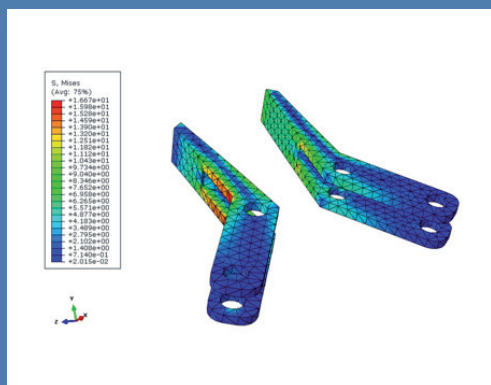
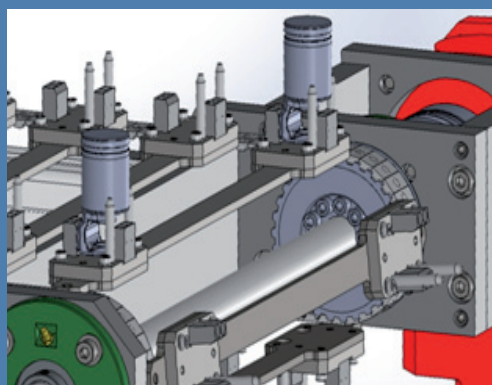


Problemy Współczesnej Inżynierii Elektrotechnika



redakcja
Tomasz N. Kołtunowicz
Piotr Z. Filipek
Paweł A. Mazurek
Maciej Laskowski

Problemy Współczesnej Inżynierii

Elektrotechnika



Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
ul. Nadbystrzycka 38A
20-618 Lublin

Problemy Współczesnej Inżynierii Elektrotechnika

redakcja:
Tomasz N. Kołtunowicz
Piotr Z. Filipek
Paweł A. Mazurek
Maciej Laskowski



Politechnika Lubelska
Lublin 2013

Recenzenci:

członkowie Komitetu Naukowego III Sympozjum Elektryków i Informatyków

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2013

ISBN: 978-83-63569-92-1

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatorp.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 150 egz.

SPIS TREŚCI

Paweł A. MAZUREK, Maciej LASKOWSKI, Tomasz N. KOŁTUNOWICZ, Piotr Z. FILIPEK, PRZEDMOWA	7
1 Emil BASAK, Adam KURNICKI UKŁAD DO STEROWANIA PLATFORMĄ MOBILNĄ Z NAPĘDEM RÓŻNICOWYM	9
2 Angelika BŁAŻEJEWSKA, Mariusz KOWALSKI, Katarzyna PRZYTUŁA, Paweł MAZUREK ANALIZA NATEŻENIA POŁA ELEKTRYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO W OTOCZENIU NAPOWIERZCHNI LINII WN	18
3 Mateusz DOBROCZYŃSKI, Emil WIŚNIEWSKI STEROWANIE ROBOTEM PRZEMYSŁOWYM FANUC LR MATE 200iC W PROCESIE TECHNOLOGICZNYM PRZYGOTOWANIA DETALI DO MYCIA	32
4 Grzegorz MASŁOWSKI, Paweł A. MAZUREK POMIAR MOCY ZABURZEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH METODĄ CĘGÓW ABSORPCYJNYCH W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI 30 ÷ 300 MHz	43
5 Karolina CZARNACKA, Paweł WOLIŃSKI WŁAŚCIWOŚCI TYPU INDUKCYJNEGO WYBRANYCH NANOKOMPOZYTÓW METAL-DIELEKTRYK	58
6 Przemysław ROGALSKI, Wojciech PRUS, Kamil RADZIK TRANSFORMATOR TESLI – WYKONANIE I POMIARY	73
7 Daniel BREŚ STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADANIA GRUPOWEGO STEROWANIA NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH PRZY POMOCY STEROWNIKA PLC	86
8 Alan SZYMAŃSKI, Daniel KOTER TRZYOSIOWE ZDALNIE STEROWANE RAMIĘ Z CHWYTAKIEM	95
9 Damian LIS, Mateusz LITWIN, Marcin BOCHIŃSKI, Marcin MIZIOŁEK SYSTEM ZAUTOMATYZOWANEGO DOZOWANIA CIECZY	108

10	DARIUSZ ZIELIŃSKI, KATARZYNA PRZYTUŁA, DOMINIK POBERESZKO PRACE ZWIĄZANE Z PROJEKTEM PROTOTYPOWEGO POJAZDU ELEKTRYCZNEGO ELVIC ORAZ OMÓWIENIE ZASTOSOWANEGO NAPĘDU WEKTOROWEGO	117
11	Marek HORYŃSKI, Krzysztof JAKOWIECKI WYKORZYSTANIE INTELIGENTNEGO SYSTEMU AUTOMATYKI BUDOWLANEJ FIBARO DO ADAPTACJI OBIEKTÓW WYPOSAŻONYCH W TRADYCYJNE INSTALACJE ELEKTRYCZNE DO STANDARDÓW INTELIGENTNEGO BUDOWNICTWA	130
	SPIS AUTORÓW	138
	INFORMACJE O KOŁACH NAUKOWYCH UCZESTNICZĄCYCH W III SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	141
	INFORMACJE O III SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	152
	SPONSORZY III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	154
	PATRONI III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	155

PRZEDMOWA

Szanowni Uczestnicy i Sympatycy Sympozjum, Czytelnicy

Oddana w Państwa ręce monografia jest opracowaniem naukowym zawierającym wybrane recenzowane referaty wygłoszone na III Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, które odbyło się z inicjatywy studentów, członków i opiekunów kół naukowych zrzeszonych na Politechnice Lubelskiej oraz Samorządu Studenckiego Politechniki Lubelskiej w dniu 28 lutego 2013 r. na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Celem tego naukowego wydarzenia, była i jest, wymiana informacji i doświadczeń we wskazanych obszarach wśród młodej społeczności akademickiej oraz przedstawicieli przemysłu w regionie

Zakładany przez Komitet Organizacyjny Sympozjum zakres rozważań był i jest szeroki, a pokrywa w zasadzie problematykę zakresu teorii i zastosowań elektrotechniki oraz informatyki w badaniach naukowych, edukacji i przemyśle. Zwiększająca się rokrocznie liczba artykułów pokonferencyjnych i ich wysoka jakość merytoryczna zmobilizowała nas do opublikowania monografii w wersji dwutomowej, rozdzielonej tematycznie na Elektrotechnikę i Informatykę.

Jako redaktorzy monografii pokonferencyjnych i współorganizatorzy Sympozjum cieszymy się, że niniejsza inicjatywa wykazuje pozytywny odbiór zarówno środowiska akademickiego, jak i lubelskiego przemysłu. Już tradycyjnie, aktywnie uczestniczyli w naszym sympozjum przedstawiciele regionalnych i lubelskich uczelni – Uniwersytetu Medycznego, Uniwersytetu Przyrodniczego, Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji oraz Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Chełmie, czego dowodem są zebrane referaty w obydwu tomach monografii. Dodatkowo cieszy również – po raz pierwszy – udział w niniejszej publikacji gości z zagranicy, którzy – choć nie mogli osobiście uczestniczyć w Sympozjum – to jednak przyczynili się do rozszerzenia idei (i poniekąd zakresu) naszej imprezy poza granice Rzeczypospolitej.

Patronat honorowy nad Sympozjum objął ponownie Prezydent Miasta Lublin – dr Krzysztof Żuk, pani Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej – Magdalena Gaj oraz Lubelski Oddział Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Do grona patronujących instytucji dołączyło Polskie Towarzystwo Informatyczne – Koło w Lublinie oraz Lubelski Oddział Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.

Wydarzenie to mogło zaistnieć także dzięki wsparciu Jego Magnificencji Rektora Politechniki Lubelskiej prof. dr hab. inż. Piotra Kacejki oraz Pani Dziekan Wydziału Elektrotechniki i Informatyki prof. dr hab. inż. Henryki D. Stryczewskiej.

Serdeczne podziękowania kierujemy do firm, które sponsoringiem wsparły materialnie i rzeczowo nasze Sympozjum.

Szczególne podziękowania składamy prelegentom – dr inż. Pawłowi Szcześniakowi z Uniwersytetu Zielonogórskiego i Piotrowi Bojarowi z SMC Industrial Automation Polska, którzy w odpowiedzi na zaproszenie Lubelskiego Oddziału SEP, przedstawili referaty w sesji otwartej (odpowiednio) „Przekształtniki energoelektroniczne w nowoczesnych systemach elektroenergetycznych” oraz „Pneumatyczne a elektromechaniczne układy wykonawcze automatyki przemysłowej”.

Podziękowania składamy również pani Gracji Marcewicz z Referatu ds. współpracy z biznesem i środowiskiem naukowym Wydziału Strategii i Obsługi Inwestorów Urzędu Miasta Lublin za pomoc oraz prezentację projektu Lubelskiej Wyżyny IT.

W trakcie Sympozjum studenci i uczestnicy mogli też zapoznać się z prezentacją Ruchomej Stacji Pomiarowej wykorzystywanej przez Delegaturę Urzędu Komunikacji Elektronicznej w Lublinie, która udostępniona została przed budynkiem Wydziału Elektrotechniki i Informatyki.

Jako organizatorzy będziemy się starać, aby taka forma prezentacji naukowych i stanowiskowych osiągnięć studentów i kół naukowych stała się cyklicznym wydarzeniem, ważnym i ciekawym w procesie dydaktycznym i życiu akademickim.

Zachęcamy uczestników Sympozjum i Czytelników do zapoznania się z oboma tomami monografii pokonferencyjnych.

*Paweł A. Mazurek
Maciej Laskowski
Tomasz N. Kołtunowicz
Piotr Z. Filipek*

UKŁAD STEROWANIA PLATFORMĄ MOBILNĄ Z NAPIĘDEM RÓŻNICOWYM

WPROWADZENIE

W dobie dzisiejszej wysoko rozwiniętej techniki wprowadzanych jest na rynek wiele urządzeń robotycznych w znacznym stopniu ułatwiających codzienne życie. Część z nich jest rozwinięciem dotychczas stosowanych rozwiązań, a kolejna grupa to urządzenia wprowadzające innowacyjne technologie i zastosowania. Do tej grupy możemy zaliczyć platformy mobilne, które coraz chętniej wykorzystywane są jako pomoce domowe, przewodniki muzealne czy też chyba w najbardziej spektakularnych zastosowaniach medycznych tj. diagnostyce medycznej oraz rehabilitacji. W obecnie tworzonych platformach mobilnych zastosowania mają różne układy napędowe, z których najbardziej popularne są napędy gąsienicowe i kołowe [1, 2]. Napęd gąsienicowy gwarantuje dużą powierzchnię styku robota z podłożem, jednak przez to wprowadza znaczne tarcie boczne podczas obracania się robota w miejscu. Wady tej pozbawione są napędy kołowe występujące w konfiguracjach: dwukołowych, cztero kołowych i wielokołowych (sześć lub więcej). Najprostszym a zarazem najtańszym rozwiązaniem jest układ dwukołowy, w którym wykorzystuje się napęd różnicowy [2].

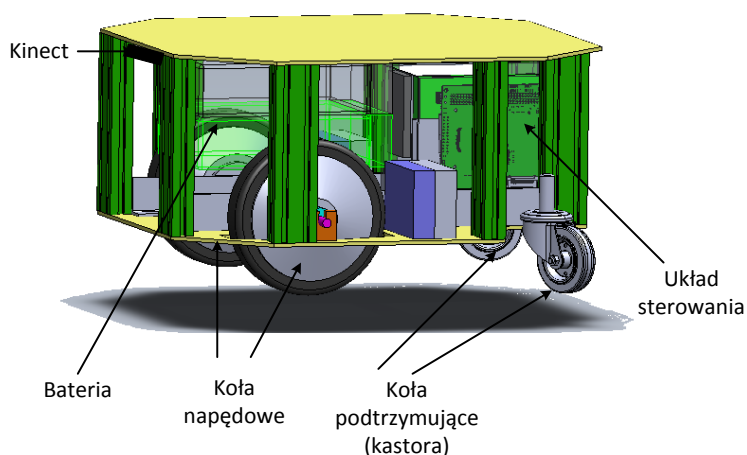
Algorytmom sterowania implementowanym na platformach mobilnych stawiane są coraz większe wymagania dotyczące autonomiczności i bezpiecznego poruszania się wśród żywych istot. Artykuł podejmuje problematykę budowy układu sterowania platformą mobilną z napędem różnicowym, poruszającą się w środowisku zurbanizowanym.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Automatyki

² Politechnika Lubelska, Katedra Automatyki i Metrologii

BUDOWA PLATFORMY MOBILNEJ

Konstrukcja nośna platformy została wykonana z profili aluminiowych. Posiada ona wymiary zewnętrzne 600 mm (długość) × 550 mm (szerokość) × 325 mm (wysokość). Wygląd platformy został przedstawiony na rysunku 1.



*Rys. 1. Budowa platformy mobilnej
(źródło: opracowanie własne)*

Układ napędowy platformy stanowią dwa koła firmy Goldenmotor, w których zintegrowane zostały: silnik DC o mocy 300 W, przekładnia planetarna, hamulec elektromechaniczny oraz przetwornik impulsowo-obrotowy o rozdzielczości 1000 imp./obrót. Stabilność (równowagę) platformy zapewnia zamontowanie w tylnej jej części dwóch kół samonastawnych (kół kastora).

Źródłem energii elektrycznej dla platformy jest bateria polimerowa litowo-jonowa o pojemności 21 Ah i napięciu 51,8 V.

W tylnej części platformy został zainstalowany układ sterowania, który stanowi komputer PC wraz ze specjalnym sterownikiem mikroprocesorowym tzw. controlboxem.

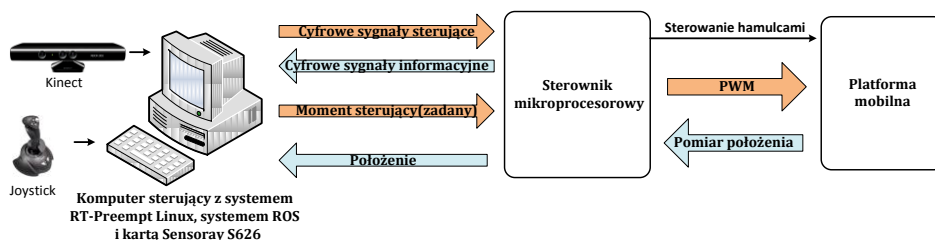
Na obwodzie platformy zostały zamontowane czujniki ultradźwiękowe oraz zderzak czuły na uderzenia stanowiące część systemu zabezpieczeń przed uderzeniem w przeszkody lub najechaniem na ludzi oraz zwierzęta.

Rolę czujnika laserowego używanego przez system nawigacji do skanowania przestrzeni wokół platformy pełni zamontowany od strony frontowej platformy Kinect – czujnik ruchu dla konsoli Xbox 360.

UKŁAD STEROWANIA

Układ sterowania platformy mobilnej (patrz rys. 2) składa się z trzech podstawowych elementów:

- komputera PC z systemem operacyjnym RT-Preempt Linux, systemem operacyjnym ROS oraz kartą pomiarowo-sterującą S626 firmy Sensoray,
- sterownika mikroprocesorowego,
- platformy mobilnej.



Rys. 2. Schemat blokowy układu sterowania
(źródło: opracowanie własne)

System RT-Preempt Linux [3] pozwala na tworzenie aplikacji, które mogą pracować pod ścisłą kontrolą czasową i przez to przypomina typowy system czasu rzeczywistego. Praca takiego systemu polega na całkowitej wywłaszczalności aplikacji tzn. aplikacja, która posiada wyższy priorytet może przerwać działanie każdej aplikacji o niższym priorytecie. RT-Preempt powoduje zmiany w działaniu Linuxa. Jest to głównie zmiana obsługi przerw i schedulera, ale też dochodzą dodatkowe właściwości, które są typowe dla systemów czasu rzeczywistego. Działanie RT-Preempt opiera się na tworzeniu nowego schedulera, w którym do zasobów procesora jako pierwsze mają dostęp te procesy które są procesami czasu rzeczywistego. Natomiast pozostałe procesy, które są podstawowymi procesami Linuxa, realizowane są przez pozostałe wolne zasoby procesora.

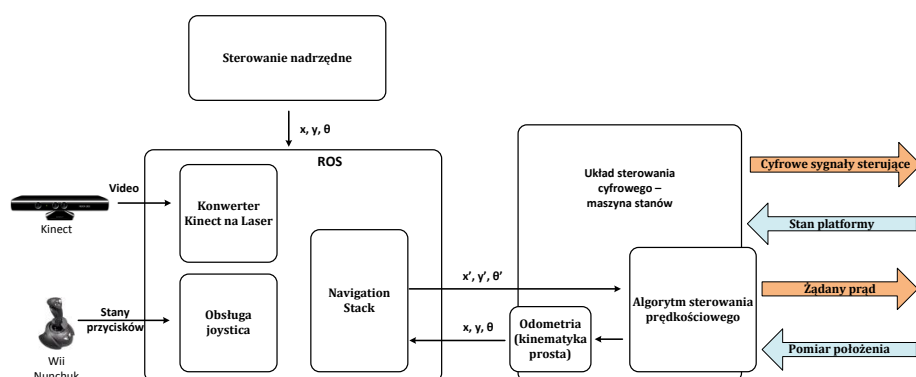
Karta pomiarowo-sterująca Sensoray S626 jest wykorzystywana jako interfejs łączący elementy układu z programem sterującym uruchomionym

w systemie RT-Preempt. Jednym z jej głównych zadań jest przetwarzanie, generowanych przez enkodery, sygnałów impulsowych na sygnał kąta obrotu wału silnika.

Zadaniem sterownika mikroprocesorowego jest realizacją pętli sterowania prądowego (momentowego) silnikami DC. Rolę tą spełniają serwowzmacniacze Junus firmy Copley. Wzmacniacze te generują sygnały napięciowe PWM, których wypełnienie zależne jest w sposób proporcjonalny od różnicy wartości zadanej prądu oraz wartości aktualnie mierzonego prądu. Istotnym elementem pracy sterownika mikroprocesorowego jest realizacja systemu bezpieczeństwa ruchu platformy tj. systemu zabezpieczeń przed przekroczeniem określonej prędkości, przed uderzeniem w przeszkody (obsługa czujników ultradźwiękowych i zderzaka) oraz reakcji na naciśnięcie przycisku bezpieczeństwa.

ALGORYTM STEROWANIA

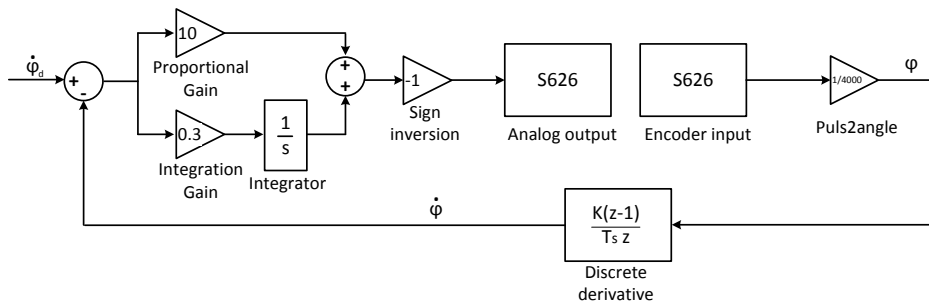
Algorytm sterowania platformą został w całości zrealizowany w języku C++, w taki sposób aby mógł pracować w czasie rzeczywistym w systemie RT-Preempt. Algorytm dodatkowo wykorzystuje funkcjonalności jakie daje system ROS [5] w zakresie m.in. obsługi joysticka oraz realizacji algorytmów nawigacji. Strukturę opracowanego algorytmu sterowania przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Struktura algorytmu sterowania platformą mobilną
(źródło: opracowanie własne)

ALGORYTM STEROWANIA PRĘDKOŚCIOWEGO

Aktualne wartości zadane prądu, dla serwowzmacniaczy sterujących momentem każdego z kół, generowane są przez algorytm sterowania prędkościowego zaimplementowany na komputerze PC. Schemat blokowy tego algorytmu przedstawia rysunek 4.

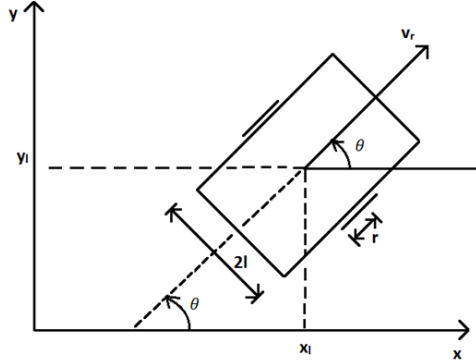


Rys. 4. Pojedyncza pętla sterowania prędkościowego
(źródło: opracowanie własne)

Sygnał wejściowy $\dot{\varphi}_d$ (wartość zadana prędkości) w układzie przedstawionym na rysunku 4 stanowi prędkość kątową $\dot{\varphi}$ lewego i prawego koła. W celu wyznaczenia zadanych wartości prędkości kątowych dla poszczególnych kół w zależności od żądanych prędkości liniowych \dot{x} , \dot{y} i prędkości obrotowej $\dot{\theta}$ (rotacji) platformy, względem bazowego układu współrzędnych, należy wyznaczyć kinematykę prostą a następnie na jej podstawie kinematykę odwrotną dla platformy.

KINEMATYKA PROSTA

Celem kinematyki prostej jest jednoznaczne określenie położenia platformy względem układu bazowego (oraz wyznaczenie odometrii [2] układu), tak jak to pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Położenie i orientacja platformy w bazowym układzie współrzędnych
(źródło: [2])

Przekształcenie układu współrzędnych globalnych (układu bazowego) na układ współrzędnych lokalnych (układ współrzędnych platformy) realizowane jest poprzez użycie macierzy R [4]:

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

W celu przejścia z układu lokalnego, związanego z układem platformy, na globalny stosujemy macierz odwrotną do macierzy (1):

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Powyższe przekształcenie można zapisać z użyciem następującego równania:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = R^{-1} \begin{bmatrix} v_r \\ 0 \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Prędkość liniowa platformy v_r w układzie lokalnym, związanym z platformą wyraża się zależnością:

$$v_r = r \frac{\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2}{2} \quad (4)$$

gdzie: r – promień koła.

Prędkość obrotowa (rotacji) platformy wyraża się następującą zależnością:

$$\dot{\theta} = r \frac{\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2}{2l} \quad (5)$$

gdzie: $2l$ – odległość kół od siebie.

Po podstawieniu do zależności (3) zależności (4) i (5) otrzymujemy ostateczne zależności opisujące kinematykę prostą układu:

$$\dot{x} = \cos\left(\frac{r(\phi_1 - \phi_2)}{2l}\right) \cdot r \frac{\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2}{2} \quad (6)$$

$$\dot{y} = \sin\left(\frac{r(\phi_1 - \phi_2)}{2l}\right) \cdot r \frac{\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2}{2} \quad (7)$$

$$\dot{\theta} = \frac{r(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2)}{2l} \quad (8)$$

KINEMATYKA ODWROTNA

W celu wyznaczenia kinematyki odwrotnej przekształcenie (1) należy zapisać w postaci następującego równania:

$$\begin{bmatrix} v_r \\ 0 \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = R^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$

W wyniku przekształceń zależności (4) i (5) otrzymamy następujące równania:

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_1 &= \frac{v_r - \dot{\theta} \cdot l}{r} \\ \dot{\phi}_2 &= \frac{v_r + \dot{\theta} \cdot l}{r} \end{aligned}$$

Podstawiając zależność (7) do zależności (8) otrzymujemy równania opisujące kinematykę odwrotną platformy:

$$\begin{aligned}\dot{\varphi}_1 &= \frac{\cos(\theta) \cdot \dot{x} + \sin(\theta) \cdot \dot{y} - \dot{\theta} \cdot l}{r} \\ \dot{\varphi}_2 &= \frac{\cos(\theta) \cdot \dot{x} + \sin(\theta) \cdot \dot{y} + \dot{\theta} \cdot l}{r}\end{aligned}\tag{9}$$

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyżej algorytmy sterowania platformą mobilną z napędem różnicowym zostały zaimplementowane w aplikacji sterującej tą platformą. Aplikację tą wyposażono dodatkowo w algorytmy nadrzędnego sterowania ruchem platformy tj. generowania docelowych pozycji oraz orientacji platformy w terenie. Do realizacji generacji trajektorii ruchu platformy oraz realizacji zadania omijania przeszkód zastosowano zaimplementowany w systemie ROS moduł Navigation Stack. Chociaż cała aplikacja sterująca została napisana bezpośrednio w kodzie C++, można ją również zrealizować z użyciem środowiska programistycznego Matlab-Simulink, które zostało tak przygotowane, iż umożliwia automatyczną generację kodu programu uruchamianego w systemie czasu rzeczywistego RT-Linux. Opracowane algorytmy zostały poddane weryfikacji w warunkach rzeczywistych, dając zadowalające rezultaty.

LITERATURA

- [1] Craig J.: Wprowadzenie do robotyki, Mechanika i sterowanie, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.
- [2] Goebel R.P.: ROS by example, Vol. 1, LEGO, 2012
- [3] Spong M.W., Vidyasagar M.: Dynamika i sterowanie robotów, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
- [4] Stanczyk B.: Development and Control of an Anthropomorphic Telerobotic System, Forstsch.-Ber. VDI Reihe 8 Nr. 1122, Dusseldorf 2007.
- [5] Szkodny T.: Kinematyka robotów przemysłowych, Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2009.

ANALIZA NATĘŻENIA POŁA ELEKTRYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO W OTOCZENIU NAPONOWYCH LINII WN

WPROWADZENIE

Wraz z rozwojem cywilizacyjnym wciąż rośnie zapotrzebowanie na ilość energii elektrycznej, a także wzrastają wymagania co do jej jakości i niezawodności dostaw. Rozległa i rozbudowana sieć linii przesyłowych, która umożliwia stworzenie różnych połączeń pomiędzy stacjami elektroenergetycznymi musi zapewniać niezawodność dostawy energii elektrycznej. Linie elektroenergetyczne dzieli się na linie wysokiego napięcia (powyżej 33 kV), linie średniego napięcia (1kV-33kV) oraz linie napięcia niskiego (poniżej 1kV) [7].

Napowietrzne linie elektroenergetyczne mogą powodować pewne obciążenia dla środowiska, jak na przykład pole elektromagnetyczne, hałas, zakłócenia radioelektryczne lub nieestetyczny wygląd [6]. Wszystkie urządzenia, układy elektryczne i elektroniczne generują i przetwarzają pole elektromagnetyczne [1]. Zjawisko to również towarzyszy pracy każdej linii i stacji elektroenergetycznej. W występującym wokół tych elementów polu elektromagnetycznym wyróżnia się dwie niezależne od siebie składowe pola – elektryczną (E) i magnetyczną (H). Prąd płynący przewodami linii jest przyczyną powstania pola magnetycznego, natomiast różnica napięć między przewodami linii a ziemią powoduje pole elektryczne [6]. Stan wiedzy o oddziaływaniu pól elektromagnetycznych o niskich częstotliwościach na organizm człowieka wciąż nie jest dokładnie znany, dlatego napowietrzne linie wysokiego napięcia wciąż budzą kontrowersje i burzliwe dyskusje w mediach. Natężenie emitowanego

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL

² Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

przez nie pola elektrycznego i magnetycznego jest ściśle sprecyzowane w aktach prawnych, normach i rozporządzeniu Ministra Środowiska i Zdrowia. Ważna jest ciągła kontrola wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, w szczególności, gdy linia wysokiego napięcia przebiega w najbliższym otoczeniu przez teren zurbanizowany i na co dzień oddziałuje na mieszkańców tego obszaru.

POLE ELEKTROMAGNETYCZNE

W otoczeniu ładunków elektrycznych i przewodów, w których płynie prąd, istnieje pole elektromagnetyczne. Jest ono stanem przestrzeni, w której na obiekt fizyczny mający ładunek elektryczny działają siły elektromagnetyczne. Pole elektromagnetyczne jest układem dwóch pól: pola elektrycznego i pola magnetycznego. Oba te pola są ze sobą nierozzerwalnie związane, gdyż zmiany czasowe jednego pola wytwarzają drugie pole.

Pole magnetyczne jest obszarem, w którym działają siły magnetyczne, będące ściśle związane z ruchem ładunków elektrycznych. Wynika z tego, iż poruszające się ładunki elektryczne wytwarzają wokół siebie pole magnetyczne, które oddziałuje na poruszające się w nim inne ładunki elektryczne [11]. W każdym punkcie pola magnetycznego i w każdej chwili można wyznaczyć dwa wektory, opisujące własności pola. Jest to wektor indukcji magnetycznej B oraz wektor natężenia pola magnetycznego H . Pole magnetyczne z „łatwością” przenika przez ściany budynków, elementy stalowe i miedziane. Istnieją pewne specjalne materiały służące do tłumienia zmiennych pól magnetycznych. Pola można również tłumić przez wytworzenie pól o przeciwnej fazie lub biegunowości [5]. Obiekty przewodzące, o znikomej przenikalności magnetycznej, zlokalizowane w pobliżu linii elektroenergetycznej nie wpływają na rozkład pola magnetycznego i nie powodują jego zniekształcenia [8].

Pole elektryczne stanowi obszar, w którym występują linie sił pola elektrycznego, wywołane obecnością ładunku elektrycznego i potencjału elektrycznego [6]. Charakteryzują je dwie wielkości wektorowe: natężenie pola elektrycznego oraz indukcja elektryczna [4]. W polu elektrycznym występuje przemieszczanie się – wzdłuż linii wektora natężenia pola elektrycznego – naładowanych cząstek. Przeciwnie niż w polu magnetycznym, ładunek elementarny umieszczony w polu elektrycznym wykonuje pracę, przemieszczając się w obszarze tego pola [9]. Przewód, na którym występuje

ładunek elektryczny q generuje w swoim otoczeniu promieniowe pole elektryczne. Największa wartość natężenia występuje na powierzchni przewodu. Pole elektryczne ulega zniekształceniu w pobliżu obiektów przewodzących. Elementy otoczenia, położone w bezpośredniej bliskości linii elektroenergetycznej takie jak budynki, drzewa czy konstrukcje przemysłowe wpływają na rozkład pola elektrycznego [6]. Oddziaływać mogą także obiekty biologiczne – zwierzęta i ludzie.

Zastosowanie odpowiednich ekranów i barier z materiałów o małej rezystancji do ograniczania natężeń pól jest zdecydowanie łatwiejsze w przypadku pola elektrycznego niż w przypadku pola magnetycznego.

APARATURA POMIAROWA

Do pomiaru natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, podczas badań, wykorzystano 3 mierniki.

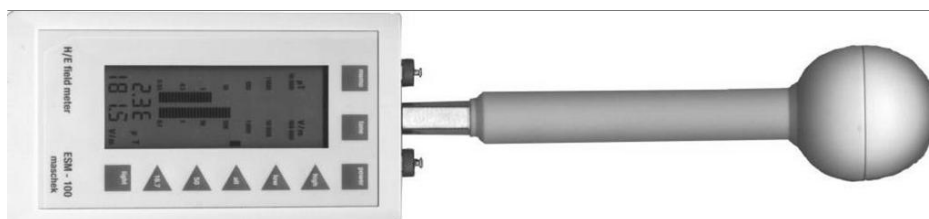
Miernik pola magnetycznego z serii TRACER MR100 (rys. 1) jest przenośnym przyrządem do wykrywania i pomiaru zmiennych pól magnetycznych. Dla uzyskania dokładnej wartości natężenia pola H w przestrzeni trójwymiarowej w danym miejscu, należy wykonać trzy pomiary zmieniając położenie miernika o 90 stopni.

TRACER EF100 (rys. 2) jest miernikiem pola elektrycznego. Przy użyciu tego urządzenia należy korzystać ze specjalnego wysięgnika wykonanego z nieprzewodzącego materiału, gdyż ciało ludzkie i przedmioty przewodzące elektrycznie, znajdujące się w zasięgu pola elektrycznego silnie je zaburzają.

Miernik Maschek ESM100 (rys. 3) pozwala na jednoczesny pomiar natężenia pola elektrycznego i magnetycznego. Zmierzone wartości reprezentowane są w postaci dziesiętnej i wykresu słupkowego. Dla zachowania jak największej dokładności badań, urządzenie podczas pomiaru powinno pozostać na statywie, wykonany z nieprzewodzącego materiału. Urządzenie za pomocą kabla światłowodowego łączy się z komputerem i rejestruje na jego dysku otrzymane wyniki.



Rys. 1. Mierniki Tracer MR 100(po lewej) oraz miernik Tracer EF 100 (po prawej)
(źródło: opracowanie własne)

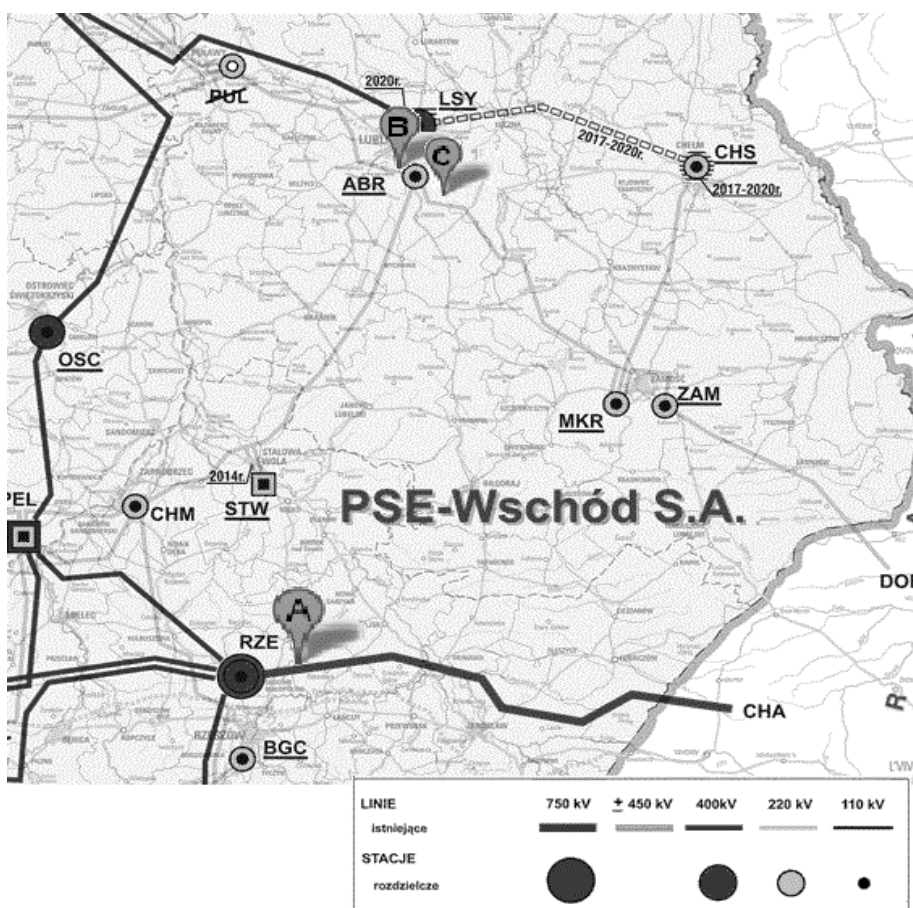


Rys. 2. Miernik Maschek ESM100
(źródło: opracowanie własne)

POMIARY

Pomiary odbyły się na terenach otwartych, zlokalizowanych w pobliżu napowietrznych linii elektroenergetycznych, a także w budynkach mieszkalnych, w okresie październik-grudzień 2012.

Badania w terenie otwartym zostały przeprowadzone w okolicach Rzeszowa, w Lublinie – niedaleko stacji rozdzielczej Abramowice i w centrum miasta w pobliżu Parku Ludowego.



Rys. 3. Miejsca pomiarów w terenie otwartym z zaznaczonymi liniami wysokiego napięcia (źródło: [3])

Pomiary w budynkach zostały wykonane w dwóch kamienicach na terenie Lublina, z których jedna usytuowana jest w bezpośrednim sąsiedztwie z linią wysokiego napięcia, druga natomiast jest od niej znacznie oddalona.

Pomiary w okolicach Rzeszowa odbyły się w pobliżu dwutorowej napowietrznej linii elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 750 kV, wspartej na słupach przelotowych z serii Y52. Pomiary zostały wykonane miernikiem Meschek ESM100. Punkt pomiarowy lokalizowano co 15 metrów, w każdym rejestrowano przez minutę przebieg natężenia pola elektrycznego i magnetycznego. Na długości przęsła określono 19 miejsc pomiarowych. Ze wszystkich przebiegów otrzymano łącznie ponad 1200 pojedynczych wartości natężeń obu pól. Średnie natężenie pola magnetycznego wyniosło 19,81 A/m, przy czym najwyższa zarejestrowana wartość wyniosła 28,44 A/m, a najniższa 1,94 A/m.



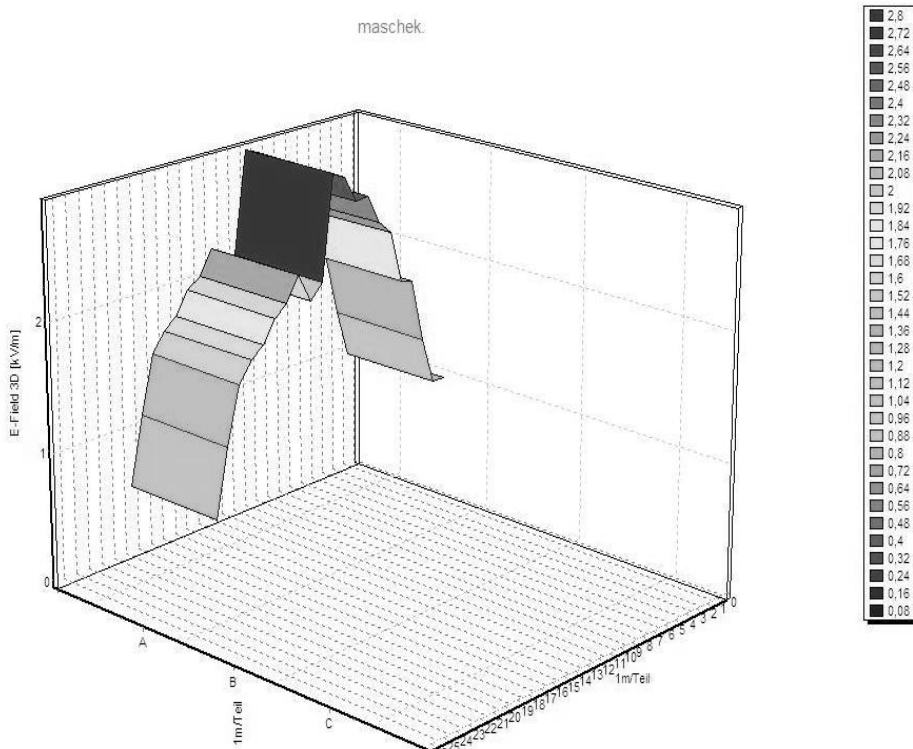
Rys. 4. Miejsce pomiarów w okolicach Rzeszowa
(źródło: opracowanie własne)

Tabela 1. Wartość natężenie pola magnetycznego i elektrycznego w pobliżu linii wysokiego napięcia o napięciu znamionowym 750 kV

	$H[A/m]$	$E[kV/m]$
Wartość maksymalna	28,44	3,56
Wartość minimalna	1,94	0,24
Wartość średnia	13,81	1,73

(źródło: opracowanie własne)

Jednocześnie wykonywano pojedyncze pomiary natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, które posłużyły do stworzenia wykresu powierzchniowego. Wartość średnia natężenia pola elektrycznego wyniosła 1,73 kV/m, najwyższa 3,56 kV/m, a najniższa 0,24 kV/m.

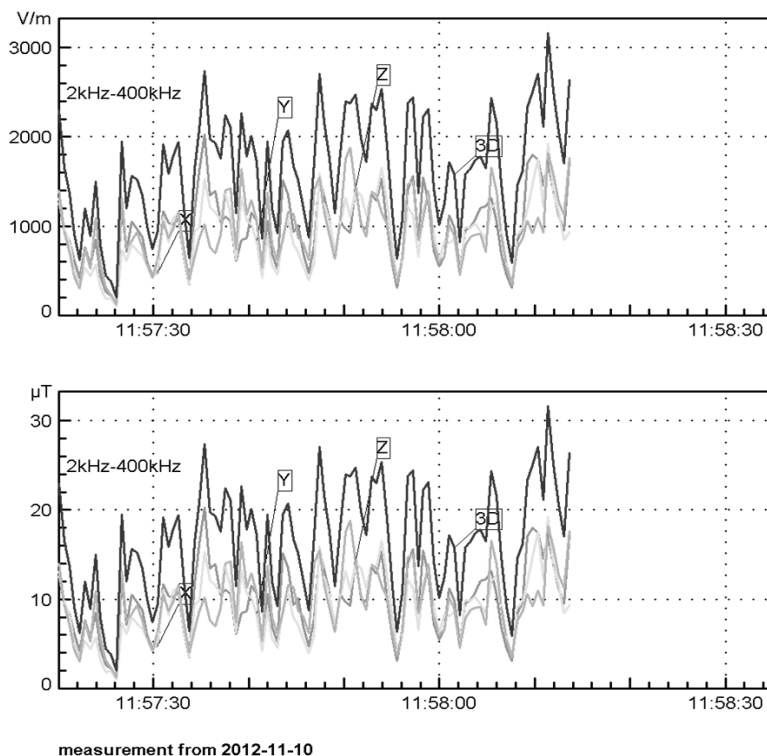


Rys. 5. Rozkład pola elektrycznego pod linią elektroenergetyczną 750 kV
(źródło: opracowanie własne na podstawie programu Graph ESM100)

Następnym miejscem pomiarów był Lublin - teren przy linii wysokiego napięcia biegnącej równolegle do ulicy Abramowickiej. Jest to jednotorowa napowietrzna linia elektroenergetyczna o napięciu znamionowym 220 kV, wsparta na słupach odporowo-narożnych z serii H52. Na długości przesła zarejestrowano 44 jednoczasowych przebiegów natężenia pola elektrycznego i magnetycznego. Ze wszystkich miejsc otrzymano łącznie ponad 2800 pojedynczych wartości natężenia obu pól. Najwyższa zarejestrowana wartość natężenia pola magnetycznego wyniosła 28,36 A/m, średnia 13,66 A/m, a najniższa 1,60 A/m. Najwyższą zmierzoną wartością pola elektrycznego było 3,55 kV/m, a najniższą 0,2 kV/m. Średnio wynosiło ono 1,71 kV/m.



*Rys. 6. Miejsce pomiarów w okolicy rozdzielni Abramowice
(źródło: opracowanie własne)*



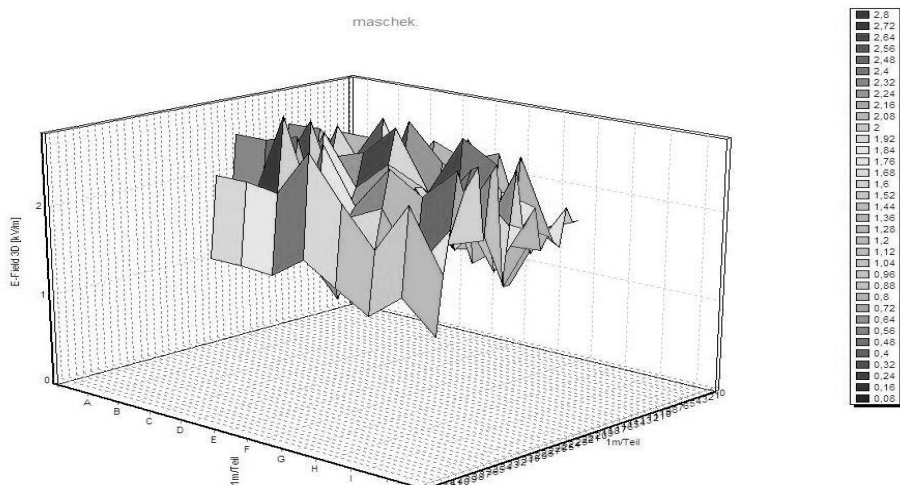
Rys. 7. Charakterystyka natężenie pola elektrycznego i indukcji magnetycznej
(źródło: opracowanie własne)

Następne pomiary odbyły się w Lublinie na obszarze przylegającym do Parku Ludowego. Przebiega tamtędy jednotorowa napowietrzna linia elektroenergetyczna o napięciu znamionowym 110 kV, wsparta na słupach przelotowych z serii B2. W miejscu tym przeprowadzono trzy typy badań.

Pierwszy typ badania polegał na zarejestrowaniu przebiegu natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w miejscach oddalonych od siebie o 15 m. Ze wszystkich miejsc pomiarowych otrzymano łącznie 901 pojedynczych wartości natężenia pola magnetycznego i elektrycznego. Badanie to zostało powtórzone miernikami Tracer.

Trzeci typ badania miał na celu stworzenie przestrzennego wykresu obu składowych pól pola elektromagnetycznego. W tym celu teren pod badaną linią elektroenergetyczną podzielono na prostokąty o wymiarach 10 m × 4 m, tak jak ukazuje to rysunek 8. Miejsca pomiarowe zostały oznakowane farbą

i znacznikami. W każdym miejscu pomiarowym dokonywano jednokrotnego, jednoczesnego pomiaru natężenia pola magnetycznego i elektrycznego.



Rys. 8. Wykres powierzchniowy natężenia pola elektrycznego – program Graph ESM100
(źródło: opracowanie własne)

Budynkiem mieszkalnym zlokalizowanym w bliskim sąsiedztwie z napowietrzną linią wysokiego napięcia, w której przeprowadzono pomiar, była czterokondygnacyjna kamienica mieszkalna, usytuowana przy Placu Bychawskim 3 w Lublinie. Linia elektroenergetyczna o napięciu znamionowym 110 kV przebiega ok. 10 m od bocznej ściany budynku. Pomiar wykonano miernikiem Meschek ESM100. Polegał na rejestracji przebiegu rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego wewnątrz budynku. Z otrzymanych wyników wyznaczono wartość maksymalną, minimalną i średnią natężeń obu pól, które przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wartość natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w budynku zlokalizowanym w pobliżu linii WN

	$H[A/m]$	$E[kV/m]$
Wartość maksymalna	25,06	3,13
Wartość minimalna	5,94	0,74
Wartość średnia	15,44	1,93

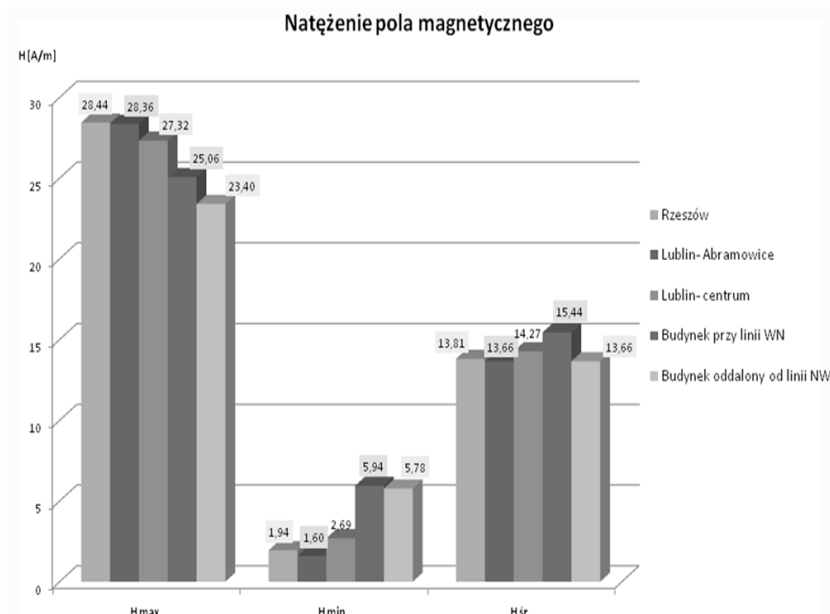
(źródło: opracowanie własne)

Dla porównania otrzymanych z pomiarów wyników, przeprowadzono pomiar natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w budynku oddalonym od napowietrznych linii elektroenergetycznych. Budynek ten jest czterokondygnacyjną kamienicą mieszkalną, usytuowaną przy ulicy Puchacza 8 w Lublinie. Pomiar wykonano miernikiem Meschek ESM100. Badanie polegało na rejestracji przebiegu rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego wewnątrz budynku. Na jego podstawie wyselekcjonowano wartość maksymalną, minimalną i średnią natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, przedstawia je tabela 3.

Tabela 3. Wyniki pomiaru natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w budynku oddalonym od napowietrznych linii WN

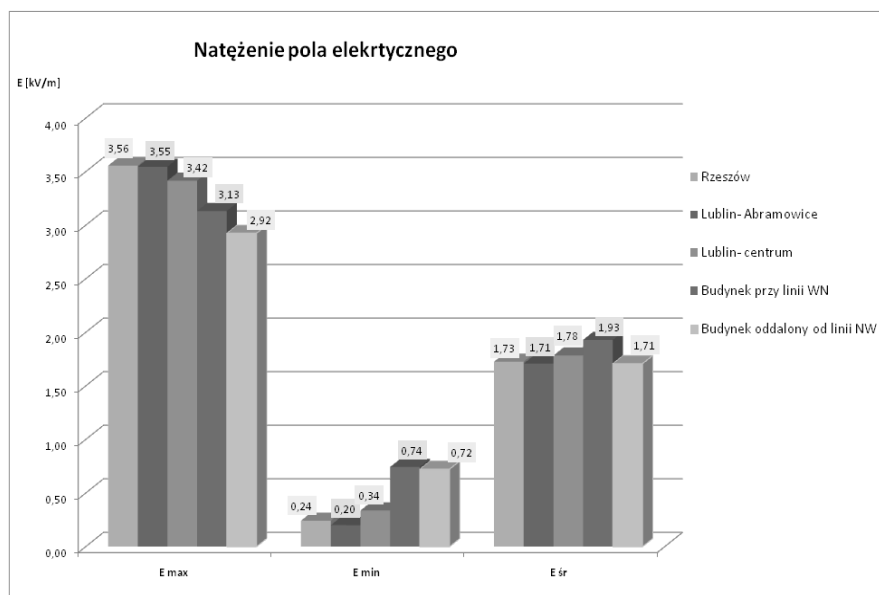
	$H[A/m]$	$E[kV/m]$
Wartość maksymalna	23,4	2,92
Wartość minimalna	5,78	0,72
Wartość średnia	13,66	1,71

(źródło: opracowanie własne)



Rys. 9. Porównanie wartości maksymalnej, minimalnej i średniej natężenia pola magnetycznego otrzymanych w badanych miejscach
(źródło: opracowanie własne)

Analizując wyniki pomiarów dokonano zestawienia wartości natężeń pola magnetycznego i elektrycznego we wszystkich badanych miejscach. Najwyższą wartość natężenia pola magnetycznego zarejestrowano podczas badania terenu przy napowietrznej linii elektroenergetycznej o napięciu znamionowym 750 kV, w okolicach Rzeszowa, a najniższą wartość zmierzono w pobliżu linii o napięciu znamionowym 220 kV, przy ul. Abramowickiej w Lublinie.



Rys. 10. Porównanie wartości maksymalnej, minimalnej i średniej natężenia pola elektrycznego otrzymanych w badanych miejscach
(źródło: opracowanie własne)

Najwyższą wartość natężenia pola elektrycznego również zarejestrowano w pobliżu linii o napięciu znamionowym 750 kV, w okolicach Rzeszowa, a najniższą wartość zmierzono w pobliżu badanej linii o napięciu znamionowym 220 kV.

PODSUMOWANIE

Wyniki wskazują, że największe natężenie pola elektrycznego i magnetycznego występuje w okolicach połowy przęsła, czyli w miejscu największego zwisu przewodów, gdzie odległość przewodów od ziemi jest

najmniejsza. Wartość natężenia pola spada wraz ze zbliżaniem się do konstrukcji wsporczej linii. Natężenie pola elektrycznego i magnetycznego przybiera najmniejsze wartości w pobliżu słupów, a przyczynia się do tego uziemienie słupów, które zmniejszają natężenie pola oraz zwiększenie odległość przewodów od ziemi [10].

Natężenie pola magnetycznego i elektrycznego jest zmienne i zależne od obciążenia linii elektroenergetycznej. Grupy odbiorników takie jak silniki elektryczne, elektryczne źródła światła czy urządzenia elektrotermiczne mają decydujący wpływ na pracę sieci [2]. Obciążenie sieci zależy także od tego, jaką grupę odbiorców energii elektrycznej ona obsługuje. Od grupy odbiorników i odbiorców zależy charakterystyczny przebieg obciążenia: dobowy, tygodniowy, miesięczny [2].

Napowietrzne linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia wytwarzają pole elektryczne i magnetyczne, które może negatywnie oddziaływać na środowisko. Skutki tego oddziaływania zależą od częstotliwości i natężenia pola oraz czasu ekspozycji organizmu.

Na podstawie wyników badań oraz w trosce o zdrowie ludzi i stan środowiska wprowadzone są normy i przepisy mające na celu ograniczenie natężeń pola elektrycznego i magnetycznego, wytwarzanych przez napowietrzne linie elektroenergetyczne.

Badane pola magnetyczne i elektryczne mieściły się w zakresie częstotliwości od 0,5Hz do 50 Hz. W przedziale tym natężenie pola elektrycznego nie może przekraczać 10kV/m, a natężenie pola magnetycznego nie może być większe niż 60 A/m i żadna ta wielkość nie została przekroczona podczas pomiarów.

Natężenie tych pól powinno być systematycznie monitorowane i analizowane, zwłaszcza w obszarach zamieszkałych i miejscach pracy. Badania takie są realizowane przez członków koła naukowego Elmeol okresowo, m.in. poddano już analizie kilkadziesiąt punktów pomiarowych na terenie kampusu politechniki oraz na terenie miasta Lublin i Nałęczów.

Przeprowadzone badania nie wykazały żadnych ustępstw od obowiązujących norm, niemniej w krótkim okresie analizowania tła elektromagnetycznego zaobserwowano w kilku miejscach pewne zwiększone pola, co uzasadnia dalsze prowadzenie badań.

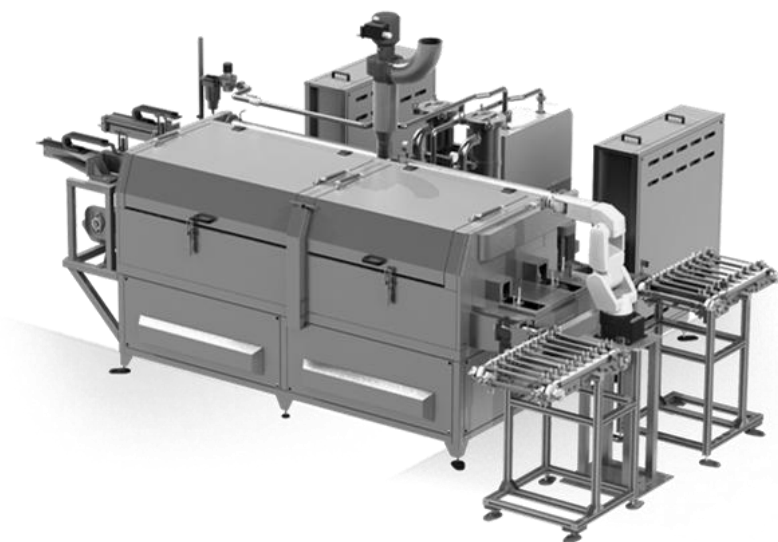
LITERATURA

- [1] Błażejewska A., Przytuła K., Masłowski G., Parys T., Ziętek Ł., Mazurek P.: Emisja elektromagnetyczna urządzeń Wi-Fi w budynkach mieszkalnych, [w:] II Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, pod red. Filipek P., Mazurek P., Lublin 2012.
- [2] Kujaszczyk Sz.: Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, t. 1, Warszawa 2004.
- [3] Plan sieci elektroenergetycznej S.A. [online] [dostęp: 08.01.2013r.]. Dostępny w Internecie: <http://www.pse-operator.pl/index.php?dzid=80&did=23>
- [4] Instrukcja obsługi miernika Tracer EF-100.
- [5] Instrukcja obsługi miernika Tracer MR- 100.
- [6] Jaworski M., Wróblewski Z.: Pole elektromagnetyczne w otoczeniu napowietrznych linii elektroenergetycznych, [w:] Pola elektromagnetyczne w środowisku - problemy zdrowotne, ekologiczne, pomiarowe i administracyjne, XXII Szkoła Jesienna [PTBR]: materiały konferencyjne, Zakopane 20-24 października 2008, s. 187-200.
- [7] Knych T.: Elektroenergetyczne przewody napowietrzne, teoria – materiały – aplikacje, Wydawnictwo AGH, Kraków 2010.
- [8] Machczyński W.: Wprowadzenie do kompatybilności, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [9] Matusiak R.: Teoria pola elektromagnetycznego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1976.
- [10] Siodła K., Nadolny Z., Morańda H., Przybyłek P., Sikorski W., Grzybowski A., Kasprzak W., Łopatkiewicz R., Ludwikowski K., Jakubowski K.: Pole elektryczne i magnetyczne generowane przez napowietrzne linie SN i WN, „ENERGIA elektryczna”, marzec 2010.
- [11] Tarnawski S., Kiczma B.: Pole elektryczne i magnetyczne, Wydawnictwo WSP. Opole 1982.

STEROWANIE ROBOTEM PRZEMYSŁOWYM FANUC LR MATE 200iC W PROCESIE TECHNOLOGICZNYM PRZYGOTOWANIA DETALI DO MYCIA

WSTĘP – ANALIZOWANA LINIA TECHNOLOGICZNA

Stanowisko pracy robota przemysłowego jest fragmentem linii technologicznej przeznaczonej do mycia produkowanego detalu (tłoczka) po obróbce ubytkowej. Analizowany fragment składa się z myjni przemysłowej GT250-3SP wraz z podajnikiem oraz z dwóch ciągów maszyn numerycznych CNC. Są one ustawione w jednej linii, ponadto elementem każdej obrabiarki jest podajnik, na który wystawia ona gotowe elementy.



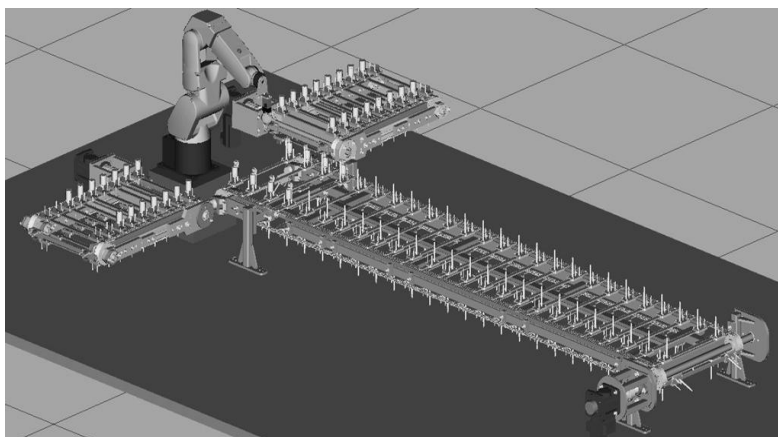
*Rys. 1. Robot przemysłowy FANUC obsługujący załadunek myjni GT250-3SP
(źródło: [1])*

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Elektryków NAPĘD I AUTOMATYKA

Z tych dwóch podajników tłoczki muszą być przekierowane na rolotok prowadzący do myjni ciśnieniowej w celu usunięcia zanieczyszczeń olejowych i wiórów powstałych podczas obróbki ubytkowej. Tłoczki wędrujące z dwóch niezależnych podajników muszą zostać odpowiednio przestawione na jeden podajnik myjni z uwagi na to umiejscowiono robota przemysłowego w centrum pomiędzy rolotokami. Model omawianego stanowiska pracy robota przemysłowego FANUC został przedstawiony na rysunku 1.

ROZMIESZCZENIE MASZYN W LINII ORAZ ICH WZAJEMNA KOMUNIKACJA

Na rysunku 2 zaprezentowano rozmieszczenie rolotoków względem pozycji robota przemysłowego. Maszyny CNC oraz myjnia przemysłowa zostały pominięte w symulacji, gdyż nie wpływają one bezpośrednio na pracę robota. Ich oddziaływanie zostało jedynie ograniczone do sygnałów komunikacyjnych z robotem, potrzebnych do stworzenia algorytmu sterującego.



*Rys. 2. Rozmieszczenie rolotoków względem pozycji robota przemysłowego
(źródło: [1])*

Robot komunikuje się ze sterownikami PLC podajników przenoszących elementy z CNC. Odbiera informacje, w których miejscach znajdują się detale do rozładunku. W analogiczny sposób robot wystawia sygnał do sterownika przenośników podczas pobierania tłoczków o tym, że rozładunek trwa. Wymusza to ich krótkie uruchomienie warunkującego bezpieczną operację. Robot otrzymuje również także informacje o możliwości załadunku detalu na

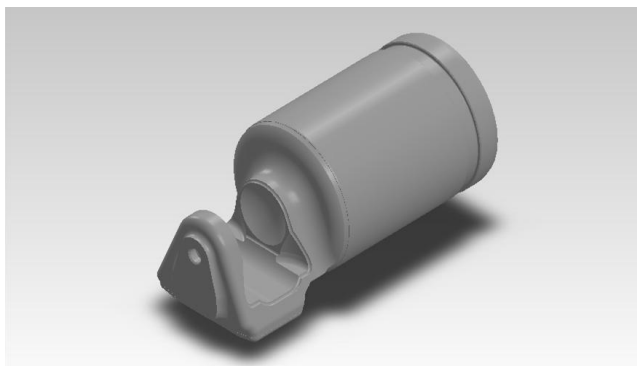
podajnik myjni. Eliminuje to sytuacje, kiedy podajnik z załadowanymi detalami nie zdążyłby odjechać, a robot próbowałby załadować kolejne detale. Możliwość odjazdu następuje po ówczesnym wysłaniu zezwolenia przez robota, czyli po poprawnym załadowaniu detalu i odjechaniu narzędziem na bezpieczną odległość.

ELEMENT MANIPULACJI

Detalem, który jest produkowany w omawianym fragmencie linii przemysłowej, jest tłoczek do układów klimatyzacji samochodowych. Tłoczki są na bieżąco produkowane w dwóch ciągach obrabiarek CNC będących elementami linii. Są one wystawiane na podajniki, w celu transportu do myjni ciśnieniowej, gdzie zostaną pozbawione wszelkich odpadków po obróbce, umyte oraz odtłuszczone przed dalszą częścią procesu produkcji.

Wysokość tego detalu to niespełna 70 mm, a jego średnica ma miarę 31 mm. Tłoczek wykonany jest z aluminium i jest pusty w środku. Jego masa przy takich wymiarach i geometrii to około 109 gramów.

Na rysunku 3 przedstawiono model tłoczka produkowanego w linii technologicznej.



*Rys. 3. Trójwymiarowy model detalu
(źródło: [1])*

Detale po procesie mycia są kierowane do maszyny kontrolującej jakość ich wykonania. Robot oprócz odpowiedniego obrócenia i zamocowania tłoczków w podajniku musi zachować ich odpowiednią kolejność na rolotoku myjni adekwatną do kolejności na podajnikach obrabiarek CNC.

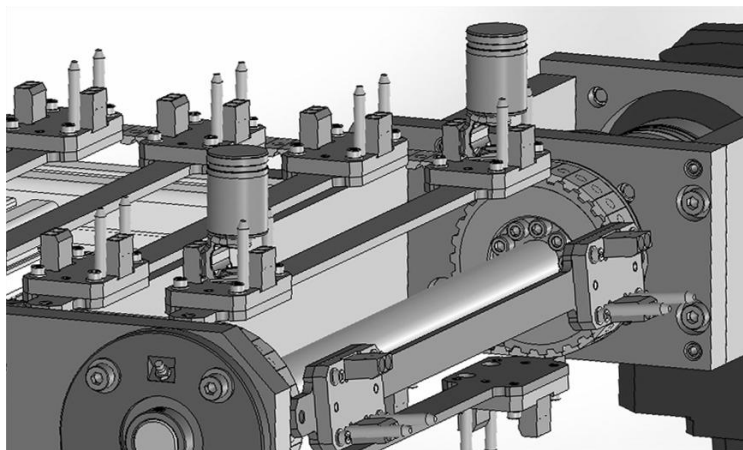
ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Obrabiarki nie mogą czekać z wystawianiem nowych elementów. Z racji tego tłoczki z podajników CNC muszą być na bieżąco rozładowywane. Przy poprawnie wykonywanej pracy jedna obrabiarka wyklada jednocześnie dwa tłoczki co 6 s na swój podajnik. To daje minimalny czas 3 s, w którym robot musi zdjąć jeden detal. W przypadku równoległego wystawienia dwóch elementów przez dwie obrabiarki, jedna zmuszona jest do odczekania 6 s, podczas których zwalniany jest drugi podajnik. Daje to nam maksymalnie 12 s na rozładowanie 2 rolotoków.

Obrabiarki CNC wykładają elementy na swoje podajniki w specjalne gniazda mocujące, które zapewniają bezpieczny transport tłoczków podczas przejazdu rolotoków. Pozycja detalu jest zawsze taka sama i ściśle uwarunkowana od konstrukcji gniazda.

Do przenośnika obrabiarki CNC tłoczek jest wkładany w pozycji pionowej charakterystycznym wypustem mocującym skierowanym w dół oraz odpowiednio w przód. Gniazdo jest specjalnie zaprojektowane do tej pozycji tłoczka.

Rysunek 4 przedstawia sposób ulokowania detalu w gnieździe rolotoków CNC.

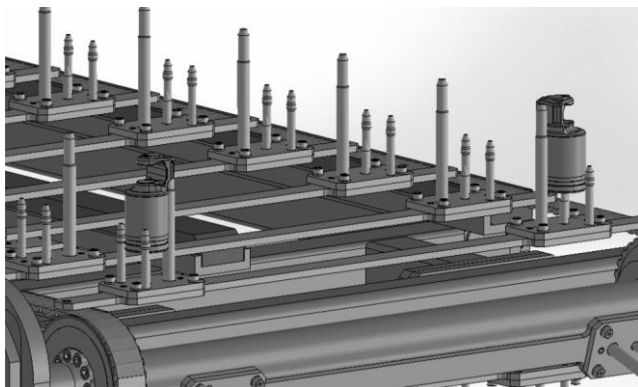


*Rys. 4. Pozycja detalu w gnieździe podajnika CNC
(źródło: [1])*

Tłoczki z przenośników CNC muszą zostać przestawione na podajnik myjni przemysłowej. Ponadto detal musi zostać odwrócony mocowaniem do góry w celu umożliwienia dokładniejszego mycia tego obszaru po obróbce ubytkowej.

Pozycję tłoczków w podajniku myjni przedstawiono na rysunku 5. Tłoczek obrócony jest o 180 stopni w pionie względem pozycji w rolotokach CNC oraz o 90 stopni w poziomie, co można zauważyć na podstawie pozycji charakterystycznego wypustu mocującego.

Gniazda zostały tak zaprojektowane, aby tłoczki mogły być bezpiecznie transportowane bez obawy o wypadnięcie czy błędną pozycję. Gniazdo umożliwia pobranie i odstawienie elementu jedynie w ściśle określony sposób – pionowo.



*Rys. 5. Pozycja detalu w gnieździe podajnika myjni ciśnieniowej
(źródło: [1])*

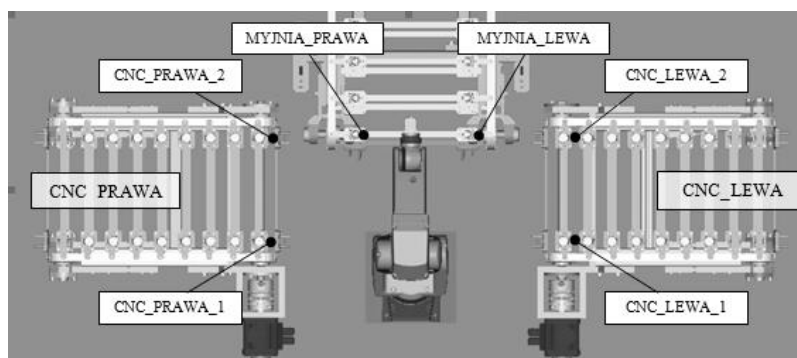
Podczas pisania programu wykonawczego należy pamiętać o zapewnieniu odpowiednich odległości pomiędzy ramieniem robota, a elementami podajników czy gniazdem mocującym tłoczek. Ma to na celu eliminację kolizji oraz uszkodzeń narzędzia wykonawczego robota i gniazda mocującego. Bardzo ważnym zagadnieniem, z jakim musi się zmierzyć programista jest precyzja podjazdu narzędzia robota przy pobieraniu i odstawianiu elementu.

ALGORYTMY STEROWANIA

Podstawowym zadaniem, które należy wykonać przed zaprogramowaniem kontrolera robota przemysłowego jest stworzenie algorytmu sterującego. Polega to na zdefiniowaniu sposobu działania maszyny, oraz określeniu zależności pomiędzy zbiorem danych wejściowych a danymi wyjściowymi. Jest on podstawą do napisania w specyficznym dla danego urządzenia języku, kodu źródłowego sterującego urządzeniem. W opisywanym zagadnieniu transportu detalu, algorytm musi ściśle określić zachowania robota w różnych sytuacjach i uzależniać wykonanie swoich czynności od pozostałych maszyn. Dodatkowo praca robota powinna spełniać założenia projektowe. W omawianej aplikacji jednym z głównych problemów, które należy wziąć pod uwagę tworząc algorytm, jest zachowanie odpowiedniej kolejności pobierania detali oraz komunikacja z pozostałymi urządzeniami.

KONCEPCJE KOLEJNOŚCI

Przestawienie czterech detali, z dwóch rolotoków na jeden dwurzędowy podajnik myjni, można zrealizować na kilka sposobów. Wybór odpowiedniego rozwiązania nie jest rzeczą łatwą i wiąże się z pewnymi kompromisami. Nazewnictwo gniazd rolotoków wykorzystywane w pracy zaprezentowane zostało na rysunku 6. Gniazda CNC_LEWA_1 i CNC_PRAWA_2 podobnie jak CNC_LEWA_2 i CNC_PRAWA_2 są ułożone wzajemnie symetrycznie.



Rys. 6. Nazewnictwo gniazd mocujących
(źródło: [1])

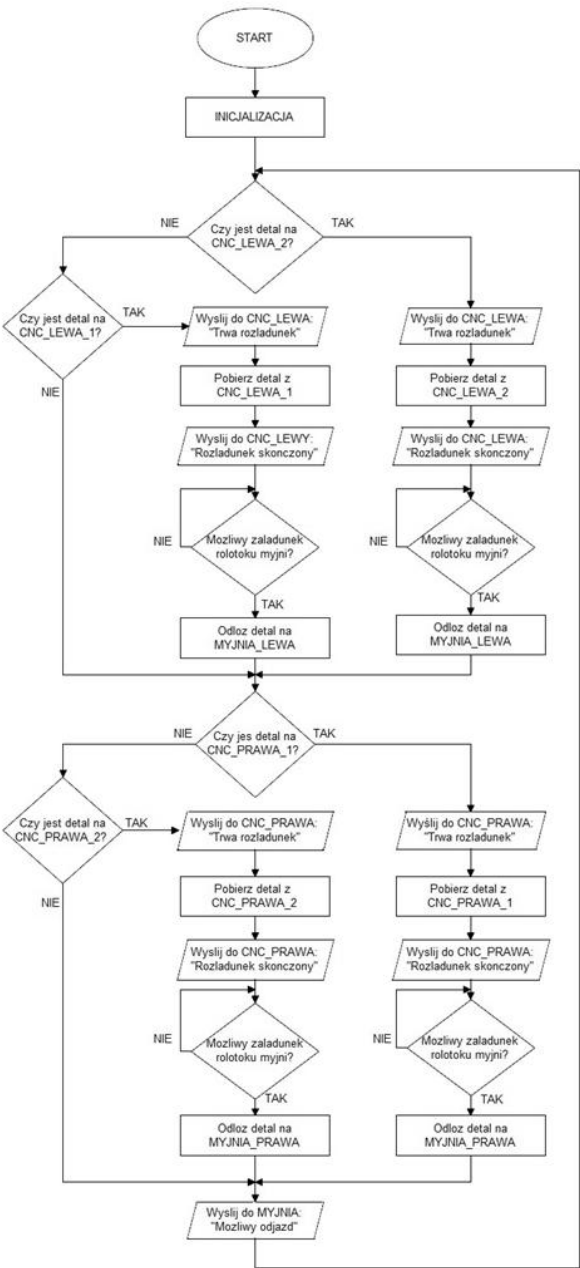
Głównym założeniem transportu detali jest załadowanie podajnika myjni elementami tak, aby była możliwa weryfikacja, który detal pochodzi, z której maszyny obrabiającej. Ma to znaczenie ze względu na kontrolę jakości procesu produkcji. Realizuje się to przez stawianie elementu z danej obrabiarki tylko po jednej stronie dwurzędowego podajnika myjni. Tak też detal, pochodzący z lewej obrabiarki CNC, będzie się znajdował zawsze po lewej stronie podajnika myjni, a tłoczysko z prawej obrabiarki po prawej stronie.

W pierwszej kolejności sprawdzane są gniazda z podajnika CNC_LEWA, jeżeli robot napotka tam detal gotowy do przeniesienia przekłada go w gniazdo MYJNIA_LEWA. W przypadku braku, detaliów zostawia wolne miejsce w rolotoku myjni i przechodzi do załadunku detalu z drugiej obrabiarki. Tam sytuacja jest identyczna. Gdy znajdzie się gotowy detal do pobrania, zostaje on przeniesiony. Natomiast, gdy nie ma żadnego detalu do pobrania robot przechodzi do sprawdzania drugiego podajnika.

Kluczowym elementem jest tu kolejność pobrania detali z drugiego rolotoku. Jest ona odwrotna niż w przypadku pierwszego podajnika. Zakładając, że na obu rolotokach obrabiarek jest komplet detali czekających na transport, to w pierwszym cyklu jako pierwszy jest pobierany detal z CNC_LEWA_2. Gniazdo to znajduje się najbliżej podajnika myjni. Po czym, jako drugi element, jest pobierany detal z gniazda CNC_PRAWA_1, czyli pozycji oddalonej dalej niż CNC_PRAWA_2 od miejsca docelowego tłoczków. Symetrycznym odpowiednikiem tego miejsca na drugim rolotoku jest CNC_LEWA_2. W drugim cyklu są pobierane pozostałe detale odpowiednio z CNC_LEWA_1 i CNC_PRAWA_2. Takie działanie ma na celu zrównoważyć czasy załadowania detali w kolejnych cyklach.

SCHEMAT BLOKOWY STEROWANIA

Zaproponowany przez nas algorytm sterujący pracą robota został zaprezentowany na rysunku 7. W przedstawionym algorytmie nie została uwzględniona sytuacja, kiedy na żadnym z dwóch podajników obrabiarek nie znajdzie się detal. Zakłada się, że tak sytuacja nie będzie występować często, gdyż nie jest to korzystne dla procesu produkcji. Dlatego też zamieszczenie w algorytmie rozwiązania takiego problemu znacząco pogorszyłoby czytelność algorytmu.



Rys. 7. Algorytm sterujący pracą robota
(źródło: opracowanie własne na podstawie [2])

Gdy zdarzy się wspomniana sytuacja braku detali na obu podajnikach, robot będzie cyklicznie sprawdzał dostępność gniazda zapisując w rejestrach pomocniczych ilość kolejnych negatywnych sprawdzeń. W momencie napotkania gotowego detalu rejestr jest zerowany. Kiedy ilość kolejnych negatywnych sprawdzeń osiągnie określoną wartość, robot przechodzi do pozycji domowej i kończy swoją pracę. Taki sposób pracy jest możliwy dzięki zastosowaniu dodatkowego programu, pracującego równolegle z głównym. Jego praca polega na cyklicznym sprawdzaniu wspomnianego rejestru. Gdy przekroczy on pewną ustaloną wartość, cykl pracy jest kończony. Ponowne uruchomienie wymaga wtedy ingerencji operatora, który po wyeliminowaniu przyczyny braku przedmiotów manipulacyjnych, uruchamia ponowny cykl pracy.

WIRTUALNE ŚRODOWISKO

Głównym zadaniem programisty robota przemysłowego jest stworzenie algorytmu, który będzie realizował powierzone robotowi zadania. Kolejnym etapem jest napisanie programu sterującego. Stworzenie odpowiedniego kodu, przy użyciu tylko programatora wbudowanego w kontroler jest możliwe w przypadku prostych aplikacji. Przy bardziej zaawansowanych projektach, gdzie kontrola trajektorii i czasu cyklu jest już bardziej skomplikowana, programowanie takie staje się niebagatelnie trudne. Jednym z narzędzi pomocnych w takich sytuacjach jest oferowane przez firmę FANUC środowisko wizualizacyjne i symulacyjne „FANUC Roboguide”. Daje ono szerokie możliwości optymalizacyjne jak również diagnostyczne. Za jego pomocą możemy połączyć się z robotem na odległość i monitorować aktualny stan urządzenia. Jest to niezmiernie ważna zaleta umożliwiająca detekcję różnego rodzaju błędów czy awarii, nie będąc w pobliżu linii produkcyjnej.

Podczas tworzenia programu w wirtualnym środowisku mamy do wyboru dwie możliwości programowania. Pierwsza z nich polega na użyciu wirtualnego iPendanta. Dzięki czemu programowanie ruchów robota odbywa się w taki sam sposób jak ma to miejsce w rzeczywistym urządzeniu. W przypadku stworzenia programu, istnieje możliwość zapisania plików programu na zewnętrznym nośniku pamięci i przeniesieniu ich do robota.

Drugim sposobem programowania jest tworzenie plików symulacji wykorzystując przyjemny interfejs programu. Pozwala nam to na obrazowanie przestrzeni pracy czy badanie kolizji. Wyświetlanie kierunku ruchu w postaci

mapy punktów znacznie upraszcza tworzenie programu sterującego. Pliki programu symulacyjnego nie można bezpośrednio przenieść do kontrolera robota. Z racji tego, że jest to metoda programowania zoptymalizowana pod kątem badania i modelowania trajektorii ruchu i czasu cyklu należy uprzednio przekonwertować powstały kod. Dopiero po takiej operacji jest możliwa adaptacja stworzonego programu do robota.

5. PODSUMOWANIE

Celem pracy było stworzenie algorytmu robota przemysłowego, obsługującego załadunek detali do myjni ciśnieniowej oraz zasymulowanie jego pracy w środowisku wizualizacyjnym FANUC Roboguide.

Ze względu na praktyczny charakter pracy najważniejszym jej etapem było uruchomienie zaprogramowanego robota oraz sprawdzenie poprawności stworzonego algorytmu. Niniejsza praca dotyczyła rozwiązania rzeczywistego problemu transportu i załadunku detali.

LITERATURA

- [1] *Sanden rozbuduje zakład w Polkowicach*, <http://www.motoryzacja.wnp.pl>, (dostępna 12 marzec 2012).
- [2] Jagodziński J. Zadarnowska K.: *Obsługa i programowanie robota FANUC (R-30iA)*, <http://rab.ict.pwr.wroc.pl/dydaktyka/instrukcje>, (dostępna 12 styczeń 2013).

POMIAR MOCY ZABURZEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH METODĄ CĘGÓW ABSORPCYJNYCH W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI 30 ÷ 300 MHz

WSTĘP

W okresie ostatnich kilkudziesięciu lat obserwujemy ciągły wzrost liczby urządzeń elektrycznych i elektronicznych w naszym otoczeniu. Pomagają społeczeństwu w pracy, dostarczają rozrywki lub nawet ratują życia. Niewielki procent jednak populacji zdaje sobie jednak sprawę, że są one także źródłem zaburzeń elektromagnetycznych wpływających na nasze zdrowie oraz pracę innych urządzeń. Zaburzenia te można podzielić na wiele rodzajów, m.in. niskiej i wysokiej częstotliwości, propagowane promieniowo bądź przewodowo. Charakter tych zaburzeń może być nieintencjonalny, gdy są one wytwarzane w sposób niezamierzony podczas normalnej pracy obiektu, bądź intencjonalny, kiedy celowo wytwarzamy pola elektromagnetyczne (np. radary, radiokomunikacja). Ich oddziaływanie może być bardzo różne, często prowadzi jednak do uszkodzenia sprzętu, bądź utraty kontroli nad nim. Stąd konieczność regularnego monitorowania poziomów pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez te urządzenia. Zaburzeń nie da się w całości eliminować, należy jednak poprzez wykorzystanie dostępnych technologii i technik pomiarowych dążyć do jak największego ich ograniczenia. W celu eliminacji niekorzystnych zjawisk wywoływanych przez zaburzenia elektromagnetyczne należy tak konstruować urządzenia elektryczne i elektroniczne, by emitowały one jak najmniejszą energię zaburzeń. Dodatkowo przy konstruowaniu urządzeń należy również brać pod uwagę, by były one jak najbardziej odporne na zaburzenia emitowane przez inne urządzenia. Taka zdolność do współistnienia urządzeń w jednym środowisku elektromagnetycznym i ich normalnej pracy bez powodowania nadmiernych zaburzeń określana jest mianem kompatybilności

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL

² Politechnika Lubelska, Instytut Podstaw Elektrotechniki I Elektrotechnologii

elektromagnetycznej. Osiąga się ją przez odpowiednie konstruowanie urządzeń, właściwy dobór elementów, odpowiednie ich połączenie, a także przez stosowanie filtrów i ekranów. Pomiary dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych stanowią nieodłączny element procesu wytwórczego urządzenia i stanowią niepodważalne źródło informacji o jego właściwościach.

W celu określenia poziomów odporności, emisyjności i kompatybilności urządzenia przeprowadza się szereg badań. W niniejszym artykule zostanie przedstawiony sposób pomiaru mocy zaburzeń elektromagnetycznych metodą wykorzystującą cęgi absorpcyjne oraz specjalnie do tego celu zaprojektowane i wykonane stanowisko pomiarowe, będącego tematem inżynierskiej pracy dyplomowej. Przedstawiona jest w nim procedura badań oraz wyniki badań kilku przedmiotów stosowanych w codziennym życiu.

POMIAR MOCY PROMIENIOWANEJ PRZY UŻYCIU CĘGÓW ABSORPCYJNYCH

W ramach kompatybilności elektromagnetycznej prowadzone są badania emisji elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Emisja ta może odbywać się poprzez przewody zasilające, sterujące, bądź interfejsowe lub przez promieniowanie do otoczenia. W pierwszym przypadku są to zaburzenia przewodzone, w drugim natomiast promieniowane. Na granicy tych dwóch rodzajów emisji długie przewody mogą stać się oprócz nośnikiem galwanicznym również układem antenowym. Podobnie może stać się z korpusem urządzenia, który w pewnych sytuacjach może zacząć emitować pole elektromagnetyczne do otoczenia. Dla takich właśnie przypadków konieczne jest określenie wartości promieniowanej mocy. Istnieje kilka metod pomiaru tej wielkości. Uwzględniają one sposób promieniowania oraz wielkość przedmiotu w stosunku do długości przewodu.

W badaniach wykorzystano metodę, którą opracował Mayer de Stadelhofen. Dotyczy ona obiektów, których rozmiary są małe w porównaniu z długością fali promieniowanych zakłóceń, a więc promieniowanie odbywa się przez dołączone do nich linie zasilające, przewody sterujące lub kable interfejsowe. Dla tego przypadku źródłem promieniowania jest składowa niesymetryczna prądu płynąca w dołączonych do badanego obiektu przewodach [1, 3, 5]. Metoda ta polega na pomiarze natężenia prądu zakłóceń płynącego przez znaną impedancję obciążenia w warunkach dopasowania, to znaczy przy zachowaniu warunku:

$$Z_o \approx R_o \quad (1)$$

gdzie: Z_o – impedancja obciążenia, Ω ; R_o – rezystancja obciążenia, Ω .

Za układ dopasowujący stosowany jest odcinek linii dołączonej do badanego obiektu o odpowiednio dobranej długości. Dzięki temu uzyskuje się kompensację składowej urojonej. Niemożliwe jest jednak pełne dopasowanie składowych rzeczywistych, to znaczy rezystancji źródła R_z do rezystancji obciążenia R_o [2].

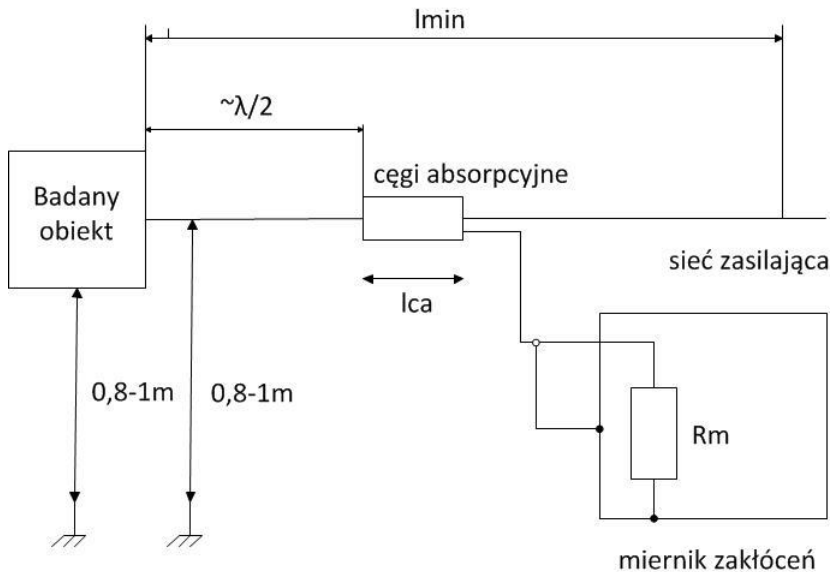
Minimalna długość linii dołączonej do badanego obiektu niezbędna od znalezienia pierwszego maksimum fali stojącej określana jest z zależności 2:

$$l_{\min} = \frac{\lambda_{\max}}{2} + l_{ca} \quad (2)$$

gdzie: l_{\min} – minimalna długość linii, m; λ_{\max} – maksymalna długość fali, m; l_{ca} – długość cęg absorpcyjnych, m.

Odległość ta jest największym wymiarem stanowiska pomiarowego. Oprócz tego stanowi praktyczne ograniczenie zakresu częstotliwości pomiarowych od dołu. Od góry zakres częstotliwości pomiarowych jest ograniczony przez gabaryty badanego obiektu oraz konstrukcję cęgów absorpcyjnych [4].

Na rysunku 1 przedstawiona jest klasyczna konfiguracja stanowiska pomiarowego do pomiaru mocy dysponowanej przy użyciu cęgów absorpcyjnych.



Rys. 1. Przykład konfiguracji stanowiska pomiarowego do pomiaru mocy dysponowanej przy użyciu cęgów absorpcyjnych
(źródło: [4])

STANOWISKO POMIAROWE I SPRZĘT POMIAROWY WYKORZYSTANY W BADANIACH

Stanowisko pomiarowe, które przygotowano do badań składało się z następujących elementów:

- stół pomiarowy (ława pomiarowa),
- miernik zakłóceń,
- przewody pomiarowe,
- cęgi absorpcyjne.

Stół pomiarowy umożliwiał poziome umieszczenie promieniującego przewodu i przesuwanie po nim nałożonych cęgów absorpcyjnych. Wyposażony był w prowadnicę cęgów, którą stanowiły specjalne rowki. Projekt i wykonanie konstrukcji stołu były głównym celem prowadzonej pracy naukowej zarówno w ramach działalności koła naukowego jak i pracy inżynierskiej. Całość została wykonana zgodnie z wymaganiami dotyczącymi pomiarów mocy zaburzeń elektromagnetycznych.

Jako miernik zakłóceń wykorzystano odbiornik pomiarowy ESCII 3 firmy Rohde & Schwarz. Jest to typowy odbiornik EMI, spełniający wszystkie

wymagania stawiane urządzeniom do pomiarów EMC. Na kolejnych rysunkach przedstawione są: odbiornik pomiarowy wraz z podstawowymi parametrami oraz przewody pomiarowe wykorzystane do badań.

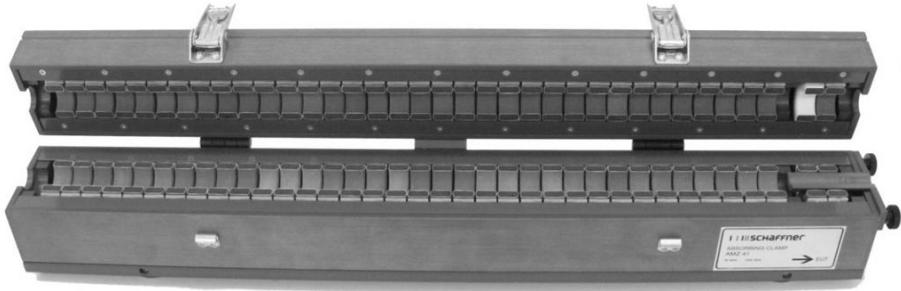


Parametry

Pełna zgodność z wymaganiami publikacji CISPR - 16 - 1 - 1, wbudowany preselektor
Zakres częstotliwości pracy 9 kHz - 3 GHz
Wejście Typu N, 50 Ω , wbudowany tłumik w.cz.
0 ÷ 70 dB z krokiem ≤ 5 dB,
zabezpieczenie przed sygnałami impulsowymi
Dopuszczalny poziom wejściowy $\geq +30$ dBm dla sygnału sinusoidalnego, 50V DC
Detektory Szczytowy, QP, AV, CISPR AV, RMS, min.3 detektory jednocześnie

Rys. 2. Odbiornik ESCI3 firmy Rohde & Schwarz wraz z parametrami
(źródło: opracowanie własne)

Do badań wykorzystano cęgi absorpcyjne Schaffner AMZ 41 o zakresie pomiarowym 30 - 1000 MHz. Składają się one z trzech głównych elementów: absorbera, transformatora prądowego i filtra zaporowego. Wszystkie te elementy zamknięte są we wspólnej obudowie. Element pochłaniający wykonany jest z kilkudziesięciu pierścieni ferrytowych, wewnątrz których umieszcza się promieniujący przewód dołączany do badanego obiektu. Wymaganą wartość impedancji wejściowej Z_0 uzyskuje się przez odpowiedni dobór materiału, liczby i rozmiarów pierścieni. Impedancja ta stanowi obciążenie badanego obiektu pochłaniające energię wielkiej częstotliwości, rozchodzącą się wzdłuż dołączonego przewodu. Dodatkowym zadaniem elementu pochłaniającego jest izolowanie obwodu pomiarowego od zmian impedancji występujących poza nim. W celu ułatwienia umieszczania promieniującego przewodu wewnątrz pierścieni wykonano je z dwóch półpierścieni umieszczonych w dwóch częściach obudowy, połączonych zawiasowo. Na rysunku 3 przedstawione są cęgi absorpcyjne użyte do badań, natomiast na rysunku 4 stanowisko pomiarowe.



*Rys. 3. Cęgi absorpcyjne pomiarowe AMZ 41C firmy Schaffner
(źródło: opracowanie własne)*






*Rys. 4. Widok zaprojektowanego stanowiska pomiarowego
(źródło: opracowanie własne)*

MODELE DO BADAŃ, PROCEDURA I WYNIKI BADAŃ

Do badań zostały wybrane trzy przedmioty bardzo powszechne w życiu człowieka: zasilacz komputerowy, mikser kuchenny oraz świetlówka energooszczędna. Zdjęcia tych przedmiotów oraz ich parametry przedstawione są w poniższej tabeli.

Tabela 1. Przedstawienie przedmiotów badań

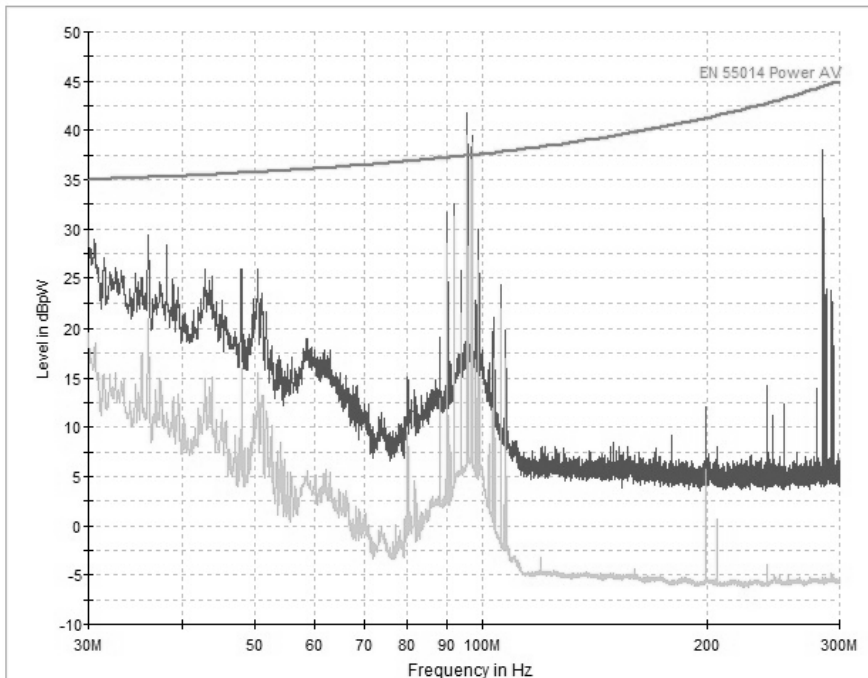
Widok przedmiotu badań	Parametry
	Zasilacz komputerowy Typ: AT Moc znamionowa: 200W Napięcie znamionowe: 230V
	Mikser kuchenny Typ: CB 334 Napięcie znamionowe: 230V Częstotliwość znamionowa: 50/60Hz Moc znamionowa: 200W
	Światłówka energooszczędna Napięcie znamionowe: 220 - 240V Prąd znamionowy: 87mA Częstotliwość znamionowa: 50/60Hz Moc znamionowa: 11W

(źródło: opracowanie własne)

Po fizycznym przygotowaniu stanowiska pomiarowego przystąpiono do skonfigurowania jego strony programowej, za którą odpowiedzialny był program EMC32. Wybrano odpowiedni rodzaj pomiaru i zdefiniowano urządzenia, które miały wziąć w nim udział. Następnie wybrano mierzoną wielkość oraz graniczne częstotliwości, w których ta wielkość miała być mierzona. Zaznaczono również, że na charakterystyce ma zostać pokazana wartość maksymalna oraz średnia.

Po ustawieniu szablonu pomiaru przystąpiono do pomiarów właściwych. Z uwagi na to, że badania przeprowadzane były w pomieszczeniu nieekranowanym postanowiono, że pierwszym pomiarem będzie pomiar tła, który miał pokazać jak duży jest poziom promieniowanej mocy wynikającej

z tego, że przewód o tak dużej długości pozbawiony zasilania zachowuje się jak antena i odbiera zaburzenia z otaczającego go środowiska. Na rysunku 5 przedstawiona jest charakterystyka mocy promieniowanej w funkcji częstotliwości w przypadku, gdy przewód zasilający zachowuje się jak antena.

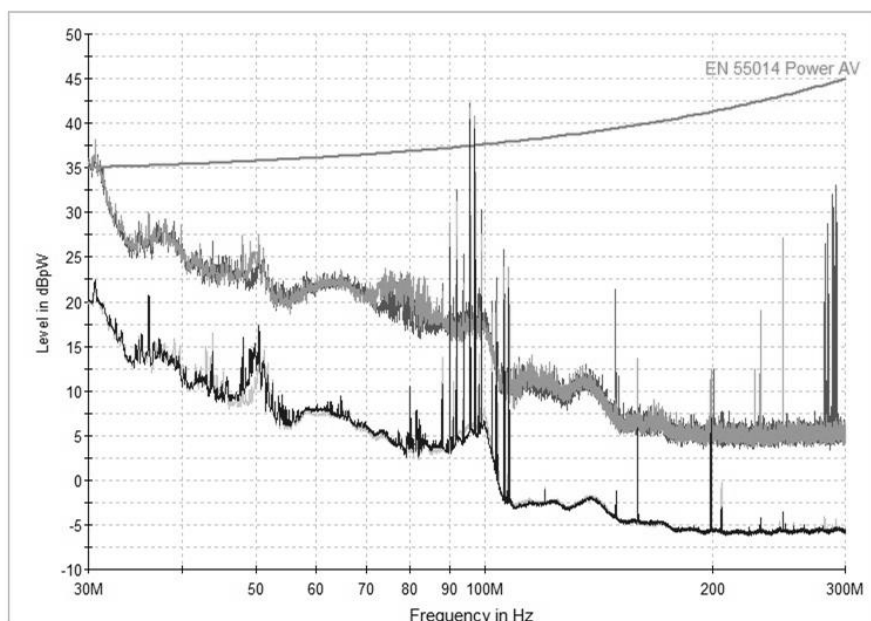


*Rys. 5. Charakterystyka mocy promieniowanej w funkcji częstotliwości w przypadku, gdy przewód zasilający zachowuje się jak antena
(źródło: opracowanie własne)*

Kolorem niebieskim zaznaczono wartość maksymalną, natomiast zielonym średnią wartość mocy promieniowanej. Analiza powyższej charakterystyki pozwala zauważyć wyraźne zwiększenie poziomu mocy promieniowanej w przedziale częstotliwości radiowych 80 – 120MHz oraz częstotliwości, w której rozpoczyna się nadawanie telewizji cyfrowej – ok. 300 MHz. Te zwiększone poziomy mocy promieniowanej są niestety wynikiem prowadzenia badań w pomieszczeniu nieekranowanym, co powoduje indukowanie się napięcia w przewodzie i wpływa na wartość pomiaru.

Pierwszym z badanych urządzeń był impulsowy zasilacz komputerowy AT o mocy 200 W, który został przedstawiony na rysunku 6.

W przypadku zasilacza komputerowego pomiary przeprowadzono dwiema metodami pomiarów. Pomiar pierwszą metodą wykonany był tuż przy obiekcie, ponieważ doświadczalnie udowodniono, że to właśnie tam zwykle występują największe przekroczenia. Taki rodzaj badania wykonuje się dla urządzeń, które są już na rynku i których konstrukcja nie odbiega znacznie od innych urządzeń tego typu. Na rysunku 6 przedstawiono charakterystykę mocy promieniowanej badanego zasilacza.



Rys. 6. Charakterystyka mocy promieniowanej badanego zasilacza
(źródło: opracowanie własne)

Powyższa charakterystyka została wykreślona dla dwóch trybów pracy zasilacza: z włączonym w obwód kondensatorem przeciwzakłóceńowym oraz ze zwartym kondensatorem przeciwzakłóceńowym. Kolorem niebieskim i pomarańczowym oznaczono odpowiednio wartość maksymalną mocy promieniowanej przy włączonym w obwód kondensatorze przeciwzakłóceńowym oraz przy zwartym kondensatorze. Kolor zielonym obrazuje wartość średnią mocy promieniowanej przy włączonym kondensatorze,

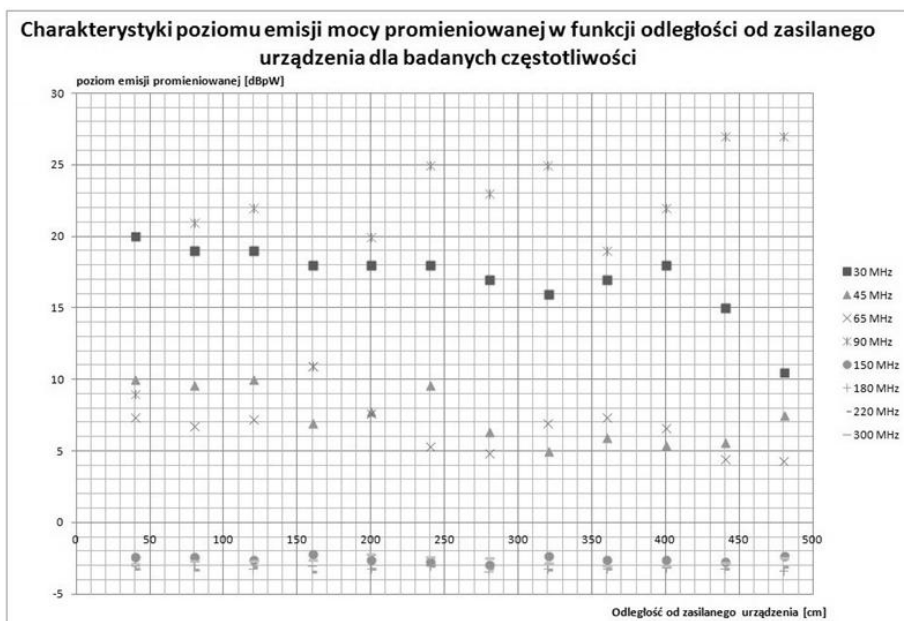
natomiast kolor brązowy wartość średnią mocy promieniowanej przy wyłączonym kondensatorze. Kolorem różowym oznaczona jest krzywa określająca dopuszczalne według podanej normy wartości mocy promieniowanej przy danej częstotliwości pomiarowej. Przy ocenie wyników pomiarów pod uwagę brane są tylko pomiary wartości średniej.

Badania drugą metodą przeprowadza się dla urządzeń, których konstrukcja jest całkowicie nowa i dotąd nieznana. Dla takich urządzeń przeprowadza się pierwszy pomiar w sposób opisany wcześniej oraz drugi, opisany następująco. Dla częstotliwości pomiarowych wymienionych w tabeli 2 dokonuje się pomiaru mocy promieniowanej w funkcji odległości od badanego urządzenia. W tym celu na odborniku pomiarowym ustawia się żadaną wartość częstotliwości, natomiast cęgami pomiarowymi przesuwają się wzdłuż badanego przewodu i notuje otrzymane wyniki. Otrzymane wyniki stanowią podstawę do wykreślenia wykresu punktowego obrazującego poziom mocy promieniowanej dla każdej z badanych częstotliwości w każdym punkcie pomiarowym. Dodatkowo w przypadku stwierdzenia dużych przekroczeń dla danych częstotliwości w pierwszym badaniu, drugie badanie wykonuje się dla częstotliwości zawartych w tabeli 2 oraz dla tych, w których wystąpiły przekroczenia w pierwszym badaniu. Na rysunku 7 przedstawione są pomiarowe charakterystyki.

Tabela 2. Częstotliwości pomiarowe w zakresie 30 - 300MHz

Częstotliwości pomiarowe	MHz	30	45	65	90	150	180	220	300
--------------------------	-----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

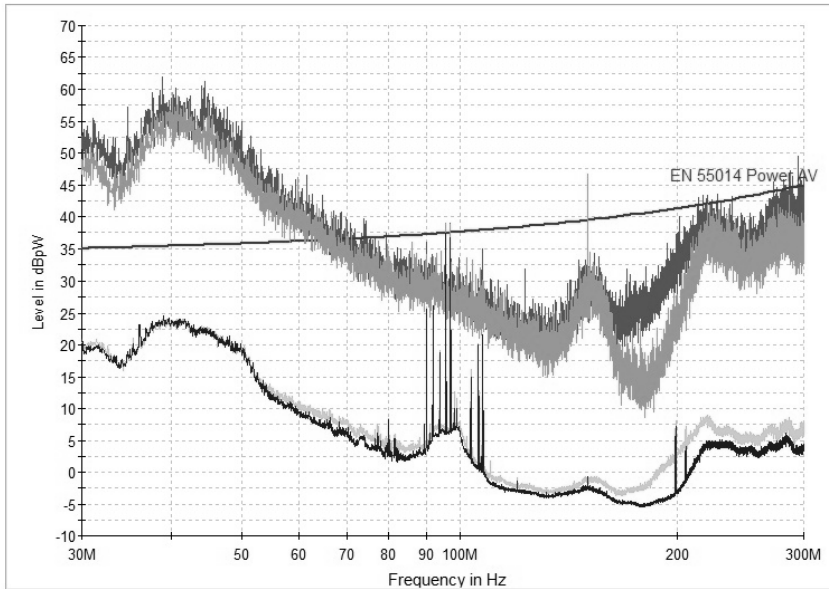
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 7. Charakterystyki poziomu emisji mocy promieniowanej dla badanych częstotliwości w funkcji odległości od badanego urządzenia
(źródło: opracowanie własne)

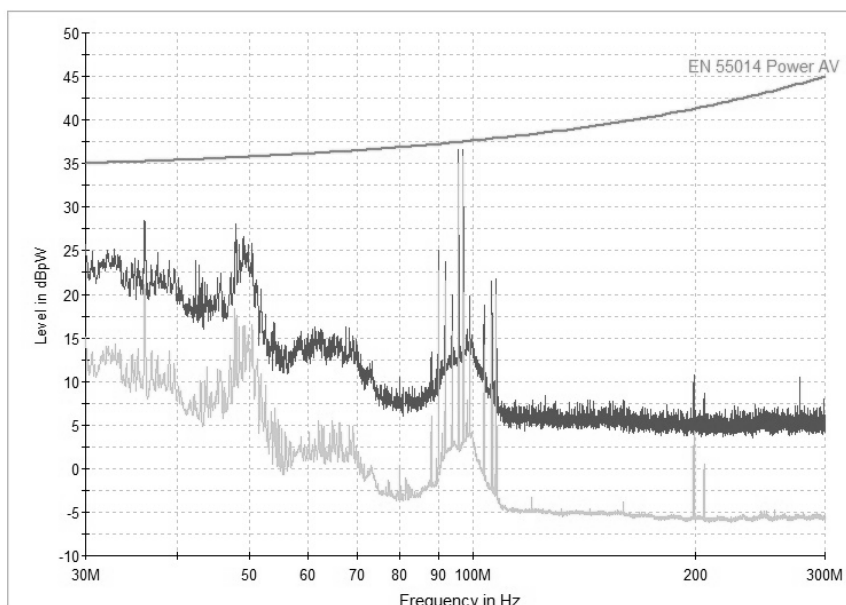
Drugim z badanych urządzeń był mikser kuchenny. W przypadku miksera kuchennego pomiar mocy promieniowanej przeprowadzony był pierwszą metodą dla dwóch biegów: najniższego oraz najwyższego. Ich wyniki zostały przedstawione na rysunku 8.

Kolorem niebieskim zaznaczono wartość maksymalną mocy promieniowanej przy pracy miksera na najniższym biegu, kolorem pomarańczowym natomiast również wartość maksymalną ale w czasie, gdy mikser pracował na najwyższym biegu. Kolor zielony oznacza wartość średnią mocy promieniowanej miksera pracującego na najniższym biegu, zaś kolor brązowy przedstawia wartość średnią miksera pracującego na najwyższym biegu.



Rys. 8. Charakterystyka mocy promieniowanej miksera kuchennego w funkcji częstotliwości
(źródło: opracowanie własne)

Ostatnim z badanych urządzeń była świetlówka energooszczędna. Na poniższej charakterystyce kolorem niebieskim ponownie oznaczono maksymalną wartość mocy promieniowanej, zaś kolorem zielonym średnią wartość mocy promieniowanej. Krzywą określającą limit dopuszczanych zaburzeń jest norma EN55014. Podczas pracy urządzenia nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnego poziomu zaburzeń.



Rys. 9. Charakterystyka mocy promieniowanej badanej świetłówki energooszczędnej
(źródło: opracowanie własne)

WNIOSKI

Analiza zaprezentowanych charakterystyk umożliwia stwierdzenie, że przekroczenia dopuszczalnej wartości mocy promieniowanej wystąpiły w pracy zasilacza komputerowego oraz miksera. Jednak porównanie tych charakterystyk z charakterystykami tła wykonanymi na początku badań pozwala wysnuć wniosek, że te przekroczenia, występujące w paśmie radiowym nie są wynikiem złej konstrukcji urządzenia i jego właściwości, lecz przeprowadzania badań w pomieszczeniu nieekranowanym, w którym na wynik pomiaru miały wpływ zaburzenia elektromagnetyczne pochodzące z otoczenia.

Kompatybilność elektromagnetyczna ma duże znaczenie w elektrotechnice. Zapewnia poprawne działanie urządzeń w środowisku elektromagnetycznym bez powodowania nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych. Dzięki temu nie pogarszają się warunki otaczającego środowiska elektromagnetycznego, w którym żyje człowiek.

Badanie rozkładów pól elektromagnetycznych umożliwia stały monitoring środowiska naturalnego. Wraz z postępem technologicznym w otoczeniu

człowieka pojawia się coraz więcej urządzeń, które zmieniają charakter i poziom tych pól elektromagnetycznych. Monitoring środowiska jest ważnym zagadnieniem, ponieważ zbyt duże poziomy pól elektromagnetycznych negatywnie wpływają na zdrowie i samopoczucie człowieka. Dlatego bardzo ważne jest, by producenci wypuszczali na rynek urządzenia, których konstrukcja zapewnia jak najniższe poziomy emitowanych pól elektromagnetycznych.

Pomiar poziomów pól elektromagnetycznych jest pomiarem bardzo złożonym i obejmującym wiele elementów. Jednym z nich jest pomiar mocy promieniowanej, który dostarcza informacji na temat zaburzeń elektromagnetycznych, które są emitowane do otaczającego środowiska przez przewody zasilające, sterujące, bądź interfejsowe.

LITERATURA

- [1] Grzebyk W.E.: Zakłócenia radioelektryczne przewodzone, Raport ITA Pwr, nr SPR-075/90, Wrocław 1990.
- [2] Machczyński W.: Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [3] Mazurek P.A.: Laboratorium podstaw kompatybilności elektromagnetycznej, Politechnika Lubelska, Lublin 2010.
- [4] Więckowski T.W.: Pomiar emisyjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
- [5] Wrotkiewicz W.: Kompatybilność elektromagnetyczna w radiotechnice, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.

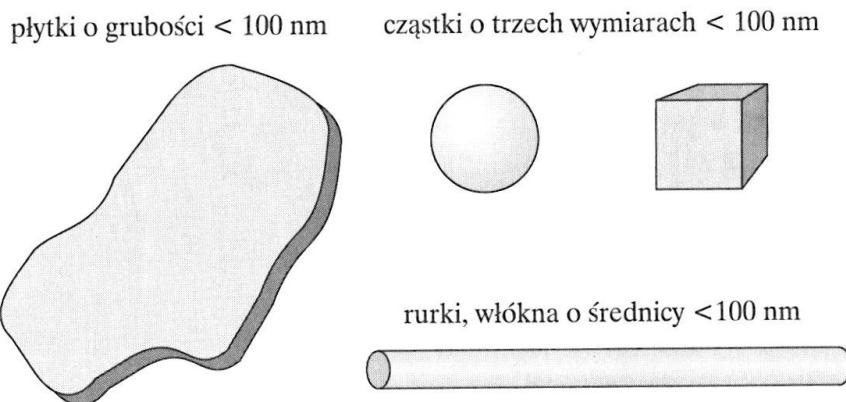
WŁAŚCIWOŚCI TYPU INDUKCYJNEGO WYBRANYCH NANOKOMPOZYTÓW METAL-DIELEKTRYK

MATERIAŁY NANOSTRUKTURALNE W TECHNICIE

W ciągu ostatnich kilku lat popularne stały się tematy związane z nanotechnologią. Jest to między innymi wynikiem powstawania urządzeń o znacznie mniejszych wymiarach, ale też o zdecydowanie wyższej wydajności. Inżynierowie stoją przed wyzwaniem opracowywania materiałów o właściwościach, które w skali mikro są już nieosiągalne. Dlatego powstała nowa dziedzina inżynierii materiałowej zajmująca się nanomateriałami. Wyróżnić tutaj można materiały takie jak nanometale (zwane szklami metalicznymi), nanoproszki i nanospieki ceramiczne, nanowarstwy powierzchniowe, nanowłókna, bardzo popularne nanostruktury węglowe oraz nanokompozyty [1].

Nanokompozytem jest materiał składający się z co najmniej dwóch komponentów, o odmiennych właściwościach, przy czym przynajmniej jeden z nich ma rozmiary nanometryczne. Dzięki temu materiały tego typu wykazują znacznie lepsze właściwości niż mikrokompozyty o takim samym składzie chemicznym i fazowym. Jest to spowodowane dodatkiem nanonapełniaczy. Nanonapełniaczami mogą być cząstki w różnym kształcie (rys. 1) [2].

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON



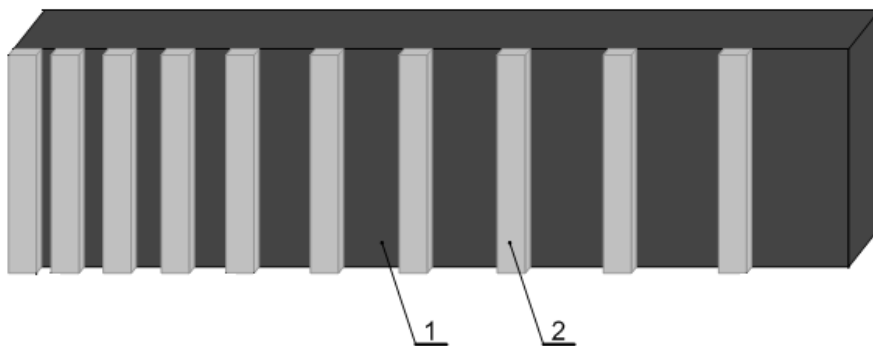
Rys. 1. Przykłady nanonapełniaczy nanokompozytów
(źródło: [2])

Perspektywicznym kierunkiem rozwijającej się technologii nanomateriałów jest otrzymanie nanokompozytów, w skład których wchodzi nanocząstki metalu losowo rozmieszczone w osnowie o właściwościach dielektrycznych. W roli nanonapełniacza często stosowane są metale ferromagnetyczne oraz stopy na ich bazie. W przypadku matrycy stosowana jest tlenkowa ceramika techniczna o właściwościach dielektrycznych, jak Al_2O_3 , czy SiO_2 [3].

OBIEKT I CEL BADAŃ – NANOKOMPOZYT $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$

Wybrane materiały do badań składają się z nanocząsteczek fazy metalicznej $\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10}$, losowo rozmieszczonych w osnowie dielektrycznej $[\text{Pb}_{81}\text{Sr}_4(\text{Na}_{50}\text{Bi}_{50})_{15}(\text{Zr}_{57,5}\text{Ti}_{42,5})\text{O}_3]$ zwanej w skrócie PZT – od pierwszych liter głównych metali tworzących dielektryk. Zastosowany materiał poza właściwościami dielektrycznymi, wykazuje właściwości ferroelektryczne [4].

Nanokompozyt $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$ został otrzymany metodą rozpylania jonowo wiązkowego tarcz składających się z płytek dielektryka PZT umieszczonych na płytce ze stopu $\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10}$ (rys. 2). Rozpylanie przeprowadzono kombinowaną wiązką jonów tlenu i argonu [4].



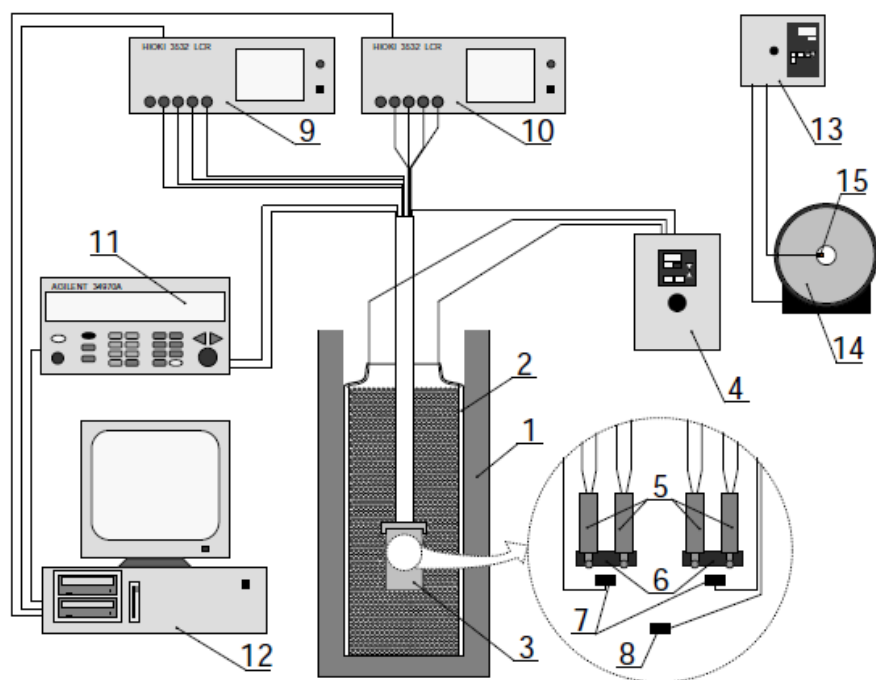
Rys. 2. Wygląd rozpylanej tarczy składającej się ze stopu metalu $\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10}$ (1) oraz z płytek z PZT (2)
(źródło: [3])

Do badań wybrano nanokompozyty o czterech różnych zawartościach fazy metalicznej CoFeZr: $x_1=73,2$ at.%, $x_2=80$ at.%, $x_3=85,8$ at.% oraz $x_4=90$ at.%.

Celem przeprowadzonego eksperymentu było określenie zależności wielkości kąta przesunięcia fazowego Θ , pojemności C_p , tangensa kąta strat $\tan\delta$ oraz rezystancji R od częstotliwości f oraz temperatury pomiarowej T_p dla badanego nanokompozytu $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$. Na tej podstawie wyciągnięto szereg wniosków dotyczących właściwości indukcyjnych danego materiału.

STANOWISKO BADAWCZE I PARAMETRY POMIARÓW

Pomiary wielkości elektrycznych nanokompozytów $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$ przeprowadzono przy użyciu aparatury prądu zmiennego. Dzięki temu możliwe było określenie parametrów takich jak: kąt przesunięcia fazowego Θ , pojemność C_p , tangens kąta strat $\tan\delta$ oraz rezystancji R w funkcji częstotliwości. Wykorzystane zostało komputerowe stanowisko pomiarowe zaprojektowane i zbudowane w Katedrze Urządzeń Elektrycznych i Techniki Wysokich Napięć Politechniki Lubelskiej (rys. 3) [5, 6].



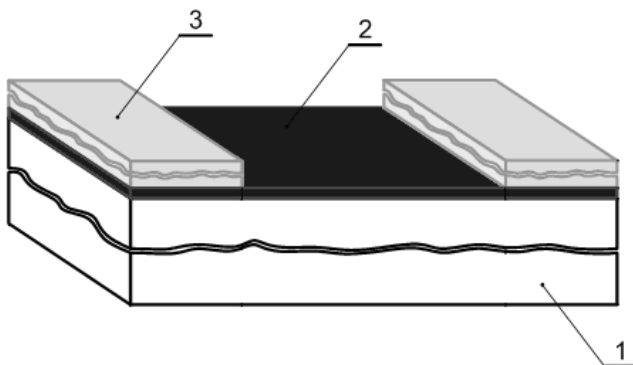
Rys. 3. Stanowisko pomiarowe do badania właściwości elektrycznych nanokompozytów
(źródło: [3])

Głównymi elementami stanowiska pomiarowego są [5, 6]:

- Cyfrowe mierniki impedancji (9 i 10) dokonujące pomiarów kąta przesunięcia fazowego Θ , tangensa kąta strat $\operatorname{tg}\delta$ oraz pojemności C_p i rezystancji R w układzie zastępczym równoległym w przedziale temperatur od 77 K do 373 K dla 50 wybranych częstotliwości z zakresu od 50 Hz do 5 MHz;
- Wielokanałowy rejestrator temperatury (11);
- Czujniki PT-100 (7) połączone z rejestratorem temperatury;
- Regulator (4) połączony z czujnikiem PT-100 (8) oraz z elastycznym elementem grzejnym (2) znajdującymi się wewnątrz naczynia Dewara (1);
- Pojemnik (3), w którym znajdują się próbki, umieszczane pomiędzy stykami (5);
- Komputer (12) z programem napisanym w środowisku Visual Basic, który sprzęga i steruje całym stanowiskiem pomiarowym;

- Piec rurowy (14), w którym odbywa się izochroniczne wygrzewanie próbek dla określonych temperatur T_a z przedziału od 398 K do 873 K, ze skokiem co 25 K.

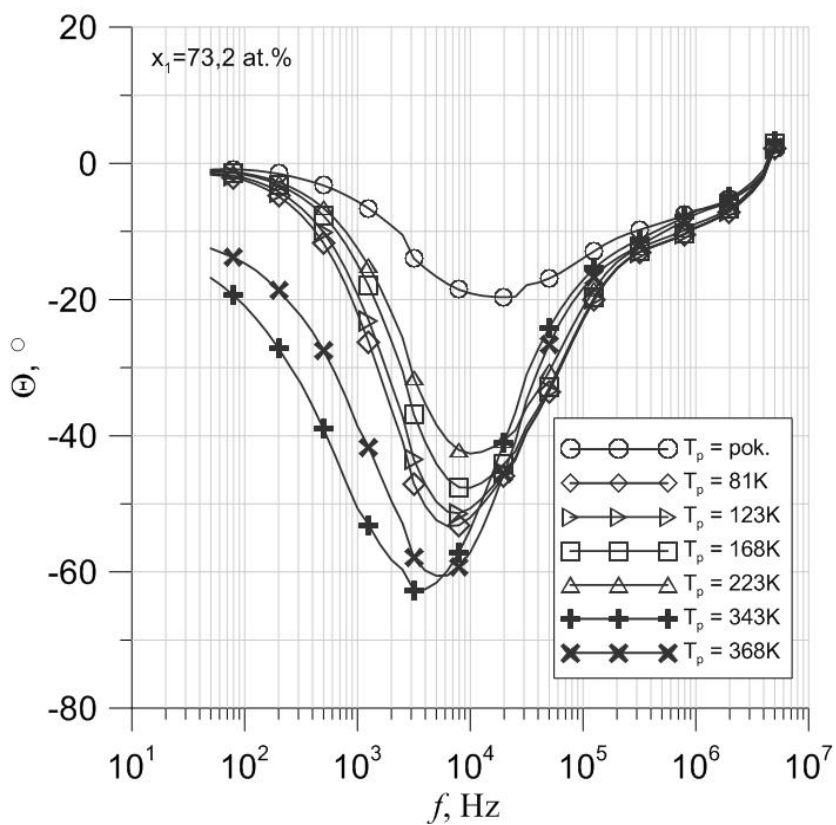
W celu zminimalizowania negatywnego wpływu styku punktowego na końce próbki naniesiona została pasta srebrna o minimalnej rezystancji, nie mającej wpływu na wykonywane pomiary (rys. 4).



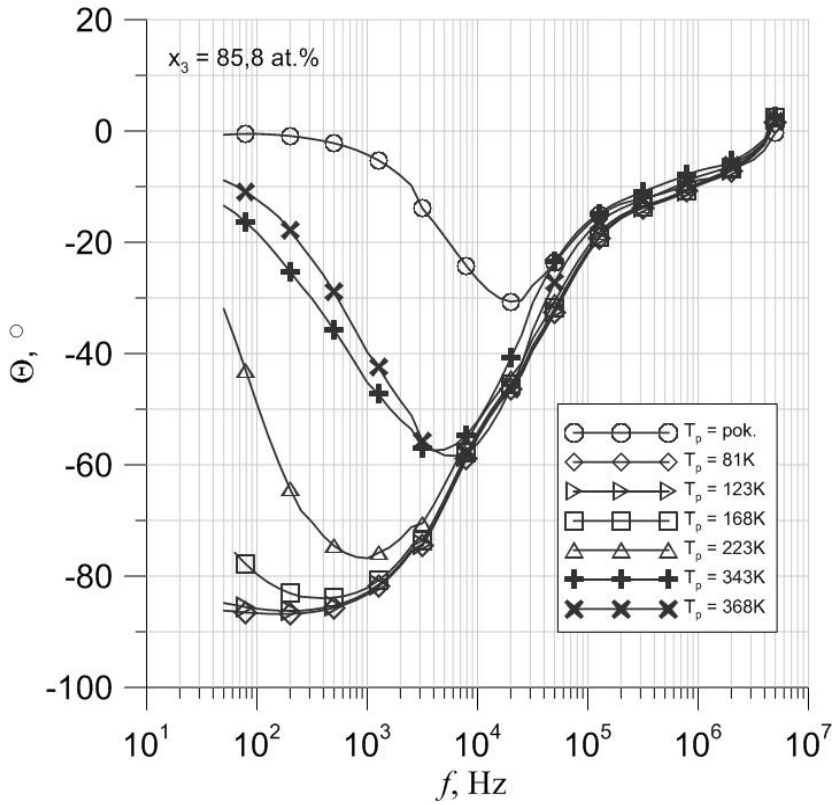
Rys. 4. Przekrój badanych próbek kompozytu $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$: 1 – podłoże izolacyjne szklano-ceramiczne, 2 – warstwa kompozytu metal-dielektryk, 3 – styki srebrne (źródło: [3])

WYNIKI POMIARÓW

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów zostały przygotowane charakterystyki częstotliwościowe i temperaturowe kąta przesunięcia fazowego Θ , pojemności C_p , tangensa kąta strat $\text{tg}\delta$ oraz rezystancji R_p dla nie wygrzanych próbek nanokompozytu $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$.

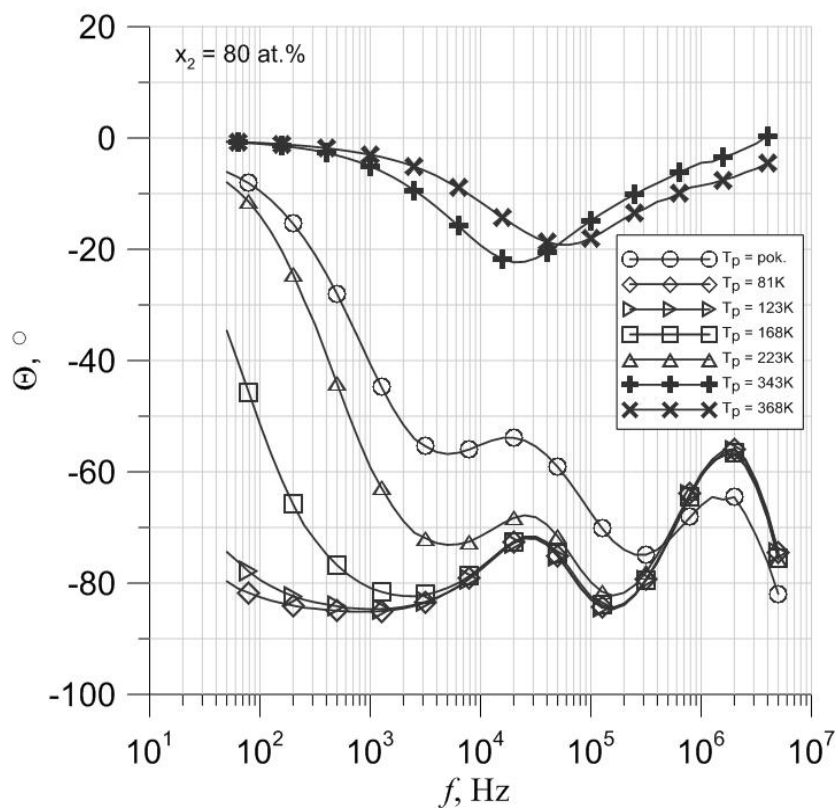


Rys. 5. Częstotliwościowe zależności kąta przesunięcia fazowego Θ warstwy $(\text{CoFeZr})_{73,2}(\text{PZT})_{26,8}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

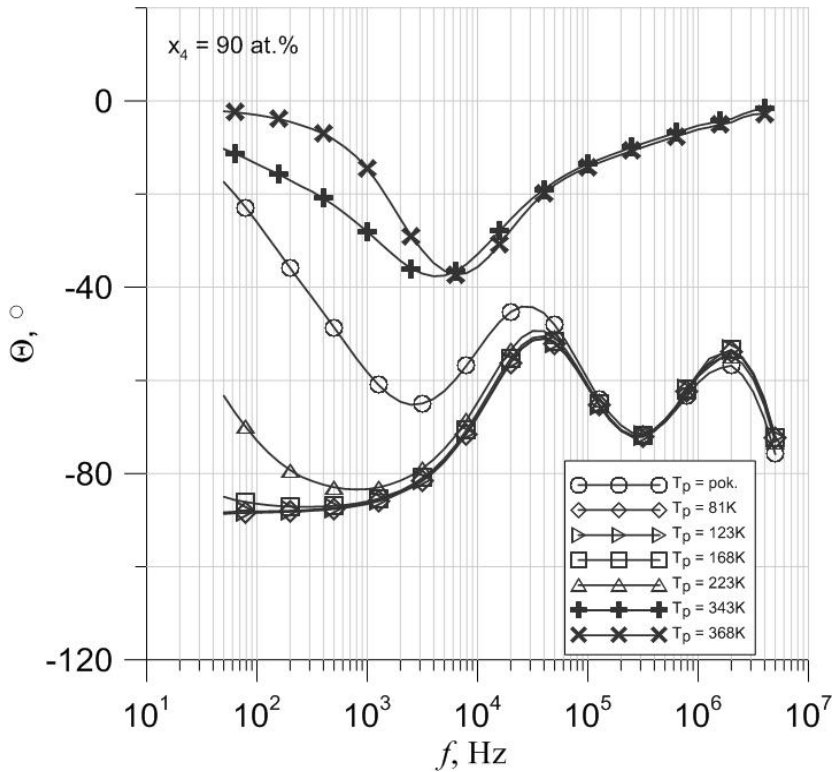


Rys. 6. Częstotliwościowe zależności kąta przesunięcia fazowego Θ warstw $(\text{CoFeZr})_{85,5}(\text{PZT})_{14,5}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

Analiza przebiegów $\Theta(f)$ przedstawionych na rysunkach 5 oraz 6 wykazała, że w nanokompozytach $(\text{CoFeZr})_{73,2}(\text{PZT})_{26,8}$ oraz $(\text{CoFeZr})_{85,5}(\text{PZT})_{14,5}$ dla wybranych temperatur, kąt przesunięcia fazowego w przedziale częstotliwości do 5 MHz ma wartość ujemną $-90^\circ < \Theta < 0^\circ$. Występuje więc przesunięcie fazowe typu pojemnościowego. Dla częstotliwości wyższych, kąt staje się dodatni $0^\circ < \Theta < 90^\circ$, co dowodzi przesunięciu fazowemu typu indukcyjnego.

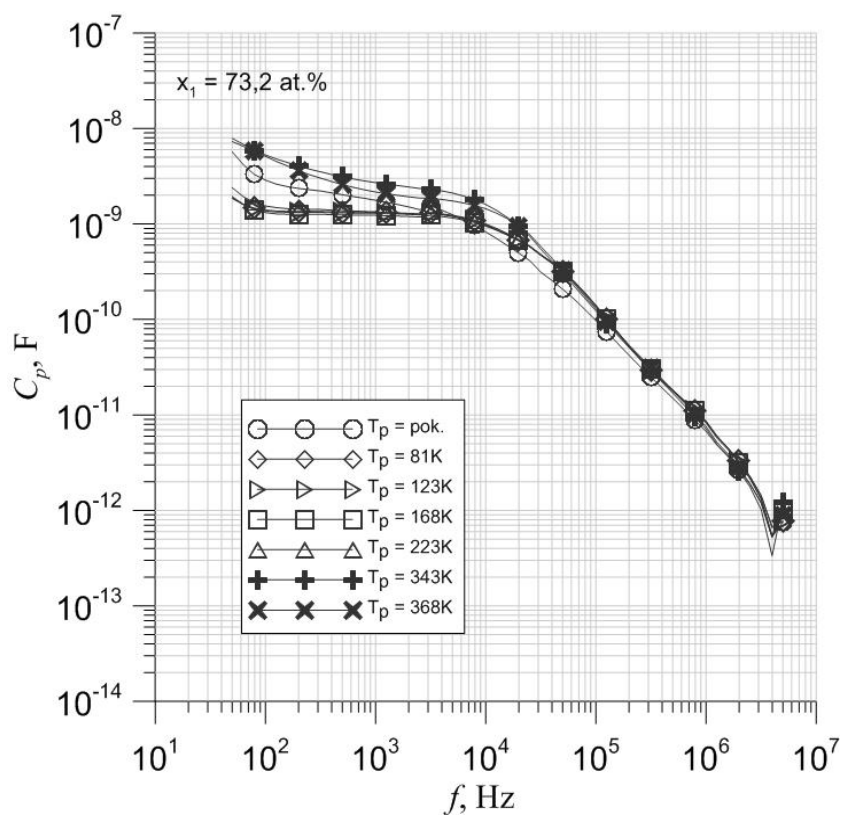


Rys. 7. Częstotliwościowe zależności kąta przesunięcia fazowego Θ warstwy $(\text{CoFeZr})_{80}(\text{PZT})_{20}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

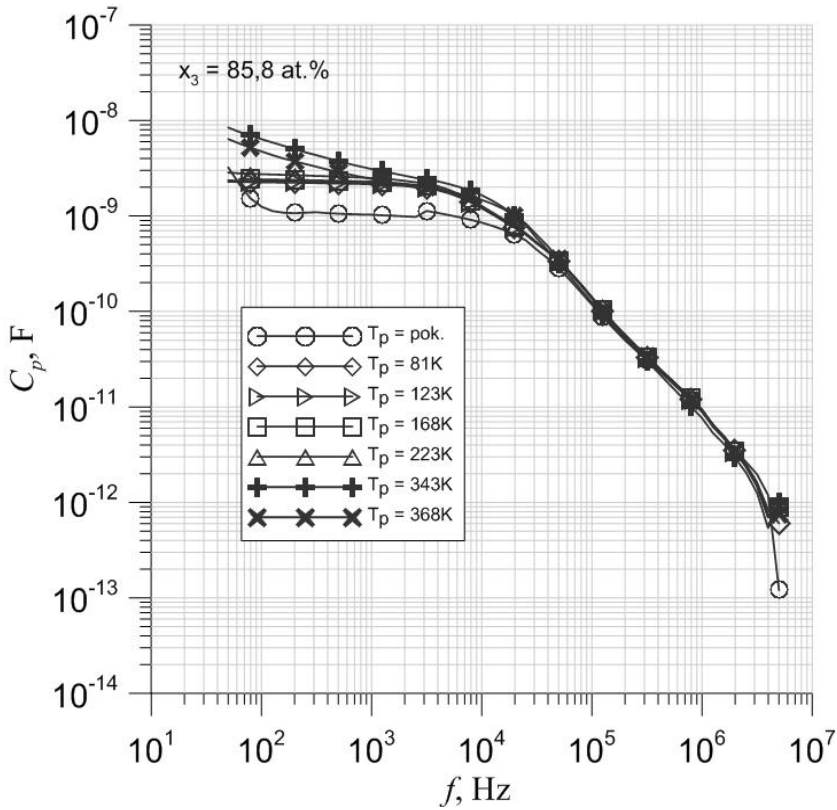


Rys. 8. Częstotliwościowe zależności kąta przesunięcia fazowego Θ warstwy $(\text{CoFeZr})_{90}(\text{PZT})_{10}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

Odmienne przebiegi krzywych zależności kąta przesunięcia fazowego $\Theta(f)$ przedstawiają rysunki 7 oraz 8. W przypadku nanokompozytów $(\text{CoFeZr})_{80}(\text{PZT})_{20}$ oraz $(\text{CoFeZr})_{90}(\text{PZT})_{10}$ w całym zakresie częstotliwości f występują ujemne wartości kąta Θ . Dodatkowo należy zauważyć, że w przypadku wyższych temperatur pomiarowych wartości te są większe oraz w przedziale powyżej 10^5 Hz rosną do zera.



Rys. 9. Częstotliwościowe zależności pojemności C_p warstwy $(\text{CoFeZr})_{73,2}(\text{PZT})_{26,8}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)



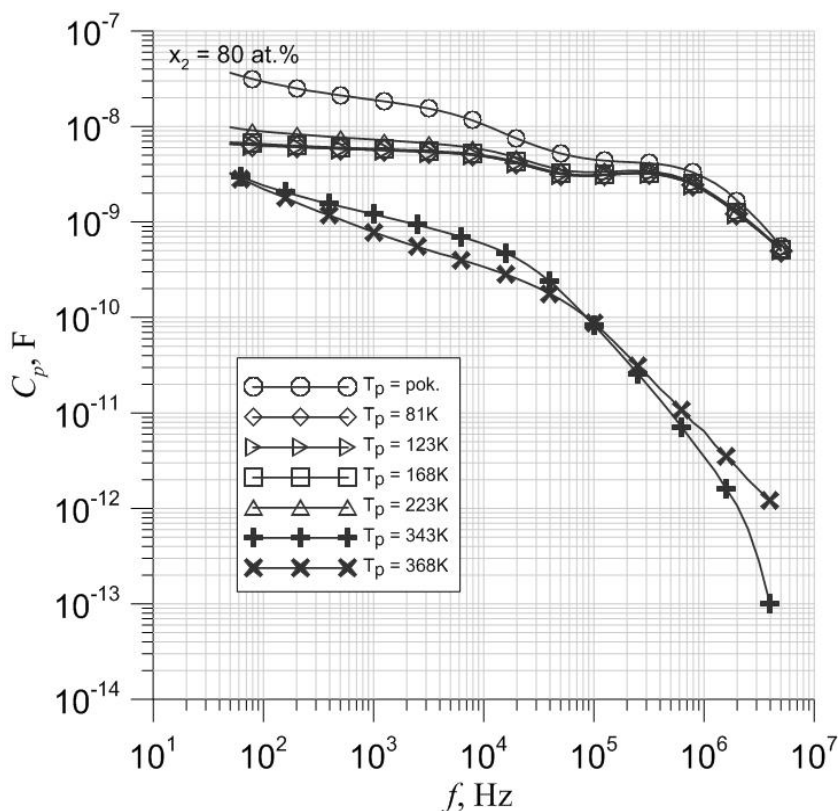
Rys. 10. Częstotliwościowe zależności pojemności C_p warstwy $(\text{CoFeZr})_{85,5}(\text{PZT})_{14,5}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono krzywe zależności pojemności C_p od częstotliwości f dla nanokompozytów o zawartości fazy metalicznej $x_1=73,2 \text{ at.}\%$ oraz $x_3=85,8 \text{ at.}\%$. Widać, że wraz ze wzrostem częstotliwości f wartość pojemności C_p maleje do pewnej wartości minimalnej odpowiadającej f_{\min} . Następnie z dalszym wzrostem częstotliwości następuje słaby wzrost tej wielkości. Widoczne jest wyraźne minimum funkcji $C_p(f)$.

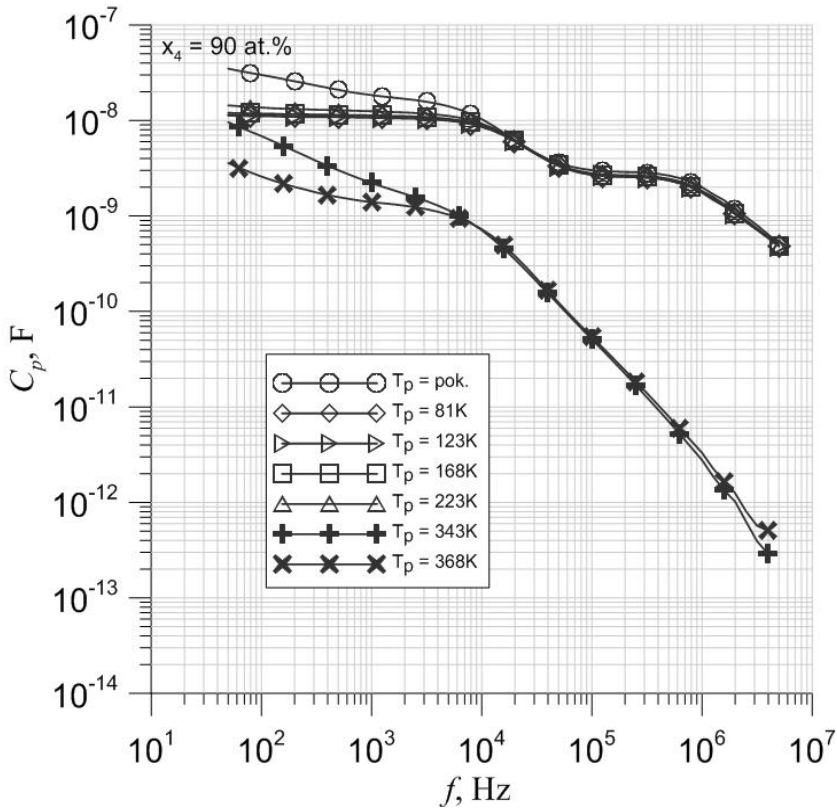
Na podstawie wykresów zależności $\Theta(f)$ oraz $C_p(f)$ dla nanokompozytów $(\text{CoFeZr})_{73,2}(\text{PZT})_{26,8}$ oraz $(\text{CoFeZr})_{85,5}(\text{PZT})_{14,5}$ (rys. 5, 6, 9 i 10) można wykazać, że położenie f_{\min} odpowiada częstotliwości dla której wartość kąta Θ przechodzi przez zero.

Na rysunkach 11 oraz 12 przedstawione zostały zależności $C_p(f)$ dla nanokompozytów o zawartościach fazy metalicznej $x_2=80 \text{ at.}\%$ oraz $x_4=90 \text{ at.}\%$.

Analiza tych krzywych wykazuje podobny przebieg jak w przypadku charakterystyk dla nanokompozytów $(\text{CoFeZr})_{73,2}(\text{PZT})_{26,8}$ oraz $(\text{CoFeZr})_{85,5}(\text{PZT})_{14,5}$ (rys. 9 i 10), z tą różnicą, że przy niższych temperaturach pomiarowych spadek wartości C_p jest łagodniejszy. Drugim szczegółem różniącym charakterystyki jest brak w obszarze wysokich częstotliwości dalszego wzrostu pojemności.



Rys. 11. Częstotliwościowe zależności pojemności C_p warstwy $(\text{CoFeZr})_{80}(\text{PZT})_{20}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 12. Częstotliwościowe zależności pojemności C_p warstwy $(\text{CoFeZr})_{90}(\text{PZT})_{10}$ dla siedmiu wybranych temperatur
(źródło: opracowanie własne)

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wielkości elektrycznych nanokompozytów $(\text{CoFeZr})_x(\text{PZT})_{(100-x)}$ o zawartościach fazy metalicznej $x_1=73,2$ at.%, $x_2=80$ at.%, $x_3=85,8$ at.% oraz $x_4=90$ at.% bezpośrednio po wytworzeniu (niewygrzanych) można wywnioskować, że:

1. Dla próbek o zawartości fazy metalicznej x_1 oraz x_2 występuje przesunięcie fazowe typu indukcyjnego w zakresie częstotliwości powyżej 10^6 Hz. Podobne zmiany kąta przesunięcia fazowego Θ występują w konwencjonalnych obwodach z szeregowo połączonymi dyskretnymi elementami LC,

2. Analiza przebiegu krzywych zależności kąta przesunięcia fazowego Θ od częstotliwości f dla próbek o zawartościach fazy metalicznej x_2 i x_4 wykazała występowanie przesunięcia fazowego typu pojemnościowego, a mianowicie w całym zakresie częstotliwości $-90^\circ < \Theta < 0^\circ$.
3. Na podstawie zależności $\Theta(f)$ i $C_p(f)$ dla próbek o zawartości fazy metalicznej x_1 oraz x_2 można stwierdzić, że częstotliwość f_{min} dla której pojemność osiąga wartość minimalną odpowiada częstotliwości dla której kąt przesunięcia fazowego Θ zmienia znak.

LITERATURA

- [1] Kelsall R.W., Hamley I.W., Geoghegan M.: Nanotechnologie, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2008.
- [2] Kurzydłowski K., Lewandowska M.: Nanomateriały inżynierskie, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2010.
- [3] Kołtunowicz T.N.: Badania wpływu procesów technologicznych na właściwości elektryczne nanostruktur wytwarzanych technikami jonowymi, Rozprawa doktorska, Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, 2010.
- [4] Fedotova J.A., Kołtunowicz T.N., Zukowski P.: Transport ładunków i właściwości strukturalne wybranych nanokompozytów metal-dielektryk, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2012.
- [5] Kołtunowicz T.N.: Stanowisko do badania temperaturowych i częstotliwościowych zależności właściwości elektrofizycznych implantowanych półprzewodników, Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania, 48 n. 10, 2007, s. 37-40.
- [6] Kołtunowicz T.N.: Stanowisko do badania właściwości elektrycznych nanokompozytów – określenie budżetu niepewności pomiaru, Pomiary Automatyka Kontrola, 57 n. 7, 2011, s. 694-696.

TRANSFORMATOR TESLI – WYKONANIE I POMIARY

WPROWADZENIE

Transformator Tesli jest urządzeniem elektrycznym wynalezionym przez geniusza i wizjonera, Nikołę Teslę. Wynalazca zaprojektował je w celu prowadzenia badań nad bezprzewodowym przesyłaniem energii elektrycznej oraz zjawiskami towarzyszącymi wyładowaniom elektrycznym. Urządzenie często nazywane jest również Cewką Tesli, Generatorem Rezonansowym bądź Generatorem Tesli. Transformator Tesli wykorzystywany jest do generowania napięcia przemiennego, które charakteryzuje się wysoką częstotliwością i amplitudą, niejednokrotnie przekraczającą wartość miliona woltów.

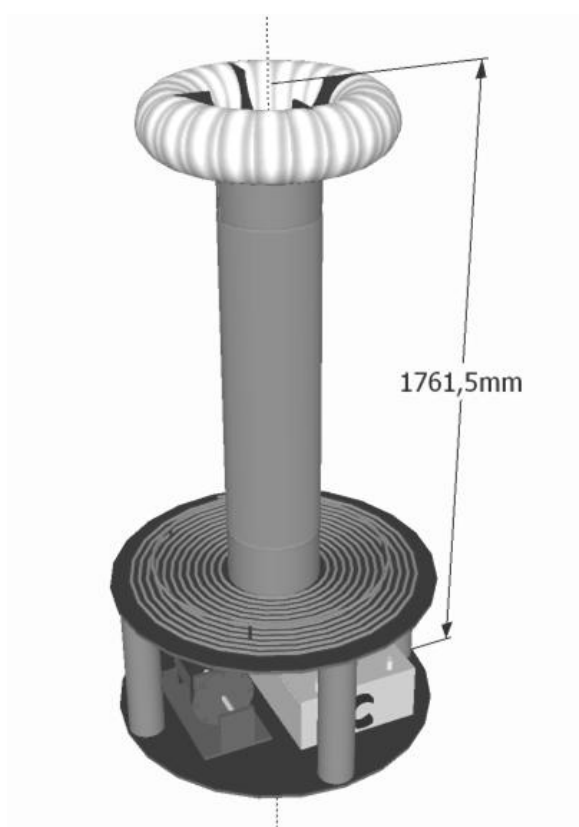
Projekt wykonania urządzenia powstał w ramach prac Koła Naukowego Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć „Meljon”, działającego przy Katedrze Urządzeń Elektrycznych i Techniki Wysokich Napięć. Członkowie koła naukowego zwrócili uwagę na to urządzenie, ze względu na wiele interesujących zjawisk fizycznych towarzyszących jego pracy oraz możliwości przyszłego wykorzystania urządzenia do celów naukowych. Prace zostały podzielone na dwa zasadnicze etapy. Pierwszym było zaprojektowanie oraz zamodelowanie urządzenia. Drugim, jego wykonanie oraz przeprowadzenie pomiarów, dzięki którym możliwe było określenie jego parametrów.

HISTORIA PRAC

Prace nad projektem rozpoczęły się w styczniu 2012 r. Zakończenie pierwszego etapu prac zaowocowało wygłoszeniem referatu w trakcie II Sympozjum Naukowym Elektryków i Informatyków oraz publikacją w materiałach posympozjalnych [1]. Praca zawierała wykonane projekty

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON

poszczególnych elementów składowych urządzenia oraz jego przewidywane parametry techniczne. Zamodelowane, według wykonanego w pierwszym etapie prac projektu, urządzenie przedstawiono na rysunku 1. Po zakończeniu pierwszego etapu projektu rozpoczęto prace konstrukcyjne, wchodzące w skład planowanego drugiego etapu prac. Z zakupionych materiałów zbudowano poszczególne elementy urządzenia. Po uruchomieniu Transformatora Tesli przeprowadzono badania charakteryzujące urządzenie.



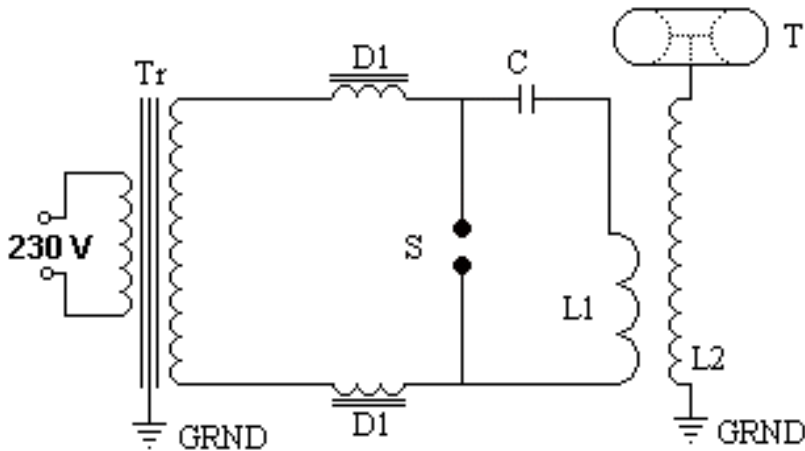
*Rys. 1. Transformatora Tesli - wizualizacja projektu
(źródło: [1])*

OPIS I ZASADA DZIAŁANIA URZĄDZENIA

Transformator Tesli składa się z siedmiu głównych elementów: transformatora zasilającego, dławików zabezpieczających, iskiernika, kondensatora wysokonapięciowego, cewki uzwojenia pierwotnego, cewki

uzwojenia wtórnego oraz toroidu. Schemat elektryczny urządzenia wraz z wymienionymi powyżej elementami został przedstawiony na rysunku 2.

Zasada działania urządzenia opiera się na pracy dwóch sprzężonych ze sobą magnetycznie obwodów rezonansowych, o takiej samej częstotliwości rezonansowej, wynoszącej 110 kHz.



Rys. 2. Schemat urządzenia: Tr – transformator zasilający, D1, D2 – dławiki zabezpieczające, S – iskiernik, C – kondensator wysokonapięciowy, L1 – uzwojenie pierwotne, L2 – uzwojenie wtórne, T – toroid
(źródło: [1])

Urządzenie zasilane jest transformatorem probierczym o mocy 2,5 kVA i napięciu po stronie wtórnej o wartości 15 kV. Dodatkowo dla celów bezpieczeństwa, Transformator Tesli został wyposażony w dwa dławiki, zabezpieczające przed przedostawaniem się prądów o wyższych harmonicznym do sieci energetycznej. W skład pierwszego obwodu rezonansowego, nazywanego pierwotnym, wchodzi kondensator wysokonapięciowy, iskiernik oraz cewka uzwojenia pierwotnego. Drugi obwód rezonansowy, nazywany wtórnym, składa się z uzwojenia wtórnego i toroidu, pełniącego funkcję kondensatora. Cykl pracy urządzenia można podzielić na trzy etapy. Pierwszym jest ładowanie kondensatora wysokonapięciowego. Gdy napięcie na okładkach kondensatora osiągnie odpowiednio wysoką wartość chwilową, następuje przebiecie przerwy powietrznej iskiernika, rozpoczynające drugi etap pracy.

Poprzez powstały pomost plazmowy zostaje zwarty równoległy obwód rezonansowy LC. Zachodzące w nim drgania rezonansowe o wysokiej częstotliwości charakteryzują się przepływem prądów drgających o znacznych amplitudach. Efektem przepływu prądów rezonansowych przez cewkę uzwojenia pierwotnego jest wytworzenie silnego pola magnetycznego, które nasycą cewkę uzwojenia wtórnego, rozpoczynając trzeci etap pracy urządzenia. Z racji obecności silnego zmiennego pola magnetycznego w uzwojeniu wtórnym indukują się prądy, czego efektem jest pojawienie się drgań rezonansowych w obwodzie wtórnym LC. Obwód ten, poprzez wyładowania niezupełne, zostaje zamknięty z ziemią.

Zjawisko wysokiego przyrostu napięcia, jakie zachodzi w urządzeniu znacząco odbiega od procesów zachodzących w klasycznych transformatorach. Głównym źródłem wzrostu napięcia w transformatorze Tesli nie jest przekładnia zwojowa, a różnica pojemności elementów obwodu pierwotnego i wtórnego. Zjawisko to wynika bezpośrednio z prawa zachowania energii (3.1) dla kondensatorów, które można przedstawić w następujący sposób [2]:

$$U_2 = U_1 \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}. \quad (3.1)$$

Zgodnie z wyżej przedstawioną zależnością zastosowanie toroidu pełniącego funkcję kondensatora wydaje się być bezcelowe, ponieważ zwiększanie pojemności w obwodzie wtórnym powoduje obniżenie napięcia wyjściowego. Użycie toroidu daje nam jednak możliwość dostrojenia częstotliwości rezonansowych obwodu rezonansowego pierwotnego i wtórnego, co pociąga za sobą zwiększenie sprawności urządzenia, która to jest bardziej istotna od maksymalnego napięcia wyjściowego.

WYKONANIE TRANSFORMATORA TESLI

Pierwszym zbudowanym elementem, była podstawa pod uzwojenia pierwotne i wtórne, posiadająca półkę, na której miały znajdować się pozostałe elementy wchodzące w skład urządzenia. Element został wykonany z płyty tekstolitowej o grubości 0,8 cm. Dodatkowo dla zwiększenia funkcjonalności, podstawa została wyposażona w cztery kółka osadzone na łożyskach.

Kolejnym wykonanym elementem był kondensator wysokonapięciowy. Według projektu miał to być kondensator warstwowy o pojemności 34 nF.

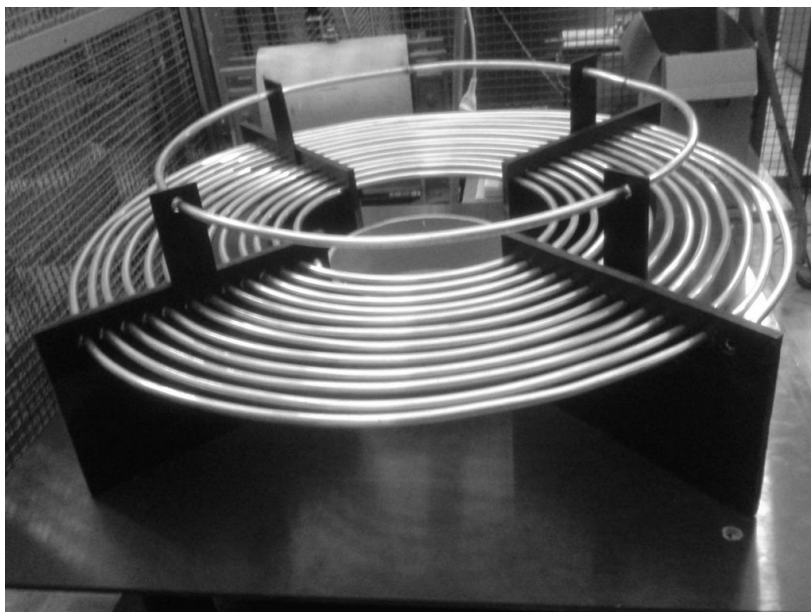
W trakcie próby napięciowej, po przekroczeniu pewnej stałej wartości napięcia skutecznego, prąd w obwodzie pomiarowym wzrastał mimo nie zwiększania wartości napięcia. Z powodu braku możliwości przeprowadzenia odpowiednich badań, możemy jedynie przypuszczać, jaka była przyczyna tego zjawiska. Prawdopodobnie było ono wywołane obecnością zanieczyszczeń w materiale, z którego zostały wykonane przekładki izolacyjne. Ze względu na wyżej opisaną niestabilność, element został zdyskwalifikowany w dalszym użyciu. Drugim wariantem było zbudowanie kondensatora wysokonapięciowego w postaci baterii kondensatorów. Bateria składa się z 96, zanurzonych w oleju transformatorowym kondensatorów ceramicznych o pojemności 1,5 nF. Napięcie znamionowe pracy pojedynczego kondensatora ceramicznego wynosiło 10 kV. Dzięki równoległemu połączeniu, szeregowych par kondensatorów, uzyskano pojemność całkowitą baterii wynoszącą 34,4 nF oraz napięcie znamionowe pracy układu wynoszące 20 kV.

Następnie wykonano iskiernik obrotowy, który został przedstawiony, w stanie pracy, na rysunku 3. Iskiernik składa się z dwóch elektrod głównych oraz ośmiu elektrod pomocniczych, osadzonych na ruchomej tarczy. Odległość pomiędzy elektrodami, może być dowolnie regulowana. Tarcza umieszczona jest na ośce, do której przyłączony jest napęd iskiernika o regulowanej prędkości obrotowej. Konstrukcja nośna elektrod, została wykonana z tekstolitu o grubości 0,8 cm.



*Rys. 3. Iskiernik obrotowy w trakcie pracy
(źródło: [2])*

Kolejnym wykonanym elementem było uzwojenie pierwotne wraz ze zwojem zabezpieczającym (rys. 4). Zostało ono zbudowane z 13 zwojów rurki miedzianej, o przekroju 10 mm i grubości ścianki 1 mm, uformowanych w kształt płaskiej spirali. Dodatkowy uziemiony zwój ochronny, znajdujący się na wysokości 10 cm nad uzwojeniem pierwotnym, zabezpiecza przed przeskokiem, który mogłoby sięgnąć z toroidu do uzwojenia pierwotnego. Wybór materiału, z jakiego zostało wykonane uzwojenie został podyktowany występowaniem w trakcie pracy urządzeń efektów naskórkowego i zbliżenia, wywołanych przepływem prądów o wysokiej częstotliwości. Ich skutkiem jest nierównomierny rozkład gęstości płynącego prądu w poprzecznym przekroju przewodnika, przez co gęstość prądu przy powierzchni przewodnika jest większa niż w jego wnętrzu.



*Rys. 4. Uzwojenie pierwotne wraz ze zwojem zabezpieczającym
(źródło: [2])*

Następnie wykonane zostało uzwojenie pierwotne, składające się z 885 zwojów. Nawinięto je drutem nawojowym emaliowanym, o średnicy 1.05 mm, na karkas wykonany z PCV o średnicy 25 cm. Gotowa cewka została kilkunastokrotnie polakierowana, w celu zabezpieczenia jej przed przebiciami z toroidu. Uzwojenie charakteryzowało się indukcyjnością wynoszącą 41,45 mH.

Kolejnym zbudowanym elementem były dławiki zabezpieczające. Zostały one nawinięte na karkasie wykonanym z PCV o średnicy 5 cm, drutem emaliowanym o grubości 0,2 mm. Ich indukcyjność wyniosła 7,47 mH.

Ostatnim wykonanym elementem był toroid. Został on zbudowany z rury aluminiowej typu FLEX o średnicy 16 cm.

URUCHOMIENIE I PROBLEMY TECHNICZNE

Dla zmniejszenia ryzyka uszkodzenia urządzenia przy pierwszych próbach uruchomienia, został obniżony punkt pracy transformatora Tesli z 15 kV na 5,5 kV.

W trakcie pierwszego uruchomienia urządzenia, zaistniały niespodziewane zjawiska, objawiające się utratą możliwości gaszenia łuku elektrycznego przez iskiernik, przy napięciu dużo niższym niż oczekiwane, wynikające z obliczeń. Dodatkowo niepokojące było przenoszenie się łuku na nieaktywne, w danym momencie, elektrody pomocnicze. Po przeanalizowaniu zagadnienia okazało się, że dławiki zabezpieczające wpadają w niechciany rezonans z innymi elementami obwodu pierwotnego. Po odłączeniu dławików urządzenie działało zgodnie z oczekiwaniami.

Ważnym czynnikiem wpływającym na stabilność pracy urządzenia była prędkość obrotowa tarczy iskiernika. W zależności od tego parametru zmienia się zakres napięć stabilnej pracy urządzenia. Przez stwierdzenie „zakres stabilnych napięć pracy urządzenia”, rozumie się przedział napięć zasilania transformatora Tesli, od napięcia minimalnego, które jest wystarczające by zaistniały przebicia przerwy powietrznej iskiernika, po napięcie maksymalne, przy którym iskiernik traci możliwość gaszenia łuku elektrycznego. Zaobserwowano zjawisko poszerzania się tego zakresu wraz ze wzrostem prędkości obrotowej iskiernika. Maksymalna prędkość obrotowa, jaką udało się uzyskać wynosiła 1690 obr/min. Próba zwiększenia prędkości obrotowej powyżej tej wartości, powodowała niestabilność mechaniczną iskiernika uniemożliwiającą jego pracę.

Po udanej próbie stabilnego uruchomienia urządzenia przystąpiono do strojenia transformatora Tesli. Strojenie wykonuje się poprzez zmianę czynnej długości uzwojenia pierwotnego za pomocą odczepu. Celem tego procesu jest zestrojenie ze sobą częstotliwości rezonansowych obwodów rezonansowych pierwotnego i wtórnego. Operację tę należy wykonać, ze względu na różnice pomiędzy obliczonymi a rzeczywistymi parametrami elementów składowych urządzenia.

Dwukrotnie, w trakcie pracy transformatora Tesli, wystąpiła awaria dwóch elementów kondensatora wysokonapięciowego, widoczna na rysunku 5. Powodem pierwszej, było wystąpienie wyżej opisanych niespodziewanych zjawisk, wywołanych niepożądanym wejściem w stan rezonansu dławików zabezpieczających. Druga awaria nastąpiła, gdy para kondensatorów przypadkowo wynurzyła się z oleju transformatorowego w zbiorniku baterii. Efektem tego zdarzenia było przegrzanie się elementów, które doprowadziło do ich uszkodzenia. Po wymianie uszkodzonych kondensatorów, urządzenie działało bezawaryjnie.



*Rys. 5. Uszkodzona para kondensatorów
(źródło: [2])*

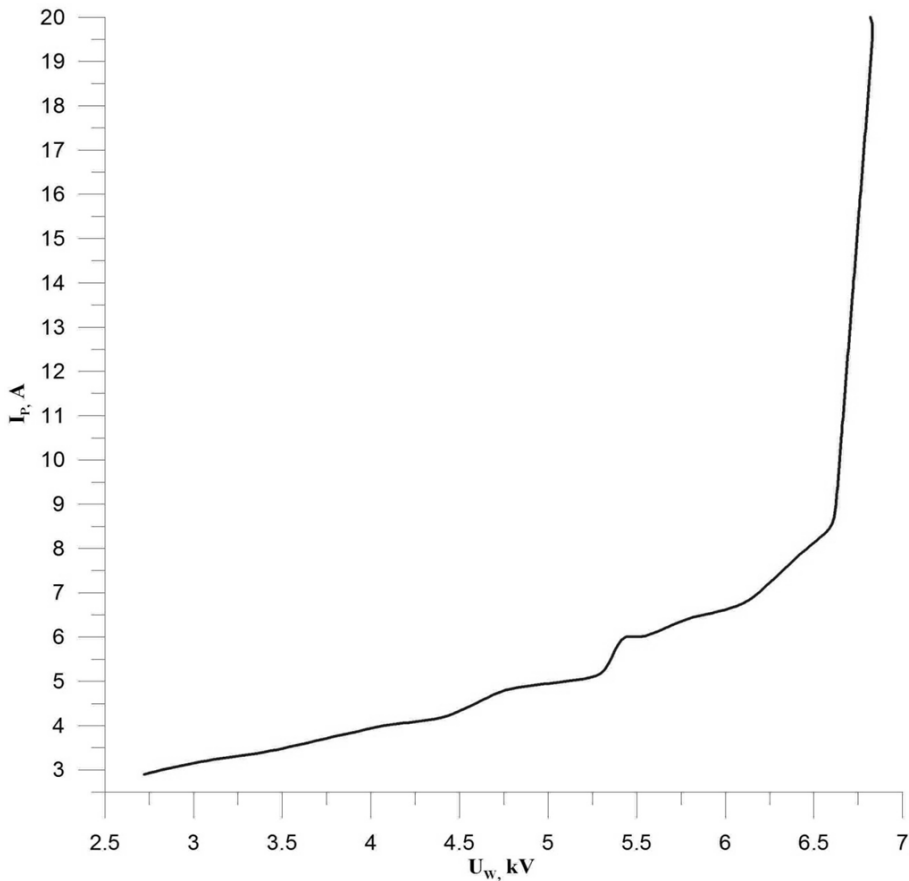
CHARAKTERYSTYKA URZĄDZENIA

Po wykonaniu czynności strojeniowych, wyjście wysokiego napięcia urządzenia zostało wyprowadzone na jedną z elektrod iskiernika ostrzowego, druga zaś, została uziemiona. Widok pracującego urządzenia przedstawia rysunek 6.

Następnie przeprowadzono pomiary, mające na celu scharakteryzowanie urządzenia pod kątem zakresu napięć stabilnej pracy. Charakterystykę tego parametru pokazuje rysunek 7. Przedstawia on prąd po stronie pierwotnej transformatora zasilającego w funkcji napięcia po jego stronie wtórnej. Początkowo, wraz ze wzrostem napięcia, wartość prądu zwiększa się liniowo. Później przy wartości napięcia 5,44 kV rozpoczyna się stabilna praca iskiernika, na wykresie widoczna, jako uskok prądu. Po przekroczeniu wartości napięcia 6,8 kV, iskiernik traci możliwość gaszenia łuku elektrycznego, co owocuje nagłym wzrostem wartości prądu płynącego w obwodzie. W takiej sytuacji transformator pracuje w stanie zwarcia, dlatego nie wolno do niej dopuszczać.



Rys. 6. Wysokie napięcie wywołujące przeskok przerwy powietrznej iskiernika ostrzowego (źródło: [2])



Rys. 7. Wykres zależności prądu pierwotnego od napięcia wtórnego transformatora zasilającego
(źródło: [2])

PODSUMOWANIE

W trakcie przeprowadzania obliczeń konstrukcyjnych, dzięki zastosowaniu anglojęzycznej literatury, znaleziono błąd, w stosowanych wzorach, dotyczący wpływu ilości cykli przebiecia iskiernika obrotowego na pojemność kondensatora wysokonapięciowego, który jest powtarzany w większości polskich opracowań związanych z tematem. Błąd dotyczy nieuwzględnienia liczby cykli przeskoków iskiernika obrotowego w obliczeniach i co za tym idzie, niepoprawne przyjęcie tej wartości, tak jakby w obwodzie znajdował się iskiernik o elektrodach statycznych [3].

Budowa niektórych elementów transformatora Tesli nastręczyła wielu problemów natury technicznej. Największym problemem okazało się znalezienie odpowiedniego materiału do wykonania przekładek izolacyjnych kondensatora warstwowego.

Po przeprowadzeniu pomiarów parametrów wykonanych elementów, stwierdzono ich zgodność z wartościami teoretycznymi wyznaczonymi na etapie projektowania urządzenia [2].

Celem projektu było zaprojektowanie, zamodelowanie, wykonanie oraz ustalenie zakresów stabilnej pracy urządzenia, dzięki której możliwe będzie bezpieczne jego użytkowanie. Wykonanie składowych elementów urządzenia, na podstawie dokonanych obliczeń konstrukcyjnych i modeli, zaowocowało stabilną pracą urządzenia, które następnie zostało scharakteryzowane. W związku z powyższym można stwierdzić osiągnięcie wyznaczonych celów projektowych.

W najbliższej przyszłości przeprowadzone zostaną dodatkowe pomiary na urządzeniu. Zostanie również wykonany nowy kondensator wysokonapięciowy, który umożliwi uruchomienie urządzenia przy pełnej mocy oraz usprawniony zostanie iskiernik obrotowy, by możliwe było zwiększenie jego prędkości obrotowej. Kolejnym celem jest wykonanie stanowiska laboratoryjnego wykorzystującego transformator Tesli oraz zastosowanie wyjątkowych cech urządzenia do celów dydaktycznych i naukowych.

LITERATURA

- [1] Rogalski P.: Transformator Tesli - projekt wykonania, II Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, Lublin, 2012, s. 112-116.
- [2] Rogalski P., Radzik K., Prus W.: Opracowanie i wykonanie transformatora Tesli, Praca inżynierska, Lublin, 2013.
- [3] Tilbury M.: The Ultimate Tesla Coil desing and construction guide, McGraw Hill, 2008.

STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADANIA GRUPOWEGO STEROWANIA NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH PRZY POMOCY STEROWNIKA PLC

WPROWADZENIE

Minimalizacja kosztów wytwarzania przy jednoczesnym wzroście jakości wykonanych produktów, sprawia że producenci z różnych branż decydują się na automatyzację procesu produkcji. Szczególne miejsce we współczesnej automatyce zajmują sterowniki PLC. Na rynku możemy znaleźć wiele nowoczesnych regulatorów mikroprocesorowych. Posiadają one funkcje samo nastrajania, dzięki czemu użytkownik nie musi zajmować się doбором wartości jego nastaw poza wartością zadaną. Większość procesów przemysłowych jest uzależniona od dostarczania energii elektrycznej oraz przetwarzania jej na energię mechaniczną maszyn. Szacuje się, że około 80% światowej energii elektrycznej wykorzystywane jest przez silniki elektryczne. Szybki rozwój technologii sprawia, że coraz istotniejsza staje się płynna regulacja prędkości obrotowej maszyn, co najczęściej uzyskuje się przez zastosowanie przetwornicy częstotliwości do zasilania silników prądu przemiennego [1, 2].

Poznanie właściwości tych urządzeń i typowych elementów automatyki, oraz nabycie umiejętności ich programowania i konfiguracji jest podstawową umiejętnością inżynierów utrzymania ruchu. Skłoniło to autora niniejszej publikacji do opracowania modelu laboratoryjnego przykładowej aplikacji umożliwiającej doskonalenie takich umiejętności praktycznych.

IDEA DZIAŁANIA UKŁADU

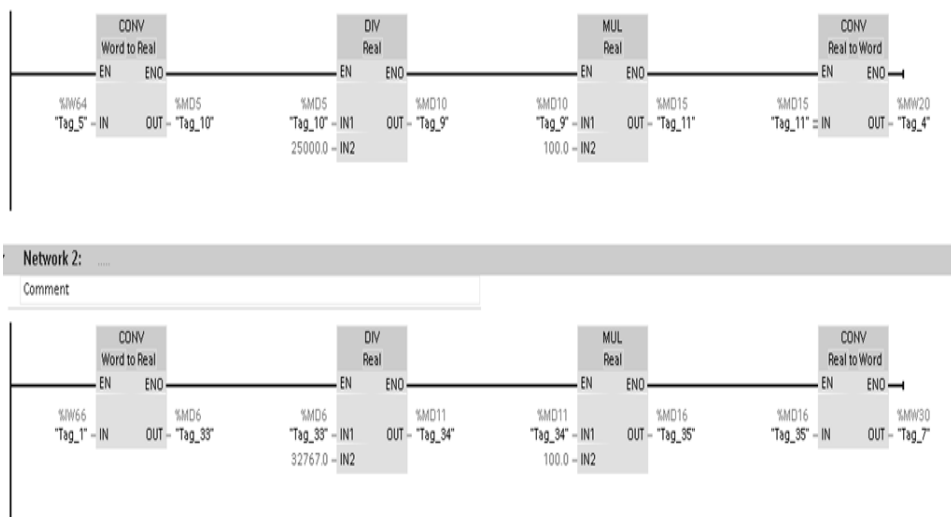
W ramach inżynierskiej pracy dyplomowej wykonano układ i opracowano program ćwiczenia laboratoryjnego modelującego stanowisko zautomatyzowanego kotła C.O. na paliwo stałe. Następnie układ ten został

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Elektryków Napęd i Automatyka

zmodernizowany, oraz ulepszony na potrzeby zajęć projektowych. Ostatecznie składa się z następujących elementów:

- sterownika PLC Siemens S7-1200,
- przemiennika częstotliwości Altivar 31,
- trzech silników prądu przemiennego (dwa silniki jednofazowe oraz silnik trójfazowy),
- wizualizacji układu pieca C.O,
- układu grzewczo-chłodzącego.

W przyjętym rozwiązaniu kontrolę nad pracą układu wielonapędowego, umożliwił sterownik swobodnie programowalny współpracujący z przetwornicą częstotliwości. Proces zadawania temperatury grzewczej, pracę poszczególnych urządzeń, jak i ich wskazania wyświetlane są na ekranie wizualizacyjnym, zainstalowanym na komputerze klasy PC. To właśnie stąd można sprawować kontrole na całością wykonywanego procesu, monitorując stan odpowiednich parametrów. Urządzeniem, od którego zależy praca pozostałych elementów jest czujnik temperatury Pt100. To właśnie z tego czujnika sygnał wędruje prosto do sterownika. Niestety w trakcie wykonywania programu sterownik nie może operować na wartościach analogowych. Dlatego wartość analogowa (napięcie) zostaje zamieniona na wartość cyfrowa. Wraz ze wzrostem temperatury wartość ta rośnie aż do osiągnięcia wartości maksymalnej tj. 32676, która odpowiada temperaturze 100°C. W zależności od tego jaka wartość wystawiana jest przez czujnik na wejście analogowe sterownika, program w nim zainstalowany interpretuje go i steruje pracą urządzeń wykonawczych.



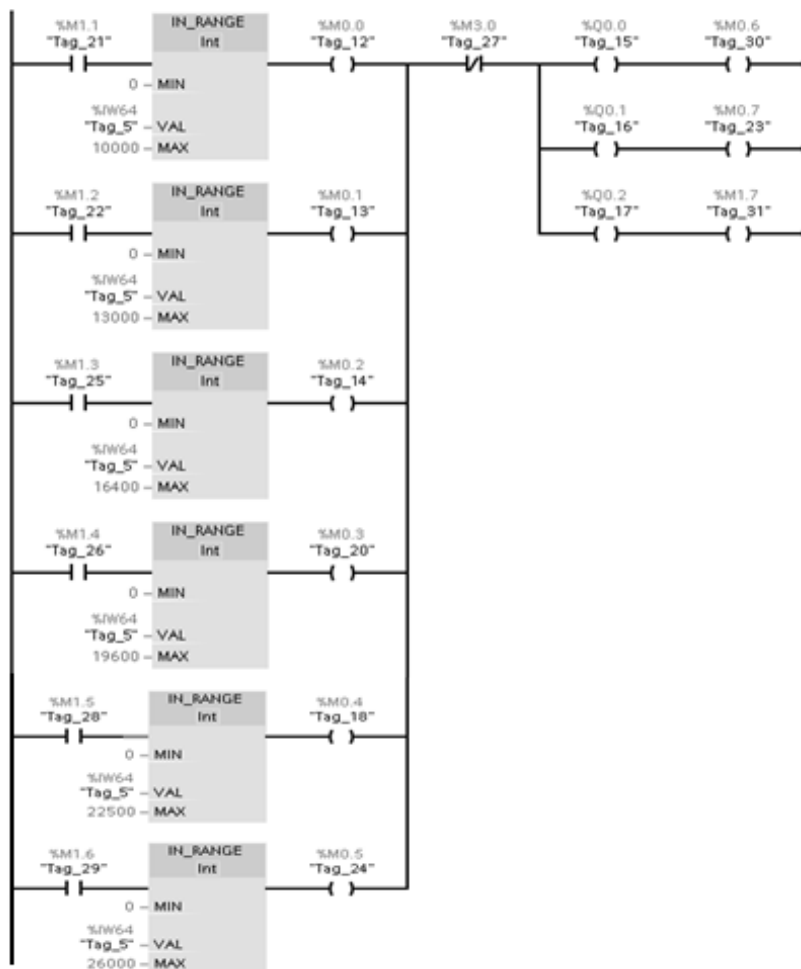
Rys. 1. Program w języku drabinkowym do przeliczania temperatury z czujników Pt100
(źródło: opracowanie własne)

Program sterujący pracą sterownika PLC można podzielić na dwie zasadnicze części. Pierwsza część (rys.1) służy do zamiany wartości analogowej wyrażonej w voltach na wartość rzeczywistą wyrażoną w stopniach Celsjusza. Wzór opisujący tą zależność ma postać:

$$\text{Temperatura} = \left(\frac{\text{wartość analogowa}}{\text{zakres analogowy}} \right) \times \text{zakres temperatury}$$

Wykonanie takiego działania jest możliwe dzięki zastosowaniu działań matematycznych, w które wyposażony jest każdy nowoczesny sterownik. Jednak aby program mógł wykonywać obliczenia, należy każde z wejść analogowych typu „Word” zamienić na typ „Real”, i na nim wykonywać obliczenia. Po wykonaniu działań, ostatecznym krokiem jest zapisanie wartości temperatury, do pamięci wewnętrznej sterownika jako zmienną typu „Word” aby stamtąd móc swobodnie korzystać z niej w procesie wizualizacji. Druga część programu (rys. 2) bierze bezpośredni udział w sterowaniu elementami wykonawczymi, tj. sterowaniu pracą pompy, wentylatora oraz podajnika na paliwo stałe. Po załączeniu jednego z sześciu przycisków program podaje sygnał analogowy na wejście odpowiedniego komparatora, załączając silniki a także lampkę sygnalizującą ustawioną temperaturę. W momencie gdy

temperatura przekroczy wartość zadaną program wyłącza urządzenia wykonawcze, załączając je dopiero w chwili gdy wartość analogowa będzie mieściła się w zakresie wybranego komparatora.



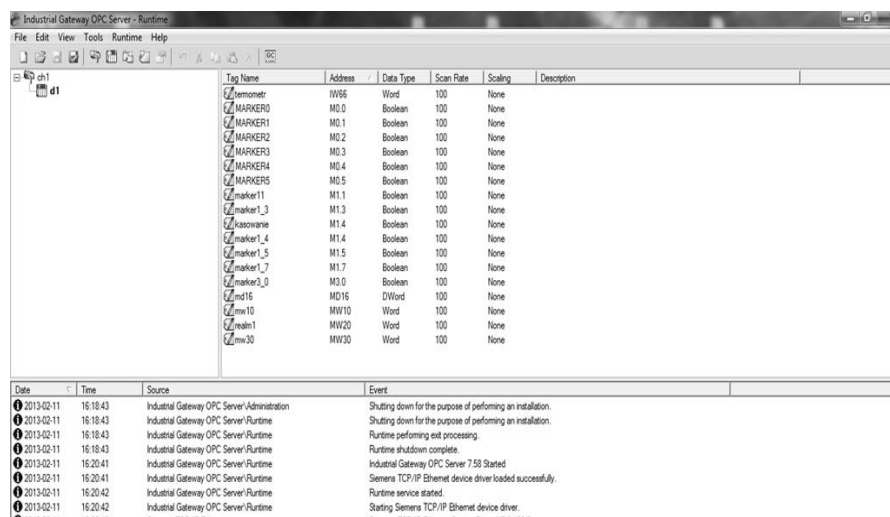
Rys. 2. Program sterujący pracą kotła C.O.
(źródło: opracowanie własne)

Za symulację zmiany temperatury cieczy grzewczej odpowiada własnoręcznie wykonane urządzenie grzewczo-chłodnicze. Składa się ono

z grzałki zanurzonej w wodzie oraz ogniwa Peltiera, którego zadaniem jest chłodzenie wcześniej ogrzanej cieczy, poprzez zamontowany radiator.

Ostatnim elementem składającym się na stanowisko laboratoryjne jest wizualizacja procesu działania kotła C.O. na paliwo stałe. Cały proces odbywa się w środowisku Proficy HMI/SCADA – iFIX 5.1. Jest to polski program do wizualizacji danych, sterowania i zarządzania informacjami w czasie rzeczywistym. Umożliwia on lepsze analizowanie danych i wykorzystanie wyższego poziomu niezawodności i elastyczności. Program ten jest kompatybilnym z szeregiem programowalnych sterowników dostępnych na rynku. Jednak sam w sobie nie posiada możliwości łączenia się z urządzeniami klasy PLC. W tym celu zastosowany został serwer komunikacyjny IGS (rys. 3).

IGS jest OPC serwerem umożliwiającym komunikację serwera SCADA z najbardziej popularnymi i najnowszymi protokołami komunikacyjnymi, pozwalającym na sprawną współpracę z urządzeniami i sterownikami wielu producentów.



Rys. 3. Serwer komunikacyjny IGS
(źródło: opracowanie własne)

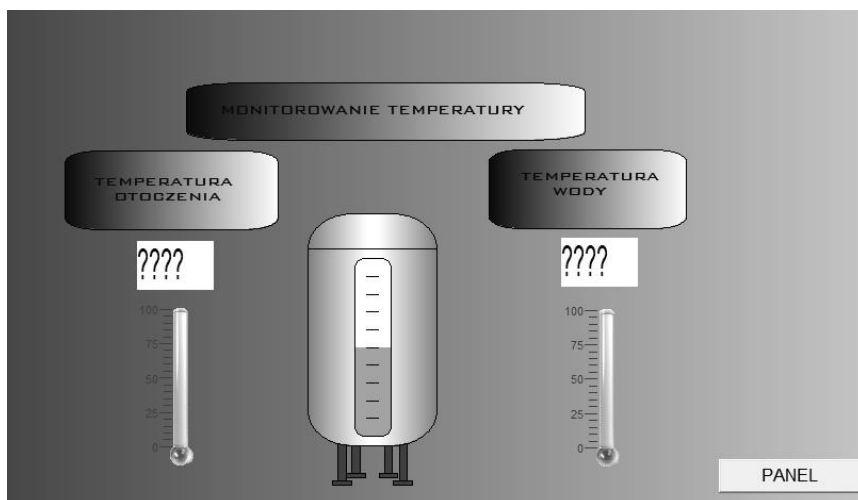
Cały proces wizualizacji składa się z trzech oddzielnych ekranów, których zadaniem jest nastawa temperatury oraz monitorowanie stanu urządzeń.

Główny panel kontrolny (rys. 4) pełni rolę sterującą. Z tego poziomu można zadać interesującą nas temperaturę, a program automatycznie będzie utrzymywał

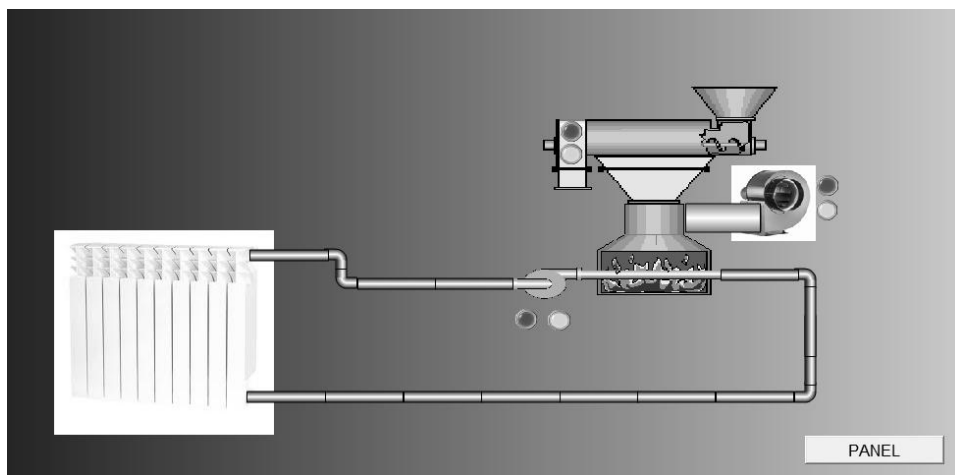
ją na odpowiednim poziomie. Kolejny ekran (rys. 5) wyposażony jest w podgląd temperatury otoczenia, a także cieczy grzewczej. To właśnie stąd użytkownik może monitorować stan cieczy obiegowej w układzie i w razie zagrożenia odpowiedni szybko reagować. Ostatnim ekranem (rys. 6) jest to podgląd stanu pracy urządzeń wykonawczych. To tutaj można na bieżąco kontrolować, czy poszczególne urządzenia nie uległy awarii, oraz jaki jest ich obecny stan pracy.



Rys. 4. Ekran wizualizacyjny - panel kontrolny pieca C.O.
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 5. Ekran wizualizacyjny - monitorowanie temperatury
(źródło: opracowanie własne)



*Rys. 6. Ekran wizualizacyjny - stan pracy urządzeń wykonawczych
(źródło: opracowanie własne)*

Dzięki takiemu rozwiązaniu można w łatwy sposób, krok po kroku, prześledzić proces działania pieca centralnego ogrzewania. Pozwala to w praktyczny sposób zaznajomić się z zasadą jego działania przy wykorzystaniu nowoczesnych rozwiązań technologicznych. W ramach pracy wykonano również układ do symulowania zmiany temperatury cieczy grzewczej. Do przedstawionego modelu pracy zespołowej napędów opracowano algorytm, oraz napisano program sterujący w języku schematów drabinkowych.

PRZETWORNICE CZĘSTOTLIWOŚCI

Produkcje przetwornic częstotliwości do asynchronicznych silników indukcyjnych podjęto na skalę przemysłową pod koniec lat sześćdziesiątych. Kamieniem milowym w produkcji było opracowanie produkcji tranzystorów mocy z izolowaną bramką IGBT. Zastosowanie tych tranzystorów pozwoliło na uzyskanie znacznie lepszych efektów niż w przypadku układów tyrystorowych. Następne lata przyniosły bardzo szybki rozwój zarówno układów mikroprocesorowych jak i oprogramowania, dzięki czemu można realizować różne funkcje układów napędowych. Następnym krokiem było opanowanie metody kontroli wektora napięcia zwanej również jako sterowaniem wektorowym silnika. Pozwoliło to na zastosowanie przetwornic częstotliwości w takich układach, gdzie wcześniej nie było to możliwe. Chodzi tu głównie

o układy w których była jedynie możliwa regulacja prędkości jedynie za pomocą napędów prądu stałego lub specjalnych silników synchronicznych bądź serwomotorów.

PODSUMOWANIE

Współczesne układy wielosilnikowe wymagają wysokiego poziomu zautomatyzowania procesów technologicznych. Jest to podyktowane względami niezawodności, powtarzalności, oraz szybkości wykonania produktu. Warunki takie spełniają sterowniki swobodnie programowalne, zwane powszechnie PLC. Typowymi silnikami stosowanymi w przemyśle są silniki indukcyjne, których pracę obecnie reguluje się poprzez zmianę częstotliwości, przy wykorzystaniu przetwornicy częstotliwości. Bazują one na układach mikroprocesorowych i wyposażone są w liczne moduły rozszerzeń, które pozwalają zwiększyć zakres ich zastosowań. Urządzenia te sterują pracą układów napędowych w których kontrolowana jest prędkość obrotowa.

LITERATURA

- [1] Broel-Plater Bodan, Sterowniki programowalne. Właściwości i zasady stosowania, Wydawnictwo uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2000.
- [2] Kasprzyk J.: Programowanie sterowników przemysłowych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [3] Ptaszyński L.: Przetwornice częstotliwości. Budowa, dobór, zastosowanie i eksploatacja, Wydawnictwo Envirotech, Poznań 1996.
- [4] Szymański J.: Politechnika Radomska, Co warto wiedzieć o napięciowych przemiennikach częstotliwości, Politechnika Radomska.
- [5] Tunia H., Barlik R.: Teoria przekształtników, oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

TRZYOSIOWE ZDALNIE STEROWANE RAMIĘ Z CHWYTAKIEM

WPROWADZENIE

W dzisiejszych czasach duży wpływ na przemysł ma postęp technologiczny. Powszechnie wykorzystywaną maszyną w produkcji jest robot przemysłowy. Robotem nazywamy urządzenie techniczne realizujące niektóre funkcje manipulacyjne i lokomocyjne człowieka. Posiada on również określony poziom informacyjny, energetyczny i inteligencji maszynowej. Jednym z typów robotów jest manipulator, który przejmuje funkcję kończyny górnej człowieka. Ten rodzaj urządzeń ma szerokie zastosowanie ze względu na zwiększenie wydajności, odciążenie pracownika i wtórne zmniejszenie kosztów [2].

W przypadku ramion o charakterystyce antropomorficznej ważnym czynnikiem jest, aby układ sterowania umożliwiał upodobnienie ruchów robota do ruchów ramienia człowieka.

W tym celu powinien być:

- precyzyjny o regulowanej sile ścisku,
- o jak najmniejszych ograniczeniach ruchowych,
- płynny,
- ruchy powinny być powtarzalne.

Problematyka budowy robota od założeń konstrukcyjnych po wykonanie rzeczywiste przybliża niniejszy artykuł.

ZAŁOŻENIA

Głównym założeniem jest budowa rzeczywistego modelu 3-osiowego zdalnie sterowanego ramienia z chwytakiem.

Podczas projektowania i budowy wyróżniamy następujące etapy:

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Zastosowań Mechatroniki ELMECH

- ustalenie parametrów ramienia takich jak: zasięg i udźwig,
- dobór materiałów i elementów,
- projekt wirtualny ramienia w środowisku CAD,
- obliczenia wytrzymałościowe,
- budowa rzeczywistego modelu.

PARAMETRY RAMIENIA

Ramię ma za zadanie przenosić element o wadze 0,5 kg. Przedmiot ten będzie miał niewielkie wymiary zewnętrzne. Zasięg ramienia przybliżony będzie do zasięgu kończyny górnej człowieka. Zakładamy, że długość ramienia wynosić będzie około 770 mm.

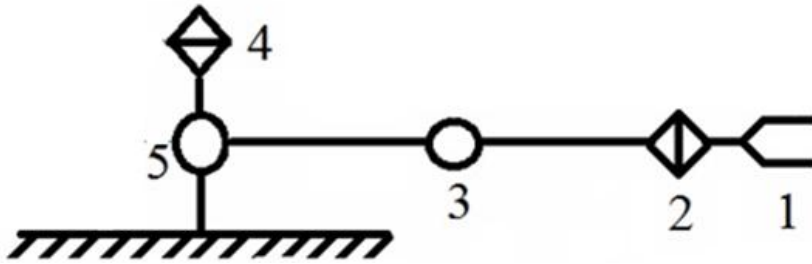
DOBÓR MATERIAŁÓW

Manipulator powinien być zbudowany z lekkich, a zarazem wytrzymałych materiałów. Nie powinny także stwarzać problemów w obróbce na konwencjonalnych obrabiarkach. W tym celu do budowy ramienia zostaną wykorzystywane materiały takie jak aluminium, tworzywo sztuczne oraz stal.

NIEZBĘDNE OBLICZENIA

W celu przeniesienia poprawnego elementu z punktu A do punktu B należy uwzględnić obliczenia następujących członów ramienia:

- obrotnicy (5),
- ramienia (4),
- przedramienia (3),
- kiści (2),
- chwytaka (1).

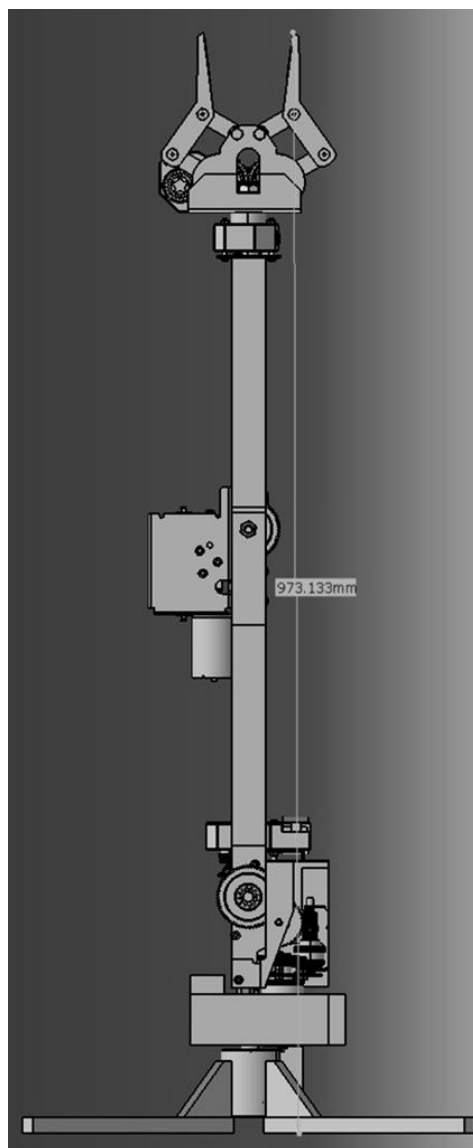


Rys. 1. Schemat ramienia 3-osowego robota wraz z chwytakiem
(źródło: opracowanie własne)

Obliczenia chwytaka polegają na wyznaczeniu siły nacisku szczęk na przedmiot, kolejno rzutowaniu kierunku siły do punktu obrotu koła zębatego napędzające szczypce, w ten sposób otrzymamy siłę, którą powinien posiadać silnik napędzający szczęki. Uwzględniamy, także moment dynamiczny oraz siły tarcia występujące w chwytaku. W przegubie kiść oraz obrotnica obliczamy moment statyczny i dynamiczny uwzględniając opory tarcia występujące na łożyskach. Na przegubach przedramię i ramię obliczamy moment statyczny i dynamiczny [3].

PROJEKT WIRTUALNY

Model 3-osowego ramienia z chwytakiem został zamodelowany w programie CatiaV5R16. Jest to program typu CAD/CAM/CAE ułatwiający w bardzo dużym stopniu pracę projektową dzięki budowie modułowej [1]. Na rysunku 2 przedstawiono maksymalną wysokość złożenia końcowego ramienia 973,133 mm.



*Rys. 2. Model 3D ramienia robota
(źródło: opracowanie własne)*

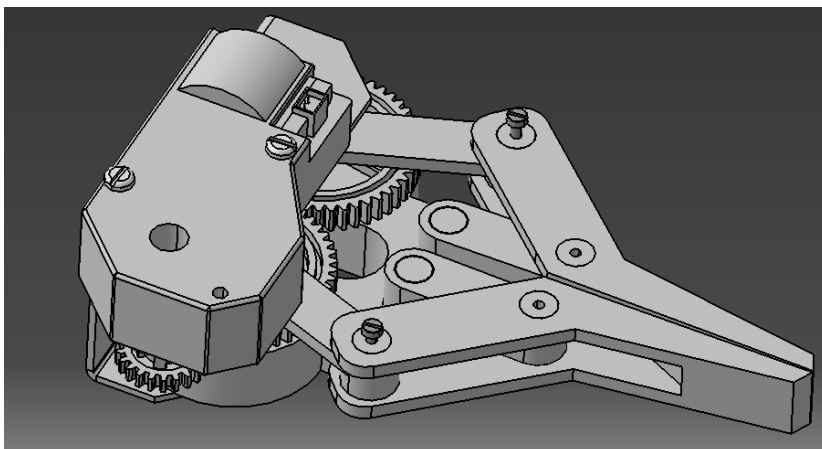
Konstrukcja ramienia została osadzona na podstawie o wymiarach maksymalnych $552 \times 552 \times 229$ mm. Podstawa ramienia składa się z pary łożysk kulkowych z uszczelnieniem, żeber oraz czterech profili kwadratowych zamkniętych.

Mechanizm obrotnicy składa się z osi, silnika napędowego oraz przekładni. Oś ma średnice 16 mm, została osadzona w łożyskach podstawy. Obrót ramieniem robota będzie wykonywany poprzez przekładnię ślimakową wraz z silnikiem. Koło zębate przekładni przekazuje swój moment obrotowy na koło zębate bezpośrednio sprzężone z osią. Zębatka odbierająca moment obrotowy jest większej średnicy dzięki czemu uzyskano większy moment obrotowy. Oś obrotnicy jest wyposażona w przyspawany nagwintowany wewnętrznie stalowy pręt. W otwór nagwintowany wkręcona została oś z kołem zębatym oraz skręcona z obydwóch stron nakrętkami M8.

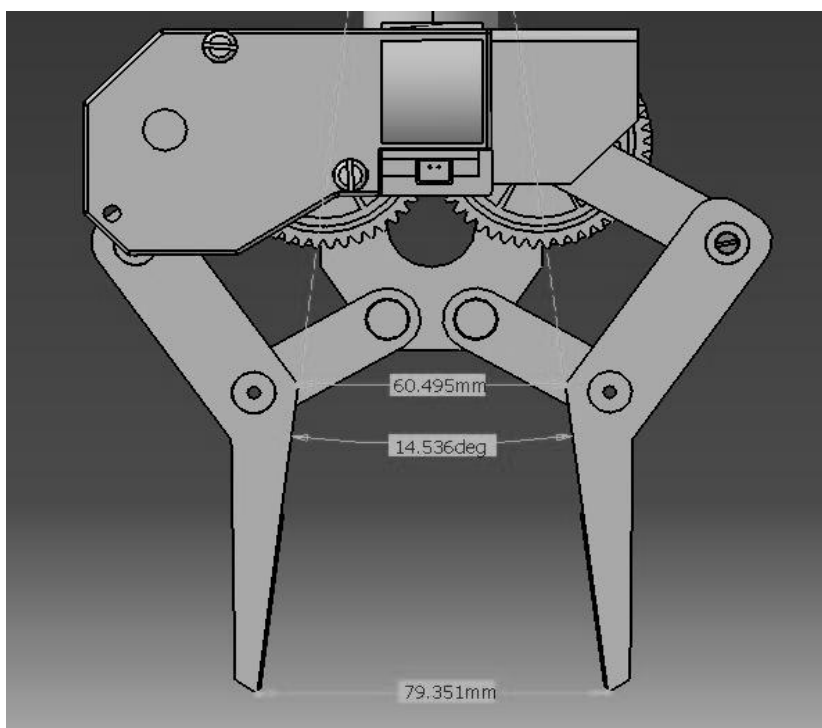
Zespół dźwigarów ramienia robota składa się z profili 30×30 mm. Profil ramienia i przedramienia składa się z dwóch pełnych profili pomiędzy, którymi znajduje się profil również kwadratowy lecz pusty w środku, o grubości ścianek wynoszących 3 mm. Połączenie obrotowe w przegubie przedramię-ramię zostało zapewnione dzięki osi $\Phi 8$ osadzonej w tulei. Oś ta jest z jednej strony na stałe zamocowana w profilu względem którego powinna wykonywać obrót.

Kiść robota jest elementem, który łączy przedramię oraz chwytak. Element ten realizuje ruchy obrotowe lewo-prawo. Kiść 3-osiowego ramienia robota składa się z elementu napędowego jakim jest przekładnia ślimakowa wraz z silnikiem, tulei, pary łożysk oraz osi.

Chwytak składa się z dwóch ramion. Osadzono je obrotowo na kołkach. Kołki zostały wciśnięte w podstawę. Pomiedzy nimi zamocowane są cięgna. Cięgna napędzające zaś szczypce, przykręcone zostały na stałe do kół zębatach przenoszących moment obrotowy. Na rysunku 3 i 4 przedstawiono chwytak zaprojektowany w programie Catia. Rozwarcie maksymalne ramion chwytaka w których przedmiot transportowany może być zaciśnięty jest to 79 mm na końcu ramienia chwytaka.



Rys. 3. Model 3D zaprojektowanego chwytaka szczypcowego
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 4. Widok chwytaka szczypcowego z rozwartymi szczękami
(źródło: opracowanie własne)

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Do obliczeń wytrzymałościowych użyliśmy program ABAQUS. Pierwszym krokiem do przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej danego zestawienia elementów robota było zapisanie modelu chwytaka z programu CATIA w formacie *.CATPart. Jest to model uproszczony w celu szybszej analizy oraz uniknięcia błędów powstałych podczas obliczeń. Kolejno zaimportowano plik *.CATPart. do programu Abaqus. Następnie w module *PROPERTY* został utworzony i przypisany materiał do poszczególnych części chwytaka. Szczęki i podstawa zostały wykonane z tworzywa sztucznego Ertalon 6PLA, bolce również zostały wykonane z tworzywa sztucznego Ertalon 6SA, natomiast cięgna zostały wykonane z aluminium PA38 EN AW 6060/6063. Złożenie chwytaka z elementów nastąpiło w module *ASSEMBLY*. W module *STEP* nadajemy typ obliczeń – statyczne liniowe. Nadawanie relacji pomiędzy poszczególnymi płaszczyznami oddziałyującymi pomiędzy sobą nadano w module *INTERACTION*, są to kontakty typu Normal Behavior i Tangential Behavior –bez zadanego tarcia pomiędzy płaszczyznami. W celu uniknięcia wystąpienia niepożądanych naprężeń użyto funkcji *ADJUST ONLY TO REMOVE OVERCLOSURE* – *wnikanie węzłów w siebie, wycofane poprzez program*. Moduł *LOAD* posłużył do utwierdzenia (zablokowania) płaszczyzn poszczególnych elementów w wymaganych kierunkach. Obciążenie jest nadawane także w tym samym module, zastosowano rodzaj obciążenia – ciśnienie. Moment obrotowy silnika napędzającego szczęki został przeliczony na ciśnienie. Kolejnym krokiem było nadanie odpowiedniej siatki złożeniu. Ważne jest nadanie gęstszej siatki w kluczowych miejscach. Do przeprowadzenia obliczeń zastosowaliśmy moduł *JOB*. Program przeliczył ciśnienie zadane na model i otrzymano naprężenia w zaimportowanym złożeniu z programu CATIA [4].

Wyniki obliczeń prezentuje rysunek 5. Maksymalne naprężenia występujące w tym złożeniu wyniosły 102,4 MPa, występują one w miejscu obrotu kół zębatych, nie przekraczają one granicy plastyczności zastosowanego aluminium. Maksymalne naprężenia, które występują w szczypcach wynoszą 16,67 MPa (rys. 6). Są to naprężenia nie przekraczające granic plastyczności tworzywa sztucznego.



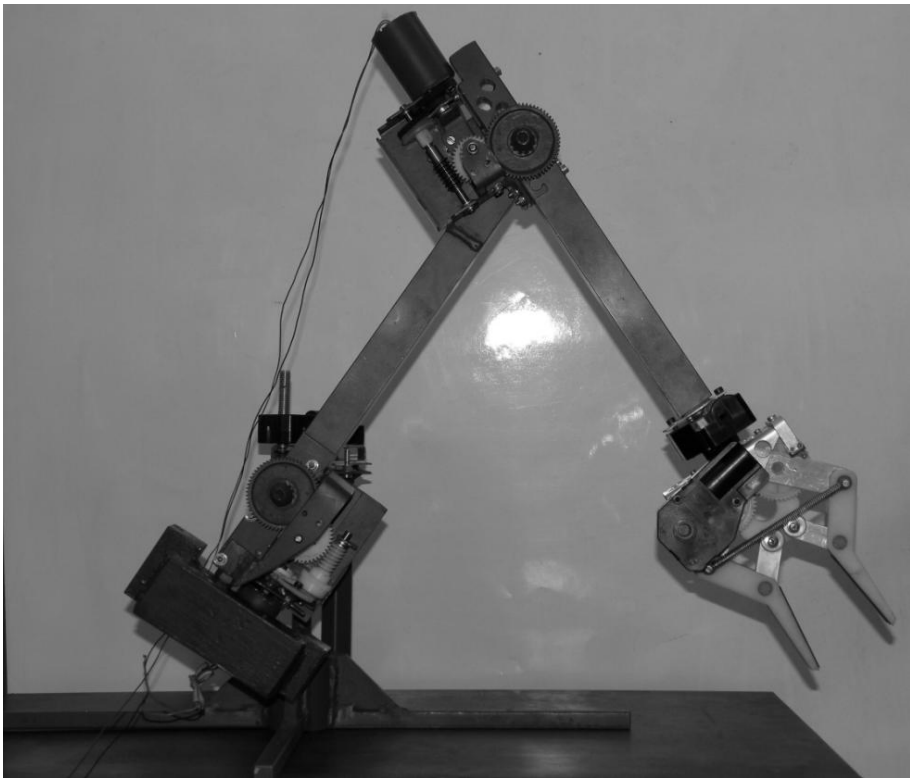
Rys. 5. Naprężenia występujące w modelu chwytaka
(źródło: opracowanie własne)



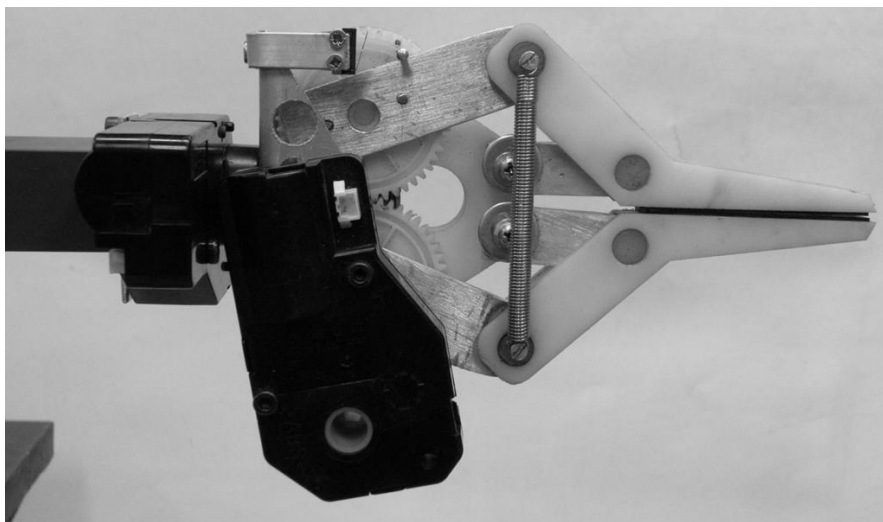
Rys. 6. Naprężenia występujące w szczekach chwytaka
(źródło: opracowanie własne)

BUDOWA RZECZYWISTA

Rzeczywisty model 3-osiowego ramienia robota z chwytakiem został wykonany na podstawie wcześniej wykonanego wirtualnego modelu CAD i jest z nim zgodny (rys. 7). Całość konstrukcji mechanizmu oparto na stalowej podstawie, na której oprócz konstrukcji ramienia znalazł się 12 V akumulator zasilający mechanizm. Przeguby napędzane są przez silniki DC z przekładniami ślimakowymi. Obrót ramienia względem podstawy zapewniają łożyska kulkowe. Podstawa została w pełni wykonana z profili stalowych. Połączenia pomiędzy kolejnymi przegubami oparto na stalowych osiach i tulejach ślizgowych. Dźwigary zostały wykonane z profili aluminiowych. Aby ułatwić ruch ciężien oraz elementów ruchomych zastosowano środki smarne.



*Rys. 7. Rzeczywisty model 3-osiowego ramienia z chwytakiem
(źródło: opracowanie własne)*



Rys. 8. Widok rzeczywistego modelu chwytaka
(źródło: opracowanie własne)

STEROWANIE

Układ sterujący pracą ramienia robota przemysłowego oparty jest na mikroprocesorze ATMEGA32 (U1) rodziny AVR firmy Atmel. Częstotliwość taktowania wynosi 16 MHz. Procesor ten może komunikować się z komputerem PC za pośrednictwem złącza RS232 (P7). Zasilanie układu sterującego odbywa się za pomocą akumulatora 12V/ 5Ah, z którego napięcie podawane jest na stabilizator 5V (U8). Do cyfrowych wyjść procesora podłączonych jest 5 diod świecących LED sygnalizujących takie stany pracy ramienia jak: max. otwarcie szczęk, max. siła ścisku szczęk, wył. konfliktów ramienia, DEMO oraz AWARIA. Cyfrowe wejścia procesora współpracują z układem klawiatury (dwa przyciski) oraz zespołem trzech joysticków uruchamiających podstawę, przedramię, ramię, chwytak i szczęki urządzenia. Grupa czterech potencjometrów podłączona do portu przetworników analogowo-cyfrowych (10-bit.) dostarcza informacje o kątach obrotu podstawy, ramienia, przedramienia i chwytaka. Dwa dodatkowe potencjometry umieszczone na pulpicie sterującym umożliwiają regulację mocy (PWM) napędów oraz ustalenie siły docisku szczęk chwytaka – poprzez operatora. Do tego portu dołączono również sygnał z czujnika nacisku zamocowanego do szczęk chwytaka. Większą część schematu zajmują prądowe klucze sterujące pracą aktorów – silników

prądu stałego. Dzięki aktorom możliwy jest ruch przegubów. Do pracy z silnikami obrotu podstawy, obrotu chwytaka i ścisku szczęk wykorzystano dwa układy L293D (U12, U13), a silniki o większej mocy użyte w przegubach ramienia i przedramienia –ysterowano jednym układem L298 (U7). Bramki inwerterowe 4069 (U2) służą do zabezpieczenia i zmiany stanu logicznego podczas sterowania kierunkiem obrotów silników DC. Diody prostownicze zabezpieczają przed pojawieniem się przepięć i odprowadzają ich nadmiarowe wielkości do obwodu zasilania. Procesor można programować dzięki specjalnemu gniazdu Kanda ISP (JP1) dostępnego na płycie. Schemat całego układu przedstawia rysunek 9.

PODSUMOWANIE

Podczas realizacji założenia którym była budowa rzeczywistego modelu trzyosiowego, zdalnie sterowanego ramienia z chwytakiem udało się wykonać model rzeczywisty o zadanych parametrach. Wykonany model rzeczywisty może służyć do transportu niewielkich obiektów. Robot może być również wykorzystywany do celów dydaktycznych. Na jego podstawie w przyszłości można stworzyć stanowisko badawcze dla studentów w laboratorium mechatroniki Politechniki Lubelskiej. Dzięki wykonanym w programie Catia V5R16 dokładnego wirtualnego modelu geometrycznego można przeprowadzić szczegółową analizę wytrzymałościową. Operator robota wykonuje ruchy manipulacyjne ramienia za pomocą pulpitu sterującego. Dla bezpieczeństwa i ułatwienia pracy, sterowanie zostało zrealizowane poprzez przewód sterujący. Sterowanie przewodowe można zastąpić modułem bezprzewodowym wraz z kamerą w celu sterowania z konkretnej odległości poza obszarem widocznym dla operatora.



LITERATURA

- [1] Wyleżoł M.: Modelowanie bryłowe w systemie Catia, przykłady i ćwiczenia, Helion, Gliwice 2002.
- [2] Olszewski M.: Manipulatory i roboty przemysłowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1992.
- [3] Osiński Z.: Mechanika ogólna, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994.
- [4] Pomoc programu Abaqus http://abaqus.ethz.ch:2080/v6.11/pdf_books/CAE.pdf.

SYSTEM ZAUTOMATYZOWANEGO DOZOWANIA CIECZY

WSTĘP

Przedmiotem projektu była budowa systemu zautomatyzowanego dozowania cieczy stosowanego w przemyśle spożywczym. Urządzenie ma możliwość dowolnego mieszania rodzaju płynów zaprogramowanych przez producenta. Istnieje możliwość obserwacji całego ciągu produkcyjnego na panelu operatorskim. Sporządzony sok ma zostać rozlany do butelek i przekazany do dalszego pakowania. Ten system mieszania jest budowany dla producentów soków, napojów i innych produktów płynnych. Jest to praktyczne rozwiązanie, które daje możliwość sprawnego sporządzania mieszanin roztworów z dowolnych, dostępnych w zakładzie komponentów w celu stworzenia satysfakcjonującego wyrobu gotowego o niezmienniej jakości.

BUDOWA UKŁADU

System zautomatyzowanego dozowania cieczy składa się z:

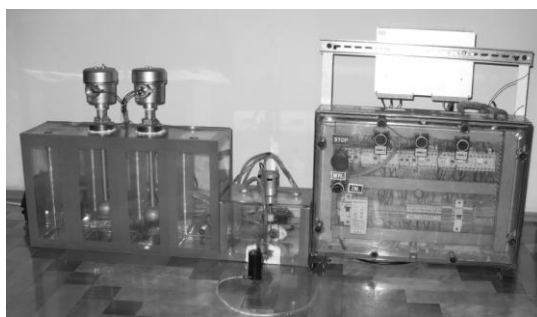
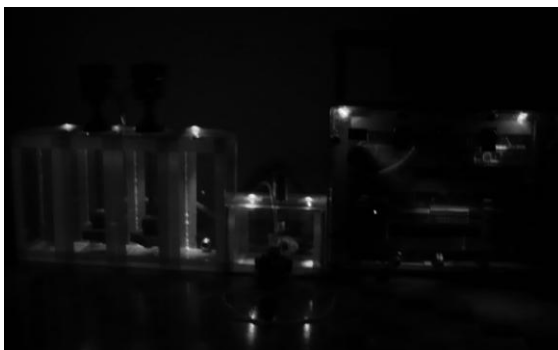
- 3 zbiorników wypełnionych koncentratem,
- 3 pomp transportujących koncentrat do zbiornika mieszającego,
- Zbiornika mieszającego z mieszadłem,
- pompy transportującej surowiec do rozlewania w butelki,
- układu myjącego CIP,
- elektrozaworów na zbiornikach,
- szafy sterowniczej,
- panelu operatorskiego.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Elektryków NAPĘD I AUTOMATYKA



*Rys. 1. Rzeczywiste elementy stosowane w układach dozowania cieczy
(źródło: opracowanie własne)*

MODEL ZBUDOWANEGO UKŁADU



*Rys. 2. Zdjęcia zbudowanego układu
(źródło: opracowanie własne)*

KONCEPCJA DZIAŁANIA SYSTEMU

Całość instalacji oparta jest na oprogramowaniu systemu sterowania, które zarządza pracą bloków zaworowych i zaworów z całą instalacją. System mieszania pracuje na kolektorach, w układzie który umożliwia realizację kilku projektów soków. Do zrealizowania tego rozwiązania niezbędne jest wprowadzenie do komputera rodzajów, ilości i miejsca składowania składników. Każdy produkt ma nadany swój numer i wprowadzone są dane odnośnie jego podstawowych parametrów. Program może przechowywać dane nawet stu składników do sporządzania mieszanin. Całość procesów mieszania sterowana jest za pomocą sterownika, który ma możliwość zapamiętania kilkuset gotowych receptur. W przypadku braku receptury, technolog może wprowadzić ją do bazy receptur dowolnie wybierając składniki, pamiętając o tym, że suma składników musi wynosić 100%. Realizacja mieszania składników wg danej receptury sprowadza się do wybrania jej numeru i nazwy, podania ilości łącznej po zmieszaniu składników i miejsca mieszania. Program realizując recepturę gotowego produktu wpuszcza przez kolejne zawory do kolektora poszczególne komponenty i przepompowuje je do zbiornika mieszającego.



*Rys. 3. Rzeczywisty wygląd systemu dozowania cieczy
(źródło: opracowanie własne)*

Wizualizacja umożliwia ciągłe śledzenie drogi składników do zbiornika mieszającego oraz podgląd na specjalnej tablicy realizacji zadanej receptury. Pokazany jest na niej każdy kolejny krok pobierania składników, ich ilość

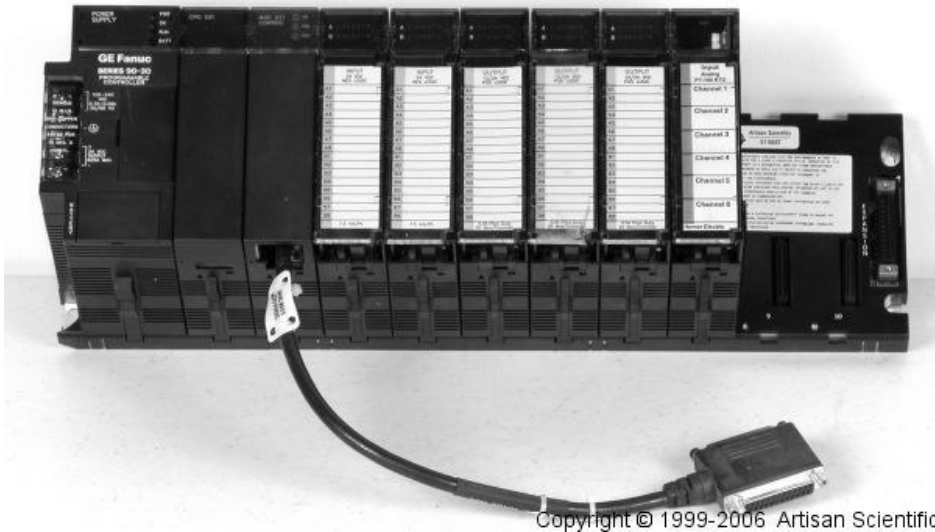
i przyrastający ciężar w zbiorniku mieszającym. Oprogramowanie zgodne z normami HACCP umożliwia pełną identyfikowalność produktu na każdym etapie produkcji. Po zakończeniu procesu program automatycznie przystępuje do mycia instalacji. Mycie instalacji może przebiegać równolegle z procesem produkcyjnym.

STEROWANIE

Głównym założeniem projektowym było wykorzystanie sterownika przemysłowego do sterowania pracą zespołu pomp dozujących ilość cieczy, oraz proporcje dozowanych płynów. Sterowanie odbywa się w trybie sekwencyjnym. Sterownik jest zaprogramowany tak aby załączać każdą z pomp w określonym przedziale czasowym. Pompy załączane są jedna po drugiej, przy czym okres działania każdej z pomp jest definiowany niezależnie. Daje to możliwość swobodnej regulacji przepływem cieczy. Układ sterujący wykorzystuje trzy wejścia binarne do wyboru trybu pracy pomp, żądana sekwencja działania pomp może być wybrana przez użytkownika poprzez przycisk dołączony do sterownika. Naciśnięcie dowolnego przycisku powoduje wybranie jednego z spośród 3 różnych programów i przejście w tryb wykonywania sekwencji sterującej wyjściami sterownika. Poniższy algorytm obrazuje schemat pracy sterownika.

GE FANUC SERIES 90-30

W projekcie użyto sterownika GE FANUC Series 90-30. Sterownik posiada wbudowane wyjście komunikacyjne komunikujące się po magistrali kompatybilnej z RS-422.



*Rys. 4. Sterownik GE FANUC Series 90-30
(źródło: Artisan Scientific)*

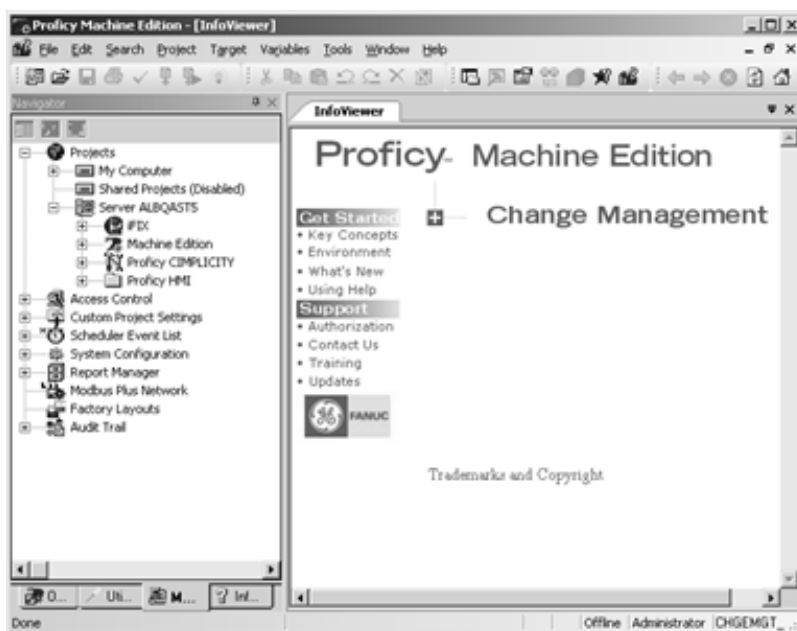
Sterowniki serii 90-30 oraz serii Micro są częścią większej rodziny sterowników programowalnych serii 90. Odznaczają się one łatwością instalowania i konfigurowania, oferują zaawansowane mechanizmy programowania oraz są kompatybilne ze sterownikami serii 90-70. Cechą wyróżniającą sterowniki tej serii spośród całej gamy oferowanej przez firmę General Electric jest fakt, że moduły rozszerzeń instalowane są na specjalnej platformie montażowej. Ponadto platforma ta integruje magistralę systemową obsługującą moduły rozszerzeń i zapewnia im zasilanie w całym jej obrębie. Plusem takiego rozwiązania jest możliwość wymiany uszkodzonych modułów podczas regularnego cyklu pracy sterownika bez konieczności przerywania wykonywanego programu.

Sterowniki serii 90 Micro są efektywną ekonomicznie platformą dla aplikacji o małej liczbie wejść/wyjść, ich kompaktowa budowa sprawia że są idealne do sterowania stounkowo prostymi procesami technologicznymi w miejscach gdzie przede wszystkim liczy się oszczędność miejsca na szynach montażowych oraz zwarta budowa szaf sterowniczych.

CYKL STEROWNIKA PLC

Użyty w projekcie sterownik został zaprogramowany przy użyciu testowej wersji oprogramowania Proficy Machine Editor firmy GE. Istotnym etapem przed przygotowaniem sterownika do zaprogramowania było ustalenie kanału komunikacyjnego. Sterownik serii 90-30 posiada wbudowany port komunikacyjny w standardzie RS422 mogący obsługiwać protokół SNP opracowany na potrzeby firmy GE.

Do komunikacji wykorzystano wymieniony protokół ustawiając odpowiednio parametry transmisji szeregowej, oraz unikatowy identyfikator SNP ID (w programie była to wartość alfanumeryczna „PLC1”). Program wykonywany przez sterownik napisany został w języku drabinkowym. Sterowanie zostało podzielone na procedury obsługi wejściowych sygnałów sterujących oraz etapowe wykonywanie procedur sterujących wyjściami.



Rys. 5. Środowisko programistyczne Proficy Machine Editor
(źródło: opracowanie własne)

SYSTEM SCADA

Jako jedno z kluczowych wymagań stawianych w nowoczesnych systemach automatyki przemysłowej jest zapewnienie możliwości wizualnego wglądu na stan procesu przemysłowego. Do tego celu zaprojektowany został system SCADA który daje możliwość prezentacji zmiennych procesowych w przyjaznej dla operatora formie. Ponadto system posiada możliwość agregacji danych historycznych, powiadamiania o usterkach i awariach w formie alarmów, a nawet generowania raportów które mogą przybierać formę podstawowych dokumentów biurowych.

Wizualizacja zaprojektowana na potrzeby procesu realizuje funkcje definiowania określonych parametrów procesu (w tym wypadku sterowanie sekwencyjne pomp z określoną wydajnością), zapewnia bieżący wgląd na stan procesu poprzez graficzną prezentację aktualnego diagramu, oraz umożliwia bezpośrednie oddziaływanie na załączenie procesu w trybie automatycznym.



Rys. 6. Panel Operatorski oparty na systemie SCADA
(źródło: opracowanie własne)

Okno główne panelu operatorskiego przedstawia diagram z poszczególnymi elementami systemu, widać na nim pompy, zbiorniki, mieszadło oraz zbiornik główny. Obok okna głównego widnieje tabela sterowania w której możliwe jest dokonywanie edycji parametrów załączania pomp. W tabeli również znajdują się przyciski odpowiedzialne za wybór aktualnego programu oraz wystartowanie

bądź natychmiastowe zatrzymanie procesu. Cała wizualizacja możliwa jest dzięki współdziałaniu systemu GE Proficy iFix z oprogramowaniem Industrial Gateway Serwer umożliwiającym komunikację ze sterownikiem po protokole SNP.

PODSUMOWANIE

Zaprojektowany i wykonany system jest modelem wiernie odwzorowującym rzeczywisty proces przemysłowy. Do realizacji wykorzystano urządzenia oraz oprogramowanie specjalistyczne dedykowane do profesjonalnej automatyki przemysłowej. Rozwiązania zastosowane przy budowie systemu są analogiczne jak te stosowane komercyjnie, co daje gwarancje niezawodności systemu oraz ukazuje potencjalnie możliwe zastosowania pokrewne.

PRACE ZWIĄZANE Z PROJEKTEM PROTOTYPOWEGO POJAZDU ELEKTRYCZNEGO ELVIC ORAZ OMÓWIENIE ZASTOSOWANEGO NAPĘDU WEKTOROWEGO

WSTĘP

Elvic to projekt pojazdu elektrycznego, jednoosobowego, w który zaangażowali się studenci Wydziału Elektrotechniki i Informatyki oraz Mechanicznego, Politechniki Lubelskiej. Celem zaprojektowania i zbudowania pojazdu jest udział w corocznym konkursie Shell Eco Marathon, który od dwóch lat odbywa się w Rotterdamie. Nasz samochód zaliczany jest do kategorii Prototype, a jego zadaniem jest przejechanie jak największego dystansu przy minimalnym zużyciu energii elektrycznej. Budowa pojazdu oraz jego wymiary są ściśle określone przez organizatorów, co jest skrupulatnie sprawdzane podczas szeregu testów przed zawodami. Dużą uwagę skupia się również na bezpieczeństwie mechanicznym (wytrzymałość materiału, pasów, konstrukcji) i elektrycznym (opartym na prawidłowym zastosowaniu zabezpieczeń, gł. bezpieczników), bez którego pojazd nie przejdzie przeglądu technicznego.

Całkowita maksymalna wysokość pojazdu musi być mniejsza niż 1 m, szerokość mniejsza niż 1,3 m, długość 3,5 m, rozstaw osi 0,1 m, natomiast maksymalna waga bez kierowcy mniejsza niż 140 kg. Im bardziej wymiary i waga pojazdu będzie zbliżona do minimalnych parametrów określonych w regulaminie, tym mniejsze zużycie energii elektrycznej i większe szanse na wygraną.

Aby zapewnić jak najmniejszą wagę pojazdu, do jego budowy zostały wykorzystane lekkie, a zarazem wytrzymałe materiały. Podwozie wykonane zostało z kompozytowego materiału Divinycell H45 (stosowane w najnowszych samolotach DreamLiner) oraz przebadane komputerowo za pomocą technologii MES, część nośna w technologii przekładkowej (pianka oklejona włóknem

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Elektryków NAPĘD I AUTOMATYKA

węglowym i kevlarowym), karoseria natomiast z włókien węglowych, szklanych i kevlarowych.

Niemal każda część pojazdu została zaprojektowana bezpośrednio przez studentów, a następnie poddana obróbce CNC, dzięki nowoczesnej frezarce pięcioosiowej.

Do źródła zasilania została zakupiona bateria litowo-jonowa 24 V 4000 mA, która jest dobrana tak aby było możliwe ukończenie wyścigu, kryterium doboru była masa pojazdu. Maksymalny zasięg pojazdu oblicza się na podstawie liczby przebytych kilometrów na 1 kWh. Nowy Elvic będzie w stanie przejechać 500 km, z prędkością 50 km/h. Z przyczyn bezpieczeństwa nominalne napięcie na pokładzie pojazdu, w każdym punkcie nie może przekroczyć 48V oraz maksymalne 60V.

Każdy pojazd biorący udział w konkursie musi przejechać odpowiedni dystans, w określonym maksymalnym czasie. Jednak najistotniejszym elementem jest nie czas, lecz zużycie energii wyrażone w km/kWh, które wskazuje dżulometr, umieszczony między sterownikiem silnika a akumulatorem. W skład projektu studenckiego Elvic wchodzi również projekt dżulometru, na podstawie którego można udoskonalać pojazd i dokonywać prób i testów samochodu. Dżulometr został zaprogramowany w języku C na procesorze Atmel AVR oraz układ scalony ADE7759.

Ważnym tematem całego projektu Elvic jest aerodynamika. Poszycie zostało zamodelowane i przebadane pod względem aerodynamicznym w programie Fluent, aby zminimalizować opory powietrza, co w znacznym stopniu zmniejsza zużycie energii.

Sercem pojazdu jest oczywiście napęd, sterownik energoelektroniczny, oraz cała część elektroniczna, opisana w kolejnym podrozdziale.

UKŁAD KIEROWNICZY

Układ kierowniczy jest to zbiór mechanizmów, umożliwiających kierowanie pojazdem, a więc utrzymywanie stałego kierunku jazdy lub jego zmianę, zgodnie z wolą kierowcy. Kierowanie pojazdem polega na zmianie ustawienia kół kierowanych, przy czym warunkiem prawidłowego (bez poślizgów bocznych) toczenia się kół podczas jazdy po torze krzywoliniowym jest niejednakowe skręcenie koła wewnętrznego i zewnętrznego. W różnych samochodach warunki dla poprawnego pokonania zakrętu są spełnione w większym lub mniejszym stopniu, zależnie od zastosowanych rozwiązań

konstrukcyjnych. Różnice dotyczą poszczególnych fragmentów układu kierowniczego, większość rozwiązań charakteryzują jednak pewne wspólne cechy, na przykład skretna tylko przednia oś.

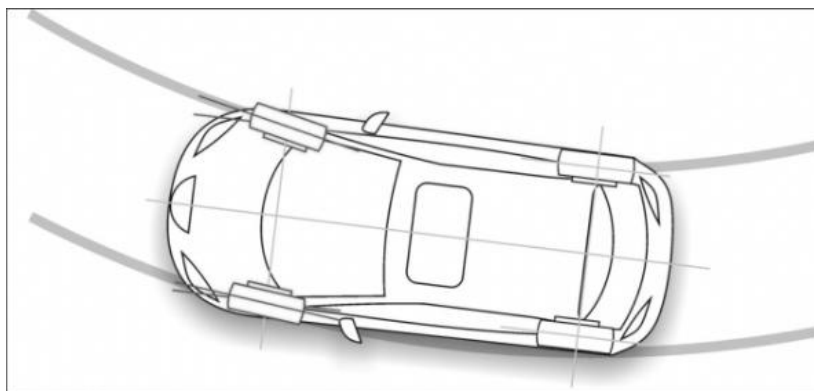
W układzie kierowniczym rozróżnia się dwie grupy elementów, tworzące mechanizmy: zwrotniczy i kierowniczy.

Mechanizm zwrotniczy to zespół dźwigni i drążków łączących koła kierowane. Zapewnia on takie połączenie kinematyczne, dzięki któremu koła pojazdu poruszającego się po torze krzywoliniowym toczą się bez poślizgu.

Mechanizm kierowniczy umożliwia skręt kół kierowanych (pod wpływem obrotu koła kierownicy) oraz, dzięki odpowiedniemu przełożeniu, dostosowuje wartości sił przyłożonych przez kierownicę do koła kierownicy i wartości kątów obrotu tego koła do wartości sił i kątów niezbędnych do kierowania pojazdem.

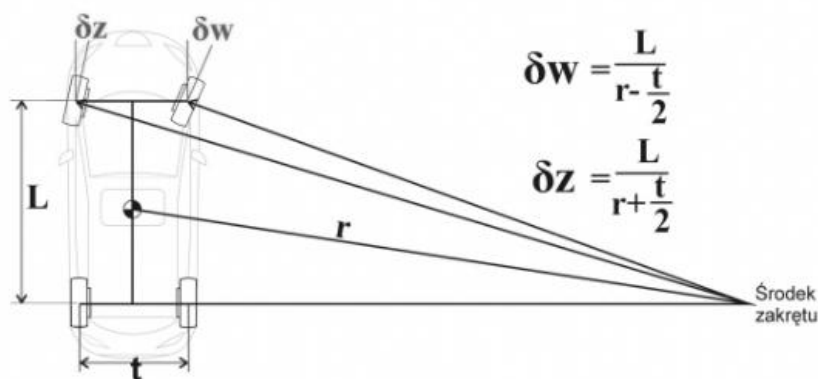
UKŁAD ACKERMANA

W projekcie naszego pojazdu skupiamy się głównie na zminimalizowaniu szeroko rozumianych strat energii, dlatego zdecydowaliśmy się na zastosowanie układu Ackermana. Jest to mechanizm zwrotniczy który zapewnia różny kąt skreślenia koła wewnętrznego i zewnętrznego, czego efektem jest wyeliminowanie poślizgu kół napędzających oraz różnicy w prędkości obrotowej kół.



*Rys. 1. Układ Ackermana
(źródło: opracowanie własne)*

W układzie Ackermana jeżeli przedłużymy osie koła wewnętrznego oraz zewnętrznego, to ich przecięcie powinno znaleźć się na przedłużeniu osi tylnej. Dobranie właściwych wartości zależności skrótu kół jest bardzo trudne, szczególnie, że efekt musi działać poprawnie w zakrętach pokonywanych z dużą prędkością jak i w ciasnych nawrotach. Prawidłowe ustawienie nierównoległego skrótu kół stanowi nie lada wyzwanie dla inżynierów zawieszeniowych. Biorą oni pod uwagę długość samochodu, rozstaw kół, oraz promień zakrętów przy jakich system ma działać najefektywniej. Znając te parametry obliczyć można wartość promienia skrótu dla każdego z kół.



Rys. 2. Parametry potrzebne do obliczenia promienia skrótu pojazdu
(źródło: opracowanie własne)

Dla różnych pojazdów układ Ackermana projektuje się w różny sposób. Do naszego pojazdu musieliśmy podejść w niestandardowy sposób, z racji tego że jest to trójkołowiec. Najpierw obliczyliśmy ogólne wartości dla układu Ackermana ze wzorów, a następnie zaczęliśmy te wartości modyfikować na podstawie wyników z metody wykreślnej – metoda ta sprawdza się doskonale w sytuacji kiedy poszukujemy unikatowego rozwiązania dla danego pojazdu. Do obliczeń naszych dokładnych wartości i narysowania schematu użyliśmy programu SolidEdge ST5.

(źródło: opracowanie własne)



*Rys. 4. Wizualizacja 3D zwrotnicy w programie CATIA v5 R21
(źródło: opracowanie własne)*

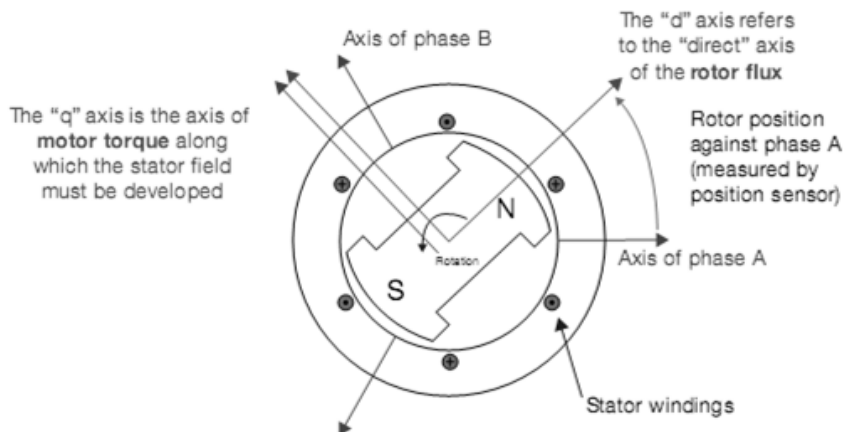
SŁOWO WSTĘPU NA TEMAT SILNIKA PMSM

Silnik synchroniczny z magnesami trwałymi (PMSM) jest maszyną o najwyższej sprawności z pośród dostępnych na rynku. Charakteryzuje się zdolnością do wytwarzania stałego momentu w całym zakresie prędkości obrotowej oraz zdolnością do wytwarzania znamionowego momentu przy zerowej prędkości. Zastosowanie wysokoenergetycznych magnesów trwałych znacznie podraża konstrukcję ale równocześnie poprawia własności użytkowe takie jak; wirnik nie wytwarza ciepła co czyni silnik wysokosprawnym oraz możliwość zmniejszenia średnicy wirnika skutkuje lepszymi własnościami w stanach dynamicznych. By w pełni wykorzystać własności omawianego silnika zbudowano falownik oraz zaimplementowano algorytm sterowania wektorowego. Zastosowany typ sterowania określa literatura jako FOC (Field Oriented Control), sterowanie polowo zorientowane. Podstawową ideą FOC jest uproszczenie sterowania maszyny trójfazowej. Umożliwienie całkowicie oddzielnego sterowania momentem oraz strumieniem wzbudzenia tak jak to jest możliwe w obcowzbudnej maszynie prądu stałego.

GENERACJA MOMENTU PMSM

Moment wytwarzany przez maszynę jest zależny od interakcji pomiędzy dwoma strumieniami magnetycznymi. Pierwszy wytwarzany przez wirnik (stała wartość strumienia) i pochodzi od magnesów trwałych, natomiast drugi

wytwarza uzwojenie stojana (zmienny) wartość strumienia jest proporcjonalna do prądu płynącego w uzwojeniu. Obydwa strumienie możemy sobie wyobrazić jako dwa wektory. Przedstawia to poniższy rysunek.



Rys. 5. Schemat maszyny PMSM: d – składowa strumienia wzbudzenia, q – składowa momentu (źródło: Texas Instruments)

Generowany maksymalny moment na jeden amper prądu płynącego przez stojan jest osiągany wtedy gdy wektory są ułożone prostopadłe w stosunku do siebie. W sytuacji gdy wirnik silnika się obraca konieczne jest zapewnienie ciągłej aktualizacji położenia wektora stojana. Jeżeli ten warunek zostanie spełniony moment generowany przez maszynę jest największy i można go opisać wzorem:

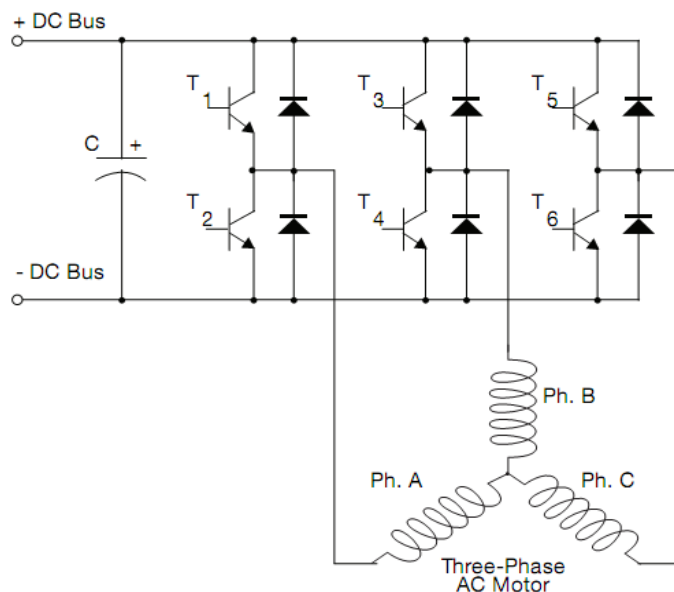
$$\text{Torque} = 32pp\lambda_{PM}I_{qs}$$

gdzie: pp - liczba par biegunów, λ_{pm} –wartość strumienia magnetycznego pochodzącego od magnesów trwałych, I_{qs} – Amplituda prądu płynącego przez uzwojenie stojana.

Powyższe wyrażenie pokazuje że moment generowany przez maszynę jest proporcjonalny do amplitudy prądu stojana w sytuacji gdy strumień pochodzący od wirnika jest pod kątem 90 stopni. Zadaniem mikrokontrolera jest nieustanna oraz jednoczesna regulacja wartości prądu fazowego oraz kąta pomiędzy strumieniami wtedy maszyna osiąga najlepsze wyniki.

KONTROLOWANIE PRĄDU FAZOWEGO W CELU OSIĄGNIĘCIA MAKSYMALNEGO MOMENTU

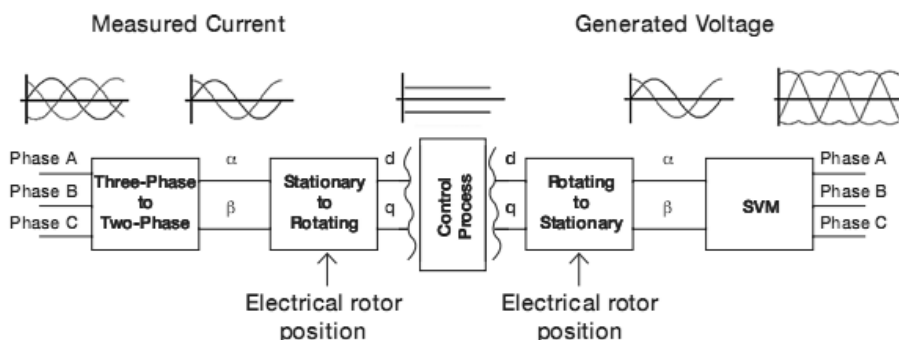
Kontrolowanie momentu obcowzbudnej maszyny prądu stałego jest niezwykle proste. Moment zależy jedynie od prądu twornika, ponieważ kąt pomiędzy strumieniem wzbudzenia a prądem twornika jest stały. Odpowiedzialny jest za to mechaniczny komutator. W celu sprowadzenia właściwości silnika PMSM do maszyny prądu stałego stworzono wirtualny komutator.



Rys. 6. Schemat 3-fazowego falownika napięcia zasilającego uzwojenie silnika PMSM
(źródło: Texas Instruments)

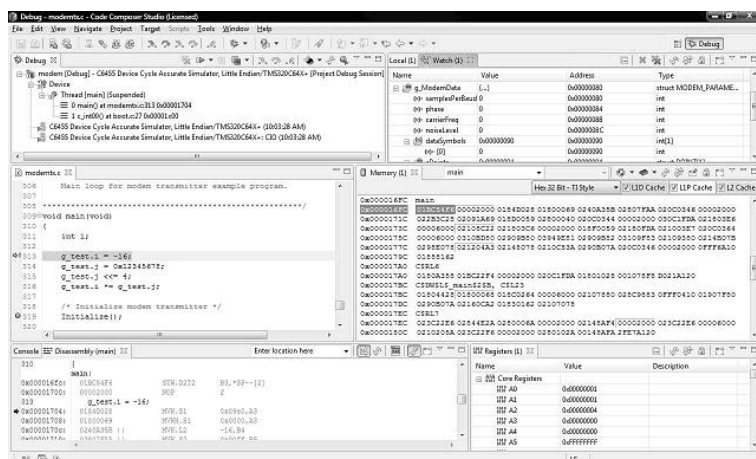
Składający się z sześciu kluczy MOS-FET zabezpieczonych diodami zwrotnymi. By umożliwić poprawną kontrolowaną komutację zainstalowano na wirniku maszyny enkoder inkrementalny firmy Agilent. Pozwoliło to na określenie pozycji wirnika z rozdzielczością 2000 impulsów na obrót. Aby umożliwić sterowanie momentem w pełnym zakresie zastosowano pomiar prądów fazowych. Do tego celu zastosowano nowoczesne czujniki prądu ACS712 firmy Allegro Instrument oparte o zjawisko Halla. Zdecydowano się na

odejście od klasycznego pomiaru prądu opartego o spadek napięcia na bocznikach rezystorowych oraz wzmacniaczach operacyjnych z powodu minimalizacji strat mocy w torze głównym falownika. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest zmniejszenie poboru mocy samego układu pomiarowego. Sam pomiar prądu jest parametrem krytyczny algorytmu FOC. Prąd musi być zmierzony w dwóch fazach. Koniecznym jest by pomiar był jednoczesny, odbywała się w stałych odcinkach czasu z dużą szybkością i precyzją. By rozwiązać ten problem zdecydowano się na procesor DSP F28069 firmy Texas Instruments. Posiada on jeden bardzo szybki 12 bitowy przetwornik analogowo cyfrowy oraz 2 układy (sample and hold) co łączy w sobie niewygórowaną cenę oraz możliwość jednoczesnego pomiaru. Prąd mierzony w dwóch kanałach procesor dodaje do siebie i oblicza prąd trzeciej fazy – $I_c = I_a + I_b$. Prowadzenie obliczeń oraz generowanie sygnałów błędów jednocześnie na trzech fazach jest dosyć kłopotliwe i wymaga bardzo szybkiego procesora. W celu zredukowania liczby równań zastosowano zaimplementowano dwie transformanty sygnałów. Przedstawia to poniższy rysunek.



Rys. 7. Uproszczony schemat algorytmu FOC wraz z przedstawionymi transformatami sygnałów (Clarka i Parka)
(źródło: Texas Instruments)

Transformata Clarke pozwala na zamianę trójfazowego stacjonarnego systemu (I_a , I_b , I_c) na równoważny mu dwufazowy system (a , b). Następnie przy użyciu transformaty Parka zamieniono dwufazowy stacjonarny system (a , b) w wirujący system ortogonalny (d , q). Gdzie wektor d – odpowiada za wzbudzenie maszyny a wektor q za moment wytwarzany przez maszynę. Takie działania pozwoliły na całkowite uniezależnienie się od czasu oraz sprowadzono



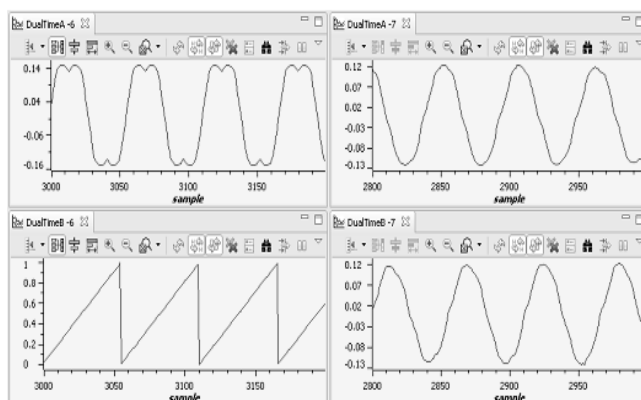
Rys. 9. Panel programistyczny środowiska Code Composer Studio
(źródło: opracowanie własne)

Posiada rozbudowany interfejs narzędziowy pozwalający programiście testowanie fragmentów kodu, wykonywanie programu w czasie rzeczywistym, wpływanie na wyniki obliczeń w trakcie pracy programu.

Name	Value	Format	Address	Type
(0)- EnableFlag	0	Natural	0x00009B49@Data	unsigned int
(0)- lsw	0	Natural	0x00009B46@Data	unsigned int
(0)- IdRef	0.0	Q-Value(24)	0x00009B62@Data	long
(0)- lqRef	0.04999995232	Q-Value(24)	0x00009B60@Data	long
(0)- SpeedRef	0.3000000119	Q-Value(24)	0x00009B66@Data	long
(0)- pid1_spd.Kp	1.299999952	Q-Value(24)	0x00009CC6@Data	long
(0)- pid1_spd.Ki	0.01999998093	Q-Value(24)	0x00009CD8@Data	long
(0)- dog.prescaler	1	Natural	0x00009C5F@Data	int
(0)- lsr.Ticker	0	Natural	0x00009B70@Data	unsigned long
(0)- clarkel.As	0	Q-Value(24)	0x00009B90@Data	long
(0)- clarkel.Bs	0	Q-Value(24)	0x00009B92@Data	long
<new>				

Rys. 10. Przykładowe wyniki pracy algorytmu FOC w postaci tabelarycznej
(źródło: opracowanie własne)

Możliwość śledzenia rejestrów procesora, gromadzenie dużej ilości danych oraz wizualizacja wyników w trybie rzeczywistym znacząco skraca pracę programisty oraz pozwala na maksymalizację wydajności pisanego algorytmu.



Rys. 11. Wizualizacja wyników obliczeń w środowisku Code Composer Studio
(źródło: opracowanie własne)

WNIOSKI

Zastosowanie procesora DSP umożliwiło zbudowanie jednego z najbardziej zaawansowanych oraz wydajnych algorytmów sterowania jakim jest FOC. W pełni wykorzystanie możliwości maszyny opartej o magnesy trwałe. Projekt falownika jest rozwojowy. Zaskoczeniem dla programisty było zużycie zasobów procesora zaledwie w 6% co pozwoli na przyszłą rozbudowę interfejsu falownika o możliwość komunikacji po protokole OpenCAN, USB. Wprowadzenie możliwości pracy z algorytmem Sensorless co prowadzi do dalszej minimalizacji poboru mocy napędu.

LITERATURA

- [1]. Orzełowski S.: Budowa podwozi i nadwozi samochodowych, ISBN 83-02-06631-1, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1998.
- [2]. Texas Instruments, DSP Solution for Permanent Magnet Synchronous Motor, (BPRA044), 1996.
- [3]. Akin B., Bhardwaj M.: Texas Instruments, Sensored Field Oriented Control of 3-Phase - Permanent Magnet Synchronous Motors, 2000.
- [4]. Freescale L.G., Motor control and motor drive solutions, 2012.

WYKORZYSTANIE INTELIGENTNEGO SYSTEMU AUTOMATYKI BUDYNKOWEJ FIBARO DO ADAPTACJI OBIEKTÓW WYPOSAŻONYCH W TRADYCYJNE INSTALACJE ELEKTRYCZNE DO STANDARDÓW INTELIGENTNEGO BUDOWNICTWA

WSTĘP

Instalacje elektryczne stanowią niezbędny i ważny z punktu widzenia użytkownika element wyposażenia domu. W zależności od standardu obiektu mogą to być instalacje tradycyjne. Instalacje z układami alarmowymi są kolejnym ze standardów jakie się wykorzystuje w nowych domach, aż po inteligentny budynek.

Postęp techniczny wywiera coraz większy wpływ na zmianę budynków tradycyjnych. W celu by oszczędzać zasoby środowiskowe wybiera się cele adaptacyjne a niżeli gruntowne remonty, które wiążą się z olbrzymimi kosztami pieniężnymi inwestora.

Rozwój automatyki oraz aspektów elektronicznych dał początek drogi do powstania nowego typu budynku określanego mianem budynku inteligentnego. Steruje on urządzeniami i instalacjami znajdującymi się w budynku. Automatyka ma zapewniać bezpieczeństwo pracy urządzeń w budynku, a także chronić ich użytkowników. Technologie informacyjne mają zapewniać komunikowanie się ze światem zewnętrznym oraz umożliwić sterowanie domem z zewnątrz.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej

² Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Studenckie Koło Naukowe Elektrycznych Systemów Inteligentnych ZORDON

Z-WAVE

Z-wave to nowej generacji system bezprzewodowy pozwalający w bardzo łatwy sposób przekształcić każdy dom czy mieszkanie w Dom Inteligentny. Wykorzystuje on proste, niezawodne, o niskim poborze mocy fale radiowe, które z łatwością przedostają się przez ściany i stropy budynku. Pozwala to na bezprzewodowe połączenie urządzeń elektrycznych takich jak, oświetlenie, głowice termostatyczne, TV, klimatyzacja, bramy, okna, rolety oraz wiele innych urządzeń w jedną sieć bez ingerencji w istniejącą instalację. Z-wave pozwala na sterowanie wszystkich urządzeń za pomocą prostych pilotów, komputera, telefonów komórkowych, bądź też zdalnie przez Internet z dowolnego miejsca na świecie.

Z-wave Alliance to konsorcjum około 250 firm z całego świata, produkujących urządzenia w standardzie Z-wave. Dzięki temu, decydując się na zmianę budynku w budynek inteligentny i wybierając bezprzewodową technologię Z-wave, mamy do wyboru szeroką gamę produktów od różnych producentów. Z-wave jest technologią sieci kratowych MESH. Jest to protokół komunikacji bezprzewodowej, gdzie każde urządzenie może zarówno wysyłać jak i odbierać informacje. Rozumiemy przez to, że każde urządzenie, jakkolwiek sterownik, może odbierać informacje od jednostki centralnej oraz wysyłać informacje (informować jednostkę centralną o stanie urządzenia, przekazywać informacje dalej). Urządzenia mogą się komunikować między sobą, ale nadzór nad wszystkim ma jednostka centralna.

W Polsce także powstają firmy korzystające ze standardu Z-wave. Jedną z najszybciej rozwijających się jest firma Fibaro. Firma produkuje swoje urządzenia, a także korzysta z rozwiązań innych firm. Bardzo interesujący jest ich interfejs sterujący instalacją wygodny, łatwy w obsłudze i miły dla oka. Urządzenia wykonawcze ich produkcji charakteryzują się znaczną miniaturyzacją – jeśli chodzi o bezprzewodowe instalacje budynku inteligentnego, to są one najmniejsze na świecie [5].

ZASADA DZIAŁANIA Z-WAVE

Architektura nowoczesnego systemu pomiarowo-sterującego działającego w domu inteligentnym traktuje wszystkie elementy uczestniczące w komunikacji jako połączenie w tzw. pikosieć. Określeniem tym nazywa się lokalną strukturę

komunikacyjną, w której każdy węzeł może połączyć się bezpośrednio z dowolnym innym. Jest to wykorzystywane w nowoczesnych technologiach komunikacji takich jak Z-wave czy ZigBee. W przypadku kiedy wszystkie urządzenia znajdują się w swoim zasięgu, możliwa jest komunikacja bez użycia przekaźników czy mostków [6].

Dzięki specyfice sieci MESH, jeśli nie wszystkie węzły mogą wymieniać się danymi między sobą, informacje są przesyłane przez sąsiadów. Moduły MESH automatycznie zmieniają koniurację w przypadku zmiany położenia, oraz, co najważniejsze, mogą się komunikować nawet w przypadku całkowitego uszkodzenia centrali sterującej – np. w wyniku pożaru. Sieć bezustannie monitoruje ścieżki pod kątem jakości i sama je naprawia. Zachowanie adaptacyjne zapewnia niezawodną pracę oraz znacznie upraszcza rozwój i rekonfigurację. Jeżeli w sieci MESH pojawi się przeszkoda na trasie komunikacji, podłączone do niej urządzenia automatycznie odnajdą najlepszą, alternatywną ścieżkę komunikacyjną. Dzięki stworzeniu takiej alternatywnej ścieżki, możliwy jest dalszy przepływ informacji.

BUDYNEK INTELIGENTNY

Termin „Inteligentny budynek” możemy odszukać w kartach historii już w latach 60 ubiegłego stulecia. W tych czasach powstawały nowe technologie budynkowe, które przede wszystkim rozwijały się w kierunku klimatyzacji i ogrzewnictwa. Wdrażano te układy zarówno do budownictwa mieszkaniowego jak i biurowego.

Dalszymi krokami rozwoju inteligentnego budownictwa są „budynki przyjazne ekologicznie” lub „zrównoważone”, które możemy podzielić także na ich odmiany „Green building” oraz „eco-building”. W tych odmianach domostw stosuje się alternatywne źródła energii oraz rozwiązania techniczne mające na celu maksymalne obniżenie kosztów eksploatacyjnych budynków aż do całkowitej rezygnacji z konsumpcji energii. Według przeprowadzonych analiz wynika aby, zapewnić oszczędność dla budynku musimy ograniczyć środki mediów dostarczane do budynku, czyli prąd, woda, energia cieplna. Możliwości te umożliwia się dzięki zastosowaniu automatyki budynkowej. To właśnie monitoring mediów, monitorowanie stanu pracy urządzeń w budynku oraz zarządzanie racjonalne zużyciem energii w trakcie ich eksploatacji pozwala jasne perspektywy coraz to mniejszego zużycia energii.

Budynek inteligentny jako urządzenie techniczne umożliwia świadome oszczędzanie energii, zarówno przez zastosowanie systemów pasywnych, jak i aktywnych. Układ monitoringu budynku w zakresie instalacji HVAC umożliwia prowadzenie działań zmierzających do oszczędzania źródeł energii oraz mediów jakie są dostarczane do budynku. Im mniej potrzebujemy tym mniej możemy wydać na źródła energii jakie zasilają nasz dom [2].

Dla procesów uzyskania mniejszego zapotrzebowania energii budynków ważne jest przeprowadzenie monitoringu zużycia energii. Wprowadzenie regulacji jej zużycia wtedy kiedy nie jest nam ona potrzebna. Kolejnym ważnym krokiem w celu ograniczenia energii jest zastosowanie nowych technik energooszczędności ogrzewania, chłodzenia, wentylacji budynków. Aktualnie priorytetem jest instalacja tzw. "zielonych technologii" (ang. *green technologies*) dbające i chroniące zasoby środowiska.

ZMIANA INSTALACJI TRADYCYJNEJ W DOMU

Odpowiednio zaprojektowana instalacja realizowana w sposób tradycyjny, przy zastosowaniu najnowszych technik i urządzeń, może zapewnić realizację wszystkich wymagań użytkownika. Niejednokrotnie okazuje się jednak, iż wielkość nakładów finansowych poniesionych w trakcie jej budowy, a szczególnie w dalszym okresie użytkowania jest znacząca i w ostatecznym rozrachunku czyni całą inwestycję kosztowną. Wysokie koszty eksploatacji wynikają przede wszystkim z faktu konieczności dostosowania tego typu instalacji do zmieniających się wymagań użytkownika oraz wymogów funkcjonalnych. Sieć automatyki budynkowej powinna spełniać funkcje sterowania, regulacji oraz monitoringu urządzeń technicznych, a także optymalizować ich procesy zużycia przez nie mediów [3].

W rozwiązaniach opartych na tradycyjnym podejściu projektowym systemy sterowania i automatyki (regulacja temperatury, oświetlenia, sterowania żaluzjami), oraz innych części monitoringu oraz alarmów, realizowane są przez oddzielne sieci. Każda z nich składa się z niezależnego toru sygnałowego oraz zasilającego. Ich podstawową wadą jest późniejszy większy koszt utrzymania oraz trudności wynikające z dodawania nowych funkcjonalności do naszego budynku. Na skutek tego staje się mniej elastyczna do dalszego rozwoju w modernizacji budynku.

Budynki inteligentne stają się coraz bardziej popularne. Coraz więcej ludzi chciałoby mieć u siebie instalację inteligentną. Najbardziej spopularyzowane są

budynki inteligentne z instalacją magistralną przewodową EIB. Taki system można wdrożyć w nowo budowanych budynkach, z kolei w wykończonych wdrożenie wymagałoby kosztownego remontu. Jednak wiele osób ma już wykończone budynki i mieszkania, a o budynkach inteligentnych dowiedzieli się niedawno. Chcieliby mieszkać w budynku inteligentnym, ale żeby wdrożyć w nim instalację inteligentną EIB, muszą praktycznie rozkuć cały dom. To jest czasem główny powód dla którego rezygnują oni z inwestycji w instalację inteligentną. Właśnie z myślą o wykończonych budynkach, pojawiły się instalacje inteligentne bezprzewodowe. Dzięki zastosowaniu takich systemów łatwo i niedrogo można zmienić swój dom w budynek inteligentny. Budynki inteligentne w systemach bezprzewodowych mają porównywalną funkcjonalność do budynków w standardzie EIB. Producenci tych systemów cały czas rozszerzają swoje oferty. Obecnie na rynku dostępne są różne standardy instalacji bezprzewodowych, a producenci zapewniają, że ich urządzenia są odporne na zakłócenia.

Instalacje inteligentne w systemie bezprzewodowym zapewniają funkcjonalność zbliżoną do budynków w systemie magistralnym, a ich koszt jest znacznie mniejszy. Dlatego też systemy bezprzewodowe znajdują także zastosowanie w nowo budowanych domach.

ADAPTACJA SYSTEMU FIBARO DO BUDYNKU TRADYCYJNEGO

Tradycyjne systemy automatyki budynkowej rzeczywiście wymagają specjalnej infrastruktury, tworzenia skomplikowanych rozdzielni, kucia ścian w celu położenia kabli czy wymiany włączników. Tak jak to się dzieje z systemami automatyki budynkowej rozwiązania EIB/KNX. Wykonywanie gruntownego remontu niesie za sobą długi czas remontu i instalacji systemu dlatego rozwiązania techniczne przedstawiane przez systemy automatyki budynkowej Fibaro jako instalacji bezprzewodowej jest jak najbardziej wskazane. Dostępne dziś na rynku bezprzewodowe inteligentne systemy pozwalają wyeliminować konieczność przeprowadzenia remontu, w przypadku Fibaro wystarczy zamontować moduły w istniejących już puszkach instalacyjnych. A następnie umieścić moduły dostarczone przez producenta systemu Fibaro. Kiedy system chcemy wyposażać w szereg czujników kompatybilnych z systemem Z-wave musimy zastanowić się co chcemy osiągnąć. Kolejny podrozdział będzie skonstruowany na zasadzie zadawania

pytań przez instalatora systemu inteligentnego skierowanych do osoby inwestora, która zamierza zainstalować system automatyki budynkowej [4].

PROCES TWORZENIA ADAPTACYJNEGO

Projektanci systemów ustalili standardy wymiany informacji, które opisują podstawowe funkcje w zakresie ochrony, HVAC, oświetlenia, itd. Zdefiniowane jako obiekty, mogą być później łatwo wymieniane pomiędzy systemami zarządzania za pomocą magistrali systemowej, przejściówek, umożliwiających współpracę sieci o różnych organizacjach [1].

Brak jasno sprecyzowanej koncepcji na zintegrowany system zarządzania budynkiem bardzo często stanowi podstawową przyczynę późniejszych narzeków i niezadowolonych użytkowników i właścicieli budynku.

Bez dobrej koncepcji integracja systemów może okazać się bardzo trudna lub w ogóle niemożliwa do zrealizowania, a bez niej nie będzie szans na optymalizację funkcjonalności, wygody, bezpieczeństwa i kosztów eksploatacji obiektu.

Podczas procesu tworzenia instalacji inteligentnej dochodzi do wspólnej dyskusji inwestora oraz wykonawcy na kilku etapach. Jest to spisanie potrzeb i marzeń inwestora dotyczących co chciałby, aby jego budynek mógł wykonać samodzielnie. Przedstawienie przez instalatora systemu wstępnego projektu instalacji oraz przedstawienie kosztorysu. Końcowym etapem jest wykonanie instalacji i finalne zaprogramowanie w budynku inwestora. Jednym z najważniejszych elementów jest nauczanie użytkowników nauki w pełni posługiwania się zainstalowaną instalacją inteligentną. Użytkownik powinien móc sterować w pełni logicznie i przyjaźnie dla niego wybranymi funkcjami z szeregu funkcji zainstalowanego systemu automatyki budynku.

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z ZASTOSOWANIA SYSTEMU FIBARO I JEGO KOSZTY

Oszczędności w użytkowaniu systemów Inteligentnego Domu. Jednym z najważniejszych kryteriów, jakie rozważa się na etapie inwestycji jest, oprócz jej funkcjonalności, również opłacalność w użytkowaniu. Inwestorzy w Polsce zwykle patrzą tylko na budżet budowy zapominając o kosztach przyszłej eksploatacji obiektu.

W przypadku systemu Inteligentnego Domu opłaca się zintegrować sterowanie oświetleniem i ogrzewaniem, by zapewnić sobie spore oszczędności energii, czyli mniejsze wydatki.

Oszczędności wynikające ze sterowania ogrzewaniem - dzięki niezależnej regulacji temperatury w każdym pomieszczeniu można zaoszczędzić znaczne ilości energii (ponad 30%). Część pomieszczeń w domu jest wykorzystywana sporadycznie, można w nich zatem utrzymywać niższą temperaturę, większość pomieszczeń jest używana tylko przez kilka godzin na dobę (po powrocie z pracy i w weekendy). W typowej instalacji powstają więc straty energii wynikające ze zbędnego ogrzewania pomieszczeń.

Oszczędności wynikające ze sterowania oświetleniem – w budynkach biurowych oszczędność zużycia energii z powodu "inteligentnego" sterowania oświetleniem wynosi 50-65%, a koszt wpływających na to urządzeń zwraca się po 3-4 latach.

LITERATURA

- [1] Borkowski P.: Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, 2009.
- [2] Duszczyk K.: Budynek inteligentny idea, stan obecny, perspektywy rozwoju, Politechnika Warszawska, 2008.
- [3] Markiewicz H.: Instalacje elektryczne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2005.
- [4] Petykiewicz P.: Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku, COSiW SEP, Warszawa, 2001.
- [5] Przewodnik projektanta i instalatora systemu Fibaro ,materiały producenta Fibaro, 2012.
- [6] Warmer C., Kok K.: Web services for integration of smart house in the smart grid, Denver, November 2009.

INFORMACJE O AUTORACH

EMIL BASAK	Koło Naukowe Automatyki Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
ANGELIKA BŁAŻEJEWSKA	Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
MARCIN BOCHIŃSKI	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
DANIEL BRĘŚ	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
KAROLINA CZARNACKA	Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
MATEUSZ DOBROCZYŃSKI	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
MAREK HORYŃSKI	Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej Politechnika Lubelska
KRZYSZTOF JAKOWIECKI	Koło Naukowe Zordon Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
DANIEL KOTER	Koło Naukowe Zastosowań Mechatroniki ELMECH Politechnika Lubelska

MARIUSZ KOWALSKI	Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
ADAM KURNICKI	Katedra Automatyki i Metrologii Politechnika Lubelska
DAMIAN LIS	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
MATEUSZ LITWIN	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
GRZEGORZ MASŁOWSKI	Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PAWEŁ MAZUREK	Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechnika Lubelska
MARCIN MIZIOLEK	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
DOMINIK POBERESZKO	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
WOJCIECH PRUS	Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
KATARZYNA PRZYTUŁA	Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska

KAMIL RADZIK	Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PRZEMYSŁAW ROGALSKI	Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
ALAN SZYMAŃSKI	Koło Naukowe Zastosowań Mechatroniki ELMECH Politechnika Lubelska
EMIL WIŚNIEWSKI	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PAWEŁ WOLIŃSKI	Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
DARIUSZ ZIELIŃSKI	Koło Naukowe Napęd i Automatyka Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska

INFORMACJA O KOŁACH NAUKOWYCH UCZESTNICZĄCYCH W III SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

KOŁO NAUKOWE AUTOMATYKI



Koło Naukowe Automatyki jest kołem działającym przy Katedrze Automatyki i Metrologii na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem koła jest dr inż. Adam Kurnicki.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie koła są badania związane z syntezą algorytmów sterowania szeroko pojętymi układami robotycznymi.

Innym chętnie podejmowanym zagadnieniem, jest implementowanie algorytmów sterowania procesami przemysłowymi na sterownikach PLC.

Obecnie do Koła Naukowego Automatyki należy kilkanaścioro studentów politechniki. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Zaawansowanych Układów Sterowania.

Laboratorium posiada aparaturę kontrolno-pomiarową umożliwiającą projektowanie i prototypowanie w czasie rzeczywistym układów sterowania zaawansowanymi układami mechatronicznymi.

Studenci koła rokrocznie uczestniczą w konferencjach naukowych prezentując swoje prace dotyczące zagadnień związanych z automatyką i robotyką.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła KNA można znaleźć na stronie <http://elektron.pol.lublin.pl/users/kna/index.htm>.



Koło Naukowe Elektryków "Napęd i Automatyka" działa przy Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Opiekunem koła jest dr inż. Piotr Filipek.

Koło skupia studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki różnych kierunków i specjalności, pragnących poszerzać swoją wiedzę poprzez udział w sympozjach naukowych, seminariach naukowo-technicznych, warsztatach laboratoryjnych i wycieczkach do przedsiębiorstw i instytutów naukowych.

Podstawową formą pracy w Kole są warsztaty laboratoryjne, w których studenci mają możliwość rozwijania swoich zainteresowań. W laboratoriach Katedry Napędów Elektrycznych poznają nowoczesne urządzenia zautomatyzowanych napędów elektrycznych, badają i opracowują własne projekty.

Zainteresowania członków Koła podzielić można na pięć obszarów tematycznych:

- Układy napędowe zasilane z fotowoltaicznych źródeł energii
- Układy mikroprocesorowego sterowania napędami elektrycznymi, w tym układy z DSP
- Sterowanie dyskretnie systemów napędowych w zautomatyzowanych układach sterowania PLC
- Problemy optymalnego wyboru układu napędowego dla zespołu technologicznego
- Elektrownie wiatrowe – wybrane zagadnienia z zakresu sterowania pracą generatorów i analizy ekonomicznej inwestycji.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła KNNA można znaleźć na stronie <http://knna.pollub.pl> oraz <http://ELVIC.pollub.pl>.



Studenckie Koło Naukowe Zastosowań Technologii .NET jest kołem działającym przy Instytucie Elektroniki i Technik Informatycznych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem koła jest mgr inż. Daniel Sawicki.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie koła jest przyspieszenie wykonywania obliczeń i przetwarzania danych z wykorzystywaniem najnowszych technologii programistycznych. Koło Naukowe zajmuje się klastrami i chmurami obliczeniowymi oraz bardzo wydajnym przetwarzaniem za pomocą kart graficznych.

Obecnie do Koła Naukowego Zastosowań Technologii .NET należy kilkanaścioro studentów politechniki. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Sieci Komputerowych istniejącym przy Instytucie Elektroniki i Technik Informatycznych w budynku PENTAGON. Laboratorium posiada sprzęt komputerowy wyposażony w wielordzeniowe procesory oraz karty graficzne wykorzystujące technologię CUDA. Koło Naukowe jest w posiadaniu wydajnej karty do obliczeń Tesla C1030.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności Koła Naukowego Zastosowań Technologii .NET można znaleźć na stronie <http://dotnet.politechnika.lublin.pl>.



Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL jest kołem działającym przy Instytucie Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii (IPEiE) Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem koła jest dr inż. Paweł Mazurek.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie koła są badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych, pomiary i analiza natężeń pól elektromagnetycznych niskiej i wysokiej częstotliwości oraz badania emisji hałasu.

Obecnie do Koła Naukowego ELMECOL należy kilkanaścioro studentów Politechniki. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Kompatybilności Elektromagnetycznej istniejącym przy Instytucie IPEiE w budynku ASPPECT. Laboratorium posiada aparaturę pomiarową umożliwiającą przeprowadzenie pomiarów ekspozycji pól elektromagnetycznych niskiej i wysokiej częstotliwości.

Studenci koła aktywnie uczestniczą w konferencjach naukowych dotyczących zagadnieniom emisji elektromagnetycznej. Dzięki dofinansowaniu prorektora Politechniki Lubelskiej, studenci koła uczestniczą już od kilku lat w międzynarodowym sympozjum naukowym Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu oraz na konferencji Forum Inżynierii Ekologicznej, gdzie prezentowali już wiele artykułów z tematyki pomiarów natężeń pól elektrycznych i magnetycznych.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła ELMECOL można znaleźć na stronie <http://elmecol.pollub.pl>.



Koło Naukowe Informatyki PENTAGON działa przy Instytucie Informatyki na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

W latach 1999 – 2010 opiekunem Koła był dr inż. Marek Miłosz zaś od roku 2011 rolę tę pełni mgr inż. Maciej Laskowski.

Obecnie Koło Naukowe Informatyki PENTAGON zajmuje się głównie grafiką i modelowaniem 3D oraz różnego rodzaju technikami multimedialnymi, nie stroniąc jednak od rozwiązań programistycznych..

Koło wspólnie z Urzędem Miasta organizowało również darmowe szkolenia z Blendera – darmowego programu do tworzenia grafiki 3D.

Tradycyjnie od wielu lat spotkania Koła odbywają się w każdy czwartek o godzinie 20.00 w sali S111 w Instytucie Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Członkowie Koła uczestniczą w wielu konferencjach krajowych i międzynarodowych (Inżynieria Gier Komputerowych, Gameday, Konferencja Matematyki i Informatyki Stosowanej, Studencki Festiwal Informatyczny) oraz od samego początku współorganizują Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, zapewniając m.in. obsługę oficjalnej strony Sympozjum.

Na chwilę obecną Koło zrzesza około 15 osób – studentów zarówno z Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, jak również studentów z innych uczelni, m.in. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego czy Wyższej Szkoły Prawa i Administracji w Lublinie.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła KNIP można znaleźć na stronie <http://knip.pol.lublin.pl>.



Studenckie Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć MELJON działa przy Katedrze Urządzeń Elektrycznych i Techniki Wysokich Napięć na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki. Opiekunem koła jest dr inż. Tomasz N. Kołtunowicz.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie koła to:

- badania właściwości elektrycznych nanokompozytów o strukturze metal-dielektryk, w których to cząsteczki fazy metalicznej rozmieszczone są losowo w matrycy izolacyjnej z tlenków lub fluorków metali (głównie Al_2O_3 , CaF_2 oraz PZT).
- badania dotyczące nieniszczących metod kontroli stanu izolacji wysokonapięciowych transformatorów energetycznych.
- budowa oraz uruchomienie stanowiska pokazowo-diagnostycznego wyposażonego w transformator Tesli.

Obecnie do Koła Naukowego MELJON należy 11 studentów z dwóch wydziałów Politechniki Lubelskiej: Elektrotechniki i Informatyki oraz Mechanicznego. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w laboratoriach Katedry, które wyposażone są w odpowiednią aparaturę pomiarową umożliwiającą przeprowadzenie pomiarów.

Członkowie koła aktywnie uczestniczą w konferencjach i sympozjach naukowych, m. in. w międzynarodowych konferencjach ION 2012 oraz NEET 2013, Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej „Nowoczesne Metody Doświadczalne Fizyki, Chemii i Inżynierii”, a także czynnie uczestniczą oraz współorganizują Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków SNEiI.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła MELJON można znaleźć na stronie <http://meljon.pollub.pl>.



Studenckie Koło Naukowe KERNEL.C jest kołem działającym przy Zakładzie Informatyki Wydziału Transportu i Informatyki, Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie. Aktualnym prezesem koła jest Mirosław Smoczyński

Głównym zagadnieniem, jakimi zajmują się członkowie koła jest przetwarzanie danych multimedialnych w środowiskach rozproszonych i wirtualnych. Koło naukowe zajmuje się przygotowaniem danych multimedialnych (odpowiednie kodowanie i kompresja) i badaniem wydajności przetwarzania tych danych w czasie transmisji przez sieć komputerową z wykorzystaniem różnych środowisk.

Obecnie do Koła Naukowego KERNEL.C należy kilku studentów Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium bezpieczeństwa usług sieciowych istniejącym na WSEI. Laboratorium posiada serwer modułowy Modular Server SH-8614 V7, który jest bardzo wydajną jednostką obliczeniową.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła KERNEL.C będzie można znaleźć na powstającej stronie <http://kernelc.wsei.lublin.pl>.



Studenckie Koło Naukowe Informatyków Pentagon Café jest kołem działającym przy Instytucie Informatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem koła jest dr inż. Piotr Kopniak.

Członkowie koła zajmują się badaniami technologii wytwarzania oprogramowania. W ramach zajęć Koła rozwijają internetowy system wspomagania pracy dydaktycznej jednostki uczelni wyższej, który wykorzystywany jest w Instytucie Informatyki. Rozwój systemu wymaga badań związanych z analizą wymagań nowej funkcjonalności, tworzeniem projektów, zarządzaniem kodem źródłowym, wersjonowaniem i dystrybucją, a także pracą zespołową i zarządzaniem całym projektem.

Obecnie do Koła Naukowego Pentagon Café należy ośmioro studentów Politechniki Lubelskiej. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w salach wykładowych i laboratoriach komputerowych przy Instytucie Informatyki.

Wyniki prac Koła prezentowane były w postaci artykułów naukowych i prezentacji na konferencjach naukowych i dydaktycznych.

Więcej informacji dotyczących działalności koła Pentagon Café można znaleźć na stronie <http://cafe.pollub.pl>.



Studenckie Koło Naukowe MECHATRONIK jest kołem działającym przy Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Aktualnym opiekunem Koła jest mgr inż. Krzysztof Jahołkowski.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie Koła są projekty dotyczące zastosowania sterowników PLC do sterowania układami napędowymi prądu stałego i przemiennego, zastosowania programów do wizualizacji i zbierania danych pomiarowych oraz zastosowania ogniw fotowoltaicznych do zasilania generatorów plazmy niskotemperaturowej.

Obecnie do Koła Naukowego MECHATRONIK należy kilkanaścioro studentów Politechniki Lubelskiej. Spotkania członków Koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Maszyn Elektrycznych oraz Laboratorium Modelowania i Symulacji Komputerowej istniejących przy Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych. Laboratoria posiadają aparaturę pomiarową umożliwiającą przeprowadzenie badań i pomiarów układów napędowych oraz układów zasilania generatorów plazmy niskotemperaturowej.

Studenci Koła aktywnie uczestniczą w sympozjach SNEiL, gdzie prezentowali artykuły z tematyki realizowanych projektów.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności Koła MECHATRONIK można znaleźć na stronie <http://proton.pol.lublin.pl/mt/>



Koło naukowe Elektroników i Mechatroników SEMICON jest kołem działającym przy Instytucie Elektroniki i Technik Informacyjnych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Opiekunem koła naukowego jest dr inż. Andrzej Kociubiński przy współpracy z dr inż. Mariuszem Dukiem.

Działalność koła naukowego zmierza do rozwoju zainteresowań i zdobywania nowych umiejętności przez studentów z kierunków Elektrotechnika, Informatyka i Mechatronika zainteresowanych projektowaniem systemów elektronicznych, technologią cyfrową oraz robotyką. Naukowe cele koła obejmują zastosowanie nowoczesnych technologii mikroprocesorowych w projektowaniu systemów elektronicznych, budowy autonomicznych urządzeń elektronicznych oraz wykorzystaniu najnowszych technologii półprzewodnikowych. Dzięki współpracy z zewnętrznymi firmami, studenci mają możliwość zdobycia doświadczenia oraz nawiązania kontaktów zawodowych owocujących w przyszłości.

W chwili obecnej w pracach koła naukowego SEMICON uczestniczy kilkunastu studentów politechniki. Spotkania koła zwykle odbywają się na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Członkowie koła naukowego SEMICON biorą aktywny udział w konferencjach poświęconych tematyce związanej z pracami koła. Uczestniczyliśmy w Sympozjum Naukowym Elektrotechników i Informatyków organizowanym przez Politechnikę Lubelską oraz IEEE-SPIE Joint Symposium Wilga 2013 organizowanego przez Politechnikę Warszawską. Udział w sympozjach umożliwia studentom rozwój w interesujących ich dziedzinach oraz integrację ze środowiskiem naukowym.

Dodatkowe informacje oraz aktualności dotyczące prac koła można znaleźć na stronie internetowej: <http://semicon.pollub.pl/>.



Studenckie Koło Naukowe Elektrycznych Systemów Naukowych „Zordon” jest kołem działającym przy Katedrze Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Jednym z założycieli i aktualnym opiekunem koła jest dr inż. Marek Horyński.

Głównym celem działalności Koła jest zdobywanie i rozpowszechnianie wśród studentów wiedzy dotyczącej współczesnego rynku automatyki budynkowej oraz przemysłowej.

Aktywność koła koncentruje się na następujących działaniach:

- prace badawcze związane z działaniem i strukturą systemów inteligentnych automatyki budynkowej,
- prace badawcze związane z integracją instalacji inteligentnych z innymi systemami automatyki w budynkach,
- organizacja i udział w szkoleniach z zakresu Elektrycznych Systemów Inteligentnych.

W szkoleniach tych biorą udział Partnerzy koła z przemysłu: Hager, LCN, ABB, MCD Electronics.

Obecnie do Koła Naukowego „Zordon” należy około dziesięciu studentów Politechniki.

Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Elektrycznych Systemów Inteligentnych istniejącym przy Katedrze Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, w budynku przy ul. Okopowej 8. Laboratorium posiada aparaturę pomiarową oraz modele systemów inteligentnych budynków umożliwiające przeprowadzenie badań i symulacji różnych układów automatyki.

Studenci koła aktywnie uczestniczą w konferencjach naukowych i szkoleniach dotyczących nowoczesnego budownictwa.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności koła „Zordon” można znaleźć na stronie <http://zordon.pollub.pl>.

INFORMACJE O III SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

ORGANIZATORZY III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

1. Koło Naukowe Elektryków „NAPĘD i AUTOMATYKA”
2. Koło Naukowe Informatyki „PENTAGON”
3. Koło Naukowe Elektroekologów „ELMECOL”
4. Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć „MELJON”
5. Studencka Sekcja Stowarzyszenia Elektryków Polskich
6. Koło Naukowe Sieci Komputerowych i Sztucznej Inteligencji „NEURON”
7. Urząd Miasta Lublin
8. Samorząd Studencki Politechniki Lubelskiej

KOMITET NAUKOWY III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

1. prof. dr hab. inż. Henryka D. Stryczewska – przewodnicząca
2. prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko – JM Rektor Politechniki Lubelskiej
3. prof. dr hab. inż. Jan Sikora
4. prof. dr hab. inż. Marek M. Stabrowski
5. prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik
6. dr hab. Stanisław Grzegórski, prof. PL
7. dr hab. inż. Wojciech Jarzyna, prof. PL
8. dr hab. inż. Czesław Karwat, prof. PL
9. dr hab. inż. Jan Kolano, prof. PL
10. dr hab. inż. Andrzej Kotyra, prof. PL
11. dr hab. inż. Jarosław Sikora, prof. PL
12. dr hab. inż. Antoni Świć, prof. PL
13. dr hab. inż. Andrzej Wac-Włodarczyk, prof. PL
14. dr inż. Marek Miłoś

1. dr inż. Piotr Z. Filipek – przewodniczący
2. dr inż. Paweł A. Mazurek
3. mgr inż. Maciej Laskowski
4. dr inż. Tomasz N. Kołtunowicz
5. dr inż. Zbigniew Połecki
6. dr inż. Dariusz Gutek
7. dr inż. Sławomir Przyłucki

**SPONSORZY III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW
I INFORMATYKÓW**



DZIĘKUJEMY!!!

PATRONI III SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

Patronat Prezydenta Miasta Lublin

**PATRONAT
HONOROWY**



PREZYDENT MIASTA LUBLIN
KRZYSZTOF ŻUK

Patronat honorowy Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej



Patronat Lubelskiego Oddziału Stowarzyszenia Elektryków Polskich



Patronat Jego Magnificencji Rektora Politechniki Lubelskiej



Patronat Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Informatyki



Patronat Polskiego Towarzystwa Informatycznego – Koło w Lublinie



*Patronat Lubelskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Zarządzania
Produkcją*

