grantu.

W ramach planowanego konkursu wsparcie można uzyskać na nabycie technologii, tj.:

- patentu, wzoru użytkowego i przemysłowego lub ich zgłoszenia;
- prawa autorskiego do oprogramowania (wykluczone m.in. oprogramowanie biurowe, księgowo, systemy operacyjne komputerów osobistych);
- prawa do chronionych odmian roślin;
- topografii układów scalonych;
- *know-how*.

Warto zaznaczyć, że koszt wdrożenia technologii nie jest objęty dotacją. Kosztami kwalifikowalnymi nie są także szkolenia pracowników/zespołu.

Aplikując w konkursie, należy pamiętać o kilku wymogach, które stawiane są Wnioskodawcom, m.in. (na bazie konkursu przeprowadzanego w marcu br.):

- technologia stanowiąca innowację produktową lub procesową, minimum na poziomie TRL 7;
- przedmiotem projektu powinna być innowacja obecna na rynku krajowym nie dłużej niż 3 lata oraz na rynku międzynarodowym nie dłużej niż 5 lat;
- dofinansowanie nabycia technologii następuje na warunkach rynkowych od dawcy niepowiązanego kapitałowo, osobowo bądź faktycznie;
- przedmiot projektu musi wpisywać się, w co najmniej jedną Krajową Inteligentną Specjalizację;
- projekt może rozpocząć się dopiero po złożeniu wniosku o dofinansowanie;



- technologia może składać się z więcej niż jednej wartości niematerialnej i prawnej, o ile są ze sobą ściśle związane i łącznie tworzą technologię;
- wnioskodawca poprzez złożenie wniosku zobowiązuje się do wdrożenia technologii, rozumianego jako uruchomienie działalności (produkcyjnej lub usługowej) opartej na nabytej technologii. Zrealizowanie wszystkich założeń projektowych, tj. nabycie technologii i jej wdrożenie, musi nastąpić do dnia: 31.12.2022 r.;
- do wniosku należy załączyć m.in. opinię o innowacyjności, umowę warunkową zawartą pomiędzy dawcą, a biorcą technologii, czy uzasadnienie ceny technologii.

Wysoki poziom wsparcia to atrakcyjna opcja dla przedsiębiorstw (konkurs dedykowany jest mikro-, małym i średnim przedsiębiorstwom) chcących zakupić i wdrożyć innowacyjną technologię. ■

 Marta Osińska



MS-CONSULTING

ul. Warszawska 43

61-028 Poznań

tel. 61 826 61 30

fax 61 624 77 76

www.ms-consulting.pl

IO-Link Master z interfejsem OPC UA – łatwiejszy dostęp do danych w chmurze

Kompleksowa komunikacja jest warunkiem wstępnym dla Przemysłu 4.0 i IIoT. Połączenie interfejsu czujnika IO-Link z protokołem komunikacyjnym Ethernet OPC UA w jednym urządzeniu otwiera poziom pola na niezakłócony przepływ informacji. Nowe masterzy IO-Link firmy Pepperl+Fuchs umożliwiają bezpośrednie połączenie czujnika z chmurą. Dane do identyfikacji urządzenia, diagnozy i parametryzacji są powszechnie dostępne. Rozwiązania z wartością dodaną można tworzyć przy minimalnym wysiłku w celu zwiększenia dostępności instalacji.

Komunikacja w sieci wielu autonomicznych urządzeń zastępuje ścisłą hierarchię konwencjonalnej kontroli procesów: w tym idealnym obrazie Przemysłu 4.0 procesy produkcyjne mogą być kontrolowane z dowolnego miejsca, a wszystkie dane aż do najniższego poziomu komunikacji są dostępne w dowolnym momencie. Połączenie tego poziomu z wieloma urządzeniami wymaga ekonomicznych rozwiązań, które umożliwiają bezpieczne, niezawodne i możliwie najprostsze połączenie czujnika ze sterownikiem lub chmurą. IO-Link jest tu sprawdzonym rozwiązaniem. Wykorzystuje standardowe trójprzewodowe połączenie ze standardowymi czujnikami binarnymi. Połączenie IO-Link z protokołem komunikacyjnym OPC UA w tym samym urządzeniu otwiera możliwość przejrzystej i bezproblemowej komunikacji między czujnikiem a chmurą.

IO-Link otwiera „ostatnią prosta”

IO-Link ukazał się światu jako ustandaryzowana technologia IO (IEC 61131-9). Technologia ta tworzy połączenie punkt – punkt między urządzeniem nadrzędnym IO-Link, które kontroluje komunikację, a urządzeniem obsługującym IO-Link, które pobiera lub wykonuje wartości procesowe na poziomie czujnika/urządzenia wykonawczego.



Tam, gdzie wcześniej tylko proste sygnały przełączające były przekazywane z czujnika na wyższy poziom, można teraz wymieniać dodatkowe informacje dotyczące identyfikacji, diagnostyki i parametryzacji. Ponieważ IO-Link dostarcza informacji o urządzeniu, otwierają się nowe możliwości dla aplikacji ze znaczną wartością dodaną, ale bez dodatkowego wysiłku. Zaawansowane dane diagnostyczne pozwalają szybko i dokładnie zawęzić problemy na poziomie pola. Ponieważ dane identyfikacyjne są dostępne online, łatwiej jest ponownie zamówić urządzenie w celu wymiany. Podczas instalowania urządzenia zastępczego funkcja przechowywania danych mastera IO-Link automatycznie przenosi wszystkie zdefiniowane parametry. Nieunikniony czas przestoju zostaje znacznie skrócony.

OPC UA umożliwia komunikację z chmurą

Jako protokół komunikacyjny Ethernet, OPC UA zapewnia łatwą i elastyczną metodę komunikacji między maszynami lub między maszyną a chmurą. Jest niezależny od producenta

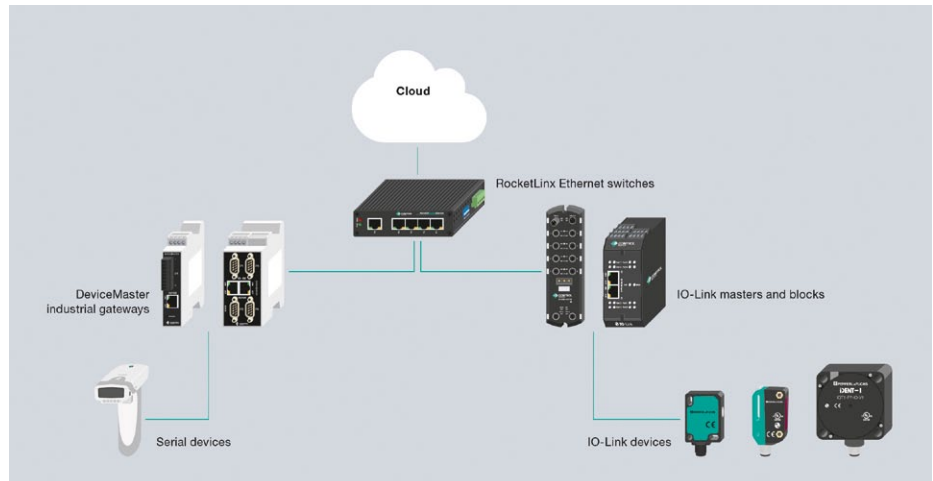
i niepowiązany z platformą lub językiem programowania. Użytkownicy mają zatem maksymalną elastyczność w projektowaniu swojego systemu IoT. Ten system może być programowany w C/C++ lub Java i może być uruchomiony w systemie Windows, Linux lub innych systemach operacyjnych. Otwartość systemu odróżnia go od innych interfejsów fieldbus opartych na sieci Ethernet, takich jak PROFINET, EtherNet/IP lub EtherCAT. Należy jednak zauważyć, że OPC UA jest bardziej równoległym, uwolnionym czasowo kanałem przesyłu danych do chmury niż opartym na kontroli protokołem komunikacyjnym dla aplikacji w czasie rzeczywistym z czasem cyklu w zakresie milisekund. Można go zatem wykorzystać przede wszystkim do uzupełniania i rozszerzania istniejącego przepływu informacji bez żadnych problemów.

OPC UA stwarza IO-Link inteligentnym

Pepperl+Fuchs jest jednym z 14 założycieli społeczności IO-Link powstałej w 2006 roku. Bogate doświadczenie w tej dziedzinie stanowi podstawę szerokiej gamy zintegrowanych rozwiązań systemowych IO-Link, obejmujących urządzenia IO-Link i potężne mastery IO-Link. Pepperl+Fuchs jest teraz pierwszym dostawcą, który łączy zalety IO-Link i OPC UA w jednym urządzeniu: nowe mastery IO-Link serii ICE2 i ICE3 mogą przysyłać dane IO-Link do systemów wyższego poziomu równoległe i niezależnie od siebie za pomocą nadrzędnego protokołu fieldbus, takiego jak PROFINET lub EtherNet/IP oraz OPC UA. Konfiguracja może być zatem przeprowadzona całkowicie przez internet. Możliwe jest działanie autonomiczne. Daje to nowe możliwości komunikacji przemysłowej.

PLC i chmura w modelu współpracy

Ponieważ protokół polowy oraz OPC UA łączą się w jednym urządzeniu, nowe urządzenia nadrzędne IO-Link mogą komunikować się jednocześnie ze sterownikiem i nadrzędnym systemem komputerowym lub chmurą. W ten sposób możliwe jest stworzenie systemów hybrydowych: PLC steruje aplikacją w czasie rzeczywistym za pośrednictwem PROFINET lub EtherNet/IP, podczas gdy IO-Link master wysyła dane stanu do chmury za pośrednictwem OPC UA. Dane te nie mają znaczenia dla faktycznego sterownika, ale mogą mieć kluczowe znaczenie dla innej maszyny lub scentralizowanego systemu sterowania. Dodatkową natychmiastową korzyścią jest rozszerzona diagnostyka, np. informacja o możliwej usterce i ukierunkowane uruchamianie czynności konserwacyjnych. Dane można oceniać lokalnie za pomocą zewnętrznego oprogramowania lub przysyłać do chmury bez filtrowania w celu dalszego przetwarzania. Nie ma znaczenia, czy chmura jest przechowywana w sieci firmowej czy w internecie. Użytkownik może przyznać określone prawa dostępu w celu ustalenia poziomu bezpieczeństwa.



Prosty i ekonomiczny, bez skomplikowanego sterownika

Sterownik czasu rzeczywistego o określonej wydajności zwykle wymaga znacznej ilości sprzętu i oprogramowania. Setup wymaga kontroli fachowców ze specjalistyczną wiedzą, którzy znają swoje środowiska programistyczne. Ponieważ jednak nie potrzebujesz kombajnu do koszenia trawnika, nie wszystkie aplikacje wymagają kontroli cyklu milisekundowego. Systemy wspomagane komputerowo stanowią tutaj sensowną i opłacalną alternatywę, zwłaszcza że ich wydajność stale rośnie. Internetowa koncepcja konfiguracji nowych masterów IO-Link umożliwia optymalną implementację takich rozwiązań. Wszystkie kroki konfiguracji urządzenia głównego i podłączonych urządzeń można wykonać w standardowej przeglądarce internetowej. Dodatkowe narzędzia programowe nie są wymagane. Ustawienia konfiguracji można łatwo zapisać jako plik; są one dostępne jako kopia zapasowa lub służą do klonowania modułu.

Inwestycja na przyszłość

Wiele urządzeń analogowych jest nadal używanych na poziomie polowym, a przejście na urządzenia cyfrowe może zająć dużo czasu z wielu ważnych powodów. Nowe mastery IO-Link ze zintegrowanym interfejsem OPC UA stanowią pomost między dwoma światami: funkcje OPC UA można włączać i wyłączać w elastyczny sposób i w dowolnym momencie. Nawet jeśli nie ma jeszcze szczególnych wymagań dotyczących aplikacji, operatorzy mogą wyposażyc swoje zakłady w podstawową technologię i wykorzystać pełny potencjał masterów ICE2/ICE3 dopiero w późniejszym czasie. Znaczący krok w kierunku digitalizacji jest podejmowany przy niewielkim wysiłku, a jego ukończenie można zrealizować praktycznie od ręki i bez opóźnień. ■

 **PEPPERL+FUCHS**

PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.

ul. Owsiana 12

03-825 Warszawa

tel. 22 256 97 70

fax 22 256 97 73

info@pl.pepperl-fuchs.com

www.pepperl-fuchs.pl

Pierścieniowa głowica odczytu/zapisu i inne urządzenia IO-Link

Śledzenie towarów z pomocą RFID

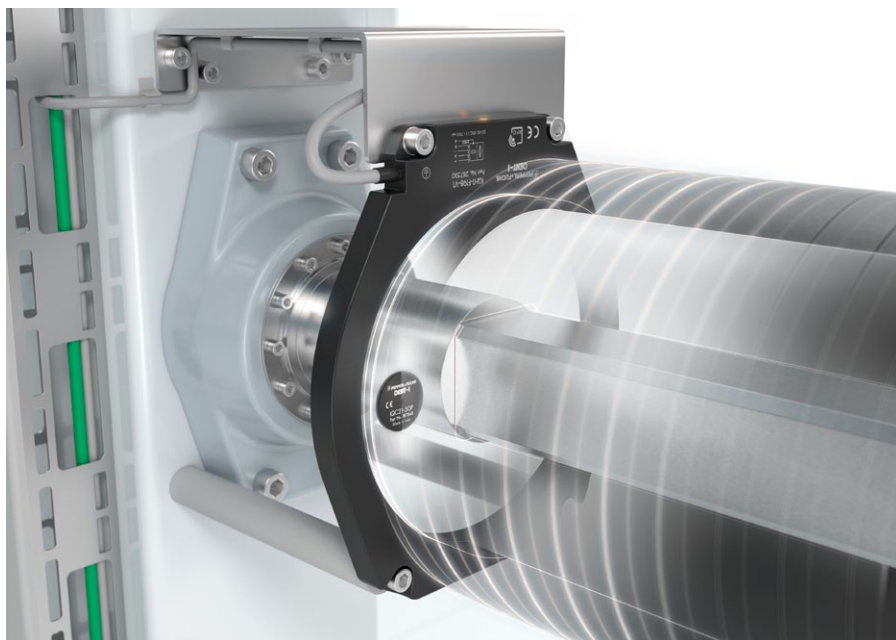
RFID z powodzeniem ugruntował swoją pozycję jako standardowa technologia do automatycznego śledzenia produktów w wielu różnych branżach. Dzięki rozwiązaniom specyficznym dla aplikacji i ulepszonej komunikacji poprzez IO-Link jest więcej możliwości aplikacji niż kiedykolwiek wcześniej. Głowica RFID w kształcie pierścienia – pierwotnie opracowana dla przemysłu oponiarskiego i umożliwiająca pełną automatyzację procesów z rolkami materiału – jest doskonałym przykładem tego trendu. Urządzenia z interfejsem IO-Link dźwierzą ster do ciągłego przepływu danych i aplikacji Przemysłu 4.0.

Wszystkie opony samochodowe na pierwszy rzut oka wyglądają bardzo podobnie; po bliższym przyjrzeniu się łatwo jednak zauważyć, że są to bardzo złożone, niezwykle różnorodne produkty. Opony występują nie tylko w wielu różnych rozmiarach i profilach, w wariantach zimowych, letnich, całorocznych i dostosowanych do bardzo szybkiej jazdy, ale składają się również z bardzo różnych kombinacji surowców.

Złożona natura opony

Na przykład guma z naturalnego surowca ma datę przydatności do użycia i może być używana do produkcji opon tylko przez ograniczony czas. Świeża guma zapewnia najlepsze wyniki. Producenci starają się zatem ograniczyć okresy przechowywania gumy do absolutnego minimum. Zapasy tego i innych surowców, takich jak tworzywa sztuczne, stalowe opłoty i tekstylia, muszą być trzymane pod ręką w wielu odmianach, dostarczane do odpowiednich maszyn i prawidłowo przypisane do półproduktów wytwarzanych na tych maszynach. Sam wybór i agregacja właściwych surowców jest niezwykle złożonym zadaniem.

Staje się to tylko bardziej złożone, gdy stalowy opłot i tkanina włókiennicza zostaną pokryte mieszanką gumy i przetworzone w „pasy” w kolejnych urządzeniach. Maszyna do produkcji opon łączy następnie wszystkie



Rys. 1

elementy w półfabrykaty, które z kolei są „gotowane” w produkcie końcowym w procesie wulkanizacji. Rolki służą do kierowania produktów wstępnych – od stalowego rdzenia, zbrojenia i ściany bocznej aż po profilowane bieżniki opon – do różnych maszyn.

Wymagane kompleksowe śledzenie

Jakość opon jest ważna nie tylko dlatego, że wpływa na zachowanie pojazdu podczas jazdy, ale także dlatego, że wpływa na bezpieczeństwo pasażerów.

Stąd potrzeba dokładnej dokumentacji operacji produkcji opon. Produkty muszą być identyfikowalne zgodnie z zasadą *Track&Trace*. Producenci samochodów – najwięksi klienci producentów opon – również wymagają pełnej historii produkcji. Oznacza to, że same półprodukty muszą być wyraźnie identyfikowalne przed dalszym przetwarzaniem w maszynie. Ważny dla bezpieczeństwa system *Track&Trace* można również wykorzystać do optymalizacji produkcji i zużycia materiałów lub do usprawnienia kontroli jakości i procesów zarządzania zapasami.

W przemyśle oponiarskim do dokumentowania i przypisywania materiałów stosowane są ręczne, papierowe systemy zapisu lub kody kreskowe. Te metody mają jednak oczywiste wady; są równie złożone, jak i podatne na błędy. Nawet kody kreskowe pozwalają na bardzo ograniczony poziom automatyzacji. Natomiast zalety technologii RFID są wyraźnie widoczne – jest ona znacznie szybsza, zapobiega nieprawidłowym przypisaniom i otwiera zupełnie nowe wymiary automatyzacji. Tag RFID do odczytu/zapisu rejestruje bezpośrednio historię produkcji, bez potrzeby ingerencji człowieka. Technologia RFID wygrywa z kodami kreskowymi także ze względu na brak wrażliwości na kurz, opary i zanieczyszczenia adhezyjne.

Wykrywanie niezależne od pozycji

Firma Pepperl+Fuchs opracowała głowicę HF do odczytu/zapisu w kształcie pierścienia – oznaczoną IQH1-F198-V1 – do konkretnego celu automatycznej identyfikacji szpul w procesie produkcji opon. Firma musiała stawić czoła kilku wyzwaniom, w tym potencjalnym zakłóceniom komunikacją bezprzewodową, ponieważ metalowy uchwyt szpulki znajduje się w polu elektromagnetycznym głowicy odczytu/zapisu RFID. Znacznik RFID zamontowany na szpulce może być również umieszczony w dowolnym punkcie okrągłego segmentu wokół uchwytu szpulki (patrz rys. 1).

Konstrukcja w kształcie pierścienia umożliwia przechodzenie szpulki przez głowicę odczytu/zapisu. Oznacza to, że znacznik zawsze znajduje się w zakresie odczytu, niezależnie od jego pozycji obrotowej. Operatorzy nie muszą zwracać uwagi na położenie znacznika RFID podczas wymiany szpul. Znacznik można ponadto odczytać i zapisać nie tylko, gdy szpulka jest w spoczynku, ale także podczas obracania szpulki. Technologia HF zapobiega wszystkim istotnym rodzajom zakłóceń. Kompletnie rozwiązanie obejmuje również interfejsy do przesyłania danych PROFINET,



Rys. 2

EtherNet/IP lub EtherCAT, a także właściwe okablowanie z szerokiej oferty techniki łączeniowej Pepperl+Fuchs.

Rolki materiału są również używane i przetwarzane mechanicznie w operacjach obejmujących obróbkę blach, tekstyliów, folii lub papieru. Głowica odczytu/zapisu IQH1-F198-V1 jest oczywistym wyborem również i do tych zadań. Może identyfikować części za pomocą znaczników, gdy są one także transportowane przez rury lub elementy rurowe systemów intralogistycznych.

RFID plus IO-Link

Oprócz nowego projektu głowicy w kształcie pierścienia, firma Pepperl+Fuchs wprowadziła także trzy nowe głowice odczytu/zapisu HF ze zintegrowanym interfejsem IO-Link (rys. 2). Produkty te otwierają jeszcze inne możliwości w zakresie aplikacji sieciowych i środowisk Przemysłu 4.0 wykorzystujących technologię RFID. Nie tylko łączą się one z modułami fieldbus z rodziny IDENTControl przy użyciu sprawdzonej technologii, ale także obsługują otwarty standard IO-Link V1.1. W łatwy sposób umożliwiają proste uruchomienie z łącznością typu *plug-and-play* i nie wymagają programowania. Nie jest wymagany także moduł funkcjonalny.

Urządzenia typu „multiprotocol” mogą być używane zarówno do tradycyjnych, hierarchicznych połączeń fieldbus, jak i do połączeń między hierarchiami wymaganymi przez Przemysł 4.0 i inteligentną fabrykę. Można podłączyć maksymalnie osiem urządzeń RFID z obsługą IO-Link. Interfejs IO-Link zapewnia także szybkie i łatwe połączenia punkt – punkt między głowicami odczytu/zapisu i dowolnym urządzeniem głównym IO-Link. Dostępne są również nowe moduły Ethernet IO ze zintegrowanym masterem IO-Link do implementacji tych połączeń i bezproblemowej parametryzacji. ■

PEPPERL+FUCHS

PEPPERL+FUCHS Sp. z o.o.

ul. Owsiana 12

03-825 Warszawa

tel. 22 256 97 70

fax 22 256 97 73

info@pl.pepperl-fuchs.com

www.pepperl-fuchs.pl

Wysoko wydajny sterownik Bosch Rexroth

BODAS RC5-6, pierwszy z nowej serii 40

Sterownik BODAS RC5-6 serii 40 firmy Bosch Rexroth bazuje na zupełnie nowej platformie technologicznej w zakresie sprzętu i podstawowego oprogramowania. Spełnia nie tylko obecne, ale także przyszłościowe wymagania dla elektronicznych jednostek sterujących stosowanych w mobilnych maszynach roboczych.

Seria 40 oferuje nowe możliwości, szczególnie w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego, integralności danych, elastyczności wejść/wyjść oraz interfejsów komunikacyjnych. Jest to niezawodne rozwiązanie do systemów sterowania ładowarek teleskopowych, zabudów podwozia, maszyn rolniczych, traktorów, pojazdów komunalnych oraz maszyn budowlanych.

Korzyści z zastosowania nowego sterownika:

- Efektywny sterownik na bazie wielordzeniowego procesora SPC58, 200 MHz.
- Spełnia wymogi bezpieczeństwa funkcjonalnego wg norm EN ISO 13849 oraz ISO 25119.
- Wyjścia proporcjonalne i przełączające zapewniają bezpieczne sterowanie siłownikami, możliwość swobodnego programowania.
- Zabezpieczenie przed nieautoryzowanym dostępem.
- Wielofunkcyjne wejścia, dodatkowo interfejs SENT SAE J2716.
- Wysoki standard jakości Bosch Automotive Electronics.

Nowy sterownik z wielordzeniowym procesorem 32-bitowym można programować w języku C wysokiego poziomu lub w językach IEC 61131-3. Równoległa praca dwóch rdzeni procesora wpływa pozytywnie na bezpieczeństwo i pewność działania sterownika oraz zwiększa pokrycie diagnostyczne poprzez przetwarzanie programu redundantnego (rys. 1). Oprogramowanie podstawowe jest konfigurowalne w chmurze. Interfejs programistyczny (API) zapewnia łatwy dostęp zarówno do wejść i wyjść, jak i do interfejsów komunikacyjnych oraz wszelkich zasobów diagnostycznych i systemowych. Firma Bosch Rexroth oferuje ponadto możliwość wdrażania aplikacji specyficznych dla klienta.

Sterownik spełnia wysokie wymagania w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego i integralności danych. Funkcje bezpieczeństwa do poziomu wydajności PL d mogą być wdrażane zgodnie z normą zharmonizowaną EN ISO 13849. Nowością w serii 40 jest uzyskanie poziomu AgPL d według normy ISO 25119, obowiązującej dla maszyn rolniczych i pojazdów komunalnych.

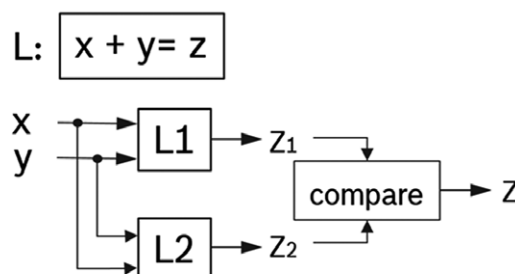
Wyjścia proporcjonalne i przełączające zapewniają bezpieczne sterowanie odbiornikami na maszynie samojezdnej.



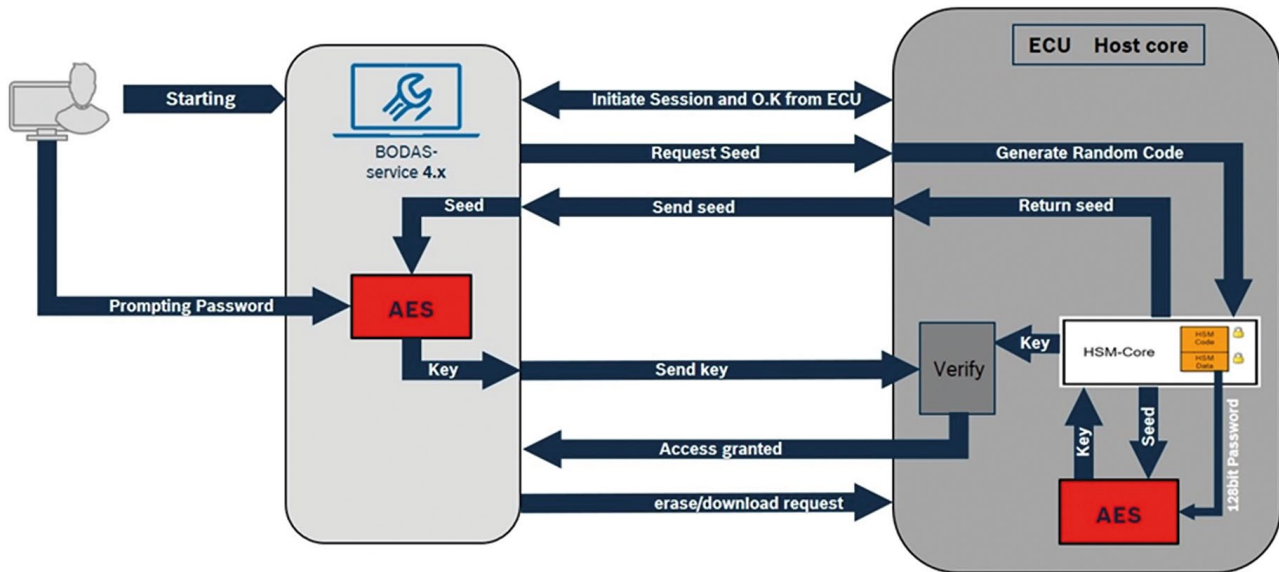
Sterownik BODAS RC5-6 serii 40 firmy Bosch

Sterownik BODAS RC5-6 serii 40 firmy Bosch Rexroth posiada sterowane prądem wyjścia zasilania do sterowania elektrozaworami pomp i silników hydraulicznych oraz rozdzielaczy hydraulicznych. W zastosowaniach stawiających istotne wymagania w zakresie bezpieczeństwa obciążenia obsługuje się pomiędzy wyjściami prądowymi a wyjściami zasilania łączonymi z masą. W przypadku zwarcia odbiorniki na maszynie są całkowicie odłączane i w ten sposób pojazd mobilny jest lepiej zabezpieczony przed niekontrolowanym załączeniem.

Nieautoryzowany, zdalny dostęp do funkcji programowania i diagnostyki, np. zmiana parametrów istotnych dla bezpieczeństwa, może skutkować poważną usterką wyposażenia lub obrażeniami ciała. Sterownik RC5-6 oferuje specjalne mechanizmy zabezpieczeń przed tego typu dostępem (rys. 2).



Rys. 1. Funkcja Lockstep – jeden program jest wykonywany w dwóch rdzeniach CPU a wyniki są porównywane



Rys. 2. Moduł bezpieczeństwa sprzętowego Hardware Security Module (HSM)

Nowy sterownik serii 40 jest częścią obszernej platformy komponentów elektronicznych BODAS firmy Bosch Rexroth, obejmującej szereg czujników, wyświetlaczy i elementów roboczych z kompatybilnymi interfejsami. Sygnały z poszczególnych podzespołów BODAS można odbierać i przetwarzać za pomocą konfigurowalnych wejść wielofunkcyjnych jednostki sterującej. Firma Bosch Rexroth oferuje również oprogramowanie uzupełniające i narzędzia do programowania sterowników elektronicznych oraz pomocne w uruchamianiu gotowych aplikacji. Podobnie jak wszystkie sterowniki firmy Bosch Rexroth, BODAS RC5-6 serii 40 jest produkowany z zachowaniem wysokich standardów jakości Bosch Automotive Electronics.

O firmie Bosch Rexroth

Wydajność, precyzja, bezpieczeństwo i energooszczędność to cechy charakteryzujące napędy i sterowania firmy Bosch Rexroth, które wprawiają w ruch maszyny i urządzenia każdego formatu. Przedsiębiorstwo posiada szerokie doświadczenie w aplikacjach mobilnych, maszynowych i projektowych, jak również w automatyzacji przemysłu. Dzięki inteligentnym komponentom, niestandardowym rozwiązaniom systemowym i usługom Bosch Rexroth tworzy niezbędne środowisko dla w pełni połączonych aplikacji. Bosch Rexroth oferuje swoim klientom kompleksowe rozwiązania z zakresu hydrauliki, napędów elektrycznych i sterowań, przekładni oraz techniki przemieszczeń liniowych i montażu, jak również oprogramowanie i interfejsy do rozwiązań wykorzystujących Internet Rzeczy. Przedsiębiorstwo, obecne w ponad 80 krajach, osiągnęło w 2018 roku obroty w wysokości 6,2 mld euro przy zatrudnieniu na poziomie 32 300 pracowników.

Więcej informacji: www.boschrexroth.pl

Grupa Bosch jest wiodącym w świecie dostawcą technologii i usług. Zatrudnia około 410 000 pracowników na całym świecie (wg danych z 31 grudnia 2018 r.) i wygenerowała w 2018 roku obrót w wysokości 77,9 mld euro. Firma prowadzi działalność w czterech sektorach: Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods oraz Energy and Building Technology. Grupę Bosch reprezentuje spółka Robert Bosch GmbH oraz około 440 spółek zależnych i regionalnych w 60 krajach świata. Z uwzględnieniem dystrybutorów i partnerów serwisowych Bosch jest obecny w ok. 150 krajach na świecie. Rozwój, produkcja oraz sieć sprzedaży na całym świecie stanowią podstawę dalszego wzrostu przedsiębiorstwa. Strategicznym celem Grupy Bosch jest dostarczanie rozwiązań dla świata zintegrowanego w internecie. Grupa Bosch zatrudnia 69 500 współpracowników w zakresie badań i rozwoju w 125 miejscach na całym świecie. Innowacyjne produkty i usługi Bosch poprawiają jakość życia, jednocześnie budząc entuzjazm użytkowników. Bosch tworzy technologię, która jest „bliżej nas”.

rexroth
A Bosch Company

Bosch Rexroth Sp. z o.o.

ul. Jutrzenki 102/104

02-230 Warszawa

tel. 22 738 18 00

fax 22 758 87 35

e-mail: info@boschrexroth.pl

www.boschrexroth.pl

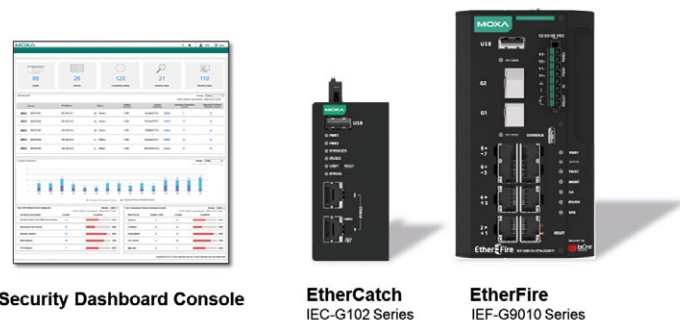
TXOne Networks – nowe rozwiązania dla bezpieczeństwa w przemyśle od producenta Moxa

Zapewnienie bezpieczeństwa infrastrukturze przemysłowej staje się coraz większym problemem. W przeszłości urządzenia przemysłowe zwykle znajdowały się w odseparowanych pomieszczeniach, więc wymagania bezpieczeństwa wobec nich były minimalne. Obecnie wymagania odnośnie infrastruktury przemysłowej są zupełnie inne. Na szczęście rośnie społeczna świadomość i są podejmowane kroki, aby wyjść naprzeciw problemom współczesnego przemysłu w zakresie cyberbezpieczeństwa. W 2018 roku weszła w życie ustawa o powstaniu Krajowego Systemu Cyberbezpieczeństwa (KSC). KSC będzie miał za zadanie umożliwić sprawne działania na rzecz wykrywania, zapobiegania i minimalizowania skutków ataków naruszających cyberbezpieczeństwo RP. Infrastruktura krytyczna, a szczególnie energetyka, jest celem coraz częstszych ataków. Dość dobrze znany jest przypadek ataku wirusa Stuxnet. W ostatnich latach miało miejsce wiele ataków na obiekty przemysłowe. Te najbardziej znane, które pojawiały się na czołówkach gazet, to ataki, które doprowadziły do przerw w dostawie prądu na Ukrainie w 2015 roku, straty ponad 300 milionów USD przez giganta morskiego Maersk, przerwy w pracy fabryk Renault i Nissan, a także do awarii systemu sterowania światłami w San Francisco. Jak widać, skala i koszty tych incydentów są ogromne.

Odpowiadając na rosnące potrzeby branży w zakresie bezpieczeństwa, firmy Trend Micro i Moxa zawiązały spółkę *joint venture*: nowa firma TXOne Networks będzie oferować rozwiązania i usługi bezpieczeństwa dla przemysłu i Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT).

Obie firmy należą do światowych liderów w swoich dziedzinach: Trend Micro z Japonii jest liderem w dziedzinie bezpieczeństwa, natomiast Moxa z Tajwanu jest jednym z wiodących producentów rozwiązań dla sieci przemysłowych, a także aplikacji komputerowych i automatyki.

Rozwiązanie Moxa Industrial Network Defense obejmuje przemysłowe IPS/IDS – EtherCatch, przemysłowe firewalle nowej generacji (NGFW – *Next-Generation*



Rys. 2. W skład TXOne wchodzi: SDC, EtherCatch oraz EtherFire

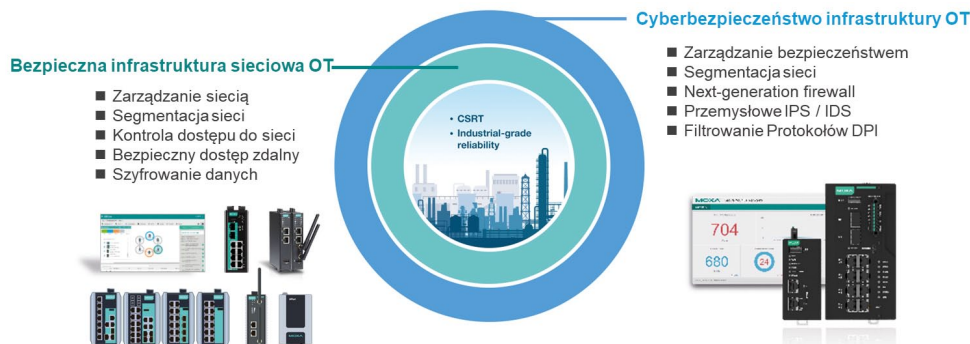
Firewalls) – EtherFire oraz oprogramowanie do centralnego zarządzania urządzeniami wchodzącymi w skład Moxa Industrial Network Defense – Security Dashboard Console.

Jedną z głównych strategii ochrony środowiska sieciowego jest ochrona „Defense-in-Depth” – w myśl zasady, iż system jest tak bezpieczny, jak jego najsłabsze ogniwo.

Pierwszym krokiem, który należy podjąć, budując system „Defense-in-Depth”, jest segmentacja sieci, aby ruch pomiędzy np. różnymi podsystemami mógł być odizolowany oraz aby chronić przed zamierzonymi cyberatakami lub błędami ludzkimi. Dzięki zaporom sieciowym administratorzy sieci mogą definiować interakcje strefa – strefa w celu kontrolowania ruchu sieciowego.

EtherFire to firewall nowej generacji (NGFW), który wykorzystywany jest do ochrony i monitorowania wydzielonych stref. W zasadzie jest to router z firewallem, NAT oraz funkcjami IPS. Administrator sieci zarządza regułami *whitelisting* na każdym urządzeniu lub globalnie na wielu urządzeniach z poziomu Security Dashboard Console. Dodatkowo zarówno EtherFire, jak i EtherCatch wspierają i rozpoznają wiele protokołów przemysłowych, np. Modbus, a także inne protokoły wykorzystywane przez czołowych vendor'ów automatyki przemysłowej – Siemens, Mitsubishi, Schneider Electric, ABB, Rockwell, Omron lub Emerson.

Granice pomiędzy strefami powinny być przedmiotem szczególnej uwagi, poprawność reguł powinna być aktualizowana oraz weryfikowana, a ruch wewnątrz poszczególnych warstw, w miarę możliwości, powinien być monitorowany i analizowany przez (IPS/IDS). IDS, czyli *Intrusion Detection System*,



Rys. 1. Moxa w swojej ofercie posiada narzędzia do ochrony zarówno sieci OT, jak i styku sieci OT/IT

to sprzętowe lub programowe rozwiązania służące do wykrywania prób ataków na infrastrukturę sieciową. W takiej sytuacji główną rolą IDS jest detekcja ataku i informowanie o tym administratora. Dopiero po połączeniu IDS np. z firewallem powstaje kompletne rozwiązanie IPS, które będzie w stanie nie tylko wykryć, ale i zablokować atak na podstawie reguł zdefiniowanych przez administratora.

Oprócz reguł filtrowania, IPS/IDS może monitorować i blokować ruch z uwzględnieniem sygnatur. Producent (TXOne Networks) dostarcza plik z sygnaturami, czyli informacjami o znanych podatnościach. Podatności w systemach OT często nie są łatanie odpowiednio szybko, dodatkowo urządzenia końcowe często nie posiadają wgranej najnowszej wersji oprogramowania. Przykładem może być tutaj Windows 7, który na początku 2020 roku stracił wsparcie producenta, ale z wykorzystaniem rozwiązań TXOne w dalszym ciągu możemy zapewnić ochronę np. paneli HMI, które pracują na Windows 7.

Urządzeniami EtherCatch oraz EtherFire możemy zdalnie zarządzać z poziomu Security Dashboard Console (SDC). SDC to aplikacja webowa z graficznym interfejsem, umożliwiająca globalne konfigurowanie urządzeń, tworzenie polityk bezpieczeństwa, automatyczne wgrywanie sygnatur. SDC można zainstalować na wirtualnej maszynie (VMWare, VM Workstation, KVM, XEN). Umożliwia oczywiście analizę ruchu w sieci oraz tworzenie alarmów i raportów. SDC można zintegrować z systemami SOC/SIEM całego przedsiębiorstwa.

reklama

Podsumowanie

Bezpieczeństwo systemów przemysłowych jest coraz większym problemem, a brak znajomości praktyk, które pozwoliłyby je skutecznie chronić, to jedno z zagrożeń.

W zakresie systemów przemysłowych często za podstawę ich bezpieczeństwa uważa się odseparowanie od świata zewnętrznego. Niemniej status taki jest coraz trudniejszy do utrzymania. Wiąże się to oczywiście z coraz większą ilością urządzeń włączanych do sieci, potrzebą wzajemnej wymiany danych, również pomiędzy różnymi systemami, a także koniecznością ich podłączania do świata zewnętrznego. W wyniku tego systemy automatyki stają się coraz bardziej podatne na zagrożenia ze strony cyberprzestępców przy jednoczesnym coraz większym zainteresowaniu tych drugich tego typu infrastrukturą. Wskazując fakt zagrożeń pochodzących ze „świata zewnętrznego”, nie można pomijać również tych pochodzących z „wewnątrz”. Często te drugie w odniesieniu do systemów automatyki są większym zagrożeniem.

Elmark Automatyka jest oficjalnym dystrybutorem sprzętu Moxa oraz TXone na terenie Polski. Prowadzimy autoryzowany serwis RMA, a także oferujemy bezpłatne wsparcie techniczne przed- i posprzedażowe. ■

Blog techniczny: www.moxa.elmark.com.pl

Elmark Automatyka S.A.

ul. Bukowińska 22, lok. 1B, 02-703 Warszawa

moxa@elmark.com.pl

www.moxa.com

MOXA[®]
Reliable Networks ▲ Sincere Service

Nowe niezarządzalne switche przemysłowe

MOXA EDS-2000-ML

- małe rozmiary
- uniwersalny montaż na szynę DIN
- obsługa QoS oraz BSP*
- ostrzeżenia o awarii zasilania i portów
- podwójne wejścia zasilania

*Quality of Service oraz Broadcast Storm Protection



ELMARK Automatyka S.A.
tel. 22 541-84-60
moxa@elmark.com.pl

www.elmark.com.pl
www.moxa.elmark.com.pl

ELMARK
Automatyka

IO-Link Murrelektronik

Łatwy w użyciu

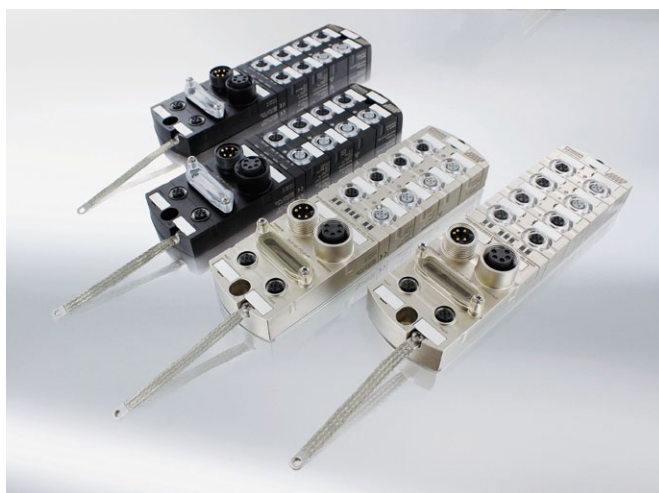
Moduły sieciowe MVK Metal i Impact67 zastosujesz dokładnie tam, gdzie chcesz. Doskonale nadają się do integrowania urządzeń IO-Link. Zalety: szybka integracja i szybkie czasy uruchomienia przy maksymalnej elastyczności.

Podstawową cechą łatwej integracji jest IODD on Board – innowacyjna technologia Murrelektronik. Dane parametryczne czujnika i elementu wykonawczego przechowywane w IODD (*IO Device Description*) są bezpośrednio rejestrowane w plikach GSDML modułów MVK Metal i Impact67. Jeśli urządzenia – np. czujniki lub wyspy zaworowe – są podłączone, można się dostać do danych bezpośrednio i wygodnie poprzez oprogramowanie sterownika, bez konieczności ręcznego ustawiania parametrów i bez specjalnych narzędzi.

To znacznie ułatwia czasochłonny dotychczas proces, w ramach którego trzeba było każde nowe urządzenie IO-Link osobno integrować z oprogramowaniem. Dobrze jest więc gromadzić dane w sterowniku. Jeszcze większe korzyści przynosi to w przypadku maszyn seryjnych, ponieważ raz utworzoną konfigurację można wielokrotnie kopiować do innych aplikacji.

Interesujący jest fakt, że parametryzację urządzenia można opracować na komputerze w biurze – nie ma już potrzeby wykonywania tego podczas uruchomienia maszyny na produkcji. Dane parametryczne wyświetlane są w formie tekstowej (a nie jako wartość HEX), co ułatwia ich śledzenie. Ułatwia to również walidację maszyn i systemów.

Konfigurowalne moduły pozwalają również oszczędzić czas w przypadku niestandardowych aplikacji. Tryb automatycznej konfiguracji przyspiesza uruchomienie, ponieważ eliminuje



konieczność ustawiania parametrów wejść i wyjść – kanały pracują tak, jak wymaga tego kontroler.

Praktycznie rzecz biorąc: IODD nowego zasilacza impulsowego Emparro67 Hybrid umożliwia parametryzację zakresów prądu kanałów MICO i wymianę różnych danych diagnostycznych poprzez kontroler. Dzięki IO-Link master urządzenia są łatwe w użyciu. ■

Zobacz proces produkcji konektorów w nowym filmie Murrelektronik

Tworzymy konektory!

Liczne fabryki automatyki przemysłowej produkują dziś konektory. Prawdziwym wyzwaniem pozostaje jednak możliwość uzyskania wszystkich potrzebnych przewodów różnego typu z jednego źródła. Do tego wymóg odpowiedniej jakości! Jednak wybranie odpowiedniego partnera zamienia wyzwanie w rozwiązanie.

Murrelektronik traktuje hasło *Stay connected* poważnie. Od 1975 roku buduje reputację wiodącego dostawcy konektorów, oferującego nieskończoną liczbę ich typów i kolorów. Oferując ponad 30 000 różnych kombinacji, gwarantuje najlepsze rozwiązanie dla każdej aplikacji!

- Przewody sieciowe dostępne są dla niemal każdego wymaganego protokołu. Niezawodnie przewodzą dane, pozwalając utrzymać pracę systemu. Oferowane w wersjach konfekcjonowanych i do samodzielnego zarobienia – w zależności od wymogów systemu.



reklama

- Murrelektronik posiada również jedną z najszerzych ofert konektorów do czujników i elementów wykonawczych. Wszystkie spełniają wymagania IP67 i posiadają zatwierdzenia UL/CSA, więc są doskonale dla każdej aplikacji!
- Gamę produktów dopełniają wtyczki zaworowe zalane z wykorzystaniem najnowszej technologii. Z kolei mostki zaworowe poprawiają diagnostykę, redukując koszty.
- Klucz dynamometryczny łączy przewody szybko i niezawodnie.

Technologia konektorowa Murrelektronik wyznaczyła wysokie standardy w tworzeniu przewodów i wtyczek. To owocuje produkcją ponad 55 000 km kabli rocznie! Niezależnie od tego, czy produkcja odbywa się w Szanghaju na rynek azjatycki, w Niemczech lub Czechach na rynek europejski czy w Atlancie na rynek amerykański, każdy konektor poddawany jest testom elektronicznym, zanim opuści halę produkcyjną.

Murrelektronik posiada również szeroką ofertę zindywidualizowanych konektorów. Możemy zaprojektować i wyprodukować niemal każdy przewód dostosowany do specyficznych wymogów technologii i systemu. Aby tego dokonać, posiadamy zapas ponad 500 rodzajów kabli.

– Tym, co plasuje Murrelektronik na szczycie dostawców konektorów, jest możliwość zastosowania oferowanych rozwiązań w wielu różnych gałęziach przemysłu: motoryzacyjnym, produkcji maszyn, spożywczym, w logistyce i wielu innych. Wiemy, przed jakimi stoją wyzwaniem, i jesteśmy dumni, że potrafimy im sprostać dzięki współpracy z naszymi klientami – mówi Jürgen Zeltwanger, Wiceprezes.

Nowy film Murrelektronik prezentuje proces tworzenia konektorów, ukazuje techniki produkcyjne i standardy jakościowe: <https://youtu.be/4wi1KA7mDdc>. ■



Murrelektronik Sp. z o.o.
al. Roździeńskiego 188 h
40-203 Katowice
tel. 32 730 00 20
fax 32 730 00 23
e-mail: info@murrelektronik.pl
www.murrelektronik.pl
shop.murrelektronik.pl

INDYWIDUALNE GRAWEROWANIE RAMEK MODLINK MSDD



Najwyższa jakość: Logo na szafie sterowniczej

- Interfejsy panelu czołowego Modlink MSDD są dobrze widoczne na szafach sterowniczych.
- Idealnie nadają się do umieszczania etykiet systemowych, kodów kreskowych i ostrzeżeń.
- To również doskonałe miejsce na reklamę i prezentację logotypu.
- Bezpłatnie i niezależnie od zamawianej ilości.

Rozwiązania napędowe NORD łączą wydajność energetyczną ze zmniejszoną liczbą wariantów napędów

LogiDrive dla intralogistyki

Duże projekty intralogistyczne dla lotnisk, centrów dystrybucji przesyłek, magazynów wysokiego składowania i innych obiektów magazynowych muszą godzić wiele konkurujących ze sobą wymagań. Dzięki rozwiązaniu napędowemu LogiDrive firma NORD DRIVESYSTEMS stosuje kompleksowe podejście do całkowitego kosztu użytkowania (TCO). Tym sposobem udało się połączyć efektywność energetyczną i mniejszą liczbę wariantów z optymalnymi rozwiązaniami systemowymi dla intralogistyki. Rozwiązanie LogiDrive firmy NORD zostało zaprojektowane dla systemów intralogistycznych lotnisk, centrów dystrybucji przesyłek, magazynów wysokiego składowania i innych obiektów magazynowych.

Przenośniki taśmowe w instalacjach intralogistycznych dla lotnisk, magazynów i centrów dystrybucji przesyłek są często projektowane pod kątem oczekiwanego maksymalnego obciążenia oraz z uwzględnieniem odpowiednich czynników bezpieczeństwa. Powoduje to, że do danej aplikacji dobierane są niejednokrotnie napędy przewymiarowane. W rzeczywistych warunkach pracy takie systemy osiągają maksymalne obciążenie tylko w przypadku niewielkiej liczby operacji transportowych. Tego typu konstrukcja napędów sprawia, że przez większość czasu pracują one nieefektywnie przy częściowym obciążeniu. Rozwiązanie LogiDrive firmy NORD przeciwdziała takim sytuacjom poprzez zastosowanie nowoczesnych silników synchronicznych, ograniczających liczbę wykorzystywanych wariantów napędów. W porównaniu do standardowej technologii asynchronicznej napędy LogiDrive charakteryzują się lepszą efektywnością energetyczną w zakresie częściowych obciążeń i prędkości. Są one bardziej energooszczędne w tego typu scenariuszach operacyjnych, a dzięki redukcji liczby wariantów utrzymują wysoki poziom wydajności, nawet w przypadku przewymiarowania, co przekłada się na niższy całkowity koszt użytkowania (TCO).

System firmy NORD zmniejsza liczbę wariantów o cztery piąte

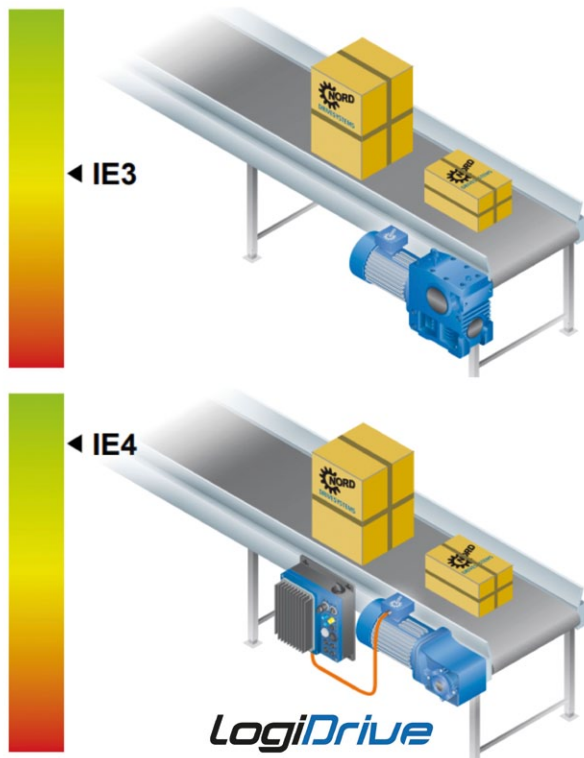
Przetwornice częstotliwości NORD kontrolują prędkość wyjściową w zakresie częstotliwości od 25 do 100 Hz.



Dzięki swojej wysokiej zdolności przeciążeniowej nowoczesne silniki synchroniczne posiadają jeden typ napędu, który zastępuje wiele różnych wielkości silnika. W zależności od wymagań wydajnościowych jest on obsługiwany przez przetwornicę z różnymi częstotliwościami. Przykładowo w projekcie firmy NORD dla transportu bagażu na lotnisku, który wykorzystuje 700 jednostek napędowych, liczbę ich wariantów zredukowano o 80% – rozwiązanie systemowe LogiDrive pozwoliło zastąpić 8 z 11 używanych dotychczas konfiguracji napędowych. Sprawdzone rozwiązania standardowe są testowane i mogą być bezpiecznie używane.

Ograniczenie kosztów dzięki standaryzacji

Systemy LogiDrive firmy NORD są bardzo wydajne, a dzięki technologii *plug-and-play* charakteryzują się także łatwą konserwacją i instalacją, co przekłada się na znaczące ograniczenie ilości magazynowanych części zamiennych podczas pracy. Cała koncepcja została opracowana pod kątem łatwego planowania i odbioru technicznego. Znormalizowane warianty motoreduktorów dla systemów LogiDrive zostały specjalnie zaprojektowane pod kątem potrzeb intralogistyki, centrów dystrybucji przesyłek oraz lotniskowych systemów transportu wewnętrznego i wyróżniają się



mniejszą liczbą wariantów. Kompaktowa konstrukcja oszczędza miejsce, a lekkie obudowy aluminiowe ograniczają wagę o 25%. Jednostki napędowe LogiDrive wykorzystują silniki synchroniczne IE4 o mocy znamionowej do 5,5 kW, dwustopniowe przekładnie walcowo-stożkowe oraz przetwornice częstotliwości NORDAC LINK montowane w pobliżu silnika. Dzięki klasie sprawności silnika IE4 oraz klasie sprawności systemu IES2 jednostki napędowe osiągają doskonałą ogólną wydajność – zwłaszcza w zakresie częściowego obciążenia i prędkości. ■



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

Współczynnik wydajności obciążenia częściowego i prędkości częściowej

reklama

MÓJ FALOWNIK JEST PRODUKCJI NORD! NOWY NORDAC® LINK

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

REDUKTOR + SILNIK + FALOWNIK = KOMPLETNY SYSTEM NAPĘDOWY

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

nord.com

Na czym tak naprawdę polega predykcyjne utrzymanie ruchu i jakie narzędzia warto zastosować

Predykcyjne utrzymanie ruchu

Każda awaria maszyny lub przestój z powodu wymaganej konserwacji oznacza odczuwalną stratę liczoną w każdej minucie bezczynności linii produkcyjnej. Zastosowanie predykcyjnego utrzymania ruchu często okazuje się strzałem w dziesiątkę, by naprawić sytuację. Wykrywanie zagrożeń maszyn jeszcze przed wystąpieniem problemu nie tylko zapobiega przestojom w produkcji, ale wydłuża też okres ich eksploatacji. Może otwierać również nowe możliwości biznesowe.

Czym jest predykcyjne utrzymanie ruchu?

Predykcyjne utrzymanie ruchu umożliwia kompleksowy wgląd w stan maszyny i określenie prawdopodobieństwa awarii danego komponentu, a w konsekwencji identyfikację drobnych uszkodzeń, zanim staną się one krytyczne.

Możemy to prześledzić na przykładzie. W maszynach ze wstęgą ciągłą, jak te stosowane w drukarstwie i pakowaniu, arkusz materiału jest prowadzony przez labirynt rolek. Niewyważenie mechaniczne lub zwiększone tarcie łożyska w jednej z tych rolek może spowodować niekontrolowane drgania, które zakłócają naprężenie wstęgi w całej maszynie. Ma to negatywny wpływ na jakość produktu i może nawet całkowicie zatrzymać ruch maszyny. Stosując predykcyjne utrzymanie ruchu, możemy wykryć potencjalne usterki jeszcze przed ich wystąpieniem. W tym przypadku wykryjemy brak wyważenia lub zużycie łożysk, co pozwoli zaplanować niezbędne naprawy, zanim awaria rolki spowoduje zatrzymanie maszyny. Nie podlega wątpliwości, że bez prawidłowo działających maszyn i urządzeń osiągnięcie wymarzonych celów finansowych będzie niełatwe.

Kompleksowy wgląd w stan maszyny

Predykcyjne utrzymanie ruchu bazuje na różnych danych pozyskiwanych z maszyn. Dane zbierane w procesie ciągłego monitorowania stanu są analizowane i oceniane tak, aby system predykcyjnego utrzymania ruchu mógł dokładnie obliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia określonych zdarzeń. Predykcyjne utrzymanie ruchu nie tylko zmniejsza koszty, ale także pomaga zmaksymalizować wydajność, gdyż komponenty wymienia się, zanim zaczną negatywnie wpływać na wydajność maszyny.

Predykcyjne utrzymanie ruchu to jednak o wiele więcej niż tylko monitorowanie zachowania pojedynczej rolki, o której mówiliśmy w przykładzie. System zapewnia kompleksowy wgląd w stan całej maszyny i prognozuje prawdopodobieństwo awarii wielu komponentów. Umożliwia rejestrację prędkości obrotowej silnika, poziomu hałasu i temperatury, a także wykrywanie we wczesnym stadium wszelkich nietypowych wibracji lub niewyważenia mechanicznego. Możliwe jest również przeprowadzenie szczegółowej analizy drgań określonych elementów narażonych na zużycie.

Inteligentne algorytmy analizy

Pierwszym krokiem na drodze do sporządzenia rzetelnej charakterystyki stanu maszyny jest zebranie jak największej ilości danych i ich ocena za pomocą inteligentnych algorytmów

analizy. Im więcej jest danych, które system przetwarza, tym skuteczniej można wykryć potencjalne usterki przed ich wystąpieniem. Oznacza to jednak konieczność stworzenia systemu, który będzie w stanie przechowywać i analizować ogromne ilości danych. Oprócz danych o stanie samej maszyny predykcyjne utrzymanie ruchu może również wykorzystywać parametry otoczenia, takie jak temperatura i wilgotność. Dane te muszą być również włączone do analizy w celu zapewnienia maksymalnej wiarygodności prognoz.

System predykcyjnego utrzymania ruchu firmy B&R

System predykcyjnego utrzymania ruchu oferowany przez firmę B&R wykorzystuje do monitorowania stanu specjalne moduły I/O w połączeniu z zaawansowanymi algorytmami analizy z zestawu narzędzi programistycznych mapp Technology. Łatwe do skonfigurowania moduły monitorowania stanu wskazują obszary, w których może być wymagana obsługa techniczna. Cechą wyróżniającą moduły B&R jest wbudowana funkcja analizy drgań. Dane otrzymane z modułów monitorowania stanu można łatwo przygotować i wykorzystać do optymalizacji istniejących procesów.

Przetwarzanie danych zorientowane na wyniki

Zebrane dane są oceniane przy użyciu zaawansowanych algorytmów analizy pakietu oprogramowania mapp Control. Wysoko wydajne, zorientowane na wyniki przetwarzanie danych jest kluczem do efektywnej analizy i właśnie to umożliwia mapp Control. Większość analiz może być wykonywana bezpośrednio w sterowniku. To znacznie zmniejsza ilość przesyłanych informacji, gdyż ograniczamy je tylko do opracowanych wskaźników, zamiast wielkiej ilości surowych danych.

Autotuning jako narzędzie przewidywania usterek

Innym sposobem wczesnego wykrywania błędów jest stosowanie procedur dostrajania. Pakiet mapp Control obejmuje metody dostrajania oparte na modelu maszyny, które pozwalają przewidzieć jej zachowanie, a następnie dobrać na tej podstawie najlepsze nastawy. Gdy dostrajanie jest wykonywane w regularnych odstępach czasu, nie tylko parametry kontrolne są aktualizowane, ale również ujawniane są wszelkie zmiany w zachowaniu systemu. Odchylenia właściwości statycznych, dynamiki systemu lub częstotliwości rezonansowych pozwalają wyciągnąć wnioski dotyczące zmian w procesie maszynowym, wycieków lub zużytych elementów.

Nie tylko usterki, ale również zużycie

Przydatne utrzymanie ruchu umożliwia operatorom wymianę zużytych komponentów w dogodnym momencie bez przerywania bieżącej produkcji. W miarę upływu czasu zużycie mechaniczne stopniowo odbija się niekorzystnie na komponentach, takich jak zawory hydrauliczne, co ma negatywny wpływ na sterowanie osiami hydraulicznymi. Pakiet mapp Hydraulics firmy B&R zawiera komponent oprogramowania służący do wczesnego wykrywania tego typu zużycia. Komponent automatycznie mierzy krzywą charakterystyczną zaworu, która opisuje zależność pomiędzy otwarciem zaworu a natężeniem przepływu oleju. Nie tylko informuje nas to o zużyciu, ale także optymalizuje parametry sterowania.


Monitorowanie prądu grzewczego

Szczególnie w przypadku bardzo skomplikowanych maszyn, w rodzaju tych stosowanych w przemyśle tworzyw sztucznych, jakość produktu końcowego zależy od perfekcyjnego wykonania każdego etapu procesu. Jednym z procesów cząstkowych charakterystycznych dla produkcji tworzyw sztucznych jest wytłaczanie. Uszkodzony element grzejny w wytłaczarce może spowodować awarię całej linii produkcyjnej, a w konsekwencji duże ilości odpadów i ogromne koszty.

Wykorzystanie na tym etapie komponentów oprogramowania firmy B&R do wdrożenia predykcyjnego utrzymania ruchu pomaga utrzymać maszynę w optymalnym stanie i maksymalizuje długoterminową produktywność całego systemu. Pakiet mapp Temperature firmy B&R porównuje prądy grzewcze z wartościami odniesienia w dowolnie konfigurowanych odstępach czasu. Dzięki temu łatwo zauważyć zmiany w obwodzie grzewczym, które wskazują na pierwsze oznaki uszkodzenia elementów grzejnych lub przekładników. Daje to szansę na utrzymanie maszyny w optymalnym stanie i maksymalizację długoterminowej produktywności całego systemu.

Nowy model biznesu

Predykcyjne utrzymanie ruchu otwiera również nowe możliwości biznesowe przed konstruktorami maszyn, szczególnie w zakresie serwisu. Wykorzystując dane z maszyn zebrane w dłuższych okresach czasu, można na przykład dokładniej prognozować cykle konserwacji. Konstruktorzy maszyn mogą zaoferować swoim klientom dostosowaną do ich potrzeb usługę, dzięki której ich maszyny będą przez cały czas utrzymywane w optymalnym stanie. Dane można również wykorzystać do optymalizacji konstrukcji samej maszyny. Dzięki predykcyjnemu utrzymaniu ruchu konstruktorzy maszyn mogą zaoferować kompleksowy pakiet usług, wprowadzając jednocześnie skutecznie ukierunkowane usprawnienia do swoich maszyn.

 Carola Schwankner - redaktor działu komunikacji korporacyjnej B&R



B&R Automatyka Przemysłowa Sp. z o.o.
e-mail: office.pl@br-automation.com
www.br-automation.com



reklama

EDGE CONTROLLER

Twoje rozwiązanie IoT

Więcej informacji: www.br-automation.com/i-iot-solution



Bezpieczeństwo cybernetyczne



Gromadzenie danych



Analiza



Raportowanie



Wizualizacja



PERFECTION IN AUTOMATION
A MEMBER OF THE ABB GROUP



Hydraulika mobilna

Nowa generacja elektrohydraulicznych układów skrętu

Elektrohydrauliczne układy skrętu w przyczepach i holowanych maszynach roboczych stają się coraz bardziej popularne w rolnictwie ze względu na rosnące wymagania dotyczące zwrotności, zużycia środków, ochrony gleby, jak i stabilności kierunku jazdy. Aktualnie takie systemy wymagania te spełniają, oferując bezpieczeństwo funkcjonalne, a jednocześnie zapewniając prostą i bezpieczną obsługę.

Specjaliści hydrauliki mobilnej w firmie Hydac na Agritech-nica 2019 zaprezentowali nowy system elektrohydrauliczny układu skrętu, obecnie wprowadzany na rynek. To kompletne rozwiązanie charakteryzuje się przede wszystkim modułową budową hydrauliki, kompletem czujników pod kontrolą sterownika i autorskim oprogramowaniem sterującym. Takie uniwersalne podejście umożliwia zastosowanie systemu w różnych podwoziach przyczep, które są połączone ze sztywną osią prowadzącą oraz jedną lub dwiema osiami skrętnymi.

Uniwersalne rozwiązanie

Celem opracowania elektrohydraulicznych układów skrętu jest zoptymalizowane śledzenie przyczepy, ustalenie kąta skrętu, wysterowanie osi skrętnych oraz wyznaczenie wynikowego promienia toru osi sztywnej. Promień nawrotu pojazdu ciągnącego w stosunku do maszyny holowanej jest określony przez kąt załamania dyszla w stosunku do ciągnika. Znając wymiary maszyn i odczyty z zaimplementowanego czujnika kąta zabudowanego na dyszlu, dostarczamy właściwych informacji do sterownika. System na bazie tych danych jest w stanie za pomocą właściwych algorytmów wyznaczyć bieżącą pozycję ciągnika i pojazdu holowanego względem siebie. W zależności od konfiguracji maszyny holowanej (ilość osi skrętnych) sterownik ma za zadanie właściwe wysterowanie zaworów proporcjonalnych odpowiedzialnych za pracę jednej lub dwóch



osi. Pętla sprzężenia zwrotnego zbudowana z wykorzystaniem czujników (kątowych lub liniowych) położenia kół zintegrowanych z siłownikiem zapewnia precyzję i pełną nadążność za zmieniającymi się warunkami pracy systemu. Całość dopełnia podsystem kontroli prędkości zestawu, który dostosowuje charakter pracy systemu nawet przy dużych prędkościach. Takie podejście pozwala osiągnąć właściwe bezpieczeństwo w ramach transportu na większe odległości oraz precyzję i dokładność podczas pracy bezpośrednio na polu.

Newralgicznym elementem systemu jest z reguły czujnik kąta (enkoder), który – zabudowany na dyszlu – staje się podatny na uszkodzenia mechaniczne. Jego zabudowa oraz ochrona przed uszkodzeniem jest więc kluczowym elementem zabudowy mechanicznej, ponieważ dysfunkcja w tym punkcie może doprowadzić do poważnych konsekwencji. Dlatego program sterujący zakłada każdorazową autodiagnostykę tego czujnika wraz z uruchomieniem systemu, a jego ewentualna wymiana pociąga za sobą konieczność pełnej kalibracji i testu, tak aby sterownik właściwie interpretował otrzymywane informacje.

MATCH



HYDAC MATCH – zintegrowane rozwiązanie sterowania maszyn mobilnych

Mechaniczne podłączenie czujnika kąta

Jednak z punktu widzenia użytkownika jest to bardzo ważna właściwość i nie można jej lekceważyć. Jeśli użytkownik wybierze jeden taki układ skrętu, to każdy pojazd holowany we flocie musi być taki sam i mieć znormalizowany zaczep. Decyzja i wybór systemu wpływa zatem na całą flotę w firmie.

I to właśnie podłączenie enkodera (czujnika kąta) obrotu na dyszlu i jego połączenie mechaniczne do ciągnika były kluczowe w decyzji opracowania nowego układu skrętu przez firmę HYDAC. Korzystając z linii innowacyjnych czujników HIT, mogliśmy podejść do tematu zarządzania kątem skrętu na bazie produkowanych przez nas sensorów. Tym bardziej, że jesteśmy w stanie wyznaczyć kąt bez elementów pośredniczących pomiędzy ciągnikiem a przyczepą czy inną maszyną holowaną.

Kluczowym elementem podsystemu jest czujnik wychylenia z rodziny HIT 1500, są one jedno- lub dwuosiowymi czujnikami do wykrywania wychylenia w stosunku do poziomu. Wszystkie inklinometry produkcji HYDAC wykorzystują wychylenie jako pomiar quasi-statyczny, tj. wyznaczenie wychylenia i następnie jego przesłanie. Dodatkowo poprzez połączenie sensorów zostaje obliczona dynamicznie kompensowana ruchowo wartość wychylenia (kąta). Czujniki nachylenia dysponują precyzyjnymi elementami pomiarowymi opartymi na bazie MEMS.



Czujnik HIT1500 generuje dane wejściowe do obliczeń kąta skrętu w odniesieniu do prędkości

Poza podstawowym zadaniem, jakim jest pomiar nachylenia w relacji do poziomu, czujnik wyznacza wartość przyspieszenia, a także szybkość obrotu we wszystkich trzech osiach i wysyła je jako sygnał pomiarowy. Ta funkcjonalność i prędkość jazdy jest wykorzystana do realizacji zadań układu skrętu i właściwegoysterowania osi skrętnych.

reklama

HYDAC

PRZEMYSŁ 4.0 OD RĘKI



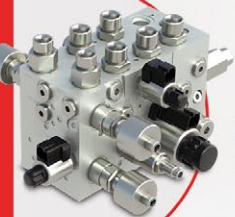
UKŁADY AMORTYZACJI
(ZAWIESZENIA I KABINY)



ELEKTRONIKA
KONTROLNO-STERUJĄCA
(WYŚWIETLACZE I STEROWNIKI)



BLOKI ZAWOROWE
(REGULACJA I STEROWANIE)



UKŁADY POMPOWE
(Z REGULATORAMI)



UKŁADY FILTRACJI
(FILTRY I WKŁADY)



www.hydac.com.pl



Współpraca maszyn roboczych

Eliminacja połączenia między czujnikiem kąta a pojazdem ciągnącym czyni ten system wyjątkowym. Układ skrętu wymaga tylko podłączenia do hydrauliki i zasilania elektrycznego z ciągnika, a poza tym jest całkowicie samowystarczalny. Użytkownicy mogą teraz korzystać z dowolnej przyczepy lub maszyny roboczej, co nie wymaga modyfikacji zaczepu, jak poprzednio. Hak, zaczep prosty, zaczep kulowy lub dyszel w różnych wersjach i wyposażeniu floty nie zależy już od podsystemu, jakim jest układ skrętu na maszynach. Montaż czujnika HIT 1500 jest również bardzo łatwy, ponieważ jest on przymocowany jedynie na ramie przyczepy czy maszyny w dowolnym położeniu i miejscu.

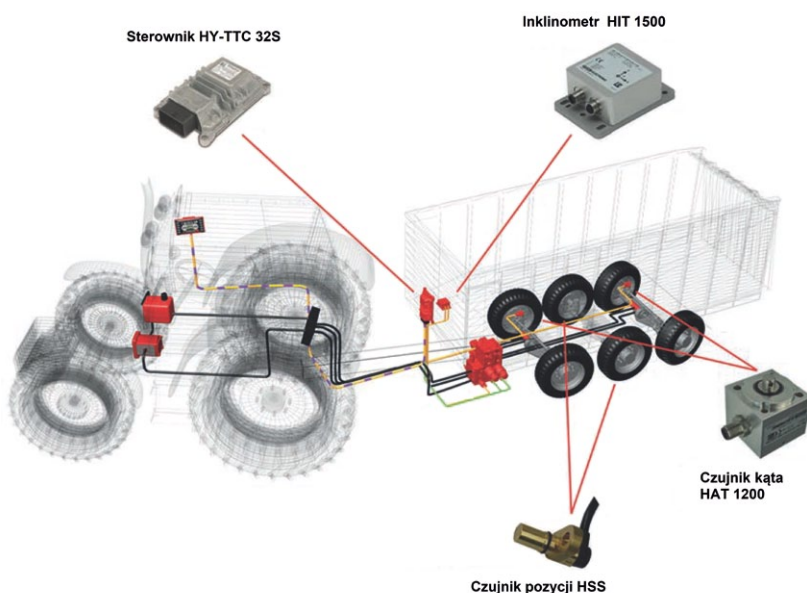
Pomiary na torze testowym i na polu roboczym wykazały podczas rejestracji w sterowniku, że istnieje minimalne odchylenie w kalibracji enkodera obrotowego (czujnik kąta) na dyszlu w porównaniu z sygnałem z czujnika HIT 1500 przy dużych prędkościach. Zachowano także dobre odwzorowanie przy niskich prędkościach jazdy, np. 0,5 km/h. Ponadto takie rozwiązanie umożliwia zastosowanie takich funkcji, jak: zależna od prędkości redukcja kąta skrętu, inne zachowanie układu kierującego w jeździe w przód i do tyłu, a także tryby bez skrętu lub możliwość sterowania ręcznego. Zapewnia to możliwość dostosowania kąta skrętu za pomocą systemu bez względu na informacje z czujnika. Funkcja ta pomaga podczas manewrowania i jest bardzo pomocna w ciasnych przestrzeniach i trudnych warunkach.

Skrócony czas wdrożenia

Oprócz znormalizowanego interfejsu CAN do połączenia systemu do sterownika ciągnika istnieje również możliwość zastosowania prostego urządzenia kontrolno-sterującego na bazie wyświetlacza HY-eVision² 7". To rozszerzenie oferuje zalety podczas wdrożenia takiego systemu do produkcji seryjnej, szczególnie przy analizie błędów, parametryzacji i konfiguracji poszczególnych trybów jazdy maszyny. Ważnym aspektem we wszystkich układach kierowniczych są wymagania dotyczące bezpieczeństwa funkcjonalnego. Oprócz komponentów systemu wszystkie niezbędne standardy musi spełniać również oprogramowanie.

Układy i systemy skrętu produkcji HYDAC jako rozwiązania dodatkowe są przygotowane zgodnie z EN ISO 13849 PL'd i ISO 25119 AgPL'd. Wdrożenie systemu, konfiguracja komponentów, poszczególne funkcje, jak i sama produkcja wymagają analizy zagrożeń i ryzyka w celu ustalenia poziomu bezpieczeństwa (PL/AgPL) na każdym etapie życia maszyny. Składnikami oceny są częstotliwość występowania awarii i kontrola konsekwencji.

Oprogramowanie sterujące na certyfikowanej jednostce sterującej HY-TTC 32S jest systemem zamkniętym. Jednak nasza aplikacja daje możliwości konfiguracji i parametryzacji i nie wymaga dużych prac związanych z adaptacją. Certyfikacja odbywa się z lokalnymi jednostkami do tego powołanymi w danym kraju bądź TÜV. Tak więc największą zaletą jest



Elementy elektrohydraulicznego systemu skrętu z czujnikiem HIT 1500

możliwość instalacji gotowego systemu elektrohydraulicznego sterowania kierującego zawieszeniem przyczepy lub maszyny roboczej bez specjalnych kosztów rozwoju i opracowania takiego systemu. Szybkie wdrożenie u producenta maszyn i opracowanie wymagań funkcjonalnych oraz bezpieczeństwa gwarantują skrócenie prac rozwojowych i sprawne wdrożenie systemu do produkcji seryjnej.

Hydraulika HYDAC ze wsparciem na całym świecie

Zatrudniając ponad 9500 pracowników, posiadając 50 oddziałów zagranicznych i ponad 500 partnerów handlowych i serwisowych, HYDAC jest wiarygodnym partnerem do współpracy na całym świecie. Nasz program dostaw obejmuje akumulatory hydrauliczne, filtry hydrauliczne, filtry procesowe, chłodnice, układy elektrohydrauliczne, sterowanie elektryczne, zawory przemysłowe i mobilne, czujniki ciśnienia, czujniki drogi i kąta, cylindry, pompy, technologie mocowania, systemy monitorowania stanu oleju i wiele innych. Projektujemy i dostarczamy rozwiązania „pod klucz”, hydrauliczne układy sterowania i napędy, w tym elektroniczne elementy sterujące dla maszyn stacjonarnych i maszyn mobilnych we wszystkich branżach. ■

HYDAC

HYDAC Sp. z o.o.

ul. Reymonta 17

43-190 Mikołów

tel. 32 326 29 00

fax 32 326 29 04

e-mail: info@hydac.com.pl

www.hydac.com.pl

Ważne funkcje przemienników częstotliwości w elektrowniach słonecznych

Odnawialne źródła energii są coraz bardziej popularne i szacuje się, że w najbliższych latach będą one w coraz większym stopniu zastępować nieodnawialne źródła. Wzrastający popyt na tzw. „zieloną energię” sprawia, że jest ona produkowana przy wykorzystaniu różnorodnych technologii, a jej źródłami mogą być wiatr, woda, biomasa czy światło słoneczne. Ze względu na to, iż energia słoneczna jest jednym z najchętniej wykorzystywanych źródeł, warto poświęcić jej nieco uwagi.

Przemienniki częstotliwości w elektrowniach słonecznych. Elektrownia słoneczna opiera swoje działanie na odbieraniu energii świetlnej i przetwarzaniu jej w możliwą do wykorzystania energię elektryczną. Bezpośrednio wytworzona (i zmagazynowana) energia jest w postaci prądu stałego (DC) i musi zostać przetworzona na prąd zmienny (AC), aby mogła posłużyć do zasilania urządzeń.

W celu przetworzenia prądu stałego na zmienny wykorzystuje się przemienniki częstotliwości, specjalnie zaprojektowane, by mogły poradzić sobie z wysokimi poziomami mocy, jakie pojawiają się w elektrowniach słonecznych.

Jednocześnie przemienniki częstotliwości spełniają inne funkcje, takie jak pomiary energii, monitorowanie i regulacja całego układu.

Przemiennik częstotliwości w roli ochrony układu. Podobnie jak falowniki sterujące silnikami służą ich ochronie, tak samo przemienniki częstotliwości sprzężone z elektrowniami słonecznymi dbają o bezpieczeństwo układu. W zależności od tego, jaki jest poziom naładowania baterii, obciążenie układu przez użytkowników oraz poziom energii padającej na panel słoneczny, falownik decyduje, czy energia ma być przesyłana do odbiorcy, czy ma służyć ładowaniu – i w jakiej ilości.

Dzięki temu bateria jest chroniona przed nadmiernym rozładowaniem albo przeładowaniem. Ilość energii w baterii jest odpowiednio kalibrowana względem aktualnie panujących warunków, podczas gdy jednocześnie system zabezpiecza użytkowników sieci przed nagłymi spadkami lub skokami napięcia.

Wyszukiwanie punktu mocy maksymalnej. Jedną z najważniejszych zalet stosowania falowników sprzężonych z elektrowniami słonecznymi jest

możliwość wykrycia punktu mocy maksymalnej (MPP). Najlepszym przemiennikom częstotliwości znalezienie MPP po zmianie nasłonecznienia zajmuje kilka sekund. Im krótszy jest ten czas, a jednocześnie im lepiej wyznaczony punkt mocy maksymalnej, tym większa jest wydajność całego układu. Panele słoneczne pracujące w MPP generują bowiem największą ilość energii możliwą do uzyskania w danych warunkach.

Podsumowując, na podstawie powyższych przykładów łatwo zauważyć, iż przemienniki częstotliwości stanowią bardzo ważny element elektrowni słonecznej. Jest to także kolejny dowód na to, iż ich wykorzystywanie wpływa na ekologię – tym razem poprzez generowanie „zielonej energii”.

Literatura

- [1] <https://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/16489/Batteries-and-Inverters-in-Solar-Energy.aspx>
- [2] <http://systemy-fotowoltaika.pl/dziala-falownik-elektrowni-slonecznej/>

SANYU Sobczak Sp. j.
www.sanyu.eu

reklama

Kupuj on-line
sanyu.eu/sklep

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

SANYU.eu
falowniki • softstarty

Testowane i Serwisowane w Polsce
+48 606 945 936

OSZCZĘDZA ŚRODOWISKO I TWOJE PIENIĄDZE
ECO MONEY SAVING

od 2013 r.
SANYU.eu
na polskim rynku

Marzec miesiącem targów?

Podobnie jak w poprzednich latach, również w 2020 roku marzec miał obfitować w imprezy branżowe. Naszym zainteresowaniem cieszyły się szczególnie dwa wydarzenia: najpierw Targi Forum Wentylacja – Salon Klimatyzacja, które odbyły się w dniach 3–4 marca, a następnie Targi Automaticon, które miały trwać w dniach 17–19 marca 2020.

Forum Wentylacja – Salon Klimatyzacja

Targi Forum Wentylacja – Salon Klimatyzacja są największym wydarzeniem branż wentylacyjnej, klimatyzacyjnej oraz chłodniczej. Można na nich spotkać wystawców z całego kraju,

przedstawiających swoje rozwiązania w tej dziedzinie. I na szczęście forum to odbyło się.

Prezentacjom wystawców towarzyszyły dwudniowe seminaria, pozwalające na zapoznanie się z najnowszymi informacjami z takich obszarów, jak przepisy regulujące branżę HVAC, najnowsze technologie czy analizy energetyczne. Oprócz wiedzy teoretycznej, przekazywanej podczas wykładów, uczestnicy Targów mogli zdobyć umiejętności praktyczne w Strefie instalatora.

Podczas Targów zaprezentowaliśmy przykłady falowników i softstartów umożliwiających inteligentną, łatwą kontrolę pracy silników używanych w branży

HVAC. Ich wykorzystanie jest dobrze osadzone w kontekście energooszczędności, gdyż pozwala na zmniejszenie ilości pobieranej mocy, a także na optymalizację pracy w zależności od aktualnego obciążenia układu.

Jako uczestnicy Targów mieliśmy okazję nie tylko zaprezentować swoje rozwiązania, lecz również spotkać się z naszymi stałymi klientami i nawiązać nowe znajomości. Cieszymy się, iż te pracowite 2 dni były pełne ciekawych rozmów. Pragniemy także podziękować wszystkim uczestnikom Targów za zainteresowanie naszymi produktami. Liczymy na równie owocne spotkania w kolejnych latach. ■

SANYU Sobczak Sp. j.

WYDARZENIA

● Wyświetlacz z rybich łusek

Naukowcy wynaleźli metodę przetwarzania łuski rybnej na giętkie ekrany, które można by stosować w szeregu przenośnych urządzeń elektronicznych. Proces został opracowany przez zespół badaczy z Uniwersytetu Nankińskiego.

Ich zainteresowanie skupiło się na znalezieniu praktycznej aplikacji dla 70,5 milionów ton odpadów rybnych wytwarzanych każdego roku przez przemysł rybny.

Aby wytworzyć miniaturowe ekrany, łuski ryb są przetwarzane w celu wydobycia ich naturalnych żelatyn. Są one następnie formowane w cienką warstwę i mieszane z emitującym światło siarczkiem cynku i związkami miedzi. Następnie w żelatynie umieszczana jest gęsta siatka nanodrutów działających jako elektrody aktywujące materiał emitujący światło.

Podczas gdy tradycyjne wyświetlacze elektroniczne są wykonane z tworzyw sztucznych, których rozkład może zająć setki lat, ekrany nowego typu są w pełni biodegradowalne. Źródło: *dailymail*

● NASA schodzi pod wodę

NASA właśnie zaprezentowała nowego autonomicznego robota o nazwie BRUIE, którego planuje wysłać w przestrzeń kosmiczną w poszukiwaniu śladów życia pozaziemskiego.

Robot posiada dwa koła, a pomiędzy nimi znajduje się główna jednostka sterująca. Koła są w stanie przylgnąć do warstwy lodu, co pozwoli konstrukcji szukać oznak życia pod powierzchnią oceanów na odległych egzoplanetach i księżycach.

BRUIE to owoc współpracy NASA i Uniwersytetu Zachodniej Australii. Próbną testy przeszedł na Arktyce i Antarktydzie, które według inżynierów są najlepszym przybliżeniem warunków, jakie napotka na innych globach. Został zaprojektowany do jazdy wzdłuż dolnej części skorupy lodowej i wykorzystuje instrumenty pokładowe do wykrywania związków chemicznych, które są interesujące dla naukowców.

Źródło: *futurism*

● Robot nauczył się chodu od psa

Zespół naukowców z laboratorium sztucznej inteligencji Google zaprezentował rezultaty prac nad stworzeniem czteroosobowego robota podobnego do psa, który uczy się zachowania od prawdziwego zwierzęcia, analizując jego ruch.

Szkolenie robota do wykonywania zadań poprzez naśladowanie ruchów żywego stworzenia nie jest niczym nowym. Jednak nauczenie robota pewnych czynności poprzez pokazanie mu wideo z prawdziwym pierwowzorem samo w sobie jest innowacyjne. Robotyczny

czworonóg Laikago (nazwa nawiązuje do Łajki – pierwszego psa w kosmosie) jest szkolony do chodzenia, biegania, a nawet gonienia za własnym ogonem.

W praktyce film treningowy jest najpierw przetwarzany przez system sztucznej inteligencji, który przetwarza psa obejrzanego w wideo w cyfrową reprezentację Laikago. Aby znaleźć możliwe błędy interpretacyjne podczas odwzorowywania modelu, zespół pokazuje systemowi AI wiele zatrzymanych ujęć. System AI tworzy zestaw możliwych ruchów w zależności od scenariuszy, które można spotkać w prawdziwym świecie. Gdy symulacja zbuduje bazę wiedzy, wyniki przetwarzania wysyłane są do robota, który następnie wykorzystuje to, czego nauczyła się symulacja, jako punkt wyjścia do kreowania własnego zachowania.

Film przedstawiający Laikago w akcji pokazuje, że opracowana przez Google metodologia działa poprawnie. Robot potrafi chodzić i biegać jak prawdziwy pies, a nawet symuluje pogoń za własnym ogonem. Posiada jednak również pewne wady w porównaniu z innymi zaawansowanymi robotami, takimi jak te testowane przez Boston Dynamics, które zdobywają umiejętności poprzez programowanie. Powrót na nogi po potknięciu jest dla nowego robota wciąż kłopotliwy. Źródło: *Techxplore*

Prezentacja firmy IOW TRADE

Sprzęgła, przekładnie, silniki elektryczne, łańcuchy to asortyment z szerokiej gamy produktowej oferowanej przez IOW TRADE Sp. z o.o., prężnie działającej od ponad 25 lat firmie, stale rozwijającej się w wielu sektorach polskiego i zagranicznego rynku maszyn.

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

W 2017 r. dołączyliśmy do AXEL JOHNSON INTERNATIONAL, renomowanej szwedzkiej grupy przemysłowej, obejmującej obecnie ponad 110 firm w 27 krajach z łączną sprzedażą roczną w wysokości 960 milionów euro. Dołączenie do grupy Axel Johnson stale umacnia wysoką pozycję naszego przedsiębiorstwa w kraju i na arenie międzynarodowej oraz zapewnia profesjonalne wsparcie w obszarze dalszego rozwoju.

Z przyjemnością pragniemy poinformować, że zostaliśmy autoryzowanym dystrybutorem produktów renomowanej marki REXNORD. W ten sposób nasza



oferta powiększyła się między innymi o sprzęgła oponowe, zębate, przeciążeniowe, ograniczniki momentu, wolnobiegi, pierścienie rozprężno-zaciskowe oraz łańcuchy. Dzięki nawiązaniu tej współpracy umocniliśmy swoją pozycję na rynku w zakresie przeniesienia napędu.

Szeroka gama przekładni, jaką dostarczamy do naszych klientów, używana jest niemal we wszystkich sektorach gospodarki, rozpoczynając od przemysłu spożywczego przez budowlany, chemiczny, a kończąc na górnictwie. Proponowane przez nas przekładnie cechują się niezwykłą starannością wykonania, co przekłada się na ich żywotność i bezawaryjną pracę. W naszej ofercie znajdują się przekładnie ślimakowe, walcowe,

walcowo-stożkowe, planetarne oraz wariatory. Dostarczamy napędy od mocy 0,06 do nawet 30 kW. Jesteśmy przedstawicielem firmy VARVEL, a wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klienta, stworzyliśmy również naszą własną markę motoreduktorów GEAROX.

Zapraszamy do współpracy. ■

IOW TRADE
OW DRIVES HYDRAULICS FILTRATION

IOW TRADE Sp. z o.o.

ul. Zwolenńska 17

04-761 Warszawa

e-mail: dr@iow.pl

www.iowtrade.pl



Ogrodzenia ochronne jako elementy bezpieczeństwa podlegające oznakowaniu CE

Radosław Gonet

1. Wprowadzenie

Implementacja do prawodawstwa polskiego przepisów Dyrektywy maszynowej 2006/42/WE spowodowała, iż wymagania zasadnicze w tym zakresie są interpretowane jako obowiązki wyłącznie producentów maszyn. Jednocześnie zakres przedmiotowy rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn¹ (zwanego dalej: rozporządzeniem) informuje, że ma ono zastosowanie m.in. także do elementów bezpieczeństwa.

Takimi elementami bezpieczeństwa są ogrodzenia ochronne powszechnie stosowane w zabezpieczaniu stref niebezpiecznych całych obszarów procesów produkcyjnych, gdzie nie jest wymagana stała obsługa i obecność operatorów. Ogrodzenia takie budowane są jako konstrukcje, które separują pracowników od stref niebezpiecznych maszyn bądź linii technologicznych. Ma to miejsce zarówno podczas modernizacji, dostosowań do wymagań bezpieczeństwa technicznego, jak również przy budowie nowych maszyn lub tworzeniu zespołów maszyn. Bardzo często obowiązek taki spoczywa na użytkownikach maszyn, którzy nie są świadomi swojej odpowiedzialności wynikającej z przepisów dotyczących oceny zgodności. Powszechny jest bowiem brak

świadomości, że w aspekcie bezpieczeństwa maszyn deklaracja zgodności WE i oznakowanie znakiem CE nie dotyczy wyłącznie samych maszyn, ale obejmuje także elementy bezpieczeństwa.

Artykuł ten nie dotyczy kwestii doboru i parametrów technicznych ogrodzeń ochronnych², lecz ma na celu prawną analizę obowiązków w zakresie spełniania wymagań zasadniczych przez tego rodzaju konstrukcje bezpieczeństwa.

2. Elementy bezpieczeństwa w zakresie przedmiotowym wymagań zasadniczych

Aby właściwie zrozumieć problematykę zawartą w artykule, należy poddać analizie zakres przedmiotowy rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (zwanego dalej rozporządzeniem), które stanowi implementację do prawodawstwa polskiego zapisów Dyrektywy 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn (Dyrektywa maszynowa).

Zgodnie z § 3 pkt 3 ww. rozporządzenia ma ono zastosowanie do elementów bezpieczeństwa definiowanych jako: elementy, które służą do spełnienia funkcji bezpieczeństwa i są wprowadzane do obrotu oddzielnie. Są to takie elementy, których uszkodzenie lub nieprawidłowe

Streszczenie: Automatykacja procesów produkcyjnych powoduje, że coraz więcej linii technologicznych nie wymaga stałej interwencji operatorów. Obszary takie są wygradzane przy pomocy konstrukcji ochronnych, jakimi są ogrodzenia – najczęściej w postaci paneli z wypełnieniem ażurowym (siatki). Jednocześnie, zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami, tego rodzaju konstrukcje są elementami bezpieczeństwa w rozumieniu wymagań zasadniczych dotyczących maszyn. Powoduje to konieczność przeprowadzenia procedury oceny zgodności, wystawienia deklaracji zgodności WE oraz oznakowania znakiem CE – analogicznie jak w przypadku maszyn. Obowiązek prawny w tym zakresie nie zawsze ma zastosowanie. W artykule zostanie przedstawiona interpretacja przepisów bazująca na wytycznych Komisji Europejskiej.

Abstract: The automation of production processes means that more and more technological lines do not require constant operator intervention anymore. Such areas are guarded by protective structures such as fences, usually in the form of net fences. At the same time, in accordance with applicable regulations, such fences are safety elements in the meaning of the essential requirements for machinery. Therefore, it is necessary for such safety elements to be subjected to the conformity assessment procedure followed by issuing the EC declaration of conformity and CE marking – similarly to machines. However, the legal obligation in this respect is not always applicable. The article presents the interpretation of provisions based on European Commission guidelines.



Rys. 1. Przykładowe ogrodzenie ochronne linii technologicznej

(Źródło: <https://www.haberkorn.pl/stalowe-ogrodzenia/>)

działanie zagraża bezpieczeństwu osób, a jednocześnie nie są one niezbędne do działania maszyny lub można je zastąpić zwykłymi elementami tak, aby maszyna mogła działać. Wobec powyższego elementy bezpieczeństwa to takie elementy, które zgodnie z przeznaczeniem określonym przez ich producenta mają być montowane w maszynie wyłącznie w celu pełnienia funkcji ochronnej.

Od powyższego istnieje jednak wyjątek: przepisów rozporządzenia nie stosuje się do elementów bezpieczeństwa przeznaczonych do użytku jako części zamienne identycznych elementów i dostarczonych przez producenta oryginalnej maszyny.

Rozporządzenie, w załączniku nr 1³, określa orientacyjny wykaz kategorii elementów bezpieczeństwa, w które zazwyczaj wyposaża się maszyny. Przedmiotowy wykaz jest orientacyjny, a co za tym idzie – nie stanowi katalogu zamkniętego, lecz służy zrozumieniu definicji wskazanej w przepisie. Dlatego każdy element spełniający kryteria przytoczonej wcześniej definicji należy uznać za element bezpieczeństwa wchodzący w zakres stosowania rozporządzenia, a w związku z tym także dyrektywy w sprawie maszyn, nawet jeżeli nie został wprost wymieniony w wykazie podanym w załączniku nr 1.

3. Ogradzenia ochronne jako elementy bezpieczeństwa

Zgodnie z przedstawioną w poprzednim rozdziale definicją elementy bezpieczeństwa to takie elementy, które zgodnie z przeznaczeniem określonym przez ich producenta mają być montowane w maszynie wyłącznie w celu pełnienia funkcji ochronnej. Jedną z kategorii elementów bezpieczeństwa wskazanych w pkt 7 załącznika nr 1 do rozporządzenia są osłony i urządzenia ochronne zaprojektowane w celu ochrony osób przed zagrożeniami generowanymi podczas prawidłowej pracy maszyny.

Wg definicji podanej w § 3 pkt 13 rozporządzenia osłona to część maszyny, w postaci bariery materialnej, przeznaczona specjalnie do zapewnienia ochrony. Osłony stanowią fizyczną barierę zapobiegającą dostępowi do ruchomych części związanych

z procesem podczas niebezpiecznych ruchów elementów maszyn. Funkcja ochronna ogrodzenia może działać dwukierunkowo: jako zabezpieczenie przed wejściem do strefy zagrożenia oraz jako bariera w przypadku ryzyka wyrzucenia przedmiotów w kierunku pracowników przebywających w bezpośrednim otoczeniu maszyny⁴.

Wobec powyższego ogrodzenia ochronne z tytułu pełnionej funkcji bezpieczeństwa są rodzajem osłony, gdyż prawidłowo dobrane⁵ stanowią skuteczne zabezpieczenie przed dostępem do stref niebezpiecznych. Ogradzenia ochronne są powszechnie stosowane jako jeden ze sposobów zapobiegania dostępowi do stref niebezpiecznych wokół pojedynczej maszyny lub zespołów maszyn.

4. Kwalifikacja ogrodzeń w aspekcie obowiązków producenta

Jak zostało opisane w poprzednich rozdziałach, ogrodzenia ochronne należy traktować jako objęte szeroko pojętym zakresem definicji osłon. Wobec powyższego, z tytułu pełnionej funkcji, ogrodzenia ochronne można byłoby uznać za jeden z elementów bezpieczeństwa, które powinny (w określonych warunkach) spełniać wymagania zasadnicze. Zakres tych wymagań jest analogiczny do wymagań dotyczących maszyn, a dotyczy zapewnienia zgodności i bezpieczeństwa maszyn wprowadzanych do obrotu lub oddawanych do użytku na terenie Unii Europejskiej.








Jednocześnie ogrodzenia ochronne występują w ofercie handlowej zarówno jako pojedyncze elementy, moduły, jak i pełne wygradzenia, gotowe projekty itp. Powstaje zatem pytanie: czy w każdym przypadku ogrodzenie ochronne należy klasyfikować jako element bezpieczeństwa, a co za tym idzie poddać procedurze oceny zgodności oraz wydać dla niego deklarację zgodności WE i oznakować znakiem CE? Odpowiedź na to pytanie wymaga odwołania się do definicji elementów bezpieczeństwa i rozstrzygnięcia kwestii: w jakich warunkach ogrodzenia można uznać za niezależnie (oddzielnie) wprowadzone do obrotu.

Aby wskazać rozwiązanie tej kwestii, konieczne jest rozważenie różnych sposobów i celów wprowadzania na rynek



Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania	
Systemy Pomiarowe	
Technika Filtracji	
Diagtronics	
Akcesoria Hydrauliczne	
Zawory Kulowe	
Złącza Hydrauliczne	



NOWOŚĆ!
STAUFF
Connect

Technologia Złącz Rurowych
od STAUFF



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

www.stauff.pl

ogrodzeń ochronnych. W tym aspekcie spotykane są trzy warianty:

1. ogrodzenia ochronne projektowane przez producenta maszyny;
2. ogrodzenia ochronne projektowane i budowane przez producenta ogrodzeń;
3. elementy ogrodzeń ochronnych sprzedawane indywidualnie.

4.1. Ogrodzenia ochronne projektowane przez producenta maszyny

W tym wariantcie ogrodzenie ochronne jest projektowane przez producenta i producent maszyny ponosi odpowiedzialność za planowanie i opracowanie specyfikacji tego ogrodzenia dla konkretnej maszyny. Ogrodzenie może być w tym przypadku zbudowane przez firmę zewnętrzną lub przez samego producenta, na przykład z pojedynczych elementów ogrodzenia.

Wówczas ogrodzenie jest wprowadzane do obrotu wraz ze wspomnianą maszyną, w związku z czym nie jest elementem bezpieczeństwa w rozumieniu dyrektywy maszynowej. Zgodnie bowiem z definicją elementy bezpieczeństwa to takie urządzenia, które są wprowadzane do obrotu oddzielnie. Ogrodzenie bezpieczeństwa należy w tym przypadku traktować jako element lub część maszyny, które razem z maszyną stanowią całość.

Ponieważ producent maszyny odpowiada za planowanie, jest prawnie uznawany za producenta maszyny, której integralną częścią jest także ogrodzenie ochronne. Natomiast producent ogrodzenia, realizując konkretne zamówienie wg przekazanej specyfikacji, sam nie ponosi odpowiedzialności za proces planowania ogrodzenia. Jego rola w tym przypadku sprowadza się do podwykonawcy i w rozumieniu przepisów prawa nie będzie miało miejsca niezależne i/lub oddzielne wprowadzenie do obrotu elementu bezpieczeństwa.

W takim wariantcie z uwagi na fakt, że ogrodzenie nie jest oddzielnie wprowadzane do obrotu, a za jego projektowanie i planowanie główną odpowiedzialność ponosi producent maszyny, nie spełnia ono definicji zawartej w § 3 pkt 3 ww. rozporządzenia, a zatem nie jest elementem bezpieczeństwa w sensie prawnym, nawet jeśli pełni funkcję bezpieczeństwa.

4.2. Ogrodzenia ochronne projektowane i budowane przez producenta ogrodzeń

Kolejny wariant to sytuacja, w której producent ogrodzeń (który może, ale nie musi produkować na zlecenie tego pierwszego), samodzielnie projektuje ogrodzenie dla maszyny (zespołu maszyn). Producent ogrodzenia jest wówczas odpowiedzialny za proces planowania.

W takim przypadku producent ogrodzenia ochronnego uzyskuje informacje dotyczące pełnego spektrum zagrożeń stwarzanych przez maszynę, ich charakterystykę oraz wymagania istotne dla właściwego przeprowadzenia procesu planowania. Działania te realizowane są na zlecenie producenta maszyny, ale z inicjatywy i na odpowiedzialność producenta ogrodzenia.

Ogrodzenie ochronne w tym przypadku jest kompletnym systemem bezpieczeństwa wprowadzanym do obrotu odrębnie, co skutkuje obowiązkiem przeprowadzenia procedury oceny zgodności, umieszczenia oznakowania CE oraz dostarczenia deklarację zgodności WE i instrukcji. Wprowadzającym do obrotu jest wówczas producent ogrodzenia ochronnego i to na nim ciążyą ww. obowiązki wynikające wprost z przepisów prawa.

Nie ma tu znaczenia, czy ogrodzenia wprowadzane są na rynek przez producenta w podziale na poszczególne części, jeżeli są one sprzedawane jako kompletne elementy w formie zestawu konstrukcyjnego i instalowane w miejscu przeznaczenia. Sam montaż zestawu konstrukcyjnego nie wiąże się bowiem z żadnym planowaniem ani projektowaniem, które może skutkować przesunięciem odpowiedzialności za projekt i planowanie całego ogrodzenia ochronnego z producenta ogrodzenia na producenta maszyny.

4.3. Elementy ogrodzeń ochronnych sprzedawane indywidualnie

Ostatnim, bardzo często spotykanym wariantem wprowadzania na rynek ogrodzeń jest sprzedaż pojedynczych elementów ogrodzeń lub kombinacji



Rys. 2. Przykładowe indywidualne panele ogrodzenia ochronnego

(źródło: <https://astat.pl/produkt/komponenty-automatyki-przemyslowej/systemy-wygradzen-bezpieczenstwa/panele/>)

elementów, które same w sobie nie pełnią żadnej funkcji bezpieczeństwa. Poszczególne komponentów (elementów) ogrodzeń, jako dostarczanych oddzielnie, nie można sklasyfikować jako elementy bezpieczeństwa, gdyż występując indywidualnie, nie mogą zapewnić żadnej funkcji bezpieczeństwa.

Poszczególne elementy ogrodzeń (słupki, panele, drzwi itd.) same w sobie nie są w stanie realizować funkcji bezpieczeństwa i nie stanowią elementów bezpieczeństwa, jeżeli są dostarczane jako oddzielne, pojedyncze elementy. Ich odrębny montaż nie spowoduje bowiem powstania żadnego systemu bezpieczeństwa w postaci spójnej konstrukcji ochronnej.

W rozumieniu definicji elementu bezpieczeństwa, zapewnienie funkcji bezpieczeństwa w przypadku ogrodzeń można osiągnąć wyłącznie przez montaż ogrodzenia, zintegrowanego z maszyną. Tylko pełne ogrodzenie ochronne, obejmujące swoją konstrukcją określoną strefę wewnętrzną w całości, może uniemożliwić dostęp do elementów stwarzających zagrożenie. W związku z tym jedynie kompletne ogrodzenie podlega ocenie, czy stanowi ono element bezpieczeństwa zgodnie z przepisami rozporządzenia w sprawie wymagań zasadniczych dla maszyn. Na takich elementach nie

należy więc umieszczać oznakowania CE ani wydawać dla nich deklaracji zgodności WE.

Wyjątkiem od powyższego może być sytuacja, kiedy pojedyncze elementy, takie jak drzwi dostępowe do maszyny lub pojedynczy element (ze względu na zastosowanie w konkretnej aplikacji), uniemożliwiają dostęp do danej ograniczonej strefy niebezpiecznej. Wówczas takie pojedyncze elementy spełniają funkcję bezpieczeństwa.

5. Odpowiedzialność karna

Znaczenie powyższej kwalifikacji nabiera wysokiej rangi wobec faktu, że niedopełnienie obowiązków w zakresie oceny zgodności podlega odpowiedzialności karnej na mocy przepisów Rozdziału 7 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności⁶.

Ustawa penalizuje w tym zakresie zarówno wprowadzenie do obrotu (lub oddanie do użytku) wyrobu niezgodnego z zasadniczymi wymaganiami (art. 45), jak i same kwestie oznakowania znakiem CE. Odpowiedzialność ponosi także ten, kto wprowadza do obrotu (lub oddaje do użytku) wyrób podlegający oznakowaniu bez takiego oznakowania (art. 47 a) oraz kto umieszcza oznakowanie zgodności na wyrobie, który nie podlega temu oznakowaniu (art. 47 b).

6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę charakter ogrodzenia w odniesieniu do jego funkcji jako elementu bezpieczeństwa, generalnie ogrodzenie może spełniać swoją rolę ochronną tylko jako integralna całość. Natomiast funkcja bezpieczeństwa, jaką może spełniać ogrodzenie, jest zależna od sposobu i celu wprowadzenia ogrodzenia na rynek. W większości przypadków pojedyncze elementy ogrodzenia same w sobie nie pełnią funkcji bezpieczeństwa, ale mogą ją pełnić wyłącznie wtedy, gdy są połączone w pełną konstrukcję ochronną, mającą zabezpieczać strefę niebezpieczną.

Jest to zasadnicza różnica w stosunku do innych (wymienionych w załączniku nr 1 do rozporządzenia) elementów bezpieczeństwa, takich jak blokady bezpieczeństwa, które są elementami pojedynczymi i same w sobie pełnią funkcję bezpieczeństwa.

Jednocześnie – jak zostało wykazane – nawet pojedyncze elementy ogrodzeń (takie jak drzwi lub pojedynczy panel), mogą być uważane za element bezpieczeństwa w określonych sytuacjach determinowanych ich konkretnym zastosowaniem.

Przypisy

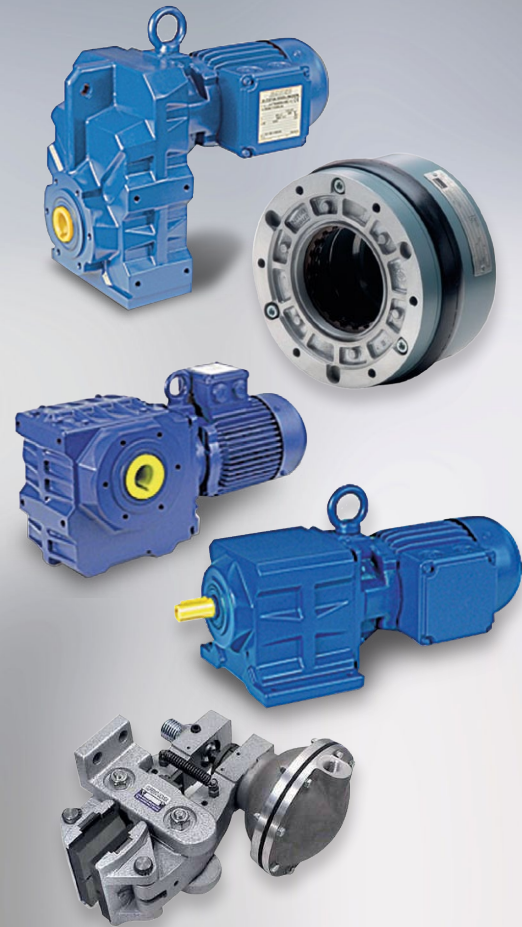
- 1 Dz.U. Nr 199, poz. 1228 ze zm.
- 2 Które są przedmiotem Polskiej Normy PN-EN ISO 13857:2020-03 Bezpieczeństwo maszyn – Odległości bezpieczeństwa uniemożliwiające sięganie kończynami górnymi i dolnymi do stref niebezpiecznych.
- 3 Co odpowiada załącznikowi V do dyrektywy w sprawie maszyn.
- 4 Co wymaga właściwego zaprojektowania i wykonania, z uwzględnieniem wytycznych Polskiej Normy PN-EN ISO 14120 Bezpieczeństwo maszyn – Osłony – Ogólne wymagania dotyczące projektowania i budowy osłon stałych i ruchomych.
- 5 Wg wytycznych Polskiej Normy PN-EN ISO 13857 Bezpieczeństwo maszyn – Odległości bezpieczeństwa uniemożliwiające sięganie kończynami górnymi i dolnymi do stref niebezpiecznych.
- 6 Dz.U. z 2002 r. Nr 166, poz. 1360 ze zm.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2002 r. Nr 166, poz. 1360 ze zm.).
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. Nr 199, poz. 1228 ze zm.).
- [3] Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn.
- [4] Guide to application of the Machinery Directive 2006/45/EC – Edition 2.2 – October 2019 (Update of 2nd Edition).

dr inż. Radosław Gonet - EcoMS Consulting Sp. z o.o. Wrocław

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

Bauer
Gear Motor

FLENDER
A Siemens Company

MAGNET SERVICE
BINDER
Power Technology

COREMO
OCMEA S.p.A.

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

Zatrzymanie krążenia jako skutek porażenia prądem elektrycznym

Stefan Gierlotka

Z protokołów badań wypadków elektrycznych wynika, że bezpośredni świadkowie wypadku przystąpili zaraz do resuscytacji poszkodowanego. Motywacją do natychmiastowej resuscytacji było dostrzeżenie u porażonego objawów życia. Porażony ruszał wargami i wydawał charakterystyczne charczenie. Dostrzegane objawy życia u porażonego po krótkim czasie prowadzenia resuscytacji zanikały. Dalsze czynności reanimacyjne nie przynosiły rezultatu.

Właściwości elektryczne ciała człowieka

Przepływ prądu elektrycznego przez ciało człowieka, zależnie od okoliczności, może spowodować wystąpienie niebezpiecznych skutków patologicznych. Zmiany w organizmie człowieka spowodowane działaniem prądu rażeniowego zależą od wartości jego natężenia i czasu rażenia. Natężenie prądu jest zależne od wartości napięcia rażeniowego oraz impedancji ciała w chwili rażenia.

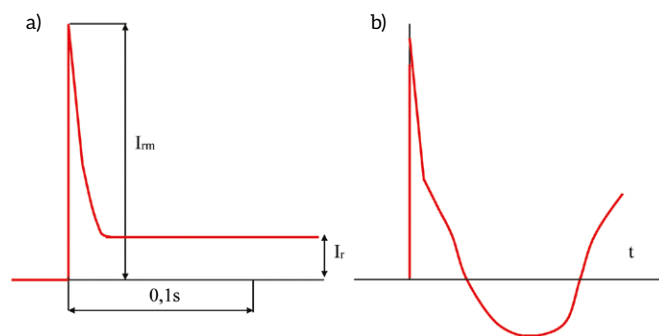
Impedancja ciała człowieka zależy od czynników biofizycznych i warunkuje ją impedancja skóry, rezystancja organów wewnętrznych oraz rezystancja przejścia. Wartość impedancji ciała człowieka jest zmienna i zależy od napięcia rażeniowego oraz czynników środowiskowych, głównie klimatycznych. Bogate w elektrolity środowisko wewnątrz organizmu jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego. Ponieważ wartość rezystancji organów wewnętrznych jest bardzo mała w porównaniu z wartością impedancji skóry, o wartości całkowitej impedancji ciała decyduje naskórek i jego wilgotność. Wartość impedancji ciała zależy głównie od stopnia napełnienia potem kanalików potowych w naskórku. Czynniki środowiskowe, jak też stany fizjologiczne człowieka mogą powodować zwiększoną czynność skórnych gruczołów potowych i obniżenie wartości impedancji skóry człowieka.

Badania elektryczne ciała człowieka wykazały, że organy wewnętrzne ciała człowieka posiadają charakter rezystancyjny, natomiast skóra posiada charakter rezystancyjno-pojemnościowy. Pojemnościowy charakter impedancji ciała powoduje, że w pierwszej chwili rażenia prąd osiąga wartość szczytową przez ładowanie się pojemności skóry. Wartość szczytową impulsu prądu rażeniowego ogranicza rezystancja wewnętrzna ciała. Występujący stan nieustalony prądu stabilizuje się po 0,1 s, osiągając wartość ustaloną przez impedancję ciała. Przebieg początkowego prądu podczas rażenia napięciem stałym oraz zmiennym pokazano na rys. 1.

Rezystancja przejścia na styku skóry z elektrodą zależy od zawilgocenia naskórka, powierzchni styczności oraz siły docisku. W normalnych warunkach wartość rezystancji przejścia jest mniejsza od 200 Ω .

Streszczenie: W artykule opisano zmiany patologiczne występujące u porażonych prądem elektrycznym. Omówiono zjawiska histopatologiczne powstające w układzie nerwowym człowieka, spowodowane prądem rażeniowym. Przedstawiono sposoby rozpoznawania zatrzymania układu krążenia u człowieka.

Abstract: Pathological effects in human body after electrocution are described in this paper. This study involves histopathological correlations in human nervous system after exposure to electric current. Identification of cardiac arrest was also described.



Rys. 1. Przebieg prądu rażeniowego w pierwszej chwili od zdarzenia:

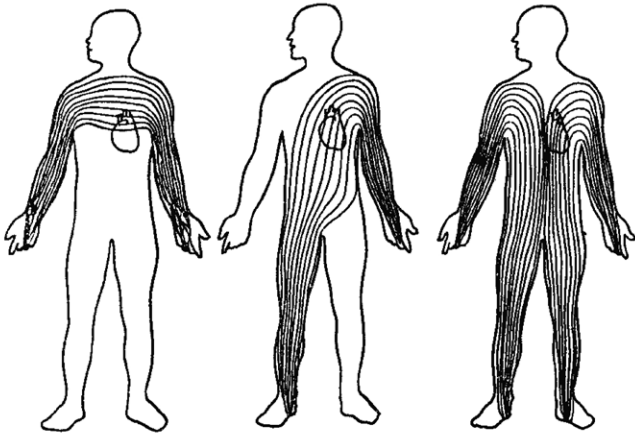
a) dla napięcia stałego; b) dla napięcia przemiennego.

I_{m} – wartość maksymalna prądu w chwili rażenia;

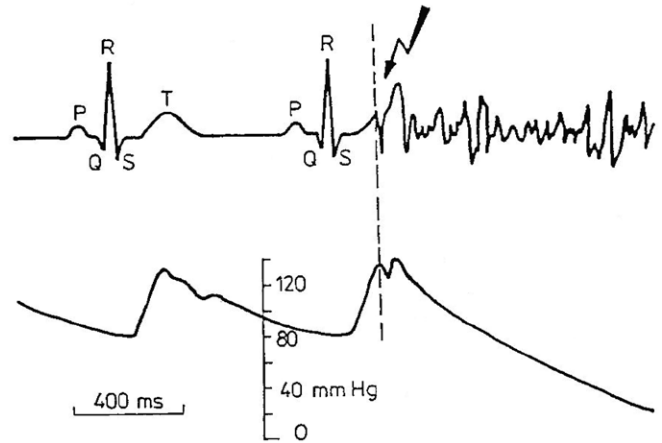
I_r – wartość ustalona prądu rażeniowego

Na występowanie skutków patologicznych powodowanych prądem rażeniowym istotny wpływ posiada droga jego przepływu przez ciało człowieka. Prąd rażeniowy płynący w organizmie człowieka wybiera drogę o największej przewodności elektrycznej. Najczęściej przepływa układem naczyń krwionośnych lub przez układ nerwowy. Tkanka nerwowa oraz naczynia krwionośne posiadają bardzo mały opór w porównaniu z sąsiadującymi tkankami narządów człowieka.

Droga rażeniowa przebiegająca od lewej ręki do prawej jest bardzo niebezpieczna z powodu przepływu prądu przez serce, co może spowodować fibrylację jego komórek. Niebezpieczny jest również przepływ prądu od ręki (zwłaszcza lewej) do obu stóp. Przepływ prądu wzdłuż długiej osi ciała jest niebezpieczny, gdyż oprócz fibrylacji komórek serca, może wystąpić uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, a jeśli dotyczy kobiety w ciąży, może doprowadzić do śmierci płodu.



Rys. 2. Typowe drogi przepływu prądu rażeniowego u człowieka w wypadkach elektrycznych



Rys. 3. Przebieg czynności bioelektrycznych mięśnia sercowego i ciśnienia krwi podczas normalnej pracy serca i w czasie fibrylacji komór serca

Zatrzymanie krążenia i oddychania u porażonych prądem

Najgroźniejszym następstwem porażenia prądem elektrycznym jest zatrzymanie krążenia w układzie krwionym uszkodzonym. Przy porażeniu prądem zmiennym o niskim napięciu dochodzi najczęściej do zatrzymania krążenia w mechanizmie fibrylacji komór. Przy porażeniu prądem o wyższym napięciu mechanizmem zatrzymania jest asystolia. Asystolia jest to brak czynności elektrycznej serca, co oznacza całkowity brak jego czynności skurczowej. Do asystolii doprowadzają też często przypadki porażenia prądem stałym.

Zatrzymanie krążenia jest stanem zagrożenia życia, gdyż w medycynie jest utożsamiane z początkiem procesu umierania. Proces ten związany jest z czasem tolerancji komórek narządów na niedotlenienie i nie obejmuje całości organizmu jednocześnie. Tolerancja poszczególnych narządów na niedotlenienie jest różna i zależy od zdolności komórek do wykorzystywania wewnętrznych substratów energetycznych. W pierwszej kolejności umierają narządy i komórki o największym stopniu

wyspecjalizowania, złożoności i metabolizmu. Tolerancja czasowa na niedotlenienie poszczególnych komórek wynosi:

- kora mózgu – ok. 4 min;
- pień mózgu – 10–20 min;
- rdzeń przedłużony – 15–30 min;
- mięsień sercowy – ok. 45 min;
- nerki, wątroba – ok. 60 min;
- skóra, mięśnie – ok. 90 min;
- kości – ponad 100 min.

Najszybszemu uszkodzeniu z powodu niedotlenienia ulega mózg, którego metabolizm jest uzależniony od podaży tlenu i glukozy. Mózg zdrowego dorosłego człowieka może bez większego uszczerbku znieść zatrzymanie krążenia trwające około 4 min. Jednak w organizmie, w którym z powodu niewydolności oddechowej występuje niedobór tlenu, okres tolerancji może być skrócony. Istniejąca wcześniej hipoksemia, czyli obniżenie zawartości tlenu we krwi tętniczej, powoduje zwiększoną podatność mózgu na uszkodzenia. Przyczyną hipoksemii może

reklama

IOW **IOW TRADE**
DRIVES HYDRAULICS FILTRATION

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

IOW TRADE Sp. z o.o.

Ul. Zwoleńska 17 | 04-761 Warszawa

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



być niskie ciśnienie tlenu atmosferycznego zmniejszające wentylację pęcherzykową w płucach, obniżona zawartość hemoglobiny w erytrocytach oraz obniżony hematokryt.

Zmiany zachodzące w komórce w wyniku niedotlenienia dotyczą wyczerpania zapasów glukozy i tlenu, co powoduje uwolnienie adenozyliny i miejscową wazodylatację. Wazodylatacja jest to rozkurcz mięśni gładkich w ścianie naczyń krwionośnych, którego skutkiem jest poszerzenie światła naczyń i spadek ciśnienia krwi. Podczas wazodylatacji rośnie objętość układu krwionośnego przy stałej objętości krwi. Błona komórkowa po wyczerpaniu zapasów energetycznych traci zdolność utrzymania gradientu potencjału elektrycznego. Zawartość jonów potasu w płynie międzykomórkowym szybko wzrasta. Dochodzi wtedy do napływu jonów wapnia do wnętrza komórki i zaniku właściwej różnicy stężeń tego jonu w płynie zewnątrz- i wewnątrzkomórkowym. Lawinowy napływ jonów wapnia do komórek błony mięśniowej naczyń mózgowych prowadzi do ich silnego obkurczenia. Wraz ze wzrostem stężenia jonów wapnia we wnętrzu komórki następuje proces utleniania lipidów, prowadzący do uszkodzenia ściany komórki. Uszkodzenia komórek spowodowane zaburzeniami kinetyki jonów wapnia są głównymi czynnikami powodującymi trwałe uszkodzenie mózgu.

Tlen we krwi jest przenoszony z płuc do wszystkich komórek ciała i tam bierze udział w spalaniu komórkowym. Produktem spalania komórkowego jest dwutlenek węgla, który wraz z krwią zostaje odprowadzony do płuc i wydany z organizmu podczas wydechu. Podczas zatrzymania oddychania procesy wdychania tlenu i wydychania dwutlenku węgla zostają zahamowane. Serce przez jakiś czas dalej pompuje jeszcze krew, ale z powodu braku tlenu również i ono po kilku minutach przestaje pracować. Mięsień serca potrzebuje tlenu, aby mógł pracować. Z powodu zatrzymania oddychania zaopatrzenie komórek organizmu w tlen w szybko spada.

Układy oddechowy i krążenia są ściśle powiązane ośrodkowym układem krążenia. W przypadku, gdy czynność oddechowa płuc jest zaburzona, szybko dochodzi do upośledzenia wymiany gazowej, redukcji nawrotu krwi żyłnej do serca i wstrzymania krążenia. Zatrzymanie oddechu powoduje zatrzymanie krążenia i dochodzi do zaniku czynności ośrodkowego układu nerwowego, co w konsekwencji prowadzi do śmierci na skutek obumierania pnia mózgu.

Zatrzymanie oddychania spowodowane może być porażeniem ośrodka oddechowego w rdzeniu przedłużonym. Zjawisko takie występuje, gdy prąd rażeniowy przepływał przez rdzeń kręgowy w przypadku porażenia od ręki do stóp poszkodowanego.

Obserwowane u porażonego objawy życia zaraz po zdarzeniu – charakterystyczne poruszanie wargami, charczenie, są powodowane jeszcze obecną w organizmie utlenowaną krwią. W miarę upływu czasu na skutek zatrzymania krążenia stopień utlenowania krwi w mózgu maleje. Pojawiają się pierwsze oznaki początku umierania.

Rozpoznanie zatrzymania krążenia

Rozpoznanie zatrzymania krążenia zazwyczaj nie jest trudne, jednak w warunkach stresu wypadkowego może sprawiać

określone trudności. Zatrzymanie krążenia prowadzi do zatrzymania oddechu i nieodwracalnego uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego.


Do podstawowych kryteriów rozpoznania zatrzymania krążenia zalicza się: utratę przytomności, która może pojawić się po 5–10 s od chwili ustania krążenia mózgowego, brak wyczuwalnego tętna na naczyniach tętnicy szyjnej i udowej, brak oddechu lub oddech płytki i nieregularny, szerokie i niereagujące na światło źrenice. Niereagujące na światło źrenice są objawem uszkodzenia kory mózgu, które pojawia się po 60–90 s od ustania krążenia.

Czynnikiem decydującym o skuteczności resuscytacji jest czas, jaki upływa od chwili zatrzymania krążenia do czasu wdrożenia zabiegów resuscytacyjnych. Prawidłowa resuscytacja rozpoczyna się od sprawdzenia, czy ratowany reaguje: zadać jakieś pytanie, potrząsnąć za ramię, zastosować bodziec bólowy. Jeśli ratowany nie reaguje, należy ułożyć dłonie na czole ratowanego i odgiąć głowę ku tyłowi; kciuk i palec wskazujący powinny pozostać swobodne, aby można było zatkać nos i prowadzić sztuczną wentylację. Gdy podejrzewa się uraz kręgosłupa, zrezygnować z odgięcia głowy.

Najczęściej przy porażeniu prądem elektrycznym występuje migotanie komór, co wymaga niezwłocznej, prawidłowo przeprowadzonej defibrylacji. Zabieg defibrylacji polega na doprowadzeniu do mięśnia sercowego impulsu elektrycznego celem uregulowania nieskoordynowanej pracy serca i przerwania fibrylacji komór. Do defibrylacji używa się prądu stałego o napięciu do 5000 V, zaś czas przepływu prądu wynosi około 0,3 ms. Zalecana wielkość energii dla dorosłych to 360 J. Prąd z defibrylatora przepływa przez ścianę klatki piersiowej do serca, przez przyłożone w okolicy przedsercowej elektrody. Należy mieć na uwadze, że skuteczność defibrylacji zmniejsza się o 7–10% w ciągu każdej minuty zatrzymania krążenia.

Literatura

- [1] BIEGIELMEIER G., GRAISS J., MÖRX A., KIEBACK D.: *Neues Wissen über die Wirkungen des elektrischen Stroms auf Menschen und Nutztiere*. „VEO Journal” 11/1995.
- [2] GANONG W.: *Fizjologia*. PZWL, Warszawa 1994.
- [3] GIERLOTKA S.: *Działanie prądu elektrycznego na człowieka*. „Wiadomości Elektrotechniczne” 12/2013.
- [4] GIERLOTKA S.: *Elektropatologia porażen prądem elektrycznym oraz bezpieczeństwo przy urządzeniach elektrycznych*. Grupa MEDIUM, Warszawa 2015.
- [5] KRAUSE M.: *Człowiek i jego układ nerwowy*. Wyd. Śląsk., Katowice 2003.
- [6] SAFERNA J., BUEHL R., MAJKA A., SAKIEL S., STRUŻYNA J.: *Porażenia i oparzenia prądem i łukiem elektrycznym*. WNT, Warszawa 1993.
- [7] ZAWADZKI A.: *Medycyna ratunkowa i katastrof*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2013.

 dr hab. inż. Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

Szacowanie niepewności ilości energii cieplnej w układach pomiarowych z przepływomierzami zwężkowymi

Evaluating the uncertainty of the amount of thermal energy for metering systems with differential pressure flowmeters

Oksana Byts, Igor Kurytnik, Fedir Matiko, Leonid Lesovoy, Halyna Matiko

Introduction

Accurate metering of thermal energy is a necessary condition for its efficient and economical use, as well as allows to identify and to eliminate the disadvantages of heat generating facilities and thermal networks. Automated systems based on microprocessor calculators are used for accurate metering the amount of thermal energy. Such systems realize the calculation of the amount of thermal energy in real time, taking into account changes in the thermo-physical parameters of the heat carrier.


The measuring transducers of heat carrier flowrate are the important components of thermal energy metering systems. The differential pressure flowmeters on the basis of standard primary devices are often used to meter the heat carrier flowrate in pipelines of large diameters.

The measurement results of the amount of thermal energy are the subject of commercial calculations between its supplier and the consumer. Therefore, it is important not only to obtain the measured value of the amount of thermal energy, but also to characterize the uncertainty (error) of this value. Therefore, developing dependencies for evaluating the uncertainty of thermal energy is an important task to be solved for organizing accurate metering of thermal energy, in particular for metering systems based on differential pressure flowmeters.

Analysis of the recent publications and research works on the problem

According to the normative documents defining the rules of metrological activity (in particular, in Ukraine the Law „On metrology and metrological activity” [1]), thermal energy metering refers to the sphere of legislatively regulated metrology. This type of activity is the subject of state regulation regarding the measuring procedure, units of measurement and characteristics of measuring equipment. According to the requirements of the Law [1], the measurement results can be used in the field of legislatively regulated metrology, provided that the corresponding error characteristics or uncertainty of the measurement result is known for such results.

The technical and metrological characteristics of thermal energy meters are normalized in accordance with the requirements of the „Technical Regulation of Measuring Equipment” [2], developed on the basis of Directive 2014/32/EC of the European Parliament and the Council [3]. In particular, the metrological characteristics of measuring equipment that are

 **Abstract:** In commercial metering systems of thermal energy it is important to obtain not only the measured value of the amount of thermal energy, but also the characteristic of the uncertainty of this value. The paper presents the developed technique for evaluating the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy for metering systems with differential pressure flowmeters used for metering the heat carrier flowrate. The technique uses the dependencies developed by the authors for calculating the relative standard uncertainty of the amount of thermal energy, enthalpy and flowrate of heat carrier. The equation for calculating the uncertainty of heat carrier enthalpy was developed by applying the dependencies of the technique IAPWS IF 97. The approaches proposed by the authors make it possible to develop dependencies for evaluating the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy for systems of different configurations and systems with different types of flowmeters.

Keywords: uncertainty of the measurement result, amount of thermal energy, flowrate of heat carrier, enthalpy, differential pressure flowmeter

Streszczenie: Dla systemów komercyjnego rozliczania energii cieplnej ważne jest uzyskanie nie tylko zmierzonej ilości energii cieplnej, ale również charakterystyki niepewności tej ilości. W artykule opracowano technikę oceny niepewności wyniku pomiaru energii cieplnej dla systemów pomiarowych, w których do pomiaru przepływu nośnika ciepła stosowane są przepływomierze zwężkowe. Opracowana technika polega na wykorzystaniu opracowanych przez autorów zależności do obliczenia względnej standardowej niepewności ilości energii cieplnej, entalpii i przepływu nośnika ciepła. Zależność do obliczenia niepewności entalpii nośnika ciepła opracowano przy użyciu zależności metody IAPWS IF 97. Podejścia zaproponowane przez autorów umożliwiają opracowanie zależności do szacowania niepewności zmierzonej wartości ilości energii cieplnej dla układów o różnej konfiguracji, a także układów wykorzystujących przepływomierze różnych typów.

Słowa kluczowe: niepewność wyniku pomiaru, ilość energii cieplnej, przepływ nośnika ciepła, entalpia, przepływomierz zwężkowy

the part of a commercial meter of thermal energy must meet the requirements of DSTU EN 1434-1: 2019 (EN 1434-1: 2015 + A1: 2018, IDT) [4]. According to [4], the limits of the permissible values of the relative error of the thermal energy meters are defined as the sum of the limits of the permissible relative errors of their components (calculator, flowrate transducer and a pair of temperature transducers). However, there is no methodology in [4] for evaluating the uncertainty of the measured value of the amount of thermal energy.

The standard DSTU GOST 8.586.5: 2009 [5] regulates the technique for evaluating the uncertainty of the measurement result of the flowrate for the automated systems of thermal energy metering, in which the differential pressure flowmeters are used for metering the mass or volume of the heat carrier. The technique, presented in standard [5], is based on the guidelines of the international standard ISO 5168 [6]. However, there isn't any technique for evaluating the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy by such systems in the sources known to the authors. So developing the technique for evaluating the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy by automated metering systems is the subject of research in this paper.

Theoretical material and research

Metering the amount of thermal energy is carried out by the indirect method based on the calculated values of the heat carrier parameters (in particular enthalpy) and the measured values of the flow parameters. Therefore, in order to evaluate the uncertainty of the amount of thermal energy, first of all it is necessary to evaluate the uncertainty of the methods used to calculate the heat carrier parameters and the uncertainty of the measured values of the flow parameters (temperature, pressure, flowrate). The resulting dependence for evaluating the uncertainty of the measured value of the amount of thermal energy should be based on the equation for calculating the amount of thermal energy that is implemented in the automated metering system, and also should take into account the uncertainties of all components of this equation.

The amount of thermal energy flowing through the section of the pipeline over a period of time is determined by integrating the product of the heat carrier flowrate and enthalpy. In the metering system with two flowmeters installed in the supply and return pipelines, the amount of thermal energy transmitted to the consumer or received from the source during this time interval, is calculated as the difference between the amount of energy transmitted by the supply pipeline and returned by the return pipeline [7]:

$$W = \int_{t_0}^{t_k} q_{m1} h_1 dt - \int_{t_0}^{t_k} q_{m2} h_2 dt \tag{1}$$

where W is the amount of thermal energy transmitted from the source or received by the consumer; q_{m1} , q_{m2} are the mass flowrates of the heat carrier in the supply and return pipelines respectively; h_1 , h_2 are the specific enthalpies of the heat carrier in the supply and return pipelines; $t = t_k - t_0$ is the time interval for calculating the amount of thermal energy.

If we consider metering the amount of thermal energy over a short time interval during which the heat carrier flowrates and enthalpies can be considered conditionally constant, then we obtain a simplified dependence for calculating the amount of thermal energy:

$$W = M_1 h_1 - M_2 h_2 \tag{2}$$

where M_1 , M_2 are the masses of the heat carrier passed over the analyzed time interval through the cross section of the supply and return pipelines respectively.

A simplified approach is often used to calculate the measuring error of the amount of thermal energy by equation (2) (see [7], [8]), which is to differentiate the dependence of the amount of thermal energy from the input parameters. Applying this approach to dependence (2), we obtain:

$$\begin{aligned} \delta_w &= \frac{dW}{W} = \frac{dM_1 h_1 + M_1 dh_1 - (dM_2 h_2 + M_2 dh_2)}{M_1 h_1 - M_2 h_2} = \\ &= \frac{\delta_{M1} + \delta_{h1} - \alpha \beta \delta_{M2} - \alpha \beta \delta_{h2}}{1 - \alpha \beta} \end{aligned} \tag{3}$$

where $\alpha = \frac{M_2}{M_1}$, $\beta = \frac{h_2}{h_1}$.

Formula (3), as well as formulas for calculating the measuring errors of the amount of thermal energy obtained for the other equations for calculating the amount of thermal energy using such simplified approach, is presented in documents [7], [8].

The current methodology for evaluating the accuracy of a measurement result involves evaluating the uncertainty of this result [9]. When evaluating uncertainties, information about the main and additional components of the measurement error, or the main and additional components of the uncertainty caused by the appropriate measuring equipment, should be provided, as well as information on the distribution of the external impact values. However, it is often necessary to evaluate the uncertainty of a measurement result without some components of this information. In particular, such situation is common when evaluating the uncertainty of the measured value of thermal energy. Therefore, in this work, dependencies for calculating the uncertainty of the amount of thermal energy and dependencies for evaluating the uncertainty of its arguments are obtained using the following assumptions:

- all significant systematic phenomena are taken into account in the measurement results;
- the mathematical expectation of the sensitivity factor is its normalized maximum allowable value;
- there is no correlation between the input variables of the flow equation and the equation of the amount of thermal energy;
- the probability distribution of the measured values corresponds to the normal Gauss law.

As it is shown above, the amount of thermal energy is a function of the flowrate of the heat carrier and its enthalpy, which are the functions of the measured parameters of the heat carrier (pressure, temperature). So, in order to evaluate the resulting

uncertainty of the amount of thermal energy it is necessary to evaluate the impact of the uncertainties of the measured parameters of the heat carrier and the characteristics of the measuring equipment on the resulting uncertainty. For this purpose it is necessary to analyze the functional dependences of the heat carrier flowrate and enthalpy on heat carrier parameters.

In thermal energy metering systems based on differential pressure flowmeters with standard primary devices used to measure the heat carrier flowrate, the mass flowrate of the fluid is calculated by the formula [5]:

$$q_m = 0,25\pi d^2 CEK_R K_{es} \varepsilon (2\Delta p \rho)^{0,5} \quad (4)$$

where d is the diameter of the opening of primary device at the operating temperature of the fluid; C is the leakage factor; E is the coefficient of entry speed; K_R is the correction factor that takes into account the roughness of the inner surface of the measuring pipeline; K_{es} is the correction factor that takes into account the inlet edge sharpness of the orifice plate; ε is the expansion factor; Δp is the differential pressure on the primary device; ρ is the density of the fluid.

The known approaches described in ISO 5168 are used in order to obtain the uncertainty of the measured value of flowrate [6]. In particular, the impact factors of the uncertainties of the input parameters on the combined uncertainty of the measured flowrate can be found according to [6] by the formula:

$$C_i^* = \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{y} \quad (5)$$

where C_i^* is the dimensionless impact factor of uncertainty of parameter x_i on uncertainty of output value y .

Then, provided that impact factors of all input parameters are known and input parameters are uncorrelated, the relative total uncertainty of the output value $u'_c(y)$ can be calculated by

$$u'_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [C_i^* u'(x_i)]^2} \quad (6)$$

where $u'(x_i)$ is the relative uncertainty of the input parameter x_i .

Applying the approaches of ISO 5168 [6] to evaluating the combined standard uncertainty of flowrate calculated by equation (4), we obtain the following uncertainty equation of the measurement result of the fluid flowrate [5]:

$$u'_q = \left\{ u_{fc}^2 + u_C^2 + u_{K_R}^2 + u_{K_{es}}^2 + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4} \right)^2 u_D^2 + \left(\frac{2}{1-\beta^4} \right)^2 u_d^2 + 0,25(u_{\Delta p}^2 + u_\rho^2) \right\}^{0,5} \quad (7)$$

where u'_{fc} is the relative standard uncertainty (below – uncertainty) of the implementing of dependence (4) by the flowrate calculator; u'_c – uncertainty of measurement result of leakage coefficient; u'_{K_R} is the uncertainty of the measurement result of



Tworzymy bezpieczne miejsca pracy.

Blokada elektromagnetyczna AZM201 w kombinacji z panelami BDF200

- Elastyczna konfiguracja systemu monitorowania osłon
- Szeroka gama wykonań standardowych
- Łatwe i przejrzyste sterowanie funkcją ryglowania oraz stopu awaryjnego
- Szybkie podłączenie za pomocą złącz M12

www.schmersal.pl



SCHMERSAL
THE DNA OF SAFETY

the correction factor, which takes into account the roughness of the inner surface of measuring pipeline; u'_{K_s} is the uncertainty of the measurement result of the correction factor, which takes into account the inlet edge sharpness of the orifice plate; β is the relative diameter of the opening of primary device; u'_D is the uncertainty of the measurement result of the internal diameter of the measuring pipeline or the inlet of the Venturi pipe at the operating temperature of the fluid; u'_d is the uncertainty of the measurement result of the diameter of the opening of the orifice plate at the operating temperature of the fluid; $u'_{\Delta p}$ is the uncertainty of the measurement result of the differential pressure on the primary device; u'_p is the uncertainty of the measurement result of the fluid density.

The equations presented in the IAPWS report [10] or simplified equations (for example in [11]) are often used to calculate the enthalpy of a heat carrier in thermal energy metering systems and for the automated design of such systems. The deviations between the enthalpy values calculated by equations [10] and [11] are inconsiderable.

The equation for evaluating the enthalpy uncertainty is obtained by considering the enthalpy as a value (y), which is determined by the indirect method and related functionally $y = F(y_1, y_2, \dots, y_3)$ to the measured parameters (y_i) (for example, temperature and pressure):

$$u'_y = \left[u'^2_{MF} + \sum_i^n C_{y_i}^*{}^2 u'^2_{y_i} \right]^{0.5} \quad (8)$$

where u'_{MF} is the relative methodical uncertainty of functional dependence; u'_{y_i} is the uncertainty of the measurement result of the i -th parameter; $C_{y_i}^*$ is the relative impact factor of change of the i -th measured parameter on the value (y), which should also be determined by the formula (5).

Applying the equation (8) to the dependence of the enthalpy on the pressure and temperature of the water (steam $h = F(p, T)$) the equation of the relative uncertainty of the enthalpy is obtained:

$$u'_h = \left[u'^2_{Mh} + (C_{hT} u'_T)^2 + (C_{hp} u'_p)^2 \right]^{0.5} \quad (9)$$

where u'_{Mh} is the methodical uncertainty of the dependence $h = F(p, T)$; $u'_{Mh} = 0,15\%$ [12]; C_{hT} is the relative impact factor of the uncertainty of the measured value of the water (water vapor) temperature on the enthalpy uncertainty; C_{hp} is the relative factor of the uncertainty of water (water vapor) pressure on the enthalpy uncertainty; u'_T is the relative standard uncertainty of water (water vapor) temperature; u'_p is the relative standard uncertainty of measurement result of water (water vapor) pressure.

The authors analyzed the dependencies $C_{hT} = F_1(p, T)$ and $C_{hp} = F_2(p, T)$ [12] and found that the dependence $C_{hT} = F_1(p, T)$ with accuracy sufficient for practical problems can be reproduced only as a function of temperature, and the dependence $C_{hp} = F_2(p, T)$ must take into account the changes of temperature

and pressure of the heat carrier. The simplified dependences $C_{hT} = F_1(T)$ and $C_{hp} = F_2(p, T)$ were developed by approximating the values of C_{hT} , C_{hp} , calculated using the equations [10]. A cubic polynomial was used as an approximating function. Simplified dependencies look like:

$$C_{hT} = 1.3471\Theta^3 - 19.8754\Theta^2 + 96.8585\Theta - 158.4162 \quad (10)$$

$$C_{hp} = 0.06p(-0.0265\Theta^3 + 0.3695\Theta^2 - 1.7163\Theta - 2.6647), \Theta = T / 100, K \quad (11)$$

The simplified dependencies, developed by the authors, are proposed to be used to determine the impact factors of the uncertainties on the temperature and pressure of water (water vapor) on the uncertainty of enthalpy for the pressure range from 0 to 5 MPa and temperature range from 300 to 550 K. Relative deviations of values C_{hT} , C_{hp} obtained by (10), (11) from the values obtained by the formulas [10] are respectively 0,48% and 0,56% for the temperature changes from 300 K to 550 K.

Applying the formulas (5) and (6) to evaluate the combined standard uncertainty of the amount of thermal energy calculated by equation (1), we obtain the following equation

$$u'_W = \sqrt{u'^2_{\tau} + C_1^2 u'^2_{q_1} + C_2^2 u'^2_{h_1} + C_3^2 u'^2_{q_2} + C_4^2 u'^2_{h_2}} \quad (12)$$

where u'_{τ} is the uncertainty of the measured value of the time interval during which the amount of thermal energy is calculated; u'_{q_1} , u'_{q_2} are the uncertainties of the measurement results of the flowrate of heat carrier in the supply and return pipelines, respectively; u'_{h_1} , u'_{h_2} are the uncertainties of measurement results of enthalpy of the heat carrier in the supply and return pipelines, respectively; C_1 , C_2 , C_3 , C_4 are the impact factors to be calculated from the formulas:

$$C_1 = \frac{\partial f}{\partial q_1} \frac{q_1}{W} = \frac{h_1 q_1}{W}; \quad C_2 = \frac{\partial f}{\partial h_1} \frac{h_1}{W} = \frac{q_1 h_1}{W} \quad (13)$$

$$C_3 = \frac{\partial f}{\partial q_2} \frac{q_2}{W} = -\frac{h_2 q_2}{W}; \quad C_4 = \frac{\partial f}{\partial h_2} \frac{h_2}{W} = -\frac{q_2 h_2}{W}$$

The relative expanded uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy at 95% confidence level should be calculated by the formulas [5], [9], [13]:

$$U'_W = 2u'_W \quad (14)$$

It is advisable to compare the value of the relative error of the amount of thermal energy calculated by formula (3) and the value of the relative expanded uncertainty of the amount of thermal energy U'_W calculated by (14). We have made the following comparing for a thermal energy metering system that implements equation (1) for the average-hour values of the heat carrier parameters presented in Table 1.

Table 1. Heat carrier parameters in the pipelines of the acting metering system

No	Parameter	Value
1	The heat carrier temperature in the supply pipeline T_1 , °C	92,7
2	The heat carrier temperature in the return pipeline T_2 , °C	54,8
3	The heat carrier pressure in the supply pipeline p_1 , MPa	0,8306
4	The heat carrier pressure in the return pipeline p_2 , MPa	0,5374
5	The heat carrier flowrate in the supply pipeline q_1 , t/h	204,813
6	The heat carrier flowrate in the return pipeline q_2 , t/h	200,00

The uncertainties in equation (12) are calculated as follows: uncertainty of the heat carrier flowrate – according to equation (7), uncertainty of enthalpy – according to equation (9). The values of the relative error of enthalpy calculating and the error of flowrate measuring are assumed to be equal in modulus to the corresponding expanded uncertainty values, calculated using standard uncertainty values by formulas similar to (14): $|\delta_{M1}| = U'_{M1}$; $|\delta_{h1}| = U'_{h1}$; $|\delta_{M2}| = U'_{M2}$; $|\delta_{h2}| = U'_{h2}$.

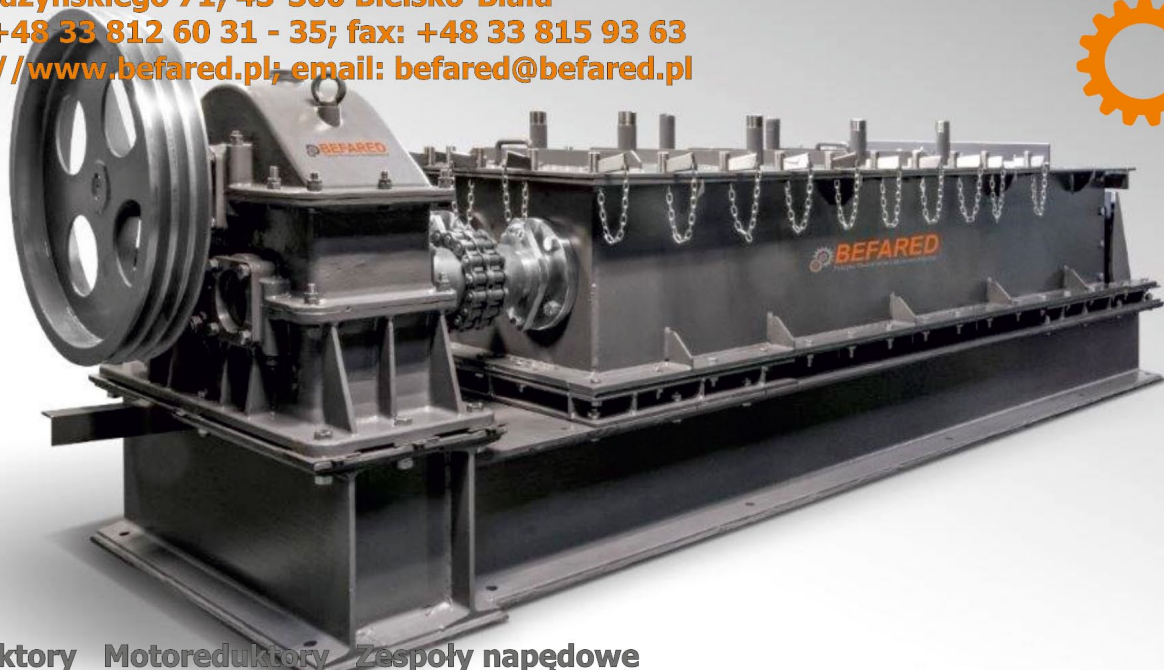
However, the relative error value can be both positive and negative, so we compared the sets of the error components with positive and negative values.

The comparing results are presented in table 2.

The relative errors of all components in the first set have are positive. The relative error of the amount of thermal energy δ_w is minimal for such a set of input parameter errors, since compensation for the impact of errors of individual parameters is achieved, in particular, errors of flowrate and enthalpy in the supply pipeline are compensated by the errors of these parameters in the return pipeline (see the formula (3)). In the second set the relative errors of the return flow parameters are negative. This leads to a significant increase in the relative error of the amount of thermal energy δ_w calculated by formula (3). The same increase in the modulus of energy error δ_w is observed for the third set of errors, in which the errors of the direct flow

reklama

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



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

 **BEFARED**
 Fabryka Reduktorów i Motoreduktorów

Table 2. Comparison of the relative error and the uncertainty of the measured value of thermal energy

No	The value of the relative error of the input parameters, %				The relative error of the amount of thermal energy δ_w , %	The expanded relative uncertainty of the amount of thermal energy U_w , %
	δ_{M1}	δ_{h1}	δ_{M2}	δ_{h2}		
1	+1	+0,85	+1	+1,23	1,32	3,11
2	+1	+0,85	-1	-1,23	7,41	3,11
3	-1	-0,85	+1	+1,23	-7,41	3,11
4	+1	+0,85	-1	+1,23	4,05	3,11
5	-1	+0,85	+1	+1,23	-3,41	3,11

parameters are negative. In the fourth and fifth sets, the thermocouples have well-matched characteristics, so the enthalpy errors have the same sign, the heat carrier flowrate errors have different signs. Here, the resulting error δ_w becomes intermediate.

Therefore, the value of the relative error of the amount of thermal energy δ_w calculated by (3) depends on the sign of the relative errors of the input parameters. It is not possible to determine the sign of relative errors in practical application of formula (3), since the manufacturers give the accuracy (the ranges of the reduced error) for most measuring transducers of pressure, temperature, flowrate. The sign of relative error for each individual measurement cannot be determined. Therefore, it is very difficult to apply formula (3) for calculating the measurement error of the amount of thermal energy in acting metering systems.

The common practice for evaluating the combined standard uncertainty of the amount of thermal energy was applied to obtain formula (12), which meets the recommendations [6, 9]. Using the dependence (12) makes it possible to evaluate the uncertainty of the amount of thermal energy, taking into account the uncertainties of the input parameters. Therefore, in our opinion, dependence (12) should be used to characterize the measurement result of the amount of thermal energy in metering systems that realize the equation (1).

Conclusions

Therefore, evaluating the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy by means of a metering system based on differential pressure flowmeters, which implements the equation (1), is proposed to be carried out by the following method:

- 1) to calculate the uncertainty of the flowrate of the heat carrier in the supply u'_{q1} and return u'_{q2} pipelines, respectively, according to the equation (7);
- 2) to calculate the uncertainty of the enthalpy of the heat carrier in the supply u'_{h1} and return u'_{h2} pipelines, respectively, by the formulas (9), (10), (11);
- 3) to calculate the value of the combined standard uncertainty of the amount of thermal energy by equation (12);

it is proposed to calculate the values of the impact factors according to formulas (13) based on the nominal values of the heat carrier parameters;

- 4) to calculate the value of the relative expanded uncertainty of the amount of thermal energy by formula (14).

The approaches proposed by the authors make it possible to develop dependencies for evaluating the uncertainty of the measured value of the amount of thermal energy for systems of different configuration that implement the measuring equations different from equation (1).

Equations (9)–(11), (12), developed in this work, can be used to evaluate the uncertainty of the measurement result of the amount of thermal energy for systems with different types of flowmeters.

Bibliography

- [1] Law of Ukraine on metrology and metrological activity, No.113/98 (in Ukrainian).
- [2] Technical regulation of measuring equipment. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No.163, 24.02.2016 (in Ukrainian).
- [3] Directive 2014/32/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of measuring instruments.
- [4] DSTU EN 1434-1:2019 Thermal energy meters. Part 1. General requirements (EN 1434-1:2015 + A1:2018, IDT) (in Ukrainian).
- [5] DSTU GOST 8.586.5:2009 Metrology. Measurement of flowrate and amount of liquid and gas by means of standard differential pressure devices. Part 5. Measurement procedure (in Ukrainian).
- [6] ISO 5168:2005 Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties.
- [7] MI 2553-99 Thermal energy and heat carrier in heat supply systems – Technique for evaluating the errors of measurement – Basic principles (in Russian).
- [8] GOST R 8.728-2010 Evaluating the errors of measurement of thermal energy and mass of the heat carrier in water systems of the heat supply (in Russian).


reklama



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



- [9] JCGM 100:2008, GUM 1995 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition.
- [10] Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the thermodynamic properties of water and steam. The International Association for the Properties of Water and Steam, IAPWS Secretariat, 1997.
- [11] MI 2412-97 Recommended Practice – Water systems of the heat supply – Equations for measuring the thermal energy and the amount of heat carrier (in Russian).
- [12] MATIKO F., SLABYK O., LESOVOY L., MATIKO H.: *Technique for evaluating the uncertainty of enthalpy of water and steam for thermal energy metering systems*. Journal „Energy Engineering and Control Systems”, 4(2)/2018.
- [13] EA-4/02 M:2013 Wyznaczanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu.

 Oksana Byts, e-mail: oksana.slabyk@gmail.com, Lviv Polytechnic National University;
 Igor Kurytnik, e-mail: ikurytnik@outlook.com, Cavalry Captain Witold Pilecki State University of Małopolska in Oświęcim;
 Fedir Matiko, e-mail: fmatiko@gmail.com, Lviv Polytechnic National University;
 Leonid Lesovoy, e-mail: techinfoflow@yahoo.co.uk, Lviv Polytechnic National University;
 Halyna Matiko, e-mail: halynamatiko@gmail.com, Lviv Polytechnic National University

WYDARZENIA

● **Przyszłością kolejnictwa jest wodór. Pierwsze polskie pociągi na paliwo wodorowe mogą się pojawić już w 2021 r.**

Wodór to ekologiczne i wydajne paliwo. Idealnie wpisuje się także w plany Unii Europejskiej dotyczące redukcji poziomu emisji gazów cieplarnianych w gospodarce. Transport obecnie odpowiada za 25 proc. emisji w UE, dlatego wprowadzenie paliwa, którego jedyną pochodną jest woda, jest tak istotne. W planach polskich producentów są już także pierwsze pociągi zasilane wodorem. Choć udział transportu kolejowego w emisji CO₂ jest marginalny, to plan Unii do 2050 roku zakłada osiągnięcie zeroemisyjności.

– Przewagi wodoru są oczywiste. Efektem jego spalania jest woda, co jest jego główną zaletą. Choć teraz trudno to przewidzieć, to wodór zmieni polską kolej. Jesteśmy na samym początku drogi, jednak wodór może dać kolei szansę na bardzo duży skok – podkreśla w rozmowie z agencją informacyjną

Newseria Innowacje Robert Mikulski, członek zarządu Stowarzyszenia Polski Wodór.

Ekspert podkreśla, że wodór nie zastąpi całkowicie pojazdów elektrycznych. Jednak w tych miejscach, w których dalej są używane napędy spalinowe w lokomotywach, już teraz można zastosować napędy wodorowe.

Polskie firmy nie chcą pozostawać w tyle. W grudniu bydgoska PESA zadeklarowała, że do połowy 2020 roku planuje opracować etapy rozwoju technologii napędu wodorowego dla kolei. Przy realizacji tego celu będzie współpracować z PKN Orlen. W 2021 roku wraz z koncernem paliwowym chce rozpocząć pierwsze próby tych pojazdów. Według zapowiedzi przedstawicieli polskiego producenta w planach jest już budowa pasażerskiego pociągu z napędem wodorowym. Tymczasem PKN Orlen już teraz otwiera wodorowe stacje tankowania dla samochodów.

Źródło: Newseria

reklama

NOWIMEX®

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

- VAHLE** – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.
- SCHLEGEL** – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.
- LEAB** – Systemy zasilania pojazdów ratowniczych, pożarniczych i medycznych w prąd i sprężone powietrze.
- A.M.I.** – Panele sygnalizacyjne i alarmowe.
- TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.
- HUGRO** – Dławice do kabli.
- BREVETTI** – Tworzywowe i stalowe prowadniki kabli.
- CATTRON** – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania radiowego.
- MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.
- MARECHAL** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

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



Wstęp do efektywności energetycznej w działalności gospodarczej

Jan Górzyński

1. Wprowadzenie

W systemie społeczno-gospodarczym kraju funkcjonują jednostki prowadzące działalność gospodarczą (przedsiębiorstwa) i jednostki realizujące funkcje społecznie użyteczne nieprzynoszące dochodu. Jednostki gospodarcze wytwarzają dobra w postaci wyrobów i usług o cechach akceptowanych na rynku, których celem jest kreowanie dochodu. Aby utrzymać się na rynku, jednostki gospodarcze muszą podejmować działania zmierzające do poprawy jakości swoich wyrobów i usług w celu zmniejszenia kosztów wytwarzania. Często jednostka gospodarcza musi podejmować działania zmierzające do realizacji celów strategicznych, zapewniających unowocześnienie swoich wyrobów i wyposażenia technicznego lub wprowadzania na rynek nowych, bardziej konkurencyjnych wyrobów.

Zarówno w jednostkach gospodarczych, jak i w jednostkach realizujących cele społecznie użyteczne niezbędne jest wykorzystanie nośników energii oraz ponoszenie kosztów ich zakupu. Konieczność korzystania z nośników energii zmusza wszystkie jednostki do prowadzenia racjonalnego gospodarowania energią i dążenia do poprawy efektywności energetycznej w jej wykorzystaniu oraz – co jest w szczególności związane z wykorzystaniem energii – do działania w kierunku zmniejszenia obciążenia środowiska w prowadzonej działalności i przy podejmowaniu nowych przedsięwzięć.

Wspomniany system społeczno-gospodarczy kraju obejmuje określoną przestrzeń geograficzną wraz z występującymi w niej zasobami naturalnymi i zasobami wytworzonymi przez ludzi. Funkcjonowanie systemu społeczno-gospodarczego to zbiór procesów wytwarzania dóbr i usług służących zaspokojeniu potrzeb, wraz z przepisami prawnymi regulującymi zasady

funkcjonowania tej działalności. W systemie społeczno-gospodarczym kraju funkcjonują też jednostki niekreujące dochodu, a tylko realizujące działania społecznie użyteczne, wśród których można wymienić: szkoły, placówki zdrowia, jednostki wojskowe, straży pożarnej i administracji publicznej itp.

Celem tej pracy jest dostarczenie użytecznych informacji na temat wykorzystywanej w systemie społeczno-gospodarczym energii, począwszy od pozyskania i przetwarzania nośników energii nieodnawialnej i odnawialnej, oraz wpływu przemian energetycznych na środowisko przyrodnicze, które prowadzą do jego degeneracji. To oddziaływanie odbywa się zarówno w wyniku wykorzystania zasobów środowiska, jak i wprowadzania do środowiska zanieczyszczeń stałych, ciekłych i gazowych generowanych przy pozyskiwaniu i przetwarzaniu energii.

Problemy zużycia energii i jej wpływu na środowisko przedstawiono w pełnym cyklu istnienia obiektów technicznych, tzn. od projektowania obiektów, ich wykonania lub wzniesienia, przez użytkowanie, do likwidacji wraz z zagospodarowaniem zasobów użytkowych. Sferę użytkowania energii omówiono wraz z możliwością formułowania przedsięwzięć usprawniających jej użytkowanie oraz oceną efektywności energetycznej i ekonomicznej uzyskiwanej w wyniku ich realizacji. Na zakończenie podano przykłady przedsięwzięć modernizacyjnych usprawniających użytkowanie energii wraz z oceną ich efektywności, za pomocą stosownych kryteriów oceny.

2. Działania w zakresie efektywności energetycznej

Szybko wzrastające zapotrzebowanie gospodarki światowej na energię, przy zwiększającym się w podobnym stopniu

obciążeniu środowiska, w szczególności chodzi o emisję gazów cieplarnianych, sprawia, że problem dostaw energii stał się jednym z najważniejszych zagadnień omawianych na forum publicznym. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) do 2030 r. światowe zapotrzebowanie na energię wzrośnie o 45%, przy czym wzrost emisji CO₂ będzie odbywał się w podobnym tempie. Według MAE zatrzymanie procesów ocieplania klimatu wymagać będzie utrzymania ilości gazów cieplarnianych w atmosferze na poziomie 2006 r., co oznacza, że do 2050 r. roczny poziom emisji musiałby się obniżyć do poziomu z 2000 r. Według analizowanych przez MAE scenariuszy w zakresie zmian klimatu do 2030 r. utrzymanie tego poziomu byłoby możliwe w wyniku:

- poprawy efektywności energetycznej wykorzystania energii;
- zwiększenia wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych;
- rozbudowy energetyki jądrowej;
- stosowania techniki wychwytywania gazów cieplarnianych.

Na istnienie możliwości poprawy efektywności energetycznej gospodarki światowej wskazuje znaczne zróżnicowanie energochłonności PKB w państwach mających znaczący wpływ na emisję gazów cieplarnianych. Według danych MAE w 2010 r. w Japonii energochłonność PKB była najniższa, rzędu 0,25 toe/1000 USD, w Niemczech 0,3 toe/1000 USD, w Chinach najwyższa ponad 1,2 toe/1000 USD, średnio w skali świata około 0,45 toe/1000 USD. W Polsce energochłonność PKB w porównaniu z gospodarką Japonii i Niemiec jest znacznie wyższa, co wskazuje na istnienie znacznych możliwości poprawy efektywności wykorzystania energii.

Zmniejszenie energochłonności PKB zarówno w Polsce, jak i na świecie wymaga realizacji wielu przedsięwzięć

gospodarczych we wszystkich sferach aktywności człowieka, w których jest wykorzystywana energia.

W Polsce problem poprawy efektywności energetycznej stanowi istotny element polityki gospodarczej. Już w 2007 r. Ministerstwo Gospodarki przyjęło plan działania w zakresie efektywności energetycznej (EEAP2007), w którym określono cele w zakresie zmniejszenia zużycia energii oraz ustalono jako główne obszary działania sektory aktywności społecznej i gospodarczej: mieszkalnictwo, usługi, przemysł i transport.

W sektorze przemysłu działania dotyczą zarówno sfery produkcji wyrobów i usług, w których odbywa się wykorzystanie nośników energii końcowej, jak i przedsiębiorstw energetycznych. Zgodnie z założeniami polityki energetycznej Polski do 2030 r. problem efektywności energetycznej jest traktowany jako priorytetowy, postęp w tej dziedzinie jest podstawowy dla realizacji wszystkich celów społecznych i gospodarczych. Dlatego podejmowane działania ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej stały się podstawowym elementem aktywności administracji publicznej zarówno na szczeblu państwa, jak i jednostek administracji terenowej.

3. Przedmiot i zakres pracy

W pracy rozpatruje się problemy racjonalizacji i modernizacji użytkowania energii w jednostkach, które tę energię wykorzystują w określonym celu, zwykle do realizacji swoich funkcji. Ogólnie takie jednostki można rozpatrywać w dwóch grupach:

- jednostki gospodarcze prowadzące działalność społeczno-gospodarczą wymagającą kreowania dochodu;
- jednostki niekreujące dochodu, prowadzące działalność społecznie użyteczną.

W każdej grupie jednostek są wykorzystywane nośniki energii, czyli istnieje potrzeba czy nawet konieczność prowadzenia gospodarki energetycznej w mniejszej lub większej skali. Istnieje więc problem poszukiwania możliwości racjonalizacji użytkowania energii w celu obniżenia kosztów eksploatacji, w tym kosztów zużycia energii, zwiększenia

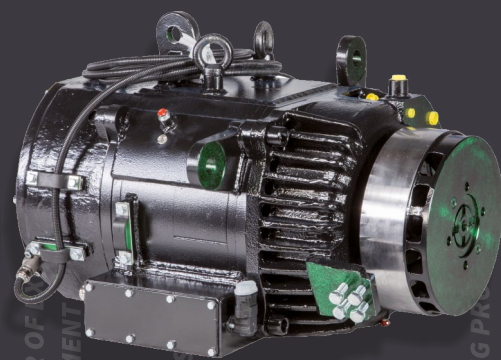
wydajności, co może być dokonane przez zakup i instalację nowych, bardziej sprawnych lub o większej wydajności urządzeń lub też przez modernizację urządzeń istniejących. Zalecane jest, aby odbywało się to przez realizację wcześniej przygotowanego programu modernizacji poprzedzoną odpowiednią analizą możliwości technicznych i finansowych.

Do takich jednostek odnosi się ta praca, w której postuluje się przeprowadzenie analizy energetycznej w celu ułatwienia sformułowania programu modernizacji prowadzącego do zmniejszenia kosztów energii. Zgromadzono informacje użyteczne przy rozpatrywaniu racjonalizacji zużycia energii i środowiska, która prowadzi do poprawy efektywności jej wykorzystania.

W rozdziale pierwszym przedstawiono cel i przedmiot pracy na tle problemów związanych ze zużyciem energii i wynikającymi z tego zmianami klimatu. W rozdziale drugim scharakteryzowano energię wykorzystywaną w działalności społeczno-gospodarczej, określenia podstawowych nośników energii, system społeczno-gospodarczy i jego podsystem energetyczny, również działalność społeczno-gospodarczą i problem efektywności energetycznej. W rozdziałach następnych przedstawiono pozyskiwanie i przetwarzanie energii nieodnawialnej (rozdział trzeci) i odnawialnej (rozdział czwarty). W rozdziale piątym opisano sferę wykorzystania nośników energii końcowej, a w rozdziale szóstym podano ogólną charakterystykę sfery użytkowania energii. Rozdział siódmy zawiera obszerną informację dotyczącą problemów oddziaływania procesów pozyskiwania i przetwarzania energii na środowisko naturalne i środowisko pracy, przy czym szczególną uwagę poświęcono problemowi efektu cieplarnianego. W rozdziale ósmym są omawiane problemy określania zużycia energii w pełnym cyklu istnienia obiektu technicznego, a w rozdziale dziewiątym są analizowane możliwości wpływu na efektywność energetyczną w pełnym cyklu istnienia obiektu. W rozdziale dziesiątym objaśniono proces formułowania przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii. W rozdziale

reklama

DRIVING YOUR BUSINESS



SILNIKI ELEKTRYCZNE
I SYSTEMY NAPĘDOWE
OD 0,04 kW DO 6000 kW

SILNIKI SPECJALNE
DLA RÓŻNYCH GAŁĘZI
PRZEMYSŁU



since 1878

jedenastym przedyskutowano określanie kosztów i efektów w działalności społecznej i gospodarczej. W rozdziale dwunastym skupiono się na określaniu kosztów i dochodu w działalności oraz na obliczaniu ważniejszych składników kosztów eksploatacji, a w rozdziale trzydnastym zaprezentowano metody oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć gospodarczych oraz przykłady przedsięwzięć z wynikami oceny efektywności ekonomicznej. Ostatni rozdział, czternasty, zawiera opis i analizę dwóch przedsięwzięć modernizacyjnych.

4. Podstawowe określenia

Poniżej zamieszczono definicje ważniejszych określeń wykorzystanych w pracy, pochodzących z różnych źródeł.

Analiza energetyczno-ekologiczna w cyklu istnienia (*Life Cycle Assessment, LCA*) – kompleksowa ocena oddziaływania na środowisko w procesach wytwarzania, użytkowania i likwidacji wyrobu, umożliwiającą ilościowe i jakościowe określenie tego oddziaływania. Z metodycznego punktu widzenia jest analizą wielkości wejść i wyjść prowadzoną w procesach cząstkowych, jakie przechodzi wyrób od koncepcji jego wytworzenia do likwidacji po utracie wymaganych właściwości.

Audyt efektywności energetycznej – opracowanie określające stan techniczny obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji oraz zawierające analizę zużycia energii i wykaz przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej tych obiektów, urządzeń lub instalacji, a także ocenę ich opłacalności ekonomicznej i możliwej do uzyskania oszczędności energii.

Charakterystyka energetyczno-ekologiczna wyrobu (usługi, obiektu) – zbiór wielkości charakteryzujących aspekty środowiskowe wyrobu, określający jakościowe i ilościowe oddziaływania na środowisko w pełnym cyklu istnienia wyrobu.

Cykl istnienia (życia) wyrobu – kolejne i powiązane ze sobą etapy istnienia wyrobu od projektowania wyrobu, pozyskania surowców i wytworzenia wyrobu z zasobów naturalnych, przez użytkowanie aż do likwidacji i przekazania odpadów z powrotem do środowiska.

Efekt użytkowy – efekt uzyskany w wyniku dostarczenia energii do danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w szczególności: efekt w postaci wykonania pracy mechanicznej, zapewnienia komfortu cieplnego, oświetlenia pomieszczeń.

Efektywność – według *Słownika języka polskiego* [121] oznacza pozytywny wynik, skuteczność, wydajność, sprawność określonego działania, na przykład efektywność ekonomiczna – rezultat działalności gospodarczej określony przez stosunek uzyskanego efektu do poniesionego lub przewidywanego nakładu. Na tej podstawie efektywność energetyczną można zdefiniować jako rezultat gospodarowania nośnikami energii w jednostce gospodarczej, urządzeniu, instalacji, procesie itp. wyrażony stosunkiem uzyskanego efektu użytkowego działania do poniesionego nakładu energii.

Efektywność energetyczną urządzenia charakteryzujemy **sprawnością energetyczną**, definiowaną jako stosunek uzyskanego efektu użytkowego, na przykład w postaci pracy mechanicznej, do dostarczonej energii napędowej jako wsad energetyczny przemiany. W przypadku **obiektów budowlanych** do oceny efektywności energetycznej posługujemy się **wskaźnikami zużycia energii**, które są definiowane jako zużycie energii odniesione do efektu działania, którym jest zapewnienie komfortu cieplnego w pomieszczeniach obiektu o określonej powierzchni użytkowej lub kubaturze.

Energetyka rozproszona (generacja rozproszona) – odnosi się do wytwarzania energii elektrycznej lub ciepła ze źródeł energii dostępnych lokalnie, takich jak kolektory słoneczne, małe elektrownie wodne, małe siłownie wiatrowe, moduły fotowoltaiczne lub inne niezależne od sieci instalacje zaopatrujące w ciepło i energię.

Energia finalna – energia lub paliwa zużywane przez odbiorcę końcowego, w rozumieniu ustawy *Prawo energetyczne*.

Energia nieodnawialna – nie jest uzupełniana lub jest uzupełniana bardzo powoli w stosunku do wykorzystania; jest to energia chemiczna paliw

kopalnych (stałych, ciekłych i gazowych) oraz energia paliw rozszczepialnych.

Energia odnawialna – energia otrzymywana w wyniku wykorzystania praktycznie niewyczerpalnych procesów naturalnych, do których zalicza się: promieniowanie słoneczne i jego pochodne (wiatr, falowanie, gradienty temperatury w oceanach, prądy morskie), energia cieków wodnych (hydroenergia), energia wnętrza Ziemi (geotermia), pływy morskie (energia grawitacji) oraz spalanie biomasy w tempie nieprzekraczającym jej naturalnego przyrostu.

Energia pierwotna – energia odnawialna i nieodnawialna czerpana ze środowiska w postaci nieprzetworzonej. Bardziej szczegółowo energia pierwotna to energia zawarta w pierwotnych nośnikach energii, pozyskiwanych bezpośrednio ze środowiska, w szczególności zawarta w: węglu kamiennym energetycznym (łącznie z węglem odzyskanym z hałd), węglu kamiennym koksowym, węglu brunatnym, ropie naftowej (łącznie z gazoliną), gazie ziemnym wysokometanowym (łącznie z gazem z odmetanowania kopalń węgla kamiennego), gazie ziemnym zaazotowanym, torfie do celów opałowych, oraz energia: wody, wiatru, słoneczna, geotermalna, biomasy.

Energia włożona – skumulowane zużycie energii na wytworzenie wyrobu, usługi, obiektu.

Fazy istnienia wyrobu – wyróżnia się cztery fazy istnienia wyrobu: projektowanie, wytwarzanie, użytkowanie i likwidacja wraz z poużytkowym przetwarzaniem.

Gazy cieplarniane (*greenhouse gas, GHG*) – gazy, które przyczyniają się do powstawania efektu cieplarnianego w atmosferze, należą do nich: para wodna (H₂O), dwutlenek węgla (CO₂), podtlenek azotu (N₂O), metan (CH₄) i ozon (O₃), heksafluorek siarki (SF₆), fluorowęglowodory (HFC) i perfluorowane węglowodory (PFC).

Inwestycja – nakład gospodarczy, którego celem jest stworzenie nowych lub powiększenie istniejących środków trwałych. Inwestycją nazywa się również obiekt techniczny będący wynikiem tej działalności.

Jednostka bezdochodowa – w tej pracy oznacza wyodrębnioną pod względem

ekonomicznym, organizacyjnym i prawnym, samodzielnie funkcjonującą organizację (budynek mieszkalny, szkoła, szpital, urząd administracji publicznej i terenowej, straż pożarna itp.) niekreującą dochodu.

Modernizacja – forma ulepszenia jako stałe unowocześnianie środka trwałego, które podnosi jego wartość techniczną, użytkową, lub jako przystosowanie środka trwałego do wykorzystania go w innym celu niż pierwotne przeznaczenie, albo nadanie danemu składnikowi środka trwałego nowych cech użytkowych, wyrażających się poprawą standardu użytkowego lub technicznego bądź obniżeniem kosztów eksploatacji.

Nośnik energii – każdy wyrób uczestniczący bezpośrednio lub pośrednio w procesach przekazywania różnych postaci energii ze źródeł jej pozyskiwania do sfery użytkowania.

Obiekt techniczny – dowolny wytwór techniki charakteryzujący się możliwością funkcjonowania w określony sposób – w tej pracy urządzenie, instalacja, dla której jest prowadzona analiza efektywności energetycznej, ekonomicznej, ekologicznej.

Odbiorca końcowy – według ustawy *Prawo energetyczne* każdy, kto otrzymuje lub pobiera paliwa lub energię, na podstawie umowy z przedsiębiorstwem energetycznym, na własny użytek.

Oszczędność energii – ilość energii stanowiąca różnicę pomiędzy energią potencjalnie zużytą przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w danym okresie przed zrealizowaniem jednego lub kilku przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej a energią zużytą przez ten obiekt,

urządzenie techniczne lub instalację w takim samym okresie po zrealizowaniu tych przedsięwzięć i uwzględnieniu znormalizowanych warunków wpływających na zużycie energii.

Przedsiębiorstwo energetyczne – podmiot gospodarczy prowadzący działalność gospodarczą w zakresie przetwarzania, magazynowania, przesyłania oraz dystrybucji paliw lub energii bądź obrotu nimi.

Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej – działanie polegające na wprowadzeniu zmian lub usprawnień w obiekcie, urządzeniu technicznym lub instalacji, w wyniku których uzyskuje się zmniejszenie zużycia energii (oszczędność energii).

Racjonalizacja – działalność zmierzająca do osiągnięcia celów gospodarczych w optymalny, doskonalszy od poprzednio stosowanego sposób; może na przykład dotyczyć planu realizacji jakiegoś przedsięwzięcia, organizacji pracy, konstrukcji i jakości wyrobu.

Recykling – wykorzystanie materiału w cyklu „nowy – wykorzystany – nowy”; wymaga przeprowadzenia wielu operacji technologicznych, między innymi: gromadzenie materiałów odpadowych, ich separowanie, sortowanie, wstępne przetwarzanie i przekazanie do pierwotnego wytwórcy, gdzie powstaje nowy materiał. Recykling obejmuje łącznie procesy gromadzenia surowców wtórnych oraz ich przetwarzania.

Rozwój zrównoważony – ciągły rozwój gospodarczy i społeczny bez szkody dla środowiska i jego zasobów naturalnych, od których jakości zależy kontynuowanie działalności człowieka i możliwości dalszego rozwoju.

Skumulowane zużycie energii – sumaryczne zużycie energii we wszystkich etapach procesów wytwórczych i transportowych prowadzących do wytworzenia danego wyrobu lub nośnika energii.

Tona oleju ekwiwalentnego – równoważnik jednej tony ropy naftowej o wartości opałowej równej 41 868 kJ/kg (**1 toe = 41 868 MJ**).

Zasoby – wszystkie paliwa kopalne i surowce mineralne, które zostały zidentyfikowane geologicznie.

Zasoby naturalne – twory organiczne (rośliny, zwierzęta, ekosystemy) i nieorganiczne (atmosfera, woda, minerały) wykorzystywane przez człowieka w procesie produkcji i konsumpcji.

Zasoby użytkowe – wszelkie odpady i wyroby wycofane z eksploatacji z chwilą zagospodarowania lub przeznaczone do zagospodarowania.

Zmiany klimatu – znaczące zmiany zachodzące w klimacie (zmiany temperatury, opadów, ekstremalnych zjawisk pogodowych w danym regionie itp.) trwające przez długi okres (od dekad do milionów lat). ■

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

Fragment pochodzi z książki:
Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej, Jan Górzyński
Wydawnictwo Naukowe PWN
Warszawa 2017

reklama

Napędzaj z nami przemysł
www.nis.com.pl

Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej. Nośniki energii i system społeczno-gospodarczy

Jan Górzyński

1. Energia wykorzystywana na Ziemi

Większość spotykanych rodzajów energii wywodzi się ze Słońca emitującego promieniowanie, którego część dociera na Ziemię, gdzie ulega przemianie w energię cieplną (przeszowaną przez promieniowanie, konwekcję i przewodzenie), energię mechaniczną (np. ruchy mas powietrza w atmosferze, energia wody). Energia promieniowania słonecznego ma istotne znaczenie dla organizmów żywych. Rośliny dzięki zdolności fotosyntezy pobierają bezpośrednio energię promieniowania słonecznego oraz, wykorzystując węgiel znajdujący się w atmosferze w postaci dwutlenku węgla (CO_2) i wodę z gruntu, tworzą związki organiczne węgla i wodoru nazywane biomasą. W ten sposób rośliny tworzą biomasę, wykorzystywaną jako surowiec energetyczny, i same stają się również źródłem energii.

Również wykorzystywane powszechnie surowce energetyczne kopalne to substancje powstałe ze zgromadzonej na Ziemi biomasy. W wyniku zalegania przez wiele milionów lat pod jej powierzchnią i pod wysokim ciśnieniem oraz bez dostępu powietrza biomasy uległy przetworzeniu na paliwa węglowe (węgiel kamienny, węgiel brunatny i torf) oraz na ropę naftową i gaz ziemny, nazywamy je paliwami kopalnymi.

Obecnie wykorzystywane powszechnie na Ziemi nośniki energii, jak ciepło i energia elektryczna, otrzymujemy głównie w wyniku spalania paliw kopalnych i w coraz większym stopniu w wyniku spalania biomasy. Spalanie to reakcja, podczas której dwa lub więcej atomów łączy się ze sobą wiązaniem chemicznym, które zawsze odbywa się

z ubytkiem masy wynikającym z uwolnienia energii wiązania. Wynika to z faktu, że cząsteczki składające się z atomów mają masę mniejszą niż suma mas ich atomów składowych. W jednej z podstawowych reakcji spalania z udziałem węgla C i tlenu O_2 , w której wyniku uzyskujemy energię, występuje ubytek masy powstający z różnicy sumy mas C i O_2 oraz powstającego dwutlenku węgla CO_2 . Identycznie jest w przypadku innej podstawowej reakcji spalania wodoru (H_2). Również w przypadku atomów składających się z jąder i elektronów – masa atomów jest mniejsza od sumy mas ich elementów składowych.

Z powyższego wynika, że otrzymanie energii jest możliwe tylko przy tworzeniu określonych wiązań powstających w procesach, w których ma miejsce zmniejszenie masy układu (Δm_u). Wyzwolona przy tym energia ΔE_u jest związana ze zmniejszeniem masy układu o Δm_u zgodnie z równaniem Einsteina ($\Delta E_u = \Delta m_u c^2$, gdzie c – prędkość światła w próżni). Taka właśnie energia wiązań chemicznych, wywiązująca się w procesach spalania paliw kopalnych, stanowi podstawę do wytwarzania pożądaných nośników energii.

Część energii słonecznej jest na Ziemi w cyklu hydrologicznym przetwarzana na postać energii wodnej, która jest wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach wodnych i w znacznie mniejszym stopniu przetwarzana na energię mechaniczną w młynach wodnych. Również pewna niewielka część energii słonecznej jest dostępna w postaci energii wiatru, która podobnie jak energia wody jest przetwarzana na energię elektryczną w siłowniach wiatrowych i w mniejszym stopniu

na energię mechaniczną w wiatrakach i żaglowych jednostkach pływających.

Czyli na Ziemi wykorzystywana jest głównie energia słoneczna, pośrednio w postaci już przekształconej na paliwa kopalne, biomasę, energię wiatru i wody oraz bezpośrednio po przetworzeniu w procesach konwersji termicznej i fotowoltaicznej. Oprócz energii słonecznej na Ziemi wykorzystywana jest również energia jądrowa i geotermalna, aczkolwiek w wytwarzaniu ciepła i energii elektrycznej ich udział jest obecnie znacznie mniejszy niż paliw kopalnych.

Energia jądrowa powstaje w wyniku rozszczepienia jąder atomowych ciężkich pierwiastków (głównie izotopów uranu i plutonu), które w wyniku zderzeń z neutronami ulegają łatwemu rozszczepieniu na jądra pierwiastków lżejszych. Energia jądrowa powstaje również w reakcjach syntezy pierwiastków najlżejszych w cięższe (wodoru w hel). Takim procesom towarzyszy wydzielanie się dużych ilości energii wiązania, której praktyczne wykorzystanie umożliwiają reaktory jądrowe. Należy tu podkreślić, że energia wydzielana w procesach przemian jądrowych jest o kilka rzędów wielkości większa niż w procesach chemicznych, takich jak spalanie. Wspomniana wcześniej energia promieniowania słonecznego docierająca na Ziemię to również energia wywiązująca się w przemianach jądrowych odbywających się wewnątrz Słońca jako wynik reakcji syntezy wodoru w hel. Źródło pochodzenia energii Słońca i gwiazd przez zachodzące w ich wnętrzu reakcje jądrowe wyjaśnił fizyk amerykański Hans Bethe w 1938 r.

Energia geotermalna to energia termiczna wydzielana we wnętrzu Ziemi

w wyniku reakcji rozpadu pierwiastków promieniotwórczych i magazynowana w gorących skałach. W większości przypadków wykorzystuje się tę energię za pomocą odwiertów, przez które jest wtłaczana woda chłodna, a pobierana gorąca, w Polsce wykorzystywana głównie w tej formie w ciepłownictwie.

2. Nośniki energii – rodzaje i określenia

Najbardziej ogólnie energię rozpatruje się jako odnawialną i nieodnawialną. Energią nieodnawialną jest nazywana energia chemiczna paliw kopalnych (stałych, ciekłych, gazowych) i energia paliw (surowców) rozszczepialnych, ponieważ nie jest uzupełniania lub uzupełniana bardzo powoli w stosunku do poziomu wykorzystania. Natomiast energia odnawialna jest otrzymywana w wyniku wykorzystania praktycznie niewyczerpalnych procesów naturalnych, do których zalicza się promieniowanie słoneczne i jego pochodne (wiatr, falowanie, energia cieków wodnych), energia wnętrza Ziemi (geotermia), energia pływów wodnych (energia grawitacji) oraz energia biomasy wykorzystywana w tempie lokalnie nieprzekraczającym jej naturalnego przyrostu.

Nośnikiem energii nazwano każdy wyrób uczestniczący bezpośrednio lub pośrednio w procesach przekazywania różnych postaci energii ze źródeł jej pozyskiwania do sfery użytkowania. Znane nośniki energii w działalności społecznej i gospodarczej i w gospodarce komunalnej to węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny, surowce rozszczepialne, koks, brykiety węgla, olej napędowy, benzyna, gorąca woda, para wodna, prąd elektryczny, drewno opałowe i inne. Rozpatrując te nośniki energii w działalności powiązanej z wykorzystaniem energii, posługujemy się pewnymi podstawowymi pojęciami, do których należy przede wszystkim zaliczyć pojęcie energii pierwotnej, końcowej (finalnej) i użytkowej.

Paliwa naturalne (odnawialne i nieodnawialne) czerpane z przyrody w postaci nieprzetworzonej nazywamy pierwotnymi nośnikami energii, a energia chemiczna tych paliw jest nazywana energią pierwotną. Jest to energia czerpana

z przyrody w postaci nieprzetworzonej. Wyróżnia się również przetworzone (wtórne) nośniki energii, które otrzymuje się przez przetwarzanie nośników pierwotnych na postać bardziej dogodną z punktu widzenia dystrybucji i użytkowania.

Nośniki energii pierwotnej nie zawsze nadają się do bezpośredniego wykorzystania, w sensie zaspokojenia potrzeb użytkowników, dlatego są poddawane przetworzeniu w celu uzyskania energii w postaci, w jakiej jej ostatecznie potrzebujemy, nazywanej energią użytkową. Energia użytkowa to energia bezpośrednio wykorzystywana przez ludzi: praca mechaniczna napędzająca pojazdy, maszyny robocze i sprzęt gospodarstwa domowego, energia dźwięku i światła, ciepło w pomieszczeniach i urządzeniach technologicznych, energia elektryczna w procesach (np. elektroliza), w aparaturze elektronicznej i inne.

Energia użytkowa nie jest przedmiotem dystrybucji i zakupu, ponieważ nie byłoby technicznie możliwe prowadzenie pomiarów i rozliczeń w jednostkach ilości tej energii. Dlatego wprowadzono pojęcie energii końcowej (finalnej), której postać umożliwiła dostawę, zapewnia techniczną możliwość pomiaru ilości i parametrów jakościowych oraz nadaje się do wykorzystania bez dalszego przetwarzania. Nośnikami energii końcowej mogą być zarówno pierwotne (węgiel, gaz ziemny, drewno), jak i przetworzone nośniki energii (koks, pelety, olej opałowy, olej napędowy, nafta, benzyna, gaz płynny, ciepła woda, para wodna, podgrzany olej grzewczy).

W tej pracy interesuje nas głównie energia postrzegana z punktu widzenia przydatności w działalności społecznej i gospodarczej. Jest to w większości energia chemiczna paliw kopalnych i biomasy, wykorzystywana przez ich spalanie bezpośrednio u użytkowników lub na drodze wielu przemian w specjalnych instalacjach, a następnie przesyłana do odbiorców. Najczęściej jest przekształcana do postaci ciepła w parze i gorącej wodzie oraz energii mechanicznej i elektrycznej.

Bardziej szczegółowo pojęcie energii pierwotnej zdefiniowano w ustawie o biokomponentach i biopaliwach

[U8]. Zgodnie z definicją podaną w tej ustawie energia pierwotna jest to energia zawarta w pierwotnych nośnikach energii, pozyskiwanych bezpośrednio ze środowiska. W szczególności jest to energia chemiczna w węglu kamiennym energetycznym (łącznie z węglem odzyskanym z hałd), węglu kamiennym koksowym, węglu brunatnym, ropie naftowej (łącznie z gazoliną), gazie ziemnym wysokometanowym (łącznie z gazem z odmetanowania kopalń węgla kamiennego), gazie ziemnym zaazotowanym, torfie do celów opałowych, a także energia chemiczna biomasy oraz energia: wody, wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalna – wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej, ciepła lub chłodu.

Z kolei energią końcową jest energia lub paliwa wykorzystywane przez odbiorcę końcowego, w rozumieniu ustawy *Prawo energetyczne* [U2], a odbiorcą końcowym w rozumieniu tej ustawy jest każdy, kto otrzymuje lub pobiera paliwa lub energię na własny użytek, na podstawie umowy z przedsiębiorstwem energetycznym.

3. System społeczno-gospodarczy kraju

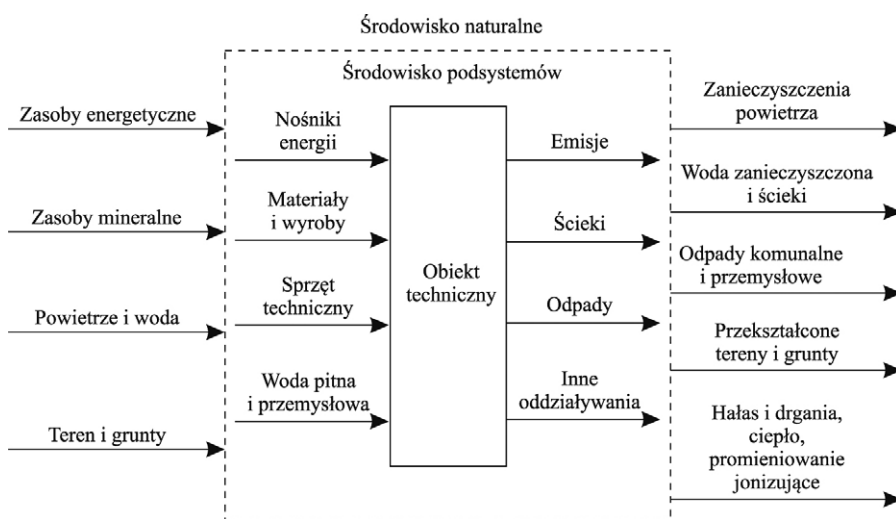
W tej pracy mianem systemu społeczno-gospodarczego określono działalność realizowaną w kraju w działach produkcji materialnej: energetyka, przemysł, budownictwo, rolnictwo, transport oraz w usługach, które nazwano odpowiednio podsystemami energetyki, przemysłu, budownictwa, rolnictwa i transportu oraz usług i gospodarki komunalnej. Wytworami działalności systemu społeczno-gospodarczego są nośniki energii, wyroby i usługi, które są zużywane przez całą gospodarkę narodową oraz zaspokajane są potrzeby społeczne.

Podstawowym elementem rozpatrywanego systemu społeczno-gospodarczego jest obiekt techniczny, który jest zbiorem wielu wyrobów o różnym stopniu przetworzenia, zrealizowany według przygotowanego projektu w celu spełnienia określonej funkcji użytkowej. Na przykład funkcją obiektu budowlanego jest zapewnienie przestrzeni oraz odpowiednich warunków, niezbędnych do

przebywania osób, wykonywania pracy, nauki, leczenia, przebiegu procesów produkcyjnych, usługowych, wypoczynku. Zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi wszystkie obiekty muszą również spełniać określone wymagania techniczne, które ustalają warunki, w jakich się powinno odbywać spełnianie funkcji. Na przykład obiekt budowlany tworzą budynki zapewniające uzyskanie wymaganych warunków w pomieszczeniach budynków, współdziałając z odpowiednimi układami wyposażenia technicznego. W przypadku obiektów przemysłowych wyposażenie stanowią urządzenia przemysłowe, odpowiednie do odbywających się tam funkcji użytkowych, wraz z instalacjami produkcyjnymi i podsystemami wytwarzania i dostarczania wymaganych nośników energii, wody oraz odprowadzania zanieczyszczeń i odpadów. Rozpatrywany obiekt techniczny stanowi element jednego z podsystemów funkcjonujących w systemie.

Na racjonalne użytkowanie nośników energii w obiektach technicznych mają wpływ działania podejmowane w całej gospodarce narodowej, która jest postrzegana jako środowisko systemów, w którym rozpatrywany obiekt funkcjonuje. Z tego powodu problemy zużycia energii w obiektach powinny być rozpatrywane w powiązaniu z całą działalnością gospodarczą kraju. Aktualnie w tej działalności odbywają się istotne procesy proekologicznej racjonalizacji, które mają wpływ na wskaźniki energochłonności wyrobów i obiektów, także na odpowiednie wskaźniki w budowie i eksploatacji.

Z tych powodów przy rozpatrywaniu zużycia energii pierwotnej w obiektach technicznych niezbędne są informacje o pochodzeniu energii, sposobie jej pozyskiwania, jaką przebywa drogę oraz jakim przemianom jest poddawana, zanim zostanie dostarczona do odbiorców i odpowiednio wykorzystana. Czyli niezbędne są co najmniej podstawowe informacje o całym krajowym systemie energetycznym, jego złożoności i sposobie funkcjonowania, o wykorzystaniu zasobów energetycznych oraz jego oddziaływaniu na środowisko oraz o tym, jakie jest miejsce obiektu technicznego



Rys. 1. Obiekt techniczny jako podsystem w środowisku podsystemów w systemie społeczno-gospodarczym

jako podsystemu w odniesieniu do systemu energetycznego i całego systemu społeczno-gospodarczego.

System społeczno-gospodarczy (rys. 1) funkcjonuje w celu zapewnienia warunków i środków materialnych niezbędnych do egzystencji społeczeństwa. Wszystkie podsystemy funkcjonują we współdziałaniu z innymi podsystemami systemu społeczno-gospodarczego: energetycznym, przemysłowym, transportem i rolnictwem, usługowym i gospodarką komunalną. Jako podsystem należy traktować również działalność administracji publicznej, która wprowadza regulacje prawne wpływające w istotny sposób na podejmowanie decyzji w działalności społeczno-gospodarczej.

Działanie systemu energetycznego na rzecz pozostałych podsystemów to przede wszystkim dostarczanie nośników energii niezbędnych do prowadzenia działalności społecznej i gospodarczej, w tym do prowadzenia gospodarki mieszkaniowej. System przemysłowy zapewnia materiały i wyroby budowlane, maszyny i urządzenia, elementy wyposażenia technicznego pozostałych systemów oraz sprzętu gospodarstwa domowego i innych wyrobów. Dzięki działalności rolniczej i leśnej obiekty otrzymują odnawialne surowce energetyczne i nieenergetyczne. Transport zapewnia przepływ strumieni surowców, materiałów, wyrobów i nośników energii

stałych i ciekłych pomiędzy poszczególnymi podsystemami. Każdy obiekt techniczny w całej działalności czerpie również bezpośrednio zasoby środowiska, zwłaszcza wykorzystuje teren i grunty oraz zasoby wody.

System społeczno-gospodarczy i wszystkie jego podsystemy są zbiorem wielu różnych obiektów technicznych, które stanowią przedmiot analizy zużycia energii i do których odnoszą się rozpatrywane tu problemy racjonalizacji.

Cały system społeczno-gospodarczy (w tym również każdy z podsystemów) funkcjonuje dzięki pobieraniu zasobów naturalnych ze środowiska (rys. 1), przekształcaniu ich w materiały, wyroby, nośniki energii, usługi, obiekty budowlane, przemysłowe, środki transportu, środki dla rolnictwa. Efektem ubocznym działalności gospodarczej jest ubytek zasobów naturalnych i przekształcanie środowiska w wyniku czerpania zasobów z jednej strony, a z drugiej w wyniku emisji zanieczyszczeń, generowania ścieków, odpadów, przekształcania terenu, gruntów i gleby.

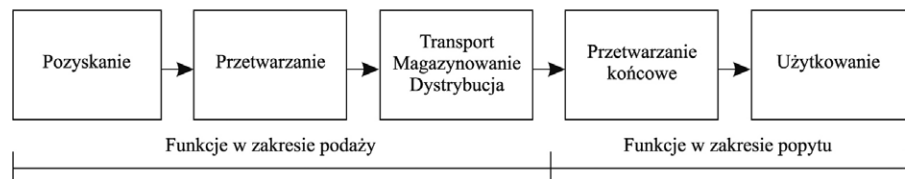
Dlatego na potrzeby określenia i analizy zużycia energii pierwotnej przez obiekty techniczne niezbędne jest rozpatrzenie, jaki wpływ na to zużycie mają poszczególne sfery działalności gospodarczej, czyli system energetyczny, przemysł, transport, rolnictwo, budownictwo i usługi.

W sumie obiekty techniczne są budowane, użytkowane i likwidowane we współdziałaniu z pozostałymi podsystemami systemu społeczno-gospodarczego, wykorzystując efekty ich działalności w postaci materiałów, wyrobów i nośników energii, niezbędnych do ich funkcjonowania w pełnym cyklu istnienia.

Energia jest wprowadzana do każdego podsystemu i jego obiektów technicznych w postaci nośników energii przetworzonej (końcowej), wśród których można wymienić: ciepło, energię elektryczną, węgiel, koks, gaz ziemny, olej opałowy, drewno opałowe, wytwarzanych przez system energetyczny. Ponadto wszystkie nośniki energii, surowce, woda, materiały, wyroby pobierane przez obiekt wnoszą do tego obiektu pewien nakład energetyczny, który był poniesiony na ich wytworzenie w procesach wydobywania i w procesach produkcyjnych, czyli od pozyskania surowców z zasobów środowiska do uzyskania wyrobów końcowych z uwzględnieniem transportu lub systemu przesyłania niezbędnego do ich dostarczenia. W związku z tym do określenia zużycia energii pierwotnej przez obiekt techniczny niezbędna jest wiedza o wszystkich wymienionych wcześniej systemach tworzących system gospodarczy.

W działaniach podejmowanych na rzecz racjonalizacji zużycia energii należy uwzględnić szczególną rolę ochrony środowiska, niezbędne jest zatem określenie obciążeń, które są efektem czerpania zasobów i wprowadzania zanieczyszczeń do środowiska, prowadzących do szkód ekologicznych i ogólnej degradacji środowiska.

W praktyce do uwzględnienia wpływu wymienionych systemów w odniesieniu do zużycia energii posługujemy się wskaźnikami skumulowanego zużycia energii pierwotnej niezbędnej do wytworzenia wyrobów i nośników energii oraz odpowiednimi wskaźnikami skumulowanego oddziaływania na środowisko i skumulowaną sprawnością pozyskania i dostarczania nośników energii do miejsca wykorzystania. Wielkości te charakteryzują efektywność energetyczną funkcjonowania tych systemów, czyli dążenie do poprawy tej efektywności jest działaniem w kierunku zmniejszenia



Rys. 2. Uproszczony schemat krajowego podsystemu energetycznego

zużycia energii pierwotnej przez każdy obiekt techniczny.

Jako podsystem należy traktować również działalność administracji państwowej i regionalnej, które wprowadzając regulacje prawne, w istotny sposób wpływają na podejmowane decyzje w całej działalności społeczno-gospodarczej.

4. Podsystem energetyczny kraju

Krajowy podsystem energetyczny stanowi zbiór obiektów, który, wykorzystując zasoby środowiska, umożliwia realizację podstawowej jego funkcji, jaką jest przygotowanie i dostarczanie nośników energii odpowiednich do bezpośredniego wykorzystania w sferze użytkowania. Procesy przygotowania nośników energii odbywają się w obszarze całego podsystemu energetycznego przez realizację: pozyskiwania surowców energetycznych, ich przetwarzania, dystrybucji (transport, magazynowanie i rozdzielanie) oraz dostarczenie odpowiednio przygotowanych nośników energii do sfery użytkowania (rys. 2). Sferę użytkowania stanowi obszar całej działalności gospodarczej i społecznej, którą tworzą sektory: przemysł, budownictwo, rolnictwo, transport, ciepłownictwo i mieszkalnictwo, gdzie energia realizuje potrzebne funkcje użytkowe.

Jak zaznaczono na rys. 2, trzy pierwsze funkcje realizowane przez system energetyczny mają charakter podażowy, pozostałe dwa – popytowy.

Pozyskiwanie energii pierwotnej z zasobów energetycznych środowiska jest realizowane w procesach: wydobywanie węgla kamiennego, węgla brunatnego, uranu, ropy naftowej, gazu ziemnego, wytwarzanie energii elektrycznej w turbinach wiatrowych, elektrowniach wodnych i ogniach fotowoltaicznych, pozyskiwanie ciepła ze źródeł energii

geotermalnej, biomasy z obszarów leśnych i działalności rolniczej, uprawa i zbiór roślin energetycznych.

Przetwarzanie pozyskanych nośników energii pierwotnej jest dokonywane w procesach: wzbogacania węgla, przetwarzania biomasy, rafinacji ropy naftowej, koksovania węgla, brykietowania węgla i biopaliw stałych, peletyzacji biopaliw stałych. Do najważniejszych i najgłębszych procesów przetwarzania należy produkcja energii elektrycznej w elektrowniach i elektrociepłowniach oraz przeróbka ropy naftowej i rafinacja jej przetworów, w wyniku których uzyskuje się paliwa ciekłe: benzynę, oleje napędowe i opałowe, naftę i paliwa lotnicze, paliwa odpadowe.

Wytworzone nośniki energii są dostarczane do odbiorców pośrednich i końcowych, gdzie powinny się znaleźć w odpowiedniej ilości oraz w odpowiednim czasie. W tym celu niezbędny jest cały bardzo złożony system dystrybucji zapewniający transport, magazynowanie i rozdzielanie, aby odpowiedni nośnik energii został dostarczony do odbiorców pośrednich lub do użytkowników końcowych. Pozyskane paliwa węglowodorowe (gaz ziemny i ropa naftowa) są transportowane systemami rurociągowymi do miejsc przetwarzania, czyli do rafinerii paliw ciekłych oraz do systemów magazynowania zbiornikowego i dystrybucji, zwykle wzajemnie powiązanych. Gaz ziemny jest magazynowany w podziemnych zbiornikach w celu zgromadzenia zapasów i zapewnienia ciągłości zasilania odbiorców końcowych. Paliwa stałe i ciekłe są transportowane środkami kolejowymi i ciężkimi pojazdami drogowymi, a magazynowanie paliw stałych (węgiel, koks, biopaliwa stałe) odbywa się w pomieszczeniach magazynowych i na składowiskach,

paliw ciekłych w zbiornikach, skąd trafiają do użytkowników, czyli odbiorców końcowych, lokalnymi środkami transportu drogowego. Energia elektryczna nie może być magazynowana, dlatego musi być wytwarzana stosownie do aktualnego zapotrzebowania i na bieżąco przesyłana do odbiorców. Dlatego funkcjonuje cały złożony podsystem elektroenergetyczny obejmujący wytwarzanie energii elektrycznej (elektrownie i elektrociepłownie), transformację jej na odpowiednie napięcie, przesyłanie siecią wysokiego napięcia, transformację na niższe napięcia, przesyłanie siecią dystrybucji dostarczającą energię elektryczną do odbiorców, gdzie jest na bieżąco użytkowana. Taki podsystem wymaga scentralizowanego w skali kraju bieżącego sterowania z uwzględnieniem planowania krótkoterminowego i długoterminowego, biorąc pod uwagę wszystkie jego elementy, które realizuje państwowa dyspozycja mocy.

Mimo wielu przemian energia docierająca do odbiorców nie zawsze jest w postaci takiego nośnika, który jest wymagany, dlatego często występuje potrzeba przetwarzania końcowego, który obejmuje procesy: produkcja ciepła w parze lub gorącej wodzie przez spalanie paliw lub w wymiennikach ciepła, produkcja energii elektrycznej, transformacja energii elektrycznej na wymagane napięcie. Odbywa się to w procesach przetwarzania końcowego, w których otrzymuje się nośniki energii mające już bezpośrednio zastosowanie w procesach realizujących wymagane funkcje użytkowe. Do najczęściej rozpatrywanych funkcji użytkowych energii należą: ogrzewanie pomieszczeń, produkcja przemysłowa, praca transportowa.

Podsystem ciepłno-energetyczny (zaliczany do sfery użytkowania) tworzy zbiór maszyn i urządzeń, który w sposób scentralizowany zasila odbiorców w ciepło w parze lub wodzie. Elementami podsystemu są elektrociepłownie, ciepłownie, rurociągi sieci przesyłowe, węzły ciepłownicze, instalacje odbiorcze ciepła wraz z urządzeniami pomocniczymi umożliwiającymi utrzymanie, prowadzenie eksploatacji i dostarczanie. Paliwa ciekłe są przesyłane głównie transportem drogowym lub kolejowym

do stacji paliw, skąd docierają już bezpośrednio do wykorzystania przez odbiorców i użytkowników nośników energii. Pozyskiwanie, przetwarzanie i przesyłanie nośników energii realizują przedsiębiorstwa energetyczne, które mają obowiązki przewidziane w prawie energetycznym [U5] w zakresie zaopatrzenia w nośniki energii i w zakresie utrzymania urządzeń w odpowiednim stanie technicznym.

W sumie efektem działania podsystemu energetycznego są nośniki energii końcowej: energia elektryczna, para i gorąca woda, olej grzewczy, benzyna, oleje napędowe, oleje opałowe, węgiel, koks, brykiety węgla, drewno, gaz ziemny, gazy przemysłowe. Użytkownikami tych nośników energii końcowej są już bezpośredni odbiorcy, głównie w sektorze mieszkaniowym, przemysłowym, budowlanym, transportu, rolnictwa i usługowym.

5. Działalność społeczna i gospodarcza

Według ustawy o swobodzie działalności gospodarczej art. 2 (Ustawa z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (Dz.U. z 2013 r. poz. 672) tekst ujednolicony) działalność gospodarcza jest to działalność wytwórcza, budowlana, handlowa, usługowa oraz poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie kopalin ze złóż, a także działalność zawodowa, wykonywana w sposób zorganizowany i ciągły, której głównym celem jest przynoszenie dochodu.

Proces produkcji w jednostce gospodarczej polega na przetwarzaniu zasobów (nakładów pracy i środków finansowych) w celu otrzymania określonych efektów (dóbr, usług), których sprzedaż jest dla przedsiębiorstwa źródłem przychodów, niezbędnych do kontynuowania działalności i rozwoju. Tak więc działalność gospodarcza powoduje z jednej strony powstawanie kosztów, z drugiej zaś strony kreowanie przychodów i dodatkich efektów finansowych. Zadanie jednostki polega więc na takim doborze nakładów, aby osiągnąć jak największą nadwyżkę przychodów nad kosztami. Ten główny cel, odpowiednio sprecyzowany i kwantyfikowany, wyznacza tzw. funkcję celu przedsiębiorstwa.

Każda jednostka stosuje pewien zespół środków służących do realizacji celu jej działalności. Sposób wykorzystania środków pozostających do dyspozycji powinien być racjonalny, ponieważ działając na konkurencyjnym rynku, jednostka musi prowadzić działalność zapewniającą dodatni wynik finansowy, gdyż osiągnięcie dochodu (zysku) z działalności gospodarczej jest podstawowym warunkiem jej egzystencji i rozwoju. Wynik finansowy określa możliwości finansowania podejmowanych przedsięwzięć produkcyjnych, określa wielkość zatrudnienia, pełni rolę motywacyjną i umożliwia realizację celów pozaekonomicznych. Jednostka gospodarcza, działając racjonalnie, dąży do maksymalizacji zysku, tj. do realizacji celu w największym możliwym w danych warunkach wymiarze ilościowym.

Działanie racjonalne jednostki oznacza zatem, że zmierza ona do realizacji określonego celu, kierując się w swoich działaniach i podejmowanych decyzjach powszechnie obowiązującą w ekonomii zasadą racjonalnego gospodarowania (zasadą gospodarności). Według tej zasady możliwe są dwa sposoby postępowania. Postępując według pierwszego sposobu, przyjmuje się jako sytuację wyjściową wszystkie posiadane i będące do dyspozycji zasoby, które wykorzystuje się do osiągnięcia maksymalnego efektu. Oznacza to postępowanie zmierzające do maksymalizacji efektów przy danych nakładach środków, czyli postępowanie zgodne z zasadą największej wydajności (największego efektu). Według drugiego sposobu postępowania racjonalne gospodarowanie polega na realizacji określonego celu i dążeniu do jego osiągnięcia za pomocą najmniejszej, koniecznej ilości środków. Jest to postępowanie zgodne z zasadą najmniejszego kosztu.

Działalność modernizacyjna jednostki gospodarczej jest zatem racjonalna, jeśli zarządzający podejmują działania polegające na poszukiwaniu i wyborze najkorzystniejszej relacji między ponoszonymi nakładami a uzyskiwanymi efektami. Wspomniane wyżej oba sposoby postępowania przy realizacji zasady racjonalnego gospodarowania są równoważne, czyli prowadzą do osiągnięcia tego samego efektu końcowego.

W przypadku jednostek realizujących cele społeczne, czyli niekreujących dochodu, ich funkcjonowanie wymaga ponoszenia kosztów niezbędnych do zapewnienia realizacji przypisanych im funkcji. W tym przypadku wprowadzane przedsięwzięcia usprawniające użytkowanie energii powinny prowadzić do utrzymania realizacji podjętych funkcji przy zapewnieniu jak najmniejszych kosztów funkcjonowania rozpatrywanych jednostek.

6. Efektywność energetyczna

Zgodnie z oceną Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) w zakresie zmian klimatycznych w okresie do 2015 r. poprawa efektywności energetycznej w działalności społecznej i gospodarczej oraz zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych stanowią podstawę do zapewnienia w przyszłości dostaw energii na odpowiednim poziomie, zmniejszenia obciążenia środowiska i zapobieżenia zmianom klimatycznym. Zagrożenie, jakim są zmiany klimatyczne i uszczuplanie zasobów energii, spowodowało, że organizacje międzynarodowe podjęły działania ukierunkowane na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w celu zapobieżenia zmianie klimatu oraz na zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

Na istnienie możliwości poprawy efektywności energetycznej gospodarki światowej wskazuje między innymi duże zróżnicowanie energochłonności PKB w państwach mających znaczący wpływ na emisję gazów cieplarnianych: według danych z 2010 r. w Japonii energochłonność PKB była najniższa, ok. 0,25 toe/1000 USD, w Chinach najwyższa, nawet ponad 1,2 toe/1000 USD, średnio w skali świata ok. 0,45 toe/1000 USD. W Polsce energochłonność PKB wynosi obecnie ok. 0,35 toe/1000 USD, co wskazuje na istnienie znacznych możliwości poprawy efektywności wykorzystania energii. Zmniejszenie energochłonności PKB zarówno w Polsce, jak i na świecie wymaga realizacji wielu przedsięwzięć gospodarczych we wszystkich sferach aktywności człowieka, w których jest wykorzystywana energia.

W Polsce poprawa efektywności energetycznej stanowi istotny element

polityki gospodarczej. Już w 2007 r. Ministerstwo Gospodarki przyjęło plan działania w zakresie efektywności energetycznej (EEAP2007), w którym określono cele w zakresie zmniejszenia zużycia energii oraz ustalono jako główne obszary działania sektory aktywności społecznej i gospodarczej: mieszkalnictwo, usługi, przemysł i transport.

W sektorze przemysłu działania dotyczą zarówno sfery produkcji wyrobów i usług, w których odbywa się wykorzystanie nośników energii końcowej, jak i działania przedsiębiorstw energetycznych. Zgodnie z założeniami polityki energetycznej Polski do 2030 r. i późniejszymi do 2050 r. problem efektywności energetycznej jest traktowany jako priorytetowy, również postęp w tym obszarze został włączony do realizacji wszystkich celów społecznych i gospodarczych. Dlatego podejmowane działania ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej stały się jednym z podstawowych elementów aktywności administracji publicznej na szczeblu państwa oraz na szczeblu jednostek administracji terenowej.

W celu ukierunkowania działalności społecznej i gospodarczej w Polsce wydano ustawę o efektywności energetycznej w 2011 r. [U10], którą znowelizowano ustawą z 2016 r. [U11]. W ustawie zdefiniowano kilka określeń niezbędnych w celu jednoznacznego rozumienia treści ustawy.

Podstawową wielkością zdefiniowaną w ustawie [U11] jest efektywność energetyczna określana jako stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, albo w wyniku wykonanej usługi niezbędnej do uzyskania tego efektu. Wspomniany efekt użytkowy to efekt uzyskany w wyniku dostarczenia energii do danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w szczególności wykonanie pracy mechanicznej, zapewnienie komfortu cieplnego lub oświetlenia.

W ustawie [U11] o efektywności energetycznej określono obszar zalecany

podmiotom zobowiązanym i odbiorcom, w którym można poszukiwać przedsięwzięć w celu poprawy efektywności energetycznej i realizacji obowiązku wynikającego z ustawy. Ponadto odpowiedni minister odpowiedzialny za sprawy gospodarcze ma obowiązek okresowego przedstawiania szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej w postaci obwieszczenia w Monitorze Polskim. Taki wykaz został przedstawiony na przykład w obwieszczeniu w Monitorze Polskim z dnia 11 stycznia 2013 r. poz. 15 i może służyć pomocą przy formułowaniu przedsięwzięć w każdej jednostce wykorzystującej nośniki energii w swojej działalności.

W celu określenia efektywności energetycznej w rozporządzeniu [R7] wprowadzono konieczność wykonania audytu efektywności energetycznej, czyli opracowania określającego stan techniczny obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji oraz zawierającego analizę zużycia energii i wykaz przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej tych obiektów, urządzeń lub instalacji, a także ocenę ich opłacalności ekonomicznej i możliwej do uzyskania oszczędności energii. Przedsięwzięciem służącym poprawie efektywności energetycznej nazwano działanie polegające na wprowadzeniu zmian lub usprawnień w obiekcie, w urządzeniu technicznym lub w instalacji, w wyniku których uzyskuje się oszczędność energii.

Wspomniany audyt efektywności energetycznej opiera się na metodologii podanej w aktualnych rozporządzeniach, jednak ich podstawę stanowi formułowanie przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii, prowadzące do zmniejszenia zużycia energii w proponowanym przedsięwzięciu i w tym zakresie obszerne wspomaganie stanowi przedstawiona praca. ■

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

Fragment pochodzi z książki:
Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej, Jan Górzniński
Wydawnictwo Naukowe PWN
Warszawa 2017

Stabilność nieliniowych układów dynamicznych

Jacek Kabziński, Przemysław Mosiołek

Teoria stabilności nieliniowych układów dynamicznych wchodzi w zakres podstawowego kursu teorii sterowania dla studentów automatyki i robotyki oraz mechatroniki. Zazwyczaj omawia się podstawowe definicje stabilności i twierdzenia najważniejsze dla bezpośredniej metody Lapunowa, służące do badania stabilności punktów równowagi układów stacjonarnych i autonomicznych. Tymczasem w ostatnich dziesięcioleciach teoria stabilności układów nieliniowych była ciągle rozwijana i sukcesywnie pojawiały się twierdzenia rozszerzające jej zastosowania. Rozdziały w tej części książki mają charakter encyklopedycznego przeglądu aktualnego stanu wiedzy w tym zakresie. Podano najpierw definicje precyzujące różne pojęcia stabilności (rozdział pierwszy), a następnie twierdzenia, które można zastosować przy badaniu stabilności układów stacjonarnych (rozdział drugi) i niestacjonarnych (rozdział trzeci). Przedstawione pojęcia zilustrowano kilkoma przykładami. Dowody twierdzeń podano jedynie wtedy, gdy ułatwiają one zrozumienie istoty zjawisk. Sporo miejsca poświęcono ograniczoności i ostatecznej ograniczoności trajektorii, które są bardzo „praktycznym” rodzajem stabilności układów nieliniowych.

Nieliniowe układy dynamiczne, punkty równowagi i stabilność

Pojęcie stabilności ma kluczowe znaczenie w teorii sterowania i w praktyce projektowania układów regulacji. W języku potocznym „stabilny” jest bez wątpienia przymiotnikiem pozytywnym. „Stabilne konstrukcje” uważamy za bezpieczne, lepiej czujemy się w towarzystwie osób „stabilnych emocjonalnie”, cenimy „stabilne uczucia”. Wolimy też, by systemy ekonomiczne, biologiczne i społeczne, w których żyjemy, były stabilne, czyli zgodnie z definicją *Słownika języka polskiego* „łatwo powracające do równowagi po wcześniejszym jej zakłóceniu”.

O ile można się zgodzić, że układy dynamiczne, które są tworem natury, zwykle charakteryzują się stabilnością i tylko wyjątkowo przejawiają zachowania niestabilne, równoznaczne katastrofie, o tyle w przypadku układów skonstruowanych przez człowieka utrata stabilności jest całkiem możliwa. Wiadomo, że nawet liniowe sprzężenie zwrotne wokół liniowego i stabilnego obiektu może prowadzić do utraty stabilności układu zamkniętego i trzeba specjalnie zadbać o to, by taka sytuacja nie wystąpiła. Stabilność jest podstawowym wymaganiem stawianym układom sterowania i warunkiem bezpieczeństwa ich pracy.

W odniesieniu do układów dynamicznych stabilność można definiować i opisywać na wiele sposobów. Możliwe jest definiowanie stabilności na podstawie relacji wejście – wyjście układu, to jest jako cechy polegającej na tym, że wyjście układu zachowuje się „poprawnie” w określonym sensie, jeśli tylko wejście zachowuje się „poprawnie”. W ujęciu przyjętym w tej książce

stabilność jest definiowana na podstawie analizy asymptotycznego (czyli dla czasu dążącego do nieskończoności) zachowania trajektorii wektora stanu układu, w relacji do trajektorii obowiązujących w stanie ustalonym – to jest punktów równowagi lub cykli granicznych. W tym rozdziale są zebrane definicje stabilności rozumianej w różny sposób.

Przedmiotem rozważań są nieliniowe układy dynamiczne, które mogą być opisane skończonym układem równań różniczkowych zwyczajnych, nazywanym równaniem stanu

$$\dot{x} = f(t, x, u) \quad (1)$$

w którym t oznacza czas,

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

jest n -wymiarowym wektorem zmiennych stanu, \dot{x} pochodną zmiennych stanu x względem czasu, a

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_p \end{bmatrix} \quad (3)$$

p -wymiarowym wektorem sygnałów wejściowych (sterowań) oraz

$$f(t, x, u) = \begin{bmatrix} f_1(t, x, u) \\ f_2(t, x, u) \\ \vdots \\ f_n(t, x, u) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Jeżeli nie wszystkie zmienne stanu są dostępne, to przyjmujemy, że wyjście układu jest opisane równaniem algebraicznym

$$y = h(t, x, u) \quad (5)$$

w którym

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} \quad (6)$$

jest m -wymiarowym wektorem wyjść oraz

$$h(t, x, u) = \begin{bmatrix} h_1(t, x, u) \\ h_2(t, x, u) \\ \vdots \\ h_m(t, x, u) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Rozważane są układy dynamiczne, w których funkcja $f(t, x, u)$ spełnia założenia odpowiedniego twierdzenia o istnieniu i jednoznaczności rozwiązania równania różniczkowego (twierdzenie D2.2 z dodatku D2), to znaczy, że przy określonym warunku początkowym $x(t_0) = x_0$ istnieje dokładnie jedno rozwiązanie $x(t)$ równania (1) określone dla $t \geq t_0$, nazywane trajektorią układu. By podkreślić zależność rozwiązania równania stanu od warunków początkowych, będzie stosowane oznaczenie $x(t; t_0, x_0)$ dla trajektorii spełniającej warunek $x(t_0) = x_0$.

Jeżeli w opisie modelowanego układu nie wyróżniono w jawny sposób sygnałów wejściowych, to jest

$$\dot{x} = f(t, x) \quad (8)$$

to taki układ jest nazywany swobodnym. Postać modelu (8) nie musi oznaczać, że układ jest pozbawiony sterowania. Model (8) jest odpowiedni w sytuacji, gdy określone sterowanie $u = u(t)$ zostało uwzględnione w zależności funkcji f od czasu, lub kiedy sterowanie w postaci sprzężenia od zmiennych stanu $u = u(x)$ zostało uwzględnione w zależności funkcji f od zmiennych stanu x , lub w bardziej ogólnym przypadku łączącym dwa poprzednie, to jest gdy określono sterowanie $u = u(t, x)$. Jeśli w równaniu (8) nie występuje jawna zależność funkcji f od czasu, to jest

$$\dot{x} = f(x) \quad (9)$$

to układ jest nazywany stacjonarnym. Parametry układu stacjonarnego pozostają stałe w funkcji czasu, a jego zachowanie nie zależy od chwili początkowej t_0 .

Definicja 1. Punktem równowagi układu (8) nazywamy każdy stan x_e , dla którego $f(t, x_e) = 0$ dla każdego $t > t_0$.

Stała trajektoria $x(t) = x_e$ jest więc rozwiązaniem równania (8) z warunkiem początkowym $x(t_0) = x_e$. Gdy układ jest stacjonarny (obowiązuje model (9)), wówczas punkty równowagi są rzeczywistymi pierwiastkami równania algebraicznego $f(x) = 0$. Punkt $x = 0$ nie musi być punktem równowagi układu (9). Jeżeli jednak $x_e \neq 0$ jest punktem równowagi układu (9), to zamiana zmiennych określona równaniem $z = x - x_e$ prowadzi do układu

$$\dot{z} = f(z + x_e) = g(z) \quad (10)$$

w którym $z = 0$ jest punktem równowagi. Tak więc założenie, że punkt równowagi znajduje się w początku układu współrzędnych, nie zmniejsza ogólności rozważań, o ile badamy właściwości jednego, konkretnego punktu równowagi.

Definicja 2. Punkt równowagi x_e jest nazywany izolowanym punktem równowagi, jeśli istnieje jego otoczenie niezawierające innych punktów równowagi.

O ile w stacjonarnym układzie liniowym istnieje pojedynczy izolowany punkt równowagi (albo kontinuum niezolowanych punktów równowagi), o tyle w układzie nieliniowym może występować wiele izolowanych punktów równowagi.

Oprócz punktów równowagi układu nieliniowego można wyróżnić okresowe trajektorie opisujące jego zachowanie w stanie ustalonym, czyli dla $t \rightarrow \infty$.

Definicja 3. Jeżeli istnieje zmienne w czasie rozwiązanie równania (8) spełniające warunek

$$x(t + T) = x(t) \quad (11)$$

dla pewnego $T > 0$ i każdego $t > t_0$, to nazywamy je cyklem granicznym.

Trajektoria w przestrzeni stanów odpowiadająca cyklowi granicznemu ma postać zamkniętej krzywej.

Dla układów liniowych „stabilność” jest rozumiana jako właściwość całego układu polegająca na zanikaniu składowej przejściowej odpowiedzi układu. W przypadku układów nieliniowych właściwość nazywana stabilnością dotyczy poszczególnych trajektorii układu, a w szczególności służy do opisu zachowania trajektorii układu nieliniowego w otoczeniu punktów równowagi. Zachowanie to może być różne w poszczególnych punktach równowagi tego samego układu. Inaczej niż w przypadku układów liniowych, dla których wszystkie definicje stabilności są równoważne, dla układów nieliniowych można sformułować wiele istotnie różniących się definicji stabilności.

Definicja 4. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy stabilnym w sensie Lapunowa, jeśli dla dowolnych $t_0 > 0$, $\varepsilon > 0$ istnieje liczba $\delta_\varepsilon > 0$ (zależna być może od t_0 , ε) taka, że

$$\|x_e - x_0\| < \delta_\varepsilon \Rightarrow \|x_e - x(t; t_0, x_0)\| < \varepsilon \quad (12)$$

Definicja 5. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy niestabilnym, jeśli nie jest stabilny w sensie definicji 4.

Definicja 6. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy jednostajnie stabilnym, jeżeli $\delta_\varepsilon > 0$ w definicji 4 nie zależy od t_0 .

Definicja 7. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy stabilnym asymptotycznie, jeśli jest stabilny w sensie definicji 4, a ponadto istnieje $\delta > 0$ (zależna być może od t_0) taka, że

$$\|x_e - x_0\| < \delta \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} \|x_e - x(t; t_0, x_0)\| = 0 \quad (13)$$

Definicja 8. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy jednostajnie stabilnym asymptotycznie, jeżeli jest jednostajnie stabilny, a ponadto istnieje $\delta > 0$, niezależna od t_0 i taka, że dla wszystkich $\|x_e - x_0\| < \delta$ trajektoria $x(t; t_0, x_0)$ zbiega do x_e jednostajnie względem t_0 , to znaczy dla dowolnego $t_0 > 0$, $\varepsilon > 0$ istnieje $\tau(\varepsilon) > 0$ takie, że

$$\|x_e - x_0\| < \delta \Rightarrow \forall_{t > t_0 + \tau(\varepsilon)} \|x_e - x(t; t_0, x_0)\| < \varepsilon \quad (14)$$

Punkt równowagi jest globalnie jednostajnie asymptotycznie stabilny, jeśli warunki tej definicji są spełnione dla dowolnych par liczb (ϵ, δ) .

Definicja 9. Punkt równowagi x_e układu (8) nazywamy wykładniczo stabilnym, jeżeli istnieje liczba $\alpha > 0$ taka, że dla dowolnego $\epsilon > 0$ istnieje $\delta > 0$ (zależna być może od ϵ) taka, że dla dowolnego $t \geq t_0$

$$\forall_{t \geq t_0} \|x(t; t_0, x_0)\| < \beta \quad (15)$$

Z definicji 9 i 7 wynika bezpośrednio, że wykładniczo stabilny punkt równowagi jest asymptotycznie stabilny.

Przykład 1

Weźmy pod uwagę układ nieliniowy

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 (10x_1^2 + x_2^2 + 0,3) \\ \dot{x}_2 &= -6x_1 (10x_1^2 + x_2^2 + 0,3) - bx_2 \end{aligned} \quad (16)$$

Na rysunku 1 pokazano trajektorie układu dla $b = 0$.

W takim przypadku trajektorie układu tworzą krzywe zamknięte – elipsy, których półosie zależą od warunków początkowych. Dla dowolnie małego okręgu o promieniu ϵ można wybrać okrąg o promieniu δ taki, że trajektorie układu (elipsy) zaczynające się w tym okręgu nie wyjdą poza okrąg o promieniu ϵ . Na rysunku 1 linią kreskową zaznaczono przykładowy okrąg o promieniu ϵ , a linią kropka-kreska odpowiadający mu okrąg o promieniu δ . Zgodnie z definicją 7 punkt równowagi $x_1 = 0, x_2 = 0$ jest stabilny w sensie Lapunowa.

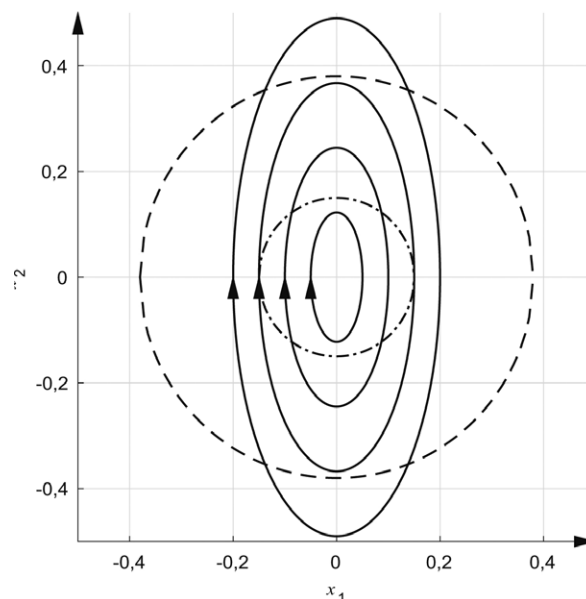
Gdy $b > 0$, wówczas otrzymujemy trajektorie jak na rysunku 2. Dla dowolnego okręgu o promieniu ϵ (linia kreskowa) można wskazać okrąg o promieniu δ (linia kropka-kreska) taki, że każda zaczynająca się w nim trajektoria nie opuści okręgu o promieniu ϵ , a ponadto dąży do punktu równowagi $x_1 = 0, x_2 = 0$, gdy t dąży do nieskończoności. Punkt równowagi $x_1 = 0, x_2 = 0$ jest więc asymptotycznie stabilny.

Definicja 10. Zbiór wszystkich takich punktów x_0 w przestrzeni stanów, dla których $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_e - x(t; t_0, x_0)\| = 0$ dla pewnego $t_0 \geq 0$ nazywamy zbiorem przyciągania punktu równowagi x_e .

Definicja 11. Jeżeli punkt równowagi x_e układu (8) jest asymptotycznie stabilny i jego zbiór przyciągania jest całą przestrzenią stanów, to punkt równowagi nazywamy globalnie asymptotycznie stabilnym.

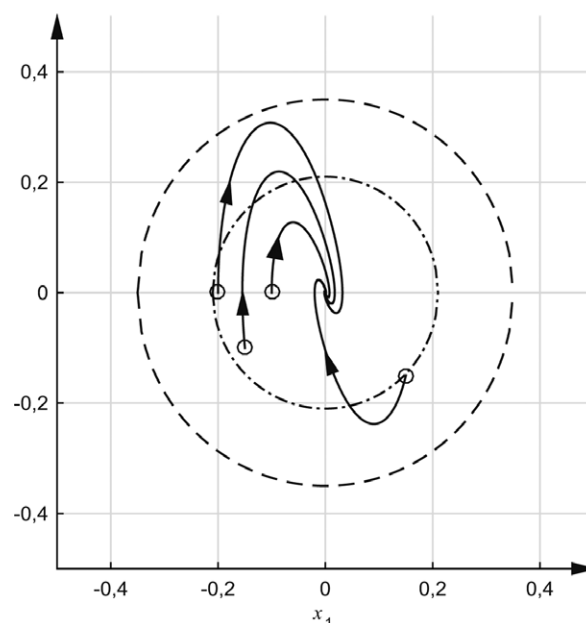
W przypadku układów stacjonarnych, opisanych równaniem (9), znika zależność trajektorii od chwili początkowej t_0 , więc stabilny punkt równowagi układu stacjonarnego jest jednostajnie stabilny, a asymptotycznie stabilny jest jednostajnie asymptotycznie stabilny.

Stabilność w sensie Lapunowa, zgodnie z definicją 4, jest dość słabym wymaganiem wobec zachowania układu dynamicznego – nie pociąga nawet zbieżności trajektorii do punktu równowagi, a tylko ogranicza obszar wokół punktu równowagi, w którym trajektoria pozostaje. Zgodnie z tą definicją małe



Rys. 1. Graficzna ilustracja definicji 7: linia ciągła – trajektorie układu; kropka-kreska – okrąg o promieniu δ ; kreskowa – okrąg o promieniu ϵ

zaburzenie warunku początkowego daje małą zmianę rozwiązania. Stabilność asymptotyczna oznacza, że wokół punktu równowagi istnieje obszar przyciągania – trajektoria startująca w tym obszarze dąży do punktu równowagi. Stabilność asymptotyczna nie mówi nic o tym, jak szybko układ zbiega do punktu równowagi, ani nie oznacza, że zbieżność jest „monotoniczna” – układ może początkowo oddalić się od punktu równowagi, by ostatecznie do niego powrócić. Takie trajektorie pokazano na rys. 2. Informacja o szybkości zbieżności wynika natomiast z definicji stabilności wykładniczej – decyduje o niej parametr α we wzorze (15).



Rys. 2. Graficzna ilustracja definicji 8: linia ciągła – trajektorie układu; kropka-kreska – okrąg o promieniu δ ; kreskowa – okrąg o promieniu ϵ ; o – wartości początkowe

Dla stacjonarnych układów liniowych koniecznym i dostatecznym warunkiem stabilności asymptotycznej jest położenie wszystkich wartości własnych macierzy stanu w lewej półpłaszczyźnie zmiennej zespolonej.

O tym, że wymaganie stabilności umieszczone w definicji stabilności asymptotycznej jest konieczne, przekonuje podany w [Hahn, 1967] przykład układu, w którym punkt równowagi ma obszar przyciągania, ale jest stabilny.

Przykład 2

Rozważmy system nieliniowy drugiego rzędu opisany równaniami

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \frac{x_1^2(x_2 - x_1) + x_2^5}{(x_1^2 + x_2^2)(1 + (x_1^2 + x_2^2)^2)} \\ \dot{x}_2 &= \frac{x_2^2(x_2 - 2x_1)}{(x_1^2 + x_2^2)(1 + (x_1^2 + x_2^2)^2)} \end{aligned} \quad (17)$$

System (17) ma jeden punkt równowagi $(x_{e1}, x_{e2}) = (0, 0)$. Na rysunku 3 pokazano kilka wybranych trajektorii stanu rozważanego układu.

Jak pokazano w [Hahn, 1967], obszarem przyciągania jest cała płaszczyzna R^2 . Mimo to nie są spełnione warunki definicji 4 i punkt równowagi nie jest stabilny w sensie Lapunowa. Zostanie pokazana taka liczba $\epsilon > 0$, dla której nie istnieje δ dająca prawdziwość implikacji (12) – trajektoria rozpoczynająca się dowolnie blisko punktu równowagi opuszcza jego otoczenie o promieniu ϵ .

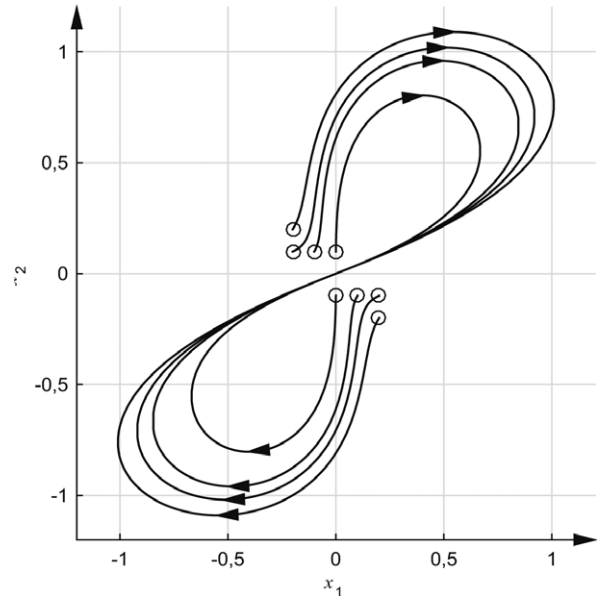
Weźmy pod uwagę domknięty trójkąt T ograniczony przez dodatnią półoś x_2 , prostą $x_2 = 3x_1$ oraz prostą $x_2 = a < \frac{1}{\sqrt{27}}$ (rys. 4). Wewnątrz tego trójkąta i na jego krawędziach $\dot{x}_2 > 0$ i $\dot{x}_1 > 0$, a na odcinku OP jest spełniona zależność

$$\frac{dx_2}{dx_1} = \frac{x_2^2(x_2 - 2x_1)}{x_1^2(x_2 - x_1) + x_2^5} = \frac{9}{2 + 27x_2^2} > 3 \quad (18)$$

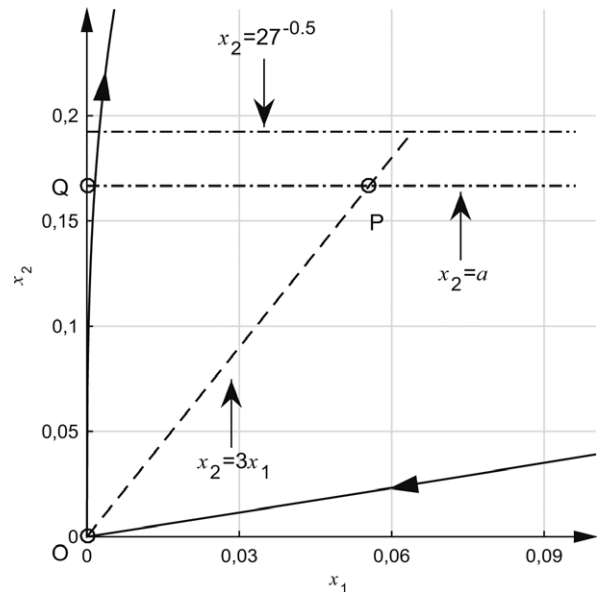
Wynika stąd, że jeżeli trajektoria układu znajdzie się w trójkącie T , to dalej trajektoria musi przebiegać tak, że obie zmienne stanu rosną, a gdyby trajektoria dotarła do odcinka OP , to z uwagi na (18) zostałaby skierowana do wnętrza trójkąta T . Tak więc każda trajektoria z warunkiem początkowym wewnątrz trójkąta OPQ musi przeciąć odcinek QP .

Niech $\epsilon = a$. Rozważmy trajektorię z warunkiem początkowym $x_1 = 0, x_2 = \delta < a$. Musi ona przeciąć odcinek QP , musi więc opuścić otoczenie punktu równowagi o promieniu $\epsilon = a$ niezależnie od tego, jak mała jest odległość δ warunku początkowego od punktu $(0,0)$, czyli układ jest niestabilny. Na rysunku 4 pokazano początkowy i końcowy fragment trajektorii dla warunku początkowego $(0; 10^{-10})$.

Stabilność w sensie Lapunowa i stabilność asymptotyczna zakładają istnienie punktu równowagi. W wielu układach obecność zmieniających się zakłóceń, szumów pomiarowych itp. wyklucza istnienie stałego punktu równowagi. W takim przypadku przydatne są definicje pozwalające na ocenę globalnego zachowania trajektorii układu.



Rys. 3. Trajektorie układu (17): o - warunki początkowe



Rys. 4. Trójkąt OPQ i trajektorie układu (17) (linia ciągła)

Definicja 12. Trajektoria $x(t; t_0, x_0)$ układu (8) jest ograniczona, jeżeli istnieje stała $\beta > 0$ taka, że

$$\forall t \geq t_0 \quad \|x(t; t_0, x_0)\| < \beta \quad (19)$$

Stała β w definicji 12 jest związana z wybraną trajektorią. Właściwość określoną w definicji 12 można wzmocnić żądając, żeby ta sama stała była odpowiednia dla wielu trajektorii.

Definicja 13. Trajektorie $x(t; t_0, x_0)$ układu (8) są jednostajnie ograniczone, jeżeli dla dowolnego, ograniczonego $\alpha > 0$ i $t_0 \geq 0$ istnieje stała $\beta > 0$ (zależna od α , ale niezależna od t_0) taka, że

$$\|x_0\| < \alpha \Rightarrow \forall_{t \geq t_0} \|x(t; t_0, x_0)\| < \beta \quad (20)$$

Definicja 14. Trajektorie $x(t; t_0, x_0)$ układu (8) są ostatecznie jednostajnie ograniczone z ograniczeniem $B > 0$, jeżeli dla dowolnego, ograniczonego $\alpha > 0$ i $t_0 \geq 0$ istnieje $\tau > 0$ (zależne od α i B) takie, że

$$\|x_0\| < \alpha \Rightarrow \forall_{t \geq t_0 + \tau(\alpha, B)} \|x(t; t_0, x_0)\| < B \quad (21)$$

Jeśli stała α może być dowolnie duża, to trajektorie układu są globalnie ostatecznie jednostajnie ograniczone.

Przykład 3

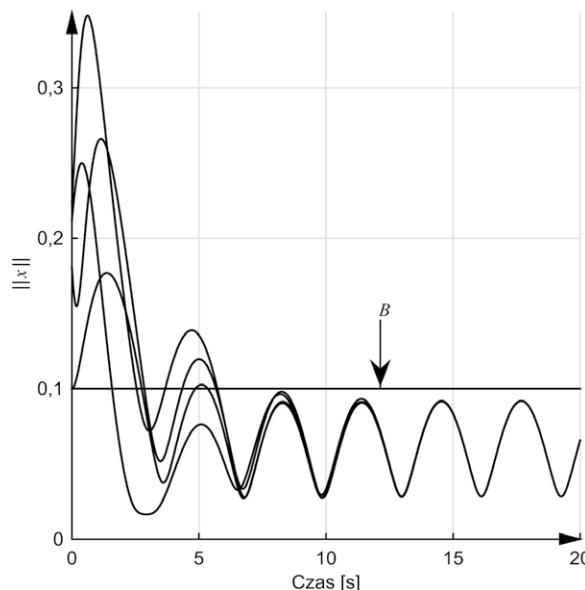
Weźmy pod uwagę układ nieliniowy (16) dla $b > 0$, poddany zewnętrznemu sygnałowi zakłócającemu $d(t) = 0,1 \sin(t)$:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 (10x_1^2 + x_2^2 + 0,3), \\ \dot{x}_2 &= -6x_1 (10x_1^2 + x_2^2 + 0,3) - bx_2 + 0,1 \sin(t) \end{aligned} \quad (22)$$

Na rysunku 5 przedstawiono przebiegi normy wektora stanu układu (22).

Układ (22) jest stabilny w sensie definicji 14. Na rysunku 5 widać, że czas, po którym norma wektora stanu układu (22) ostatecznie spełnia ograniczenie B , zależy od warunków początkowych.

Definicja 14 określa więc bardzo użyteczną cechę, polegającą na tym, że wszystkie trajektorie układu trafią po pewnym skończonym czasie do tego samego otoczenia punktu zerowego. Od warunku początkowego zależy ten czas, ale nie promień B tego otoczenia. Jeżeli dodatkowo możemy zmniejszać B , na przykład poprzez parametry projektowe układu sterowania, to



Rys. 5. Przebieg normy wektora stanu

ostateczna jednostajna ograniczoność jest w pełni wystarczająca do praktycznej stabilizacji rzeczywistych układów regulacji. ■

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

Fragment pochodzi z książki:
Projektowanie nieliniowych układów sterowania
 Jacek Kabziński, Przemysław Mosiołek
 Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018

reklama

Wybierz swoją prenumeratę na www.nis.com.pl



Prenumerata drukowana



Prenumerata elektroniczna



Pakiet

Współczesny elektryczny napęd trakcyjny. Powody upowszechniania się pojazdów z napędem elektrycznym

Andrzej Dębowski

Od bardzo dawna pojazdy kołowe używane w różnych krajach na świecie do przewożenia ludzi i towarów na dłuższe i krótsze odległości, a także jako wozy bojowe (np. rzymskie rydwany czy średniowieczne maszyny oblężnicze) wprawiały w ruch zwierzęta (najczęściej – konie). Jedyną znaną cywilizacją, która nie używała takich pojazdów, byli peruwiańscy Inkowie, w których państwie aż do podboju przez Hiszpanów jedynym wykorzystywanym zwierzęciem jucznym była lama. Pomimo że ich królestwo pokryte było niezwykle gęstą siecią dróg, Inkowie pojazdów kołowych nie używali nie tylko dlatego, że ich kraj był górzyski, ale przede wszystkim z tego prozaicznego powodu, że nie odkryli tak ważnej maszyny prostej, jaką jest koło (sic!).

Na przestrzeni wielu wieków konstrukcje pojazdów ciągniętych przez zwierzęta bardzo się rozwinęły i uległy znacznemu zróżnicowaniu w zależności od ich przeznaczenia. Pod koniec XVIII wieku, poprzedzającego wiek „pary i elektryczności”, zaprzęgi konne, składające się najczęściej z pojedynczego konia, ale często także pary koni (lub czasem nawet z kilku par), używane były do poruszania pojazdów kołowych, takich jak [C1]:

- bryczki, powozy lub karoce – pojazdy używane prywatnie, wykorzystywane do przewożenia właścicieli na krótsze bądź dłuższe odległości;
- dorożki i tramwaje konne – wykorzystywane do przewożenia pasażerów w miastach;
- dyliżanse – obsługujące regularne połączenia pocztowe pomiędzy wybranymi miejscowościami, przewożące pasażerów i ich bagaże nawet na bardzo dalekie dystanse;
- wozy robocze: skrzyniowe, drabiniaste, platformowe – używane w rolnictwie,

w przemyśle i w wojsku do masowego przewozu towarów;

- zaprzęgi wielokonne – używane w charakterze specjalistycznych ciężkich ciągników w rolnictwie, przy robotach budowlanych, w przemyśle i w wojsku (np. przy transporcie dział).

Warto było tu te funkcje krótko przypomnieć po to, by uświadomić sobie, jak szeroki zakres wymagań był (i jest nadal) stawiany nowym rodzajom napędu takich pojazdów. W pierwszym rządzie wszystkie te funkcje dawnych pojazdów konnych z biegiem lat z powodzeniem przejęły powszechnie użytkowane do dzisiaj pojazdy z napędem mechanicznym, w których koła są napędzane bezpośrednio lub pośrednio – poprzez odpowiednio skonstruowane przekładnie kinematyczne – silnikami o różnych zasadach działania. Początkowo silniki te zasilane były parą wodną otrzymaną pod dużym ciśnieniem z kotła opalanego węglem lub drewnem. Potem wymyślono silniki wprawiane w ruch obrotowy za pomocą prądu elektrycznego oraz silniki spalinowe, podobne nieco w konstrukcji do tych parowych, ale w których komorach spalania, znajdujących się nad poruszającymi się tłokami, była spalana bezpośrednio zasysana tam mieszanka powietrza i paliwa płynnego, tzw. silniki o bezpośrednim spalaniu paliwa.

Historia komunikacji masowej tak naprawdę rozpoczęła się w pierwszej połowie XIX wieku – wieku „pary i elektryczności” – wraz z powstawaniem dużych miast i aglomeracji miejskich. W owym czasie lokalny transport publiczny opierał się przede wszystkim na koniach: główne pojazdy używane do tego celu to tradycyjne wozy konne – dorożki i pierwsze konne tramwaje. Napęd z użyciem pierwszych maszyn parowych raczej upowszechniał

się najbardziej na kolei. W związku z eksplozją ludności, szczególnie w miastach z niezliczoną liczbą osób dojeżdżających do pracy, transport konny wkrótce osiągnął granicę swoich możliwości. Konstrukcje lokomotyw parowych, które w tym czasie budowano głównie z myślą o podróżach dalekobieżnych (wynalazca współczesnego parowozu George Stephenson zbudował swoją „Rakietę” już w 1829 roku), okazały się również zbyt mało elastyczne, by można je było wykorzystać w miastach, a zanieczyszczenie spowodowane sadzą i hałasem byłoby ogromne. Potrzebny był więc nowy środek transportu, z napędem o wiele „czystszy” [C2].

Za pierwszy taki pojazd rozpoczynający nową erę w komunikacji masowej należy bezsprzecznie uznać małą lokomotywkę elektryczną Ernsta Wernera von Siemens & Halske z 1879 roku, zasilaną napięciem 150 V DC z tzw. trzeciej szyny, umieszczonej w torowisku, po którym się poruszała. Ciągnęła ona za sobą trzy małe wagoniki-ławki i woziła z dużym powodzeniem pasażerów wokół terenów wystawy powszechnej w Berlinie po zamkniętej trasie o długości ok. 300 metrów. Prowadzący lokomotywkę siedział na niej okrakiem, a pasażerowie w każdym wagoniku siedzieli w grupach po trzy osoby na dwóch ławkach zwróconych do siebie plecami – w sumie mogło ich być nawet 18. W następnym roku wynalazca zaproponował budowę w Berlinie podobnej trasy kolejowej, ale w trochę większej skali [C2].

Początkowo jednak był zmuszony porzucić swoje plany po zastrzeżeniach właścicieli nieruchomości i domów, którzy obawiali się, że może to wpłynąć na obniżenie ich wartości. Jednak jego pomysłowość nie dało się już

pohamować. Na własny koszt w 1881 roku zbudował w Berlinie elektryczną linię tramwajową o długości 2,5 km – pierwszą na świecie. W 1882 roku publicznie zademonstrował w Halensee na przedmieściach Berlina pierwszy na świecie trolejbus, za jaki należy uznać jego eksperymentalny pojazd kołowy o nazwie Elektromote. Była to przebudowana czterokołowa bryczka konna, wyposażona w dwa silniki elektryczne o mocy ok. 2 kW każdy, które za pomocą przekładni łańcuchowych połączone z tylnymi kołami. Energia elektryczna była dostarczana do pojazdu poprzez elastyczny kabel zwisający z zaczepu wyposażonego w obrotowe rolki i przesuwającego się po rozwieszanej nad jezdnią sieci trakcyjnej o napięciu 550 V DC, o długości ok. 500 metrów. Z jego inicjatywy zaczęto stosować elektryczne lokomotywy górnicze, a w Budapeszcie zbudowano pierwsze w Europie kontynentalnej metro – miejską kolej podziemną. W ten sposób dokonał się przełom w rozwoju transportu w miastach i jego dalszych postępów polegających na elektryfikacji napędów w pojazdach masowej komunikacji nie można było już powstrzymać [C2].

Przyjęto, że pojazdem elektrycznym (czyli pojazdem EV – z ang. *electric vehicle*) nazywa się każdy pojazd poruszający się na kołach po powierzchni ziemi, w których co najmniej jedno koło jezdne jest napędzane silnikiem elektrycznym [C11]. Pojazdy takie najczęściej poruszają się po specjalnie w tym celu zbudowanych szlakach – torach zbudowanych ze stalowych szyn lub drogach z utwardzoną nawierzchnią, ale zdarzają się także specjalne pojazdy potrafiące poruszać się po bezdrożach – co ma miejsce trochę rzadziej. Tradycyjny podział takich pojazdów ze względu na ich sposób zasilania w energię może być dokonany następująco [A4]:

1. Pojazdy pobierające energię elektryczną z zewnątrz pojazdu za pośrednictwem odbieraków prądowych ślizgających się po przewodach sieci trakcyjnej (wykonanej w postaci sieci górnej lub trzeciej szyny) zasilanej



Rys. 1. Kolejka Wernera von Siemens wioząca pasażerów na terenie wystawy w Berlinie w 1879 roku

Źródło: [C2]

przez urządzenia zasilające, rozmieszczone w pewnych odstępach wzdłuż toru jazdy. Do tej grupy do tej pory należały przede wszystkim pojazdy używane w transporcie miejskim lub kolejowym: szynowe (tramwaje oraz pociągi kolei naziemnej lub podziemnej – metra) lub kołowe (trolejbusy).

2. Pojazdy czerpiące energię elektryczną bezpośrednio z umieszczonej w nich baterii akumulatorów lub ogniwa paliwowego.
3. Pojazdy wyposażone w silnik cieplny, przekazujący energię czerpaną z mobilnego źródła na koła za pośrednictwem tzw. przekładni elektrycznej, składającej się z prądnicy napędzanej przez taki silnik cieplny, zasilającej jeden bądź kilka współpracujących ze sobą silników elektrycznych. Do tej grupy należą pojazdy wyposażone w tłokowe silniki spalinowe (benzynowe lub wysokoprężne) lub silniki turbinowe (parowe – gdy para wodna jest wytworzona w tradycyjnie opalanym kotle lub reaktorze jądrowym albo gazowe – gdy paliwem jest sprężony gaz).

O ile wcześniej w tradycyjnej trakcji elektrycznej powszechnie spotykało się wyłącznie pojazdy typu 1, głównie szynowe, bowiem na uruchomienie linii trolejbusowych decydowały się jedynie nieliczne miasta, o tyle obecnie masowe wprowadzenie do komunikacji miejskiej autobusów elektrycznych (czyli pojazdów typu 2 lub 3) staje się coraz bardziej realne. Warto tu zauważyć, że dotychczas użytkowane trolejbusy (choć są to przecież pojazdy elektryczne – a więc przyjazne dla środowiska) ze względu na ich podstawową wadę – ograniczoną

manewrowość wynikającą z potrzeby ciągłego kontaktu z siecią trakcyjną – nie będą raczej dalej rozwijane, a na razie stanowią one jedynie rozwiązanie przejściowe. Ułożona na stałe sieć trakcyjna w powiązaniu z ogumionymi kołami to dla kołowego pojazdu nie jest przecież rozwiązaniem najzręczniejsze z inżynierskiego punktu widzenia. Wprawdzie ogumione koła pozwalają trolejbusowi opuścić w razie

potrzeby wydzielony pas ruchu (np. fizycznie wyznaczony na istniejącym torowisku tramwajowym lub wydzielonym pasie jezdni ograniczonym krawężnikami), ale rozwieszona na słupach jego sieć trakcyjna nadal dosyć skutecznie ogranicza możliwy tor jazdy samego pojazdu.

Wydaje się, że najbliższa przyszłość masowej komunikacji miejskiej to pojazd szynowy stanowiący połączenie pociągu metra i tramwaju, jeżdżący po szynach na wydzielonym torowisku w podziemnych tunelach lub na powierzchni, oraz autobusy z napędem elektrycznym i mobilnym magazynem energii „na podkładzie”, wygodnie doładowywanym na krańcówkach i o dosyć ściśle przewidywalnym harmonogramie jazdy pomiędzy doładowaniami! W warunkach miejskich sprawdzą się też na pewno małe samochody osobowe z takim samym rodzajem napędu, użytkowane jako taksówki lub prywatne pojazdy pozwalające na w pełni swobodne, indywidualne poruszanie się po ograniczonym obszarze w ramach dużych aglomeracji.

Do komunikacji zbiorowej na większe odległości (poza sieciami kolejowymi) oraz w komunikacji prywatnej (indywidualnej) chyba jednak najchętniej będą użytkowane (bo na to wskazują obecne obserwacje rynku motoryzacyjnego) pojazdy kołowe typu 3, tj. z napędem hybrydowym, składającym się z tłokowego silnika spalinowego i zbiornika paliwa płynnego lub gazowego, którego wał jest zablokowany z wałem maszyny elektrycznej wspomagającej silnik spalinowy. Maszyna ta, stanowiąca dodatkowy napęd elektryczny, musi być

sterowana tak, by przy pracy silnikowej zapewnić silnikowi spalinowemu ustalone warunki pracy w możliwie szerokim zakresie możliwych prędkości pojazdu (co pozwala zmniejszyć zużycie paliwa i zdecydowanie poprawić czystość spalin). Przy zmniejszaniu prędkości lub hamowaniu pojazdu, w wyniku przejścia w stan pracy prądnicowej, maszyna wraz z przekształtnikiem, wchodząca w skład tego napędu elektrycznego, pozwala odzyskać część energii kinetycznej i magazynować ją w mobilnym magazynie energii elektrycznej, aby w ten sposób dodatkowo oszczędzić paliwo płynne.

Prawie wszystkie pojazdy użytkowane w skali masowej dotychczas na świecie (pojazdy kołowe, statki i samoloty) są napędzane silnikami spalinowymi o różnych konstrukcjach i zasadach działania i opierają się na spalaniu paliw płynnych, głównie pochodnych ropy naftowej, takich jak olej napędowy, benzyna, nafta lotnicza czy gaz – propan-butan. Napędy tego rodzaju osiągnęły bardzo wysoki stopień sprawności i niezawodności technicznej, a napędzane nimi pojazdy w pełni zaspokajają potrzeby ich użytkowników.

Dlatego więc obecnie coraz powszechniej widzi się potrzebę zmiany rodzaju napędu pojazdów ze spalinowego na elektryczny? Głównie taka potrzeba dotyczy pojazdów kołowych (w znacznie mniejszym zakresie statków, a o samolotach na razie się praktycznie nie wspomina – poza eksperymentalnymi lotami w rodzaju Solar Impulse).

Najważniejszymi dwoma powodami, dla którego są podejmowane intensywne działania na tym polu są [C11]:

- powód długoterminowy: obawa przed wyczerpaniem się zapasów ropy naftowej, stanowiącej podstawę produkcji paliw płynnych;
- powód krótkoterminowy: nabierająca coraz większego znaczenia obawa przed narastającymi zmianami klimatycznymi wywoływanymi nadmiernym wytwarzaniem przez ludzkość CO₂.

Dotychczasowe kołowe pojazdy elektryczne użytkowane w skali masowej to pojazdy szynowe zasilane z elektrycznej sieci trakcyjnej (tramwaje i pociągi elektryczne – te tradycyjne naziemne i te podziemne, czyli metro), które wydają

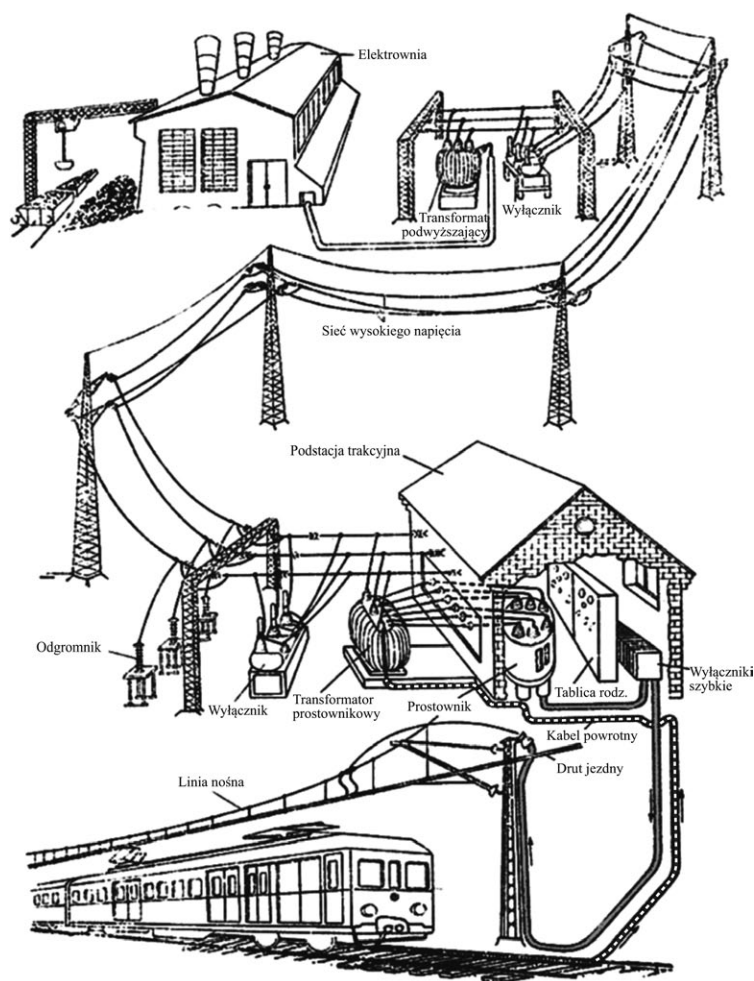
się być wręcz idealnym środkiem transportowym zarówno w obrębie miast czy ruchu w podmiejskim, jak i w dalekobieżnej komunikacji międzymiastowej. Z kolei dotychczasowe sposoby pozyskiwania energii elektrycznej na dużą skalę to elektrownie ciepłone opalane węglem kamiennym, węglem brunatnym, gazem ziemnym czy też ciężkimi frakcjami pozostałymi po destylacji ropy naftowej – mazutem.

Na rysunku 2 pokazano, jak wygląda całość dotychczasowego sposobu zaopatrywania klasycznych pojazdów szynowych w energię elektryczną, co umożliwi im jazdę po torach nawet na znaczne odległości. Towarzysząca tym torom sieć trakcyjna, czyli przewody, po których ślizgają się odbieraki prądu na poruszającym się pojeździe, może być podwieszana na słupach (tak jak pokazano to na tym rysunku), ale może też być ułożona na specjalnych izolatorach wzdłuż torowiska w postaci tzw. trzeciej szyny. Sieć ta, ze względu na swoją znaczną długość i występujące wtedy spadki napięć wywołane na rezystancji tych przewodów przez prąd, zwykle o znacznym natężeniu, pobierany przez przemieszczający się pojazd, musi być podzielona na pewne odizolowane od siebie fragmenty (sekcje). Poszczególne sekcje są zasilane oddzielnie, przez podstacje trakcyjne, rozlokowane w pewnych odstępach wzdłuż trasy przejazdu i podłączone do krajowego systemu elektroenergetycznego. Jeżeli dotychczas w napędach elektrycznych pojazdów szynowych stosowano powszechnie szeregowo silniki prądu stałego, to najwygodniej było mieć w sieci trakcyjnej zasilanie napięciem stałym. W takim przypadku trzeba było w podstacjach trakcyjnych poza transformatorami obniżającymi trójfazowe napięcie przemienne, pochodzące z systemu elektroenergetycznego, umieścić jeszcze potężne prostowniki tak, by całość pozwoliła utrzymać wartość napięcia zasilania danej sekcji sieci trakcyjnej na przyjętym poziomie. W Polsce te wartości wynoszą: dla tramwajów i trolejbusów – 600 V DC, a dla kolei – 3 kV DC. Krajowy system elektroenergetyczny tworzą trójprzewodowe sieci przesyłowe, rozwieszone na słupach i łączące ze sobą podstacje energetyczne

z transformatorami oddzielającymi od siebie linie przesyłowe o różnych wartościach napięć (by mieć jak najmniejsze straty energii elektrycznej przy jej przesyłaniu, przy dużych odległościach potrzebne są jak najwyższe napięcia). Sieci elektroenergetyczne wysokiego napięcia są zasilane w energię elektryczną przez elektrownie.

Jak więc wynika z omówionego wyżej schematu zasilania w energię elektryczną tradycyjnych pojazdów szynowych, „prądu elektrycznego”, zwłaszcza na skalę przemysłową (a o takiej skali należy mówić w przypadku masowego transportu ludzi i towarów), nie pobiera się – ot tak po prostu – z jakiegoś „gniazdka w ścianie”. Za tym „gniazdkiem” musi znajdować się potężny system elektroenergetyczny. A ten system w wielu krajach, a zwłaszcza w Polsce, oparty jest nadal na dużych elektrowniach ciepłych, w których na ogół spalany jest węgiel. W Polsce prawie 90% energii elektrycznej nadal jest produkowane w takich elektrowniach – w ok. 2/3 tych elektrowni jest spalany węgiel kamienny, a w ok. 1/3 – węgiel brunatny. Choć elektrownie zawodowe cechuje relatywnie wysoka sprawność produkcji energii elektrycznej (w naszych na ogół nieprzekraczająca jednak 45%), jednak przy tak dużym (i ciągle rosnącym) zapotrzebowaniu na energię elektryczną ilość zanieczyszczeń wyrzucanych przez te elektrownie do atmosfery zaczyna poważnie zagrażać naszemu środowisku. Czyli wynika stąd jasno, że nigdy nie wystarczy koncentrowanie uwagi na samych pojazdach, nawet jeśli one same są wyposażone w „ekologiczny napęd elektryczny”.

Mimo że tradycyjne elektryczne pojazdy szynowe, jak wynika z rysunku 2, same w sobie nie stanowiły (i nie stanowią bynajmniej nadal) rozwiązania problemów transportowych w dążeniu do „zerowej” łącznej emisji CO₂ i spalin, użytkowanie ich w terenach gęsto zaludnionych i zabudowanych (czyli w miastach, a szczególnie w wielkich aglomeracjach) jest bardzo korzystne. Polega to jednak nie na całkowitym braku zanieczyszczeń towarzyszących eksploatacji elektrycznych napędów tych pojazdów, jako elementu składowego w łańcuchu przetwarzania energii – od



Rys. 2. Poglądowy schemat zasilania w energię kolei elektrycznej korzystającej z sieci trakcyjnej prądu stałego Zródło: [A4]

energii zawartej w surowcach kopalnych do „czystej” energii elektrycznej, ale na wyprowadzenia źródła powstawania tych zanieczyszczeń z centrów ośrodków miejskich daleko na peryferia, bo duże elektrownie na ogół są budowane z dala od terenów gęsto zaludnionych. Dlatego współczesny transport szynowy nadal intensywnie się rozwija, wprowadza się ekspresowe połączenia nawet między oddalonymi od siebie aglomeracjami. Umożliwia to nowoczesny szybki tabor kolejowy jeżdżący po unowocześnionych torowiskach przewidzianych do rozwijania dużych prędkości. A nowoczesne, komfortowe tramwaje i metro to do tej pory najczęściej spotykane skuteczne rozwiązanie szybkiego przewozu dużej liczby pasażerów w tych zanieczyszczonych spalinami i zatłoczonych aglomeracjach.

Nową alternatywę w dotychczasowych rozwiązaniach masowej komunikacji stworzyło jednak w ostatnich

latach pojawienie się coraz bardziej pojemnych i coraz tańszych, a przy tym lekkich i mobilnych magazynów energii elektrycznej, jakimi są ogniwa elektrochemiczne nowej konstrukcji, popularnie nazywane akumulatorami – jeśli pozwalają na wielokrotne powtarzanie cyklu ładowania/rozładowania – lub bateriami – jeśli po ich wyprodukowaniu od razu są w stanie naładowane i bez ingerencji w ich konstrukcję nie nadają się do powtórnego naładowania. Dawne ciężkie i mało pojemne akumulatory kwasowo-ołowiowe zastąpiły we wszystkich mniejszych pojazdach elektrycznych znacznie od nich lżejsze ogniwa litowo-jonowe, mające najlepsze właściwości spośród znanych obecnie ogniw nowej generacji.

W charakterze dynamicznych magazynów energii elektrycznej są obecnie używane superkondensatory – nadal intensywnie rozwijane. Spełniają one podobne funkcje jak tradycyjne

akumulatory o dużych pojemnościach, czyli pozwalają na wielokrotne powtarzanie cyklu ładowanie/rozładowanie. Charakteryzują się jednak wyraźnie innymi parametrami eksploatacyjnymi. Cenną cechą superkondensatorów, pomimo ich relatywnie (w stosunku do ogniw elektrochemicznych) mniejszej pojemności, jest lekkość – ponieważ nie zawierają wewnątrz elektrolitu – oraz zdecydowanie większe dopuszczalne wartości prądów przy ładowaniu i rozładowywaniu, w dodatku mogącymi następować natychmiast tuż po sobie. Czyni je to cennymi magazynami buforowymi w dynamicznych stanach pracy napędu. W elektrycznych napędach trakcyjnych bardzo podobną rolę do superkondensatorów mogą także odgrywać mechaniczne akumulatory energii w postaci koła zamachowego (ang. *fly wheel*), mogącego wirować swobodnie z ogromną prędkością, sprzęgniętego z wałem (oddzielonym od wału napędowego kół pojazdu) własnego pomocniczego silnika elektrycznego, podłączonego do szyn głównej magistrali elektrycznej układu napędowego za pośrednictwem indywidualnego przekształtnika dwukierunkowego.

Z powyższych rozważań wynika, że rozwijanie nowych konstrukcji elektrycznych napędów trakcyjnych musi być bardzo ściśle związane z przekształcaniem struktury systemu elektroenergetycznego we wszystkich krajach na świecie. Rozwijanie źródeł energii elektrycznej alternatywnych w stosunku do klasycznych elektrowni ciepłych staje się pilną potrzebą. Pomimo oporów społecznych nie należy chyba rezygnować z rozwijania energetyki jądrowej, chociaż elektrownie atomowe także produkują zanieczyszczenia, tylko innego rodzaju i w innej skali. Niestety, przy spodziewanym wkrótce tak dużym zapotrzebowaniu na energię elektryczną nawet te nowe elektrownie atomowe okażą się niewystarczające.

Szczegółne nadzieje wiąże się od wielu lat z pozyskiwaniem energii elektrycznej z tzw. odnawialnych źródeł energii (OZE, ang. *renewable energy sources*). Są to:

- wiatr (elektrownie wiatrowe);
- światło słoneczne (elektrownie fotowoltaiczne, słoneczne elektrownie ciepłe);

- energia płynącej wody (hydroenergia wykorzystująca energię wody płynącej w otwartej rzece lub spiętrzonyj przez zapory, fale morskie oraz pływy morskie);
- energia geotermalna (uzyskiwana za pośrednictwem wody tłoczonyj pod ziemię);
- przetwarzane szczątki organiczne (biopaliwa czy też biogaz);
- przetwarzane odpady (spalarnie śmieci).

Nowe technologie pozyskiwania energii elektrycznej z takich źródeł pozwolą nie tylko uniknąć obaw związanych z wyczerpywaniem się zasobów paliw kopalnych, lecz także ograniczyć, a może nawet zahamować tendencję w narastaniu szkodliwej emisji CO₂. Ponieważ w niedalekiej przyszłości większość produkowanyj nowymi sposobami energii elektrycznej będzie zużywana na cele transportowe (ludzi i towarów), już teraz mówi się o potrzebie rozwijania tzw. transportu zrównoważonego (ang. *sustainable transport*). Pojęcie to odnosi się do tematów związanych z szeroko pojętym transportem, który pozostaje zrównoważony pod względem skutków społecznych, środowiskowych i klimatycznych oraz ma zdolności globalnego wytwarzania w nieskończoność energii źródłowej na własne potrzeby. Składniki służące ocenie zrównoważonego rozwoju obejmują: poszczególne pojazdy wykorzystywane do transportu (drogowego, wodnego lub lotniczego), źródła energii oraz infrastrukturę wykorzystywaną do transportu (drogi, linie kolejowe, drogi powietrzne, drogi wodne, kanały i terminale). Działania gospodarcze powiązane z transportem i logistyką również są brane pod uwagę w tym bilansie. Na ocenę stopnia „zrównoważenia transportu” ma przy takim ujęciu w dużej mierze wpływ nie tylko skuteczność i wydajność samego systemu transportowego, ale również jego wpływ na środowisko i klimat [C11].

Niezależnie od wymienionych wyżej powodów najpilniejszą, bardzo konkretną, sprawą wymuszającą wręcz niezwłoczne zajęcie się problemem masowego przejścia na napędy elektryczne w pojazdach używanych do masowego transportu ludzi i towarów jest pogarszająca się jakość powietrza, czasami wręcz

dramatycznie utrudniająca codzienne życie mieszkańcom wielkich aglomeracji miejskich. Nadmierna obecność gazowych spalin i innych rozdrobnionych produktów spalania w powietrzu, powszechnie nazywana smogiem, zmusza ludzi w skrajnych przypadkach do poruszania się po ulicach miast w maseczkach. Znaczący udział w tym zjawisku mają setki tysięcy pojazdów, małych i dużych, tych prywatnych i tych użytkowanych w komunikacji publicznej, napędzanych nadal najczęściej silnikami spalinowymi. Ideałem, do którego się dąży, jest jak najszybsze upowszechnienie, szczególnie w takich aglomeracjach, pojazdów o tzw. zerowej emisji gazów wydechowych – popularnie mówiąc: spalin (ang. *zero emission vehicle*) [C11].

Do tej grupy należą przede wszystkim pojazdy o „czystym” napędzie elektrycznym, czyli te, które są zasilane energią elektryczną czerpaną z zewnątrz za pośrednictwem odpowiednio skonstruowanych „odbieraków prądu”, ślizgających się po przewodach rozłożonych wzdłuż trasy przejazdu lub czerpiących tę energię z autonomicznych zbiorników energii elektrycznej umieszczonych bezpośrednio na pojazdach. W pierwszym przypadku są to najbardziej dotychczas rozpowszechnione elektryczne pojazdy szynowe, takie jak tramwaje, trolejbusy, metro czy pociągi elektryczne. W drugim przypadku w charakterze mobilnych zbiorników energii elektrycznej są obecnie najczęściej używane ogniwa chemiczne (akumulatory), umożliwiające ich wielokrotne ładowanie i rozładowywanie. Tego rodzaju pojazdy są nazywane elektrycznymi pojazdami bateryjnymi (pojazdami BEV, ang. *battery electric vehicle*). Są to: samochody elektryczne (ang. *electric car*), autobusy elektryczne (ang. *electric bus*), rowery elektryczne (ang. *electric bicycle*). Pojazdy takie na razie najczęściej stanowią własność prywatną i są eksploatowane całkowicie indywidualnie lub coraz częściej pojawiają się w miastach także w charakterze sieci pojazdów elektrycznych (ang. *electric vehicle network*), stanowiąc składnik miejskiego transportu publicznego, będący własnością komunalną eksploatowaną publicznie [C11]. Wcześniej już wykazano jednak, że ta energetyczna „czystość” tak zasilanych w energię elektryczną pojazdów

jest pozorna (patrz rys. 2). Pojazdy te są naprawdę „czyste” tylko wtedy, gdy sieć trakcyjna lub sieć stacji ładujących mobilne ogniwa elektryczne jest zasilana w energię elektryczną nie przez zwykłe elektrownie ciepłone, lecz przez elektrownie pozyskujące tę energię z odnawialnych źródeł energii. W bilansie wszystkich zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery poważny udział mają także tzw. gazy cieplarniane powstające w procesie wytwarzania różnych komponentów używanych do produkcji środków transportu – w pojazdach elektrycznych dotyczy to zwłaszcza baterii, niezbędnych do magazynowania energii elektrycznej.

Jak powiedziano na początku tego podrozdziału, we wszystkich pojazdach z napędem elektrycznym do jego napędzania jest wykorzystywany co najmniej jeden silnik elektryczny. W wyniku rozpowszechnienia się mikroprocesorowo sterowanych energoelektronicznych przekształtników energii elektrycznej najpopularniejszymi rodzajami używanych w nich silników stały się: klatkowy silnik indukcyjny (AC-SCIM, ang. *alternating-current squirrel-cage induction motor*) oraz silnik synchroniczny z magnesami trwałymi umieszczonymi w wirniku (AC-PMSM, ang. *alternating-current permanent magnet synchronous motor*). Najczęściej ich stojany są wyposażone w symetryczne uzwojenia trójfazowe, ponieważ wtedy konstrukcja i układy sterowania modułami energoelektronicznymi zasilających je przekształtników (falowników) są najprostsze i najtańsze. Z tego powodu rozważania na temat elektrycznego napędu trakcyjnego, prowadzone w dalszej części tej książki, zostały ograniczone do szczegółowego omawiania budowy, opisu matematycznego i algorytmów sterowania jedynie falownikowymi napędami asynchronicznymi (z silnikiem SCIM) oraz synchronicznymi (z silnikiem PMSM). ■

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

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

Przykłady elektrycznych napędów trakcyjnych.

Cz. 1. Tramwajowy napęd elektryczny

Andrzej Dębowski

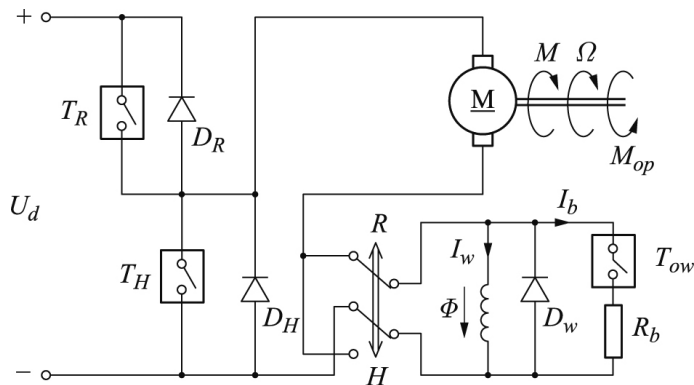
Przez wiele lat elektrycznym silnikiem powszechnie stosowanym do napędu wszelkich pojazdów zasilanych energią elektryczną był komutatorowy szeregowy silnik prądu stałego (DC-SM, ang. *direct-current series motor*). Wyczerpujące informacje na temat jego budowy, a także równań matematycznych opisujących zachowanie się w stanach ustalonych i dynamicznych i wynikających z nich charakterystyk mechanicznych można znaleźć przede wszystkim w literaturze poświęconej zasadom budowy i eksploatacji klasycznego elektrycznego napędu trakcyjnego, jak [A4], ale również w wielu książkach poświęconych maszynom i napędom elektrycznym, na przykład [B1, B6, B7, B8, B9, B15, B22]. Powodem tej popularności silników szeregowych były ich charakterystyki mechaniczne, wynikające z hiperbolicznej zależności momentu wewnętrznego (elektromagnetycznego) od chwilowej prędkości kątowej wału silnika $M_{we} = f(\Omega)$. Ta ich cecha była unikalna w czasach, gdy wszelkie silniki elektryczne były zasilane ze źródeł o stałym napięciu, a ich układy sterowania wykorzystywały jedynie dodatkowe oporniki szeregowo podłączone do uzwojeń twornika lub wzbudzenia. Przy stałych parametrach w obwodach silnoprądowych nawet przy niewielkim obniżeniu prędkości obrotowej (np. przy najechaniu koła na przeszkodę) samoczynnie (tj. bez jakiegokolwiek ingerencji ze strony zewnętrznego układu sterowania) pojawiał się wtedy prawie natychmiast wzrost momentu wewnętrznego pozwalający na skuteczne pokonanie takiej przeszkody, i odwrotnie – przy raptownym wzroście prędkości (np. przy wystąpieniu poślizgu kół) następował gwałtowny spadek momentu wewnętrznego. Bardzo ułatwiało to prowadzenie pojazdów z takim napędem.

Współcześnie wymaga się jednak zdecydowanie więcej od napędów, nie tylko jeśli chodzi o ich właściwości trakcyjne związane z potrzebą precyzyjnego sterowania chwilową wartością momentu wewnętrznego rozwijanego przez silnik, chodzi także o dodatkowe możliwości, jak kontrolowany zwrot energii do źródła – sieci lub akumulatora. Wymaga to częstych i niezależnych od siebie zmian kierunków prądów twornika i wzbudzenia. Skoro uzwojenie wzbudzenia i tak w zautomatyzowanym napędzie trakcyjnym czasem musi być przełączane, to fakt, że w warunkach znamionowych płyną przez nie bardzo duże wartości prądów nawet w epoce stosowania przekształtników energoelektronicznych, sprawia liczne kłopoty – utrudnia montaż, a potem konserwację obwodów roboczych (kable są grube i sztywne, aparatura łączeniowa na duże prądy ma duże gabaryty, moduły energoelektroniczne na duże prądy są wyraźnie droższe). Ważnym utrudnieniem jest też fakt, że silniki szeregowo były projektowane do bezpośredniego podłączenia do określonego napięcia sieci trakcyjnej, a więc osobne zasilanie ich uzwojeń – przewidzianych przecież do pracy w połączeniu szeregowym – bezpośrednio z tej sieci jest utrudnione ze względu na niedopasowanie napięciowe (dotyczy to zwłaszcza szeregowego uzwojenia wzbudzenia!). Dlatego napędy trakcyjne z silnikami szeregowymi są spotykane obecnie jedynie tam, gdzie jeszcze nie opłacało się ich wymienić na inne. Przy wprowadzaniu przekształtników poprawiających właściwości napędów z tymi silnikami w istniejących pojazdach korzysta się więc doraźnie z uproszczonych rozwiązań, sprowadzających się do wykorzystania zwykłych czoperów pracujących w rozmaitych konfiguracjach. Rozwiązania takie stosuje się ze

względu na ograniczenie dostępnego miejsca w modernizowanych pojazdach czy chęć ograniczania kosztów modernizacji, a także ze względu na trudności techniczne dotyczące kompleksowej przebudowy okablowania.

Istnieje bardzo duża liczba różnych praktycznych rozwiązań zautomatyzowanych napędów trakcyjnych nadal wykorzystujących silniki szeregowo prądu stałego. Powszechnie w charakterze elementów regulacyjnych w różnych obwodach prądu stałego, więc także i napędach z silnikami elektrycznymi prądu stałego, wykorzystuje się proste i tanie przerywacze energoelektroniczne – tzw. czopery (ang. *chopper*), co nawet przyczyniło się do powstania żargonowego określenia takiego rodzaju napędu trakcyjnego – „napęd czoperoowy”. W napędach z szeregowymi silnikami prądu stałego jednak nie zawsze udaje się w pełni wykorzystać możliwości oferowane przez układ napędowy całkowicie zautomatyzowany, zwłaszcza jeśli są to napędy powstające na drodze modernizacji istniejących wcześniej rozwiązań i konieczny jest pewien kompromis między poprawą jakości napędu a kosztami jego modernizacji.

Na rysunku 1 przedstawiono jedno z proponowanych rozwiązań, które jednak daje takie możliwości. Układ silnoprądowy obejmuje: silnik szeregowo z rozdzielonymi uzwojeniami twornika i wzbudzenia, półmostek z dwoma kluczami z diodami zerowymi odwrotnie podłączonymi do kluczy, pozwalający na regulację przepływu prądu twornika w obu kierunkach (takie zestawy elementów są oferowane obecnie przez producentów jako jeden moduł), przełącznik zmiany kierunku podłączenia uzwojenia szeregowego zabezpieczonego diodą zerową do obwodu twornika (powodujący, że niezależnie od



Rys. 1. Schemat ideowy przykładowego zautomatyzowanego napędu trakcyjnego z szeregowym silnikiem prądu stałego

Źródło: [B6]

aktualnego kierunku prądu twornika kierunek prądu płynącego przez uzwojenie wzbudzenia, a więc i kierunek głównego strumienia magnetycznego, nie ulega zmianie przy przechodzeniu silnika od rozruchu do hamowania elektrodynamicznego) oraz opornik bocznikujący uzwojenia wzbudzenia z szeregowo połączonym dodatkowym przerywaczem-czoperem (pozwalający na płynną regulację osłabiania pola, stosowaną przy wyższych prędkościach obrotowych silnika w celu ograniczenia wartości siły elektromotorycznej rotacji indukującej się w uzwojeniach twornika).

Przy rozpędzaniu silnika pracuje górny klucz półmostka, włączony szeregowo w obwód twornika, który działa jako elektroniczny przekształtnik DC/DC obniżający napięcie sieci (ang. *buck converter* lub *step-down converter*) do poziomu odpowiadającego danej prędkości obrotowej. W tej konfiguracji współpracuje on z diodą drugiego klucza, pełniącą rolę diody zerowej dla obwodu twornika. W trakcie hamowania elektrodynamicznego górny klucz pozostaje wyłączony i silnik pozostaje połączony z siecią przez jego diodę zwrotną. Jeżeli prędkość obrotowa silnika jest duża, a odpowiadająca jej siła elektromotoryczna rotacji przewyższa napięcie sieci, to prąd twornika płynie do sieci bezpośrednio przez diodę zwrotną górnego klucza, a regulacja wartości tego prądu odbywa się poprzez regulację stopnia osłabienia strumienia wzbudzenia dzięki regulacji współczynnika wypełnienia pracy czopera okresowo podłączającego opornik bocznikujący do uzwojenia

wzbudzenia. Jeśli siła elektromotoryczna rotacji jest mniejsza od napięcia sieci, to nadal możliwe jest przekazywanie energii elektrycznej z obwodu twornika do sieci. Wymaga to jednak aktywnej pracy dolnego klucza w półmostku, polegającej na okresowym krótkotrwałym zwieraniu obwodu twornika. Przy zwarciu tego klucza, dzięki obecności indukcyjności w obwodzie twornika, narastający prąd twornika magazynuje coraz więcej energii w polu magnetycznym uzwojenia wirnika, a w chwilach rozwarcia tego klucza – zgodnie z regułą zachowania ciągłości – zaczyna płynąć do sieci przez diodę klucza górnego i malejąc, przekazuje do niej część tej zmagazynowanej energii. Prąd twornika przy hamowaniu dynamicznym może więc popłynąć do sieci, nawet jeśli prędkość obrotowa silnika jest niewielka, ponieważ do siły elektromotorycznej rotacji silnika dodaje się siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu twornika, pojawiająca się w chwili przzerwania zwarcia obwodu twornika przez otwierający się klucz. Ten klucz działa wtedy jako przekształtnik DC/DC podwyższający napięcie (ang. *boost converter* lub *step-up converter*) i jest w stanie spowodować, że krótkotrwałe – przez odpowiednią diodę – prąd popłynie do sieci, nawet jeśli jej napięcie jest wyższe niż siła elektromotoryczna rotacji istniejąca w silniku.

Jeśli sieć trakcyjna nie może odbierać energii od hamującego pojazdu, to dla uzyskania efektu hamowania elektrodynamicznego (i tym samym łatwego do kontrolowania momentu hamującego na wale silnika) w omawianym układzie, tak

jak w każdym napędzie elektrycznym, równoległe do obwodu głównego podłączonego do sieci umieszcza się dodatkową gałąź zawierającą rezystor dużej mocy, służący do rozpraszania energii elektrycznej odzyskanej w wyniku hamowania. Takiego układu rozpraszania energii hamowania nie pokazano na omawianym rys. 1, bo stanowi on standardowe wyposażenie każdego napędu elektrycznego, umożliwiające uzyskanie w napędzie momentu hamującego nawet w przypadku awaryjnym, gdy z jakiegokolwiek powodu źródło zasilające napęd nie może odebrać energii od silnika, pracującego jako prądnica (generator). Specjalny, dodatkowy czoper, szeregowo połączony z tym rezystorem, jest sterowany tak, by w czasie hamowania utrzymywać w obwodzie głównym stałe napięcie na zadanym poziomie (może ono być nawet wyższe od napięcia sieci – która, jeśli nie jest zdolna do odbierania energii, może zostać wtedy w ogóle odłączona przez stycznik główny – i w ten sposób umożliwić osiągnięcie wyjątkowo dużej wartości momentu hamującego). W napędach zautomatyzowanych możliwe jest także uzyskanie hamowania elektrodynamicznego w pojeździe, który porusza się swobodnie z dużą prędkością i nie jest w danej chwili zasilany z sieci. Po włączeniu napędu dzięki magnetyzmowi szczątkowemu w maszynie możliwe jest uzyskanie efektu samowzbudzenia się pola magnetycznego i rozwinięcie dużej wartości momentu hamującego pozostającego pod pełną kontrolą układu sterowania napędem.

Z teorii maszyn elektrycznych dotyczącej właściwości regulacyjnych obcowzbudnego silnika prądu stałego wynika, że do uzyskania pełnych możliwości regulacji momentu i sterowania przepływem energii elektrycznej trzeba mieć możliwość niezależnego sterowania prądem twornika i prądem wzbudzenia, co oznacza, że te uzwojenia powinny być fizycznie od siebie oddzielone – czyli powinna to być po prostu maszyna specjalnie skonstruowana do tego celu. Wtedy wystarczy, że uzwojenie wzbudzenia będzie nawinięte cienkim drutem, a odpowiednio zwiększona zostanie jego liczba zwojów, co spowoduje znaczne zmniejszenie wartości prądu wzbudzenia potrzebnego do uzyskania tego

samego strumienia magnetycznego, a wtedy regulacja wzbudzenia potrzebna do prawidłowego wykorzystania możliwości silnika w napędzie trakcyjnym będzie łatwa do uzyskania.

Warto tu jednak zauważyć, że tradycyjne szeregowe silniki komutatorowe prądu stałego stopniowo odchodzą do historii we wszystkich zastosowaniach. Głównie z powodu bardzo poważnej wady – obecności mechanicznego komutatora i trących się o niego szczotek. Wiąże się z tym bowiem:

- konieczność regularnego sprawdzania stanu szczotek i okresowego przetaczania komutatora, aby usunąć rowki na miedzianych wycinkach spowodowane przez szczotki, a pogarszające jakość styku (układy energoelektroniczne nie wymagają żadnej konserwacji);
- konieczność unikania nawet chwilowych przeciążeń silnika, gdyż wystąpienie dużych wartości prądu twornika w trakcie mechanicznej komutacji następującej między wycinkami komutatora powoduje pojawianie się łuku wypalającego szczotki i wycinki komutatora, a w konsekwencji na ogół poważne uszkodzenie komutatora (moduły energoelektroniczne można swobodnie przeciążać, jeśli zapewni im się odpowiednie chłodzenie);
- konieczność ochrony komutatora przed wilgocią i nadmiernymi wstrząsami (silniki prądu przemiennego, jeśli mają odpowiednią izolację, mogą pracować zalane wodą i są bardzo odporne na wszelkie wibracje).

Z tego powodu współczesne nowe konstrukcje elektrycznych napędów trakcyjnych wykorzystują niemal wyłącznie asynchroniczne lub synchroniczne silniki prądu przemiennego z trójfazowymi uzwojeniami stojanów, zasilane z mikroprocesorowo sterowanych falowników z zastosowaniem dosyć mocno złożonych obliczeniowo algorytmów sterowania.

Tramwajowy napęd elektryczny

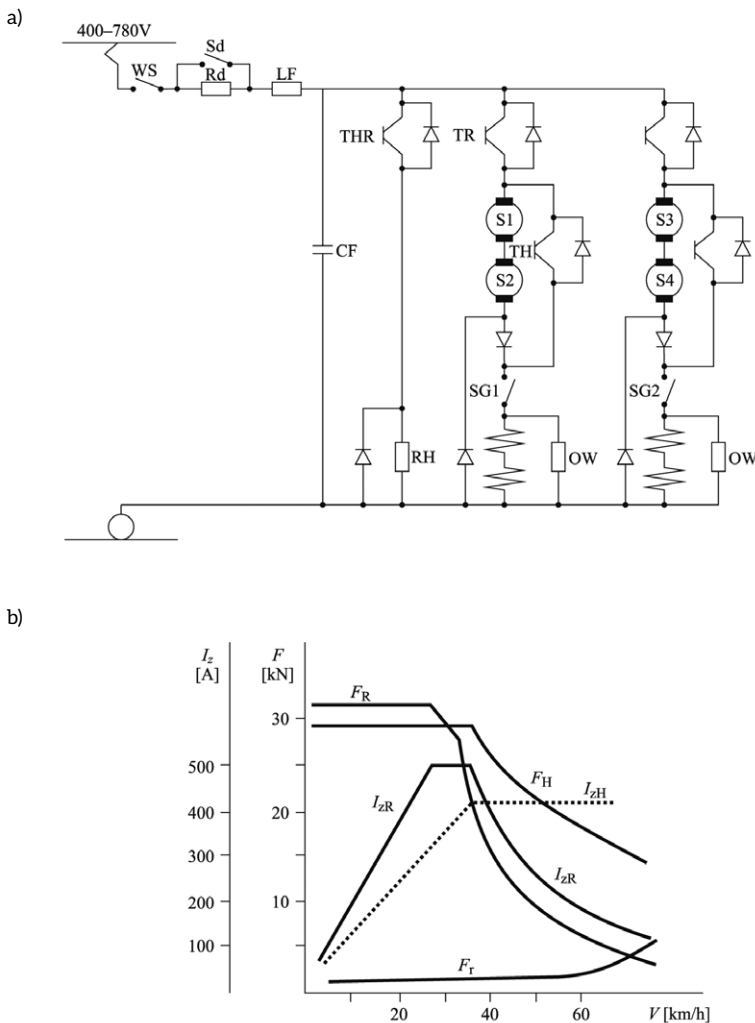
W Polsce na przełomie XX i XXI wieku eksploatowanych było ponad 2 tysiące tramwajów typu 105N z klasycznym napędem z szeregowymi silnikami prądu stałego, z oporowym układem regulacji prądu. Ich wersja, oznaczona jako 805N,

była dostosowana do węższych torów, z powodów historycznych istniejących w takich miastach, jak Bydgoszcz, Elbląg, Grudziądz, Łódź czy Toruń. Przez wiele lat postęp techniczny w ich modernizacji polegał na stopniowym zastępowaniu logicznymi układami elektronicznymi pomocniczych przełączników sterujących elektromechanicznymi stycznikami prądu stałego, służącymi nadal do przełączania tradycyjnych rezystorów w prądowych obwodach roboczych silników. Przełom nastąpił dopiero pod koniec XX stulecia, po pojawieniu się na rynku energoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych. Pierwsze krajowe napędy przekształtnikowe oparte na tyrystorach wyłączalnych GTO, wykorzystywanych w charakterze przerywaczy prądu (czoperów), wyprodukował na licencji Instytutu Elektrotechniki z Międzyzlesia k. Warszawy w 1996 roku Zakład Aparatury Elektrycznej Woltan z Łodzi. Do 2001 roku zainstalowano je w ok. 150 tramwajach, wyposażonych nadal w dotychczas znajdujące się w nich silniki szeregowe. Te impulsowe układy napędowe nie tylko umożliwiły płynne sterowanie momentem napędowym silników, ale pozwalały także na ich pracę ze zwrotem energii do sieci trakcyjnej przy elektrodynamicznym hamowaniu pojazdu, czyli tzw. rekuperację (odzysk) energii kinetycznej. Należy jednak pamiętać, że ze względu na prostowniki powszechnie instalowane w transformatorowych podstacjach zasilających sieć trakcyjną taka rekuperacja jest możliwa jedynie w tym przypadku, gdy inne pojazdy zasilane akurat z tej samej sekcji sieci są w stanie wykorzystać taką nadwyżkę mocy, pojawiającą się przecież chwilowo i zwykle niespodziewanie. W przeciwnym bowiem razie wykrycie nadmiernego lokalnego wzrostu napięcia sieci trakcyjnej, mierzonego na odbieraku przez układ elektroniczny sterujący napędem hamującego tramwaju, powoduje podłączenie do obwodu twornika silnika przez ten sam czoper specjalnego rezystora hamowania i kontrolowane tym czoperem nieodwracalne już rozproszenie w nim istniejącej nadwyżki energii kinetycznej pojazdu. Hamulce mechaniczne tramwaju są wtedy nadal oszczędzane, ale odzysku (rekuperacji) energii elektrycznej – nie

ma. W dalszych wersjach tych napędów, w charakterze kluczy pracujących impulsowo, zastosowano nowoczesne tranzystory mocy, czyli bipolarne tranzystory z izolowaną bramką, tzw. IGBT (ang. *insulated gate bipolar transistor*), (rys. 2).

Tramwajowy napęd impulsowy pokazany na rysunku 2 a charakteryzuje się bezstykową realizacją poszczególnych faz jazdy: rozruch – wybieg – hamowanie. W jego skład wchodzi następujące elementy: WS – wyłącznik główny; Rd – opornik ograniczający prąd ładowania kondensatora filtra sieciowego przy włączaniu napędu; Sd – stycznik zwierający opornik filtra po dokonaniu włączenia napędu; LF – dławik filtra sieciowego, CF – kondensator filtra sieciowego; THR – tranzystor hamowania oporowego; RH – rezystor hamowania (zestaw oporników); S1, S2 oraz S3, S4 – uzwojenia tworników silników trakcyjnych połączone ze sobą szeregowo, parami instalowanych na tym samym wózku; SG1, SG2 – styczniki główne dla poszczególnych grup silników. W każdej z tych dwóch grup silników oznaczono: TR – tranzystor rozruchu; TH – tranzystor hamowania; OW – układ osłabiania wzbudzenia silników (bocznikujący połączone szeregowo uzwojenia wzbudzenia obu silników znajdujących się w danej gałęzi obwodu). Diody występujące na tym schemacie bez oznaczeń są diodami zwrotnymi (tzw. zerowymi) i służą do likwidacji przepięć, które pojawiają się przy przerywaniu prądów płynących w obwodach zawierających indukcyjności przez otwierające się klucze tranzystorowe.

Dwie grupy silników są zasilane przez oddzielne przekształtniki IGBT. Dwutranzystorowy moduł IGBT włączony jest tak, że faza rozruchu jest regulowana tranzystorem TR, a faza hamowania tranzystorem TH. Przejście z jazdy na hamowanie nie wymaga żadnych przełączeń, lecz tylko wyłączenia tranzystorów TR i włączenia tranzystorów TH. W ten sposób w porównaniu z układem tradycyjnym uzyskuje się znaczne skrócenie czasu uzyskania pełnej siły hamowania oraz skrócenie drogi hamowania tramwaju. W obwodzie występują tylko styczniki grupowe (załączenia grupy silników), włączane i wyłączane bezprądowo przed uruchomieniem tramwaju.



Rys. 2. Impulsowy napęd prądu stałego ze wspólnym prądowym sterowaniem obu silników szeregowych prądu stałego w każdym z wózków wagonu silnikowego, przeznaczony do tramwajów typu 105N, opracowany w IEL Warszawa i produkowany przez ZAE WOLTAN w Łodzi: a) schemat ideowy obwodu głównego; b) graniczne charakterystyki trakcyjne (F_R – siły napędowej przy rozpędzaniu; F_H – siły napędowej przy hamowaniu, skierowanej w przeciwną stronę do ruchu pojazdu; F_r – siły oporów ruchu; I_{zR} – prądu roboczego przy rozpędzaniu; I_{zH} – prądu roboczego przy hamowaniu)

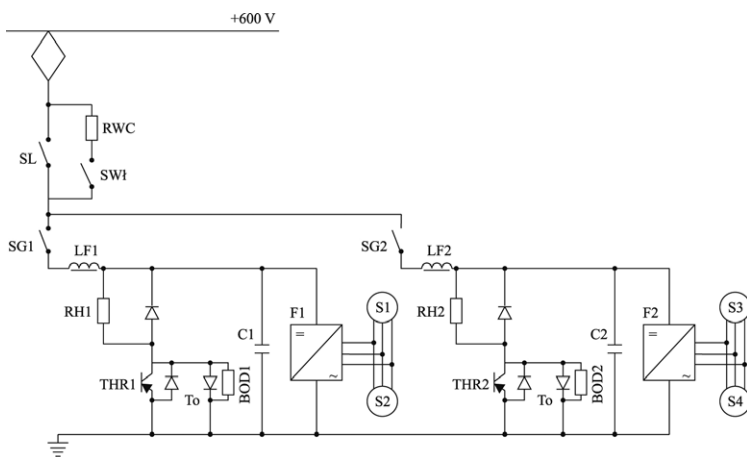
Źródło: [A21, A23]

Pierwsze polskie tramwajowe napędy asynchroniczne, z grupowym skalarnym sterowaniem napięciowym, w którym falowniki przydzielone do poszczególnych wózków napędowych zasilają w systemie otwartym (tzn. bez prądowych sprzężeń zwrotnych) klatkowe silniki indukcyjne połączone w parę (rys. 3), zaczęto instalować w modernizowanych tramwajach na przełomie stuleci. Takimi napędami były falownikowe napędy asynchroniczne opracowane w Instytucie Elektrotechniki w Warszawie we współpracy z Tramwajami Warszawskimi [A22] oraz w firmie MEDCOM z Warszawy [A20].

W skład tramwajowego napędu asynchronicznego, pokazanego na rysunku 2.5, wchodzi następujące elementy: SL – stycznik liniowy; SG1, SG2 – styczniki główne dla poszczególnych grup silników; SW1 – stycznik wstępnego ładowania filtra; RWC – opornik ograniczający prąd ładowania filtra; LF1, LF2 – dławiki grupowych filtrów sieciowych; C1, C2 – kondensatory grupowych filtrów sieciowych; S1, S2 oraz S3, S4 – trójfazowe trakcyjne silniki asynchroniczne z uzwojeniami stojanów połączonymi ze sobą równolegle, parami instalowane na tym samym wózku; F1, F2 – falowniki napięciowe z tranzystorami IGBT zasilające każdą z dwóch grup silników asynchronicznych; THR1, THR2 – tranzystory hamowania oporowego (z podłączonym równolegle do każdego z nich własnym zestawem ochronnym, składającym się z tyrystora ochronnego T_o sterowanego układem nadnapięciowym BOD); RH1, RH2 – rezystory hamowania (zestawy oporników).

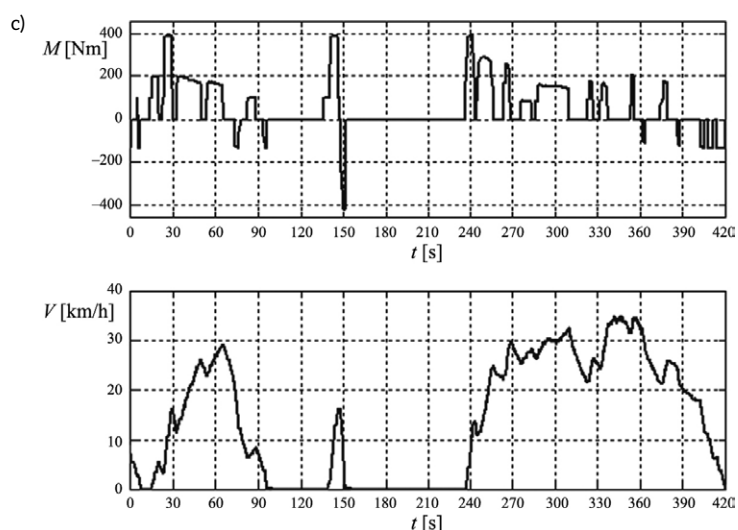
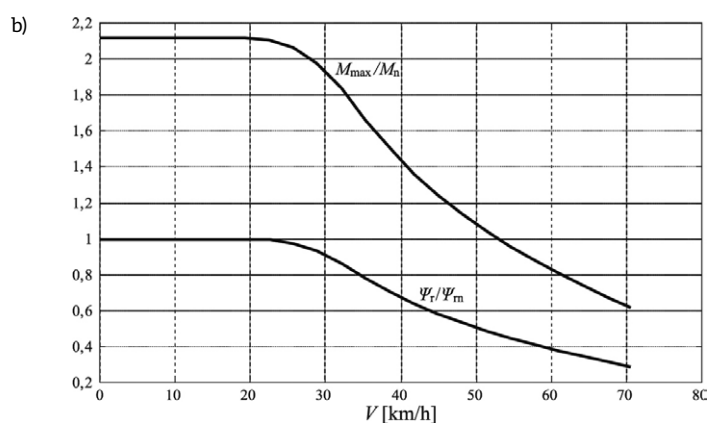
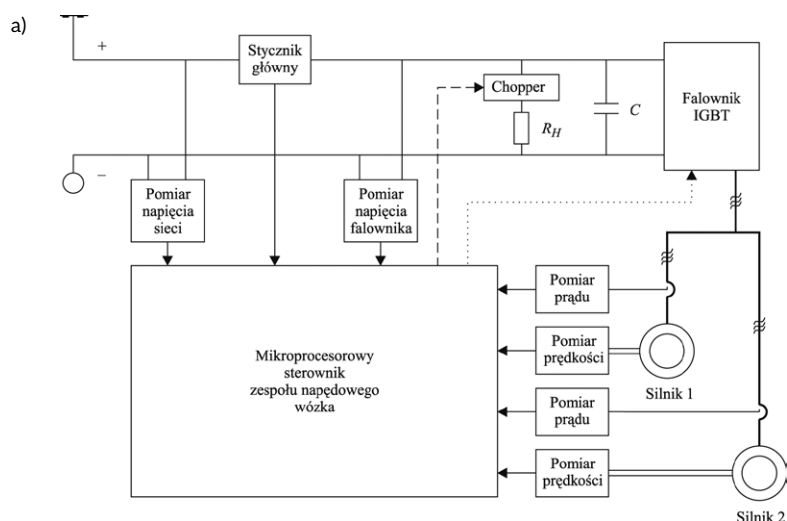
Sterowanie skalarne polega, jak wiadomo, wyłącznie na wytwarzaniu przez falownik napięcia o regulowanej częstotliwości przy zachowaniu stałego stosunku amplitudy tego napięcia do częstotliwości (tzw. sterowanie U/f), bez podporządkowanej mu, jak w kaskadowych napędach prądu stałego, regulacji prądu roboczego silnika i bez kontrolowania wartości momentu rozwijanego przez silnik [B6, B19, B25, B30, B33].

Na rysunku 4 przedstawiono przykład napędu opracowanego w 2003 roku w Instytucie Automatyki PŁ we współpracy z ZEP ENIKA w Łodzi i po raz pierwszy przetestowanego na



Rys. 3. Falownikowy napęd asynchroniczny z grupowym, wspólnym napięciowym sterowaniem obu silników w każdym z wózków, przeznaczony do tramwajów typu 105N, opracowany w IEL Warszawa we współpracy z Tramwajami Warszawskimi

Źródło: [A22]



Rys. 4. Falownikowy, asynchroniczny napęd wózka tramwajowego z wektorowym sterowaniem prądowo zorientowanym jednego z silników, przeznaczony do tramwajów typu 105N, opracowany w Politechnice Łódzkiej we współpracy z ZEP ENIKA w Łodzi: a) schemat ideowy; b) założone charakterystyki statyczne zależności od prędkości jazdy tramwaju: amplitudy strumienia magnetycznego skojarzonego z uzwojeniem wirnika oraz momentu wewnętrznego dla pojedynczego silnika; c) przebieg prędkości tramwaju (poniżej) i momentu zadawanego przez motorniczego na każdy z silników (powyżej), zarejestrowane w czasie jazdy ulicznej

Zródło: [A7, A10]

modernizowanym tramwaju udostępnionym przez MPK Łódź. W układzie napędowym ENI-ZNAP także są wykorzystane dwa silniki indukcyjne zasilane z jednego falownika napięciowego. Ale zastosowano tu po raz pierwszy w Polsce już sterowanie wektorowe według własnego pomysłu, a mianowicie sterowanie prądowo zorientowane [A7, A8, A9, A10, A13, A14, A15, A16, A39]. Omawiane tu rozwiązanie jest przeznaczone do zabudowy w modernizowanych wagonach typu 105N, nadal eksploatowanych w Polsce, w których zamiast dotychczasowych silników prądu stałego są montowane cztery asynchroniczne silniki trakcyjne typu STDa 200L4 produkcji EMIT Żychlin, o mocy 50 kW każdy. Silniki są zasilane za pomocą falowników ENI-F600/360/3H zamontowanych w przestrzeni po rozruszniku oporowym GBT.

Sterowanie to stanowiło rozwinięcie koncepcji sterowania opracowanej i wdrożonej w tyrystorowych falownikach prądowych z klatkowymi silnikami indukcyjnymi o mocy 10 kW, skonstruowanych na początku lat osiemdziesiątych XX wieku w Instytucie Automatyki PŁ na zamówienie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego CHEMOAUTOMATYKA z Warszawy i zastosowanych do napędu tanków fermentacyjnych w Zakładach Farmaceutycznych POLFA w Pabianicach.

W omawianym tu napędzie sterowanie momentem wewnętrznym silnika odbywa się za pośrednictwem zadawania amplitudy wektora prądu stojana i chwilowego położenia kąтового zsynchronizowanego wirującego układu współrzędnych odniesienia. Do tego wirującego, prądowo zorientowanego układu współrzędnych są przeliczane składowe rzeczywiste wektora prądu stojana mierzone w nieruchomym układzie współrzędnych i porównywane z wartościami zadanymi (zadawana składowa urojona prądu jest oczywiście zawsze równa zero). Na podstawie tak wyznaczonych błędów odtwarzania przez falownik w uzwojeniach silnika zadawanego wektora prądu wektorowy regulator prądu oblicza odpowiednie składowe wektora napięcia stojana, które po przeliczeniu do układu nieruchomego służą w modulatorze PWM

do wyznaczania chwil przełączeń kluczy falownika napięciowego (szczegółowy opis tego algorytmu sterowania podano w p. 3.2.2).

W układzie napędowym przedstawionym na rysunku 4 oba silniki są zasilane z tego samego falownika, ale wektorowo jest sterowany tylko jeden z nich – ten, który wybrano do pracy w układzie zamkniętym ze sprzężeniami zwrotnymi od wektora prądu stojana i od prędkości kątovej wirnika. W sytuacji, gdy w drugim silniku (identycznym jak ten pierwszy – sterowany – i za nim nadążającym) uzwojenia jego stojana są zasilane dokładnie tym samym napięciem, a jego wał pozostaje praktycznie sprzęgnięty za pośrednictwem kół o tych samych średnicach, toczących się po tym samym podłożu, mamy do czynienia ze specyficzną odmianą napędu grupowego. Nadążanie tego drugiego silnika, zasilanego napięciem w układzie otwartym, towarzyszącego pierwszemu – sterowanemu, wynika z naturalnych właściwości maszyn asynchronicznych. W silnikach indukcyjnych moment napędowy jest funkcją różnicy prędkości (poślizgu) występującego pomiędzy wirującym polem magnetycznym stojana a wirnikiem. Jeśli wał silnika towarzyszącego (nadążającego za silnikiem sterowanym) przyspieszy w stosunku do wału silnika sterowanego, to jego poślizg się zmniejszy i zmniejszy się rozwijany moment napędowy, nie pozwalając na nadmierny wzrost prędkości. I odwrotnie, jeżeli silnik towarzyszący zostanie przyhamowany, to jego poślizg wzrośnie i odpowiednio wzrośnie moment napędowy, pozwalając na pokonanie zwiększonych oporów. Pomiary prądu i prędkości w silniku niesterowanym (towarzyszącym) służą jedynie kontroli poprawności jego pracy i zwiększeniu niezawodności napędu. W przypadku uszkodzenia układów pomiarowych w silniku sterowanym sterowanie może być przeniesione na drugi silnik. Przeniesienie sterowania może również nastąpić w przypadku stwierdzenia zbyt dużych różnic między stanami silników obserwowanych na podstawie mierzonych przebiegów prądu i prędkości kątovej.

Choć obecnie w Polsce w nowych tramwajach projektowane są głównie układy napędowe z silnikami asynchronicznymi,

jednak czoperowy napęd DC jest nadal konkurencyjny w przypadku modernizacji istniejących tramwajów wyposażonych w szeregowe silniki prądu stałego. Ze względu na mniejsze gabaryty silników AC przy tych samych mocach uważa się, że napęd asynchroniczny jest uzasadniony technicznie dla pojazdów szynowych o mocy większej niż 1 MW na oś oraz w tramwajach niskopodłogowych. W pozostałych przypadkach tego uzasadnienia nie ma. Dlatego rozwiązania sterowania impulsowo silnika prądu stałego mogą znajdować zastosowanie przede wszystkim w tramwajach. Problemem pozostaje jednak w tym przypadku awaryjność silników prądu stałego i częstsze przeglądy konserwacyjne.

Eksploatacja pierwszych tramwajowych napędów asynchronicznych z silnikami indukcyjnymi zasilanymi grupowo ze wspólnego falownika napięciowego i sterowanymi w układach otwartych (bez prądowych sprzężeń zwrotnych) wykazała, że w przypadku wystąpienia w jednym z silników należących do takiej grupy raptownych zaburzeń w jednostajnym ruchu obrotowym jego wirnika, w stosunku do wirowania wektora napięcia wyjściowego falownika w uzwojeniach fazowych jego stojana, pojawiają się duże wartości chwilowe w przebiegach prądów [A7, A9, A10]. Takie gwałtowne skoki wartości prądów obciążenia falownika mogą w skrajnym przypadku doprowadzić do nieoczekiwanych wyłączeń całego napędu w trybie awaryjnym, co jest wielce niepożądane ze względów ruchowych, gdyż niespodziewane zatrzymanie tramwaju w trakcie normalnej jazdy w mieście pociąga za sobą poważne zakłócenia w działaniu komunikacji miejskiej. Powód ten przez bardzo długi czas był przyczyną pewnej niechęci pracowników przedsiębiorstw komunikacji miejskiej do wprowadzania napędów asynchronicznych do normalnej eksploatacji w pojazdach takich, jak tramwaje czy trolejbusy. Przyczyną takich zaburzeń mogą być czasem nieoczekiwane poślizgi jednej z dwóch osi kół napędowych danego wózka, ale przede wszystkim są nimi przejazdy pojazdu poruszającego się ze zbyt dużą prędkością przez zwrotnice, rozjazdy i krzyżaki, które powodują „stukanie” kół natrafiających na poprzeczne

nierówności torowiska. Szczególnie może być to dotkliwie, gdy koła napędzane przez różne silniki, ale zasilane z tego samego falownika, w wyniku niejednakowego zużycia ich obręczy mają zauważalne różnice w średnicach.

W trakcie normalnej jazdy po gładkim torze obręcze (wieńce) kół pojazdu szynowego toczą się swoimi powierzchniami tocznymi po płaskiej główce szyny. Obrzeża tych obręczy, znajdujące się od strony wewnętrznej, mają nieco większą średnicę po to, by pojazd w czasie jazdy nie zsunął się z torowiska w bok. Wysokość obrzeża w odniesieniu do powierzchni tocznej obręczy zależy od typu pojazdu (kolej, tramwaj itp.) oraz od stopnia zużycia i waha się zwykle w granicach od 2,5 do 3,5 cm. Jeśli koło takie trafia na lukę w torze i jego obręcz przez krótką chwilę opiera się nie swoją powierzchnią roboczą na główce szyny, lecz jej obrzeżem na płaskim połączeniu pomiędzy szynami różnych torów, to może to oznaczać, że w ułamku sekundy pojazd oparty na osi takiego koła na krótką chwilę może unieść się nawet o 3,5 cm. Jak wiadomo z dostępnej literatury, w tramwaju 105N masa wagonu z pasażerami wynosi ok. 26 ton, zastosowane w napędach asynchronicznych cztery silniki mają moc po 50 kW każdy, a średnica kół wynosi 64 cm. Silniki asynchroniczne, mające po dwie pary biegunów, produkowane w zakładach EMIT w Żychlinie, zostały w Instytucie Elektrotechniki w Warszawie zaprojektowane tak, by w modernizowanych tramwajach można je było wstawiać na miejsce dawnych silników szeregowych prądu stałego, łącząc z istniejącymi przekładniami mechanicznymi wózków. W wyniku tego znamionowej częstotliwości napięcia zasilania tych silników otrzymanego z falowników, wynoszącej 65 Hz, odpowiada prędkość jazdy tramwaju wynosząca 31,5 km/h.

Jak wynika z powyższych danych, masa tramwaju przypadająca na jedną oś to $26 \text{ ton} / 4 = 6500 \text{ kg}$. W razie raptownego najechania koła na tak niewielką wydawałoby się przeszkodę (co oznacza skokowy wzrost średnicy koła o $3,5 / 64 \cdot 100\% = 5,5\%$), przyrost energii potencjalnej związanej z uniesieniem takiej masy w górę wyniesie $6500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,035 \text{ m} = 2,23 \text{ kWs}$. Przyrost tej

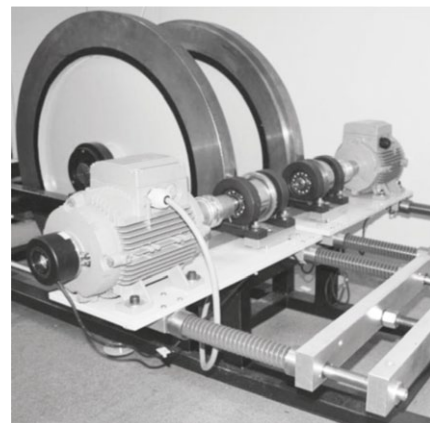
energii odbywa się kosztem utraty energii kinetycznej, związanej z jadącym tramwajem, czy inaczej z obracającym się kołem lub jeszcze inaczej z wałem silnika sztywno sprzęgniętego z tym kołem. Taką utratę energii kinetycznej w pojeździe o stałej masie powoduje pojawienie się dodatkowego składnika momentu oporowego na wale silnika, mającego postać krótkotrwałego impulsu. Żeby nie pograć się w żmudnych obliczeniach związanych ze szczegółową analizą czasową zjawisk towarzyszących takiemu zdarzeniu, można posłużyć się prostym oszacowaniem. Jeżeli czas trwania zdarzenia polegającego na najechaniu koła na poprzeczną krawędź przeszkody oceni się na 0,1 sekundy, to następujący w tym czasie wzrost mocy obciążającej wał silnika wyniesie $2,23 \text{ kW} / 0,1 \text{ s} = 22,3 \text{ kW}$ (ponieważ dla uproszczenia przekładnia została tu uznana za bezstratną). Jeśli tramwaj najechał na taki element torowiska z prędkością 15 km/h, to oznacza, że stojany wszystkich silników są zasilane napięciem o częstotliwości $(15 \cdot 65) / 31,5 = \text{ok. } 31 \text{ Hz}$, czyli wał silnika wykonuje $31 \text{ Hz} / 2$ pary biegunów = 15,5 obrotów na sekundę, czyli obraca się z prędkością kątową $\text{ok. } 2\pi \cdot 15,5 = 97,4 \text{ rad/s}$. Stąd skok momentu oporowego odpowiadającego obliczonemu wyżej skokowi mocy wynosi $22\,300 \text{ W} / 97,4 \text{ rad/s} = 229 \text{ Nm}$. Dla wyobrażenia sobie, co takie zdarzenie oznacza dla silnika indukcyjnego zasilanego ze źródła napięciowego, warto porównać tę liczbę z wartością znamionową momentu obrotowego tych silników. Przy zasilaniu ich napięciem o częstotliwości 65 Hz synchroniczna prędkość kątowa wału wynosi $2\pi \cdot 65 / 2 = 204,2 \text{ rad/s}$, a wartość znamionowa momentu – w przybliżeniu (pomijając niewielki poślizg) $50 \text{ kW} / 204,2 \text{ rad/s} = 245 \text{ Nm}$. Dlatego też trakcyjne napędy grupowe z kilkoma silnikami asynchronicznymi zasilanymi ze wspólnego falownika są szczególnie wrażliwe na wszelkie zakłócenia związane z gwałtownymi szarpnięciami pojawiającymi się w ruchu obrotowym napędzanych nimi kół.

Jak z przeprowadzonych wyżej rozważań wynika, nawet tak niewielkie wydawałoby się „stuknięcie” koła o nierówność torowiska (tu trwające

0,1 s) wywołuje w sprzęgniętym z tym kołem silniku efekt gwałtownego, ale krótkotrwałego, pojawienia się na wale momentu obciążenia o wartości porównywalnej z wartością momentu znamionowego silnika. Problemowi związanemu ze zjawiskami zakłóceń pojawiającymi się w pracy dwusilnikowego napędu trakcyjnego, powodowanych nierównomiernością toczenia się kół jezdnych po wspólnym podłożu, postanowiono dokładniej przyjrzeć się w Zakładzie Techniki Sterowania Instytutu Automatyki PŁ w ramach projektu badawczego MNiSzW nr N N510 679740 pt.: „Grupowy trakcyjny napęd indukcyjny z pośrednią kontrolą momentu, zasilany z falownika napięciowego, pracującego z obniżoną częstotliwością przełączeń”, realizowanego w latach 2011–2013 [A11, A12]. W ramach tego projektu zbudowano oryginalne stanowisko badawcze do praktycznego testowania algorytmów sterowania dwusilnikowym napędem grupowym, przewidzianych do wykorzystania w trakcyjnych napędach asynchronicznych pojazdów szynowych (rys. 5).

Zamiast budować rzeczywisty tor z naturalnymi przeszkodami odwzorowującymi obecność zwrotnic, rozjazdów czy krzyżaków na trasie przejazdu, po którym jeździłby niewielki pojazd eksperymentalny, postanowiono odwrócić problem. Oba badane silniki zamocowano do nieruchomej ramy, a po ich kółkach o małych średnicach zamocowanych na ich wałach toczyło się „torowisko” w postaci dwóch sztywno ze sobą połączonych masywnych dużych stalowych kół (o łącznej masie ok. 350 kg) z zagłębioną na ich obwodzie powierzchnią toczną, wyfrezowaną mimośrodowo względem kolistej krawędzi zewnętrznej obrzeży. Uzyskane w ten sposób zmiany wielkości tego zagłębienia odpowiadały zjawisku „stawania” na krawędzi obrzeża koła jezdnego w rzeczywistym pojeździe szynowym. Dzięki takiemu podejściu do rozwiązania problemu budowy stanowiska badawczego jego całość, zamiast zajmować spory obszar w terenie na zewnątrz budynku, zmieściła się na niewielkiej powierzchni w pokoju laboratoryjnym.

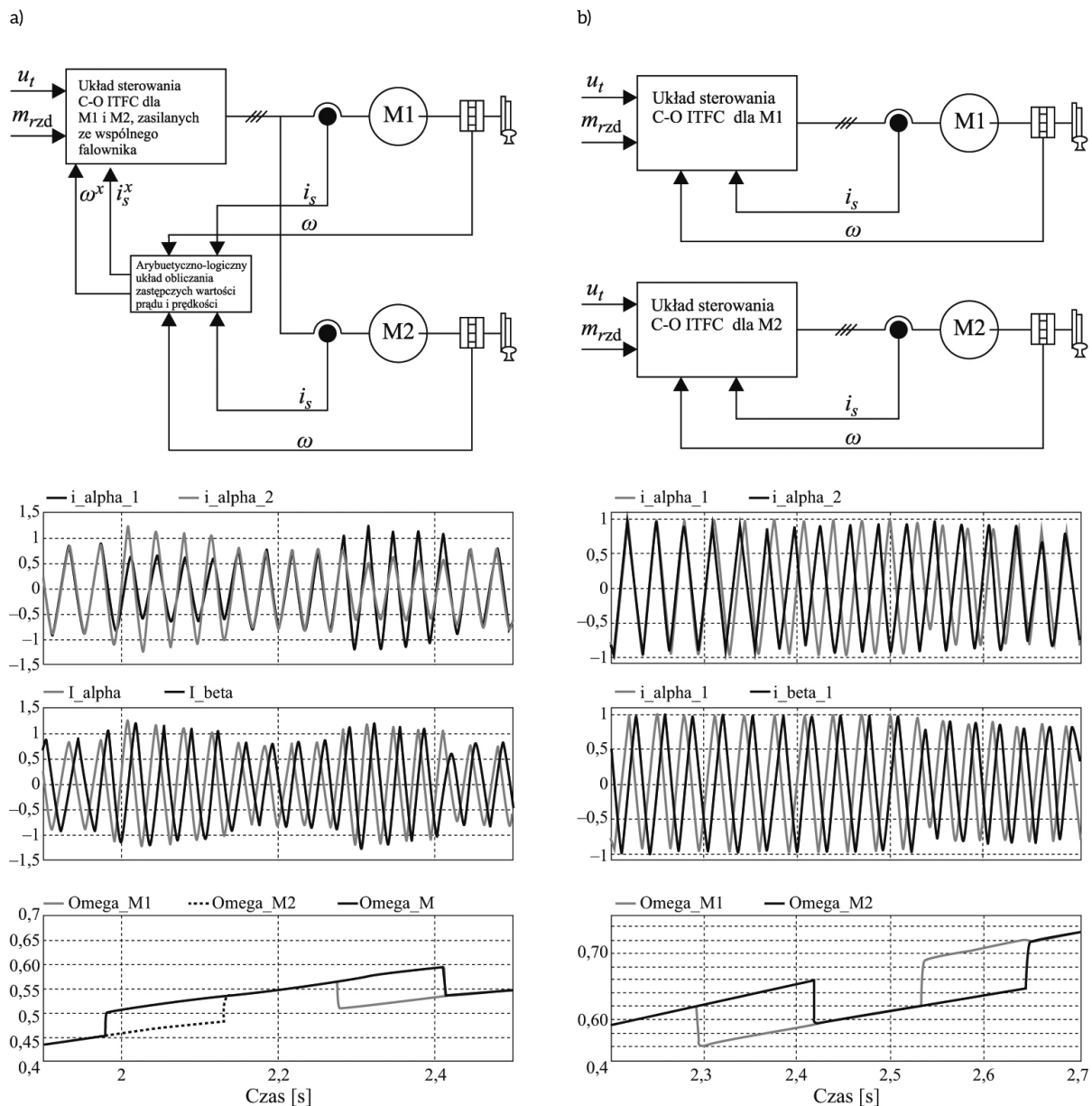
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w przypadku



Rys. 5. Stanowisko badawcze do modelowania pracy napędu trakcyjnego w stanach wywołanych nagłą zmianą prędkości kątowej kół pojazdu (Zakład Techniki Sterowania Instytutu Automatyki PŁ) Źródło: [A11]

napędów grupowych, gdzie dwa silniki są ze sobą połączone od strony zasilania elektrycznie tym samym falownikiem napięciowym, a od strony wałów mechanicznie – poprzez koła toczące się z tarciami lub bez, ale po wspólnej, lecz nierównej jezdni – istnieje zawsze możliwość takiego doboru algorytmu sterowania tymi silnikami, która pozwoli zmniejszyć niepożądane skoki wartości prądów w stojanach – bardziej lub mniej, ale nie wyeliminować całkowicie. Najskuteczniejsze jednak ograniczenie opisanych wyżej negatywnych zjawisk w każdym przypadku da się uzyskać jedynie w wyniku zastosowania do zasilania tych silników oddzielnych, niezależnych od siebie falowników, najlepiej z własnymi algorytmami sterowania wektorowego, opartymi na możliwie dokładnej regulacji wektorów prądu obu stojanów. Ponieważ w przedstawionym wyżej stanowisku badawczym był zainstalowany jedynie jeden falownik, więc aby uzyskać potwierdzenie powyżej sformułowanej tezy, posłużono się modelowaniem komputerowym w programie PSIM tego „pojazdu”, jakim fizycznie to stanowisko było. Wyniki porównawczych badań symulacyjnych przedstawiono na rysunku 6.

Obniżające się ciągle ceny wszelkich komponentów niezbędnych do budowy przetworników energoelektronicznych oraz ich mikroprocesorowych sterowników powodują, że podzielenie



Rys. 6. Wyniki porównawczych badań symulacyjnych grupowego napędu trakcyjnego przy „jeździe” modelowego „pojazdu laboratoryjnego” po nierównościach torowiska w przypadku zasilania silników: a) z jednego falownika i wyborze większej spośród wartości modułu wektora prądu stojana pomierzonych w każdym z obu silników; b) z dwóch oddzielnych falowników z pełnym sterowaniem wektorowym dla każdego silnika, całkowicie niezależnych od siebie odebrać (C-O ITFC: prądowo zorientowane sterowanie pośrednie momentem i strumieniem, ang. *current-oriented indirect torque and flux control*)

Źródło: [A12]

w pojeździe jednego falownika o dużej mocy na kilka mniejszych falowników nie wiąże się już z nadmiernym wzrostem kosztów produkcji takich zindywidualizowanych napędów. Z punktu widzenia rozłokowania wewnątrz pojazdu urządzeń napędowych jest to nawet bardzo korzystne, bo zawsze łatwiej jest zbudować kilka mniejszych skrzynek niż jedną wielką. A ponadto wygodą polegającą na uproszczeniu algorytmów regulacyjnych oraz

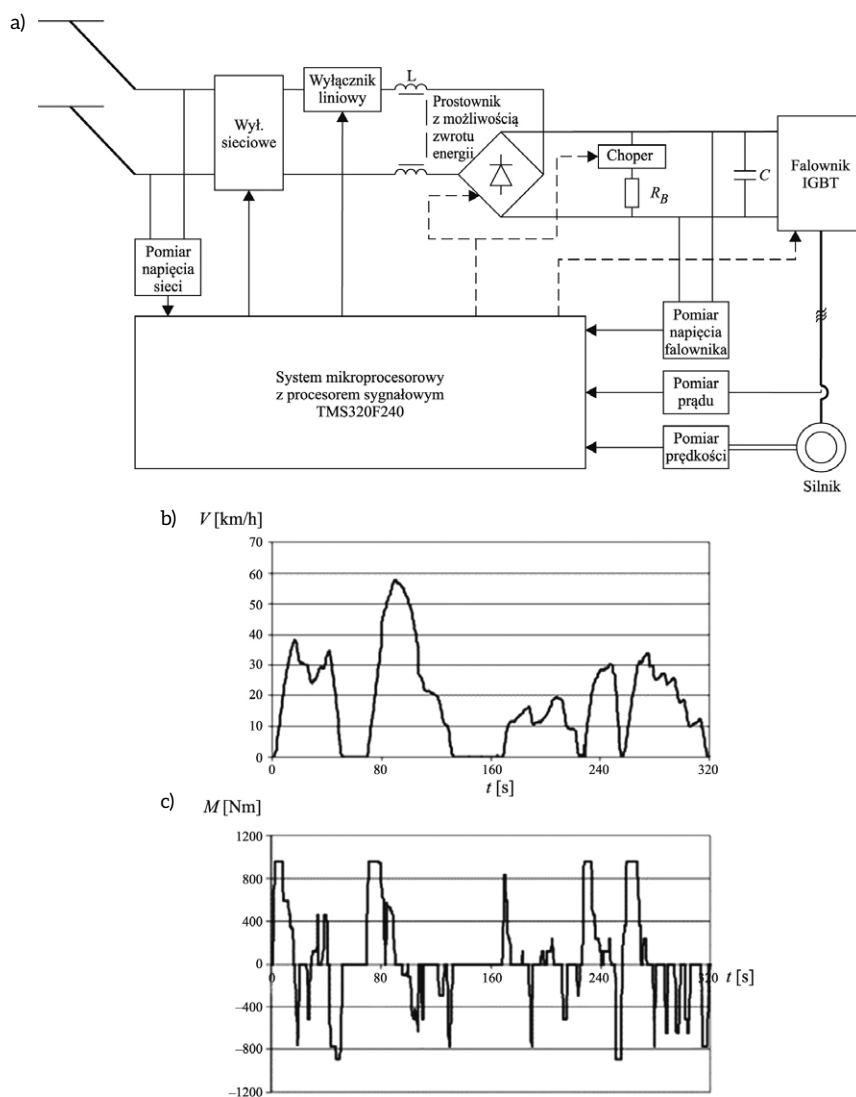
pojawiająca się możliwość radykalnego poprawienia właściwości trakcyjnych pojazdu, dzięki niezależnemu od siebie kontrolowaniu zachowania się poszczególnych kół, jest znaczna. Warto przy tej okazji zauważyć, że w dawnych czasach, gdy w charakterze napędów o najwyższej jakości stosowane były powszechnie napędy prądu stałego z silnikami obcowzbudnymi i kaskadowym sterowaniem z podporządkowaną regulacją prądu twornika, każdy z tych silników miał

przecież własny, od innych napędów zupełnie niezależny komutator. Także więc teraz w napędach z trójfazowymi silnikami prądu przemiennego falowniki zasilające uzwojenia stojanów stanowią rodzaj „komutatorów elektronicznych” (nawet o większych możliwościach regulacji niż te dawne – mechaniczne). Nie powinno więc być zaskoczeniem, że dla zapewnienia jak najlepszych właściwości eksploatacyjnych takich napędów te „komutatory” (czyli falowniki)

rzeczywiście powinny być zindywidualizowane, czyli przypisane do konkretnego silnika. I taki trend wśród producentów tych silników jest już obecnie obserwowany, wiele bowiem firm produkujących kompaktowe silniki synchroniczne PMSM do specjalnych zastosowań (a więc dosyć drogie) oferuje je właśnie z falownikami i ich sterownikami już wmontowanymi bezpośrednio w obudowach stojanów.

Takich problemów z niejednakowym obciążeniem wałów kilku silników elektrycznych poruszających pojazd, wynikającego ze zmieniających się raptownie warunków terenowych, na jakie natrafiają toczące się po powierzchni terenu koła napędowe pojazdu, nie spotyka się w trolejbusach, pojazdach w swej budowie i zasadach eksploatacji bardzo podobnych do tramwajów.

Trolejbusy to rodzaj autobusów wyposażonych w silnik elektryczny zainstalowany w nich zamiast silnika spalinowego, jeżdżących po ulicach miast na ogumionych kołach, ale mających na dachu dwa niezależne od siebie pałaki z odbierakami prądu ślizgającymi się po, w tym przypadku – podwójnych, przewodach elektrycznych sieci trakcyjnej, zawieszonych nad jezdnią tak jak w przypadku sieci tramwajowej. W napędach trolejbusów zwykle nie pojawiają się tak nieprzyjemne zjawiska, jak wspomniane wyżej krótkotrwałe, raptowne podskoki wartości prądu roboczego. Po pierwsze, tego rodzaju pojazdy są napędzane tylko jednym silnikiem elektrycznym, ale o odpowiednio dużej mocy, więc do obwodu elektrycznego stojana zakłócenia od strony mechanicznej docierają tylko jednym torem. Po drugie zaś, koła należące do tej samej osi, znajdujące się po obu stronach pojazdu i w związku z tym mogące natrafić na różną jakość powierzchni drogi, są połączone ze sobą zawsze mechanizmem różnicowym, jak w zwykłym samochodzie. Mechanizm ten, do którego dochodzi główny wał napędowy przenoszący moment obrotowy od silnika, na drodze mechanicznej dokonuje bez żadnego opóźnienia natychmiastowego podziału tego momentu pomiędzy napędzane koła tak, że w przypadku natrafienia koła na poprzeczną przeszkodę tylko po jednej stronie pojazdu następuje od razu



Rys. 7. Falownikowy napęd asynchroniczny z wektorowym sterowaniem prądowo zorientowanym, przeznaczony do trolejbusu PR110E w Lublinie: a) schemat ideowy; b), c) przebieg prędkości trolejbusu (powyżej) i momentu napędowego silnika zadawanego przez kierowcę (poniżej), zarejestrowane w czasie jazdy ulicznej

Zródło: [A8]

(zgodnie z zasadą dźwigni dwuramiennej) zmiana momentu napędowego przypadająca na drugie koło tej samej osi, a zatem nie pojawia się żaden skok w wypadkowym obciążeniu wału silnika elektrycznego.

Na rysunku 7 przedstawiono jako przykład napędu trolejbusowego asynchroniczny napęd opracowany w Politechnice Łódzkiej we współpracy z ZEP ENIKA w Łodzi, stanowiący kontynuację wcześniej opracowanego i wdrożonego falownikowego napędu tramwajowego opartego na tym samym algorytmie sterowania wektorowego prądowo zorientowanego. Jednostką napędową trolejbusu

był silnik indukcyjny STDA 200 6B o mocy 165 kW, wykonany w zakładach EMIT w Żychlinie na zamówienie ZEP ENIKA. Silnik ten odpowiada gabarytami silnikowi prądu stałego o mocy 110 kW, produkowanemu przez zakłady ELMOR, stosowanemu powszechnie wcześniej w trolejbusach w Polsce [A8]. Zastosowany w tym trolejbusie falownik również ma taką samą strukturę, jak falownik w napędzie tramwaju przedstawionym wcześniej. Jest zbudowany z inteligentnych modułów IGBT (tj. z rozbudowanym wewnętrznym systemem zabezpieczeń) połączonych w mostek 6T z dodatkowym

tranzystorem (czoperem) umożliwiającym, podobnie jak w tramwajach, wytracanie na specjalnym rezystorze nadmiernej ilości energii elektrycznej podczas hamowania w sytuacji, gdy sieć trakcyjna nie jest w stanie jej odebrać.

Znaczącą różnicę w budowie napędu trolejbusowego i tramwajowego stanowi sposób połączenia z siecią trakcyjną. W tramwaju pantograf dotyka zawsze przewodu o tej samej polaryzacji, natomiast w trolejbusie występują dwa odbieraki prądu ślizgające się po dwu-przewodowej sieci trakcyjnej. W związku z tym na skrzyżowaniach linii trolejbusowych mogą wystąpić zwarcia pomiędzy odbierakami bądź chwilowe zamiany znaków napięcia zasilania. Układ napędowy trolejbusu musi być odporny na takie ewentualności. Aby zabezpieczyć się przed zmianą polaryzacji napięcia, wystarczy zastosować nawrotnik mechaniczny bądź półprzewodnikowy. Nawrotniki mechaniczne są bardzo drogie ze względu na konieczność stosowania styczników potrafiących przełączać prądy rzędu setek amperów. Nawrotnik półprzewodnikowy jest tańszy i można go wykonać, stosując tzw. mostek Gretza. Niestety obecność takiego mostka uniemożliwia zwrot energii do sieci trakcyjnej, co wpływa niekorzystnie na sprawność energetyczną całego napędu. Aby można było zwracać energię do sieci, należy zastosować dodatkowe elementy półprzewodnikowe. W omawianym napędzie w nawrotniku zastosowano dodatkowo tyrystory. Ich połączenie pozwala prądowi podczas hamowania „omijać” mostek Gretza i zwracać energię do sieci. Zwracanie energii do sieci jest

możliwe jednak tylko przy jednej biegunowości napięcia. Budowanie układu pozwalającego na oddawanie energii dla obu biegunowości nie jest konieczne, gdyż „przebiegunowania” występują przede wszystkim w zajezdniach i na skrzyżowaniach. Struktura złożona z mostka prostowniczego i tyrystorów nie jest jednak rozwiązaniem doskonałym. Istnieje bowiem niebezpieczeństwo, że podczas hamowania z oddawaniem energii do sieci może nastąpić zwarcie odbieraków. Zagrożenie takie występuje szczególnie podczas przejazdu przez niektóre typy skrzyżowań. Przez załączone tyrystory popłynie wtedy prąd o dużej wartości, którego nie będzie można już wyłączyć aż do całkowitego rozładowania kondensatorów w falowniku, co z kolei doprowadza do wyłączenia napędu. Należy się przed tym zabezpieczyć i umożliwić kierowcy wyłączenie hamowania odzyskowego przed wjazdem na odcinek o innej polaryzacji zasilania lub przed przejazdem przez zwarcie tak, aby nie było możliwości zainicjowania przepływu prądu w tyrystorach.

Pomimo tych dodatkowych (w porównaniu z tramwajami) utrudnień trolejbusy nadal chętnie są użytkowane w niektórych dużych miastach. Zawdzięczają to swojej zwrotności, zdecydowanie większej niż w przypadku tramwajów, dającej możliwość omijania nieoczekiwanych przeszkód pojawiających się na trasie przejazdu. Szczególnie dotyczy to obszarów o gęstej zabudowie i wysokich budynkach, gdzie ulice bywają wąskie i kręte, ale potrzebna jest sieć komunikacji miejskiej o możliwie dużej przepustowości. W takich przypadkach, przy

ograniczonej możliwości naturalnej wymiany powietrza, użytkowanie zwykłych autobusów z typowym napędem spalinowym zagraża wręcz zdrowiu mieszkańców. W Polsce trolejbusy są nadal eksploatowane przez przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej w trzech miastach: Gdyni, Lublinie i w Tychach.

Z powyższego omówienia dotyczącego trolejbusów wynika, że nawet bezpośrednio podłączenie samochodu elektrycznego przewodami do źródła energii elektrycznej nie uwalnia nas od licznych problemów związanych z bezpieczną eksploatacją takich pojazdów w ruchu miejskim. W przypadku komunikacji miejskiej dobrym, kompromisowym rozwiązaniem będzie wprowadzenie na szeroką skalę autobusów z napędem hybrydowym (ale z zakazem używania silnika spalinowego na określonych odcinkach trasy – czyli w obszarach najbardziej zagrożonych smogiem) lub autobusów wyłącznie z napędem elektrycznym, typu BEV (czyli z akumulatorem okresowo doładowywanym), co pozwoli na zachowanie czystego powietrza i uwolnienie się od już niepotrzebnej wtedy sieci trakcyjnej, w sumie przecież nie tylko niezbyt praktycznej, ale i poważnie szpecącej wygląd miasta. ■

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

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

reklama

Darmowa e-prenumerata!

www.nis.com.pl



napędy i sterowanie miesięcznik naukowo-techniczny



Energetyka i kopalnictwo opali w Etiopii

Stefan Gierlotka

Etiopia należy do najuboższych krajów świata. Usytuowana jest wysoko nad poziomem morza i obejmuje bardzo zróżnicowane krajobrazy. Tu przebiega Wielki Rów Afrykański, stanowiący system wielu obniżen tektonicznych. Etiopia, licząca ponad 105 milionów mieszkańców, jest drugim pod względem liczby ludności państwem w Afryce. Stolicą jest Addis Abeba, którą zamieszkuje ponad 2,7 miliona mieszkańców. W Etiopii mówi się w języku Oromo i Amhara. Etiopskie dzieci uczą się w młodszych klasach języka plemiennego, a od szkoły średniej lekcje prowadzone są już w języku angielskim.

Główną religią wyznawaną w kraju jest chrześcijański Etiopski Kościół Ortodoksyjny. Wyznawcy tego Kościoła twierdzą, że są posiadaczami zaginionej biblijnej Arki Przymierza. Historia zaginięcia Arki Przymierza jest jedną z najbardziej tajemniczych opowieści biblijnych. Tradycja mówi, że syn królowej Saby i króla Salomona – Menelik, pierwszy cesarz Abisynii – wywiózł arkę z Jerozolimy do Etiopii. Legendarną Arkę przechowują w Aksum, mieście królowej Saby. Kult Arki Przymierza jest w etiopskim Kościele tak silny, że każda świątynia posiada jej replikę.

Inną ciekawostką religijno-architektoniczną są skalne świątynie w Lalibela. To zespół skalnych kościołów wykutych w litej skale, zarówno ich wnętrza, jak i bryła zewnętrzna. Świątynie wykuto w czerwonym tufie wulkanicznym, w XII wieku.

W Etiopii z jeziora Tana wypływa Nil Błękitny, który – łącząc się z Nilem Białym w Sudanie – tworzy Nil, najdłuższą rzekę na świecie. W pobliżu jeziora Tana na Nilu Błękitnym, obok wodospadu wysokiego na 42 m, wybudowano elektrownię wodną.

Aktualnie na Nilu Błękitnym, około 15 km na wschód od granicy z Sudanem, budowana jest duża zaporę i elektrownia wodna pod nazwą Wielka Tama Etiopskiego Odrodzenia. Po ukończeniu będzie największą elektrownią hydroelektryczną



Budowa elektrowni i Wielkiej Tamy Etiopskiego Odrodzenia

w Afryce, a także siódmą co do wielkości na świecie. Zbiornik po wybudowaniu tamy będzie napełniany wodą przez 15 lat. Budowie tamy od początku inwestycji sprzeciwiają się Sudan i Egipt. Kraje te twierdzą, że w okresie napełniania zbiornika wody Nilu Błękitnego zostaną na tamie zatrzymane, co zmniejszy ilość wody w Nilu. Spowoduje to brak wylewów w dolnym Nilu, potrzebnych rolnictwu do nawadniania upraw. Egipt uważa, że zalewanie tamy doprowadzi do wyschnięcia Jeziora Namera nad Tamą Asuańską w Egipcie.

Wytwórczość energii elektrycznej w Etiopii oparta jest głównie o hydroelektrownie, których moc zainstalowana stanowi 89,5% krajowej mocy dyspozycyjnej. Oprócz elektrowni wodnych energię wytwarzają farmy wiatrowe, fotowoltaika oraz geotermia. Istnieje 7 elektrowni napędzanych olejem napędowym, ale wszystkie stanowią zasilanie rezerwowe podczas stanów awaryjnych.



Aksum – miejsce przechowywania Arki Przymierza



Sieć energetyczna

Pomimo dobrze zorganizowanej wytwórczości energii elektrycznej, zwłaszcza z hydroelektrowni, tylko 65% mieszkańców Etiopii ma dostęp do sieci elektrycznej. Około 35% ludności w południowej Etiopii nie jest podłączona do sieci energetycznej. Znacznie lepiej jest zelektryfikowana północna część kraju. Miejskie i wiejskie napowietrzne linie przesyłowe wykonane są na słupach z drewna eukaliptusowego. Na konstrukcjach drewnianych budowane są stacje transformatorowe, które czę-



Słup elektryczny jako konstrukcja nośna budynku mieszkalnego

sto są instalowane tak nisko, że istnieje możliwość swobodnego dotyku przewodów i zacisków transformatora. Ponieważ często występują przerwy w dostawie prądu, wiele hoteli i instytucji posiada swój własny rezerwowy spalinowy generator.

Część południowa kraju, na południe od Addis Abeby z uwagi na rozległe tereny sawanny jest bardzo słabo zelektryfikowana. Od strony Somalii na południowym wschodzie nie ma większych elektrowni. Południe kraju

w większości zamieszkuje na sawannach ludność plemienna, zajmująca się rolnictwem i pasterstwem. Nie posiadają dostępu do sieci elektrycznej. Ciekawostką jest, że mimo tak biednego kraju, na południu eksploatowana jest nowoczesna linia przesyłowa prądu stałego o napięciu 500 kV. Stacja przekształtnikowa prądu przemiennego na prąd stały o napięciu 500 kV znajduje się w Sodo, około 300 kilometrów na południowy zachód od Addis Abeby. Linia przesyłowa prądu stałego, dwuprzewodowa w układzie wiązkowym, poprowadzona jest przez sawannę od miejscowości Sodo do odległej o 400 kilometrów miejscowości Moyale na granicy z Kenią. Linia stanowi zasilanie północnych rejonów sąsiadującej Kenii. Aktualnie jest wydłużana dalej na południe Kenii do projektowanej długości 1040 km. Nadwyżka energii elektrycznej z etiopskich hydroelektrowni jest przesyłana do Kenii, która w północnej części nie posiada elektrowni.

Górnictwo kopalin energetycznych w Etiopii nie istnieje. Najatrakcyjniejszą kopaliną pozyskiwaną w północnej Etiopii są opale i szafiry, o wysokiej jakości jubilerskiej. Wysoka jakość opali etiopskich uczyniła kraj drugim po Australii, największym ich ośrodkiem wydobywczym.

W Etiopii złoża krystalicznego opalu znajdują się w rejonie Wegel Tena, około 500 km na północ od Addis Abeby. Geologicznie obszar stanowią ułożone poziomo warstwy pochodzenia wulkanicznego, w których przemiennie występują warstwy bazaltowe i ryolitowe. Złoże opalonośne o grubości do 1 m znajduje się na wysokości około 3200 metrów n.p.m. Opal etiopski występuje między ziarnami materiału wulkanicznego lub wypełnia pęknięcia i ubytki w skale. Opal wydobywany jest krótkimi wyrobiskami chodnikowymi prowadzonymi w pokładzie na zboczu góry. Eksploatowany pokład opalonośny posiada strukturę skał luźno związanych i ich urabialność nie wymaga



Linia prądu stałego 500 kV na południu Etiopii



Kopalnictwo szafirów w Etiopii

dużego nakładu pracy. Prace wydobywcze prowadzone są ręcznymi narzędziami. Górnicy pracujący przy wydobywaniu opali stanowią kilkunastoosobowe grupy, tworzące zazwyczaj spółki rodzinne.

Drugim wydobywanym w Etiopii kamieniem szlachetnym są szafiry. Złoża żwirowe, w których znajdują się szafiry i rubiny, znajdują się na północ od Aksum, w kierunku Erytrei. Używając łopat i kilofów, górnicy kopią kilkumetrowe doły, zagłębiając się do warstwy żwirowej. Żwir jest wydobywany na powierzchnię i rozsypywany obok wykopu, gdzie ręcznie poszukuje się w nim występujących szafirów i rubinów. Szafiry etiopskie charakteryzują się kolorem ciemnozielono-niebieskim z różnorodnymi inkluzjami. Prace górnicze i wyszukiwanie w żwirze cennych minerałów wykonują załogi kilkunastoosobowe, stanowiące spółki rodzinne lub koleżeńskie.

Wydobycie kamieni szlachetnych w Etiopii nie jest regulowane prawami koncesyjnymi. Lokalni górnicy, czyli mieszkańcy najbiedniejszych wiosek, szybko zauważyli szansę na poprawę sytuacji materialnej, porzucając rolnictwo na rzecz wydobywania minerałów o wartości jubilerskiej. Największy zysk ze sprzedaży minerałów należy nie do górników, ale do pośredników toczących walki o dostęp do pierwokupu wydobywanego surowca.

 Stefan Gierlotka

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

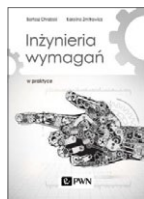
BIBLIOTEKA



Michael Swaine
Programowanie funkcyjne.
Poznaj: Clojure, Elixir, Haskell, Scala, Swift
Wydawnictwo Naukowe PWN
Rok wydania: 2020

Programowanie funkcyjne jest jednym z głównych paradygmatów programowania. W rozmowach o programowaniu funkcyjnym zawsze pojawiają się określone pojęcia i zagadnienia. Rekurencja. Leniwe obliczenia. Przezroczystość odwołań. Eliminowanie efektów ubocznych. Funkcje jako obiekty pierwszej klasy. Funkcje wyższego poziomu. Rozwijanie (*currying*). Dopasowywanie wzorców. W książce *Programowanie funkcyjne. Poznaj: Clojure, Elixir, Haskell, Scala, Swift* autorzy poruszają wszystkie te zagadnienia, spoglądając na nie z perspektywy pięciu różnych języków programowania.

Ale programowanie funkcyjne to nie jest podejście typu „wszystko albo nic”. Całkiem sensowne jest napisanie kodu imperatywnego, który wykorzystuje niektóre techniki funkcyjne, praktyki i struktury danych. Do przyjęcia jest mieszanie i dopasowywanie stylów, a niektóre języki programowania są wręcz zaprojektowane do budowy hybrydowej, pozwalając na korzystanie ze stylu, który najlepiej pasuje do bieżących potrzeb użytkownika. W książce *Programowanie funkcyjne. Poznaj: Clojure, Elixir, Haskell, Scala, Swift* autorzy analizują te różne podejścia, a czytelnicy sami mogą zdecydować, co im najbardziej odpowiada.



Bartosz Chrabski, Karolina Zmitrowicz
Inżynieria wymagań w praktyce
Wydawnictwo Naukowe PWN
Rok wydania: 2015

Powodem napisania książki było rosnące zainteresowanie dziedziną inżynierii wymagań i zagadnień z nią bezpośrednio związanych, jak modelowanie biznesowe czy zarządzanie projektem.

Istniejące książki i publikacje z reguły koncentrują się na wybranych aspektach czy narzędziach inżynierii wymagań, brak jest natomiast publikacji opisujących całościowo proces inżynierii wymagań, jego kontekst w wytwarzaniu produktu, czynności i ich praktyczne zastosowanie, możliwe ryzyka i sposoby ich uniknięcia.

Książka skierowana jest do osób zawodowo zajmujących się analizą biznesową i systemową, odpowiedzialnych za jakość oprogramowania i systemów oraz architektów czy kierowników projektów, jak również osób pragnących zrozumieć wyzwania związane z inżynierią wymagań i jej powiązania z innymi procesami w ogólnym procesie wytwarzania produktu.

Z książki dowiesz się: jak zarządzać wymaganiami w różnych projektach od formalnych po zwinne (ang. *Agile*); jak przekładać język

i potrzeby biznesu na ich realizację w systemach informatycznych; jak łatwo weryfikować możliwość realizacji wymagań przed rozpoczęciem projektu; jak zadawać pytania klientowi, aby uniknąć problemów na końcu projektu.

Powinieneś znać: podstawowe zagadnienia inżynierii oprogramowania; podstawowe zagadnienia zarządzania projektami informatycznymi; realia pracy z klientami i wyzwania z tym związane.



Cathleen Shamieh
Elektronika dla bystrzaków
Wydawca: Helion
Rok wydania: 2020

Dowiedz się, jak: sterować przepływem prądu za pomocą rezystorów, kondensatorów i półprzewodników, czytać schematy układów elektronicznych, mierzyć natężenie, napięcie i opór prądu, tworzyć miniaturowe klawiatury, błyskające lampy LED do roweru, alarmy i wiele więcej.

Ta bogato ilustrowana kolorowymi schematami i zdjęciami książka zawiera szczegółowe instrukcje, jak przeprowadzać eksperymenty objaśniające zasadę działania różnych elementów elektronicznych, porady na temat sposobu posługiwania się podstawowymi narzędziami oraz ciekawe projekty, które można wykonać w pół godziny. Rozdział po rozdziale będziesz czuć przyływ energii, dzięki której przetworzysz teorię w praktykę!

Podstawy układów elektronicznych – dowiesz się, czym jest napięcie prądu, gdzie prąd może (a gdzie nie może) płynąć, oraz jak w układach jest wykorzystywana moc.

Najważniejsze elementy elektroniczne – dowiesz się, jak za pomocą rezystorów, kondensatorów, cewek indukcyjnych, diod i tranzystorów można panować nad prądem elektrycznym.

Wszechstronne układy – dowiesz się, jak przy użyciu analogowych i cyfrowych układów scalonych zrealizować wartościowy projekt, wykorzystując tylko kilka elementów.

Analiza obwodów – poznasz prawa rządzące napięciem i natężeniem prądu elektrycznego oraz nauczysz się je wykorzystywać.

Porady dotyczące bezpieczeństwa – dowiesz się, jak chronić siebie i swoje układy przed uszkodzeniem.

Otwórz tę książkę i odkryj:

- jak drobne elementy zmieniają właściwości prądu;
- praktyczny przewodnik po popularnych elementach elektronicznych;
- jak ważne są prawa Ohma i inne prawa;
- w jaki sposób tranzystory wzmacniają i przełączają prąd;
- co potrafi układ czasowy 555 (a potrafi naprawdę dużo!);
- podstawy elektroniki cyfrowej;
- szczegółowe instrukcje budowy obwodów elektronicznych;
- zabawne projekty, które można szybko samodzielnie wykonać.

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (249) Styczeń	PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D	<ul style="list-style-type: none"> • Efektywność w górnictwie • Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne • Systemy mechatroniczne • Monitoring i systemy sterowania • Utrzymanie ruchu • Automatyzacja transportu szynowego • Efektywność w energetyce • Napędy • Oleje, środki smarne
2 (250) Luty	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo sieci przemysłowych • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Hydraulika siłowa
3 (251) Marzec	AUTOMATYKA I ROBOTYKA	<ul style="list-style-type: none"> • Nowe technologie • Roboty przemysłowe • Termowizja • Aparatura kontrolno-pomiarowa • Systemy mechatroniczne
4 (252) Kwiecień	BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulika w technice mobilnej • Sterowanie procesami • Efektywność energetyczna • Systemy transportowe • Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych • Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji • Przesył energii • Cyberbezpieczeństwo
5 (253) Maj	TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY	<ul style="list-style-type: none"> • Maszyny i napędy elektryczne • Technologie przyrostowe 3D • Napędy hybrydowe • Diagnostyka i kontrola urządzeń • Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – Industrial Internet of Things)
6 (254) Czerwiec	PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Termowizja, monitoring, układy regulacji • Inteligentny budynek • Robotyka • Oprogramowanie, sieci przemysłowe • Systemy informatyczne
7/8 (255/256) Lipiec/sierpień	SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO	<ul style="list-style-type: none"> • Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym • Inteligentne układy zasilania, sterowania • Diagnostyka • Nowe technologie • Silniki elektryczne • Transformatory
9 (257) Wrzesień	AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM	<ul style="list-style-type: none"> • Efektywność w energetyce • Automatyka w przemyśle maszynowym • Układy regulacji automatycznej • Systemy transportowe • Maszyny i napędy elektryczne • Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu
10 (258) Październik	HYDRAULIKA, PNEUMATYKA I STEROWANIE	<ul style="list-style-type: none"> • Przemysł 4.0 • Diagnostyka • Inteligentne układy zasilania • Systemy mechatroniczne • Bezpieczeństwo w przemyśle • Napędy hybrydowe i elektryczne • Oleje, środki smarne • Energia odnawialna
11 (259) Listopad	AUTOMATYZACJA PRODUKCJI	<ul style="list-style-type: none"> • Maszyny i napędy elektryczne • Oprogramowanie, sieci przemysłowe • Technika przemieszczeń liniowych i montażu • Roboty przemysłowe • Sterowniki PLC i systemy sterowania • Systemy transportowe • Innowacje wod.-kan.
12 (260) Grudzień	CYFRYZACJA W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO	<ul style="list-style-type: none"> • Bezpieczeństwo w przemyśle • Systemy mechatroniczne • Napędy elektryczne i hydrauliczne • Inteligentny budynek • Cyberbezpieczeństwo

TEMATYKA

napędy i sterowanie

miesięcznik
naukowo-
-techniczny

Nr 6 (254)

Rok XXII
Czerwiec 2020

- Przemysł maszynowy, innowacje
- Przemysł 4.0
- Termowizja, monitoring, układy regulacji
- Inteligentny budynek
- Robotyka
- Oprogramowanie, sieci przemysłowe
- Systemy informatyczne



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

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

1/2020 (249)

2/2020 (250)

3/2020 (251)

4/2020 (252)

5/2020 (253)

6/2020 (254)

7-8/2020 (255-256)

9/2020 (257)

10/2020 (258)

11/2020 (259)

12/2020 (260)

PRENUMERATA

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

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

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

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

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

lub za pośrednictwem:

- Wydawnictwa SIGMA NOT, tel./fax 22 840 35 89;
- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7⁰⁰–17⁰⁰)
www.prenumerata.ruch.com.pl, prenumerata@ruch.com.pl;
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,
www.kolporter.com.pl, tel. 41 367 88 88.

**Enabling 3-D perception.
Reimagining LiDAR.
Minimizing costs.**

**R2300
Skaner 3-D LiDAR**

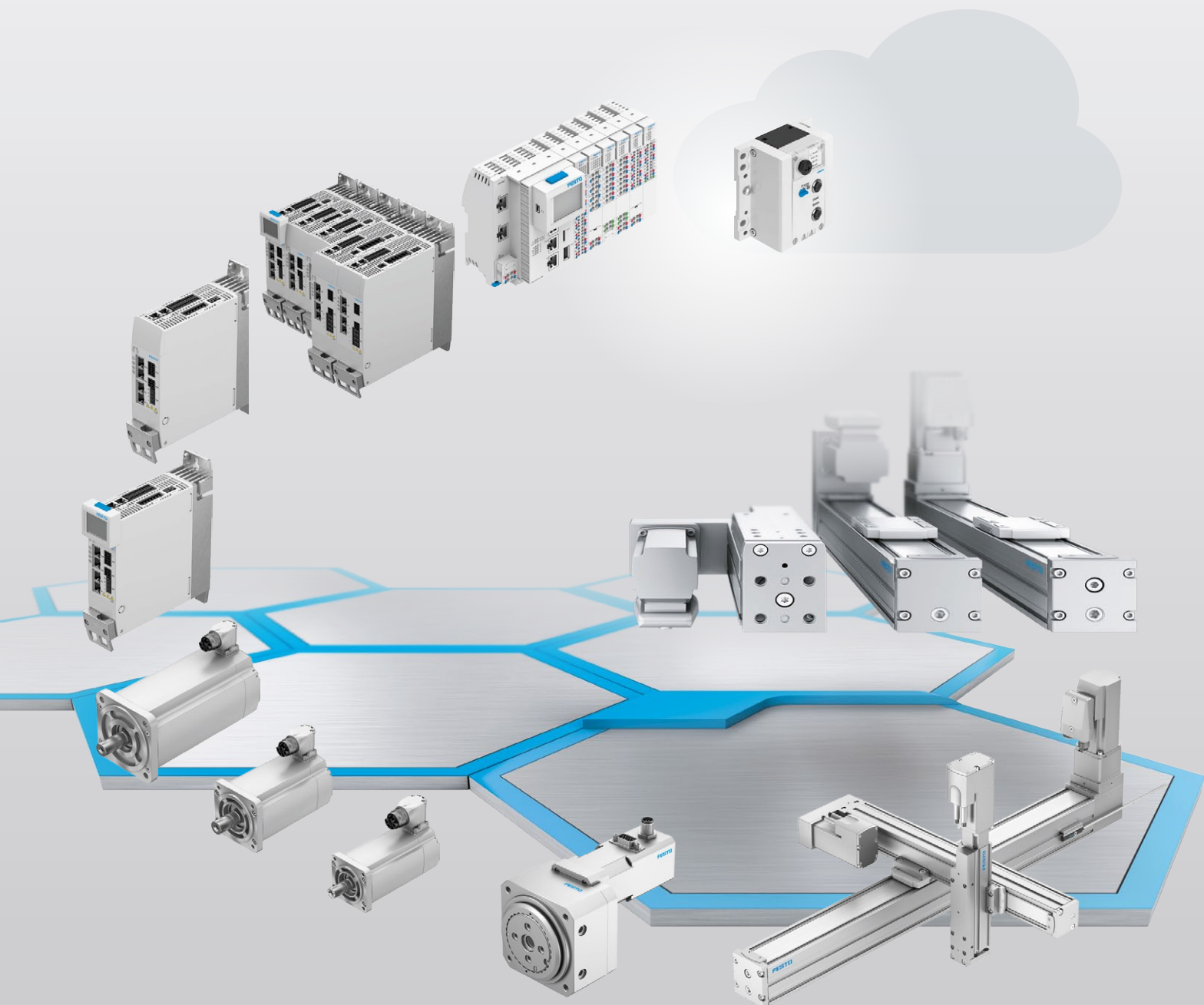
- Cztery warstwy skanowania do niezawodnego pomiaru 3D
- Wysoka częstotliwość próbkowania i mała plamka świetlna dla wysokiej precyzji
- Zintegrowany laser pilotujący można włączyć, aby uprościć instalację i uruchomienie

www.pepperl-fuchs.com/pr-R2300



Platforma automatyzacji

FESTO



Zintegrowana platforma do automatyzacji elektrycznej oznacza bezproblemowe połączenie: systemów elektromechanicznych, silników i napędów serwo po kompletne systemy pozycjonowania, rozwiązania sterowania ruchem, a także kompletne systemy manipulacyjne. Zgodność z koncepcją Przemysłu 4.0 i rozwiązaniami w chmurze.

Więcej informacji: www.festo.com/ea