

# napędy i sterowanie

miesięcznik  
naukowo-  
-techniczny

Nr 6 (278)

Rok XXIV  
Czerwiec 2022

ISSN 1507-7764  
Indeks 36018X

Cena: 21,60 zł  
(w tym 8% VAT)

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



## Panel Utrzymania Ruchu diagnostyka falowników

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

**SEW**  
EURODRIVE

Numer, miesiąc wydania	Temat przewodni numeru	Uzupełnienie tematyki
1 (273) Styczeń	<b>AUTOMATYKA I ROBOTYKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Termowizja</li> <li>• Aparatura kontrolno-pomiarowa</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Odnawialne źródła energii</li> <li>• Maszyny budowlane, pojazdy i sprzęt specjalistyczny</li> </ul>
2 (274) Luty	<b>EFEKTYWNOŚĆ W ENERGETYCE TECHNOLOGIA DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Automatykacja produkcji</li> <li>• Bezpieczeństwo sieci przemysłowych</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Hydraulika siłowa</li> </ul>
3 (275) Marzec	<b>PRZEMYSŁ 4.0 TECHNOLOGIE 3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w górnictwie</li> <li>• Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Monitoring i systemy sterowania</li> <li>• Utrzymanie ruchu</li> <li>• Automatykacja transportu szynowego</li> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Napędy</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Energetyka odnawialna</li> </ul>
4 (276) Kwiecień	<b>BEZPIECZEŃSTWO W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techniki pakowania i opakowań, systemy ważące i dozujące</li> <li>• Systemy znakujące, RFID i kontroli w przemyśle</li> <li>• Hydraulika w technice mobilnej</li> <li>• Sterowanie procesami</li> <li>• Efektywność energetyczna</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Wytwarzanie energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych</li> <li>• Maszyny i urządzenia dla wodociągów i kanalizacji</li> <li>• Przesył energii</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>
5 (277) Maj	<b>TERMOWIZJA, MONITORING, POMIARY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Technologie przyrostowe 3D</li> <li>• Napędy hybrydowe</li> <li>• Diagnostyka i kontrola urządzeń</li> <li>• Przemysłowy Internet Rzeczy (IIoT – Industrial Internet of Things)</li> </ul>
6 (278) Czerwiec	<b>PRZEMYSŁ MASZYNOWY, INNOWACJE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termowizja, monitoring, układy regulacji</li> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Robotyka</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Systemy informatyczne</li> </ul>
7/8 (279/280) Lipiec/sierpień	<b>SYSTEMY AUTOMATYZACJI W GÓRNICTWIE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyfryzacja w ciągu produkcyjnym</li> <li>• Inteligentne układy zasilania, sterowania</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Nowe technologie</li> <li>• Silniki elektryczne</li> <li>• Transformatory</li> </ul>
9 (281) Wrzesień	<b>AUTOMATYKA W ENERGETYCE AUTOMATYKA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektywność w energetyce</li> <li>• Automatyka w przemyśle maszynowym</li> <li>• Układy regulacji automatycznej</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu</li> <li>• Utrzymanie ruchu w przemyśle</li> </ul>
10 (282) Październik	<b>INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA PRZEMYSŁOWE PRZEMYSŁ 4.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulika, pneumatyka i sterowanie</li> <li>• Diagnostyka</li> <li>• Inteligentne układy zasilania</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Napędy hybrydowe i elektryczne</li> <li>• Oleje, środki smarne</li> <li>• Energia odnawialna</li> </ul>
11 (283) Listopad	<b>AUTOMATYZACJA PRODUKCJI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maszyny i napędy elektryczne</li> <li>• Oprogramowanie, sieci przemysłowe</li> <li>• Technika przemieszczeń liniowych i montażu</li> <li>• Roboty przemysłowe</li> <li>• Sterowniki PLC i systemy sterowania</li> <li>• Systemy transportowe</li> <li>• Innowacje wod.-kan.</li> </ul>
12 (284) Grudzień	<b>CYFRYZACJA W PRZEMYŚLE AUTOMATYZACJA TRANSPORTU SZYNOWEGO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligentny budynek</li> <li>• Bezpieczeństwo w przemyśle</li> <li>• Systemy mechatroniczne</li> <li>• Napędy elektryczne i hydrauliczne</li> <li>• Cyberbezpieczeństwo</li> </ul>

**Adres redakcji:**  
47-400 Racibórz  
ul. Środkowa 5  
tel. 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. 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. 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl
- Patrycja Hosztycka  
tel. 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

**Dział prenumerat:** Norbert Klencz  
tel. 502 132 515 • 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 Homišin
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- dr hab. inż. Grzegorz Karoń
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- prof. zw. dr hab. inż. Adam Klich
- dr hab. inż. Roman Krok
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- dr inż. Jacek Paraszczak
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski
- dr hab. inż. Krzysztof Pietrusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog
- prof. Jacek S. Stecki
- dr hab. inż. Michał Stosiak
- dr inż. Zbigniew Szulc
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak
- dr inż. Grzegorz Wiciak

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

**Wydawca:** Wydawnictwo Druk-Art SC  
47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

#### Patronat honorowy:



Institut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



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

## Szanowni Państwo!

Każdy z nas czegoś się boi. Mniej lub bardziej skrywane obawy głęboko zakorzenione w człowieku tylko potwierdzają ostrożną, skoncentrowaną na własnym ego naturę ludzką. Lęki charakterystyczne są nie tylko dla jednostki, ale i mas, które bronią – mniej lub bardziej świadomie, ale zawsze w poczuciu zgodnego z „wola” ogółu – wspólnego interesu.

Jak więc wielkiej dojrzałości, a jednocześnie umiejętności powstrzymywania czasem w panice okazywanego strachu wymaga zdolność patrzenia z dystansem na sprawy ponadpartykularne.

To z pewnością uproszczony, bo skoncentrowany na emocjach obraz obaw, jaki przyniosła sytuacja w Europie. Zróżnicowanie interesów, kryzysy gospodarcze, a także problemy polityczne wynikające z wojny na Ukrainie oczywiście nie pozostają bez wpływu na ogólną sytuację w Unii, a tym samym na sytuację ekonomiczną skupionych w niej państw. Tymczasem bez silnej Wspólnoty, jednomyslniej w poczuciu własnej koegzystencji, a jednocześnie niezależnej gospodarczo oraz szanującej odrębności i wolności społeczeństw nie można mówić o rozwoju. A jego zastój to początek końca ideałów jedności Starego Kontynentu. Uzewnętrzanie słabości w krajach wysoko uprzemysłowionych powinno utwierdzać nas, Polaków, w przekonaniu, że nie sami dajemy odpór przeciwnościom. Jakże w tej sytuacji aktualna wydaje się maksyma: „Co nas nie zniszczy, to nas umocni”.

Większość z nas zadaje sobie pytanie, czy zła passa już za nami czy może dopiero przed nami? W majowych danych nie widać jeszcze wyraźnego spowolnienia. Z pewnością zadowolająco, a nawet – po okresie pesymistycznych prognoz i powszechnego zniechęcenia – wręcz dość optymistycznie przedstawiają się liczby, jakie podaje GUS, który rozpoczął publikację kluczowych wskaźników gospodarczych ze strefy realnej za maj: produkcja przemysłowa wzrosła w maju o 15,0 proc. w ujęciu rocznym i o 1,4 proc. miesiąc do miesiąca. To wyraźny skok w porównaniu do kwietniowego odczytu (13 proc.), ale odczyt jest nieznacznie niższy od konsensusu rynkowego (15,2 proc.). Dalej rosną też ceny producentów. W maju dynamika inflacji PPI sięgnęła 24,7 proc.

w ujęciu rocznym. Przed miesiącem było to 23,3 proc.

W perspektywie dalszych odczytów inflacji konsumenckiej ważna jest ostatnia publikacja GUS dotycząca inflacji producentckiej. Ta wzrosła w maju o 24,7 proc. przy czym koszty producentów z pewnym opóźnieniem przekładają się na ceny konsumentów.

Czy w majowych danych GUS widać już hamowanie gospodarki? Wojna wywołana przez Rosję, załamanie w handlu ze Wschodem – z opóźnieniem znajdują odzwierciedlenie w danych makroekonomicznych.

– Spadek majowego indeksu PMI poniżej 50 punktów, w tym gorsze wyniki w zakresie nowych zamówień i poziomu produkcji, sugerują, że nastąpi to już w najbliższych miesiącach. Jednocześnie cały czas utrzymuje się presja na wzrost cen producentów – oceniają z kolei ekonomiści ING Banku Śląskiego.

We wszystkich głównych grupowaniach przemysłowych w maju br. odnotowano jednak wzrost produkcji w skali roku. Najbardziej zwiększyła się produkcja dóbr inwestycyjnych – o 23,0 proc., dóbr związanych z energią – o 18,1 proc., dóbr konsumpcyjnych nietrwałych – o 14,0 proc. oraz dóbr zaopatrzeniowych – o 12,7 proc. W mniejszym stopniu zwiększyła się produkcja dóbr konsumpcyjnych trwałych – o 1,7 proc.

W przekonaniu, że siła leży w świadomości i wiedzy, zachęcam Państwa do lektury m.in. fachowych publikacji naukowych: artykułu pt. *Propagacja fal elektromagnetycznych w układach zamkniętych* – autorstwa Agnieszki Choroszucho, Jakuba Tyimińskiego, Damiana Orzechowskiego, Gabrieli Druć oraz artykułu *Struktury włókiennicze chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)* – Błażeja Wiśniewskiego i Katarzyny Śledzińskiej.

Zapraszam do lektury

Katarzyna Zając  
redaktor naczelna





**Str. 12**

Panel operator HMI Weintek cMT2108X2



**Str. 13**

Czujnik BCM: monitorowanie stanu ze zintegrowanym przetwarzaniem danych



**Str. 15**

Proline Promag W 800: zasilany bateryjnie przepływomierz elektromagnetyczny z dostępem do chmury



**Str. 16**

Panel Utrzymania Ruchu firmy SEW-Eurodrive

## CO W NUMERZE

- 6 Nowości techniczne
- 74 Zestawienie firm
- 77 Biblioteka

## Nauka

- 38 100-lecie powstania fabryki w Żychlinie. Początki przemysłu maszyn elektrycznych w Polsce do 1939 roku  
J. Hickiewicz, P. Rataj, P. Sadłowski
- 46 Struktury włókiennicze chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)  
B. Wiśniewski, K. Śledzińska
- 52 Układ i program do badania charakterystyki magnetycznej i stratności blach (SST-H)  
T. Lerch, M. Rad, W. Rams
- 56 Historia rozwoju przetworników elektromechanicznych  
T. Glinka
- 68 Propagacja fal elektromagnetycznych w układach zamkniętych  
A. Choroszucho, J. Tymiański, D. Orzechowski, G. Druć

## Technologie i produkty

- 11 Zastosowanie w bateryjnych magazynach energii. Dwukierunkowy przekształtnik energoelektroniczny AC/DC typu BSI1000  
Z. Gołębiewski - Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.
- 12 Panel operator HMI Weintek cMT2108X2  
Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.
- 13 Czujniki BCM0002 firmy Balluff zostały wyróżnione nagrodą „Produkt Roku 2021” w kategorii: produkt innowacyjny. Czujnik BCM: monitorowanie stanu ze zintegrowanym przetwarzaniem danych  
Balluff
- 14 ELMODIS Sp. z o.o. System Elmodis  
ELMODIS Sp. z o.o.
- 15 Proline Promag W 800: zasilany bateryjnie przepływomierz elektromagnetyczny z dostępem do chmury  
Endress+Hauser
- 16 Panel Utrzymania Ruchu firmy SEW-Eurodrive  
SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
- 18 SPIROL uruchamia nową stronę internetową  
SPIROL Poland



**Str. 18**

SPIROL uruchamia nową stronę internetową

**20 Smart home na wakacje – hit czy kit?**

M. Szuper – FINDER Polska Sp. z o.o.

**23 3 x naj: najnowszy, najmniejszy, najtańszy falownik SXD1000. Cz. 2**

TERM Tomasz Sobczak

**26 Ekspert radzi: UPS w przemyśle**

EVER Sp. z o.o.

**28 Nowoczesne napędy w produkcji i przetwórstwie mleka**

NORD Napędy

**30 Kable i przewody ery 4.0**

M. Trajdos – HELUKABEL Polska Sp. z o.o.



**Str. 20**

Smart home na wakacje – hit czy kit?

## Informacje branżowe

**7 Konkurs rozstrzygnięty!**

K. Zając

**25 ROBOGRANT – dotacje dla branży meblarskiej**

A. Szymczak – MS-CONSULTING

**33 Targi pełne inspiracji**

**34 XII Międzynarodowa Konferencja TECHNIKI URABIANIA „TUR 2022”**

**35 Przyszłość OZE małuje się w jasnych barwach. Solar Energy Expo 2022 za nami**

**36 Międzynarodowe Targi EXPO Katowice 6–9 września 2022 r.**

Zielone wyspy energii w nieczynnych kopalniach



**Str. 28**

Nowoczesne napędy w produkcji i przetwórstwie mleka

## Indeks reklam

▷ ABUS.....	43	▷ Multiprojekt Automatyka.....	12
▷ Balluff.....	13	▷ NORD Napędy.....	29
▷ Cantoni Group.....	6, 39	▷ NOWIMEX.....	49
▷ ELMODIS.....	14	▷ Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych – PEMINE.....	35
▷ EMERSON.....	53	▷ Robotyka.pl.....	45
▷ Endress+Hauser.....	15	▷ RS Components.....	80
▷ EVER.....	27	▷ SEW Eurodrive.....	1
▷ EXPO KATOWICE.....	37	▷ SPIROL.....	6, 19
▷ FINDER Polska.....	21	▷ STAUFF Polska.....	41
▷ HELUKABEL Polska.....	30	▷ TAROPAK.....	24
▷ HYDAC.....	47	▷ TERM Tomasz Sobczak.....	23
▷ MS-CONSULTING.....	25	▷ TUR 2022.....	34
		▷ Zakład Energoelektroniki TWERD.....	11

## NOWOŚCI TECHNICZNE

### Nowa seria silników przeciwwybuchowych ognioszczelnych (wg ATEX) w klasie sprawności IE3 (PREMIUM)

Celma Indukta S.A. (Grupa Cantoni) to wieloletni producent szerokiej gamy trójfazowych silników elektrycznych, w tym silników o konstrukcji przeciwwybuchowej przeznaczonych dla przemysłu górniczego i chemicznego. Uwzględniając ponad 70-letnie doświadczenie w produkcji silników Ex oraz biorąc pod uwagę nowe wymagania w zakresie minimalnego poziomu sprawności wynikające z Rozporządzenia Komisji (UE) 2019/1781 & 2021/341, Celma Indukta S.A. zaprojektowała od podstaw, a następnie zaatestowała nową serię silników ognioszczelnych Ex db (eb) z zakresu 90–315, przeznaczonych dla przemysłu chemicznego w klasie sprawności IE3 – serię (E)cSTe(b).



Silniki nowej serii, oferowane w zakresie mocy do 200 kW, przeznaczone są do napędu urządzeń instalowanych w pomieszczeniach i przestrzeniach (strefa 1 lub 2), w których mogą powstać mieszaniny wybuchowe palnych gazów i par cieczy z powietrzem zaliczane do grupy IIC (uwzględnia również grupy IIA i IIB), klasy temperatury T5÷T1. Zapewniają wysoki stopień bezpieczeństwa – są urządzeniami kategorii 2G wg najnowszej Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX). Spełniają wymagania najnowszych edycji norm PN-EN 60034-1, PN-EN 60079-0, PN-EN 60079-1 i PN-EN 60079-7.

Aby uzyskać więcej informacji, prosimy o kontakt:

Cantoni Motor S.A., [motor@cantonigroup.com](mailto:motor@cantonigroup.com), tel. 33 813 87 00 lub odwiedzić stronę: <https://www.cantonigroup.com/pl/page/aktualnosci>.

Na naszej stronie dostępny jest również nowy katalog silników ATEX Flameproof motors.

<https://www.cantonigroup.com/pl/page/do-pobrania-katalogi-silnikow>.

**Cantoni Group**  
[www.cantonigroup.com](http://www.cantonigroup.com)

### Nowa i ulepszona strona internetowa: SPIROL.com

W pierwszym kwartale tego roku SPIROL uruchomił swoją nową i ulepszoną stronę internetową: SPIROL.com. Nowa platforma jest zwięźszeniem ponad 74 lat wiedzy inżynierskiej i doświadczenia w dziedzinie mocowania, łączenia i montażu. SPIROL.com jest prosty w użyciu, przyjazny dla użytkownika i łatwy w nawigacji oraz umożliwia szybki kontakt się z globalnymi lokalizacjami firmy, uzyskanie pomocy technicznej, przesłanie zapytania ofertowego oraz kupowanie produktów za pośrednictwem zintegrowanego sklepu internetowego: Shop.SPIROL.com.



Nowa strona SPIROL.com dostępna jest w 10 językach i zawiera wyselekcjonowaną bazę dokumentów technicznych na temat elementów złącznych i montażowych, zapewniającą łatwy dostęp do katalogów produktów oraz przewodników na temat projektowania elementów złącznych w Twojej aplikacji, rysunków 2D/3D, filmów instruktażowych, inżynierskich dokumentów technicznych, przykładów aplikacji z różnych gałęzi przemysłu, jak również sekcję obejmującą często zadawane pytania.

Opublikowane na SPIROL.com przykłady aplikacji są pogrupowane w zależności od omawianego produktu, co ułatwia nawigację. Dodatkowo szeroki zasób dokumentów technicznych (tzw. *White Papers*) umożliwi zrozumienie wybranych produktów z inżynierskiego punktu widzenia. Strona zawiera również gotowe do pobrania certyfikaty jakości, takie jak IATF16949:2016, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, NADCAP czy też przyznawany niewielu dostawcom – certyfikat General Motors.

SPIROL.com zapewnia bardzo łatwą metodę nawiązania kontaktu z globalnym zespołem Inżynierów Aplikacji, aby nie tylko pomóc zaprojektować specjalne elementy złączne, ale także sformułować krytyczne zalecenia dotyczące współpracy między elementem złącznym a komponentami montażowymi. Wszystko to, by zapewnić, iż produkt będzie najlepiej dobrany oraz pozostanie efektywny przez cały zamierzony czas życia zespołu.

**SPIROL Poland**  
[spirol.com](http://spirol.com)

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

XVI edycja Konkursu miesięcznika

**napędy** miesięcznik naukowo-  
**i sterowanie** -techniczny

# PRODUKT ROKU 2021

## Konkurs rozstrzygnięty!

Katarzyna Zajac

Z dumą informujemy, że uhonorowaliśmy najlepsze wyroby i rozwiązania techniczne roku 2021, a tym samym konkurs na PRODUKT ROKU 2021 został rozstrzygnięty!

Konkurs tradycyjnie odbył się pod patronatem Katedry Automatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH, a projekty oceniane były przez grono niezależnych ekspertów z Akademii Górniczo-Hutniczej. Posiedzenie Komisji Konkursowej miało miejsce w maju br. w Katedrze Automatyki i Robotyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH w Krakowie.

Oceny produktów dokonało szanowne grono jury w składzie:

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

Przyjęte kryteria oceny to przede wszystkim poziom innowacyjności rozwiązania i zapotrzebowania rynku na produkt oraz wpływ na środowisko, spełnianie dyrektyw i norm. Istotne znaczenie przy wyborze najlepszych przedsięwzięć miały również: potencjał rozpowszechnienia, podnoszenie efektywności w działaniu i bezpieczeństwo. Spełnienie tych wymogów było podstawą dopuszczenia zgłoszonych produktów do udziału w Konkursie.

Spośród licznie zgłoszonych propozycji wybrano i uhonorowano 6 produktów, kolejne 6 produktów otrzymało wyróżnienia. Konkurs posłużył wyróżnieniu najlepszych produktów i rozwiązań technicznych z 2021 roku. Poprzez jego organizację zamierzamy promować myśl techniczną obecną na polskim rynku, jednocześnie honorując producentów i ich produkty, które wzbogacają ten rynek o nowoczesne rozwiązania.

Członkowie Komisji przyznali nagrody w każdej z pięciu niżej wymienionych kategorii:

### Nowe maszyny i technologie

**Zakład Energoelektroniki TWERD Sp. z o.o.**

Dwukierunkowy przekształtnik energoelektroniczny BSI1000

### Poprawa bezpieczeństwa

**Centrum Hydrauliki DOH Sp. z o.o.**

Stacja redukcyjno-zabezpieczająca PREREST-01/1

### Napędy i silniki

**Elmark Automatyka S.A.**

Serwonapędy UNITRONICS

### Systemy sterowania procesami i układami

**Multiprojekt Automatyka Sp. z o.o.**

Panel operatorski HMI cMT 2108X2

### Urządzenia pomiarowe i czujniki

**Balluff Sp. z o.o.**

Czujnik BCM0002

**ELMODIS Sp. z o.o.**

System akwizycji danych

Realizując konkursowe zamierzenia promowania produktów i rozwiązań na łamach pisma, na kolejnych jego stronach przybliżamy Czytelnikom nagrodzone produkty i rozwiązania, zachęcając tym samym Państwa już teraz do rozważenia wzięcia udziału w kolejnej edycji Konkursu.

Zwycięskie produkty na ilustracjach są oznaczone medalem, jaki został wręczony laureatom wraz z dyplomem. Oprócz nagród w postaci medalu i dyplomu laureaci otrzymali prawo do posługiwania się znakiem i hasłem „Produkt Roku 2021”.





## Balluff Sp. z o.o. BCM0002 (BCM R15E-002-DI00-01,5-S4)

Czujnik BCM służy do wskazywania anomalii w pracy napędów. Jego podstawową rolą jest praca ciągła i kontrola poziomu wibracji w długiej perspektywie czasowej. Na podstawie pomiarów można zbudować trend, który wskaże zmiany zachodzące w kondycji urządzeń podczas całego okresu eksploatacji. Czujnik mierzy wibracje w trzech osiach w zakresie od 2 do 3200 Hz oraz

warunki środowiskowe, takie jak temperatura, wilgotność i ciśnienie.

BCM posiada predefiniowane profile danych, m.in. pomiary wartości skutecznych i szczytowych prędkości wibracji, przyspieszenia wibracji oraz pomiar warunków środowiskowych, a także predefiniowane typy maszyn zgodne z normą ISO 10816-3.



Urządzenia pomiarowe i czujniki

## ELMODIS Sp. z o.o. System Elmodis

System Elmodis jest inteligentnym rozwiązaniem do monitorowania stanu technicznego urządzeń wirnikowych napędzanych silnikami elektrycznymi. System w oparciu o pomiar prądu i napięcia z linii zasilających silnika elektrycznego, w połączeniu z innymi parametrami fizycznymi (ciśnieniem, temperaturą), tworzy wiarygodne, dokładne informacje pozwalają-

ce na podejmowanie lepszych decyzji operacyjnych i serwisowych. Urządzenia brzegowe z wbudowanymi zaawansowanymi algorytmami uczenia maszynowego mierzą, integrują i przetwarzają dane w czasie rzeczywistym, a następnie przesyłają kluczowe wskaźniki do serwera w chmurze, gdzie odbywa się przetwarzanie AI i generowanie raportów.



Urządzenia pomiarowe i czujniki

## Bosch Rexroth Sp. z o.o. Zasilacz hydrauliczny CytroBox

Zasilacz hydrauliczny CytroBox łączy niewielkie wymiary i kompaktową budowę. Dotyczy to także zbiornika ze zoptymalizowanym odgazowaniem i przepływem. Dzięki symulacji CFD objętość oleju udało się ograniczyć o 75% - z 600 do zaledwie 150 litrów. Chłodzone wodą silniki synchroniczne o wysokiej wydajności są nawet

o 80% mniejsze w porównaniu do silników asynchronicznych.

Poziom hałas generowanego przez zasilacz hydrauliczny CytroBox nie przekracza 75 dB (A) - nawet przy pełnym obciążeniu. Podobne jednostki zasilające emitują hałas na poziomie 85 dB (A).



Wyróżnienie redakcji

## Centrum Naukowo-Przemysłowe EMAG S.A. Badawcza linia do wytwarzania paliwa kompozytowego

Zgłoszenie dotyczy nowoczesnej badawczej linii technologicznej do wytwarzania niskoemisyjnego, kompozytowego paliwa stałego. Linia ta wyposażona jest w: zestaw zbiorników i automatycznych dozowników, młyny, mieszalnik, prasę z wymiennymi walcami umożliwiającymi

wytworzenie brykietu o różnej objętości, układ suszenia, zestaw przenośników, aparaturę kontrolno-pomiarową i automatykę. Linia umożliwia płynną zmianę parametrów procesu w zależności od zmieniających się właściwości surowca, co dodatkowo ją wyróżnia.



Wyróżnienie redakcji











**Wyróżnienie redakcji**

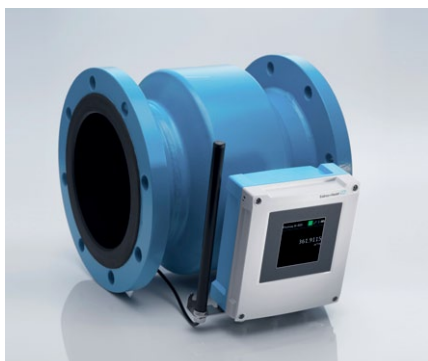
# Proline Promag W 800: zasilany bateryjnie przepływomierz elektromagnetyczny z dostępem do chmury

Wiarygodny i bezobsługowy pomiar przepływu wody pitnej oraz procesowej. Idealny do montażu w miejscach trudno dostępnych bez możliwości skorzystania z energii elektrycznej.

Wydobycie wody zwykle odbywa się w miejscach odległych, gdzie nie ma możliwości zasilania urządzeń pomiarowych lub infrastruktury do transmisji danych. Właśnie z myślą o takich zastosowaniach inżynierowie Endress+Hauser zaprojektowali przepływomierz Promag W 800. Zapewnia on długoterminową i bezobsługową pracę – nawet do 15 lat na jednym ogniwie – a także łączność bezprzewodową za pośrednictwem sieci komórkowej.

Promag W 800 nie tylko gwarantuje niezawodny monitoring sieci wodociągowych, ale również pomaga w optymalizacji i ich konserwacji. Urządzenie umożliwia wykrywanie nieszczelności w rurociągach. Przepływomierz ten powstał z myślą o pomiarach wody surowej z jezior, rzek czy ujęć podziemnych, pozwala na monitoring wody pitnej i procesowej, jak również ma możliwość zastosowania w rozliczeniowych sieciach dystrybucyjnych.

Promag W 800 posiada podświetlany wyświetlacz, a dzięki łączności bezprzewodowej Bluetooth możliwe jest wykorzystanie aplikacji SmartBlue do konfiguracji oraz monitoringu szczegółowych danych pomiarowych i eksploatacyjnych w miejscu montażu. Przepływomierz posiada również sze-



reg dopuszczeń dla wody pitnej, m.in. PZH, KTW/W270, WRAS BS6920, ACS i NSF 61.

## Cechy wyróżniające Promag W 800

- Wiarygodny monitoring przepływu z maksymalną niepewnością pomiarową  $\pm 0,5\%$ .
- Pomiary rozliczeniowe zgodne z regulacjami prawnymi.
- Rzetelny monitoring najważniejszych zmiennych procesowych, m.in. objętość wody, przepływ całkowity, wartości graniczne itp.
- Precyzyjne wykrywanie wycieków, np. wody obiegowej (między dwoma punktami pomiarowymi) lub poprzez monitoring spadków ciśnienia.

## Bezpieczny dostęp i łączność bezprzewodowa

Przetworniki Proline 800 wyposażono we wszystkie niezbędne elementy, by zapewnić ciągłość komunikacji bez stałego zasilania: energooszczędny układ elektroniczny odpowiedzialny za pomiar, pojemny akumulator, pamięć do przechowywania danych pomiarowych oraz moduł łączności bezprzewodowej (LTE Cat M1, LTE Cat NB1 i EGPRS). Dzięki temu możliwe jest zdalne odczytanie danych pomiarowych. Użytkownik może wykorzystać do tego celu szereg narzędzi udostępnianych przez Endress+Hauser. Jednym z nich jest aplikacja Netilion Value, zapewniająca łatwy dostęp do najważniejszych danych pomiarowych urządzenia. Bardziej zaawansowaną opcją jest Netilion Water Network Insights – rozwiązanie chmurowe do zarządzania rozległymi sieciami rurociągów. Wykorzystując własną kartę SIM, użytkownik może



zintegrować przepływomierz Promag W 800 ze swoim systemem SCADA.

## Heartbeat Technology – niezawodność i wiarygodność pomiaru

Promag W 800 jest wyposażony w zintegrowane algorytmy diagnostyki – Heartbeat Technology, pozwalające na ciągły monitoring jego pracy i weryfikację. Powstały w ten sposób raport potwierdza dokładność i sprawność przepływomierza, a przeprowadzenie testu kontrolnego jest możliwe w trakcie pracy i bez przerywania procesu.

Dane systemowe z weryfikacji są generowane automatycznie i przechowywane wewnątrz urządzenia np. na potrzeby audytów lub kompletowania dokumentacji zgodnej z wymogami prawnymi. Pozwala to w prosty sposób wydłużyć okresy między kolejnymi kalibracjami, a co za tym idzie – pomaga w optymalizacji okresów remontowych i obniżeniu kosztów eksploatacyjnych urządzenia pomiarowego. ■

Więcej informacji na [www.pl.endress.com](http://www.pl.endress.com)







MOVIDRIVE® Modular



Kontrolery UHX MOVIE-C®

1 UHX85A  
Power

2 UHX65A  
Progressive

3 UHX45A  
Advanced

4 UHX25A  
Standard

Kontrolery ruchu UHX to rodzina produktów podzielona względem klas wydajności. Kontroler może pracować jako bramka komunikacyjna pomiędzy PLC a falownikami, może również być generatorem profilu ruchu. Generując profil ruchu, otrzymujemy pełny wachlarz możliwości sterowania – od regulacji prędkości, poprzez pozycjonowanie, aż po ruchy powiązane typu: wał elektryczny, krzywka czy też robotyka. Falowniki stają się wtedy „mięśniami” wykonującymi na drodze interpolacji rozkazy kontrolera. Logika ruchu maszyny jest skupiona w jednym miejscu i sterownik PLC zarządza jedynie trybami pracy – nie angażując się w dochowanie zależności czasowych pomiędzy poszczególnymi napędami.

W aplikacji Panelu Utrzymania Ruchu wykorzystujemy kontroler UHX w wariantcie Progressive z czterema rdzeniami oraz dwiema kartami pamięci. Pierwsza karta ze środowiskiem MOVIRUN® to logika urządzenia. Logikę obsługują dwa rdzenie kontrolera, a programowanie odbywa się z użyciem standardowych języków PLC. Na potrzeby PUR przygotowaliśmy uniwersalny interfejs wymiany danych pomiędzy sterownikiem a falownikiem.

## Warianty wizualizacji

**BASIC** – w tym wariantcie monitor dotykowy, np. 15-calowy OPT11D-150-0, łączymy bezpośrednio z kontrolerem poprzez DisplayPort.

**FLEXIBLE** – ten wariant wykorzystuje standardowe PC połączone Ethernetem z kontrolerem UHX, dzięki czemu służby utrzymania ruchu są w stanie na bieżąco monitorować pracę napędów z poziomu biura.

Panel Utrzymania Ruchu to innowacyjna propozycja oparta na rozwiązaniach z dziedziny Przemysłu 4.0. To również efekt naszego wieloletniego doświadczenia w pracy z działami utrzymania ruchu w wielu zakładach produkcyjnych. PUR jest znakomitym dopełnieniem standardowych systemów wizualizacji procesów produkcyjnych, umożliwiającym tak ważną z punktu widzenia efektywności prewencję w zapobieganiu przestojom. Docenili to już nasi pierwsi użytkownicy Panelu Utrzymania Ruchu. SEW-Eurodrive Polska już dziś oferuje sprawdzone rozwiązanie Get by SEW!

**Drive.**  
**Automation.**  
**Beyond.**

**SEW**  
**EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.  
ul. Techniczna 5  
92-518 Łódź  
tel. 42 293 00 00  
e-mail: sew@sew-eurodrive.pl  
www.sew-eurodrive.pl

# SPIROL uruchamia nową stronę internetową

SPIROL jest wiodącym ekspertem w zakresie mocowania, łączenia i montażu. Jesteśmy Twoim zasobem technicznym, który dostarcza wysokiej jakości komponenty poprawiające jakość Twojego montażu, przedłużające żywotność Twoich produktów i obniżające całkowite koszty produkcji.

W pierwszym kwartale tego roku SPIROL uruchomił swoją nową i ulepszoną stronę internetową: SPIROL.com. Nowa platforma jest zwięźczeniem ponad 74 lat wiedzy inżynierskiej i doświadczenia w dziedzinie mocowania, łączenia i montażu. SPIROL.com jest prosty w użyciu, przyjazny dla użytkownika i łatwy w nawigacji oraz umożliwia szybki kontakt z globalnymi lokalizacjami firmy, uzyskanie pomocy technicznej, przesłanie zapytania ofertowego oraz kupowanie produktów za pośrednictwem zintegrowanego sklepu internetowego: Shop.SPIROL.com.

Nowa strona SPIROL.com dostępna jest w 10 językach i zawiera wyselekcjonowaną bazę dokumentów technicznych na temat elementów złącznych i montażowych, zapewniającą łatwy dostęp do katalogów produktów oraz przewodników na temat projektowania elementów złącznych w Twojej aplikacji, rysunków 2D/3D, filmów instruktażowych, inżynierskich dokumentów technicznych, przykładów aplikacji z różnych gałęzi przemysłu, jak również sekcję obejmującą często zadawane pytania.

Opublikowane na SPIROL.com przykłady aplikacji są pogrupowane w zależności od omawianego produktu, co ułatwia nawigację. Dodatkowo szeroki zasób dokumentów technicznych (tzw. *White Papers*) umożliwia zrozumienie wybranych produktów z inżynierskiego punktu widzenia. Strona zawiera również gotowe do pobrania certyfikaty jakości, takie jak IATF16949:2016, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, NADCAP czy też przyznawany niewielu dostawcom – certyfikat General Motors.

SPIROL.com zapewnia bardzo łatwą metodę nawiązania kontaktu z globalnym zespołem Inżynierów Aplikacji, aby nie tylko pomóc zaprojektować specjalne elementy złączne, ale także sformułować krytyczne zalecenia dotyczące współpracy między elementem złącznym a komponentami montażowymi. Wszystko to, by zapewnić, iż produkt będzie najlepiej dobrany oraz pozostanie efektywny przez cały zamierzony czas życia zespołu.



Odwiedź witrynę SPIROL.com, aby uzyskać dostęp do zasobów skoncentrowanych na mocowaniu, łączeniu i montażu, niedostępnych w żadnym podręczniku inżynierskim ani w żadnej bibliotece online.

## O SPIROL

Jesteśmy światowym producentem technicznych elementów złącznych, maszyn instalacyjnych i urządzeń do podawania części produkujących ponad dwa miliardy komponentów rocznie. Oprócz tego, że oferuje produkty wysokiej jakości, firma SPIROL zatrudnia inżynierów ds. aplikacji na całym świecie, którzy pomagają w projektowaniu. Naszym wsparciem są najnowocześniejsze centra produkcyjne i globalne magazyny, które upraszczają logistykę dostarczania produktów. Nasze polskie biuro znajduje się w Warszawie. ■



**SPIROL Poland**  
ul. Solec 38 lok. 10  
00-394 Warszawa  
tel. 510 039 345  
spirol.com

# SPIROL®

Od 1948

## Odwiedź **NOWE** SPIROL.com!



**Twoje źródło informacji na temat elementów złącznych oferujące:**

- *Katalogi Produktów & Specyfikacje*
- *Rysunki 2D/3D*
- *Filmy instruktażowe*
- *Opracowania techniczne*
- *Przykłady aplikacji*
- *Często zadawane pytania*
- *I dużo więcej...*

**Również dostępne na SPIROL.com:**

**BEZPŁATNE WSPARCIE INŻYNIERYJNE**

Inżynierowe Aplikacji SPIROL czekają by pomóc Ci wybrać najbardziej odpowiedni element złączny, podkładkę precyzyjną lub sprzęt instalacyjny do Twojej aplikacji!

**Zgodne z:**

IATF 16949 • AS9100 • ISO 9001



**Odwiedź SPIROL.com!**

# Smart home na wakacje – hit czy kit?

Marcin Szuper

Wakacje to czas, w którym stosunkowo często przebywamy poza domem.

Przyjemna wysoka temperatura za oknami sprawia, że aż ciągnie nas do przebywania na świeżym powietrzu. W zależności od upodobań w górach, na Mazurach czy nad morzem długie czerwcowe i lipcowe dni, a przede wszystkim ciepłe wieczory zachęcają nas do wieczornych spotkań czy też popołudniowych wycieczek rowerowych.

Zatem czy można powiedzieć, że posiadacze smart home nie korzystają z niego latem?

W końcu im dłużej świeci słońce, tym mniej potrzebujemy sztucznego oświetlenia, nie potrzebujemy w tym czasie również ogrzewać mieszkań i domów.

## Temperatura

Sterowanie temperaturą to jedyna funkcjonalność, która przy rosnących cenach surowców, takich jak węgiel, olej, pelet czy gaz, potrafi przynieść realne oszczędności. Ja w swoim domu ustawiłem w 2022 roku na stałe temperaturę 22 stopnie, a odpowiedzialne zadanie pilnowania tego, by tak było, zleciłem BLISS2. Muszę szczerze przyznać, że to sprytne urządzenie wywiązuje się ze swoich zadań wyśmienicie. W aplikacji miałem możliwość podejrzeć, w jakie dni i w których godzinach mieszkanie było ogrzewane. W okresie wiosennym okazało się na przykład, że marzec był cieplejszy niż kwiecień. Co ciekawe w lutym, który jest wprawdzie nieco krótszy, zaobserwowałem podobne wyniki ogrzewania, mieszkanie było ogrzewane tylko o 11 godzin dłużej niż w marcu (rys. 2). W przypadku mojego mieszkania, gdzie BLISS2 steruje stykiem bezpotencjałowym w piecu gazowym, nie korzystam z funkcji chłodzenia. Jednak znam realizacje, gdzie urządzenie to jest połączone z pompą ciepła i w dni, kiedy dzienna amplituda temperatur jest powyżej 25 stopni, urządzenie automatycznie przełącza się w tryb chłodzenia, dzięki czemu w upalne dni w mieszkaniu panuje przyjemny i kojący chłód. Bardzo fajnie sprawdza się też wtedy funkcja Auto Away. Schładzanie mieszkania

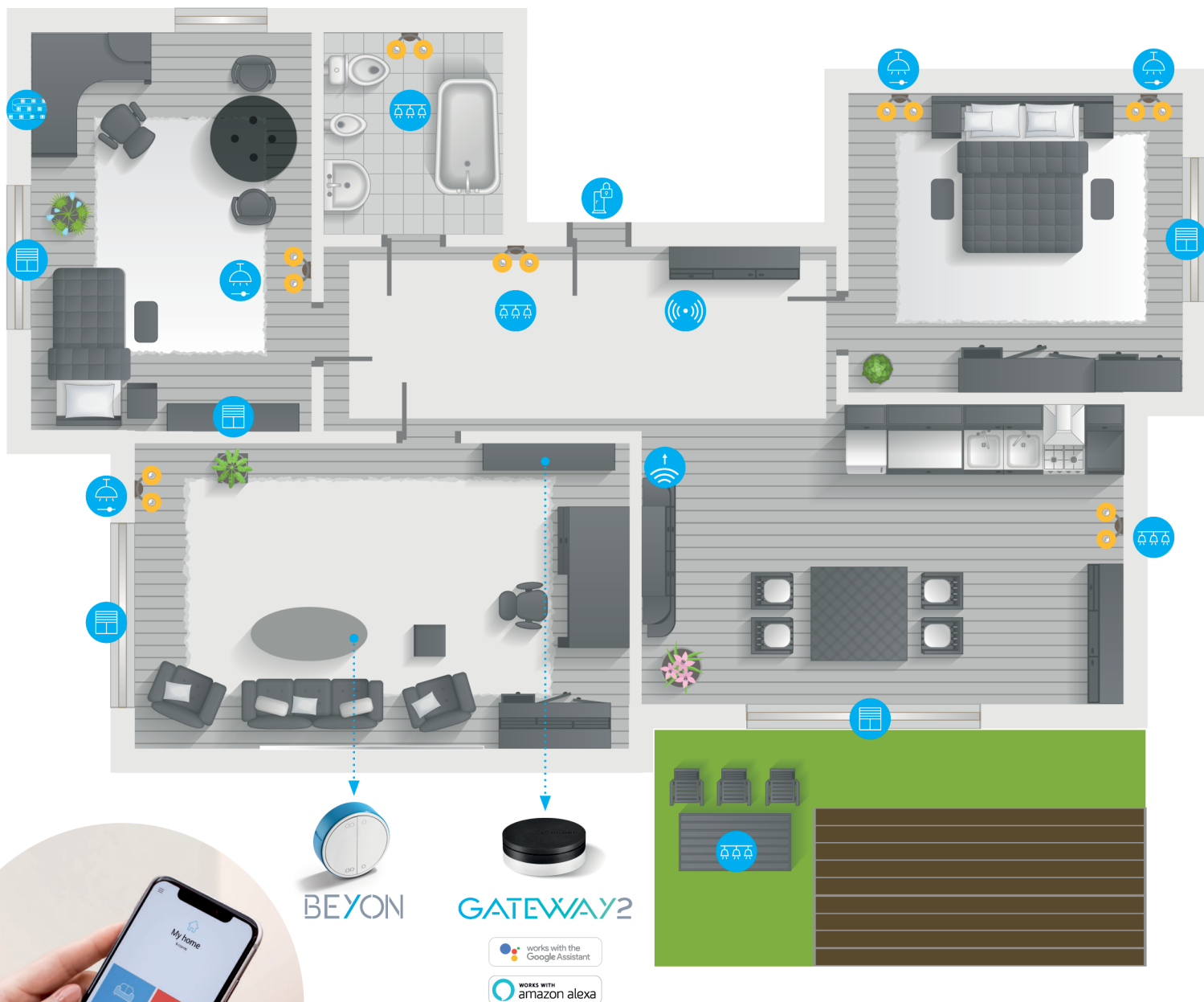


Rys. 1. Termostat BLISS2 w połączeniu z bramką YESLY Gateway2 umożliwia kontrolowanie temperatury w domu z dowolnego miejsca na ziemi, za pomocą aplikacji lub asystenta głosowego

w dni, kiedy wyjechaliśmy na wakacje i dom stoi pusty, to duże straty. Z drugiej strony – w wirze przygotowań i zbierania rodziny na wakacyjny wyjazd czasem można zapomnieć, aby zmienić program w urządzeniu. Z BLISS2 możemy to zrobić, będąc już na plaży czy nad brzegiem basenu w zagranicznym kurorcie

lub – co jeszcze ciekawsze – urządzenie może zrobić to za nas. Funkcja Auto Away umożliwia automatyczne załączenie się ustawionego przez nas wcześniej programu, jeśli przekroczymy ustaloną odległość od domu. Na przykład, kiedy ustawimy sobie odległość 100 km od domu, urządzenie wyłączy pompę czy

## Smart home zawsze w zasięgu ręki. Nawet na wakacjach!



Zdalne sterowanie oświetleniem i roletami, w sposób scentralizowany także poza domem, za pomocą GATEWAY2.

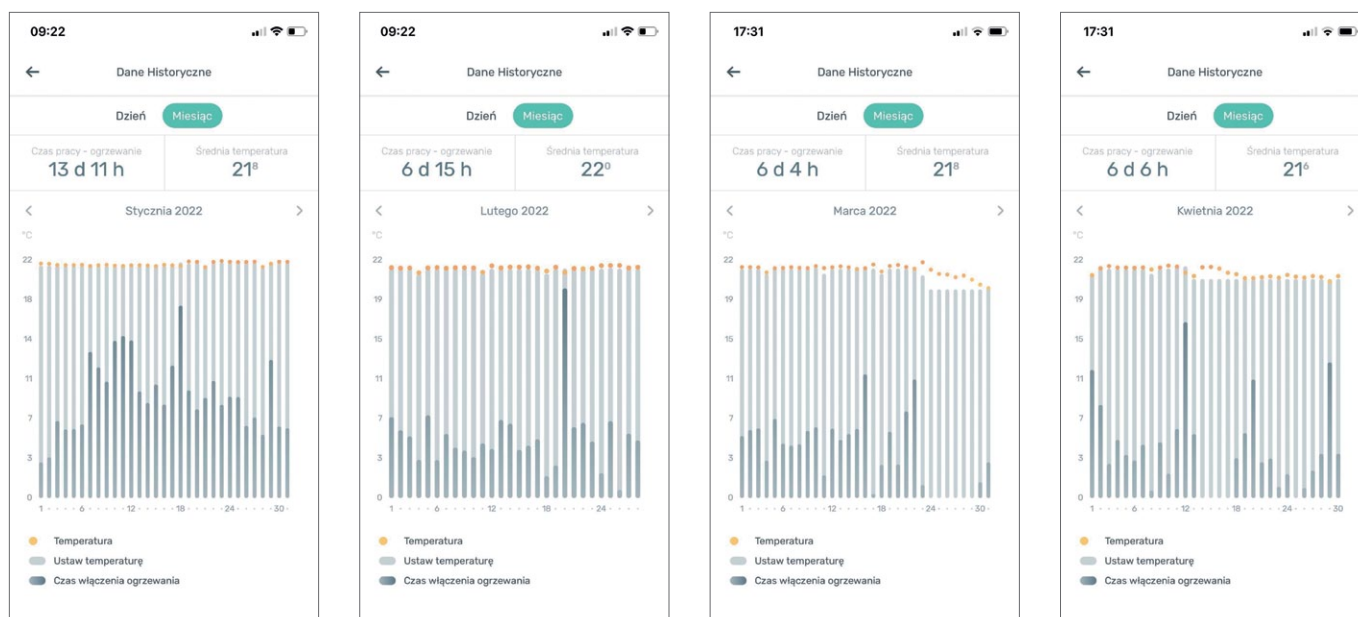
Zostań naszym integratorem!

FINDER Polska Sp. z o.o.  
ul. Logistyczna 27 - 62-080 Sady  
finder.pl@findernet.com  
+48 61 646 72 33

 **finder**<sup>®</sup>  
SWITCH TO THE FUTURE

Dowiedz się więcej





Rys. 2. Czas pracy urządzenia grzewczego w okresie zimowo-wiosennym

klimatyzację odpowiedzialną za schładzanie mieszkania w wakacje, gdy tylko oddalimy się o więcej niż 100 km od domu. Co jeszcze ciekawsze, BLISS2 przygotuje i schłodzi mieszkanie na nasz powrót, gdy wjedziemy w ustawiony wcześniej zasięg 100 km od domu.

## Oświetlenie

Wieczory są długie i ciepłe, wprost idealne, by spotkać się ze znajomymi nie tylko na pogaduchy na mieście, ale też zaprosić ich do siebie na grilla w ogrodzie lub na tarasie. Nic nie tworzy atmosfery relaksu tak, jak odpowiednie oświetlenie, takie nie za mocne i nie za słabe. Zrealizować to można za pomocą ściemniacza w zależności od tego, czy chcemy ściemniać oprawy na 230 V AC czy paski LED 12–24 V DC. Za pomocą jednego ściemniacza 15.21.8.230.B300 obsłużymy aż 150 W ściemnianych źródeł światła, co pozwoli na płynne dostosowanie natężenia oświetlenia girlandy ogrodowej składającej się z 24 żarówek o mocy 6,2 W każda. Ja lubię zaskakiwać swoich gości możliwością sterowania oświetleniem na tarasie za pomocą komend głosowych wydawanych do głośnika google, do którego przy pomocy asystenta głosowego mam podłączone oświetlenie. Dzięki temu mogę sterować oświetleniem tarasowym bez konieczności wyjmowania telefonu czy sięgania po BEYON – bezprzewodowy i bezbaterijny

przycisk, który również w kieszeni można zabrać na taras czy do ogrodu.

## Rolety


Lato w Polsce to również sezon burzowy. Rano, gdy wychodzimy z domu, jest piękne słońce i nawet jedna chmurka na niebie nie zapowiada tego, że po południu będzie lało jak z cebra. Jeśli zostawiliśmy otwarte okna i podniesione rolety, a deszcz zaczyna niestety od strony owego okna, to pędzimy, by wycierać kałużę, która powstała w domu. Za pomocą sterownika roletowego 13.S2 możemy uniknąć tej przykłej sytuacji. Gdy tylko pojawiają się pierwsze oznaki zbliżającej się burzy, możemy ze swojego smartfona opuścić rolety w mieszkaniu. Inteligentne sterowanie roletami może nie tylko pomóc nam podczas deszczu, ale i uchronić nasze pomieszczenia od słońca, bo jeśli ustawimy rutynę, aby o godzinie – powiedzmy – 11:00 roleta się zamykała, pomieszczenia, które są nasłonecznione od tej strony, nie będą nam się przegrzewały, a więc naturalnie bez potrzeby dodatkowego schładzania za pomocą klimatyzacji czy wiatraków, a co za tym idzie – energooszczędnie osiągniemy przyjemną chłodną temperaturę w sypialni w upalne dni.

## Symulacja obecności

Niezwykle przydatną funkcją w okresie wakacyjnym jest symulacja obecności.

Każdy, kto wyjedzie na wakacje, ma gdzieś z tyłu głowy tę myśl, że powrót z wakacji do okradzionego domu byłby strasznym doświadczeniem. Trzeba powiedzieć to jasno: *smart home* nie zabezpieczy domu przed złodziejami, ale może zasymulować obecność, sprawić wrażenie, że mieszkańcy wcale nie wyjechali. A to wszystko w bardzo prosty sposób. Wystarczy ustawić w asystencie google rutynę, które światło i na jak długo ma się zaświecić oraz która roleta w domu ma się podnieść na określony czas, a następnie zamknąć.

To tylko niektóre funkcjonalności, z jakich użytkownicy *smart home* mogą skorzystać w okresie letnim, aby ich życie było prostsze. Bo właśnie po to firmy takie, jak Finder, tworzą rozwiązania inteligentne do budynków, aby życie w XXI wieku było łatwiejsze. ■

 Marcin Szuper



FINDER Polska Sp. z o.o.

ul. Logistyczna 27

62-080 Sady

tel. 61 865 94 07

fax 61 865 94 26

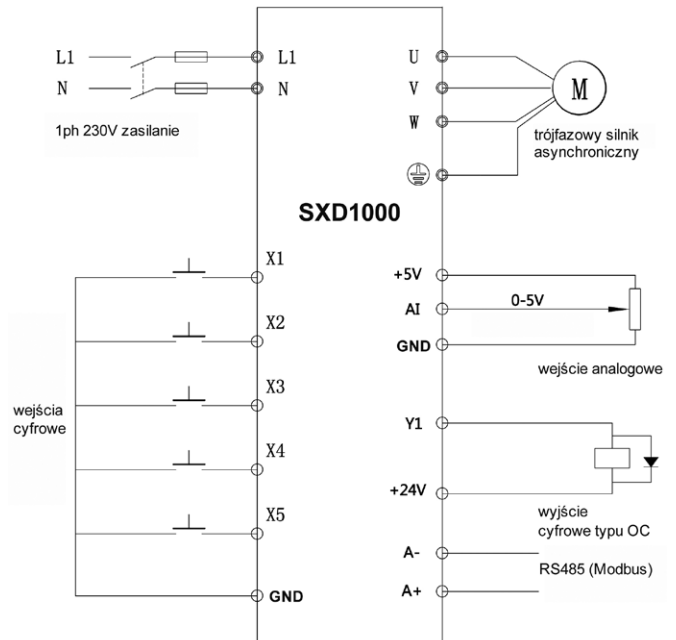
e-mail: finder.pl@findernet.com

www.facebook.com/finderpolska/

# 3 x naj: najnowszy, najmniejszy, najtańszy falownik SXD1000. Cz. 2

W październikowej edycji miesięcznika „Napędy i Sterowanie” w roku 2021 r. pisaliśmy już o naszym najnowszym falowniku serii SXD1000. Określiśmy go trzema słowami: najnowszy, najmniejszy i najtańszy z przemienników częstotliwości. Falownik SXD1000 jest wysoko funkcjonalnym urządzeniem o charakterystyce wektorowej, o kompaktowych rozmiarach; dzięki zoptymalizowanej konstrukcji zajmuje niewiele miejsca i może być montowany bezpośrednio w szafie sterowniczej. Posiada wygodną regulację prędkości dzięki zastosowaniu precyzyjnego potencjometru na płycie frontowej falownika, wymuszone chłodzenie powietrzem,

duży moment obrotowy przy niskiej częstotliwości w pracy wektorowej. Ponadto charakteryzuje się krótkim czasem reakcji. Falownik SXD1000 dostępny jest w zakresie mocy 0,2–1,1 kW, posiada wbudowany regulator PID oraz moduł IPM nowej generacji z szeregiem funkcji zabezpieczających. IPM (*Intelligent Power Module*), czyli inteligentny moduł zasilania. Jest to urządzenie, które charakteryzuje się



Rys. 1. Schemat elektryczny falownika:

- zasilanie jednofazowe 1×230 V;
- wyjście trójfazowe 3×230 V;
- 5 wejść cyfrowych;
- 1 wyjście cyfrowe typu open collector;
- 1 wejście analogowe 0–5 V;
- zasilacz 24 V / 100 mA;
- zasilacz 5 V / 20 mA

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

tym, że w stosunkowo niewielkim gabarycie posiada bardzo dużą wydajność. Charakteryzuje się dużą szybkością i małymi stratami mocy. Moduły są zbudowane z tranzystorów IGBT lub MOSFET, diod, sterowników, bramek a także elementów pomocniczych. Moduły IPM mają wbudowane rezystory pomiarowe, które zapewniają kontrolę prądu płynącego przez poszczególne fazy zasilające jak i wyjściowe. Umieszczenie prawie wszystkich niezbędnych elementów w jednej obudowie zmniejsza wielkość falownika niemal o połowę. Dzięki elementom pomiarowym modułu IPM możliwy jest też podgląd parametrów w czasie rzeczywistym. Przełączniki częstotliwości SXD1000 są łatwe do zaprogramowania dzięki intuicyjnemu oprogramowaniu. Daje ono również możliwość szybkiej obsługi układów jednosilnikowych jak i wielosilnikowych,

polegających na podpięciu kilku silników do jednego falownika. Funkcja pracy wektorowej powoduje, że falownik SXD1000 samodzielnie dostosuje się do aktualnego obciążenia silnika. Falowniki te znajdują szczególne zastosowanie w przemyśle spożywczym. Chętnie wykorzystywane są do zasilania pomp i wentylatorów. ■

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

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

e-mail: [info@sanyu.eu](mailto:info@sanyu.eu)

[www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu)

#### WYDARZENIA

##### Lenovo stawia na Europę

Gigant komputerowy Lenovo oficjalnie otworzył pierwszy zakład produkcyjny w Europie. Zlokalizowana w węgierskim Ullo fabryka koncentruje się głównie na budowie infrastruktury serwerowej, systemów pamięci masowej oraz wysokiej klasy stacji roboczych PC używanych przez klientów w regionie Europy, Bliskiego Wschodu i Afryki. Poprzez rozszerzenie międzynarodowej działalności produkcyjnej inwestycja ta wykazuje znaczny potencjał

gospodarczy zarówno w stosunku do węgierskiego sektora prywatnego, jak i publicznego. Pozwala na zwiększenie mocy produkcyjnych oraz potencjału współpracy z lokalnymi dostawcami i tworzy nowe miejsca pracy. Zakład zatrudnia już ponad 1000 pełnoetatowych pracowników na różnych stanowiskach inżynierskich, kierowniczych i produkcyjnych, a liczba ta stale rośnie w miarę zbliżania się do osiągnięcia pełnej wydajności zakładu.

Źródło: [roboticsandautomationnews](http://roboticsandautomationnews)

reklama

MIĘDZYNARODOWE TARGI TECHNIKI PAKOWANIA I ETYKIETOWANIA

# TAROPAK

## 26-28.09.2022, Poznań

Lokalizacja:



ZAPRASZA

**mtp**  
GRUPA

# OPAKUJEMY KAŻDĄ BRANŻĘ!

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



E-COMMERCE



LOGISTYKA I CO-PACKING



EKO OPAKOWANIA



OPAKOWANIA I ETYKIETY



AUTOMATYKA I ROBOTYKA



EKOPROJEKTOWANIE



# ROBOGRANT – dotacje dla branży meblarskiej

Anna Szymczak

Prawdopodobnie jeszcze w czerwcu ogłoszony zostanie długo wyczekiwany ogólnopolski konkurs ROBOGRANT dla małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych z branży meblarskiej, którego organizatorem jest Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Dofinansowanie w wysokości do 850 tys. PLN będzie można przeznaczyć na zakup robotów przemysłowych.

**R**OBOGRANT to kolejny i raczej ostatni w tym roku bezwrotny instrument finansowy wspierający robotyzację przedsiębiorstw. Firmy produkcyjne będą miały możliwość uzyskania nawet 850 tys. zł dofinansowania na zakup urządzeń i oprogramowania związanego z robotyzacją zakładu produkcyjnego. Dofinansowanie skierowane jest do firm produkujących meble.

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) przedstawiła działania na obecny rok 2022. Planowany jest konkurs analogiczny do „Przemysłu 4.0”, konkursu, który wspierał przede wszystkim wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie automatyzacji procesów w sektorze produkcyjnym. Konkurs ROBOGRANT będzie dedykowany firmom o PKD 31 (Produkcja mebli), które potrzebują zwiększenia poziomu robotyzacji w swoim przedsiębiorstwie.

Na liście dotowanych kosztów możemy spodziewać się takich pozycji, jak zakup:


- robotów przemysłowych;
- maszyn i urządzeń peryferyjnych do robotów funkcjonalnie z nimi związanych;
- maszyn, urządzeń oraz innych rzeczy funkcjonalnie związanych z robotami przemysłowymi, służących zapewnieniu ergonomii oraz bezpieczeństwa pracy w odniesieniu do stanowisk pracy;
- maszyn, urządzeń lub systemów służących do zdalnego zarządzania, diagnozowania, monitorowania lub serwisowania robotów przemysłowych, w szczególności czujników i kamer;
- urządzeń do interakcji pomiędzy człowiekiem a maszyną do robotów przemysłowych;
- koszty nabycia wartości niematerialnych i prawnych niezbędnych do poprawnego uruchomienia i przyjęcia do używania robotów przemysłowych.

Instrumenty typu ROBOGRANT potwierdzają wysokie zainteresowanie w zakresie automatyzacji i robotyzacji procesów. Wszystko ma na celu zwiększenie efektywności i wydajności



przedsiębiorstw, a w rezultacie wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw. Galopujące ceny mediów mogą powodować, że firmy będą prześcigać się w efektywnym zarządzaniu kosztami produkcji.

Robotyzacja staje się priorytetem wielu branż – nie tylko meblarskiej. Pozostaje nam czekać, że środki z nowej perspektywy unijnej czy KPO (Krajowego Programu Odbudowy) będą sprzyjać dotowaniu tego typu przedsięwzięć i zastój zostanie pokonany. Na razie szansę ma tylko branża meblarska i powinna dobrze ją wykorzystać. ■

 Anna Szymczak, Prokurent, e-mail: a.szymczak@ms-consulting.pl  
MS-Consulting Klaudiusz Szymczak Poznań



**MS-CONSULTING**

ul. Warszawska 43

61-028 Poznań

tel. 61 826 61 30

fax 61 624 77 76

www.ms-consulting.pl

# Ekspert radzi: UPS w przemyśle

W dobie zastosowań coraz bardziej zaawansowanych procesów technologicznych istotne jest zapewnienie niezawodności zasilania elektrycznego. Pewność i jakość dostarczonej do odbiorników energii można zwiększyć za pomocą różnych środków technicznych. Jednym ze sposobów na to jest wykorzystanie systemów zasilania gwarantowanego z podwójnym przetwarzaniem energii (UPS-y wykonane w topologii online). W przypadku zaniku lub nieprawidłowości napięcia sieciowego zasilacz UPS umożliwia dostarczenie energii do odbiorników (przy wykorzystaniu energii zgromadzonej w akumulatorach) w określonym czasie, niezbędnym do bezpiecznego i kontrolowanego zakończenia realizowanych procesów, a często poprawia dodatkowo jakość napięcia dostarczanego do zasilanych urządzeń.

Zasilacze UPS przeznaczone do zastosowań przemysłowych zasilają różnego rodzaju odbiorniki. UPS-y stosowane są zarówno do podtrzymania zasilania pojedynczych elementów wykonawczych i urządzeń kontrolno-pomiarowych, jak i całych stanowisk roboczych (np. obrabiarki CNC) oraz automatyki przemysłowej stosowanej na liniach produkcyjnych.

## Kryteria wyboru zasilacza

Dobierając zasilacz UPS, należy odpowiedzieć sobie na pytanie, jaki rodzaj urządzeń chcemy zabezpieczyć, określić moc pobieraną przez te urządzenia, czy będą występowały chwilowe udary prądowe podczas rozruchu maszyn oraz jaki jest wymagany czas ich podtrzymania. Bardzo istotne staje się właściwe dobranie rozwiązań od strony przeciążalności. Maszyny stosowane w przemyśle mają często duże (chwilowe) pobory prądów podczas ich uruchamiania. W takiej sytuacji zasilacze UPS muszą posiadać odpowiednią przeciążalność, aby nie dochodziło do ich przeciążeń. Duży prąd zwarcia UPS umożliwia uzyskanie korzystnej selektywności zabezpieczeń na poszczególnych liniach zasilania.

Na wyjściu zasilacza UPS odbiorniki mogą być pogrupowane w kilka linii. Jeśli wystąpi zwarcie (stan awaryjny) w odbiorniku w jednej z zasilanych linii, wówczas w przypadku niskiego prądu zwarcia zasilacz UPS może przejść w stan awaryjny i odłączyć zasilanie od wszystkich linii. W takiej sytuacji wszystkie odbiorniki nagle, niekontrolowanie przestałyby pracować, co mogłoby pociągnąć za sobą niekorzystne konsekwencje. Zasilacze POWERLINE GREEN 33 LITE/PRO mają duży prąd zwarcia. W chwili wystąpienia zwarcia w jednej z linii następuje zadziałanie bezpiecznika liniowego (w torze, w którym wystąpiło zwarcie) i odłączenie tylko tej części obwodu, a odbiorniki w pozostałych liniach zasilane są nieprzerwanie przez UPS.

W przypadku konieczności zasilenia urządzeń lub obiektu na kilka godzin warto rozważyć układ tandemowy – UPS + agregat. W takim rozwiązaniu agregat zapewnia długi czas pracy, a UPS stanowi bufor na czas uruchomienia agregatu. Dodatkowo zasilacz stanowi układ filtrujący, który gwarantuje dostarczenie do urządzeń napięcia o idealnych parametrach. W praktyce często się zdarza, że zestawiane do współpracy UPS-y

oraz agregaty funkcjonują nieprawidłowo. W celu rozwiązania tego problemu warto oprzeć się o tandem (UPS + agregat prądotwórczy) dopracowany i przetestowany przez ekspertów. Takimi właśnie rozwiązaniami są m.in. UPS-y EVER serii POWERLINE GREEN 33 LITE/PRO oraz polecane przez firmę EVER agregaty.

## Dlaczego zasilacz UPS jest ważny w środowisku przemysłowym

Oprócz podstawowego zadania, jakie stawiane jest przed zasilaczami UPS stosowanymi w przemyśle – zapewnienie ciągłości procesów – urządzenia te (UPS-y w topologii online) zapewniają skuteczną ochronę przed najczęściej spotykanymi zaburzeniami występującymi w sieci elektroenergetycznej. Zaliczyć możemy do nich: zaniki napięcia (krótkotrwałe bądź długotrwałe), wahania wartości napięcia (wzrosty lub zapady napięcia), przepięcia (krótkotrwałe impulsy wysokonapięciowe), wahania częstotliwości napięcia oraz odkształcenia przebiegu napięcia (wyższe harmoniczne). Wraz z rozwojem osprzętu elektrycznego, elektronicznego

i informatycznego wzrasta niebezpieczeństwo powstawania i oddziaływania zaburzeń. Typ oraz charakter powstających i oddziałujących zaburzeń zależy od wykorzystywanych urządzeń. Układy, w których zachodzą częste stany łączeniowe elementów biernych (cewek i kondensatorów), mogą mieć tendencje do generowania przepięć (powstających w stanach przejściowych), szczególnie groźnych dla pracy podzespołów elektronicznych (półprzewodnikowych). Oddziaływania te skutkują niejednokrotnie uszkodzeniem podzespołów, powstawaniem nadmiernych strat mocy, przegrzewaniem się osprzętu, wystąpieniami awarii urządzeń lub całych systemów.

Zastosowanie jednostki UPS ogranicza ryzyko zakłócenia przebiegu procesu produkcyjnego i zwiększa wydajność

zakładu poprzez eliminację przesto-  
jów. Jako że zakup UPS-ów jest często  
odkładany przez inwestorów, zwrócić  
należy uwagę na fakt, że koszty zwią-  
zane z przestojem zakładu w wyniku  
braku zasilania czy straty w materiałach  
nienadających się do wykorzystania  
(przerwanie procesu produkcyjnego)  
są niejednokrotnie o wiele większe niż  
rozsądna inwestycja w skuteczne zabez-  
pieczenie. Dodatkowo niektóre zasilacze  
UPS marki EVER (POWERLINE  
GREEN 33 LITE/33 PRO) oferują  
dodatkowe funkcjonalności (m.in. kom-  
pensacja mocy biernej), które wpływają  
na realną redukcję kosztów zasilania.  
Przy doborze rozwiązania należy zatem  
przeliczyć potencjalne straty wynikające  
z nieplanowanych przestojów (związane  
z uruchamianiem długotrwałych, skom-  
plikowanych i uciążliwych procedur

rozruchowych – startowanie systemu –  
albo w których nawet krótkotrwałe prze-  
stoje w pracy pociągają za sobą znaczne  
straty ekonomiczne) i porównać je  
z kosztem inwestycji poniesionym przy  
zakupie zasilacza UPS. ■



EVER Sp. z o.o.

ul. Wołczyńska 19

60-003 Poznań

tel. 61 6500 400

fax 61 6510 927

e-mail: ups@ever.eu

www.ever.eu

reklama



# Co zrobisz

## dla utrzymania ruchu „w Zakładzie”



1. Gwarancja zasilania
2. Najwyższa jakość napięcia
3. Redukcja kosztów zasilania



**DZWOŃ**  
**+48 61 6500 425**

[www.ever.eu/industry](http://www.ever.eu/industry)  
[zapytanie@ever.eu](mailto:zapytanie@ever.eu)

ROZWIĄZANIA  
PRZEMYSŁOWE



# Nowoczesne napędy w produkcji i przetwórstwie mleka

Napęd to serce każdego urządzenia, którego funkcją jest ruch. Poprawne wykonywanie zadań, takich jak pompowanie, przesuwanie, podnoszenie, mieszanie czy obracanie, jest zależne od jakości i funkcjonalności użytych motoreduktorów. W wielu obszarach mleczarni występują wilgoć, kwasy, zasady i sole, na działanie których również należy przygotować wszystkie urządzenia. Przy wyborze napędów do przetwórstwa mleka należy więc zwrócić uwagę na bezpieczeństwo funkcjonalne, niezawodność, ochronę przed korozją oraz – jak we wszystkich nowoczesnych zakładach – na energooszczędność. Spektrum napędów do mleczarni rozciąga się od precyzyjnych napędów pozycjonujących aż po solidne motoreduktory do mieszadeł. NORD DRIVESYSTEMS to jeden z wiodących producentów napędów na całym świecie. Najlepszą rekomendacją dla rozwiązań oferowanych przez NORD są napędy pracujące w niezliczonych zakładach w wielu krajach.



których sprawność w najgorszym przypadku może sięgać nawet 60 procent. Pod względem żywotności są one również gorsze od reduktorów walcowych stosowanych przez Celi Invest. Celi Invest używa również nowego pendrive'a Bluetooth NORDAC ACCESS BT z aplikacją NORDCON do parametryzacji napędów. Rozwiązanie mobilne umożliwia tymczasowe połączenie bezprzewodowe i oferuje użytkownikom zupełnie nowe opcje sterowania i optymalizacji napędów. NORDAC ACCESS BT służy jako łącznik między systemem napędowym a aplikacją, dzięki czemu użytkownicy mają praktyczny dostęp do danych napędu i zachowują pełną kontrolę dostępu. Inteligentne i wytrzymałe napędy zapewniają niezawodną, bezpieczną i wydajną pracę. Rezultat mówi sam za siebie: szczęśliwe krowy i zadowoleni rolnicy.

## Zdrowe i zadowolone krowy dzięki odpowiednim napędom w oborze

Naukowo udowodniono, że zadowolone i zadbane krowy produkują więcej mleka. Jedną z metod osiągnięcia takiego celu jest stosowanie automatycznych czochradeł dla bydła w oborach. Duńska firma Celi Invest wyspecjalizowała się w produkcji takich właśnie elektrycznych szczotek, do których NORD dostarcza wydajną kombinację składającą się z dwustopniowego motoreduktora walcowego NORDBLOC.1 i przetwornicy częstotliwości NORDAC BASE. Kompaktowy i wytrzymały falownik jest specjalnie zaprojektowany do prostych zastosowań i jest szczególnie ekonomiczny. Dzięki integracji sterownika PLC funkcje specyficzne dla aplikacji związane z jednostką napędową mogą być efektywnie programowane i parametryzowane w taki sam sposób, jak inne funkcje NORDAC BASE SK 180E. Szczotka zaczyna się obracać, gdy tylko krowa się o nią otrze. W przypadku zbyt dużego oporu, na przykład przy uwięzieniu ogona, szczotka zatrzymuje się, a następnie obraca w przeciwnym kierunku. Ponadto kierunek obrotów zmienia się przy każdym starciu oraz w odstępach co pięć minut. Zapewnia to równomierne zużycie elementów szczotki. Kolejną zaletą jest funkcja oszczędzania energii dla zakresu obciążenia częściowego: moc silnika dostosowuje się automatycznie do zmian obciążenia zgodnie z aktualnymi wymaganiami. Zapewnia to energooszczędną pracę. Pomaga w tym również zastosowanie przekładni zębatych. Mogą one osiągnąć wydajność do 98 procent – a zatem zużywają co najmniej 50 procent mniej energii niż porównywalne szczotki dla krów. Większość producentów stosuje silniki jednofazowe z przekładniami ślimakowymi,

## Gładkie silniki zapewniają higieniczne pakowanie mleka w proszku

Szwajcarska firma Swiss Can Machinery jest zawsze wymieniana wśród najważniejszych producentów w branży napełniania i zamykania puszek lub opakowań szklanych. Aby spełnić surowe wymagania higieniczne przemysłu spożywczego, szwajcarska firma stosuje zoptymalizowaną pod kątem mycia technologię napędową firmy NORD DRIVESYSTEMS.

Jednym z filarów firmy jest przemysł żywności dla niemowląt. Mleko w proszku może mieć bardzo trudne właściwości napełniania w zależności od receptury, zawartości tłuszczu, metody suszenia, granulacji i rozdrobnienia, a produkty mogą się różnić nawet w zależności od warunków produkcji. Szwajcarskie urządzenia automatycznie dostosowują się do ciągle zmieniających się warunków napełniania i pakują mleko w proszku w sposób czysty, precyzyjny i wydajny. Jako że wymagania dotyczące czystości w przemyśle spożywczym są niezwykle wysokie, higieniczne zaprojektowanie linii jest absolutnie niezbędne. Z tego powodu taśmy przenośnikowe są wyposażone w motoreduktory NORD IE4 o gładkich powierzchniach, w tym w montowane na silniku przetwornice częstotliwości NORDAC BASE SK 180E. Gładkie silniki NORD (0,75 kW) są specjalnie zaprojektowane do łatwego czyszczenia. Mają aluminiowy korpus zoptymalizowany pod kątem mycia, a tam, gdzie to możliwe, stykające się powierzchnie mają płynne przejścia. W ten sposób płyny czyszczące i piana mogą się łatwo zmyć. Chroni to silniki i skraca czas czyszczenia. Silniki są również pozbawione wentylatora, więc nie przyczyniają się do rozprzestrzeniania się zarazków. Dzięki klasie ochrony IP66 są optymalnie chronione przed wnikaniem brudu (pyłoszczelne), a także przed silnymi strumieniami wody ze wszystkich kierunków. Zastosowanie

energooszczędnych silników trójfazowych o klasie sprawności IE4 zapewnia wysoką wydajność przy niskich kosztach eksploatacji. Gładkie silniki NORD stosuje się również na przenośniku ślimakowym, który podaje mleko w proszku do mieszalnika. Solidny motoreduktor ślimakowy (0,25 kW) z osłoną napędza mieszadło. Kompaktowe jednostki napędowe zapewniają wysoką gęstość mocy, doskonałą niezawodność i zapewniają bezproblemową pracę.

### Falownik z funkcjami PLC umożliwia „inteligentne” krojenie

Niemiecka firma Treif Maschinenbau GmbH jest jednym z wiodących producentów maszyn i systemów do krojenia w plastry, paski, kostki lub inne kształty. Funkcjonując jako „mózg” w kilku nowych maszynach Treif, falownik NORDAC PRO SK 540E zapewnia użytkownikom udoskonalone funkcje, bardzo wygodną obsługę i zoptymalizowaną produktywność. Oprócz zakresu funkcji i atrakcyjnej ceny, sprawdzona i przetestowana niezawodność napędów NORD okazała się również zasadniczą kwestią. Treif ma klientów w wielu krajach na całym świecie, także w miejscach odległych i trudnych do obsługi. Zdobyte wcześniej pozytywne doświadczenie praktyczne z wytrzymałymi silnikami NORD z przekładniami ślimakowymi dało firmie Treif jeszcze większą motywację do takiej decyzji.

Centralnym układem sterowania każdej maszyny jest inteligentny falownik SK 540E, który umożliwia szybkie i precyzyjne krojenie różnych artykułów spożywczych – bez potrzeby stosowania dodatkowego sterownika. Zintegrowany sterownik PLC działa z czasem cyklu 10 milisekund. Oprócz obsługi przycisków sterowania i połączonych z nim ekranów stanu, najważniejszym zadaniem falownika jest zapewnienie inteligentnej kontroli nad układem hydraulicznym maszyny: bijak hydrauliczny zapewnia, że ciśnienie jest zawsze precyzyjnie dostosowane do produktów żywnościowych w maszynie w sposób zapewniający najlepsze możliwe rezultaty krojenia. Inteligentny falownik używany w kralnicach Treif jest dostarczany ze wszystkimi sprawdzonymi podstawowymi właściwościami rodziny produktów SK 500E, obejmującymi m.in. bezczujnikowe sterowanie wektorowe, automatyczną identyfikację parametrów podłączonego silnika oraz funkcję bezpieczeństwa *Safe Torque Off* – czyli bezpieczne wyłączenie momentu obrotowego.

Dzięki ściśle powiązanej sieci sprzedaży i serwisu NORD DRIVESYSTEMS z filiami w 36 krajach, a także partnerami handlowymi w 60 krajach, firma zapewnia lokalne wsparcie i serwis dla klientów na całym świecie. Ta kompleksowa globalna sieć sprzedaży i serwisu zapewnia optymalną dostępność w przypadku krótkich terminów dostaw i usług zorientowanych na klienta. Gdziekolwiek potrzeba części zamiennych, można polegać na szybkim wsparciu ze strony NORD. ■

reklama

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

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



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



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

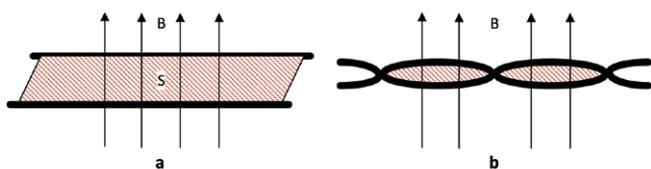
# Kable i przewody ery 4.0

Marek Trajdos

Czwarta rewolucja przemysłowa charakteryzuje się lawinowym wzrostem komunikacji w coraz większym stopniu autonomicznych urządzeń sterowniczych.

**K**able/przewody wysokiej częstotliwości umożliwiają szybkie przesyłanie znacznych ilości informacji pomiędzy urządzeniami, a jednocześnie pozwalają uniknąć (przy prawidłowym doborze, przewodzeniu i połączeniach z masy) zakłóceń elektromagnetycznych, mogących mieć wpływ na pracę czy bezpieczeństwo maszyn i urządzeń przemysłowych.

U podstaw rozwiązania problemów kompatybilności elektromagnetycznej leży genialny w swej prostocie wynalazek tak zwanej skrętki, czyli przesyłu sygnału o niskiej energii i amplitudzie za pomocą pary przewodów ściśle ze sobą skręconych. Pomysł nie jest nowy, ponieważ przypisuje się go samemu Alexandrowi Grahamowi Bellowi (znanemu przede wszystkim z wynalezienia telefonu).



Rys. 1. Ilustracja zasady działania skrętki w polu magnetycznym o indukcji B: a) przewody równoległe w pewnej odległości od siebie; b) przewody skręcone

Mówiąc w uproszczeniu, poziom zakłóceń wynikających z generowania pasożytniczych napięć w obwodach zależy między innymi od wartości indukcji pola i wielkości pola powierzchni przenikającego przez fale elektromagnetyczne. Na rysunku 1 pokazano poglądowo, w jak skuteczny sposób skręcenie żył obwodu elektrycznego redukuje wielkość powierzchni obejmowanej danym obwodem. Ten dość prosty zabieg był od dziesięcioleci wykorzystywany w różnych obwodach sygnałowych – początkowo analogowych, a potem cyfrowych. Wpływ skrętu żył przewodu jest tak bardzo korzystny, że niezależnie od stosowania innych, uzupełniających środków redukcji zakłóceń – zawsze żyły są parami skręcane.

Sumarycznie skręcenie żył w przewodzie/kablu sygnałowym pozwala użytkownikowi odnieść następujące korzyści:

- zmniejszyć wpływ zakłóceń;
- zredukować promień zginania kabla;
- łatwiej identyfikować pary żył obwodów (te skręcone razem muszą być używane do jednego obwodu).

## Rodzaje stosowanych przewodów i ich nazewnictwo (pod względem elektromagnetycznym)

Znaczący wpływ na odporność kabla na zakłócenia ma ekranowanie przewodu. Dlatego też, oprócz skrętek nieekranowanych, produkowane są również przewody skręcane ekranowane. Stosowane są dwa rodzaje ekranów:

- foliowy (FTP – *Foiled Twisted Pair*);
- oplot z drutu (STP – *Shielded Twisted Pair*).

Ekranowanie może dotyczyć całego przewodu (ekran centralny) lub ekranowane mogą być poszczególne pary skręconych żył.

Określono zatem trzy rodzaje par przewodów pod względem ekranowania:

- UTP – *Unshielded Twisted Pair* (skrętka nieekranowana);
- FTP – *Foiled Twisted Pair* (skrętka ekranowana za pomocą folii);
- STP – *Shielded Twisted Pair* (skrętka ekranowana oplotem, plecionką z drutu).

Jeśli chodzi o ekran całościowy, również unormowano zapis:

- U – (*Unshielded*) – brak ekranu;
- F – (*Foiled*) – ekran z folii;
- S – (*Shielded*) – ekran w postaci oplotu z drutu.

W oznakowaniu przyjęto zapis typu: xxx/yyyy, gdzie pierwsza część dotyczy całego kabla, a druga rodzaju ekranowania par przewodów.

## Przykładowo:

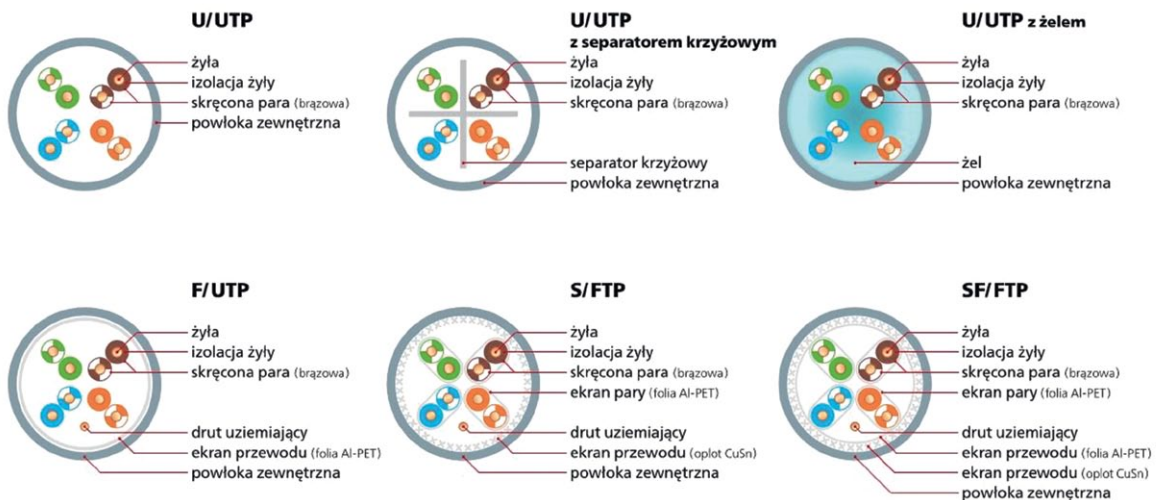
Zapis U/UTP – oznacza skrętkę nieekranowaną (zarówno poszczególne pary, jak i cały przewód nie jest ekranowany).

Z kolei oznakowanie F/UTP – oznacza przewód, w którym poszczególne pary nie są ekranowane, ale cały kabel zabezpieczono ekranem z folii aluminiowej.

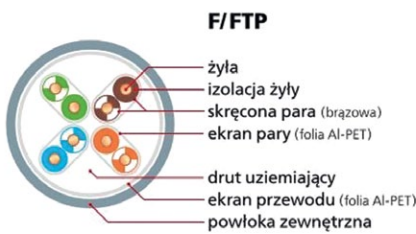
Rzadziej produkowane są inne rodzaje przewodów posiadających następujące ekranowanie:

- skrętka SF/FTP, gdzie poszczególne pary skrętki jest ekranowana za pomocą folii, a cały przewód posiada ekranowanie w postaci folii i oplotu;
- skrętka S/FTP – gdzie poszczególne pary skrętki jest ekranowana folią, a cały przewód posiada ekranowanie w postaci oplotu.

Ekranowanie par żył pozwala na wyeliminowanie przesłuchów pomiędzy sąsiednimi obwodami, jednocześnie na redukcję zakłóceń zewnętrznych, elektromagnetycznych niższych częstotliwości oraz radiowych. Stosując skrętkę ekranowaną, należy zastosować również osprzęt posiadający ekran i odpowiednio go podłączyć. Podłączenie ekranu złożonego z oplotu drucianego nie stanowi generalnie problemu, gdyż istnieje szeroki asortyment dławików EMC oraz mocowań EMC



Rys. 2. Schematyczne przekroje kabli czteroparowych, wykonanych w różnych technologiach opisanych powyżej



Rys. 3. Przekrój kabla czteroparowego TP z ekranem foliowym i drenem<sup>1</sup>

w urządzeniach końcowych. W przypadku ekranu z folii (która jest narażona na pękanie podczas obróbki przewodu) należy pamiętać, że do poprawnego połączenia masy/uziemienia służy dodatkowa żyła stalowa – rysunek 3 (zwana też drenem<sup>1</sup>). Na rysunku 3 pokazano realizację przewodu za pomocą żyły złożonej z siedmiu drutów. Stosowane są jeszcze bardziej giętkie żyły złożone z dziewiętnastu drutów, lecz należy zwracać baczniejszą uwagę, aby dla danego przypadku dobierać właściwe elementy (rys. 4), gdyż w czasie zamykania wtyczki część drutów może zostać przzerwana, pogarszając właściwości przewodu. Oczywiście wtyki, tak samo jak przewody, mają określoną kategorię<sup>2</sup>.

Powstaje zasadnicze pytanie: stosować cztery czy dwie pary przewodów?

- 2 pary: 10/100 Mbit/s w Ethernetie przemysłowym;
- 4 pary: 10/100/1000 Mbit/s dla sieci przemysłowej Ethernet.



Rys. 4. Przykład wtyczki szybkozłączonej – po lewej stronie wtyk do żył 7-drutowych, po prawej wtyk do 19-drutowych

Obecnie stosuje się żyły:

- jednodrutowe (kable przeznaczone do układania na stałe);
- 7-drutowe (kable giętkie);
- 19-drutowe (kable bardzo giętkie).

W praktyce ekranowanie stosuje się w profesjonalnych instalacjach, które są narażone na zakłócenia. Należą do nich takie obiekty, jak hale zakładów przemysłowych, lotniska czy szpitale, gdzie mamy do czynienia z aparaturą emitującą znaczną ilość promieniowania elektromagnetycznego.

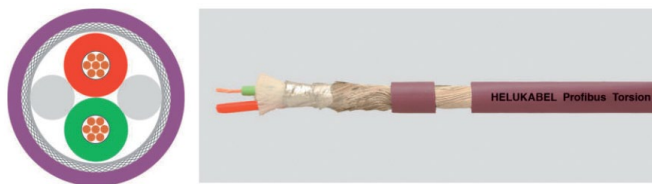
Instalacja skrętki ekranowanej jest bardziej kłopotliwa i czasochłonna, ponieważ ekranowanie należy starannie wykonać (ekran musi być odpowiednio uziemiony). Złe wykonane ekranowanie może nawet pogorszyć parametry transmisji danych lub w szczególnych przypadkach doprowadzić do uszkodzenia urządzeń (pojawienia się przepięcia).

Poza omówionymi powyżej parametrami konstrukcyjnymi na uwagę zasługują:

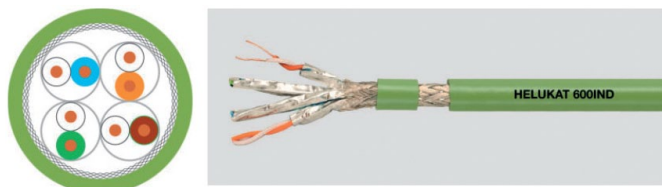
- bezhalogenowość i odporność na ogień, względnie nierozprzestrzenianie ognia, co predestynuje kable i przewody do zastosowań budynkowych (CPR; konstrukcje oparte na PVC nie powinny być stosowane w budynkach);
- wypełnienie kabla oraz inne elementy konstrukcji mniej lub bardziej elastycznej izolacji, pozwalające na stosowanie przewodów w przypadkach, gdy są one często zginane oraz skręcane (w tym liczba drutów w żyłce);
- odporność na inne warunki środowiskowe, jak: woda, promieniowanie UV, czynniki biologiczne lub olej;
- średnica zewnętrzna oraz dopuszczalny promień zgięcia.

### Wybrane przewody

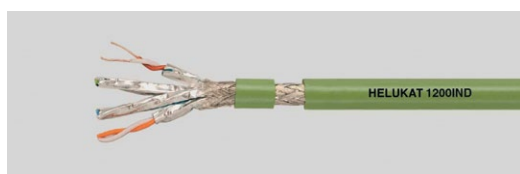
Przewód przeznaczony do połączenia urządzeń w systemie Profibus (L2-BUS) ze względu na konstrukcję żyły roboczej znajduje zastosowanie w aplikacjach, gdzie występuje możliwość skręcania przewodu lub stosowania urządzeń przenośnych (losowe ruchy obwodu). Może być stosowany również dobrze w aplikacjach z robotami przemysłowymi, jak i w aplikacjach dźwigowych.



Rys. 5. Kabel Profibus L2 Torsion - widok przewodu i jego przekroju



Rys. 6. Kabel HELUKAT 600IND oraz jego przekrój poprzeczny



Rys. 7. Kabel HELUKAT 1200IND

Patrząc na przekrój poprzeczny przewodu, widzimy, że żyły składają się z siedmiu drutów, co zapewnia im dość dobrą elastyczność. Dzięki temu zmniejszamy ryzyko powstawania zbyt dużych przemieszczeń przy zginaniu, które wywołują naprężenia uszkadzające izolację, a nawet żyły.

Kabel HELUKAT® 600IND, Kategoria 7e, jest używany do pracy w trudnych warunkach przemysłowych. Mechanicznie produkt ten wykazuje doskonałą odporność na oleje, smary i chłodziwa i ma dobrą odporność na mikroby i hydrolizę. Elektrycznie kabel ten charakteryzuje się wysoką pojemnością rezerwową, o doskonałej wydajności. Dzięki temu bezproblemowo może być stosowany do obsługi usług, takich jak Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, Ethernet, FDDI ATM155, Token Ring 4/16 Mbit/s lub ISDN. Kable te znacznie przekraczają wymogi zgodności emisji zakłóceń klasy B wg EN55022, a także odporności na zakłócenia wg EN55024. Dzięki temu przewód ten ma wyjątkowe właściwości EMC.

HELUKAT® 1200IND Robust, Kategoria 7A, to wytrzymały przewód do stosowania w trudnych warunkach przemysłowych. Mechanicznie wykazuje doskonałą odporność na oleje mineralne, smary i środki chłodzące oraz ma dobrą odporność na drobnoustroje i hydrolizę. Charakteryzuje się wyjątkową i wysoką wydajnością. Jest odporny na zginanie (promień gięcia to dziesięciokrotna średnica kabla, wynosząca w tym wypadku  $10 \times 7,8 \text{ mm} = 78 \text{ mm}$ ).

### Przypisy

- 1 Dren pozwala również na zwiększenie przekroju przepływu prądów pasożytniczych, wobec znikomego przekroju samej folii.
- 2 Należy pamiętać o przysłowiu, że „łańcuch jest tak mocny, jak jego najsłabsze ogniwo”.

 Marek Trajdos

 **HELUKABEL®**

HELUKABEL Polska Sp. z o.o.

reklama



# Darmowa e-prenumerata!

[www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny





# Targi pełne inspiracji

Energia biznesowych spotkań *face to face* powróciła na Międzynarodowe Targi Poznańskie z całą mocą. Hale wypełniły nowoczesne maszyny i roboty, nie brakowało rozwiązań przyszłości. Oferta blisko sześciuset wystawców bloku ITM INDUSTRY EUROPE zadziałała jak magnes. Wydarzenie odwiedziło 11 687 uczestników. To były cztery dni pełne innowacji, eksperckiej wiedzy i pomysłów na biznes w niestabilnych czasach.

**B**ogata ekspozycja ITM INDUSTRY EUROPE 2022 pozwoliła poznać aktualne trendy z wszystkich kluczowych gałęzi przemysłu. Zaaranżowano także dwie wydzielone specjalne strefy: Smart Factory oraz Strefę Startupów.

## Szanse dla przemysłu w niestabilnych czasach

Pod hasłem: „Rok wyzwań dla polskiego przemysłu” odbyła się druga edycja Kongresu Industry Next. Ekspertki dyskutowały, z jakimi problemami mierzą się firmy działające w branżach przetwórstwa przemysłowego w kontekście perturbacji na rynku surowców. Przedstawiciele czołowych krajowych instytucji oraz organizacji tego sektora podjęli temat relokacji europejskiego przemysłu i związanych z nim szans dla polskich firm oraz nowych kierunków eksportowych.

Paniści Kongresu zwracali uwagę, że fundamentem stabilnej gospodarki jest przemysł ery cyfrowej, który opiera się na wiedzy i otwartości do dzielenia się doświadczeniem.

Podczas Kongresu zastanawiano się, jak bardzo wojna w Ukrainie wpłynęła na polskie firmy i organizacje działające w branży przemysłowej. Jak podnosili eksperci, konflikt wpłynął na logistykę, kadry, łańcuchy dostaw i zmianę środków transportu. Analizując obecną sytuację geopolityczną, wskazywali nowe możliwości i kierunki eksportowe dla polskiego przemysłu.

Pod hasłem: EDIH HPC4Poland – DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRY – DATAWEEK 2022 odbyły się warsztaty Kongresu Industry Next przygotowane przez Poznański Park Naukowo-Technologiczny oraz Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe. Nie zabrakło sporej dawki wiedzy na temat *digital twin*, transformacji cyfrowej przemysłu oraz IoT.

## W startupie ważny jest pomysł

W ramach ekspozycji uczestnicy targów mogli zapoznać się z ofertą kilkunastu innowacyjnych startupów, które mogą istotnie przyczynić się do rozwoju firm działających w sektorze przemysłowym. Gospodarzem strefy startupów był Krakowski Park Technologiczny. KPT ScaleUP zapracował sobie na miano największego polskiego przemysłowego akceleratora.

– Współpracujemy zarówno z dużymi przedsiębiorcami przemysłowymi, jak i małymi i średnimi firmami. Natomiast

kluczowe miejsce wśród naszych aktywności zajmują start-upy i spółki technologiczne z bardzo ciekawymi pomysłami – mówiła Dorota Skotnicka, wiceprezes zarządu, Krakowski Park Technologiczny.

Tymi pomysłami przedstawiciele startupów mogli przez kilka dni podzielić się na Scenie Trendów dla Przemysłu.

## Druk 3D, skanowanie i hakaton

Technologie addytywne od lat towarzyszą Targom ITM INDUSTRY EUROPE. Tak było i tym razem. Można było odwiedzić stoiska firm działających w branży druku 3D oraz skorzystać z eksperckiej wiedzy podczas licznych warsztatów. Jedną z atrakcji były pokazy firmy SMARTTECH, która premierowo prezentowała najnowsze rozwiązanie do kompleksowej kontroli jakości obiektów wielkogabarytowych, wykorzystując luksusowy model Tesli S3.

Z kolei wyjątkowe „show” skanowania bolidu wyścigowego przy użyciu laserowych skanerów 3D Creaform, obrazujące proces akwizycji i obróbki danych na potrzeby inżynierii odwrotnej, przygotowała firma ITA Polska.

Po raz pierwszy Targom towarzyszyła wyjątkowa burza mózgów – hakaton Drone Power organizowany przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe pod hasłem: „Talenty i technologie dla bezpiecznej infrastruktury”.

## Kosmos coraz bliżej

Rozwijający się dynamicznie przemysł kosmiczny nie może funkcjonować bez przemysłu tradycyjnego. Wynikiem obserwacji tego trendu był panel dyskusyjny podczas Targów ITM INDUSTRY EUROPE organizowany przez Związek Pracodawców Sektora Kosmicznego.

– Potrzebujemy nowej kadry, firm i specjalnych programów, takich jak Krajowy Program Kosmiczny, który ma sfinansować powstanie pierwszego w Polsce satelity – przekonywała Joanna Baksalary, Kierownik ds. sektora kosmicznego, ITTI Sp. z o.o.

Ekspertki zwracali uwagę na bardzo dynamiczny rozwój tego sektora. W tej branży pracuje już 70 polskich firm. Wszyscy paniści byli zgodni, że brakuje kierunków uczelnianych, które mogłyby wykształcić ekspertów technologii kosmicznych. Wskazywali także na brak świadomości potencjału sektora kosmicznego i możliwości, jakie daje współpraca z nim.

Targi ITM INDUSTRY EUROPE trwały od 31 maja do 3 czerwca 2022 r. W tym samym czasie odbywały się także: Targi Logistyki, Magazynowania i Transportu MODERNLOG, Targi Kooperacji Przemysłowej SUBCONTRACTING oraz Forum Odlewnicze FOCAS.

Znamy już datę następnej edycji wydarzenia. Największe w tej części Europy spotkanie przemysłu, targi ITM INDUSTRY EUROPE odbędą się 30.05–2.06.2023 r. ■

Więcej na: [www.itm-europe.pl](http://www.itm-europe.pl)

# XII Międzynarodowa Konferencja TECHNIKI URABIANIA „TUR 2022”

Jest nam niezmiernie miło poinformować Państwa, że po perturbacjach związanych z COVID-19 w dniach 20 do 23 września 2022 roku, w Hotelu Mercure Resort & SPA w Krynicy-Zdroju odbędzie się XII. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Techniki Urabiania TUR 2022”, organizowana przez Katedrę Inżynierii Maszyn i Transportu oraz Fundację Nauka i Tradycje Górnicze AGH Kraków. Konferencja organizowana jest pod patronatem J.M. Rektora AGH Prof. dra hab. inż. Jerzego Lisa i Prezesa WUG w Katowicach Dra inż. Adama Mirka.

**T**ematyka Konferencji obejmuje m.in. innowacyjne metody urabiania, przeróbki i transportu surowców mineralnych, nowoczesne technologie tunelowe, transport szybowy i linowy, czyste technologie górnicze, bezmisyjne napędy maszyn górniczych itp.

Od powstania w roku 2001 Konferencja TUR cieszyła się dużym powodzeniem, czego dowodem jest liczba jej uczestników. W poprzednich 11 edycjach brało udział zawsze około



150 gości z kraju oraz zagranicy. Byli to pracownicy krajowych i zagranicznych wyższych uczelni oraz instytutów i ośrodków badawczych. W Konferencji uczestniczyli także pracownicy reprezentujący producentów maszyn i urządzeń dla przemysłu górniczego oraz ich użytkownicy – przedstawiciele kopalń węgla kamiennego, rud miedzi oraz soli i surowców skalnych. Nie inaczej było też na ostatniej Konferencji TUR 2019. Zgłoszonych zostało i wzięło udział w Konferencji około 160 uczestników. Na Konferencję TUR 2019 zgłoszono aż 70 referatów, w tym 20 zagranicznych. Najliczniejszą grupę stanowiły referaty przedstawiające nowoczesne maszyny, urządzenia, narzędzia, technologie do pozyskiwania, przeróbki i transportu surowców mineralnych. Były także referaty opisujące możliwości



zastosowania automatyzacji i robotyzacji w technologiach górniczych, jak też zaawansowanych pakietów komputerowych do modelowania procesów górniczych oraz wspomagania projektowania maszyn i urządzeń.

Uczestnicy Konferencji, poza aktywnym uczestnictwem w obradach, mieli okazję w ramach imprez towarzyszących zwiedzić okolice Krynicy. Natomiast podczas góralskiego wieczoru przy ognisku mieli także możliwość zapoznać się z miejscowym folklorem oraz serwowanymi lokalnymi przysmakami. Wieczór pożegnalny, podczas którego podsumowano efekty Konferencji TUR 2019, uświetnił występ artystyczny – recital młodej, ale

już bardzo cenionej artystki scen krakowskich – Weroniki Kowalskiej wraz z zespołem. Zaprezentowany program został przyjęty owacyjnie przez uczestników TUR-a. Pokazano to na dołączonych zdjęciach.

Mamy nadzieję, że podobne warunki stworzymy uczestnikom XII edycji Konferencji

TUR 2022, aby ich udział w wydarzeniu i pobyt w Krynicy pozostawił wiele wrażeń i wartości naukowych i zachęcił do ponownego udziału w następnej konferencji TUR.

Zapraszamy Państwa do czynnego udziału w Konferencji. Wszystkie informacje dotyczące konferencji są dostępne na jej stronie: <http://www.tur.agh.edu.pl>. ■

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego  
Konferencji „TUR 2022”  
Dr hab. inż. Krzysztof Kotwica, prof. AGH

# Przyszłość OZE maluje się w jasnych barwach. Solar Energy Expo 2022 za nami

W dniach 25–26 maja 2022 w PTAK Warsaw Expo odbyło się Solar Energy Expo, czyli targi przemysłu odnawialnych źródeł energii. Kompleksowe wydarzenie pozwalające na zaznajomienie się z innowacjami oraz najkorzystniejszymi rozwiązaniami dedykowanymi dla klientów indywidualnych i branżowych przyciągnęło tysiące odwiedzających i setki wystawców.

**S**olar Energy Expo to innowacyjne wydarzenie promujące trendy i rozwój odnawialnych źródeł energii. Biznesowa przestrzeń PTAK Warsaw Expo, gdzie się odbywało, posłużyła jako platforma zarówno do wymiany doświadczeń i integracji sektora, jak również edukacji dzięki konferencjom panelowym.

Podczas *eventu* zaprezentowali się wiodący producenci z Polski i zagranicy. Obszarem ich zainteresowań była fotowoltaika, usługi, elektromobilność, technologie pozyskiwania energii elektrycznej i ciepłej ze źródeł, technologie solarne i pompy ciepła, elektrownie słoneczne oraz magazyny energii.

## Edukacja na Solar Energy Expo

Solar Energy Expo było okazją do nawiązania nowych relacji biznesowych, ale również do dyskusji i edukacji. Te zapewnili najwięksi branżowi eksperci, którzy wypowiedzieli się na tematy



dotyczące polityki klimatycznej, ekonomicznej, regulacyjnej i technologicznej w ramach konferencji Pime Energy Summit.

Eco4Life poświęcone było z kolei recyklingowi energii na rzecz spowolnienia zmian klimatu. Eksperci rozmawiali o neutralności klimatycznej, transformacji energetycznej oraz wsparciu dla rozwiązań OZE.

## Solar Energy Expo w liczbach

20 000 m<sup>2</sup> PTAK Warsaw Expo przez dwa dni Solar Energy Expo tętniło życiem. Wydarzenie odwiedziło 4870 uczestników, którzy zaznajamiali się z ofertami 114 wystawców. Podczas wydarzenia przybyli mogli skorzystać z rabatów niedostępnych w standardowych okolicznościach i nawiązać relacje biznesowe, które rozwiną ich przedsiębiorstwa. Od wielu z nich mamy zapewnienie, że profesjonalny *networking* poskutkowało u nich nowymi umowami i zwiększeniem łańcucha dostaw.

Wysoka skuteczność *eventu* to również zapowiedź kolejnej edycji wydarzenia. O szczegółach poinformujemy wkrótce. ■

reklama



**Łukasiewicz**  
Instytut Napędów  
i Maszyn  
Elektrycznych  
KOMEL



jubileuszowa  
konferencja  
naukowo-techniczna

## PROBLEMY EKSPLOATACJI MASZYN I NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH

ODRĘBNE SESJE



**Elektromobilność**

Projektowanie, eksploatacja  
pojazdów i środków transportu  
o napędzie elektrycznym

**TRANSFORMATORY**

Budowa, eksploatacja  
i diagnostyka

ORGANIZATOR

Łukasiewicz – KOMEL

TERMIN

21-23 września  
2022 roku

MIEJSCE

Rytko k/Nowego Sącza  
HOTEL „PERŁA POŁUDNIA”

PATRONAT

Minister  
Rozwoju  
i Technologii



Ministerstwo  
Rozwoju i Technologii

Komitet  
Elektrotechniki



WSPÓŁPRACA

Stowarzyszenie  
Elektryków  
Polskich



PATRONAT MEDIALNY



INFORMACJE

TEL. [32] 258-20-41 w. 25  
KOM. 606-308-827  
FAX [32] 259-99-48  
info@komet.lukasiewicz.gov.pl  
www.komet.lukasiewicz.gov.pl



Międzynarodowe Targi EXPO Katowice 6–9 września 2022 r.

# Zielone wyspy energii w nieczynnych kopalniach

Rośnie zainteresowanie producentów maszyn i urządzeń, firm świadczących usługi oraz placówek naukowo-badawczych Międzynarodowymi Targami EXPO Katowice, jakie za niespełna trzy miesiące odbędą się w stolicy województwa. Tradycyjnie współorganizatorem Targów jest Miasto Katowice.

**W** dniach od 6 do 9 września Międzynarodowe Centrum Kongresowe oraz plac Sławika i Antalla wypełni prezentacja najnowocześniejszych rozwiązań przeznaczonych dla branż wydobywczych. Jak zgodnie twierdzą specjaliści, wprowadzenie w podziemia kopalń oferty przedstawianej na ekspozycjach znacznie skróciłoby proces budowania nowoczesnego przemysłu wydobywczego; bardziej efektywnego i rentownego i o znacznie mniejszym negatywnym oddziaływaniu na środowisko naturalne.

Międzynarodowe Targi EXPO KATOWICE – Targi Górniczo-Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, bo taka jest ich pełna nazwa, organizowane są w bardzo trudnym okresie, jaki przeżywa branża węglowa, co ma bezpośrednie przełożenie na kondycję firm okołogórniczych, zarówno globalnych, jak i małych – rodzinnych. Stąd pojawiały się pytania, czy targi o takim profilu mają przyszłość. Jednoznaczną odpowiedzią na te wątpliwości będzie tegoroczna ekspozycja. Uczestniczy w niej blisko 200 firm krajowych i zagranicznych, m.in. z Belgii, Czech, Francji, Niemiec, Słowacji, Słowenii, Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Włoch.

Targi utrzymały prymat największej w Europie prezentacji oferty dla branż wydobywczych. Po raz pierwszy jednak, zgodnie z sugestiami wystawców, poszerzono zakres branżowy Targów o nowe segmenty tematyczne: EcoDom, B2Energy oraz Maszyny i Urządzenia dla Przemysłu 4.0, stwarzając firmom okołogórniczym możliwość prezentacji nowych kierunków rozwoju w zakresie usług i produkcji.

Czym jest ta ekspozycja, jak ją oceniają i jakie miejsce zajmuje w kalendarzu imprez wystawienniczych – zapytaliśmy przedstawicieli firm, które od lat uczestniczą w katowickich Targach.

– Katowickie Targi od lat są postrzegane jako najważniejsze wydarzenie branżowe w tej części Europy i doskonała promocja polskiej gospodarki – mówi **Mirosław Bendzera**, prezes zarządu FAMUR SA. – To właśnie tutaj można śledzić rozwiązania technologiczne odpowiadające aktualnym wyzwaniom rynkowym. FAMUR także za każdym razem prezentuje w Katowicach najnowsze urządzenia i innowacje. Tegoroczna

edycja będzie jednak dla nas wyjątkowa, bowiem po raz pierwszy przedstawimy Grupę FAMUR jako holding technologiczny nie tylko w części związanej z sektorem górniczym, ale również w obszarach związanych z zieloną transformacją.

– CARBOAUTOMATYKA SA i firmy należące do Grupy są jednym z inicjatorów i promotorów górniczych prezentacji w Katowicach – mówi **Henryk Stabla**, Prezes Zarządu. – Targi organizowane w stolicy naszego województwa nie są wyłącznie ekspozycją wystawienniczą. To wydarzenie, które kreuje wizję nowoczesnego przemysłu wydobywczego i wytycza kierunki jego rozwoju. Jest to szczególnie ważne w obecnej sytuacji, w której górnictwo węgla kamiennego w Polsce ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa energetycznego kraju. Udział w katowickich Targach blisko 200 firm, na przekór problemom, z jakimi przychodzi się mierzyć branży okołogórniczej, uważam za zwiastun nadziei i szansę prezentacji nowych kierunków rozwoju w zakresie produkcji i usług, zarówno na rynku górniczym, jak i w innych branżach.

– Katowickie Targi to główna pozycja w naszym kalendarzu wystawienniczym i kluczowa ekspozycja wystawiennicza z punktu widzenia roli, jaką nasz instytut badawczo-rozwojowy pełni i w najbliższych latach będzie pełnił w branży górniczej – stwierdził **Dariusz Prostański**, Dyrektor Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. – Targi górnictwa pozostają doskonałą prezentacją oferty stanowiącej wynik prac badawczo-rozwojowych w dziedzinie techniki górniczej, jak też okazją do dokonania przeglądu rynku komercyjnego i – przede wszystkim – zainteresowania rynkiem górniczym. W trudnych aktualnie uwarunkowaniach geopolitycznych to zainteresowanie jest szczególnie istotne. Zawirowania wywołane rosyjską agresją na Ukrainę zachwiały dotychczasową pewnością bliskiego schyłku europejskiego przemysłu węglowego i paliw kopalnych.

Targi są też okazją do zaprezentowania nowych kierunków działań Instytutu KOMAG zawartych w ogłoszonej w czerwcu strategii, która związana jest m.in. z przekształcaniem i adaptacją przestrzeni pogórnicy. Jedną ze sztandarowych pozycji jest Śląski System Magazynowania Energii, który zakłada przekształcanie nieczynnych kopalń w zielone wyspy energii. KOMAG jako Instytut Zielonej Przemiany zaprezentuje również na Targach swoje nowe rozwiązania z zakresu IoT oraz Przemysłu 4.0.

**Zdzisław Bik**, Prezes Zarządu Grupy FASING, stwierdził:

– Międzynarodowe Targi Expo Katowice są jednymi z najważniejszych wydarzeń branżowych dla Grupy FASING. Uczestnikiem tej wystawy jesteśmy nieprzerwanie od ponad 20 lat. Widzimy, jak Targi ewoluowały, jak się rozrastają, ciesząc coraz większym zainteresowaniem z edycji na edycję. Są one

doskonałą platformą do wymiany wiedzy i doświadczeń, z której czerpią zarówno odwiedzający, jak i wystawcy. Z wielkim entuzjazmem podchodzimy do tegorocznej edycji, zwłaszcza że wyjątkowo spotykać się będziemy po trzyletniej przerwie.

**Robert Siewierski**, dyrektor ds. produkcji firmy „DREMEX”, uznał Międzynarodowe Targi Górnictwa za priorytetową pozycję w kalendarzu imprez targowych:

– Cieszymy się, że kolejny raz będziemy mogli zaprezentować naszą ofertę podczas tego wydarzenia. Satysfakcja jest tym razem podwójna, ponieważ pandemia spowodowała, że targi były czymś nieosiągalnym z wiadomych względów – ten zły czas się skończył i dlatego też uznajemy, że tegoroczna edycja Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego jest wyjątkowa pod każdym względem. Jesteśmy firmą z Podkarpacia, natomiast od wielu lat Katowice i przede wszystkim Śląsk to region dla nas ważny – to tutaj posiadamy naszych strategicznych partnerów biznesowych, naukowych oraz badawczych. Tegoroczne Targi będą wspaniałą okazją do wspólnego spotkania.

Wystawcy Międzynarodowych Targów EXPO KATOWICE, a szerzej cała branża firm okołogórnictwowych, z nadzieją przyjmują kolejne zapowiedzi przedstawicieli rządu dotyczące przyszłości sektora wydobywczego, jakie pojawiły się w ostatnich tygodniach. Mimo braku konkretów szczególną uwagę zwrócono na

wypowiedź wiceministra aktywów państwowych **Piotra Pyzika** i deklarację wicepremiera **Jacka Sasina**, który zapowiedział opracowanie nowego harmonogramu wygaszania kopalń oraz niezbędnych zamierzeń inwestycyjnych w kopalniach.

– Spółki węglowe – przede wszystkim Polska Grupa Górnictwa, ale również Bogdanka – (...) pracują bardzo intensywnie nad tymi inwestycjami, tak aby można było w szybkim czasie, w ciągu kilku miesięcy, wyraźnie zwiększyć wydobycie węgla w polskich kopalniach – poinformował wicepremier.

– Harmonogram musi się zmienić z tego względu, że dzisiaj nie jesteśmy w stanie odchodzić od węgla w energetyce tak szybko, jak przewidywaliśmy... Stąd krzywa wygaszania kopalń przez najbliższe lata musi się wypłaszczyć. Czyli tak naprawdę nie możemy dzisiaj żadnych kopalń zamykać, a wręcz przeciwnie – musimy zwiększyć wydobycie węgla – zaznaczył minister aktywów państwowych.

– Rozmawiamy z KE, że przez jakiś czas będziemy musieli wydobywać więcej węgla ze względu na bezpieczeństwo narodowe – poinformował wiceminister aktywów państwowych **Piotr Pyzik**. – Nasz bilans energetyczny w 70 proc. jest oparty na węglu. My tego w ciągu 2–3 dni (...) nie zmienimy. Węgiel jest dla nas podstawą na najbliższe lata. (...) Tego węgla się nie pozbedziemy nie dlatego, że nie chcemy czy nie potrafimy, ale dlatego, że nie mamy go czym zastąpić. ■

reklama

6-9 WRZEŚNIA 2022

MIĘDZYNARODOWE CENTRUM KONGRESOWE W KATOWICACH

# MIĘDZYNARODOWE TARGI EXPO KATOWICE

TARGI GÓRNICTWA, PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO I HUTNICZEGO

TARGI ECODOM

TARGI B2ENERGY

TARGI MASZYN I URZĄDZEŃ

Platforma synergii: nowoczesnego górnictwa, transformacji energetycznej, czystych technologii, odnawialnych źródeł energii i elektromobility.



Organizator: EXPO Katowice S.A.  
www.expo-katowice.com



Współgospodarz: Miasto Katowice

# 100-lecie powstania fabryki w Żychlinie

## Początki przemysłu maszyn elektrycznych w Polsce do 1939 roku

Jerzy Hickiewicz, Piotr Rataj, Przemysław Sadłowski

### 1. W okresie zaborów

Pojawienie się elektrotechniki przypadło na XIX wiek, czyli okres zaborów, co znacząco utrudniło Polakom włączenie się w główny nurt rozwoju tej nowej dziedziny techniki. Ziemie byłej Rzeczypospolitej, już wcześniej zacofane, były traktowane przez nowe władze głównie jako rolnicze zaplecze i miejsce zbytu towarów. Polityczne represje utrudniały też działalność naukowo-techniczną, tworzenie uczelni i stowarzyszeń. Szybko też w Europie dominującą pozycję w przemyśle elektrotechnicznym, także maszyn elektrycznych, zdobyły sobie wielkie koncerny niemieckie. Wszystkie te czynniki nie sprzyjały powstaniu wielkiego polskiego przemysłu maszyn elektrycznych, tym bardziej warto zatem odnotować, co mimo tego udało się osiągnąć.

Pierwsze próby z konstrukcją maszyn elektrycznych na terenie ziem polskich podjęto zapewne na przełomie lat 70. i 80. XIX wieku. Wiadomo na przykład, że lwowski przedsiębiorca Franciszek Rychnowski<sup>1</sup> użył w zbudowanej przez siebie w latach 1880–1882 instalacji oświetleniowej sali poselskiej w gmachu Sejmu Krajowego we Lwowie dynamomaszyn prądu stałego własnej konstrukcji. W Białej działał też przez jakiś czas wybitny wynalazca Robert Gülcher, który także konstruował dynamomaszyny. Maszyny w tym pionierskim okresie były produkowane rzemieślniczo.

Najstarszą wytwórnią maszyn elektrycznych na współczesnym terenie Polski (o której wiadomo) była istniejąca od 1876 r. fabryka wspomnianego Roberta Gülchera w Białej, początkowo zajmująca się naprawą i wyrobem maszyn włókienniczych, potem też dynamomaszyn. W 1894 r. Gülcher założył ze swoim

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano zarys początków i rozwoju przemysłu maszyn elektrycznych, który miał miejsce na terenie zaborów byłej Rzeczypospolitej Obojga Narodów (do 1918 r.) i II Rzeczypospolitej Polskiej (do 1939 r.). Podjęto próbę charakterystyki ważniejszych zakładów wytwarzających maszyny elektryczne tak prądu

stałego, przemiennego, jak i transformatory. Szczególny nacisk położono na założoną w 1921 r. fabrykę w Żychlinie, która już w okresie międzywojennym stała się jedną z największych w Polsce.

Słowa kluczowe: przemysł, maszyny elektryczne, Żychlin, historia elektrotechniki

### THE ORIGINS OF THE ELECTRICAL MACHINES INDUSTRY IN POLAND UP TO 1939 ON THE 100TH ANNIVERSARY OF THE FOUNDATION OF FACTORY IN ŻYCHLIN

**Abstract:** The article presents an outline of the beginnings and development of the electrical machines industry in the partitioned territories of the former Polish-Lithuanian Commonwealth (until 1918) and the Second Republic of Poland (until 1939). An attempt was made to characterise the most important plants produc-

ing electrical machines, both direct and alternating current, as well as transformers. Particular emphasis was placed on the factory in Żychlin, established in 1921, which already in the interwar period became one of the largest in Poland.

Keywords: industry, electrical machines, Żychlin, history of electrotechnology

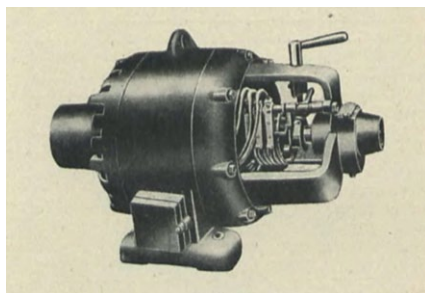
szwagrem Georgiem Schwabe spółkę, która pod firmą „Gülcher & Schwabe” wyrabiała dynamomaszyny prądu stałego konstrukcji Gülchera o „zbroi pierścieniowej spłaszczonej w kierunku osi”. W 1900 r. fabrykę przeniesiono do Bielska, od 1906 r. jej jedynym właścicielem pozostał Georg Schwabe. Zakład przetrwał okres I wojny światowej i po włączeniu Bielska do Polski działał dalej w II RP. Produkowano m.in. silniki asynchroniczne sześciobiegunowe o mocach 0,8 i 1,1 kW budowy zamkniętej dla zastosowań w przemyśle włókienniczym. Z czasem rozszerzono zakres produkcji, np. o silniki okapturzone

od 0,37 do 200 kW, silniki zamknięte z ożebrowanymi korpusami do 100 kW, wentylatory o mocach 125, 195 i 360 W. W 1938 r. zatrudniano 495 pracowników fizycznych i 55 umysłowych, wszyscy mistrzowie i większość wykwalifikowanych robotników była narodowości niemieckiej, a język niemiecki był językiem używanym w zakładzie. Pod koniec okresu międzywojennego produkowano miesięcznie średnio 500 sztuk silników, 30 sztuk krosien półautomatycznych i 700 sztuk maszyn do szycia [4]. Firma przetrwała okres następnej wojny, systemem komunistyczny i istnieje do dziś pod nazwą „Indukta” [4, 17].



Fot. 1. Reklama firmy Schwabe

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1935, nr 16)



Fot. 2. Mały silnik asynchroniczny wytwórni Elektrobudowa

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12)

Niedługo po Bielsku-Białej, w 1895 r., produkcję maszyn elektrycznych prądu stałego systemu Schwartzkopfa podjął w Łodzi August Hüffer. Fabryka zatrudniała do 80 osób, jednak 1903 r. ją zlikwidowano, pomimo dobrej jakości wyrobów, z powodu silnej konkurencji i braku kapitału. Z kolei w 1911 r. powstały w Warszawie warsztaty „Warszawskiego Towarzystwa Fabryk Maszyn Sirius” własność Józefa Jakobsfelda. Produkowały głównie pompy odśrodkowe, rozpoczęły też wyrób małych silników trójfazowych do 5 KM. Ich produkcja wzrastała: o ile w pierwszym roku wyprodukowano 20 sztuk, to w 1914 r. już 286, prawie wyłącznie na eksport do Rosji. Fabryka przetrwała I wojnę światową, ale wydaje się, że potem produkowała już tylko pompy.

## 2. W odrodzonej Polsce

Odzyskanie niepodległości w 1918 r. otworzyło drogę do podjęcia szerszej zakrojonych działań w kierunku budowy własnego przemysłu maszyn elektrycznych, który mógł być chroniony przez państwo odpowiednio wysokimi cłami. Starania w kierunku otwarcia fabryki maszyn elektrycznych podjęło kilka osobnych grup działaczy przemysłowych i elektrotechnicznych. W latach 1918–1921 powstało dzięki ich zabiegom kilka czołowych zarówno pod względem wielkości, jak i wpływu na gospodarkę polskich wytwórni maszyn elektrycznych.

### 2.1. Elektrobudowa

Spośród nich zapewne najwcześniej zdołał podjąć produkcję maszyn powstała w 1918 r., niewielki początkowo

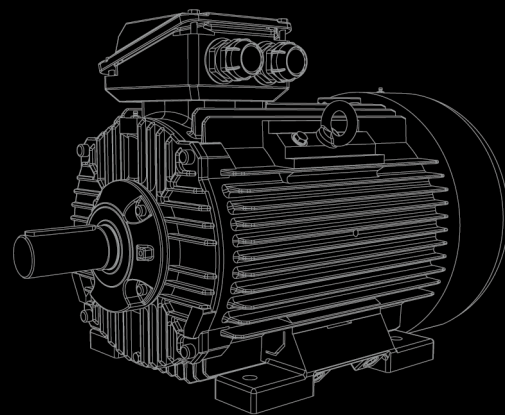
zakład „Bracia Jaroszyńscy” w Łodzi, który w 1920 r., po przeprowadzce do większego lokalu, wyprodukował pierwszych 7 asynchronicznych czterobiegunowych silników pierścieniowych budowy otwartej, o mocy 5 KM i napięciu 120 V, zamówionych przez Wojsko Polskie. W 1921 r. wybudowano ich 30, a rok później 70. W 1922 r. firmę przekształcono w spółkę akcyjną pod nazwą „Elektrobudowa” i podjęto produkcję silników pierścieniowych o mocach 1–10 KM oraz rozruszników do nich.

Dyrektorem handlowym był Stanisław Jaroszyński, kierownikiem warsztatu jego brat Feliks, a w 1923 r. kierownikiem technicznym został Walenty Kopczyński, utalentowany konstruktor, który opracował większość projektów maszyn produkowanych odtąd przez „Elektrobudowę”. W 1925 r. rozpoczęto produkcję transformatorów w związku z zamówieniem przez Elektrownię Łódzką 6 suchych transformatorów o mocach 20, 30 i 50 kVA 3000/125 V. Projektantem ich był również Walenty Kopczyński. Fabryka rozwijała się szybko, w 1929 r. przeniesiono ją do większego lokalu, rozpoczęto produkcję transformatorów olejowych, a liczba robotników w 1929 r. wyniosła 150 i 13 pracowników umysłowych. Wyprodukowano wtedy silniki o łącznej mocy 2899 KM (w 1928 r. było to już 4215 KM), a transformatory o mocy łącznej aż 12 068 kVA. Największy zbudowany w 1927 r. transformator miał moc 200 kVA, a silnik 40 KM.

Z powodu kryzysu gospodarczego w 1930 r. zmniejszono czas pracy i zwolniono 35% robotników. Produkcja silników spadła o 67%, ale transformatorów

DEMANDING APPLICATIONS  
OUR MOTORS – YOUR SUCCESS  
POWER OF EXPERIENCE  
DEMANDING APPLICATIONS  
CHALLENGING PROJECTS  
IDEA TURNED INTO ENERGY

**Cantoni**<sup>®</sup>  
**GROUP**



**SILNIKI  
ELEKTRYCZNE**  
**0,04 kW - 6000 kW**

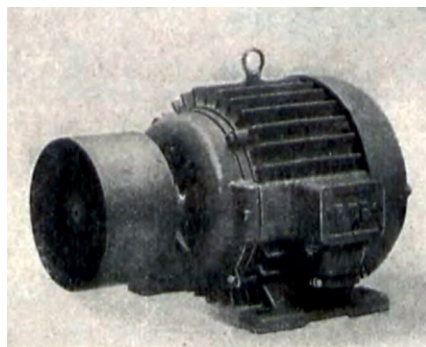


POWER OF EXPERIENCE  
OUR MOTORS – YOUR SUCCESS  
DRIVING MOST DEMANDING  
INTO YOUR ENERGY GLOBAL  
ENERGY BUSINESS POWER  
WWW.CANTONIGROUP.COM



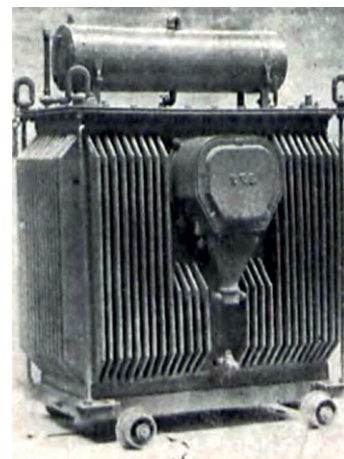
Fot. 3. Transformator olejowy 400 kVA „Elektrobudowy”, czynny na Powszechnej Wystawie Krajowej w Poznaniu w 1929 r.

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12)



Fot. 4. Trójfazowy silnik asynchroniczny, 19 KM, 380 V, 1450 obr./min., całkowicie zamknięty, z chłodzeniem powierzchniowo-żebrowym, z wirnikiem dwuklatkowym produkcji PTE

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)



Fot. 5. Trójfazowy transformator kopalniany, 100 kVA, 5000/220 V produkcji PTE

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)

prawie wcale [4]. W 1936 r., po ukończeniu studiów na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej i odbytej służbie wojskowej, pracę w „Elektrobudowie” rozpoczął bratanek Walentego, inż. Zbigniew Kopczyński, który kontynuując przez wiele lat jego działalność, stał się jednym z najwybitniejszych polskich konstruktorów transformatorów<sup>2</sup>.

W 1938 r. nabyto w Radomiu plac z przeznaczeniem na budowę nowej fabryki, czemu przeszkodziła wojna. W 1939 r. „Elektrobudowa” zatrudniała 260 robotników i 32 pracowników umysłowych. W roku tym wyprodukowano ogółem silników o mocy 7200 KM (szczyt nastąpił pod tym względem w 1938 r., 8474 KM) i transformatorów o mocy 63120 kVA (tu również zanotowano szczyt, 72 286 kVA, w 1938 r.). Były to własne rozwiązania konstrukcyjne [1, 4].

### 2.2. Polskie Towarzystwo Elektryczne

W 1918 r. założono – m.in. z inicjatywy Tomasza Ruśkiewicza, na bazie wcześniejszego Polskiego Towarzystwa Przedsiębiorstw Elektrotechnicznych – Polskie Towarzystwo Elektryczne (PTE), którego prezesem został Jan Jeziorański, dyrektorem Włodzimierz Sierpurowski, a dyrektorem technicznym prof. Konstanty Żórawski. W 1921 r. uruchomiono fabrykę PTE w Warszawie, której dyrektorem został Jerzy Roman.

W początkowym okresie produkowano maszyny według planów fabryki „Volta” w Rewlu (obecnie Tallin), w której pracował wcześniej Żórawski.

Fabryka warszawska PTE spłonęła w 1924 r., została jednak odbudowana i ponownie uruchomiona. Produkowano prądnice i silniki prądu stałego do 100 kW, małe prądnice lotnicze, przetwornice jednotwornikowe radiowe, silniki tramwajowe (według dokumentacji Brown-Boveri), silniki trójfazowe indukcyjne, specjalne silniki asynchroniczne dla przemysłu włókienniczego, przetwornice i rozruszniki olejowe. W 1922 r. PTE zakupiło w Katowicach fabrykę silników elektrycznych „Schlesische Motoren-Werke, E. Dilla”. Jej dyrektorem został Jerzy Bereza, a technicznym Wacław Jaroszyński. Produkowano tam prądnice prądu stałego do oświetlania wagonów (według licencji brytyjskiej firmy Stone), prądnice i silniki prądu stałego 1,5–20 kW, silniki trójfazowe 1,5–50 kW według dokumentacji poprzedniego właściciela, silniki trójfazowe 20–100 kW według własnych projektów, transformatory suche do 50 kVA, olejowe do 1250 kVA i kopalniane 20–100 kVA.

Zakład ów eksportował do Turcji i ZSRR. Z powodu światowego kryzysu gospodarczego w 1931 r. zlikwidowano fabrykę w Katowicach (która w 1928 r. zatrudniała 270 osób), a część załogi przeniesiono do fabryki w Warszawie. W 1933 r. w Warszawie pracowało ok.

200 robotników. Po scaleniu zakładów dokonano reorganizacji i rozbudowy fabryki w Warszawie, powstał dział produkcji transformatorów, które jednak były produkowane w ograniczonych ilościach. W 1933 r. zarząd PTE nawiązał kontakt ze szwedzką firmą ASEA w celu zwiększenia kapitału i zawarcia umowy licencyjnej, co po paru latach doszło do skutku. Na początku 1939 r. dyrektor W. Jaroszyński wyjechał do Szwecji, aby omawiać plany budowy nowych hal fabrycznych. PTE nie przetrwała wojny. Po powstaniu warszawskim Niemcy wywieźli wyposażenie, a jej budynki wysadzili [4, 9, 11].

### 2.3. Polskie Zakłady Elektryczne Brown-Boveri – Zakłady Elektromechaniczne Rohm-Zieliński

W 1921 r. dzięki staraniom inż. Zygmunta Okoniewskiego<sup>3</sup> powstało jedno z największych polskich przedsiębiorstw elektrotechnicznych – Polskie Zakłady Elektryczne Brown-Boveri SA, a Okoniewski został jego dyrektorem naczelnym.

Siedziba Spółki mieściła się w Warszawie. Równocześnie z tworzeniem spółki akcyjnej Okoniewski w 1921 r. nabył teren po dawnej cukrowni Walentynów w Żychlinie i założył tam fabrykę maszyn elektrycznych. Na lokalizację produkcji elektrotechnicznej złożyło się wiele czynników, m.in. bliska odległość od Warszawy, dostępność linii kolejowych oraz





Fot. 6. Zygmunt Okoniewski, 1877-1936, pierwszy dyrektor naczelny Polskich Zakładów Elektrycznych Brown-Boveri

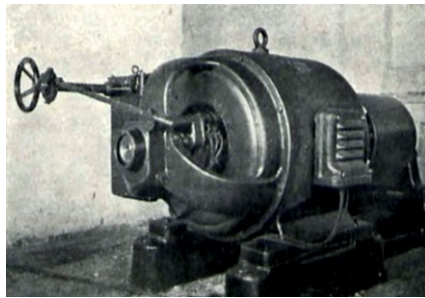
(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 6)

tania siła robocza, na którą składali się byli pracownicy cukrowni. Jednocześnie decyzja o założeniu tam fabryki była bardzo ryzykowna, bowiem teren ten nie posiadał tradycji przemysłowych oraz wykwalifikowanej kadry potrzebnej do podjęcia znacznie bardziej skomplikowanej produkcji. Fabryka uruchomiona została 31 grudnia 1922 r. Pierwszym kierującym fabryką był inż. Stanisław Śliwiński<sup>4</sup>. Kolejnym zaś od 1927 r. był inż. Jerzy Gosiewski<sup>5</sup>, jego zastępcą był szef biura technicznego inż. Zygmunt Gogolewski<sup>6</sup>. Początkowo produkowano w niej silniki indukcyjne, jednak z czasem zakres produkcji się rozszerzał, obejmując: silniki prądu stałego, silniki trakcyjne, silniki prądu zmiennego dużej mocy, generatory do elektrowni i transformatory WN. Produkty odpowiadały na zapotrzebowanie ówczesnego przemysłu, energetyki i elektryfikacji transportu w Polsce.



Fot. 7. Główny budynek fabryki w Żychlinie

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12)



Fot. 8. Silnik trójfazowy o mocy 150 KM z dobudowanym rozrusznikiem produkcji fabryki w Żychlinie

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12)

W 1926 r. Z. Okoniewski wykupił i rozbudował fabrykę maszyn elektrycznych w Cieszynie, która powstała w 1920 r. w Ustroniu, a w 1921 r. została przeniesiona do Cieszyna. Jej dyrektorem pozostał inż. Karol Rusz. Fabryka cieszyńska miała odmienny charakter, jej produkcja uzupełniała ofertę zakładu żychlińskiego. Spółka od 1928 r. zaczęła jednak przynosić straty.

Jednocześnie w 1929 r. zapoczątkował się wielki kryzys gospodarczy, który znacząco wpłynął na powiązania gospodarcze. Miał on duży wpływ na dalsze pogarszanie się sytuacji w wielu fabrykach. Wywołany kryzysem brak zamówień spowodował spadek obrotów spółki. Wydatki na nowe inwestycje pozyskiwano z pożyczek z Banków Szwajcarskich i firm koncernu Brown-Boveri. W 1930 r. centrala z Baden postanowiła pokryć straty i zadłużenie. Doszło do zmian w kierownictwie spółki, m.in. w styczniu 1930 r. Okoniewski złożył mandat Dyrektora Naczelnego, został jednak powołany na Prezesa Rady Wykonawczej. Reorganizację przesłała centrala, zlikwidowano naczelną dyrekcję i na jej miejsce powołano przybyłych ze Szwajcarii dwóch dyrektorów. Do Żychlina przysłano czterech instruktorów-elektrotechników ze Szwajcarii oraz sześciu fachowców z fabryki cieszyńskiej. W lipcu 1930 r. Karol Rusz został dyrektorem obu fabryk. Zamierzano skoncentrować produkcję w Żychlinie. W 1931 r.

reklama



## Oto STAUFF Polska

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

Systemy Mocowania



Systemy Pomiarowe



Technika Filtracji



Diagtronics



Akcesoria Hydrauliczne



Zawory Kulowe



Złącza Hydrauliczne



NOWOŚĆ!  
STAUFF  
Connect

Technologia Złącz Rurowych od STAUFF



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

www.stauff.pl

Z. Okoniewski chciał kupić od Szwajcarów obie fabryki, jednak w sierpniu 1931 r. obie zostały zamknięte. Spółka została rozwiązana w 1932 r.

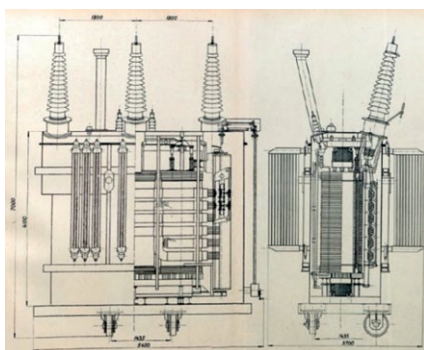
W 1932 r. Okoniewski wystąpił z propozycją nabycia przez firmę Rohn-Zieliński fabryki w Żychlinie. Propozycję zrealizowano i we wrześniu 1932 r. przekształcono firmę w „Zakłady Elektromechaniczne Rohn-Zieliński SA licencja Brown-Boveri”. Spółka nabyła od Brown-Boveri we wrześniu 1932 r. fabrykę w Żychlinie, a w maju 1933 r. fabrykę w Cieszynie. Warsztaty Rohn-Zieliński w Warszawie zostały zamknięte, a ich maszyny i urządzenia przeniesione do fabryki żychlińskiej. Prezesem spółki został Z. Okoniewski. Dzięki jego inicjatywie już w marcu 1933 r. udało się wznowić produkcję w obu fabrykach. W latach 1932–1938 funkcję dyrektora pełnił Zygmunt Gogolewski. Fabryką w Cieszynie kierowali Maurycy Myśliwiec (sprawy techniczne) i Henryk Tomanek (sprawy ekonomiczne).



Fot. 9. Budynki fabryki w Cieszynie

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12)

W drugiej połowie lat 30. w fabryce w Żychlinie produkowano przede wszystkim prądnice, trójfazowe silniki asynchroniczne, maszyny okrętowo-morskie, skomplikowane silniki dla przemysłu: włókienniczego, papierniczego, chemicznego, górnictwa i przemysłu naftowego oraz transformatory olejowe największych mocy. Osiągnięciem fabryki żychlińskiej były maszyny okrętowo-morskie wykonywane częściowo na podstawie dokumentacji Brown-Boveri. Szczytowym osiągnięciem była główna maszyna do łodzi podwodnej. Fabryka w Żychlinie była też producentem największych produkowanych w Polsce silników asynchronicznych



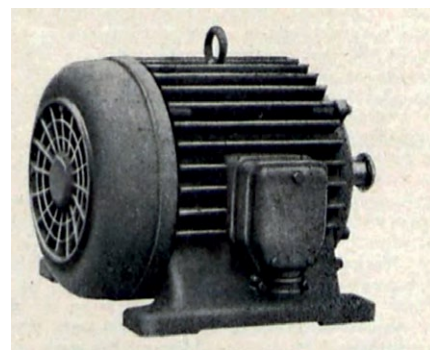
Fot. 10. Pierwsze transformatory 150 kV krajowej produkcji (z Żychlina) o mocy 12 MVA

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1938, nr 12)

(silnik o mocy 1360 KM i 990 obrotach na minutę na napięciu 6 kV). Skomplikowanym przedsięwzięciem była budowa transformatorów dużej mocy. Potrzeba wynikła w drugiej połowie lat 30, kiedy podjęto budowę przesyłowej linii elektrycznej Rożnów-Mościce-Starachowice-Warszawa o najwyższym stosowanym wówczas w Polsce napięciu 150 kV. Przetarg na budowę transformatorów dla tej linii, spośród 11 zgłoszonych firm, wygrała fabryka w Żychlinie. Konstrukcja transformatorów oparta była na licencji Brown-Boveri, ale biuro konstrukcyjne fabryki w Żychlinie opracowało tak wiele własnych rozwiązań, że dokumentacja licencyjna stanowiła ok. 50% całej dokumentacji konstrukcyjnej. Zbudowano cztery transformatory: dwa dwuuzwojeniowe o mocy 12 MVA, o napięciach 150/6 kV i dwa trójuzwojeniowe o mocy 11 MVA, 150/30/6 kV. Transformatory te, w trakcie ich wieloletniej eksploatacji, okazały się niezawodne.

Na bazie tych doświadczeń wykonano w 1938 r. w Żychlinie największy transformator w okresie Polski międzywojennej, o mocy 25 MVA na górne napięcie 36 kV. W Żychlinie produkowano również transformatory specjalne: piecowe, prostownikowe i regulacyjne. Transformatory regulacyjne były nowością, pozwalały na zmianę (w pewnych granicach) przekładni transformatora podczas jego pracy, bez potrzeby odłączania transformatora od sieci.

W fabryce cieszyńskiej z kolei po 1933 r. ambitnie podjęto produkcję



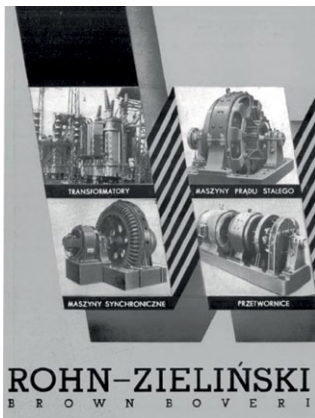
Fot. 11. Silnik poziomy z chłodzeniem powierzchniowo-żebrowym, z wirnikiem zwartym produkcji firmy Rohn-Zieliński SA

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)

silników cichobieżnych w oparciu o licencję Brown-Boveri. W silnikach tych udało się niemal całkowicie zlikwidować szum i jednocześnie uzyskać bardzo dobre własności elektryczne. Mogły być one zastosowane w instalacjach domów mieszkalnych, teatrach i kościołach.

W 1934 r. produkcja fabryki w Cieszynie objęła: silniki elektryczne o mocy do 70 kW, rozruszniki, skrzynki przyłączowe, pompy odśrodkowe i pompy parowe Worthingtona. Wyroby tych fabryk instalowano na największych budowach w Polsce, głównie w Centralnym Okręgu Przemysłowym. Przy produkcji stosowano najnowsze metody obróbki, wg szwajcarskiego systemu pasowań, co zapewniało zamienność części i dokładność wykonania. Produkcja opierała się na licencjach szwajcarskich, jednak zatrudnienie wybitnych inżynierów pozwalało nie tylko utrzymać wysoki poziom techniczny, ale także doskonalić wyroby szwajcarskie własnymi pomysłami. W kierowanym przez Z. Okoniewskiego przedsiębiorstwie wykształciło się wielu inżynierów. W fabryce w Żychlinie pracowali inżynierowie, którzy później zostali profesorami polskich politechnik oraz wybitnymi konstruktorami maszyn elektrycznych. Byli to m.in.: Z. Gogolewski, Eugeniusz Jezierski<sup>7</sup> i Jerzy Szmit<sup>8</sup>.

W okresie II wojny światowej fabryka działała jako własność niemieckiego oddziału firmy Brown-Boveri. W 1945 r. została upaństwowiona



Fot. 12. Reklama firmy Rohn-Zieliński

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1939, nr 12)

i otrzymała nazwę „Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych i Transformatorów M-1”. W 1991 r. została powołana jednoosobowa spółka Skarbu Państwa pod nazwą „Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych i Transformatorów EMIT” i firma powróciła do funkcjonowania na prawach wolnorynkowych. W 2001 r. została wydzielona produkcja transformatorów i rozpoczęła działalność firma „EV Żychlińskie Transformatory”. W grudniu 2005 r. spółka ta zmieniła właścicieli i od kwietnia 2006 r. działa pod nazwą „Fabryka Transformatorów w Żychlinie Sp. z o.o.”.

W dniu 31 października 2001 r. „EMIT” dołączył do spółek „Grupy

Cantoni” wraz z takimi polskimi fabrykami maszyn elektrycznych, jak: „Besel” w Brzegu<sup>9</sup>, „Indukta” w Bielsku i „Celma” w Cieszynie. Twórcą „Grupy Cantoni” był Giampiero Carlo Cantoni, nie tylko utalentowany przedsiębiorca, ale i wykładowca włoskich uniwersytetów oraz włoski senator.

Dla żychlińskiej fabryki „EMIT” było to bardzo korzystne przekształcenie własnościowe, bo w skład „Grupy Cantoni” wchodzi też specjalizująca się w eksporcie silników elektrycznych spółka „Cantoni Motor” (wówczas już z 40-letnim doświadczeniem), posiadająca sieć sprzedaży obejmującą ponad 35 krajów. To przekształcenie bardzo ułatwiło tym czterem polskimi fabrykom dostęp do rynków zagranicznych. Firmy te nadal posiadają własne biura konstrukcyjne, opracowują własne konstrukcje i eksportują nie tylko silniki elektryczne, ale i produkty myśli inżynierskiej [19]. Warto przypomnieć, że producent największych maszyn elektrycznych w tej polskiej grupie, „Zakład Maszyn Elektrycznych EMIT SA”, w 2021 r. obchodził 100-lecie swej działalności oraz 20-lecie działalności w ramach „Grupy Cantoni”.

#### 2.4. Inne wytwórnie

Spośród innych zakładów można wymienić jeszcze spółkę BEZET, założoną przez Wacława Brygiewicza i Michała Zuckera w Warszawie



Fot. 13. Giampiero Carlo Cantoni,

1939–2012

(Źródło: Wikipedia)

w 1910 r. jako przedsiębiorstwo akcyjne, które w 1927 r. rozpoczęło produkcję silników własnej konstrukcji 0,1–15 KM. Na początku 1929 r. dział konstrukcji maszyn zatrudniał ok. 280 osób, a dział instalacyjny 100. Wówczas to spółkę przejęła belgijska firma, która ją w 1933 r. zlikwidowała [4, 18].



Fot. 14. Reklama Stoczni Gdańskiej

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1939, nr 9)

reklama



## NOWE STACJE SERWISOWE JESZCZE BLIŻEJ / JESZCZE SZYBCIEJ



serwis@abuscranes.pl

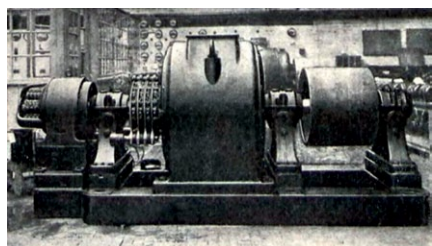
32 338 66 30

www.abuscranes.pl

**ABUS**  
CRANE SYSTEMS POLSKA

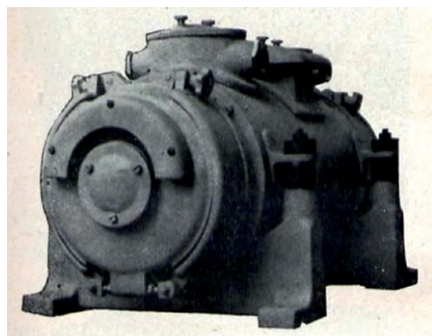
Dosyć duże znaczenie na polskim rynku miała Stocznia Gdańska SA (formalnie działająca nie na terytorium Polski, a Wolnego Miasta Gdańska) produkująca silniki i generatory trójfazowe do 1 MW oraz silniki prądu stałego do 350 kW. Była ona często wybierana w dostawach państwowych lub instytucjach popieranych przez państwo, ze względu na dużą część udziałów Skarbu Państwowego w stoczni [4].

W 1929 r. założono Polskie Zakłady Skody SA, które uruchomiły fabrykę w Warszawie na Okęciu. Produkowano wiele różnych wyrobów, m.in. silniki lotnicze, kable, ale też i maszyny według licencji centrali z Czechosłowacji. Produkowano silniki trójfazowe asynchroniczne i tramwajowe, potem też transformatory o mocy do 5 MVA w 1934 r. [13].



Fot. 15. Silnik asynchroniczny synchronizowany, 320 kVA, 380 V wyrobu Polskich Zakładów Skoda (Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)

W ciągu lat trzydziestych powstało kilka nowych wytwórni, które jednak nie zdołały się szerzej rozwinąć z powodu wybuchu wojny. Spośród nich warto wymienić powstałą w 1933 r.

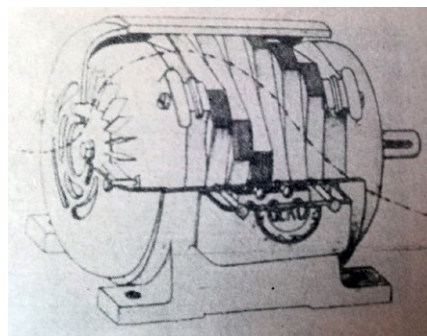


Fot. 16. Przetwornica wielotwornikowa typu specjalnego, 4,2 kW, dla statków morskich wyrobu firmy braci Pustołłów

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)

w Warszawie fabrykę braci Kazimierza i Władysława Pustołłów, początkowo zatrudniającą 12 pracowników fizycznych i 3 umysłowych, by 1939 r. zatrudniać 91 pracowników fizycznych i 9 umysłowych. Produkowali oni własnej konstrukcji maszyny, transformatory i aparaty elektryczne różnego rodzaju, przeważnie jednostkowo lub w małych seriach. Były to jednak maszyny i urządzenia specjalistyczne, np. transformatory i dławiki filtrów do radiostacji nadawczych, silniki prądu stałego 5 KM z regulacją prędkości obrotowej (900–2800 obr./min) przez osłabienie pola magnetycznego. Produkowano też wózki akumulatorowe dla zakładów Lignozu w Pustkowie i wiele innych [4].

W 1938 r. rozpoczęła w Warszawie działalność wytwórnia maszyn elektrycznych Henryka Stanisława Kozłowskiego, która produkowała silniki asynchroniczne trójfazowe z oryginalną konstrukcją rdzenia magnetycznego opracowanego przez H. Kozłowskiego. Rdzenie były składane nie z krążków blach magnetycznych, ale z kwadratów, których pakiety były składane z przedstawieniem o jeden lub więcej zębów, których rogi tworzyły linie śrubowe. Produkowano dla dużych odbiorców (np. Państwowej Fabryki Karabinów), co spowodowało potrzebę powiększenia zakładu. W trakcie wojny fabryka ta została spalona po powstaniu, a samego Kozłowskiego wywieziono na roboty do Niemiec. Po wojnie wznowiono w firmie „Mokomotor” produkcję tych silników na licencji, choć na krótko [4].



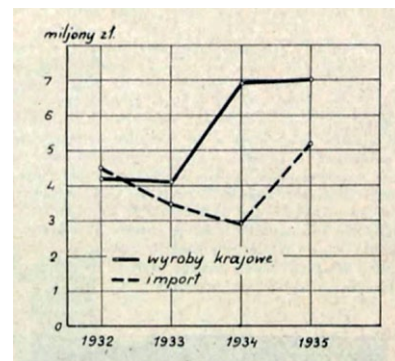
Fot. 17. Silnik z blachami kwadratowymi Henryka Stanisława Kozłowskiego

(Źródło: „Historia Elektryki Polskiej” t. 4)

### 3. Podsumowanie

Polski przemysł maszyn elektrycznych w dwudziestoleciu międzywojennym powstał właściwie od podstaw i pomimo niedoboru kapitału zdołał się rozwinąć na tyle, że Polska stała się w dużym stopniu samowystarczalna, zwłaszcza pod względem produkcji transformatorów (np. już w 1933 r. produkcja własna transformatorów o wartości 1020 tys. zł przewyższyła import o wartości 500 tys. zł.) i mniejszych silników, szczególnie trójfazowych o mocy do 1000 kW. Produkowano prawie wszystkie typy maszyn, poza niektórymi maszynami specjalnymi oraz największymi, zwłaszcza turbogeneratorami. Skromne początki przypadły na lata 1918–1922, po których z wolna cały przemysł przyspieszał, zwłaszcza w latach dobrej koniunktury 1927–1929. Potężny kryzys z lat 1930–1933 uderzył we wszystkie przedsiębiorstwa, z których część przestała istnieć. Kiedy jednak sytuacja gospodarcza zaczęła się poprawiać, nastąpił szybki rozwój, przewyższający ów sprzed kryzysu.

Przed kryzysem działało wiele drobnych wytwórni, *Historia Elektryki Polskiej* [4] podaje, że łącznie aż 31 w dwudziestoleciu międzywojennym, jednak po kryzysie znaczenia nabrały te największe: w Żychlinie, Cieszynie, Łodzi i Warszawie. Według GUS wartość produkcji maszyn i transformatorów w Polsce w 1936 r. wyniosła 10 mln zł, podczas gdy w 1938 r. było to już 26 mln zł. W 1930 r. wyprodukowano



Fot. 18. Wykres ilustrujący ogólną wartość sprzedanych na polskim rynku maszyn elektrycznych i transformatorów w latach 1932–1935, pokazujący wychodzenie przez branżę z kryzysu

(Źródło: „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19)

maszyn wirujących o masie 1026 ton, a w 1938 r. aż 2504 ton. Dno kryzysu pod tym względem przypadło na rok 1932, gdy wyprodukowano maszyn elektrycznych zaledwie o masie 330 ton. Choć początkowo w dużym stopniu polegano na licencjach zagranicznych, to z czasem coraz większy udział miała własna myśl techniczna, rozwijana przez polskich konstruktorów, w czym przodowały firmy w Łodzi, Żychlinie i Cieszynie oraz wyróżniali się bracia Pustołowie i H.S. Kozłowski.

### Przypisy

- Więcej na jego temat: RATAJ P.: *Franciszek Rychnowski (1850–1929) – niedoceniony geniusz, maniak czy obłąkaniec?* „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2021, nr 1, s. 55–107.
- Michał Jabłoński, *Praca pod kierunkiem Zbigniewa Kopczyńskiego w mojej pamięci*, „Biuletyn Techniczno-Informacyjny Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP” 2006, nr 5, s. 2–3.
- Więcej na jego temat: HICKIEWICZ J., SADŁOWSKI P., WEBER E.: *Zygmunt Okoniewski (1877–1936). W 140 rocznicę urodzin*, „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2017, nr 1 (113), s. 207–213.
- Więcej na jego temat: KUBIATOWSKI J.: *Inż. Stanisław ŚLIWIŃSKI (1875–1950)*, „Przegląd Elektrotechniczny” 1971, nr 7, s. 320–321.
- Więcej na jego temat: KUBIATOWSKI J.: *Inż. JERZY GOSIEWSKI (1886–1956)*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1971 nr 2, s. 86.
- Później dyrektor tej fabryki w latach 1932–1938, więcej na jego temat: GLINKA T.: *Zygmunt Gogolewski (1896–1969)* [w:] *Polacy zasłużeni dla elektryki*, HICKIEWICZ J. [RED.], Warszawa – Gliwice – Opole, s. 227–235.
- Więcej na jego temat: ZAKRZEWSKI K.: *Eugeniusz Jezierski (1902–1990)*. [w:] *Polacy zasłużeni dla elektryki*, s. 281–288.
- Więcej o nim: GLINKA T., HICKIEWICZ J., SADŁOWSKI P.: *Jerzy Szmit (1898–1984), wybitny polski konstruktor maszyn*




*elektrycznych i transformatorów*, „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2018, nr 4 (120), s. 113–119.

- Zakład EMA-Besel w Brzegu powstał w 1950 r. na terenie dawnej fabryki papieru. Początkowo nazywał się „Opolskie Zakłady Silników Elektrycznych M-6”.

### Literatura

- Elektrobudowa wytwórnia maszyn elektrycznych, dawniej B-cia Jaroszyńscy, Sp. Akc.*, „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 382–383.
- GLINKA T., HICKIEWICZ J., SADŁOWSKI P.: *Jerzy Szmit (1898–1984), wybitny polski konstruktor maszyn elektrycznych i transformatorów*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2018, nr 4 (120), s. 113–119.
- HICKIEWICZ J., SADŁOWSKI P., WEBER E.: *Zygmunt Okoniewski (1877–1936). W 140 rocznicę urodzin*. „Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe” 2017, nr 1 (113), s. 207–213.
- ZIENKOWSKI L. [RED.]: *Historia Elektryki Polskiej. T. 4. Przemysł i instalacje elektryczne*, Warszawa 1972.
- JABŁOŃSKI M.: *Praca pod kierunkiem Zbigniewa Kopczyńskiego w mojej pamięci*. „Biuletyn Techniczno-Informacyjny Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP” 2006, nr 5, s. 2–3.
- KOTELEWSKI W.: *Krajowy przemysł maszyn elektrycznych i transformatorów*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1936, nr 19, s. 661–671.
- KUBIATOWSKI J.: *Inż. JERZY GOSIEWSKI (1886–1956)*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1971 nr 2, s. 86.
- KUBIATOWSKI J.: *Inż. Stanisław ŚLIWIŃSKI (1875–1950)*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1971, nr 7, s. 320–321.
- PIŁATOWICZ J.: *Brown-Boveri i ASEA w przemyśle elektrotechnicznym Polski międzywojennej*. [w:] *Inżynierowie polscy w XIX i XX wieku. T. V*. Warszawa 1997, s. 7–58.
- HICKIEWICZ J. [RED.]: *Polacy zasłużeni dla elektryki. Początki*

*elektrotechnicznego szkolnictwa wyższego, pionierzy elektryki*. Warszawa – Gliwice – Opole 2009.

- Polskie Towarzystwo Elektryczne SA P.T.E.* „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 380–381.
  - Polskie Zakłady Elektryczne Brown-Boveri SA.* „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 377–379.
  - Polskie Zakłady „SKODY” Sp. Akc.* „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 384.
  - RATAJ P.: *Franciszek Rychnowski (1850–1929) – niedoceniony geniusz, maniak czy obłąkaniec?* „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2021, nr 1, s. 55–107.
  - ROMAN J.: *Wyrób maszyn elektrycznych w Polsce*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 310–313.
  - RUŚKIEWICZ T.: *Przemysł elektrotechniczny w Polsce*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1920, nr 2, s. 11–14.
  - WEIN K.: *Sprawozdanie z wycieczki naukowej słuchaczy Wydziału Budowy maszyn c.k. Szkoły Politechnicznej we Lwowie*. „Czasopismo Techniczne” 1897, nr 20, s. 233.
  - Zakłady Elektrotechniczne Wacław Brygiewicz, Michał Zucker i S-ka Sp. Akc. „BEZET” w Warszawie*. „Przegląd Elektrotechniczny” 1929, nr 12, s. 385.
  - GRABOWSKI J., MACIEJEWSKI K., BROŃ A., GARSTKA Ł.: *Zakład Maszyn Elektrycznych „EMIT” SA. 90 lat firmy, Żychlin 2011*.
-  Jerzy Hickiewicz, prof. Politechniki Opolskiej, Pracownia Historyczna SEP, Oddział Opolski SEP, e-mail: j.hickiewicz@zw.po.edu.pl  
 Piotr Rataj, mgr historii, Pracownia Historyczna SEP, Oddział Opolski SEP, e-mail: piotr.rataj33@wp.pl  
 Przemysław Sadłowski, dr historii, Pracownia Historyczna SEP, Oddział Opolski SEP, e-mail: przemyslowsadlowski@gmail.com



# Struktury włókiennicze chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)

Błażej Wiśniewski, Katarzyna Śledzińska

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono możliwości otrzymania włókienniczych materiałów kompozytowych charakteryzujących się tłumieniem pola elektromagnetycznego w szerokim zakresie częstotliwości (od kilkunastu MHz do 18 GHz). Jedną z grup materiałów reprezentują włókniny na bazie polipropylenu metalizowane różnymi stopami metali za pomocą metody rozpylania magnetronowego w plazmie gazu obojętnego (argonu). Najlepsze wyniki skuteczności ekranowania (SE), wynoszące od 38 do 45 dB, uzyskano dla materiałów pokrytych powłokami (miedź/cyna Cu/Sn i miedź/cynk/nikiel Cu/Zn/Ni) dla częstotliwości 27,12 MHz. Najniższą skuteczność ekranowania w granicach 15–29 dB posiadały próby zawierające powłoki: nikiel/chrom Ni/Cr i nikiel/miedź/żelazo Ni/Cu/Fe dla tej samej częstotliwości.

Drugą grupę stanowią dziane materiały ekranujące. W zależności od struktury oraz zastosowanego surowca konduktywnego (posrebrzane włókna poliamidowe, włókna stalowe) skuteczność ekranowania materiałów, badana metodą falowodową w obszarze częstotliwości 2,5–18 GHz, wynosi 30–47 dB, a współczynnik transmisji 0,01–0,1%. Wysoka skuteczność ekranowania oraz niska przenikalność PEM przy niskiej masie powierzchniowej i grubości ma zasadnicze znaczenie w zakresie możliwych obszarów zastosowań tych materiałów, np. ubrania, odzież ochronna i jej elementy, przenośne ekrany PEM dla różnych zastosowań użytkowych.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, ekranowanie, skuteczność ekranowania

## TEXTILE STRUCTURES PROTECTING AGAINST ELECTROMAGNETIC FIELD (EMF)

**Abstract:** The article presents the possibilities to obtain textile composite materials which have a barrier effect against electromagnetic field in a wide range of frequencies (from several MHz to 18 GHz). One group of materials is represented by nonwovens based on polypropylene metallized with various metal alloys by the magnetron sputtering method in a plasma of an inert gas (argon). The best shielding effectiveness SE results (from 38 to 45 dB at a frequency of 27,12 MHz) were obtained for materials which have metallic layers (copper/tin Cu/Sn and copper/tin/nickel Cu/Sn/Ni). The lowest shielding effectiveness (in the range of 15–29 dB) was observed for materials with metallic layers: nickel/chrome Ni/Cr and nickel/copper/iron Ni/Cu/Fe for the same frequency.

The second group are knitted shielding materials. Depending on the structure and the conductive material used (silver-plated polyamide fibers, steel fibers), the shielding effectiveness of materials tested with the waveguide method in the frequency range 2,5–18 GHz is 30–47 dB and the transmission factor 0,01–0,1%. High shielding effectiveness and low PEM permeability at low surface mass and thickness, is essential in terms of possible applications of these materials, e.g. clothes, protective clothing and its elements, portable PEM screens for various applications.

Keywords: electromagnetic field, electromagnetic shielding, shielding effectiveness

## 1. Wstęp

Rozwój techniki, a w szczególności elektrotechniki i elektroniki, spowodował gwałtowny wzrost liczby urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne (PEM). Promieniowanie to może oddziaływać niekorzystnie na organizmy żywe oraz zakłócać działanie urządzeń i elementów elektronicznych i elektrotechnicznych. Ochrona człowieka przed szkodliwym działaniem pól elektromagnetycznych jest więc niezwykle ważna ze względu na ciągłe zwiększanie mocy i częstotliwości stosowanych urządzeń (np. urządzeń mikrofalowych, telefonów komórkowych, urządzeń telekomunikacyjnych i teleinformatycznych, systemy radarowe, grzejniki indukcyjne, medyczne urządzenia diagnostyczne i terapeutyczne) [1, 2].

W tym celu powinno się stosować niezbędne działania prewencyjne, np. używanie ekranów, ubiorów ochronnych, parawanów ekranujących i absorpcyjnych [3]. Stosowanie materiałów „barierowych” jest podstawą zarówno klasycznego ekranowania lokalizującego (tj. ekranowania źródła pola otaczającym go ekranem), jak i osłaniającego (tj. ekranowania stanowiska pracy ekranem usytuowanym jedynie przy nim), którego szczególnym przypadkiem jest ekranowanie pracownika za pomocą odzieży ochronnej. Wybór metody zmniejszenia narażenia zależy od właściwości źródła (elektromagnetycznych lub mechanicznych) i od cech obszaru, w którym należy zredukować pole elektromagnetyczne [4].

Stosowane ekrany jako obudowy (np. żelazne, niklowe, miedziane, stalowe itp.) cechują się dobrymi właściwościami ekranującymi, jednak duża gęstość i korozyjność w znacznym stopniu ogranicza ich wykorzystanie. W ostatnich latach poszukuje się więc nowych ekranów kompozytowych charakteryzujących się małą masą i niską ceną, przepuszczalnością powietrza i wody oraz unikalnymi właściwościami tłumiącymi pole elektromagnetyczne. Do ekranowania pola elektromagnetycznego stosuje się materiały włókiennicze o wysokiej przewodności elektrycznej, rzędu Ms/m. W celu uzyskania takich właściwości materiału włókienniczego do jego konstrukcji wprowadza się elementy elektroprzewodzące, np. ze stali, mosiądzu, srebra, miedzi, niklu. Do materiałów o właściwościach elektroprzewodzących zalicza się również włókniny wykonane z udziałem włókien metalowych lub węglowych, dzianiny, tkaniny, włókniny z naniesionymi metalami przy zastosowaniu metody plazmowej (np. rozpylanie magnetronowe) oraz różnego typu inne kompozyty włókiennicze [5–12].

Podstawowym parametrem charakteryzującym właściwości materiału ekranującego jest skuteczność ekranowania (SE) wyrażana wskaźnikiem osłabienia pola elektromagnetycznego występującego w określonym punkcie przestrzeni wskutek wprowadzenia materiału ekranującego (bariery) pomiędzy tym punktem a źródłem pola [4].

## 2. Włókiennicze materiały chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)

### 2.1. Urządzenie do procesu nanoszenia powłok metalicznych na materiały włókiennicze

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny w Łodzi posiada oryginalne urządzenie do osadzania powłok metali, stopów i tlenków metali na materiały włókiennicze metodą rozpylania magnetronowego. Koncepcja wykorzystania techniki magnetronowej oraz budowa urządzenia do tego celu powstała w Instytucie w ramach Projektu Envirotex współfinansowanego przez EPRR PO IG. Urządzenie to umożliwia nanoszenie cienkich powłok na różne materiały włókiennicze o szerokości 60 cm i długości do 10 metrów w układzie *roll to roll* (rys. 1).

Metoda rozpylania magnetronowego jest metodą suchą, co jest zaletą ze względów środowiskowych (brak odpadów i zanieczyszczeń chemicznych).

### 2.2. Charakterystyka włókienniczych materiałów chroniących przed działaniem PEM

Włókiennicze materiały barierowe otrzymano, modyfikując powierzchnię włókniny polipropylenowej (PP), wykonanej techniką *spunbond* o grubości 0,73 mm i masie

reklama



## ROZWIĄZANIA DLA TECHNIKI MOBILNEJ

### NOWOCZESNE STEROWANIA MASZYN MOBILNYCH

#### ZGODNE Z INDUSTRY 4.0

- Brama IoT
- Globalna łączność
- Dostęp do chmury

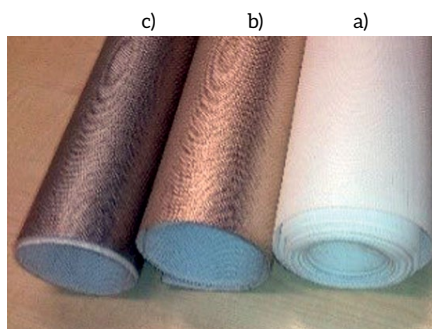
Wszystko w pakiecie dla dedykowanych aplikacji maszyn mobilnych



[www.hydac.com.pl](http://www.hydac.com.pl)



Rys. 1. Urządzenie do nanoszenia powłok metalicznych na materiały włókiennicze metodą rozpylania magnetronowego



Rys. 2. Włóknina polipropylenowa przed (W/0) (a) i po naniesieniu powłok metalicznych zawierających stopy: miedź/cyna Cu/Sn (W1/A) (b) i miedź/cynk/nikiel Cu/Zn/Ni (W2/A) (c)

powierzchniowej 150 g/m<sup>2</sup> poprzez nanoszenie powłok metalicznych o różnym składzie chemicznym z wykorzystaniem urządzenia magnetronowego.

Na powierzchnię włókna PP osadzano powłoki następujących stopów metali: miedź/cyna (Cu/Sn), miedź/cynk/nikiel (Cu/Zn/Ni), nikiel/miedź/żelazo (Ni/Cu/Fe), nikiel/chrom (Ni/Cr) (rys. 2).

Wyniki efektywności tłumienia pola elektromagnetycznego oceniane na podstawie pomiarów skuteczności ekranowania (SE) prób włókienniczych materiałów: bez powłoki metalicznej (W/0) i z powłokami metalicznymi (W1, 2, 3, 4/A, B, C) dla szerokiego zakresu częstotliwości (od kilkunastu MHz do ok. 2 GHz) zamieszczono w tabeli 1. Pomiar parametru skuteczności wykonano wg normy ASTM D4935-10 na Politechnice Wrocławskiej, a rezystancji powierzchniowej w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny wg normy PN-91/P-04871 Tekstylija.

Decydujący wpływ na skuteczność ekranowania ma rodzaj powłoki oraz warunki technologiczne jej naniesienia. Maksymalna skuteczność ekranowania otrzymanych materiałów barierowych przed PEM wynosiła od 38 do 45 dB (powłoka Cu/Sn i Cu/Zn/Ni) dla częstotliwości 27,12 MHz. Najniższą

Tabela 1. Wyniki badań skuteczności ekranowania oraz rezystancji elektrycznej powierzchniowej dla wybranych prób materiałów: włóknina PP wyjściowa (W/0) i z powłokami metalicznymi: (W1, 2, 3, 4/A, B, C) otrzymanymi dla różnych parametrów technologicznych procesu – przykładowe próby przedstawione na rysunku 2

Próba	Skuteczność ekranowania SE [dB] <sup>1</sup>					Średnia rezystancja pow. [Ω] <sup>2</sup>
	27,12 MHz	97,75 MHz	434 MHz	915 MHz	1795 MHz	
<b>bez powłoki</b>						
W/0	0	0	0	0	0	>3,0·10 <sup>13</sup>
<b>powłoka (Cu/Sn)</b>						
W1/A	45	43	39	39	38	1,84
W1/B	40	39	36	35	34	5,72
W1/C	41	39	36	36	35	6,02
<b>powłoka (Cu/Zn/Ni)</b>						
W2/A	38	36	33	33	32	5,35
W2/B	37	35	32	32	31	6,75
W2/C	32	30	27	27	26	8,63
<b>powłoka (Ni/Cu/Fe)</b>						
W3/A	23	22	19	18	18	14,2
W3/B	22	20	17	17	16	20,4
W3/C	29	27	23	23	22	7,16
<b>powłoka (Ni/Cr)</b>						
W4/A	15	13	11	11	10	29,9
W4/B	21	19	16	16	15	20,1
W4/C	17	16	13	13	13	23,9

1) metoda ASTM Standard D4935-10 Politechnika Wroclawska.

2) norma PN-91/P-04871 Tekstylija. Wyznaczanie rezystywności elektrycznej. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny.

skuteczność ekranowania w granicach 15–29 dB posiadały próby z powłokami: Ni/Cr i Ni/Cu/Fe dla tej samej częstotliwości. Dla prób o najlepszej skuteczności ekranowania wartość średnia rezystancji powierzchniowej wynosiła kilka omów. Na podstawie laboratoryjnych wyników badania efektywności tłumienia pola elektromagnetycznego można było wytypować próby o najlepszej skuteczności ekranowania i zastosować je do dalszych badań jako architektoniczne ekrany wewnątrz budynków.

### 2.3. Zastosowanie materiałów barierowych przed PEM jako ekrany w symulowanych warunkach rzeczywistych

W celu potwierdzenia wyników badań laboratoryjnych wykonano badania w warunkach modelowych – w specjalnie przygotowanym pomieszczeniu budowlanym („domku modelowym”). Wytypowane metalizowane włókna o najlepszych właściwościach tłumiących pole elektromagnetyczne umieszczono na odpowiednio przygotowanym podłożu każdej ze ścian wewnątrz pomieszczenia (rys. 3). Po zamontowaniu materiałów przeprowadzono pomiary tłumienia pola elektromagnetycznego dla wybranych częstotliwości.





Rys. 3. Pomieszczenie budowlane „domek modelowy” (1) z przykładowym sposobem montażu włókninowych materiałów wewnątrz pomieszczenia (2,3)

W badaniach odzwierciedlających warunki rzeczywiste najlepsze wyniki skuteczności ekranowania (SE) – 25 dB (wartość średnia) oraz 31 dB (wartość maksymalna) uzyskano dla częstotliwości 735,25 MHz (pasmo telewizji) oraz 25 dB (wartość średnia) i 45 dB (wartość maksymalna) dla częstotliwości 1849,20 MHz (pasmo telefonii komórkowej GSM).

Na podstawie badań Instytutu Medycyny Pracy z Łodzi ustalono, że wystarczającym kryterium SE dla materiałów chroniących przed PEM w środowisku życia i pracy współczesnego

człowieka są wartości z zakresu 10–40 dB [13]. Zgodnie z wymaganiami normy tajwańskiej FTTS-FA-003 (2005) dla zastosowań ogólnych skuteczność ekranowania powyżej 30 dB uważana jest za doskonałą [14]. Z tego względu nowo opracowane kompozyty włókninowe spełniają założone kryteria.

### 3. Dziane materiały chroniące przed działaniem PEM

Dziane materiały ekranujące, charakteryzujące się rozbudowaną powierzchnią i przestrzenną strukturą, uzyskano przez dobór odpowiednich splotów oraz zróżnicowanych surowców kondukcyjnych.

Dzianina D1 to rządkowa dzianina dystansowa dwuwarstwowa, o masie powierzchniowej 153 g/m<sup>2</sup> i grubości 1,06 mm, w której jedna warstwa utworzona jest z ciągłych posrebrzanych włókien poliamidowych dtex110f34, a druga z ciągłych włókien poliestrowych dtex167f32. Warstwy połączone są multifilamentową przędzą poliamidową dtex33f10 (rys. 4). Zawartość włókien przewodzących w dzianinie wynosi 62 g/m<sup>2</sup> (40,5%).



Rys. 4. Dzianina D1

Dzianina D2 to rządkowa dzianina dwuwarstwowa, o masie powierzchniowej 281 g/m<sup>2</sup> i grubości 1,22 mm, której jedna warstwa wykonana jest z ciągłych posrebrzanych włókien poliamidowych dtex110f34, a druga z mieszkankowej przędzy

reklama

# NOWIMEX®

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

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

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

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

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławice do kabli.

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

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

**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

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

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



poliestrowej z 20% udziałem odcinkowych włókien stalowych tex20x2 (rys. 5). Zawartość włókien przewodzących w dzianinie wynosi odpowiednio dla włókien poliamidowych posrebrzanych 64,3 g/m<sup>2</sup> (22,9%), a dla włókien stalowych 43,3 g/m<sup>2</sup> (15,5 %).



Rys. 5. Dzianina D2

Do pomiaru tłumienności PEM wykorzystana została metoda pomiarowa z aplikatorem falowodowym, z możliwością niezależnego określania wartości współczynnika odbicia i transmisji. Badania przeprowadzone zostały w akredytowanym Laboratorium Badań Radiolokacji, Systemów Dowodzenia, Walki Radioelektronicznej i Techniki Mikrofalowej Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia w Zielonce wg procedury badawczej LR.PB.18 „Pomiar częstotliwościowej charakterystyki współczynnika odbicia i transmisji”. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Efekt ekranujący dzianin wynika głównie ze zjawiska odbicia fali elektromagnetycznej na granicy ośrodków propagacji fali elektromagnetycznej. Tłumienie odbicia jest niewielkie i wynosi ok. 3 dB. W zależności od struktury materiału, zastosowanego surowca kondukcyjnego i zakresu częstotliwości skuteczność ekranowania dzianych materiałów, badana metodą falowodową w obszarze częstotliwości 2,5–18,0 GHz, wynosi w różnych jego zakresach 30–47 dB. Udziały procentowe współczynników transmisji, odbicia i tłumienia wtrąconego PEM dla dzianiny D1 kształtują się odpowiednio: 0–0,02%, 89–93% oraz 7–11%, natomiast dla dzianiny D2 0,01–0,1%, 76–91% oraz 9–24% w zależności od zakresu częstotliwości.

Tabela 2. Wyniki badań skuteczności ekranowania SE oraz współczynników transmisji, odbicia i absorpcji PEM dla dzianin

Oznaczenie	Częstotliwość [GHz]	Skuteczność ekranowania [dB]	Składowe skuteczności ekranowania [%]		
			Wsp. transmisji	Wsp. odbicia	Tłumienie wtrącone
D1	2,5–8,0	47,0	0,00	89,13	10,87
	8,0–12,0	40,0	0,01	91,20	8,79
	12,0–18,0	37,5	0,02	93,33	6,66
D2	2,5–8,0	40,0	0,01	91,20	8,79
	8,0–12,0	30,0	0,10	79,43	20,47
	12,0–18,0	32,5	0,06	75,86	24,09

UWAGA: Spadek skuteczności ekranowania w miarę wzrostu częstotliwości jest spowodowany łatwiejszym przenikaniem fal EM (odpowiednio o coraz mniejszej długości) przez prześwity siatek przewodzących w strukturach tych materiałów.

Wyniki badań wykazały, że opracowane struktury dzianin D1 i D2 spełniają wymagania kryterium skuteczności ekranowania materiałów barierowych dla PEM występujących w środowisku życia i pracy współczesnego człowieka opracowane w Instytucie Medycyny Pracy z Łodzi oraz wymagania tajwańskiej normy FTTS-FA-003 (2005) [13, 14].

W związku z tym stosowane mogą być na ubrania, odzież ochronną, fartuchy oraz stanowić mogą lekkie, trwałe, elastyczne, łatwe do transportu, instalacji i składowania przenośne ekrany PEM dla różnych zastosowań użytkowych.

#### 4. Wstępne wyniki badań skuteczności ekranowania modyfikowanych struktur dzianinowych 3D

Na zróżnicowane strukturalnie materiały dzianinowe 3D nanoszono powłoki miedzi (Cu) zarówno na ich powierzchnie, jak i w całej objętości metodą rozpylania magnetronowego.

Próba Pr1 to dzianina osnowowa ażurowa o masie powierzchniowej 167 g/m<sup>2</sup> i grubości 0,57 mm, wykonana z przędzy poliestrowej z udziałem nitok elastomerowych.

Próba Pr2 to osnowowa dzianina dystansowa 3D, o masie powierzchniowej 312 g/m<sup>2</sup> i grubości 3,11 mm, wykonana z przędzy i monofilamentu poliestrowego. Jedną z warstw zewnętrznych dzianiny jest ażurowa (wzdłużne paski), natomiast druga warstwa zewnętrzna jest gładka.

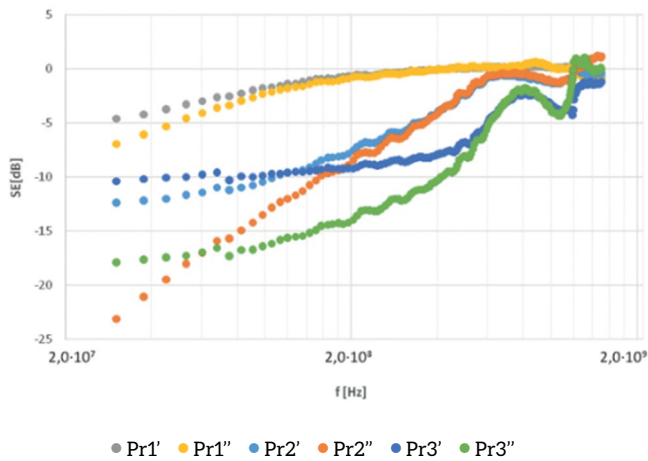
Próba Pr3 to osnowowa dzianina dystansowa 3D, o masie powierzchniowej 876 g/m<sup>2</sup> i grubości 8,71 mm. Ażurowe warstwy zewnętrzne dzianiny wykonane są z poliestrowej przędzy multiflamentowej, natomiast warstwa wewnętrzna wykonana jest z monofilamentu.

Metalizowane jedno- lub obustronnie struktury poddano badaniom pomiaru skuteczności ekranowania w zakresie częstotliwości od kilku MHz do ok. 2 GHz wg normy ASTM D4935-10. Zamieszczone na wykresie wyniki przedstawiają wpływ powłok metalicznych na skuteczność ekranowania materiału kompozytowego w zależności od częstotliwości (rys. 6).

We wszystkich zbadanych próbkach zaobserwowano zmniejszenie skuteczności ekranowania wraz ze wzrostem częstotliwości aż do wartości maksymalnej wynoszącej 2 GHz. W każdym przypadku zaobserwowano większą skuteczność ekranowania dla dzianin z obustronnymi powłokami metalicznymi. Najlepszy wynik skuteczności ekranowania 28 dB dla częstotliwości 20 MHz uzyskano dla dzianiny dystansowej jednostronnie ażurowej z powłoką miedzi naniesioną na dwie strony materiału (Pr2”).

#### 5. Podsumowanie

W ramach projektów prowadzonych w Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny opracowano włókiennicze materiały chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM) w szerokim zakresie częstotliwości (od kilkunastu MHz do 18 GHz). Jedną z grup materiałów stanowią włókniny na bazie polipropylenu pokryte powłokami metalicznymi osadzonymi metodą rozpylania magnetronowego w plazmie gazu obojętnego (argonu). Najlepsze efekty tłumienia pola elektromagnetycznego (SE = 35–45 dB) uzyskano dla powłok zawierających stopy metali (miedź/cyna Cu/Sn i miedź/



- Pr1' – dzianina płaska z powłoką Cu po jednej stronie materiału
- Pr1'' – dzianina płaska z powłoką Cu po dwóch stronach materiału
- Pr2' – dzianina dystansowa jednostronnie ażurowa z powłoką Cu po jednej stronie materiału
- Pr2'' – dzianina dystansowa jednostronnie ażurowa z powłoką Cu po dwóch stronach materiału
- Pr3' – dzianina dystansowa dwustronnie ażurowa z powłoką Cu po jednej stronie materiału
- Pr3'' – dzianina dystansowa dwustronnie ażurowa z powłoką Cu po dwóch stronach materiału

Rys. 6. Wykres zależności skuteczności ekranowania od częstotliwości dla dzianin 3D z powłokami miedzi po jednej i po obu stronach

cynk/nikiel Cu/Zn/Ni) w przedziale częstotliwości od kilkunastu MHz do ok. 2 GHz. Badania w symulowanych warunkach rzeczywistych potwierdziły ich przydatność w ekranowaniu architektonicznym wewnątrz pomieszczeń budowlanych.

Opracowane dziane materiały ekranujące charakteryzują się przestrzenną, dwuwarstwową strukturą uzyskaną przez dobór odpowiednich splotów. W zależności od struktury oraz zastosowanego surowca kondukcyjnego (posrebrzane włókna poliamidowe, włókna stalowe) skuteczność ekranowania materiałów, badana metodą falowodową w obszarze częstotliwości 2,5–18 GHz, wynosi 30–47 dB, a współczynnik transmisji 0,01–0,1%. Wysoka skuteczność ekranowania oraz niska przenikalność PEM przy niskiej masie powierzchniowej i grubości ma zasadnicze znaczenie w zakresie możliwych obszarów zastosowań tych materiałów. Stosowane mogą być na ubrania, odzież ochronną, fartuchy oraz stanowić mogą lekkie, trwałe, elastyczne, łatwe do transportu, instalacji i składowania przenośne ekrany PEM dla różnych zastosowań użytkowych.

## Literatura

- [1] ZIAJA J.: *Cienkowarstwowe struktury metaliczne i tlenkowe. Właściwości, technologia, zastosowanie w elektrotechnice*. Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej, Oficyna Wydawnicza PWR, Wrocław 2012.
- [2] OZIMEK M., WILCZYŃSKI W.: *Zastosowanie cienkich warstw Ni-Fe w ekranowaniu pól elektromagnetycznych*. Prace Instytutu Elektrotechniki, Zeszyt 241, 2009.
- [3] SZUGAJEW L., JARZEMSKI J.: *Niektóre aspekty konstrukcji powłok ekranujących i absorpcyjnych. Część I*. „Problemy Techniki Uzbrojenia”, R. 36, z. 103, 2007.
- [4] GRYZ K., KARPOWICZ J., KURCZEWSKA A., STEFKO A.: *Ograniczenie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych – przegląd wybranych materiałów barierowych*. „Bezpieczeństwo Pracy” 3/2009.
- [5] FOITZIK R.C., KAYNAK A., PFEFFER F.M.: *Conductive poly( $\alpha,\omega$ -bis(3-pyrrolyl)alkanes)-coated wool fabrics*. *Synthetic Metals* 157, 2007.
- [6] SARTO M.S., VOTI LI R., SARTI F., LARCIPRETE M.C.: *Nanolayered Lightweight Flexible Shields with Multidirectional Optical Transparency*. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 47, 3, 2005.
- [7] XIANG Y., CHENGBIAO W., YANG L., DEYANG Y., TINGYAN X.: *Recent Developments in Magnetron Sputtering*. „Plasma Science & Technology”, vol. 1.8, 3, 2006.
- [8] RESZKA K., DOBRUCHOWSKA E., KOPROWSKA J., WIŚNIEWSKI B.: *Surface Modification of Polypropylene Nonwoven with Composite Metallic Layers*. „Journal of KONES Powertrain and Transport”, Vol. 19, No. 4, 2012.
- [9] ZIAJA J., JAROSZEWSKI M., LEWANDOWSKI M., SASUŁA M.: *Elastyczne materiały stosowane w technice ekranowania pola elektromagnetycznego*. „Przegląd Elektrotechniczny” R. 94, Nr 10/2018.
- [10] WIŚNIEWSKI B., FILIPOWSKA B., WILK E.: *Włókiennicze materiały barierowe chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)*. „Biuletyn Techniczno-Informacyjny Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich”, Nr 1(84)/2019.
- [11] BRZEZIŃSKI S., RYBICKI T., KARBOWNIK I., MALINOWSKA G., ŚLEDZIŃSKA K.: *Textile materials for electromagnetic radiation shielding made with the use of nano- and micro-technology*. „Central European Journal of Physics” 10(5), 2012.
- [12] BRZEZIŃSKI S., RYBICKI T., KARBOWNIK I., ŚLEDZIŃSKA K., KRAWCZYŃSKA I.: *Usability of a Modified Method for Testing Emissivity to Assess the Real Shielding Properties of Textiles*. „Fibres & Textile in Eastern Europe”, 18(5), 2010.
- [13] Prace Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi.
- [14] FTTS-FA-003 „Specified Requirements of Electromagnetic Shielding Textiles”, [www.ftts.org.tw](http://www.ftts.org.tw), dostęp: 02.2020.

## Informacje dodatkowe

Badania prowadzono na aparaturze zakupionej i wytworzonej w ramach projektów kluczowych Envirotex POIG nr 01.03.01-10-006/08 i Nanomitex POIG nr 01.03.01-00-004/08. Część badań wykonano w ramach pracy statutowej prowadzonej w Instytucie.

dr inż. Błażej Wiśniewski,

e-mail: [katarzyna.sledzinska@lit.lukasiewicz.gov.pl](mailto:katarzyna.sledzinska@lit.lukasiewicz.gov.pl)

dr inż. Katarzyna Śledzińska,

e-mail: [katarzyna.sledzinska@lit.lukasiewicz.gov.pl](mailto:katarzyna.sledzinska@lit.lukasiewicz.gov.pl)

# Układ i program do badania charakterystyki magnetycznej i stratności blach (SST-H)

Tomasz Lerch, Michał Rad, Witold Rams

## 1. Wstęp

Rosnące wymagania dotyczące sprawności energetycznej maszyn elektrycznych wymagają zwrócenia tym większej uwagi na redukcję strat mocy w żelazie. W tym celu wykonuje się obwody magnetyczne z blach o coraz mniejszej stratności nominalnej. Ważna jednak staje się możliwość sprawdzenia, czy materiał dostarczony przez wytwórcę ma deklarowane własności oraz czy sposób obróbki już w zakładzie produkcyjnym nie zmienia znacząco podanych parametrów. Należy również dodać, że dane producenta zwykle ograniczają się do wartości indukcji 1.5 T, podobnie jak duża część dostępnych wyników badań [2, 3, 4, 7]. Natomiast we współczesnych maszynach występują istotnie większe wartości indukcji, a charakterystyki powyżej wartości 1.5 T nie dają się skutecznie przybliżyć metodami, które dobre są dla indukcji o niższych wartościach. Do wyznaczania parametrów magnetycznych blach zwykle stosuje się aparat Epsteina. Ma on jednak tę wadę, że podaje wyniki uśrednione dla co najmniej 12 próbek. Tej wady pozbawiony jest przyrząd SST (Single Sheet Tester), gdyż umożliwia on badanie pojedynczych arkuszy blachy. Normatywny układ SST przeznaczony jest dla arkusza blachy 500 × 500 mm, a więc też dość dużej próbki. Tutaj opisywany układ nadaje się do badania pojedynczych pasków blachy o wymiarach dużo mniejszych, ok. 30 × 300 mm.

Potrzeba badań wpływu naprężeń, odkształceń i procesu technologicznego jest opisywana w literaturze [5].

## 2. Opis problemu

Zasada działania aparatu Epsteina jest powszechnie znana, a międzynarodowa norma IEC 60404-2:1996 opisująca warunki pomiaru zakłada, że napięcie wtórne (napięcie na cewce pomiarowej) musi mieć kształt sinusoidalny o współczynniku kształtu  $1.111 \pm 1\%$ . Podobne założenia pomiarowe musi spełniać także tester pojedynczych blach (SST) [1]. Opisywany tutaj tester różni się od opisanego w normie tym, że do pomiaru pola magnetycznego użyto czujników Halla, stąd nazwa SST-H. Inny jest również sposób wzbudzania pola, gdyż zastosowano w nim dwie cewki powietrzne w układzie Helmholtza.

Program sterujący w obu układach musi zapewnić w każdym punkcie pomiarowym odpowiednią wielkość i kształt napięcia sterującego, przy czym kształt tego napięcia silnie zależy od wartości polaryzacji maksymalnej, którą chcemy osiągnąć. W literaturze opisywane są różne sposoby osiągnięcia tego stanu. W niniejszej pracy opisano opracowany i przetestowany specyficzny sposób iteracyjnego doboru kształtu napięcia sterującego.

**Streszczenie:** Artykuł opisuje zbudowany i przetestowany układ do pomiarów charakterystyki magnetycznej i stratności blach elektrotechnicznych. Przedstawione zostały aspekty stosowania i cechy prezentowanego układu. Opisano również nowatorski algorytm ustalania kształtu napięcia zasilania tak, aby napięcie indukowane w cewce pomiarowej miało kształt sinusoidalny, czego wymagają normy. Przedstawione zostały również przykładowe wyniki pomiarów.

Słowa kluczowe: SST, Epstein, histereza, stratność

## SYSTEM FOR MEASURING THE MAGNETIC CHARACTERISTICS AND POWER LOSS OF THE STEEL SHEET (SST-H)

**Abstract:** The article describes a system for measuring magnetic characteristics and losses of core sheets used in electrical machines. Aspects of application and features of the presented system were presented. Standards requires that voltage waveform on the measuring coil during the test must be sinusoidal. An innovative algorithm for determining the shape of the supply voltage to fulfill this requirements is presented. Sample measurement results were also presented.

Keywords: SST, Epstein, hysteresis, core losses

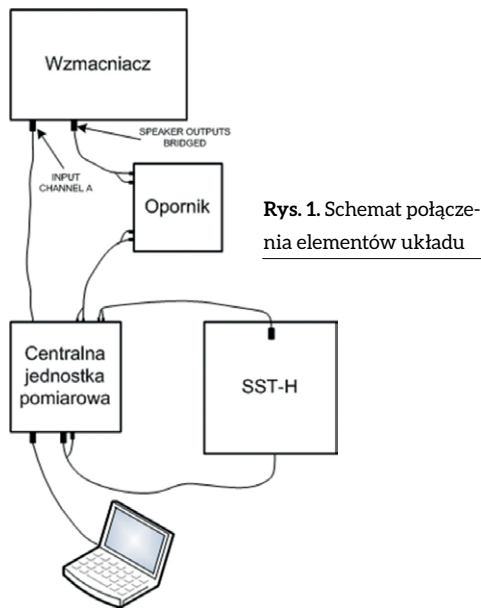
## 3. Opis aparatu SST-H

Cały system pomiarowy składa się z kilku następujących elementów:

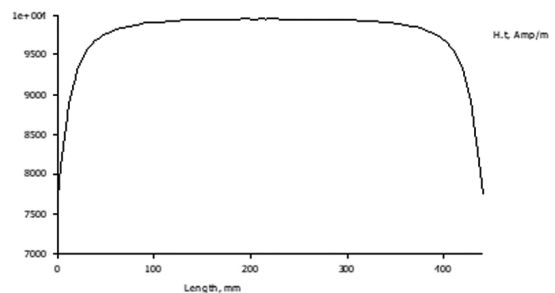
- aparat SST-H;
- centralna jednostka pomiarowa;
- wzmacniacz;
- opornik;
- komputer pomiarowo-sterujący.

Schemat połączenia poszczególnych elementów przedstawia rysunek 1. Aparat oznaczony jako SST-H jest przeznaczony do badania własności blach w postaci pojedynczych pasków. Zasadniczo przewidziany jest dla pasków blachy takich samych, jak dla aparatu Epsteina. Dodatkowo założono również umożliwienie badania pojedynczych, stosunkowo małych próbek, wyciętych z blach już poddanych operacjom technologicznym przy wykrawaniu blach maszyn. Rzeczywisty obszar pomiaru obejmuje długość ok. 50 mm w okolicy środka paska blachy.

Dla normatywnego układu SST znany jest fakt znacznych błędów przy większych wartościach polaryzacji magnetycznej.



Rys. 1. Schemat połączenia elementów układu



Rys. 2. Obliczony rozkład natężenia pola H w SST wzdłuż próbki o długości 500 mm

Aneksy B i C do normy EN 10280:2001+A1:2007(E) podają informacyjne tabele i wykresy korekcyjne dla natężenia pola H i stratności  $p$ , w funkcji wartości polaryzacji  $J$ , dla dostosowania wyników pomiarów aparatem SST do wyników z ramy Epsteina.

Przyczyną tych błędów jest wyznaczanie natężenia pola H jako uśrednionego z wartości prądu wzbudzenia i drogi magnetycznej.

Taki sposób formalnie wymaga, aby na tej drodze wartość natężenia pola była stała. Obliczenia symulacyjne pola dla układu takiego, jak wymagany w normie, wskazują, że natężenie pola jest stałe praktycznie tylko w środkowej części próbki. Zmiany natężenia pola magnetycznego na długości próbki przedstawia rysunek 2.

Pomiar bezpośredni natężenia pola przy ciągłej cewce wzbudzenia też nie jest możliwy. Z tego względu zdecydowano się na zmianę systemu wzbudzenia pola względem zalecanego dla SST normą na wzorowany na stosowanym od dawna w laboratoriach fizycznych układzie dwóch cewek Helmholtza. Zapewnia

reklama

# We see

## Dostrzegamy nowe spojrzenie na zużycie energii wspierające zrównoważony rozwój.

Zakłady produkcyjne tracą zwykle 30% sprężonego powietrza w wyniku nieszczelności układów pneumatycznych. To z kolei odbija się na efektywności energetycznej i zrównoważonym rozwoju. Rozwiązania Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) oraz oprogramowanie analityczne firmy Emerson to nowe spojrzenie, które pozwala na redukcję ilości odpadów oraz optymalizację poziomu zużycia energii Twoich urządzeń.

Dowiedz się w jaki sposób Cyfrowa Transformacja działań może pomóc w spełnieniu Twoich celów w zakresie zrównoważonego rozwoju:

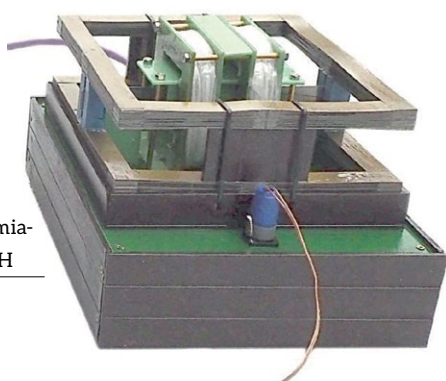


**EMERSON**

**CONSIDER IT SOLVED™**

**Rys. 3.**

Aparat pomiarowy SST-H



on praktycznie stałą wartość natężenia pola  $H$  w określonej przestrzeni i poprzeczny dostęp do przestrzeni pomiaru pola  $H$ . Do bezpośredniego pomiaru tego natężenia zastosowano czujniki hallotronowe. Użyto dwóch czujników w odstępnie 50 mm, których napięcia wyjściowe się dodają, aby uśrednić lokalne odchyłki natężenia pola magnetycznego spowodowane lokalnymi niejednorodnościami badanego materiału.

Cewki wzbudzenia w zbudowanym zestawie SST-H, są nawinięte na karkasach o szerokości 25 mm, a domknięcie strumienia magnetycznego ułatwiają dwa zewnętrzne zamknięte rdzenie z dodatkowymi pionowymi, łączącymi je, fragmentami. Cewki wzbudzenia są zasilane prądem z liniowego wzmacniacza mocy o mocy maksymalnej 4 kW. Sterowanie tym wzmacniaczem jest realizowane z komputera poprzez odpowiedni przetwornik C/A. Szeregowy rezystor ogranicza udary prądu możliwe ze względu na małą rezystancję samych uzwojeń. Możliwe jest uzyskanie natężenia pola magnetycznego  $H$  w obszarze pomiarowym aż do 20 kA/m.

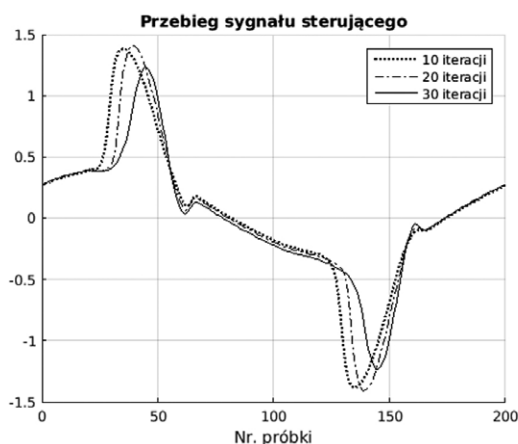
Pomiarowa cewka napięciowa, o liczbie zwojów 100, jest nawinięta cienkim drutem na długości 50 mm dookoła otworu, do którego wsuwa się badane próbki. Jest ona połączona przeciwnie z drugą o tym samym przekroju poprzecznym, umieszczoną równolegle obok, tak aby kompensować pole w przestrzeni powietrznej wewnątrz cewki pomiarowej. Wynik otrzymany z pomiaru odpowiada więc wprost polaryzacji magnetycznej badanego ferromagnetyka  $J$ .

Szpara przeznaczona do wsunięcia badanych blach pozwala na umieszczenie w niej materiału o łącznej grubości 2 mm. Może to być jeden pasek blachy lub kilka równoległych. Widok wykonanego aparatu SST-H przedstawia rysunek 3.

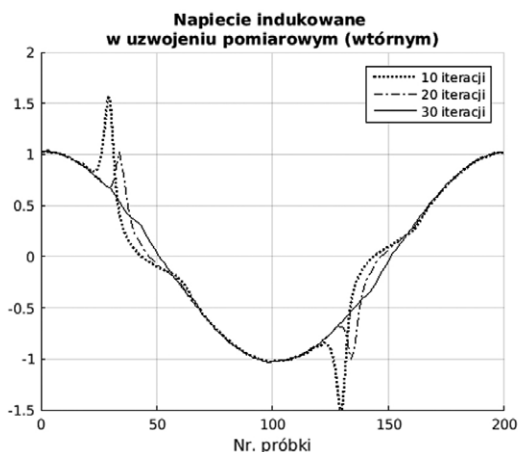
#### 4. Algorytm doboru kształtu napięcia sterującego

Skrócony algorytm działania programu sterującego jest następujący:

- Krok 1: Na wyjście sterujące podać napięcie sinusoidalne.
- Krok 2: Zmierzyć kształt i wielkość napięcia wyjściowego z cewki pomiarowej.
- Krok 3: Porównać odpowiadające sobie czasowo próbki napięcia sterującego i wyjściowego i wyliczyć przebieg błędu.
- Krok 4: Zmodyfikować każdą próbkę napięcia sterującego, uwzględniając odpowiedni błąd i stosując proporcjonalny współczynnik ( $k$ ).



**Rys. 4.** Przebieg sygnału sterującego podczas dopasowywania (po różnych ilościach iteracji)

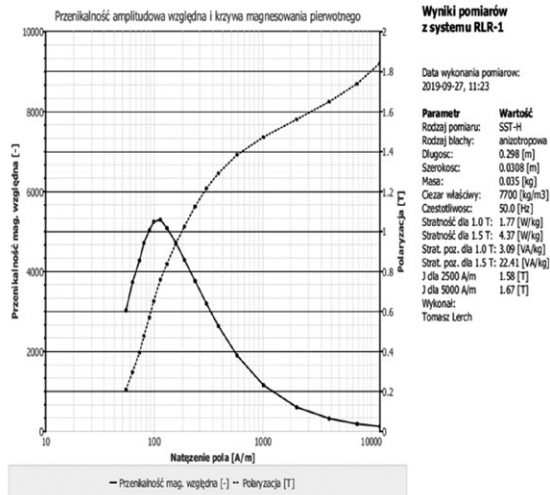


**Rys. 5.** Przebieg napięcia indukowanego podczas dopasowywania (po różnych ilościach iteracji)

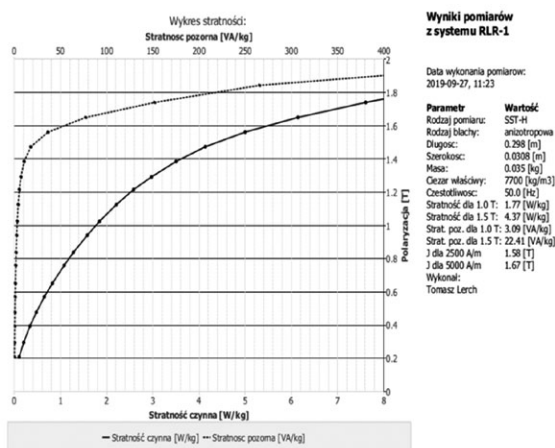
Krok 5: Tak zmodyfikowany przebieg podać na wyjście sterujące.

Krok 6: Powtórzyć kroki 2–5, chyba że osiągnięto założony kształt i wielkość napięcia wyjściowego.

W toku prób okazało się, że tak ułożony algorytm działał do wartości ok 1.5 T. Powyżej tej wartości mimo wielu iteracji nie udawało się osiągnąć współczynnika kształtu z założoną dokładnością. Wprowadzono więc pewną modyfikację: współczynnik  $k$  nie jest stały, ale może zostać powiększony, jeżeli po osiągnięciu pewnej liczby iteracji nie nastąpiła zakładana poprawa. Tak zmodyfikowany algorytm działa z oczekiwaną dokładnością do wartości 2.0 T. W celu usprawnienia działania (zmniejszenia ilości iteracji potrzebnych w każdym punkcie pomiarowym) w kolejnych punktach pomiarowych jako sygnał początkowy podawany jest sygnał wypracowany w poprzednim kroku. Takie usprawnienie znacznie ograniczyło czas potrzebny



Rys. 6. Okno z wynikami pomiarów przenikalności względnej i krzywej magnesowania



Rys. 7. Okno z wynikami pomiarów mocy czynnej i pozornej na jednostkę masy

do uzyskania gotowego raportu, szczególnie przy wymaganiu wielu punktów pomiarowych w zadanym zakresie.

Na rysunkach 4 i 5 pokazano przebiegi sygnałów podczas działania algorytmu sterującego dla zadanej polaryzacji maksymalnej 1.5 T. Widać, że kształt napięcia sterującego daleki jest od sinusoidalnego.

## 5. Funkcje programu

Napisany program, będący integralną częścią systemu, zapewnia odpowiednie sterowanie omówione w poprzednim rozdziale, a także automatycznie przeprowadza niezbędne obliczenia. W postaci wykresów otrzymuje się zależności:

- przenikalności i krzywej magnesowania pierwotnego w funkcji natężenia pola (dla wygody w skali logarytmicznej i liniowej);
- stratności pozornej i stratności czynnej w funkcji polaryzacji;
- krzywych histerezowych dla każdego punktu pomiarowego.

Poza tym program podaje stratność dla wartości 1.0 T i 1.5 T (lub 1.0 T i 1.8 T dla blach izotropowych) oraz wartość polaryzacji dla 2500 A/m oraz 5000 A/m, gdyż takie wielkości podawane są w katalogach blach.

## 6. Podsumowanie

Przedstawiony układ daje możliwość badania blach w zakresie 0.2 T – 2.0 T zgodnie z wymogami norm. Próbkę do badania mają wymiar podobny jak dla zwykłej ramy Epsteina, choć mogą być też węższe. Długość powinna być większa od 25 cm. Pomiary można przeprowadzić nawet dla pojedynczego paska, co umożliwi badanie wpływu procesów technologicznych, odkształceń, wpływu kierunku walcowania itp.

Uzasadnione jest badanie charakterystyk powyżej wartości polaryzacji maksymalnej 1.5 T, gdyż wiele informacji literaturowych wskazuje, że nie daje się ich dobrze przybliżyć na podstawie pomiarów tylko dla niższych wartości polaryzacji.

## Literatura

- [1] LIU SHUO, LIU ZHIQIANG, WANG YONG, LIU FUGUI, AND YAN WEILI: *Study of single sheet tester for AC magnetization characteristics measurement*. ICEMS'2001. Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems (IEEE Cat. No.01EX501).
- [2] AZAREWICZ S., GAWORSKA D., WĘGLIŃSKI B.: *Badania blach prądnicowych przeznaczonych do silników pracujących w ciekłych gazach*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 72/2005.
- [3] AZAREWICZ S., WĘGLIŃSKI B.: *Parametry wybranych blach prądnicowych przy podwyższonej częstotliwości przemagnesowania*, „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 80/2008.
- [4] DEMS M., KOMĘZA K., SZULAKOWSKI J.: *Wpływ materiału rdzenia na charakterystyki wysokoobrotowych silników indukcyjnych małej mocy*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 91/2011.
- [5] IDZIAK P., KOWALSKI K.: *Modelowanie wpływu naprężeń mechanicznych powstających w obwodzie magnetycznym na charakterystykę magnesowania*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 3(103)/2014.
- [6] KRÓL E., ROSSA R.: *Zastosowanie blach ze stopów kobaltowo-żelazowych w maszynach z magnesami trwałymi*. „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” 86/2010.
- [7] PLUTA W.: *Measurement of Some Magnetic Properties of Electrical Steel Sheets Under Axial Magnetization*. „Materials in Electrical Engineering” 2009.
- [8] ANTczak M., IDZIAK P.: *Wpływ wykrawiania blach na rozkład pola magnetycznego w maszynie prądu stałego*. „Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)” 4a/2012.

dr inż. Tomasz Lerch, e-mail: lerch@agh.edu.pl

dr inż. Michał Rad, e-mail: rad@agh.edu.pl

dr hab. inż. Witold Rams, e-mail: rams@agh.edu.pl

AGH w Krakowie

# Historia rozwoju przetworników elektromechanicznych

Tadeusz Glinka

## 1. Wstęp

Rozwój elektromechanicznych przetworników energii jest związany z odkryciem zjawisk i praw elektrotechniki. Historia rozwoju elektrotechniki jest dobrze znana i ma obszerną literaturę. Elektrotechnika jako nauka wywodzi się z fizyki, mechaniki i chemii. Wydzielenie się elektrotechniki jako samodzielnej nauki dokonało się w drugiej połowie XIX wieku. Wynalazki obejmujące przekazywanie informacji na odległość (telegraf, a później radio) oraz przetworniki elektromechaniczne były inspiracją zarówno do rozwoju teorii elektrotechniki, jak i nowych ciągle doskonalonych rozwiązań konstrukcyjnych przetworników elektromechanicznych, telegrafów, telefonów i radia. Przetwornikami elektromechanicznymi są prądnice i silniki, a także mikrofony i głośniki. Wynalazki z tematyki przetworników elektromechanicznych były inspiracją do powstawania i rozwoju innych rodzajów urządzeń elektrycznych. Dobrym przykładem jest radio, za twórcę którego początkowo uważano Guglielmo Marconiego (1874–1937), włoskiego fizyka i konstruktora, laureata Nagrody Nobla z dziedziny fizyki w 1909 roku za wkład w rozwój telegrafii bezprzewodowej. Jednak bezprzewodowe nadawanie i odbieranie sygnałów za pomocą fal elektromagnetycznych było znane już od 1893 roku z patentów i eksperymentów Nikoli Tesli. Nikola Tesla wpisał się jako pionier elektrotechniki przede wszystkim w tematyce wirującego pola magnetycznego i przetworników elektromechanicznych prądu przemiennego. W 1896 roku, gdy Marconi składał pierwszy swój wniosek patentowy, Nikola Tesla posiadał już osiem patentów na generację fal wysokiej częstotliwości do celów transmisji. Procesy sądowe dotyczące unieważnienia patentów Marconiego ciągnęły się do 1943 roku, kiedy Sąd Najwyższy Stanów

Zjednoczonych wydał prawomocny wyrok orzekający, że patenty Marconiego naruszają nie tylko patenty Tesli, w tym patent USA 645576, uważany obecnie za pierwszy patent „radiowy”, ale również patenty innych wynalazców: Johna Stone'a i Olivera Lodge'a. Rozwój elektrotechniki w początkowym pionierskim okresie, to jest w XIX wieku, jest tożsamy z rozwojem przetworników elektromechanicznych. Przypomnijmy genialnych twórców i najważniejsze daty tego rozwoju.

## 2. Początkowy okres badań magnetyzmu i elektryczności

Maszyny elektryczne należą do zbioru przetworników elektromechanicznych i charakteryzują się tym, że łączą w sobie pole magnetyczne i prąd elektryczny. Zjawisko elektrostatyki znali już starożytni Grecy. Tales z Miletu opisał zjawisko, że potarty kawałkiem futra bursztyn (gr. elektron) przyciąga skrawki różnych materiałów, lecz szybko traci właściwość przyciągania. Zjawisko magnetyzmu było znane w starożytności. Pierwotnie nazwą 'magnes' określano rudy żelaza (magnetyt), które przyciągają kawałki żelaza lub inne magnesy. Magnesów początkowo używano w kompasach. Najdawniejsze urządzenie tego typu zostało skonstruowane w starożytnych Chinach. W nawigacji morskiej kompasy zaczęto stosować już w XII wieku. Dopiero William Gilbert (1544–1603), angielski fizyk i lekarz (rys. 1), jako pierwszy przeprowadził szczegółowe badania magnetyzmu. Odkrył zjawisko magnetyzmu ziemskiego i natężenie pola magnetycznego. Badał także elektryzowanie się ciał na skutek tarcia. Wykazał, że oprócz bursztynu można naelektryzować także inne materiały. Gilbert wprowadził do języka angielskiego nowe terminy, takie jak biegun magnetyczny,



Rys. 1. William Gilbert (1544–1603), angielski fizyk i lekarz

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/William\\_Gilbert\\_\(fizyk\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/William_Gilbert_(fizyk))

siła magnetyczna czy przyciąganie magnetyczne. Jako pierwszy spopularyzował termin „elektryczność”. W 1600 roku opublikował, w języku łacińskim, dzieło *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (*O magnesach i ciałach magnetycznych oraz o wielkim magnecie Ziemi*). Opisał w nim wiele doświadczeń z modelem Ziemi, z których wywnioskował, że Ziemia jest magnesem i dlatego igła kompasu wskazuje północ. Dziełem tym wszedł do historii jako twórca nowożytnej nauki o magnetyzmie.

Poważne badania elektryczności zaczęto prowadzić dopiero w XVII i XVIII wieku. W 1651 roku Otto von Guericke (1602–1686), niemiecki fizyk i inżynier (rys. 2), wykorzystując zjawisko elektryzowania się ciał, zbudował pierwszą maszynę elektrostatyczną [16]. Robert Boyle (rys. 3) w 1675 roku zauważył, że oddziaływania elektrostatyczne przenikają próżnię. W 1729 roku

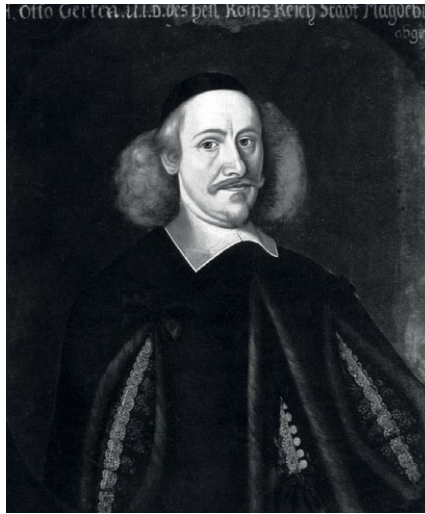


Stephen Grey podzielił materiały na przewodniki i izolatory.

W 1745 roku Ewald Jürgen Georg von Kleit (1700–1748) zbudował kondensator – butelkę lejdejską (rys. 4). Nazwę swą urządzenie zawdzięcza fizykom z Lejdy, którzy odkryli efekt magazynowania ładunków elektrycznych w butelce z elektrodami wewnętrzną i zewnętrzną trzy miesiące później, lecz to oni zarejestrowali ją w Akademii w Paryżu. Wkrótce badania nad elektrostatyką doprowadziły do pojęcia prądu elektrycznego. Spostrzeżono, że zjawisku elektryzowania się ciał towarzyszy pojawianie się iskier, co nasunęło hipotezę o elektrycznym pochodzeniu piorunów, którą udowodnił doświadczalnie w 1752 roku Benjamin Franklin (rys. 5).

Charles Augustin de Coulomb (1736–1806), fizyk francuski (rys. 6), od 1773 roku prowadził badania magnetyzmu, teorii maszyn prostych i elektrostatyki. Od 1781 roku był członkiem Francuskiej Akademii Nauk. W 1785 roku na podstawie wielu precyzyjnych eksperymentów przeprowadzonych za pomocą wagi skręceń sformułował prawo nazwane od jego nazwiska prawem Coulomba, będące podstawowym prawem elektrostatyki: *Siła wzajemnego oddziaływania dwóch punktowych ładunków elektrycznych jest wprost proporcjonalna do iloczynu tych ładunków i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi*. Rozwinął teorię elektryzowania powierzchniowego przewodników. W 1786 roku odkrył zjawisko ekranowania elektrycznego, a w 1789 roku wprowadził pojęcie momentu magnetycznego [8–10].

W 1775 roku eksperymenty naukowe Alessandra Volty (1745–1827), włoskiego fizyka i chemika (rys. 7), doprowadziły do wynalezienia urządzenia wytwarzającego statyczny ładunek elektryczny – maszyny elektrostatycznej. W 1781 roku Volta skonstruował elektroskop, umożliwiający pomiary elektryczności. W 1782 roku skonstruował kondensator. W 1800 roku wynalazł ogniwo galwaniczne, tzw. stos Volty (rys. 8), poprzez zanurzenie płytek miedzi i cynku w wodnym roztworze kwasu siarkowego, a w 1801 roku zaprezentował go Napoleonowi Bonaparte [41]. Zafascynowany cesarz uczynił go hrabią, senatorem Królestwa



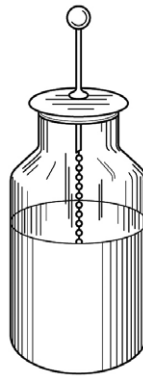
Rys. 2. Otto von Guericke (1602–1686), niemiecki fizyk i inżynier

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Otto\\_von\\_Guericke](https://pl.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Guericke)



Rys. 3. Robert Boyle (1627–1691), chemik i fizyk brytyjski pochodzenia irlandzkiego

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Boyle](https://pl.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle)



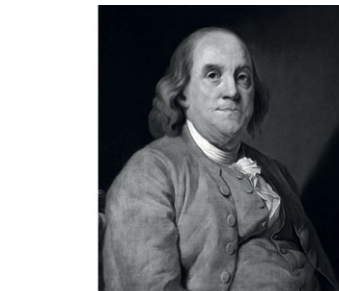
Rys. 4. Butelka lejdejska – pierwszy kondensator Ewalda von Kleita

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Butelka\\_lejdejska](https://pl.wikipedia.org/wiki/Butelka_lejdejska)



Rys. 6. Charles Augustin de Coulomb (1736–1806), fizyk francuski

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Coulomb](https://pl.wikipedia.org/wiki/Charles_Coulomb)



Rys. 5. Benjamin Franklin (1706–1790), amerykański polityk, drukarz, uczyony, filozof i wolnomularz. Jeden z ojców założycieli Stanów Zjednoczonych Ameryki

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Benjamin\\_Franklin](https://pl.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Franklin)



Rys. 7. Alessandro Volta (1745–1827), włoski fizyk i chemik

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Alessandro\\_Volta](https://pl.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta)

Włoch, odznaczył go specjalnym medalem i wyznaczył mu bardzo wysoką stałą pensję. Prócz tego Volta otrzymał także Legię Honorową. W 1779 roku Alessandro Volta został profesorem fizyki na uniwersytecie w Pawii. Zajmował to stanowisko przez 25 lat. Jednak dopiero w XIX wieku badania w tym temacie zaczęły przyspieszać.

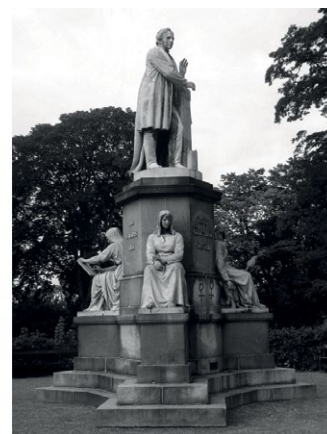
### 3. Twórcy elektrotechniki i maszyn elektrycznych

Badania elektryczności prowadzone w XIX wieku przyniosły epokowe odkrycia, udało się ustalić i opisać najważniejsze prawa rządzące elektrycznością. Autorzy najważniejszych odkryć, które zdeterminowały obecną konstrukcję maszyn elektrycznych i transformatorów, zostaną przedstawieni w kolejności. Pierwszym był Hans Christian Oersted (1777–1851), duński fizyk i chemik, który odkrył zjawisko elektromagnetyzmu (rys. 9). W 1820 roku w prostym eksperymencie pokazał, że igła kompasu odchyła się pod wpływem prądu w przewodzie i tym samym odkrył zjawisko oddziaływania między elektrycznością i magnetyzmem [25].

Doświadczenie Oersteda wykorzystał André Marie Ampère (1775–1836), francuski fizyk i matematyk (rys. 10). Ampère opracował teorię zjawiska łączącego prąd elektryczny z magnetyzmem. Postawił tezę, że prąd płynący przez cewkę złożoną z nawiniętych na walcu zwojów z drutu miedzianego wykazuje takie same właściwości jak magnes stały. Zbudował taką cewkę i na drodze doświadczałnej potwierdził postawioną tezę. Opisał matematycznie ilościowe zależności pomiędzy zjawiskami elektrycznymi i magnetycznymi i sformułował tzw. prawo Ampèra: *Całka liniowa wektora natężenia pola magnetycznego liczona po krzywej zamkniętej jest proporcjonalna do wypadkowego prądu otoczonego tą krzywą* [1]. Prawo to wynika z matematycznego twierdzenia Stokesa (1817–1903): *Cyrkulacja pola wektorowego po zamkniętym i zorientowanym konturze gładkim jest równa strumieniowi rotacji pola przez dowolną powierzchnię ograniczoną tym konturem*. Twierdzenie to odgrywa ważną rolę w teorii pól: w mechanice płynów,



Rys. 8. Naczyniowa bateria Volty [41]



Rys. 9. Hans Christian Oersted (1777–1851), duński fizyk i chemik, i jego pomnik w Kopenhadze

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Christian\\_Orsted](https://pl.wikipedia.org/wiki/Hans_Christian_Orsted)

równaniach Maxwella i wielu innych. Ampère zaproponował podział nauki o elektryczności na dwa działy: elektrostatykę i elektrodynamikę. Podział ten utrzymuje się do dnia dzisiejszego. Sformułował podstawy teoretyczne elektrodynamiki. Najważniejsza praca Ampèra o elektryczności i magnetyzmie, zwięzająca jego dokonania w tej dziedzinie, opublikowana w 1826 roku, była zatytułowana: *Traktat o matematycznej teorii zjawisk elektrodynamicznych opartej wyłącznie na eksperymentach*. W 1879 roku Maxwell, pisząc o tym dziele, nazwał Ampèra Newtonem elektryki, a pracę scharakteryzował jako najbliższe osiągnięcie nauki, gdyż z podanych formuł można wywieść wszystkie zjawiska elektrodynamiki. Ampère jest uważany za twórcę podstaw współczesnej elektrodynamiki. Dzień 10 czerwca (rocznica śmierci Ampèra) ustanowiony został świętem elektryków.

Niezależnie od Oersteda, angielski fizyk i chemik Michael Faraday (1791–1867) (rys. 11) w 1821 roku zaobserwował ruch przewodników z prądem znajdujących się w polu magnetycznym. Wykorzystując to zjawisko. Faraday



Rys. 10. André Marie Ampère (1775–1836), francuski fizyk i matematyk

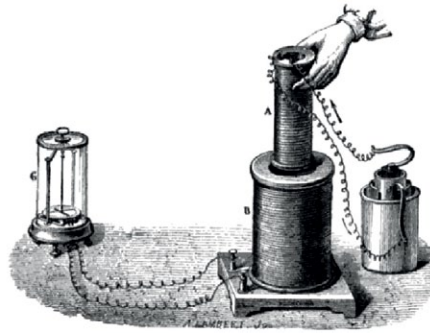
Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/André\\_Ampère](https://pl.wikipedia.org/wiki/André_Ampère)

zbudował prototyp przetwornika elektromechanicznego. W 1831 roku Faraday odkrył prawo indukcji elektromagnetycznej: *Napięcie indukowane w cewce jest proporcjonalne do liczby zwojów cewki i szybkości zmiany (pochodnej) strumienia magnetycznego sprzęgniętego z tą cewką* (rys. 12). Faraday jest uważany za ojca teorii pola elektromagnetycznego.



Rys. 11. Michael Faraday (1791–1867), angielski fizyk i chemik

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Michael\\_Faraday](https://pl.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday)



Rys. 12. Demonstracja indukcji elektromagnetycznej przez Faradaya [11]



Rys. 13. Charles Wheatstone (1802–1875), naukowiec i wynalazca angielski

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Wheatstone](https://pl.wikipedia.org/wiki/Charles_Wheatstone)



Rys. 14. James Clerk Maxwell (1831–1879), szkocki fizyk i matematyk

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/James\\_Clerk\\_Maxwell](https://pl.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell)



Rys. 15. Moritz Jacobi (1801–1874), fizyk i elektrotechnik

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Moritz\\_Hermann\\_Jacobi](https://pl.wikipedia.org/wiki/Moritz_Hermann_Jacobi)

Prawo Faradaya ma podstawowe znaczenie w teorii elektromagnetyzmu. Indukcja elektromagnetyczna jest wykorzystana do wytwarzania prądu elektrycznego, co zademonstrował sam Faraday, budując pierwszą prądnicę unipolarną.

Charles Wheatstone (1802–1875) był naukowcem i wynalazcą angielskim: w tym harmonijki, stereoskopu (urządzenia do wyświetlania obrazów trójwymiarowych), szyfru Playfair (techniki szyfrowania) i innych (rys. 13). Jednak najbardziej znany jest jego wkład w rozwój telegrafii i mostka do pomiaru rezystancji, tzw. mostka Wheatstone'a, który opracował wspólnie z Samuelem Hunterem Christienem (1784–1865),

brytyjskim naukowcem i matematykiem. Wheatstone pierwszy dokonał pomiaru prędkości prądu elektrycznego w przewodzie.

Wheatstone wspólnie z Williamem Fothergillum Cookiem (1806–1879), wynalazcą angielskim, wynalazł telegraf elektryczny, który opatentowali w 1837 roku, a wraz z Johnem Lewisem Ricardo (1812–1862) w 1846 roku założył Electric Telegraph Company, pierwszą na świecie firmę telegraficzną. Za swoje wynalazki Wheatstone został uhonorowany tytułem szlacheckim. Wynaleziony przez Wheatstone'a i Cooka, na potrzeby telegrafu, komutator znalazł zastosowanie w maszynach elektrycznych prądu stałego.

Duży wkład w rozwój teorii elektrotechniki ma James Clerk Maxwell (1831–1879), szkocki fizyk i matematyk (rys. 14). Maxwell udowodnił, że elektryczność i magnetyzm tworzą jedno zjawisko, elektromagnetyzm. W 1861 roku wyprowadził cztery podstawowe równania elektrodynamiki wiążące pole elektryczne i pole magnetyczne, zwane od jego nazwiska równaniami Maxwella. Wykazał, że pole elektromagnetyczne ma postać fali i rozchodzi się w próżni z prędkością światła. Wysnuł wniosek, że światło jest także falą elektromagnetyczną [13, 23].

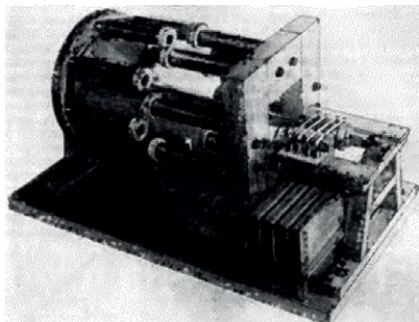
Odkrycia elektromagnetyzmu, elektrodynamiki i komutatora zapoczątkowały rozwój elektromechanicznych przetworników energii. Fizyk i elektrotechnik Moritz Jacobi (1801–1874) urodził się w Poczdamie, lecz od 1837 roku mieszkał i pracował w Petersburgu (rys. 15). Jacobi zbudował pierwszy komutatorowy silnik elektryczny prądu stałego zasilany z baterii elektrycznej (rys. 16). W listopadzie 1834 roku Jacobi wysłał raport na temat tego silnika do Akademii Nauk w Paryżu, a latem 1835 roku opublikował szczegółowe memorandum naukowe, które było podstawą do nadania mu tytułu doktora *honoris causa* na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu w Królewcu [19]. W 1843 roku zbudował linię telegraficzną Petersburg – Carskie Sioło. Konstruował kable energetyczne, ogniwa elektryczne, aparaty telegraficzne. Stworzył podstawy galwanotechniki. Był członkiem Petersburskiej

Akademii Nauk. Jacobi jest pierwszym, który zbudował wirujący silnik elektryczny (rys. 16).

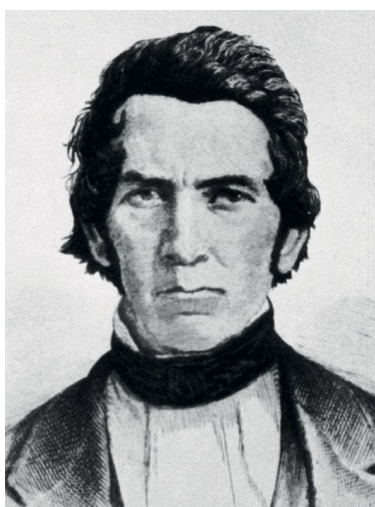
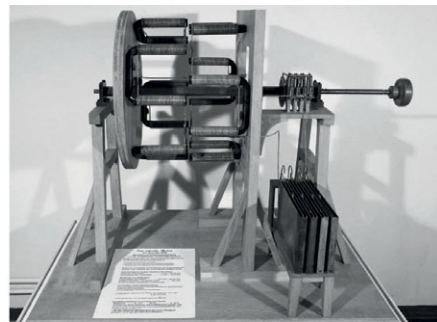
Thomas Davenport (1802–1851), inżynier i konstruktor amerykański (rys. 17), w 1834 roku zbudował pierwszy w USA mały silnik prądu stałego i użył go do napędu kolejki elektrycznej – zabawki poruszającej się po kolistym torze. Otrzymał na niego patent w 1837 roku. Swoich konstrukcji używał też do napędu wiertarki i tokarki do drewna, a silnika elektrycznego większej mocy do napędu rotacyjnej prasy drukarskiej. Silniki Jacobiego i Davenporta to początek rozwoju maszyn elektrycznych. Dalej rozwój maszyn elektrycznych przyspiesza. Ernst Werner von Siemens (1816–1892), niemiecki wynalazca i przemysłowiec (rys. 18), założył firmę elektryczną i telekomunikacyjną SIEMENS. W 1866 roku Siemens wynalazł prądnicę samowzbudną prądu stałego, on też pierwszy wykonał jarzmo twornika maszyny prądu stałego z pakietu blach. Pierwszy zbudował lokomotywę elektryczną, a w 1881 roku zademonstrował w Berlinie pierwszy tramwaj elektryczny (rys. 19). Na jego cześć jednostkę przewodnictwa elektrycznego w układzie SI nazwano siemens.

W 1867 roku włoski fizyk Antonio Pacinotti (1841–1912) (rys. 20) wykazał, że maszyna prądu stałego może pracować jako silnik i jako prądnicę (zasada odwracalności przetwarzania energii). Zénobe Théophile Gramme (1826–1901) (rys. 21), belgijski elektrotechnik, w 1870 roku opracował uzwojenie pierścieniowe, które równocześnie jest komutatorem, i na tej bazie zbudował prądnicę prądu stałego, zwaną od jego nazwiska prądnicą Gramme'a (rys. 22). Rozwiązanie uzwojenia Gramme'a stanowiło znaczący postęp w konstrukcji maszyny prądu stałego.

Wszystkie dotychczasowe maszyny miały lity wirujący rdzeń twornika, który silnie się nagrzewał. Friedrich Hefner-Alteneck (1845–1904) (rys. 23), niemiecki inżynier i jeden z najbliższych współpracowników Siemens, pracował w fabryce aparatów elektrycznych Siemens&Halske AG w Berlinie. Hefner-Alteneck unieruchomił rdzeń twornika, a uzwojenie twornika, w formie puszeki



Rys. 16. Oryginał i replika pierwszego silnika elektrycznego Jacobiego [42]



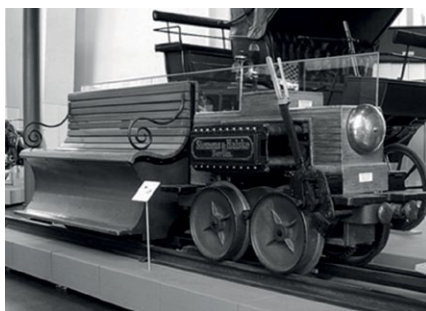
Rys. 17. Thomas Davenport (1802–1851), amerykański inżynier i konstruktor

Źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Davenport](https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport)



Rys. 18. Ernst Werner von Siemens (1816–1892), niemiecki wynalazca i przemysłowiec

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Werner\\_von\\_Siemens](https://pl.wikipedia.org/wiki/Werner_von_Siemens)



Rys. 19. Replika kolejki elektrycznej Siemens z 1879 r., dane znamionowe: 2,2 kW, 150 V DC, prędkość 12 km/h, 954 kg, siła pociągowa 75 kN [15]



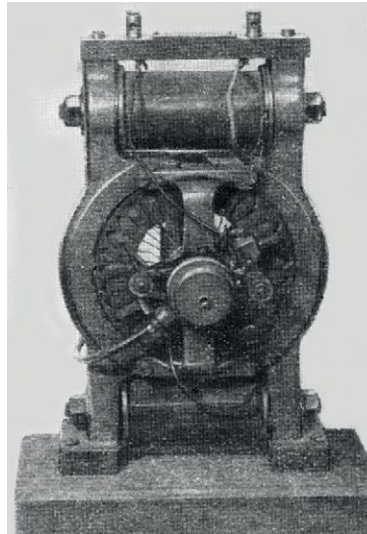
Rys. 20. Antonio Pacinotti (1841–1912), włoski fizyk i wynalazca

Źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Antonio\\_Pacinotti](https://en.wikipedia.org/wiki/Antonio_Pacinotti)



Rys. 21. Zénobe Théophile Gramme (1826–1901), belgijski elektrotechnik

Źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Antonio\\_Pacinotti](https://en.wikipedia.org/wiki/Antonio_Pacinotti)



Rys. 22. Maszyna prądu stałego z uzwojeniem Gramme'a [42]



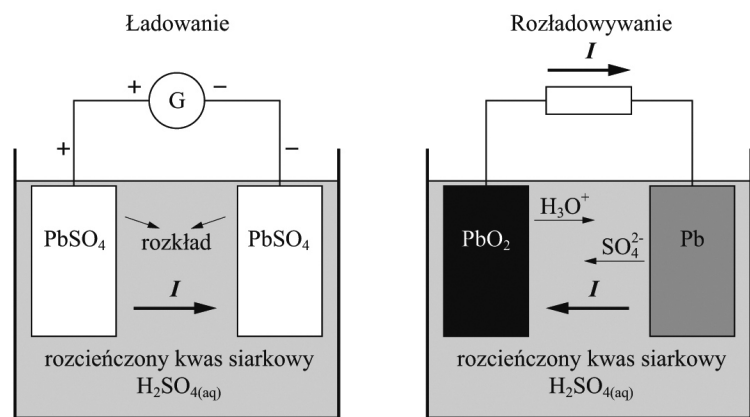
Rys. 23. Friedrich von Hefner-Alteneck (1845–1904), inżynier niemiecki, bliski współpracownik Siemens

Źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich\\_von\\_Hefner-Alteneck](https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_von_Hefner-Alteneck)



Rys. 24. Gaston Planté (1834–1889), francuski fizyk

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Gaston\\_Planté](https://pl.wikipedia.org/wiki/Gaston_Planté)



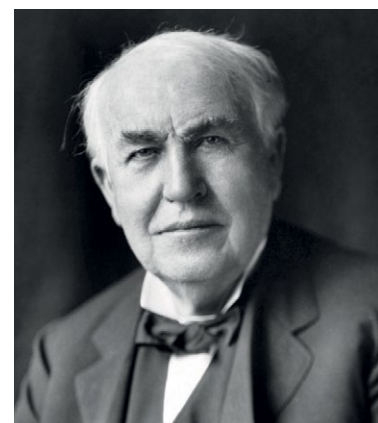
Rys. 25. Akumulator Plantego

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Akumulator\\_kwasowo-olowiowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Akumulator_kwasowo-olowiowy)

bezdzielnego, umieścił w szczeliny. Jemu także przypisuje się wynalezienie twornika bębnowego w 1872 roku. W 1896 roku za swoje dokonania, został członkiem Królewskiej Szwedzkiej Akademii Nauk. Dalsze udoskonalenia konstrukcji uzwojenia wprowadził Weston. W 1882 roku wykonał twornik z uzwojeniem dwuwarstwowym. Uzwojenia tego rodzaju są stosowane do dziś. Francuski fizyk Gaston Planté (1834–1889) (rys. 24) w 1859 roku wynalazł akumulator ołowiowy (rys. 25). Wynalazek ten okazał się tak doskonały, że ten typ akumulatora jest powszechnie stosowany po dzień dzisiejszy jako statyczny zasobnik

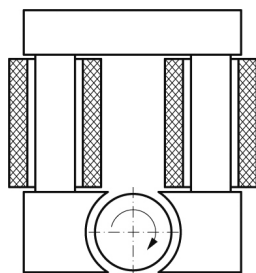
energii, między innymi w samochodach.

Thomas Alva Edison (1847–1931), samouk, wpisał się do elektrotechniki jako wynalazca i przedsiębiorca amerykański (rys. 26). Liczba patentów, które uzyskał on i jego laboratoria, jest imponująca: w USA 1093 i w innych krajach 1239, w większości były powtórkami patentów amerykańskich. Bardziej znane patenty to: żarówka elektryczna (1879), udoskonalenie telefonu Bella przy użyciu cewki indukcyjnej i mikrofonu węglowego, wynalezienie fonografu (1877), odkrycie emisji termoelektronowej (1883), budowa akumulatora zasadowego nikielowo-żelazowego



Rys. 26. Thomas Alva Edison (1847–1931), samouk i wynalazca amerykański

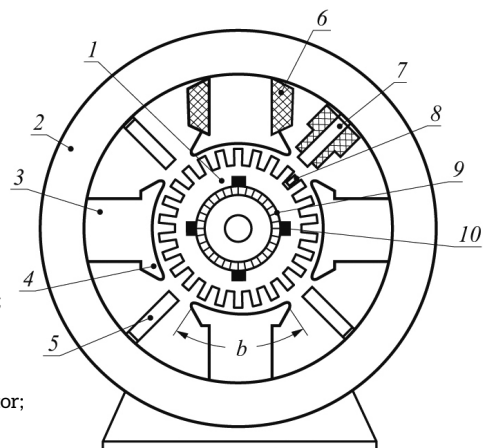
Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Alva\\_Edison](https://pl.wikipedia.org/wiki/Thomas_Alva_Edison)



**Rys. 27.** Maszyna prądu stałego Edisona [15]

**Rys. 28.** Maszyna prądu stałego według rozwiązania M. Doliwo-Dobrowolskiego (współczesna):

1 i 8 – jarzmo twornika z uzwojeniem ułożonym w żłobkach; 2 – jarzmo stojana; 3 i 6 – bieguny główne i uzwojenie wzbudzenia; 4 – nabiegunniki; 5 i 7 – bieguny komutacyjne i ich uzwojenie; 9 – komutator; 10 – szczotki



(1904). Edison zorganizował w Menlo Park pierwszy na świecie instytut badań naukowo-technicznych. W latach 1881–1882 zbudował w Nowym Jorku pierwszą na świecie elektrownię publicznego użytku. W 1880 roku zbudował twornik z blachy ferromagnetycznej (rys. 27). Zbudował mikrosilnik o wymiarach 2,5 cm na 4 cm, który osiągał około 4 tysiące obr./min, i zastosował go do napędzania drgającej igły w obsadce. Igła robiła w matrycy otworki układające się w kontury liter. Było to elektryczne pióro do sporządzania kropkowanych matryc powielaczowych. Wyprodukowano około 60 tys. takich piór. Dopiero wynalezienie maszyny do pisania wyeliminowało z użytku te pióra.

W latach 1891–1900 Edison pracował nad udoskonaleniem magnetycznej metody wzbogacania rud żelaza. Był właścicielem wielu przedsiębiorstw w Ameryce Północnej i Europie. Założył prestiżowe czasopismo naukowe „Science” (1880). W 1927 roku został członkiem Narodowej Akademii Nauk w Waszyngtonie.

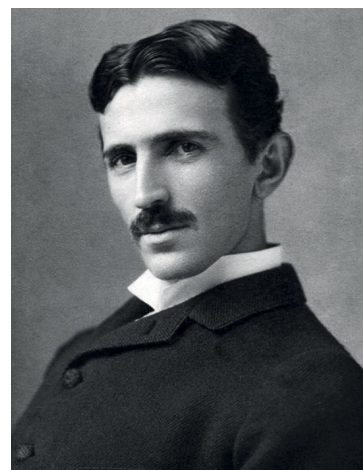
W 1884 roku Menges zastosował w maszynie prądu stałego bieguny komutacyjne i uzwojenie kompensacyjne. Konstrukcję maszyn prądu stałego udoskonalili Michał Doliwo-Dobrowolski (rys. 28). Maszyny prądu stałego według tego rozwiązania są produkowane do dnia dzisiejszego [15].

Rok 1885 jest początkiem rozwoju maszyn elektrycznych prądu zmiennego i systemów elektroenergetycznych prądu zmiennego. W tym roku Galileo Ferraris



**Rys. 29.** Galileo Ferraris (1847–1897), włoski fizyk i elektrotechnik

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Ferraris](https://pl.wikipedia.org/wiki/Galileo_Ferraris)



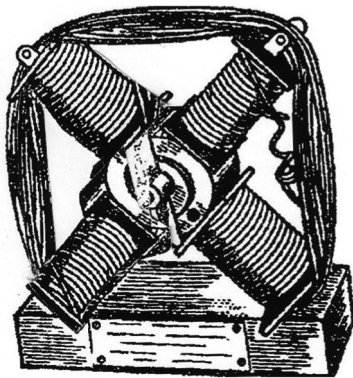
**Rys. 30.** Nikola Tesla (1856–1943), inżynier i wynalazca

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Nikola\\_Tesla](https://pl.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla)

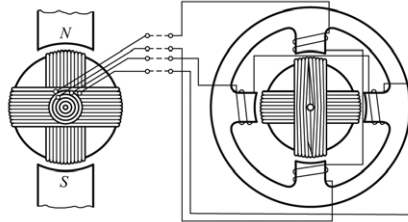
i dwa tygodnie później (niezależnie od Ferrarisa) Nikola Tesla opatentowali wytwarzanie wirującego pola magnetycznego przez uzwojenie dwufazowe. Galileo Ferraris (1847–1897), włoski fizyk, inżynier i elektrotechnik (rys. 29), prowadził badania dotyczące teorii oraz zastosowania prądu przemiennego, a także optyki geometrycznej. W 1885 roku odkrył zjawisko wirowania pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd zmienny, opatentował i zbudował dwufazowy silnik asynchroniczny, który został zaprezentowany na wystawie międzynarodowej w Antwerpii. W latach 1886–1887 zorganizował pierwszą we Włoszech inżynierską uczelnię elektrotechniczną. Udoskonalił konstrukcję

alternatora. Był członkiem Akademii Nauk w Turynie.

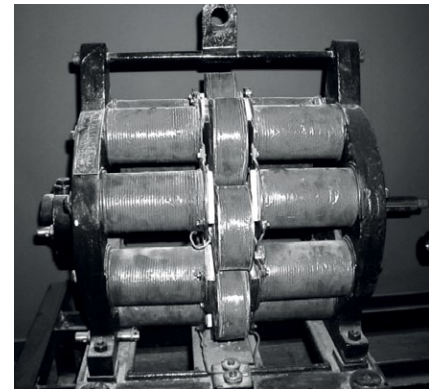
Nikola Tesla (1856–1943) (rys. 30), inżynier i wynalazca pochodzenia serbskiego (inne źródła podają, że chorwackiego), jest autorem blisko 300 patentów, które chroniły jego 125 wynalazków w 26 krajach, głównie rozmaitych urządzeń elektrycznych [39, 40]. W 1885 roku opatentował sposób wytwarzania magnetycznego pola wirującego i silnik dwufazowy, opisane w publikacji [1.40]. Maszyna Ferrarisa miała nieruchomy twornik i wirnik z magnesami trwałymi (rys. 31). Tesla zbudował prądnicę dwufazową z magnesami trwałymi na stojanie i uzwojenie twornika na wirniku, połączone z pierścieniami



Rys. 31. Maszyna dwufazowa prądu zmiennego Ferrarisa [42]



Rys. 32. Prądnica i silnik prądu zmiennego Tesli [42]



Rys. 33. Prądnica synchroniczna firmy Siemens Halske AG z 1889 r. (zdjęcie autora)

ślizgowymi. Z prądnicy tej zasilał silnik dwufazowy (rys. 32). Na rysunku 33 jest pokazana prądnica synchroniczna z 1889 roku firmy Siemens Halske AG w Berlinie, opracowana prawdopodobnie przez Friedricha von Hefner-Altenecka. Wzbudzeniem są duże cewki na stojanie, a twornik jest na wirniku, są to cewki małe umieszczone w środku. Jest to jeden z pierwszych generatorów synchronicznych.

Inne najślawniejsze patenty Nikoli Tesli, oprócz prądnicy i silnika prądu przemiennego, to: autotransformator, dynamo rowerowe, radio, elektrownia wodna, bateria słoneczna, turbina talerzowa i transformator Tesli. Tesla był twórcą pierwszych urządzeń sterowanych bezprzewodowo falą elektromagnetyczną. W 1916 roku Tesla został wyróżniony Medalem Edisona za wybitne osiągnięcia nad prądem wielofazowym i za badania pól wielkiej częstotliwości.

Wykorzystując prace Ferrarisa i Tesli, wielu badaczy i inżynierów elektryków, głównie w Niemczech i USA, zajmowało się prądem zmiennym i uzwojeniami wielofazowymi. Jednak dopiero Michałowi Doliwo-Dobrowolskiemu udało się stworzyć system trójfazowy i on jest uważany za twórcę tego systemu.

Michał Doliwo-Dobrowolski (1862–1919), elektrotechnik, elektryk, inżynier i wynalazca miał polskie pochodzenie (rys. 34). Urodził się w Gątczynie koło Sankt Petersburga w rodzinie mieszanej: ojciec – Polak, matka – Rosjanka.

Rodzina przeniosła się do Odessy i tam ukończył szkołę średnią. W 1878 roku rozpoczął studia na wydziale chemicznym Instytutu Politechnicznego w Rydze. W wieku 19 lat został relegowany z uczelni w ramach antypolskich represji po zamachu na cara Aleksandra II. Studiował dalej jako wolny słuchacz na uniwersytetach w Petersburgu, Odessie i Noworosyjsku. W 1883 roku wyjechał z rodzicami do Niemiec i kontynuował studia na politechnice w Darmstadt, najpierw na wydziale mechanicznym, a następnie na nowo utworzonym wydziale elektrotechnicznym, który ukończył w 1884 roku. Przez następne trzy lata był asystentem profesora elektrotechniki Erasmusa Kittlera, wykładał metalurgię i galwanoplastykę. W 1888 roku zbudował trójfazową prądnice prądu zmiennego. W 1889 roku skonstruował trójfazowy silnik indukcyjny z wirnikiem klatkowym. Uzyskał także kilka patentów na transformatory trójfazowe, przyrządy pomiarowe (np. fazomierz) i komory gaszeniowe w wyłącznikach wysokonapięciowych. Na światowej Wystawie Elektrotechnicznej we Frankfurcie n. Menem (1891) zaprezentował wiele urządzeń pracujących w systemie trójfazowym. Największe zainteresowanie wzbudziła opracowana przez niego trójfazowa linia elektroenergetyczna o długości 175 km, napięciu 20 kV i sprawności 75%, z którą współpracował opracowany przez niego silnik trójfazowy o mocy ok. 74 kW (największy wówczas na świecie). W latach



Rys. 34. Michał Doliwo-Dobrowolski (1862–1919), elektrotechnik, elektryk, inżynier i wynalazca

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Michał\\_Doliwo-Dobrowolski](https://pl.wikipedia.org/wiki/Michał_Doliwo-Dobrowolski)

1894–1895 pracował nad generatorami dużej mocy dla hydroelektrowni. Opracował założenia techniczne pierwszej na świecie trójfazowej elektrowni wodnej na Renie w Rheinfelden, zbudowanej w 1895 roku. Współpracował przy projektowaniu elektrowni trójfazowych w Zabrze i Chorzowie (1897). W 1908 roku został mianowany dyrektorem berlińskiej fabryki aparatury elektrotechnicznej koncernu AEG. Cechą ujemną silników indukcyjnych i synchronicznych jest stała prędkość obrotowa. Maszyny robocze w hutach (walcarki), w kopalniach (maszyny wyciągowe) i inne wymagały napędów o zmiennej prędkości obrotowej. Aby zaspokoić te potrzeby, prace badawcze i konstrukcyjne rozwijano w dwóch kierunkach:

w zakresie napędów dużej mocy i napędów małej mocy. W zakresie napędów dużej mocy amerykański inżynier elektryk i wynalazca Harry Ward Leonard (1861–1915), który pracował w korporacji Edisona, zbudował w 1891 roku układ napędowy złożony z silnika prądu zmiennego (asynchronicznego lub synchronicznego) sprzęgniętego z prądnicą prądu stałego, a ta zasilala silnik wykonawczy prądu stałego, napędzający maszynę roboczą. Układ ten od jego nazwiska został nazwany układem Warda Leonarda. Układy napędowe budowane według tej koncepcji są używane także obecnie. W 1901 roku niemiecki inżynier elektryk Karl Ilgner (1861–1921) opatentował koło zamachowe (zasobnik energii kinetycznej), tzw. koło Ilgnera, które przy impulsowych uderzeniach momentu obciążenia (np. przy walcowaniu rur na walcierce pielgrzymowej) wyrównuje moment obciążenia silnika walcowniczego i nie przenosi impulsowych obciążeń na sieć elektroenergetyczną (rys. 35).

Prowadzono także prace dotyczące silników prądu zmiennego pracujących ze zmienną prędkością obrotową. Połączono silnik asynchroniczny z komutatorem. Komutator wykorzystywano jako przetwornicę częstotliwości. Charakterystyczną maszyną jest tu przetwornica jednotwornikowa, która zmienia napięcie stałe na napięcie przemiennie lub odwrotnie, a także napięcie o częstotliwości niższej na wyższą lub odwrotnie. Opracowano wiele rozwiązań silników komutatorowych jednofazowych i trójfazowych. Z silników jednofazowych na uwagę zasługują silniki uniwersalne do dzisiaj stosowane w sprzęcie AGD i elektronarzędziach oraz silniki repulsyjne stosowane do przesuwania zwrotnic kolejowych. Z trójfazowych silników komutatorowych prądu zmiennego najbardziej znany jest silnik Schragego-Richtera. Silnik ten był stosowany w napędach maszyn papierniczych, w fabrykach chemicznych, tworzyw sztucznych, w przemyśle drzewnym i innych. Innym rodzajem silników asynchronicznych komutatorowych są silniki trójfazowe bocznikowe i silniki trójfazowe szeregowo. Silniki komutatorowe prądu zmiennego, poza silnikiem



Rys. 35. Koło zamachowe Karla Ilgnera (1861–1921), niemieckiego inżyniera elektryka [42]

uniwersalnym, dzisiaj już nie są stosowane. Powszechnie stosuje się silniki indukcyjne klatkowe, a regulację prędkości obrotowej rozwiązano, wykorzystując przetwornice energoelektroniczne.

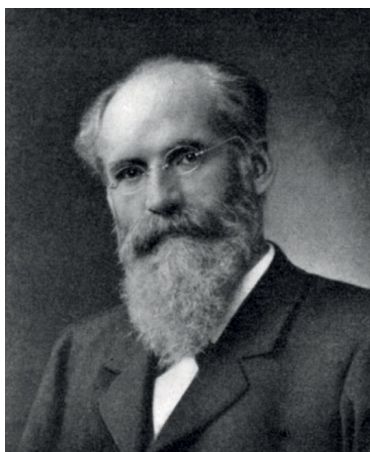
#### 4. Rozwój teorii maszyn elektrycznych

Wiek XIX można nazwać wiekiem elektryczności i rozwoju przetworników elektromechanicznych. W XX wieku nastąpił dalszy dynamiczny rozwój teorii elektrotechniki, w tym konstrukcji i technologii maszyn elektrycznych. W 1918 roku Charles Legeyt Fortescue (1876–1936), amerykański inżynier elektryk, wprowadził do teorii elektrotechniki metodę składowych symetrycznych do obliczania obwodów wielofazowych niesymetrycznych. Metoda składowych symetrycznych umożliwiła zastąpienie jednego układu o  $n$  stopniach swobody  $n$  układami o jednym stopniu swobody. Wymieniona publikacja została uznana za najważniejszą w tematyce elektrycznej w XX wieku. Wkład Fortescue'a w rozwój elektrotechniki został uhonorowany przez Instytut Franklina nadaniem mu w 1932 roku Elliott Cresson Medal. Ponadto Institute of Electrical and Electronics Engineers upamiętnia jego wkład w rozwój elektrotechniki, fundując corocznie stypendium jego imienia. Teorię składowych symetrycznych w zastosowaniu do maszyn elektrycznych rozbudował Robert H. Park (1902–1994), amerykański inżynier i wynalazca, profesor Massachusetts Institute of Technology. Opracował teorię transformacji dwuosiowej  $d-q-0$  do analizy maszyn synchronicznych [26]. Edith Clarke (1883–1959) była pierwszą

kobietą inżynierem elektrykiem i pierwszą kobietą profesorem elektrotechniki w University of Texas w Austin. Zajmowała się analizą systemu zasilania elektrycznego. Rozszerzyła ona zasadę transformacji dwuosiowej na maszyny indukcyjne, wprowadzając układ  $\alpha-\beta-0$  [7]. Transformacja ta jest stosowana obecnie w układach sterowania wektorowego. Dalszy rozwój teorii maszyn elektrycznych to tensorowa analiza obwodów opracowana przez Gabriela Krona (1901–1968) i jej zastosowanie do analizy wirujących maszyn elektrycznych. Kron, inżynier elektryk pochodzenia węgierskiego pracujący w Ameryce, wypromował wykorzystywanie metod algebry liniowej i geometrii różniczkowej w elektrotechnice [32, 33]. Prace te rozpowszechniły zastosowanie uogólnionej metody analizy obwodów i maszyn elektrycznych i przyspieszyły opracowanie metod numerycznych do ich obliczania. Rozwój teorii maszyn elektrycznych ma także akcent polski, przyczyniły się do niego badania Arkadiusza Puchały (1928–1974), profesora AGH w Krakowie [27]. W badaniach tych porównał wszystkie znane ujęcia metod składowych symetrycznych na gruncie ogólnej teorii form liniowych i kwadratowych.

Znaczącym krokiem w teorii maszyn elektrycznych było opracowanie przez Teslę sposobów wytwarzania pola wirującego. Jego patenty zapoczątkowały rozwój maszyn elektrycznych prądu przemiennego synchronicznych, a później asynchronicznych. Optymalizacją konstrukcji obwodów magnetycznych i uzwojeń maszyn elektrycznych pierwszy zajmował się Engelbert Arnold (1858–1911), szwajcarski naukowiec, pedagog i organizator (rys. 36). W 1894 roku został profesorem Uniwersytetu Technicznego w Karlsruhe. Tam też, w latach 1896–1898, zorganizował Instytut Elektrotechniki, którym kierował do śmierci. Engelbert Arnold, bazując na pracach Tesli, w sposób twórczy rozwinął teorię i konstrukcje maszyn elektrycznych: prądu stałego, synchronicznych, indukcyjnych i transformatorów [2–6]. Jego wybitne osiągnięcia zostały docenione. W 1906 roku Uniwersytet Techniczny w Hanowerze nadał mu tytuł doktora *honoris causa*. Znaczące





Rys. 36. Engelbert Arnold (1858–1911) szwajcarski naukowiec, pedagog

Zródło: [https://de.wikipedia.org/wiki/Engelbert\\_Arnold](https://de.wikipedia.org/wiki/Engelbert_Arnold)

publikacje Engelberta Arnolda przyczyniły się do rozwoju konstrukcji maszyn elektrycznych.

Kontynuatorem dzieła Arnolda był Rudolf Richter (1877–1957), niemiecki inżynier elektrotechniki i profesor. Studiował na Politechnice i Uniwersytecie w Berlinie. Od 1900 roku pracował jako inżynier w firmie Siemens&Halske AG w Wiedniu, a od 1902 roku w Siemens-Schuckert AG w Berlinie. Od 1908 roku był dyrektorem technicznym Bahnabteilung (Oddziału Kolejowego) Maffei-Schwartzkopferwerke AG w Berlinie. W 1912 roku przyjął nominację na profesora elektrotechniki na Politechnice w Karlsruhe i został dyrektorem, po Arnoldzie, Instytutu Elektrotechniki. Richter zajmował się teorią projektowania maszyn elektrycznych zarówno obwodów elektromagnetycznych, jak i konstrukcji mechanicznych. Kolejne jego książki obejmują tematykę: uzwojeń maszyn elektrycznych, maszyn prądu stałego, maszyn synchronicznych, transformatorów i maszyn indukcyjnych [28–36]. Jego książki zostały przetłumaczone na języki: francuski, japoński, rumuński, rosyjski, hiszpański. Z książek tych korzystali także autorzy podręczników, do nauczania i projektowania maszyn elektrycznych, w innych krajach, także w Polsce. Metody obliczania obwodów elektromagnetycznych maszyn elektrycznych, obliczeń mechanicznych i ciepłno-wentylacyjnych opracowane przez Richtera stanowiły bazę do

opracowania algorytmów i programów projektowania współczesnych maszyn elektrycznych. W 1924 roku Uniwersytet Techniczny w Stuttgarcie nadał mu tytuł doktora *honoris causa*. Otrzymał także doktorat *honoris causa* Uniwersytetu Technicznego w Darmstadt. Został Freemanem Uniwersytetu Technicznego w Karlsruhe i honorowym członkiem Związku Niemieckich Inżynierów Elektryków. W 1952 roku otrzymał Order Zasługi Republiki Federalnej Niemiec.

Następne prace prowadzone w XX wieku to udoskonalenie metod projektowania i optymalizacji konstrukcji maszyn elektrycznych, a w zakresie turbogeneratorów i hydrogeneratorów to ciągły wzrost mocy znamionowych do 1000 MW.

Rozwój konstrukcji i technologii maszyn elektrycznych w XX wieku był inspirowany i pobudzany osiągnięciami inżynierii materiałowej, w szczególności w zakresie materiałów magnetycznych i materiałów elektroizolacyjnych. Prawie każde dziesięciolecie XX wieku wprowadziło tu znaczący postęp. Przykładem może być blacha transformatorowa. W latach 50. XX wieku transformatory budowano z blachy gorącowalcowanej o stratności 1,3 W/kg (przy indukcji 1 T i częstotliwości przemagnesowania 50 Hz), w latach 60. z blachy o stratności 1,1 W/kg, następnie z blachy zimnowalcowanej o stratności (0,9–0,7) W/kg, a w latach 90. zapoczątkowano budowę transformatorów z blachy nanokryształicznej o stratności 0,3–0,4 W/kg, a także amorficznej. Jeszcze większy postęp inżynierii materiałowa osiągnęła w magnesach trwałych: od magnesów ze stali chromowej i kobaltowej (XIX w.) o gęstości energii maksymalnej 2–8 kJ/m<sup>3</sup>, poprzez ferryty (o gęstości energii dochodzącej do 20 kJ/m<sup>3</sup>), ALNICO (do 40 kJ/m<sup>3</sup>), do magnesów z pierwiastków ziem rzadkich SmCo (do 160 kJ/m<sup>3</sup>) i magnesów NdFeB (250 kJ/m<sup>3</sup>). Podobny postęp osiągnięto w materiałach izolacyjnych od materiałów klasy temperaturowej A 105°C (papier, bawelna), poprzez materiały oparte na miedzi i szkło (kl. B – 135°C i kl. F – 150°C) do materiałów aramidowych (kapton, nomeks) kl. H – 180°C. Tak wysokie klasy temperaturowe izolacji można było

osiągnąć dzięki współczesnym lakierom izolacyjnym spełniającym warunki izolacji kl. F i H. Dalszy postęp to nasycenie izolacji uzwojeń od metody kropłowej do próżniowo-ciśnieniowej (ang. *Vacuum Pressure Impregnation*, VPI). Także w technice odprowadzania ciepła ewolucja jest duża: od chłodzenia naturalnego, poprzez wymuszone chłodzenie powietrzem, a w maszynach specjalnych chłodzenie wodne, w generatorach dużej mocy chłodzenie wodorowe i chłodzenie wodne bezpośrednio miedzi.

Jak dotychczas nie zanotowano postępu w zakresie materiałów przewodzących prąd. Do dnia dzisiejszego jako materiał przewodzący używana jest miedź, rzadziej aluminium. Dotychczasowe osiągnięcia inżynierii materiałowej w zakresie materiałów nadprzewodzących nie są zadowalające. Materiały nadprzewodnikowe w temperaturze ciekłego azotu nie mogą być powszechnie wykorzystywane w konstrukcji przetworników elektromechanicznych i transformatorów. Problematyka ta czeka na rozwiązanie. Obecnie różne rodzaje maszyn elektrycznych są produkowane w zakresie mocy znamionowej od 10–6 W do 109 W. Podobna skala mocy nie jest spotykana w innych urządzeniach technicznych. W zakresie prędkości obrotowej maszyny elektryczne budowane są od ułamka obrotów na minutę do 300 000 obr./min.

## 5. Przemysł maszyn elektrycznych w Polsce

Przemysł elektromaszynowy w Polsce był organizowany w latach 20. XX wieku. Z inicjatywy inż. Zygmunta Okoniewskiego w 1921 roku zostały utworzone Polskie Zakłady Elektryczne Brown Boveri SA. W tym samym roku poczyniono przygotowania do uruchomienia fabryki maszyn elektrycznych w Żychlinie, w której w 1923 roku podjęto produkcję silników indukcyjnych. Fabryka ta dzięki inżynierowi Zygmuntowi Gogolewskiemu szybko rozwinęła produkcję. W 1928 roku fabryka produkowała silniki indukcyjne o mocy do kilkuset kW, maszyny prądu stałego do kilkudziesięciu kW, między innymi do napędu tramwajów, prądnice synchroniczne o prędkości obrotowej 125–250 obr./min

i mocy do kilkuset kW oraz transformatory olejowe o mocy do 300 kVA. Światowy kryzys gospodarczy zahamował rozwój fabryki i w 1931 roku doprowadził do jej bankructwa. Pod koniec 1932 roku nastąpiło porozumienie między firmą Rohn-Zieliński i Spółka SA w Warszawie z koncernem Brown Boveri SA w Baden, w wyniku którego powstała nowa firma: Zakłady Elektromechaniczne Rohn-Zieliński, Spółka Akcyjna, Licencja Brown Boveri. W skład tej firmy weszły fabryki w Żychlinie i w Cieszynie. Firmą tą rządził trzyosobowy dyrektoriat, którego przewodniczącym był inż. Stanisław Skibiński, a w skład jego wchodził: inż. Zygmunt Gogolewski (dyrektor ds. technicznych) i Karol Tomanek (dyrektor ds. handlowych). Firma ta w okresie przedwojennym zanotowała bardzo duże osiągnięcia techniczne i ekonomiczne. Fabryka w Żychlinie produkowała: transformatory o mocy do 25 MVA i napięciu do 150 kV (transformatory te jeszcze w latach 90. XX wieku pracowały w Elektrowni Rożnów), maszyny prądu stałego (silniki, prądnice, między innymi do łodzi podwodnych), silniki indukcyjne średniej mocy. Na rysunku 37 jest przedstawiona przetwornica elektromaszynowa złożona z silnika synchronicznego i dwóch prądnic prądu stałego. Prądnice tego typu były stosowane na łodziach podwodnych. Fabryka w Cieszynie specjalizowała się w produkcji silników indukcyjnych mniejszej mocy. Sukces ekonomiczny firmy ilustruje dochód, który w 1933 roku wynosił 4831 zł, a w 1938 roku wynosił 794 213 zł. Po zakończeniu drugiej wojny światowej nastąpił bardzo dynamiczny rozwój przemysłu elektromaszynowego w Polsce. Duże zasługi miał tu Zygmunt Gogolewski, który w 1945 roku zorganizował Zjednoczenie Przemysłu Maszyn Elektrycznych w Katowicach i został jego dyrektorem technicznym. Funkcję tę pełnił do 1949 roku. Podjął się zadania odbudowy i rozbudowy przemysłu maszyn elektrycznych, opracował trzyletni plan odbudowy i produkcji przemysłu maszyn elektrycznych i transformatorów.

Produkcja maszyn elektrycznych została podjęta w fabrykach: w Żychlinie – EMIT i w Cieszynie – CELMA.

Zbudowano nowe fabryki maszyn elektrycznych: w Bielsku – INDUKTA, w Katowicach – KOMEL, w Brzegu – BESEL, w Tarnowie – TAMEL, we Wrocławiu – DOLMEL, materiałów izolacyjnych ERG w Gliwicach. Wybudowano fabryki transformatorów: w Mikołowie – MEFTA i w Łodzi – ELTA. W latach następnych wybudowano fabryki: w Poznaniu – WIEFAMEL, w Warszawie – WAMEL, we Wrześni – MIKROMA i w Sosnowcu – SILMA (podane skróty nazw fabryk pochodzą z lat 70. i 80. XX w.). Po przeniesieniu Zjednoczenia do Warszawy Zygmunt Gogolewski zorganizował, w 1949 roku, Centralne Biuro Projektów Maszyn Elektrycznych (CBKME) i przez trzy lata był jego dyrektorem, a równocześnie był profesorem Politechniki Śląskiej. Przemysł maszyn elektrycznych i transformatorów od początku nastawiony był na pełne zabezpieczenie potrzeb krajowych i na produkcję eksportową, w tym także na rynek zachodnioeuropejski i amerykański. Konkurencja tych rynków wymuszała stały rozwój konstrukcji, unowocześnianie technologii i utrzymanie wysokiej jakości. Było to możliwe dzięki jednostkom naukowo-badawczym: Instytutowi Elektrotechniki w Warszawie i Branżowemu Ośrodkowi Badawczo-Rozwojowemu KOMEL w Katowicach (dawniej CBKME, a obecnie Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL). Instytuty te projektowały nowe serie maszyn elektrycznych i wdrażały je do produkcji w fabrykach. Badania naukowe prowadziły też katedry maszyn elektrycznych w politechnikach. Reformę ustrojową w Polsce w latach 1989–1990 przemysł maszyn elektrycznych odczuł dużym spadkiem zapotrzebowania na jego wyroby w Polsce, w Związku Radzieckim i jego krajach satelickich. Produkcja w fabrykach spadła znacznie (od 20 do 50%), lecz żadna z fabryk produkujących silniki indukcyjne i transformatory nie upadła. Stało się to dlatego, że standard produkowanych maszyn elektrycznych i transformatorów był wysoki, a to zapewniło ich sprzedaż w krajach Europy Zachodniej i w Ameryce Północnej. Dobry poziom produkcyjny tych fabryk spowodował, że zostały one sprywatyzowane w pierwszej kolejności,



Rys. 37. Przetwornica elektromaszynowa wyprodukowana w fabryce w Żychlinie w okresie międzywojennym (zdjęcie autora)

wykupiły je firmy zagraniczne. Niestety zanotowano także przypadek, że koncern, który kupił jedną z najlepszych polskich fabryk DOLMEL, zlikwidował produkcję silników dużej mocy: indukcyjnych, synchronicznych i prądu stałego.

## 6. Podsumowanie

W 1834 roku Jacobi przedstawił pierwszy silnik elektryczny i był to początek rozwoju konstrukcji, teorii i technologii maszyn elektrycznych. Oczywiście Jacobi korzystał z już odkrytych i znanych praw elektrotechniki. Począwszy od 1834 roku wielu inżynierów i konstruktorów zajmowało się konstrukcją nowych rozwiązań maszyn elektrycznych. W opisie ograniczono się tylko do tych badaczy, którzy wnieśli znaczący wkład w rozwój konstrukcji i teorii maszyn elektrycznych. Polska w XIX wieku była pod zaborami. Ziemia nasza dla wszystkich zaborców była peryferyjna, co nie sprzyjało rozwojowi firm elektrotechnicznych na tych ziemiach, stąd nie odnotowano wkładu Polaków w odkrycia elektrotechniki i rozwój maszyn elektrycznych w XIX wieku. Jedynie Doliwo-Dobrowolski, Polak z pochodzenia (studia ukończył w Niemczech i w Niemczech pracował), wszedł do historii jako jeden z pionierów rozwoju konstrukcji maszyn elektrycznych i twórca trójfazowego systemu elektroenergetycznego. Rozwój przemysłu

maszyn elektrycznych i transformatorów w Polsce rozpoczął się w 1921 roku, a więc dopiero po uzyskaniu pełnej niepodległości, a znacząco rozwinął się po 1945 roku. Rozwój ten całkowicie bazował na rozwiązaniach polskich inżynierów pracujących w fabrykach, politechnikach i ośrodkach badawczych i tak jest w dalszym ciągu. Standard tych maszyn jest światowy. Wszystkie fabryki maszyn elektrycznych zostały sprywatyzowane i wykupione przez firmy zagraniczne.

## Literatura

- [1] AMPER A.: *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*.
- [2] ARNOLD E.: *Die Wechselstromtechnik*, 5 Bände, PPN: 011367415.
- [3] ARNOLD E.: *Die Ankerwicklungen und Ankerkonstruktionen der Gleichstrom-Dynamomaschinen*, 1896, PPN: 084033991.
- [4] ARNOLD E.: *Die Wechselstromtechnik*, 5 Bände, PPN: 011367415.
- [5] ARNOLD E., LA COUR J.L.: *Die Gleichstrom-maschine: Theorie, Konstruktion, Berechnung, Untersuchung u. Arbeitweise derselben*, 1903, 2 Bände, PPN: 011375566.
- [6] ARNOLD E., LA COUR J.L.: *Die Kommutation bei Gleichstrom- und Wechselstrom- Kommutatormaschinen*, 1906 (Sammlung elektrotechnischer Vorträge Band 9), PPN: 096728957.
- [7] CLARKE E.: *Circuit Analysis of A.C. Power Systems*, Vol. 1, 2, New York, 1943, 1952.
- [8] COULOMB CH.A.: *Quatrième mémoire sur l'électricité. Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1786, s. 67–77.
- [9] COULOMB CH.A.: *Second mémoire sur l'électricité et le magnétisme. Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1785, s. 578–611.
- [10] COULOMB CH.A.: *Septième mémoire sur l'électricité et le magnétisme. Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1789, s. 455–505.
- [11] FARADAY M.: *Experimental Researches in Electricity*, Richard Taylor and William Francis, 1855.
- [12] FORTESCUE L.: *Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks*, AIEE, Vol. 37, 1918.
- [13] GIERLOTKA S.: *Historia elektrotechniki*, Śląsk Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2012.
- [14] GILBERT W.: *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure*, 1600.
- [15] GLINKA T.: *Historia rozwoju maszyn elektrycznych*, „Maszyny Elektryczne, Zeszyty Problemowe”, ISSN 0239-3646, Nr 112, 4/2016, s. 109–120.
- [16] GUERICKE O.: *Experimenta nova*, Księga IV, w rozdziale 15 opisano zjawisko elektrostatyki, 1663.
- [17] Гусев С.А.: *Очерку по истории развития электрических машин*, Госэнергоиздат, Москва 1955.
- [18] HEYDT G.T., VENKATA S.S., BALIJEPALLI N.: *High Impact Papers in Power Engineering, 1900–1999*, Proceedings 2000 North American Power Symposium, Vol. 1, October 2000. North American Power Symposium Waterloo, Ontario. Retrieved July 18, 2015.
- [19] Jacobi's motor– The First real electric motor of 1834 r.
- [20] KRON G.: *Tensor Analysis of Networks*, New York, 1939.
- [21] KRON G.: *The Application of Tensors to the Analysis of Rotating Electrical Machinery*, Schenactady, 1942.
- [22] MOŁĘDA S.: *Michał Doliwo-Dobrowolski – 120 lat elektroenergetycznego trójfazowego systemu przesyłowego w Europie*, Elektroenergetyka – Współczesność i Rozwój, nr 3(9), Wyd. PSE Operator S.A., Gdańsk 2011, ISSN 2080-8593.
- [23] NOWAKOWSKI R.: *Wstęp do elektryki*, Wyd. ZUT w Szczecinie, 2011, ISBN 078-83- 7663-086-1.
- [24] O'CONNOR J.J., ROBERTSON F.E.: *André Ampère*, Mactutor History of Mathematics archive.
- [25] OERSTED H.CH.: *Der Geist in der Natur*, 1854.
- [26] PARK R.H.: *Two-reaction Theory of Synchronous Machines*, Trans. AIEE, Vol. 48, 1929 i Vol. 52, 1933.
- [27] PUCHAŁA A.: *Formy liniowe i kwadratowe niesymetrycznych maszyn elektrycznych*, Rozprawy z. 27, Wydawnictwo AGH, Kraków 1964.
- [28] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium, Zink und Eisen*, 1916.
- [29] RICHTER R.: *Ankerwicklungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen, Ein Lehrbuch*, 1920.
- [30] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen*, Band 1: Allgemeine Berechnungselemente. Die Gleichstrom-maschinen, 1924.
- [31] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen*, Band II: Synchronmaschinen und Einankerumformer, 1930.
- [32] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen*, Band III: Die Transformatoren, 1932.
- [33] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen*, Band IV: Die Induktionsmaschinen, 1936.
- [34] RICHTER R.: *Die in einer Läuferspule induzierte EMK bei Mehrphasenmaschinen mit Stromwender*, 1948.
- [35] RICHTER R.: *Kurzes Lehrbuch der Elektrischen Maschinen: Wirkungsweise, Berechnung, Messung*, 1949.
- [36] RICHTER R.: *Elektrische Maschinen*, Band V: Stromwendermaschinen für einphasigen und mehr phasigen Wechselstrom, Regelsätze, 1950.
- [37] RICHTER R.: *Lehrbuch der Wicklungen elektrischer Maschinen*, 1951.
- [38] ROTHERT A.: *Rzut oka na historię maszyn elektrycznych*, Czasopismo Techniczne. Rocznik XXVII, nr 4, 25 lutego 1909, s. 37–40.
- [39] TESLA N.: *A new System of Alternating Current Motors and Transformers*. American Institute of Electrical Engineers, Vol. 7, 1888 r.
- [40] TESLA N.: *Experiments with Alternate Currents of high Potential and high Frequency*, (1892), Retrieved 26 November 2010, s. 58.
- [41] VOLTA A.: *Epistolario*, Vol. 5, Zanichelli 1955.
- [42] Веселовский О.Н.В., Шнейберг Я.А.: *Очерки по истории электротехники*. Госэнергоиздат, Москва 1955.

Fragment pochodzi z książki:  
*Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*, Tadeusz Glinka  
 Wydawnictwo Naukowe PWN,  
 Warszawa 2018

# Propagacja fal elektromagnetycznych w układach zamkniętych

Agnieszka Choroszucho, Jakub Tymiński, Damian Orzechowski, Gabriela Druć

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono analizę wpływu konstrukcji pomieszczenia na rozkład pola elektromagnetycznego. Tego typu analiza jest konieczna w przypadku stosowania komunikacji bezprzewodowej, która jest nieodłączną częścią inteligentnych budynków. Rozpatrzono konstrukcję ze zbrojeniem i bez zbrojenia. Uwzględniono zmienność średnicy zbrojenia w ścianie w celu sprawdzenia deformacji pola elektromagnetycznego. Uwzględniono materiał jednorodny (beton) oraz złożony (beton wraz ze zbrojeniem). W celu wykonania analizy numerycznej zastosowano metodę Finite Difference Time Domain (FDTD). Analiza dotyczyła częstotliwości stosowanej w sieciach bezprzewodowych (Wi-Fi). Wyniki dowodzą, że przy podejściu makroskopowym ściany wykonane z materiału jednorodnego w prze-

widywalny sposób obniżają jakość sygnału i skutkują równomiernym rozkładem pola elektromagnetycznego. Natomiast materiał niejednorodny (żelbet) może powodować zaniki sygnału lub też lokalnie wzmacniać wartości pola. Struktury niejednorodne wymagają wielowariantowej analizy ze względu na złożoność i różnorodność parametrów materiałowych. Celem niniejszej pracy jest dokładniejsze zrozumienie zachodzących zjawisk polowych wewnątrz złożonych materiałów budowlanych. Otrzymane wyniki mogą stanowić źródło wiedzy przy ocenie problemów związanych z komunikacją bezprzewodową.

Słowa kluczowe: materiały budowlane, komunikacja bezprzewodowa, propagacja fali elektromagnetycznej, metoda różnic skończonych w dziedzinie czasu (FDTD)

## PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES IN CLOSED SYSTEMS

**Abstract:** The article presents an analysis of the influence of the room structure on the distribution of the electromagnetic field. This type of analysis is necessary in the case of using wireless communication, which is an inseparable part of intelligent buildings. Structures with and without reinforcement were considered. The variation of the wall reinforcement diameter was taken into account in order to check the deformation of the electromagnetic field. The homogeneous material (concrete) and composite material (concrete with reinforcement) were taken into account. In order to perform the numerical analysis, the Finite Difference Time Domain (FDTD) method was used. The analysis concerned the frequency used in wireless networks (Wi-Fi). The results show that with the macroscopic approach, walls made of

homogeneous material predictably reduce the quality of the signal and result in an even distribution of the electromagnetic field. On the other hand, heterogeneous material (reinforced concrete) may cause signal fading or amplify the field values locally. Heterogeneous structures require multivariate analysis due to the complexity and variety of material parameters. The aim of this work is to better understand the field phenomena taking place inside complex building materials. The obtained results can be a source of knowledge for the assessment of problems related to wireless communication.

Keywords: building materials, wireless communications systems, electromagnetic wave propagation, finite difference time domain method (FDTD)

## Wstęp

Szybki rozwój systemów radiokomunikacji narzuca zastosowanie fal elektromagnetycznych o coraz wyższych częstotliwościach. Zastosowanie ich m.in. w radiolokacji, radiokomunikacji oraz łączności satelitarnej powoduje, iż liczba nadajników wzrasta wykładniczo. Przy większych częstotliwościach rozwój jest szybszy w związku z wprowadzeniem łączności bezprzewodowej. Analiza propagacji fal w zakresie wielkich częstotliwości wiąże się z koniecznością badania zjawisk związanych z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego i materiałów o różnych właściwościach [2, 3, 4, 6]. Stosowanie nowoczesnych systemów komunikacji bezprzewodowej wymaga uwzględnienia efektów, które mogą pogarszać zakładaną jakość transmisji danych. Zjawiska takie, jak: dyfrakcja czy interferencja, są tematem licznych

badania mających na celu jak najdokładniejsze określenie rozkładu natężenia pola w rozpatrywanych układach. Analiza pól występujących w systemach komunikacji bezprzewodowej wymaga również rozpatrzenia efektów związanych z wielokrotnymi odbiciami, ugięciami i tłumieniem fali na obszarach o zróżnicowanej zabudowie. Wskazane zjawiska są bezpośrednim efektem rozchodzenia się fal w strukturach zawierających elementy metalowe i zbudowane z niedoskonałych dielektryków. Występują w nich złożone układy, zawierające struktury periodyczne oraz elementy nietypowe, pojedyncze, o szczególnych właściwościach materiałowych i nietypowej geometrii. Wówczas należy uwzględnić odporność bezprzewodowego kanału transmisyjnego na zakłócenia, zjawiska nakładania się fal od

sąsiednich stacji bazowych, opóźnienia sygnałów, czasowe zmiany w tłumieniu i zaniki sygnału. Część czynników ma charakter losowy, związany ze zmianą warunków propagacji fal. Jednak konstrukcja odpornych, pewnych sieci komunikacji bezprzewodowej wymusza już na etapie projektowania systemu uwzględnienie znanych czynników wpływających na rozkład pola (m.in. geometria i konstrukcja budynków, złożone struktury materiałowe występujące na drodze między nadajnikiem a stacją bazową). Wskazane problemy są szczególnie widoczne w przypadku sieci bezprzewodowych o małym zasięgu (Wi-Fi), stosowanych w budynkach. Uwzględnienie konstrukcji nowych, jak też już istniejących budynków ma znaczenie przy projektowaniu rozmieszczenia stacji.

W nowoczesnym budownictwie stosowany jest szereg inteligentnych urządzeń. Mogą one odpowiadać za sterowanie pracą rolet, bram garażowych czy też regulację oświetlenia, temperatury i wentylacji. Również praca urządzeń RTV i AGD może być sprzężona z systemem zarządzającym budynkiem i przez to dostosowana do potrzeb jego mieszkańców. Urządzenia te mogą pracować samoczynnie, bazując na zapisanych odpowiednio preferencjach, lub też być korygowane indywidualnie i w zależności od najbardziej aktualnych potrzeb. W chwili obecnej technologia inteligentnego budynku umożliwia odbieranie wielu różnych rodzajów sygnałów. Czujniki zamontowane w odpowiednich miejscach w budynku pozwalają reagować na zmieniające się warunki i dynamicznie dostosowywać do zaistniałych sytuacji.

*Smart home* to budynek, który jest na bardzo wysokim poziomie technicznym, a do jego budowy wykorzystywano zaawansowane technologie. Każdy inteligentny budynek powinien posiadać rozbudowany system zarządzania, czujników itp. Ma to służyć bezpieczeństwu, komfortowi i zminimalizowaniu kosztów. Każdy budynek inteligentny ma trzy podstawowe grupy systemów, które muszą współpracować ze sobą. Można je podzielić na:

- systemy zapewnienia bezpieczeństwa w obiekcie;
- systemy monitorowania i sterowania instalacjami technicznymi budynku;
- system teleinformatyczny.

Systemy oraz procesy automatyki i zarządzanie budynkami stały się koniecznością, dlatego wymagają określonych norm i standardów. Tematyka normalizacyjna obejmująca zagadnienia związane z projektowaniem, wykonaniem, konserwacją i funkcjonowaniem inteligentnego budynku jest bardzo różnorodna. Dotyczy takich dziedzin, jak: budownictwo, ochrona zdrowia i życia ludzi oraz środowiska, w tym bezpieczeństwo



Rys. 1. Inteligentny budynek i system sterowania m.in. za pomocą Wi-Fi [3]

pożarowe, telekomunikacja, informatyka, energetyka, automatyka, transmisja danych w systemach sterowania, elektronika, ochrona mienia.

W połączeniach stosuje się m.in. sieci bezprzewodowe Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). Taka technologia pozwala m.in. na przesyłanie danych, wspólne użytkowanie jednego szerokopasmowego połączenia, łączenie się z serwerem bez konieczności instalowania kabli. Obliczenia rozkładu pola w obszarach zurbanizowanych są ważnym elementem wpływającym na jakość transmisji danych, a tym samym na system sterowania budynkiem.

Celem badań jest ocena rozkładu pola elektromagnetycznego w konstrukcjach wykonanych z betonu oraz z uwzględnieniem zbrojenia o różnych średnicach. Wyciągnięcie wniosków dotyczących optymalnego umieszczenia nadajników oraz wpływu konstrukcji budynku na emisję sygnałów w zakresie wielkich częstotliwości pozwoli w przyszłości rozwiązać problemy związane z zanikami sygnału i problemami z łącznością bezprzewodową. W pracy przedstawiono wyniki dokładnej analizy wybranych przypadków praktycznych, modelowanych na podstawie projektów technicznych. Również uwzględniono właściwości materiałowe konstrukcji.

### Model matematyczny

Do wyznaczenia rozkładu pola elektromagnetycznego w analizowanych układach wykorzystano metodę różnic skończonych (ang. *Finite Difference Time Domain*) [1, 2, 6, 9, 10]. Przy zagadnieniach trójwymiarowych, w klasycznym sformułowaniu metody, stosuje się *komórkę Yee* [1]. Ze względu na proste sformułowanie metody oraz łatwe odwzorowanie geometrii analizowanego układu jest ona szczególnie przydatna przy obliczeniach pól elektromagnetycznych zmiennych w czasie, w zakresie wielkich częstotliwości oraz sygnałów szerokopasmowych. Metoda FDTD opiera się na przekształceniu równań Maxwella

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2)$$

do postaci różnicowej. Rozkład pola w analizowanym obszarze jest obliczany przez zastosowanie metod bezpośredniego różniczkowania w czasie i przestrzeni. Stąd np. składową  $E_x$  określa się na podstawie zależności (w układzie współrzędnych prostokątnych):

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon} \left( \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) \quad (3)$$

W wyniku aproksymacji pochodnych cząstkowych otrzymuje się równanie Maxwella w postaci różnicowej. Równanie (3) przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} & \frac{E_x|_{i,j+1/2,k+1/2}^{n+1/2} - E_x|_{i,j+1/2,k+1/2}^{n-1/2}}{\Delta t} = \\ & = \frac{1}{\varepsilon} \left( \frac{H_z|_{i,j+1,k+1/2}^n - H_z|_{i,j,k+1/2}^n}{\Delta y} - \right. \\ & \left. - \frac{H_y|_{i,j+1/2,k+1}^n - H_y|_{i,j+1/2,k}^n}{\Delta z} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

która po przekształceniu pozwala wyznaczyć wartość składowej wzdłuż osi  $x$  natężenia pola elektrycznego w punkcie obserwacji  $(i, j + 1/2, k + 1/2)$  w czasie  $(n + 1/2)$  na podstawie znajomości składowych pola elektromagnetycznego w poprzedzających chwilach  $t$ , w odpowiednich punktach przestrzeni [1, 10].

Schemat różnicowy w przestrzeni jest realizowany przez właściwe rozmieszczenie wektorów natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w ramach każdej komórki. Składowe pola elektromagnetycznego są obliczane w innym punkcie przestrzeni. Wektory natężenia pola elektrycznego skojarzonego z komórką  $Yee$  są zaczepione w środkach odpowiednich krawędzi, natomiast wektory natężenia pola magnetycznego – w środkowych punktach ścian bocznych.

Całkowanie równań Maxwella w dziedzinie czasu opiera się na zastosowaniu schematu dwukrokowego (ang. *leap-frog*). Punkty czasu, w których wyznacza się rozkład pola  $EM$ , są przesunięte o  $\Delta t/2$  względem punktów, gdzie obliczane są wartości składowych wektora natężenia pola magnetycznego  $H$ . Z każdą komórką związane są parametry materiału, m.in. przewodność i przenikalność.

### Model konstrukcji i przyjęte założenia

W budownictwie stosuje się wiele materiałów o zróżnicowanych właściwościach chemicznych, fizycznych oraz

mechanicznych. Głównym materiałem konstrukcyjnym jest beton. Jednoznaczna klasyfikacja jest oparta na ocenie odporności betonu na naprężenia ściskające. Właściwości mechaniczne betonu wynikają z zastosowanego rodzaju cementu, kruszyw naturalnych i mieszanych oraz rodzaju wody. Wskazane czynniki mają również wpływ na właściwości elektryczne elementów budynków i w efekcie na rozkład pola elektromagnetycznego. Zmiana składu i struktury betonu określa stopień niedoskonałości dielektryka i wprowadza materiał jako niedoskonały przewodnik.

W konstrukcjach budowlanych podatnych na naprężenia rozciągające wprowadza się dodatkowo zbrojenie w postaci prętów ze stali. Struktura zbrojenia zależy m.in. od założeń konstrukcyjnych, środowiska oraz rodzaju betonu. Nominalna średnica prętów wynosi 5,5–40 mm. W celu polepszenia właściwości wytrzymałościowych konstrukcji stosuje się haki i pętle kotwiące, biegnące prostopadle do kierunku prętów. Montaż zbrojenia oraz odstępy między prętami zbrojeniowymi są ściśle określone dla odpowiednich elementów konstrukcji [7]. Podobnie jest dla prefabrykatów betonowych, które są zwyczajowo produkowane jako stropy, ponieważ ściany oraz słupy są wykonywane na miejscu budowy wg projektów konstrukcyjnych.

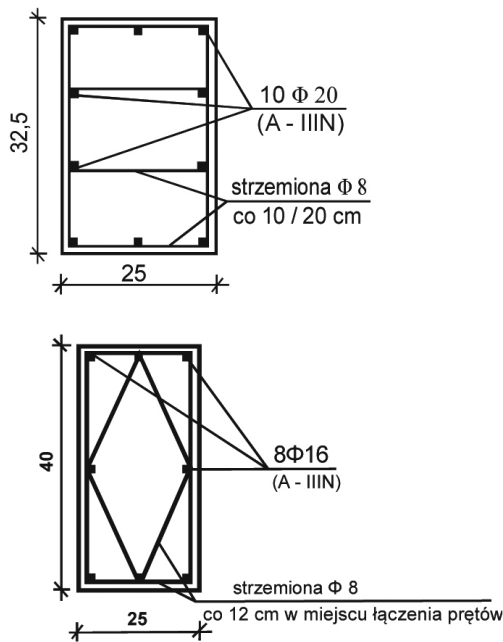
Ze względu na współpracę wkładek stalowych z betonem różni się: żelbet, siatkobeton oraz beton sprężony. W przypadku siatkobetonu odstęp między prętami zbrojenia wynosi 6–12 mm.

Zasady projektowania słupów i konstrukcji nośnych są inne dla przekrojów poziomych kwadratowych i prostokątnych oraz uzależnione od kierunku betonowania [7]. Średnice stalowych prętów mocowanych w słupach są w granicach 8–20 mm, średnio rozstawionych w odległości 20–30 mm od krawędzi zewnętrznych słupa (otulina). Rozstaw między tymi prętami jest uzależniony od wielu czynników, m.in. od schematów obliczeniowych, wysokości oraz wielkości sił i momentów obciążających słupy, co jest uwzględnione w projekcie konstrukcyjnym. Jednym z elementów słupów jest stosowanie strzemion oraz klamer kotwiących łączących pręty oraz podnoszących właściwości wytrzymałościowe konstrukcji (rys. 2) [7].

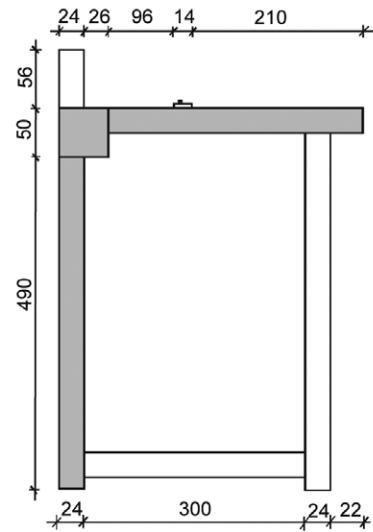
### Analiza numeryczna

Przedmiotem analizy były dwa układy opisujące dwie technologie stosowane równolegle w budownictwie: konstrukcja betonowa, jak również ze zbrojeniem w ścianach nośnych (górnej i lewej) oraz w słupie (rys. 3). W celu porównania wpływu zbrojenia na rozkład pola elektromagnetycznego wykonano trzy modele. Pierwszy analizowany model (Model\_1) wykonano z konstrukcji betonowych bez żadnego zbrojenia według rzeczywistego projektu.

W celu porównania rozkładu pola elektromagnetycznego z uwzględnieniem odbić od słupa oraz prętów w ścianie górnej i lewej zaprojektowano Model\_2, gdzie górny element został zamodelowany w następujący sposób: 4 pręty biegnące wzdłuż o  $\Phi = 8$  mm i o wartością otuliny 20 mm z rozstawem równym 200 mm oraz dwa rzędy po 16 prętów pionowych o  $\Phi = 8$  po obu stronach ściany i z rozstawem co 200 mm i otuliną 20 mm (wliczając początkową odległość równą 40 mm) oraz dwa rzędy



Rys. 2. Przykładowe przekroje słupów i rozmieszczenie zbrojenia



Rys. 3. Geometria analizowanego pomieszczenia (miejsce zacieniowane to elementy ze zbrojeniem)

klamer spinających po 16 prętów poziomych o  $\Phi = 8$  łączących pręty pionowe na wysokości 200 i 400 mm z rozstawem co 200 mm (rys. 4).

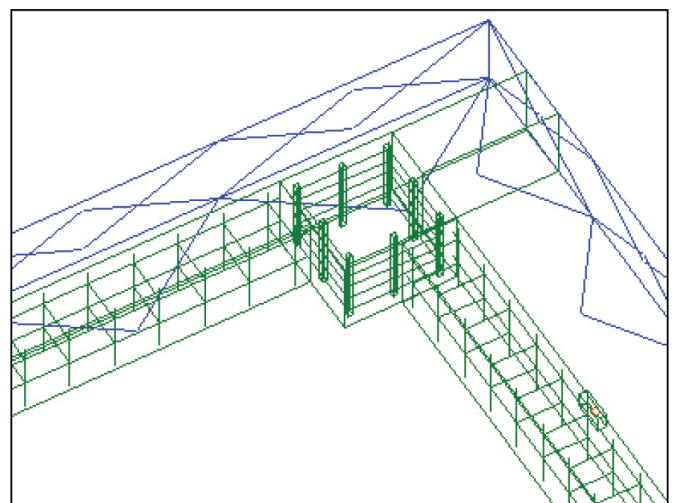
Kolejny element zbrojony to ściana lewa: 4 pręty biegnące wzdłuż ściany o  $\Phi = 8$  mm, o grubości betonu od zewnętrznej krawędzi do zbrojenia 20 mm, z rozstawem równym 200 mm, dwa rzędy po 25 prętów pionowych o  $\Phi = 8$  po obu stronach ściany, z rozstawem co 200 mm i otuliną 20 mm (wliczając początkową odległość równą 40 mm), dwa rzędy klamer spinających po 25 prętów poziomych o  $\Phi = 8$  łączących pręty pionowe na takiej samej wysokości i z rozstawem takim samym, co ściana górna (rys. 4).

Obliczenia metodą FDTD wymagają zachowania tzw. warunku Couranta (4), określającego zależność między krokiem czasowym a wielkością oczka [1, 9, 10]:

$$\max(\Delta x, \Delta y, \Delta z) \leq \lambda / 10 \quad (5)$$

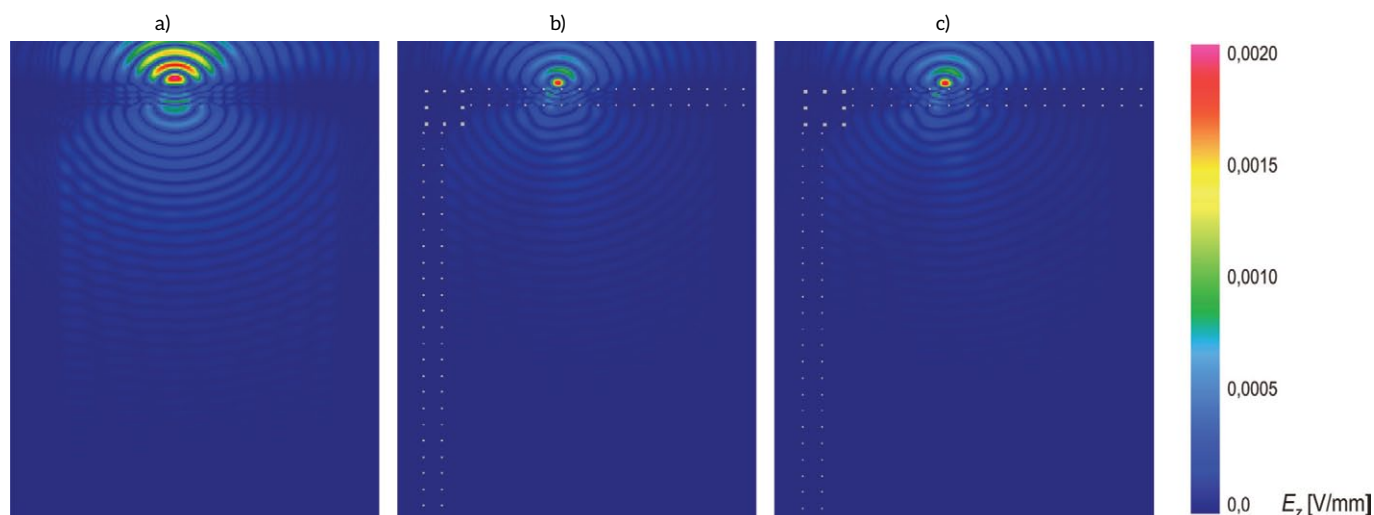
gdzie  $\lambda$  to długość fali.

W analizowanych układach źródłem pola był dipol generujący falę harmoniczną. Przyjęto siatkę złożoną z elementów sześciennych  $10 \times 10 \times 10$  mm i w związku z tym układ był stabilny ze względu na spełnienie warunku Couranta. Ze względu na nieskończoną liczbę komórek Yee niemożliwe jest analizowanie pola w nieograniczonym obszarze. Z tego powodu w rozwiązywaniu zewnętrznych zagadnień brzegowych niezbędne jest ograniczenie obszaru analizy warunkami brzegowymi. W tym celu najczęściej wykorzystuje się warunki absorpcyjne i warunek brzegowy PML (ang. *Perfectly Matched Layer*) zaproponowany przez Berengera [9]. Aby obszar nie był nieskończony



Rys. 4. Fragment zaprojektowanego zbrojenia

i uwzględniał powietrze, jako zewnętrzne środowisko zastosowano warunki Mura pierwszego rzędu [1]. W prowadzonych obliczeniach analizowano wyłącznie wpływ zastosowanego materiału budowlanego, jak i zbrojenia w ścianach na rozkład pola w danym pomieszczeniu. Elementy zbrojenia, których średnica jest większa bądź równa  $\Delta x$ , modelowano jako elementy objętościowe z przypisaniem parametrów metalu dla danej komórki Yee [6]. W pozostałych przypadkach zastosowano tzw. *thin wire* o średnicy wynikającej z projektu konstrukcyjnego. Wszystkim ścianom oraz słupowi przypisano dane materiałowe standardowego betonu o parametrach:  $\epsilon_r = 5$ ,  $\mu_r = 1$ ,  $\sigma = 0,04$  S/m. Na zewnątrz ściany górnej zamodelowano



Rys. 5. Rozkład pola EM wewnątrz układu: a) bez zbrojenia (Model\_1); b) ze zbrojeniem  $\Phi = 8$  mm (Model\_2); c) ze zbrojeniem  $\Phi = 12$  mm (Model\_3)

prostopadłościom o parametrach dielektryka:  $\epsilon_r = 2,2$ ,  $\mu_r = 1$  oraz wysokości 100 mm, na którym umieszczono nadajnik wysyłający sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1,8 GHz oraz amplitudzie wynoszącej 1 i opóźnieniu równym  $\tau = 0,0$  ns (4). We wszystkich modelach metal był materiałem na pręty.

$$E(t) = A \cdot \sin(\omega(t - \tau)) \cdot \vec{1}(t - \tau) \cdot \vec{1}_z \quad (6)$$

W przeprowadzonym modelowaniu i analizowaniu wykorzystano pakiet do obliczeń polowych QuickWave 3D Editor V1.8. Analizę i rozkład pola obliczono przy zastosowaniu QuickWave Simulator.

### Wyniki analizy

Przeprowadzono porównanie rozkładu natężenia pola EM dla tego samego kroku. Na rys. 5a pokazano wyniki rozkładu pola elektromagnetycznego wewnątrz analizowanego układu wykonanego z konstrukcji betonowych. Zauważono, że warstwa betonu wpływa na rozkład natężenia pola po przejściu przez inny ośrodek, ale nie zachodzi zmiana w jednorodności fali, tak jak jest to widoczne w modelach ze zbrojeniem. Znacznie maleje wartość w obrębie konstrukcji, która tłumi falę. Widoczne są załamania fali, jak i odbicia od ścian, które powodują nierównomierny rozkład pola w badanym obszarze. Powstające zmiany w przechodzeniu fali na styku ze słupem nasilają dalsze odbicia od ściany lewej, powodując zmniejszenie sygnału na dość często pojawiających się liniach przesuniętych w prawo (skutek wielu odbić).

Porównanie rozkładu pola EM wewnątrz układu o takich samych wymiarach, ale z zastosowaniem zbrojenia o średnicy  $\Phi = 8$  mm w słupie oraz ścianie lewej i górnej, zostało przedstawione na rys. 5b i 5c. Zauważalne zmiany to liczne strefy cienia i interferencje za siatką utworzoną z metalowych prętów. Powoduje to znaczne załamania fali z wyraźnymi odchyleniami od równomiernego rozprzestrzeniania się sygnału. Nawarstwianie się licznych odbić pogarsza rozkład pola, który dopiero

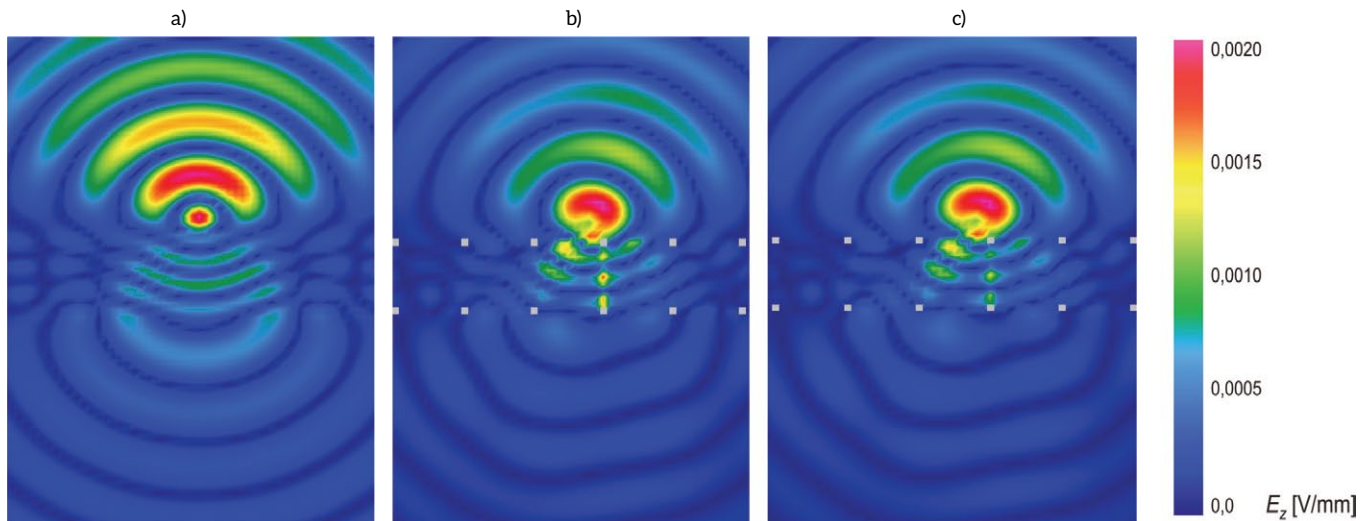
w odległości 4 m jest zbliżony do rozkładu z zastosowaniem samego betonu bez zbrojenia. Można zauważyć brak sygnału za prętami będącymi w linii prostej do rozchodzenia się fali. W przypadku porównania z układem ze zbrojeniem w ścianach o średnicy  $\Phi = 12$  mm załamania fali potęgują się i tworzą liczne pasma o niskiej wartości natężenia pola.

Zbliżenia obszaru w pobliżu nadajnika zostały przedstawione na rys. 6. Zauważalne zmiany to wyraźne załamania na granicy ośrodków beton – powietrze z następstwem osłabienia sygnału. W przekroju poziomym na wysokości zamodelowanego zbrojenia poziomego można dostrzec zmiany spowodowane odbiciami od metalowych prętów, które nie przepuszczają sygnału. Dla zbrojenia  $\Phi = 8$  mm wartości natężenia pola są większe w całym analizowanym obszarze niż dla  $\Phi = 12$  mm. Podobnie jest ze zmianą jednorodności fali. Jak można zaobserwować, różnica ośrodków z zastosowaniem zbrojenia nie wpływa korzystnie na rozkład pola, ponieważ następuje znaczne obniżenie wartości pola, co w pewnym stopniu przypomina zjawisko związane z klatką Faradaya.

### Podsumowanie

W ośrodkach materialnych prędkość fali elektromagnetycznej jest zawsze mniejsza i zależy od rodzaju ośrodka oraz od częstotliwości fali. W ośrodkach materialnych część energii fali jest tracona i ulega zamianie na energię wewnętrzną ciała. Na skutek absorpcji fala ulega stopniowemu osłabianiu, a stopień osłabienia zależy od własności ośrodka, grubości warstwy, przez którą przechodzi fala, oraz od częstotliwości fali. Fala może w niektórych ośrodkach doznać osłabienia wskutek innego procesu, jakim są np. odbicia od zbrojenia wewnątrz betonowych konstrukcji. Niewielkie niejednorodności ośrodka zakłócają prostoliniowy bieg i część fali ulega rozproszeniu praktycznie we wszystkich kierunkach (dotyczy to zwłaszcza fal długich). Zjawisko rozpraszania jest zależne od stosunku chropowatości powierzchni do długości fali. Im dłuższa fala oraz bardziej gładka powierzchnia, tym rozpraszanie jest słabsze.





Rys. 6. Fragment rozkładu pola EM wewnątrz rozpatrywanych modeli: a) bez zbrojenia (Model\_1); b) ze zbrojeniem  $\Phi = 8$  mm (Model\_2); c) ze zbrojeniem  $\Phi = 12$  mm (Model\_3)

Przy pobudzeniu sinusoidalnym metoda FDTD obrazowo przedstawia procesy falowe występujące w obwodzie dla sygnałów szerokopasmowych. Stosowanie prostopadłościennych komórek prowadzi do błędów spowodowanych koniecznością modelowania zakrzywionych powierzchni za pomocą powierzchni schodkowych. W większości stosowanych konstrukcji ten problem jest pomijany ze względu na kąty proste stosowane w budownictwie przemysłowym. Zmniejszenie rozmiarów komórek powoduje obniżenie wartości błędu, ale jest związane ze zwiększeniem mocy komputerów. Zminimalizowanie tego błędu jest możliwe również dzięki zmianie kształtu komórek elementarnych, tak jak w Metodzie Elementów Skończonych (MES), lub otrzymanie rozwiązania w postaci ciągłej, które zapewnia Metoda Elementów Brzegowych (MEB).

Z generacją i emitowaniem większych poziomów mocy wiąże się wiele problemów. Analiza dużych układów wymaga zastanowienia się nad zastosowaniem w przyszłości homogenizacji konstrukcji pod względem danych materiałowych w celu np. zmniejszenia kosztów obliczeń związanych ze zmniejszeniem siatki i otrzymaniem dokładniejszych wyników. Wyniki dowodzą, iż montaż nadajników na ścianach bez zbrojenia znacznie poprawia rozkład pola, ponieważ nie ma negatywnych efektów związanych z odbiciami fal od metalowych prętów i rozkład jest równomierny.

Dalsze badania będą dotyczyły wpływu rozmiaru i architektury pomieszczeń na rozkład pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez nadajnik. Zostaną porównane zmiany wynikające z wysokości badanego obszaru. Jednocześnie badania będą dotyczyły propagacji fal wewnątrz konstrukcji wykonanych z różnych materiałów oraz o różnych grubościach osrodków, przez które przechodzi fala elektromagnetyczna.

## Literatura

[1] TAFLOVE A., HAGNESS S.C.: *Computational Electrodynamics: The finite - difference time - domain method*. Boston, Artech House, 2005.

[2] CUIÑAS I., GARCÍA SÁNCHEZ M.: *Permittivity and Conductivity Measurements of Building Materials at 5,8 GHz and 41,5 GHz*. *Wireless Personal Communications: An International Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 93–100, 2002.

[3] <http://elektroonline.pl/a/7710,Inteligentny-dom-i-mieszkanie,> *Elektrotechnika*

[4] DUNTEMANN J.: *Przewodnik po sieciach Wi-Fi*. Nakom, Poznań 2006.

[5] <https://botland.com.pl/blog/inteligentny-budynek-nowoczesny-dom-dla-ciebie-i-twojej-rodziny/>

[6] CHOROSZUCHO A., BUTRYŁO B.: *Numeryczna analiza wpływu parametrów elektrycznych ścian wykonanych z betonu na wartości natężenia pola elektrycznego*. „Przegląd Elektrotechniczny”, 89, nr 12, pp. 161–164, 2013.

[7] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

[8] BERENGER J.P.: *A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic Wave*, *J. Comput. Phys.*, vol. 114, 2, pp. 185–200, 1994.

[9] SADIKU M.N.O.: *Numerical techniques in electromagnetics*. CRS Press LLC. 2nd edition, 2001.

[10] ELSHERBENI A.Z., DEMIR V.: *The Finite-Difference Time-Domain Method for Electromagnetics with MATLAB Simulations*. SciTech Publishing, Inc, USA, 2009.

dr inż. Agnieszka Choroszucho, e-mail: a.choroszucho@pb.edu.pl  
 Jakub Tymiński, e-mail: jakubtyminskimail@gmail.com  
 Damian Orzechowski, e-mail: damian.orzechowsky@outlook.com  
 Gabriela Druć, e-mail: gabriela.druc2d@gmail.com  
 Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny

# Zestawienie firm

## automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Napędy</b>	
<b>Cantoni Group</b> ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn	tel. 33 813 87 00 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com  Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 6000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl  Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów	tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl  Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<b>COMPARTA Zajdel Sp. z o.o.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl  Oferuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• switche przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC - PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER;</li> <li>• zdalny dostęp SECOMEA - najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych.</li> </ul> Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL.
<b>Endress+Hauser Polska sp. z o.o.</b> Wołowska 11 51-116 Wrocław	tel. 71 773 00 00 e-mail: info.pl@endress.com  Endress+Hauser to światowy lider w obszarze aparatury pomiarowej, usług i rozwiązań automatyki przemysłowej. Produkujemy układy do pomiaru przepływu, poziomu, ciśnienia, temperatury, analizy cieczy i gazów oraz rejestracji danych. Optymalizujemy procesy produkcyjne pod kątem wzrostu wydajności, bezpieczeństwa i redukcji wpływu na środowisko.
<b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Siwka 11 31-588 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolaska.pl www.fatek.pl  Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek. Oferujemy kompleksowe wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, doboru komponentów oraz pełnego wsparcia dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia.
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com  Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.

Automatyka przemysłowa (cd.)		
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: <a href="mailto:krakow@multiprojekt.pl">krakow@multiprojekt.pl</a> <a href="http://www.multiprojekt.pl">www.multiprojekt.pl</a>	Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Złoty Potok 10/16 02-699 Warszawa	tel. 22 855 18 30 e-mail: <a href="mailto:nbc@nbc-el.pl">nbc@nbc-el.pl</a> <a href="http://www.nbc-el.pl">www.nbc-el.pl</a>	Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwigów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.
<b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów	tel. 14 63 23 400 e-mail: <a href="mailto:tarnow@skamer.pl">tarnow@skamer.pl</a> <a href="http://www.skamer.pl">www.skamer.pl</a>	SKAMER-ACM to sprawdzony partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie systemów automatyki przemysłowej; programowanie przemysłowych systemów sterownikowych; tworzenie systemów monitoringu i wizualizacji mediów energetycznych, procesów przemysłowych i efektywności produkcji; prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni; montaż, rozruch i serwis instalacji AKPiA; sprzedaż urządzeń i systemów branży AKPiA.
<b>TWT AUTOMATYKA</b> ul. Waflowa 1 02-971 Warszawa	tel./fax 22 648 20 89 e-mail: <a href="mailto:twt@twt.com.pl">twt@twt.com.pl</a> <a href="http://www.twt.com.pl">www.twt.com.pl</a>	TWT to polski producent indukcyjnych czujników zbliżeniowych i czujników optycznych, obecny na rynku od 1999 r. Nasze wyroby charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technicznego, dużą niezawodnością i wytrzymałością. Zapraszamy na naszą stronę <a href="http://www.twt.com.pl">www.twt.com.pl</a> i do sklepu internetowego.
Energoelektronika		
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: <a href="mailto:finder.pl@findernet.com">finder.pl@findernet.com</a> <a href="http://www.findernet.com">www.findernet.com</a>	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.
Aparatura kontrolno-pomiarowa		
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: <a href="mailto:finder.pl@findernet.com">finder.pl@findernet.com</a> <a href="http://www.findernet.com">www.findernet.com</a>	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.
Systemy zasilające		
<b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady	tel. 61 865 94 07 e-mail: <a href="mailto:finder.pl@findernet.com">finder.pl@findernet.com</a> <a href="http://www.findernet.com">www.findernet.com</a>	Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.

<b>Układy zabezpieczeń</b>		
<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.</p>
<b>Robotyka</b>		
<p><b>CoRobotics</b> ul. Zwoleńska 102 D 04-761 Warszawa</p>	<p>tel. 22 299 00 80 e-mail: biuro@corobotics.pl www.corobotics.pl</p>	<p>CoRobotics – polski Dystrybutor globalnych marek automatyki i robotyki: roboty przemysłowe NACHI; coboty HCR; podajniki wibracyjne ASYRIL; chwytaki i czujniki OnRobot. Z autoryzowanymi integratorami wykonujemy projekty, montaż, uruchomienia robotów, podajników, stanowisk zrobotyzowanych, maszyn, linii produkcyjnych.</p>
<b>Systemy transportowe</b>		
<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
<b>Utrzymanie ruchu</b>		
<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
<p><b>FINDER Polska Sp. z o.o.</b> ul. Logistyczna 27 62-080 Sady</p>	<p>tel. 61 865 94 07 e-mail: finder.pl@findernet.com www.findernet.com</p>	<p>Finder to prawie 70 lat doświadczenia w produkcji przekaźników i komponentów do automatyki przemysłowej i budynkowej. Szeroka gama asortymentu: przekaźniki przemysłowe i mocy, przekaźniki interfejsowe, przekaźniki półprzewodnikowe, nadzorcze i czasowe, bistabilne. Urządzenia do termoregulacji przemysłowej, zasilacze impulsowe, moduły serwisowe.</p>
<p><b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków</p>	<p>tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl</p>	<p>Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.</p>
<p><b>WYTWÓRNIA SPRZĘTU ELEKTROENERGETYCZNEGO AKTYWIZACJA</b> ul. Stadionowa 24 31-751 Kraków</p>	<p>tel. 12 644 08 92 e-mail: wse@aktywizacja.com.pl www.aktywizacja.com.pl</p>	<p>WSE Aktywizacja produkuje, prowadzi serwis i badania okresowe elektroenergetycznego sprzętu ochronnego. W ofercie: drążki izolacyjne: uniwersalne UDI, teleskopowe TDI; uziemiacze: przenośne, uszyniacze; wskaźniki: niskiego, średniego i wysokiego napięcia, uzgadniacze faz; przyrządy, mierniki i detektory pola elektrycznego; wyroby elektroizolacyjne z gumy oraz inny sprzęt ochronny BHP.</p>

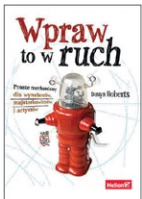


Andrzej Kosior  
**Teoria maszyn i podstawy automatyki**  
 Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej  
 Rok wydania: 2021

Przedstawiony zakres tematyki przedmiotu wynikający z programów kierunków studiów i wymaganych efektów kształcenia ma na celu przekazanie studentom teoretycznej wiedzy oraz nabycia kompetencji i umiejętności potrzebnych do realizowania projektów technicznych rozwiązań konstrukcyjnych mechanizmów i urządzeń stosowanych w budowie pojazdów i maszyn roboczych, przy zastosowaniu układów automatycznego sterowania w ich budowie, z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi wspomagania komputerowego.

W rozdziale 1 skryptu dokonano wprowadzenia do przedmiotu „Teoria mechanizmów i maszyn”. W rozdziale 2 omówiono strukturę mechanizmów i maszyn, w tym klasyfikację par kinematycznych, oraz klasyfikację strukturalną i funkcjonalną mechanizmów. Rozdział 3

zawiera opis metod wykreślnych i analitycznych kinematyki mechanizmów, w tym mechanizmu korbowodzikowego czworoboku przegubowego i mechanizmu jarmowego, oraz przykładowe zadania. W rozdziale 4 omówiono metody analizy kinematycznej mechanizmów krzywkowych, syntezę mechanizmu krzywkowego metodą analityczną oraz przykładowe zadania. W rozdziale 5 opisano dynamikę mechanizmów i maszyn, a w tym siły bezwładności, wyznaczanie reakcji w parach kinematycznych mechanizmów, ruch maszyny pod działaniem sił, nierównomierność biegu maszyny, wyznaczanie momentu bezwładności koła zamachowego oraz przykładowe zadania. W rozdziale 6 omówiono podstawowe pojęcia automatyki. Opis charakterystyk elementów i układów automatyki zawiera rozdział 7. W rozdziale 8 omówiono właściwości statyczne i dynamiczne podstawowych elementów liniowych z przykładami. Rozdział 9 zawiera opis budowy i przekształcania schematów blokowych. W rozdziale 10 omówiono rodzaje i właściwości regulatorów. W rozdziale 11 przedstawiono kryteria oceny układów automatyki, a w tym kryteria stabilności, korekcję układów, kryteria oceny układów w stanach ustalonych oraz kryteria oceny stanów dynamicznych układów automatyki.



Dustyn Roberts  
**Wpraw to w ruch. Proste mechanizmy dla wynalazców, majsterkowiczów i artystów**  
 Wydawca: Helion  
 Rok wydania: 2015

Każdy majsterkowicz marzy o zbudowaniu maszyny, która może być wprawiana w ruch. Koła zębate, przekładnie, napędy to kluczowe elementy, obok których żaden pasjonat majsterkowania nie przejdzie obojętnie! Jeżeli chcesz poznać skuteczne techniki ruchomego łączenia części, jeżeli chcesz zbudować maszynę wprawianą w ruch, to trafiłeś na rewelacyjną książkę, która wprowadzi Cię w świat mechanizmów.

Sięgnij po nią i poznaj najczęściej stosowane materiały oraz dowiedz się, jak je łączyć i gdzie ich szukać. Na kolejnych stronach znajdziesz

cenne informacje na temat mocowania różnych elementów oraz poznasz kluczowe pojęcia: siły, tarcia i momentu obrotowego. Uzbrojony w tę wiedzę przystąpisz do poznawania źródeł mocy mechanicznej i elektrycznej oraz zbudujesz pojazd zasilany pułapką na myszy! Na sam koniec zobaczysz, jak korzystać z łożysk i sprzęgieł oraz nauczysz się łączyć proste maszyny w złożone układy. W tej unikalnej publikacji pokazano liczne projekty, których realizacja sprawi Ci mnóstwo frajdy. Książka ta musi znaleźć się na półce każdego szanującego się majsterkowicza!

Sięgnij po tę książkę i:

- wybierz właściwe materiały do Twojego projektu;
- poznaj połączenia rozłączne oraz nierozłączne;
- opanuj techniki obliczania siły i momentu obrotowego;
- wykorzystaj łożyska, sprzęgła, sprężyny i śruby;
- zbuduj zaawansowaną maszynę.



Marcin Wiśniewski  
**Podstawy robotyzacji. Laboratorium**  
 Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej  
 Rok wydania: 2021

Niniejszy podręcznik akademicki powstał z myślą o przyszłych inżynierach. Jego celem jest przede wszystkim ułatwienie im obsługi robotów przemysłowych i zrozumienie podstawowych procedur. Skrypt stanowi zbiór kilkunastu ćwiczeń laboratoryjnych obejmujących budowę

i programowanie robota przemysłowego IRB-140 firmy ABB w trybie offline. Opracowanie zawiera także podstawy obsługi programu RobotStudio przeznaczonego do projektowania i monitorowania stacji zrobotyzowanych zbudowanych z zastosowaniem robotów firmy ABB. Ponadto omówiono w nim niezwykle ważne zagadnienie dokładności i powtarzalności pozycjonowania robota przemysłowego, które warunkuje jego prawidłową pracę na linii produkcyjnej. W skrypcie zaprezentowano również ciekawą opcję programu RobotStudio, tj. Signal Analyzer – funkcję, która umożliwia wyświetlanie i analizowanie sygnałów z kontrolera robota oraz, co ważne, służy do optymalizacji programu robota, śledzenia kolejności załączania sygnałów oraz sprawdzania obciążenia silnika.

## TEMATYKA

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny

**Nr 9 (281)**  
Rok XXIV  
Wrzesień 2022

- Automatyka w energetyce
- Automatyka w przemyśle spożywczym
- Efektywność w energetyce
- Automatyka w przemyśle maszynowym
- Układy regulacji automatycznej
- Systemy transportowe
- Maszyny i napędy elektryczne
- Komponenty do produkcji oraz systemy dla przemysłu
- Utrzymanie ruchu w przemyśle



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)  
Kontakt: e-mail: [redakcja.nis@drukart.pl](mailto:redakcja.nis@drukart.pl); tel. 32 755 19 17

1/2022 (273)

2/2022 (274)

3/2022 (275)

4/2022 (276)

5/2022 (277)

6/2022 (278)

7-8/2022 (279-280)

• 9/2022 (281)

10/2022 (282)

11/2022 (283)

12/2022 (284)

## 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 237,60 zł (w tym 8% VAT).

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel. 502 132 515.

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.

# **napędy** miesięcznik naukowo-techniczny **i sterowanie**

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



## **Pomożemy Ci:**

- promować Twoją firmę
- informować o produktach i nowościach w Twojej ofercie
- dotrzeć do potencjalnych klientów

[www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)



# ZRÓWNOWAŻONE TECHNOLOGIE

RAZEM PROJEKTUJMY LEPSZY ŚWIAT



INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA NA RZECZ  
ZRÓWNOWAŻONEJ ENERGII

Więcej na [pl.rs-online.com](http://pl.rs-online.com)



Symbol Odpowiedzialności  
Społecznej 2021