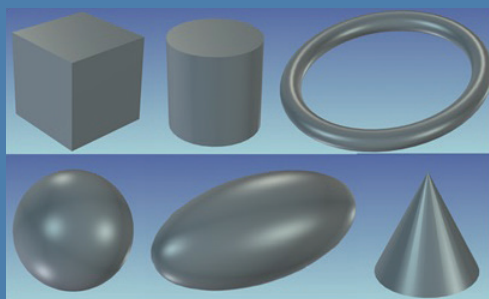
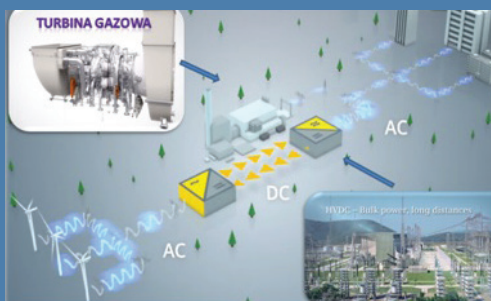


Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia z elektrotechniki i robotyki



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

Politechnika Lubelska
Lublin 2015

Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia z elektrotechniki i robotyki



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

Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia z elektrotechniki i robotyki

redakcja:

Tomasz N. Kołtunowicz

Piotr Z. Filipek

Paweł A. Mazurek

Maciej Laskowski



Politechnika Lubelska
Lublin 2015

Recenzenci:

członkowie Komitetu Naukowego V Sympozjum Elektryków i Informatyków

Skład: Tomasz N. Kołtunowicz

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2015

ISBN: 978-83-7947-177-5

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: 100 egz.

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	7
1 Katarzyna PRZYTUŁA, Dariusz ZIELIŃSKI UKŁADY PRZEKSZTAŁTNIKOWE W SIECIACH SMART GRIDS – SYSTEMY HVDC	9
2 Katarzyna PRZYTUŁA, Dariusz ZIELIŃSKI UKŁADY PRZEKSZTAŁTNIKOWE W SIECIACH SMART GRIDS – URZĄDZENIA STATCOM	15
3 Paweł A. MAZUREK, Paulina WOŹNIAK, Michał KWIATKOWSKI, Joanna PAWŁAT BADANIE EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ REAKTORÓW GLIDARC I BDB	23
4 Anna PACZEK, Joanna ŚLIWA PROJEKT ENDOPROTEZY BIODROWEJ	33
5 Wioleta PLUTA, Jarosław ZUBRZYCKI STANOWISKO DO OKREŚLANIA DOKŁADNOŚCI WZORCÓW BIOMETRYCZNYCH	42
6 Piotr PRZECH, Tomasz KLEPKA USPRAWNIENIE PROCESU DRUKOWANIA ADDYTYWNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM STOPNIA WYPEŁNIENIA MODELU	58
7 Sebastian BIAŁASZ, Tomasz KLEPKA ZAPIS MODELI CAD POPRZEC APROKSYMACJĘ POWIERZCHNI TRÓJKĄTAMI – ZASADY, BŁĘDY, ROZWIĄZANIA NAPRAWCZE	71
8 Tomasz SIROŃ SYSTEM STEROWANIA OŚWIECZENIEM ŚWIĄTECZNYM VIA WWW	84
9 Dominika KALINOWSKA NEUROMOST	92
10 Bartłomiej MATA CZ, Krzysztof KRUK STRUKTURA KOMUNIKACJI I APLIKACJA STERUJĄCA ROBOTEM MOBILNYM „ORION”	97
11 Jakub DUŃKO PROJEKT I WYKONANIE ELEKTRONIKI POKŁADOWEJ ROBOTA MOBILNEGO „ORION”	107

12	Paweł JERUZALSKI OPROGRAMOWANIE STEROWNIKÓW ROBOTA MOBILNEGO „ORION”	114
13	Tomasz WAWRYSZUK KONSTRUKCJA MECHANICZNA ROBOTA MOBILNEGO „ORION”	120
14	Żaklin GRĄDZ, Piotr FILIPEK ANALIZA PRACY SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO ZASILAJĄCEGO PODGRZEWACZ WODY	126
15	Nadzeya VIKTAROVICH TRÓJGENERACJA – KORZYŚCI ZE SKOJARZONEGO WYTWARZANIA ENERGII	134
16	Artur MICHAŁOWSKI, Grzegorz MIĄCZ MYGARDEN – SYSTEM WSPIERAJĄCY ZARZĄDZANIEM OGRÓDKIEM DZIAŁKOWYM	147
	SPIS AUTORÓW	165
	INFORMACJE O KOŁACH NAUKOWYCH UCZESTNICZĄCYCH W V SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	168
	INFORMACJE O V SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	175
	SPONSORZY V SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	177
	PATRONI V SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	178

PRZEDMOWA

Szanowni Uczestnicy i Sympatycy Sympozjum, Czytelnicy

Kolejne, już piąte Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków – SNEiI 2015 już za nami. Jesteśmy dumni, że inicjatywa Studenckich Kół Naukowych oraz Samorządu Studenckiego Politechniki Lubelskiej stała się rozpoznawalnym wydarzeniem, które trwale wpisało się w kalendarz życia akademickiego Naszego Wydziału i Uczelni.

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. W gronie patronujących instytucji znalazło się także Polskie Towarzystwo Informatyczne – Koło w Lublinie oraz Lubelski Oddział Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Sympozjum oraz publikacja pokonferencyjna mogły zaistnieć dzięki wsparciu Jego Magnificencji Rektora Politechniki Lubelskiej prof. dr hab. inż. Piotra Kacejko oraz Pani Dziekan Wydziału Elektrotechniki i Informatyki prof. dr hab. inż. Henryki D. Stryczewskiej. Serdeczne podziękowania kierujemy do Wydziału Strategii i Obsługi Inwestorów Urzędu Miasta Lublin, który wspomógł nas w organizacji tego przedsięwzięcia oraz wszystkich firm, które udzieliły wsparcia finansowego, materialnego i przeprowadziły szkolenia warsztatowe dla naszych studentów.

Szczególne podziękowania składamy prelegentom: Tomaszowi Matkowskiemu i Adrianowi Węglowskiemu z firmy BTH Technolight Disano Polska oraz Markowi Kurkowskiemu z Politechniki Częstochowskiej, jednocześnie reprezentującego SEP z Częstochowy, za wygłoszenie wykładu inauguracyjnego „Parametry fotometryczne i elektryczne drogowych i iluminacyjnych opraw LED”. Równie gorące podziękowania kierujemy pod adresem autora drugiej prezentacji Bartosza Kubika z Ekoenergetyka-Polska Sp. z o.o. za wygłoszenie referatu „Rozwój systemów ładowania pojazdów elektrycznych na przykładzie produktów firmy Ekoenergetyka” oraz przedstawiciela Urzędu Miasta Lublin – kierownika Referatu Obsługi Inwestorów Łukasza Gosia który przybliżył nam temat „Perspektywy zatrudnienia absolwentów uczelni wyższych na tle strategii rozwoju miasta Lublin”.

Podobnie jak w latach ubiegłych, celem SNEiI 2015 była wymiana wiedzy i doświadczeń praktycznych w gronie młodych członków społeczności akademickiej, przedstawicieli lokalnych władz oraz regionalnego przemysłu. Tematyka tegorocznego Sympozjum wzbogaciła się o kolejny obszar rozważań.

Oprócz referatów wpisujących się w nurt teorii i zastosowań: elektrotechniki, mechatroniki, elektroniki, automatyki oraz informatyki w badaniach naukowych, edukacji i przemyśle, liczną grupę stanowiły także wystąpienia poruszające problemy inżynierii biomedycznej.

Wzorem poprzedniego Sympozjum, zorganizowano cykl warsztatów z zakresu szeroko rozumianej elektrotechniki i informatyki, w których licznie uczestniczyli studenci z kół naukowych. Tradycyjnie, dzięki stałej współpracy Wydziału z Delegaturą Urzędu Komunikacji Elektronicznej w Lublinie, w trakcie Sympozjum jego uczestnicy mogli zapoznać się z prezentacją Ruchomej Stacji Pomiarowej.

Duża liczba zgłoszonych artykułów i wysoka ich jakość merytoryczna po raz kolejny zmobilizowały nas do opublikowania ich w formie zwartej publikacji. Oddana w Państwa ręce monografia jest opracowaniem naukowym zawierającym zrecenzowane artykuły, wybrane spośród referatów wygłoszonych na V Sympozjum Naukowym Elektryków i Informatyków.

Jako redaktorzy i współorganizatorzy SNEiI 2015 cieszymy się z dobrego odbioru tego wydarzenia w regionalnym środowisku akademickim, a także zaangażowania władz samorządowych i przedstawicieli przemysłu we wsparcie tej inicjatywy. Żywimy nadzieję, że stale wzrastający poziom prezentacji studenckich badań naukowych i projektów realizowanych w kołach naukowych już wkrótce podniesie SNEiI do rangi konferencji ogólnopolskiej.

Komitety organizacyjny SNEiI 2015

UKŁADY PRZEKSZTAŁNIKOWE W SIECIACH SMART GRIDS – SYSTEMY HVDC

WSTĘP

Smart Grid tworzy nową definicję systemu elektroenergetycznego. Inteligentna sieć zapewnia komunikację między wszystkimi uczestnikami rynku energii. Jej głównym celem jest obniżenie kosztów przy zwiększonej niezawodności dostaw energii oraz jej jakości. Ponadto istotną kwestią jest zintegrowanie rozproszonych źródeł energii (odnawialnych i konwencjonalnych). Zastąpienie dużych elektrowni scentralizowanych małymi elektrowniami rozproszonymi zapewnia korzyści ekonomiczne oraz jakościowe.

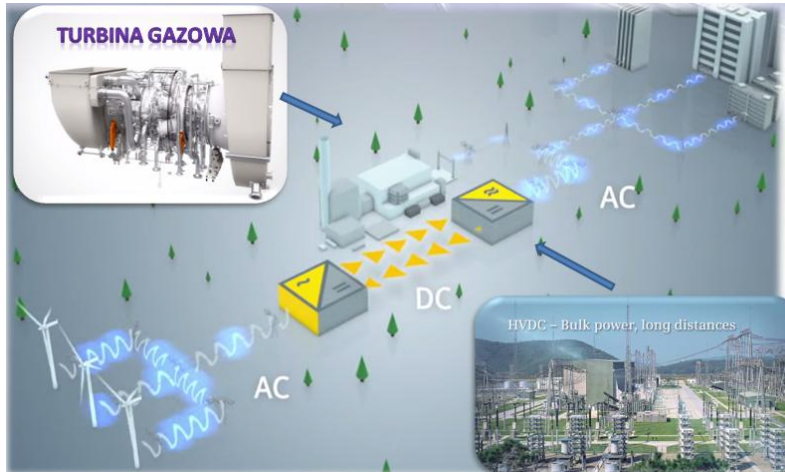
PRZYKŁADY SIECI SMART GRID

Niestety nie wszystkie rodzaje elektrowni można zbudować w miejscach, gdzie istnieje zapotrzebowanie na energię elektryczną. Przykładem takich elektrowni są farmy wiatrowe. Budowane są one w miejscach, gdzie wieje silny, o stałej prędkości wiatr. Są to miejsca często bardzo oddalone od miast, często na terenach morskich. Niezbędnym zabiegiem jest stosowanie systemów HVDC (*ang. High Voltage Direct Current*). Systemy tego typu składają się z dwóch stacji przekształtnikowych (AC/DC i DC/AC), połączone ze sobą kablem DC. Przesył energii odbywa się poprzez prąd stały. Ma to wielkie zalety pod względem strat energii zwłaszcza w przypadku kabli podmorskich lub łączącym stacje przekształtnikowe na duże odległości. Brak pojemności przyczynia się do efektywnego przesyłu energii elektrycznej.

W przypadku elektrowni wiatrowych, sieć Smart Grid powinna zakładać współpracę z bardziej przewidywalnym źródłem energii elektrycznej, która nie jest uzależniona od prędkości wiatru. Lokalna biogazownia lub elektrociepłownia, która współpracuje z farmami wiatrowymi pozwala na kompensowanie niedoborów energii w chwilach w których turbiny wiatrowe nie

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych

funkcjonują. Zapewnia to stałe i niezawodne zasilanie. Omawiany przypadek przedstawia rysunek 1.



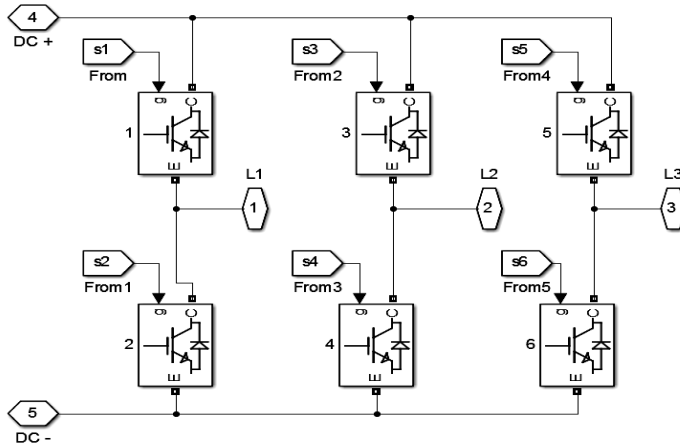
Rys. 1. Przykład połączenia elektrowni wiatrowej z miastem za pomocą systemu HVDC, przy udziale lokalnej elektrowni gazowej

UKŁADY PRZEKSZTAŁNIKOWE STOSOWANE W STACJACH HVDC

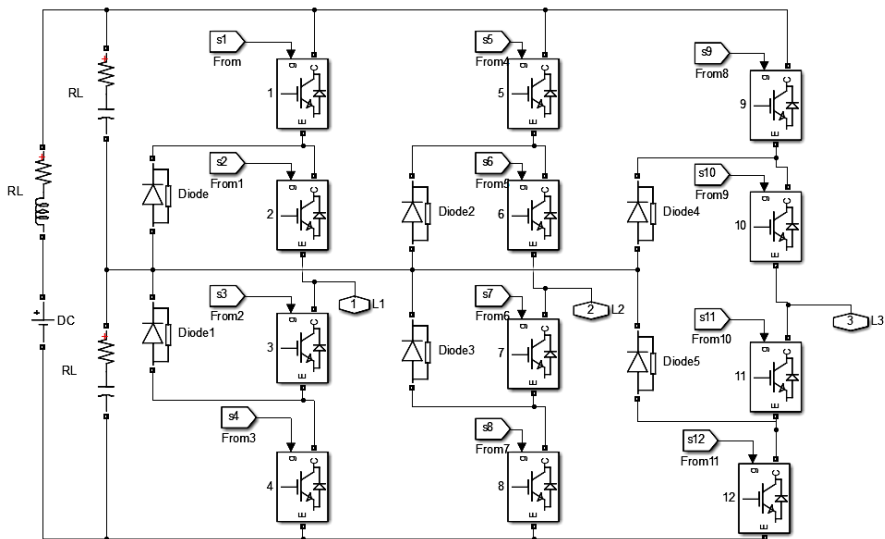
Przekształtniki stosowane w stacjach HVDC mogą się różnić pod względem budowy i systemu sterowania. Podstawową strukturę przekształtnika sieciowego stanowi przekształtnik dwupoziomowy (rys. 2). Posiada on trzy pary kluczy pracujących naprzemiennie. Zaletą takiego przekształtnika jest jego niski koszt budowy. Posiada on jednak szereg wad, min. konieczność stosowania filtrów na wyjściu, ze względu na zawartość dużej liczby wyższych harmonicznych w napięciu wyjściowym oraz klucze półprzewodnikowe pracujące na napięciu wejściowe. W przypadku stosowania przekształtników trójpoziomowych (rys. 3), mimo sześciu par kluczy półprzewodnikowych, może okazać się o wiele bardziej ekonomiczniejsze. Wpływa na to fakt, że filtry wyjściowe są mniejsze oraz klucz półprzewodnikowe pracują na połowie napięcia wejściowego. Kolejne rozwiązania przekształtników wielopoziomowych zbliżają kształt napięcia wyjściowego do sinusoidalnego, przy równoczesnym wzroście kosztów budowy takich urządzeń.

W zależności od potrzeb spotyka się również układy połączeń równoległych ze wspólnych bądź rozdzielnych źródłem prądu stałego, z pracą ciągłą lub naprzemienną. Wybór odpowiedniego układu uwarunkowany jest min. analizą

współczynnika THD (*ang. Total Harmonic Distortion*), strat mocy, możliwościami finansowymi.



Rys. 2. Dwupoziomowy przekształtnik energoelektroniczny



Rys. 3. Trójpziomowy przekształtnik energoelektroniczny

Klucze półprzewodnikowe w przekształtnikach stosowane w systemach HVDC to najczęściej tyrystory lub tranzystory IGBT (*ang. Insulated Gate Bipolar Transistor*).

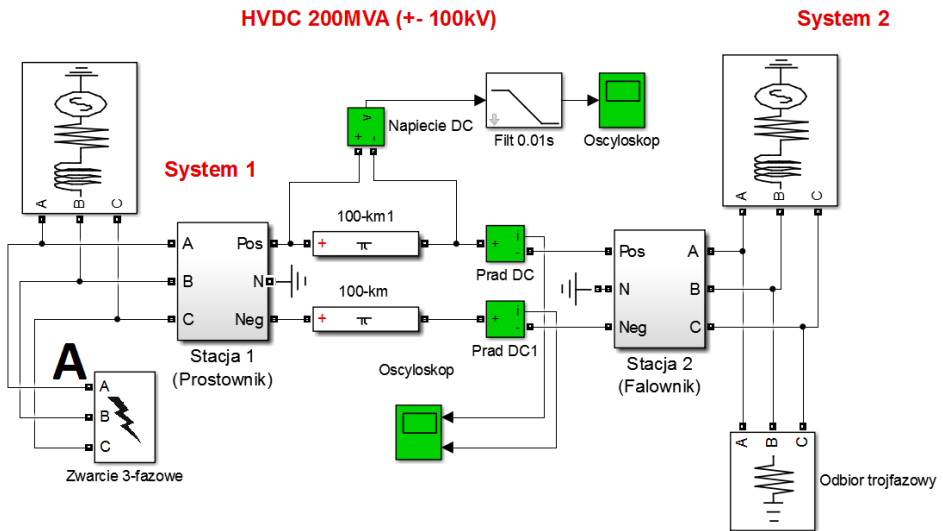
BADANIA SYMULACYJNE

Badania polegają na symulacji systemu elektroenergetycznego, zawierającego w swojej budowie system HVDC. Model przedstawia rysunek 4. Działanie badanych przekształtników trójpoziomowych oparte jest o sterowanie wektorowe VOC (*ang. Voltage Oriented Control*).

Dużą zaletą stosowania tego systemu są małe straty przy przesyłach energii na duże odległości (powyżej 600 km) oraz drogą podmorską. Przy przesyłach AC prąd zależy od czynników uwzględnionych we wzorze 1.

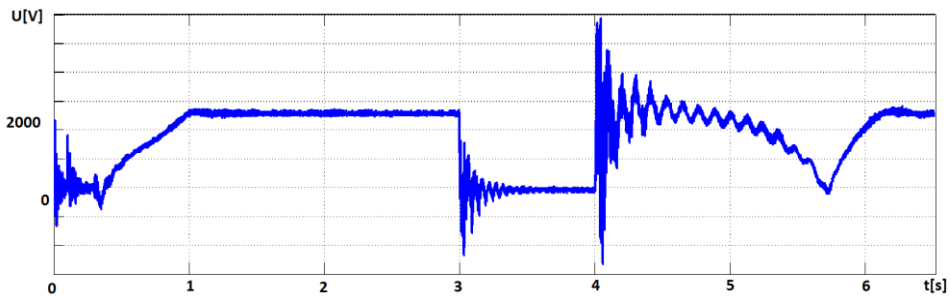
$$I = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U \cdot L \quad (1)$$

gdzie: f – częstotliwość, C – pojemność, U – napięcie, L – długość kabla.



Rys. 4. Model sieci elektroenergetycznej z systemem HVDC

Prąd pojemnościowy zależy od napięcia i częstotliwości oraz długości kabla. Im linia jest dłuższa tym straty większe. W przypadku przesyłu energii prądem stałym prąd pojemnościowy zostaje wyeliminowany, ponieważ częstotliwość równa jest zero.



Rys. 5. Przebieg napięcia w czasie w zależności od występujących zakłóceń

Przebieg napięcia od czasu przedstawia rysunek 5. Symulacja rozpoczyna się w momencie startu stacji prostowniczej, nie jest to więc stan ustalony i można zaobserwować inercję układu. Wynika to z faktu ładowania się kondensatorów na wyjściu prostownika i wejściu falownika. Prąd zwiększa swoją wartość powoli, aby w pierwszej sekundzie symulacji osiągnąć stan ustalony. W trzeciej sekundzie następuje zwarcie trójfazowe w punkcie A, prąd zanika oscylacyjnie, następuje utrata synchronizmu z generatorem. W 4 sekundzie symulacji dochodzi do uruchomienia stacji przekształtnikowych i powrót systemu do stanu ustalonego. Oscylacje są wynikiem działania regulatorów PID i jego przeregulowania. Stan przejścia prądu do wartości zera wynika z ładowania się kondensatorów. W szóstej sekundzie następuje powrót do stanu ustalonego.

WNIOSKI

Stacje przekształtnikowe są w stanie regulować mocą bierną, czynną, ilością jaka ma być przesyłana pomiędzy różnymi punktami systemu. W czasie zwarcia po jednej stronie systemu HVDC, prądy zwarciovne nie płyną do drugiej części połączonej sieci elektroenergetycznej, co jest niewątpliwą zaletą systemu. W pełni kontrolowana sieć jest w stanie sprostać nawet najtrudniejszym warunkom jakie panują w energetyce. Taki układ pełni więc rolę nie tylko dopasować parametrów napięcia różnych źródeł energii do sieci elektroenergetycznej, ale także kontroli przepływu mocy biernej i czynnej pomiędzy elementami tej sieci. Stacje przekształtnikowe i systemy HVDC, których budowa oparta jest o układy przekształtnikowe jest więc nieodłącznym elementem inteligentnych sieci Smart Grid.

LITERATURA

- [1] Romanowski J., *Zastosowanie technologii CUDA w sztucznej inteligencji*. Praca magisterska, Szczecin 2010
- [2] Szkoda S., *Implementacja modelu FHP w technologii NVIDIA CUDA*. Praca magisterska, Wrocław 2010
- [3] NVIDIA: *NVIDIA CUDA. Programming Guide*, ver. 4.1, 2011 r.
- [4] NVIDIA: *NVIDIA CUDA. Non-graphic computing with graphics processors*. Amazon, 2008
- [5] Triolet D., *Nvidia CUDA: Preview*. www.behardware.com, 2007
- [6] Tadeusiewicz R., Korohoda R.: *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, 1997
- [7] Kotyra A., Sawicki D., Gromaszek K., Smolarz A., *Wykorzystanie konturu aktywnego do określania obszaru płomienia w wizyjnym systemie diagnostycznym*, Elektronika: Konstrukcje, Technologie, Zastosowania, 2012
- [8] Sawicki D., Świetlicki M.: *Technologia CUDA*, w: II Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków: materiały pokonferencyjne, Lublin 2012
- [9] Katalog produktów łączeniowych, <http://produkty.info.pl>, zasoby z dnia 12.03.2015

UKŁADY PRZEKSZTAŁNIKOWE W SIECIACH SMART GRIDS – URZĄDZENIA STATCOM

WSTĘP

Pojęcie Smart Grid pojawia się coraz częściej w środowisku elektroenergetyki. Głównymi założeniami zbudowania inteligentnej sieci jest przede wszystkim współpraca wszystkich jej elementów ze sobą, tzn. elektrowni odnawialnych, konwencjonalnych źródeł energii, zabezpieczeń, transformatorów, odbiorców i innych. Po drugie możliwość sterowania składnikami sieci elektroenergetycznej, analizą parametrów w każdym z jej punktów, monitorowanie i możliwość zmian tych parametrów przez operatora. Po trzecie budowanie wiele małych elektrowni rozproszonych, na miejscu dużych, scentralizowanych [1]. Zapewnia to szereg korzyści takich jak:

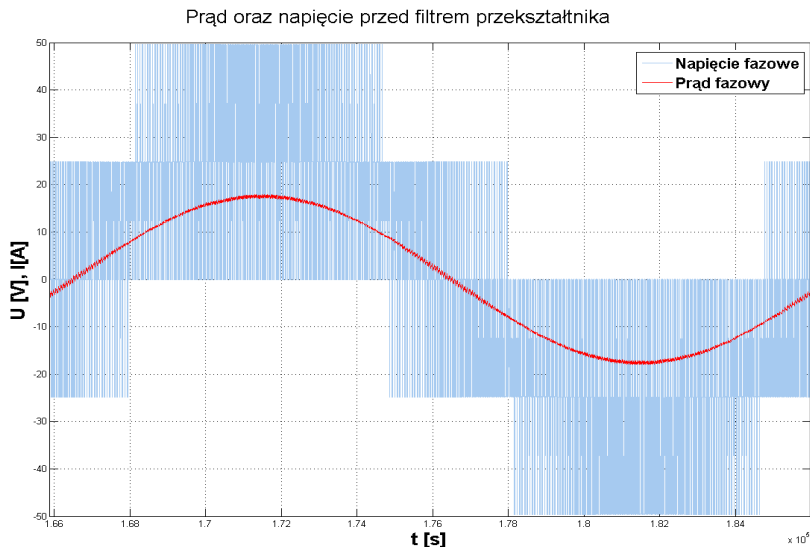
- zmniejszenie konieczności rozbudowy lub wzmocnienia sieci (dzięki umiejscowienia DG blisko odbiorców),
- zmniejszenie kosztów operacyjnych i utrzymania sieci dystrybucyjnych,
- zmniejszenie ograniczeń przesyłowych,
- zwiększenie niezawodności (zmniejszenie obciążenia sieci).

UKŁADY PRZEKSZTAŁNIKOWE

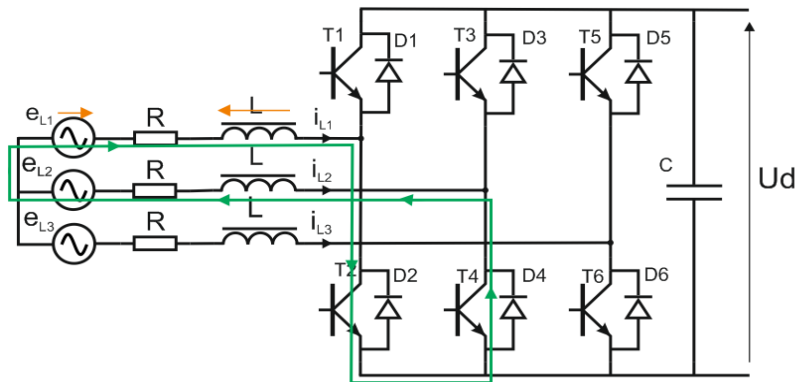
Istnieje wiele układów przekształtnikowych, które zapewniają prawidłowe funkcjonowanie sieci Smart Grid. Podstawową strukturą są przekształtniki dwupoziomowe, które pomimo swojej prostoty w budowie i stosunkowo niskim kosztem budowy, cechują się słabymi parametrami jakości przekształcanego napięcia. Wprowadza on bowiem do sieci szereg wyższych harmonicznych. W celu zmniejszenia współczynnika THD (*ang. Total Harmonic Distortion*), można zwiększać poziom przekształtników. Wiąże się to jednak ze zwiększeniem kosztów produkcji oraz bardziej skomplikowanym sterowaniem

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych

kluczami półprzewodnikowymi [4]. Napięcie oraz prąd fazowy przekształtnika trójpoziomowego przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przebieg napięcia i prądu fazowego na wyjściu falownika trójpoziomowego



Rys. 2. Przekształtnik dwupoziomowy – kompensacja mocy biernej

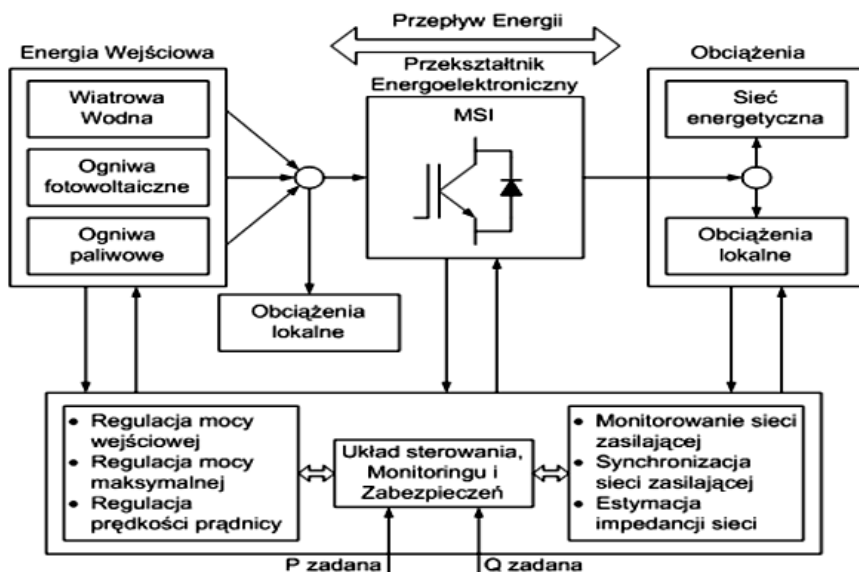
Istnieją trzy stany pracy przekształtników poprzez odpowiednią strategię przełączania pary kluczy półprzewodnikowych. Pierwsza polega na przepływie prądu z sieci elektroenergetycznej do szyny prądu stałego, druga na przepływie

prądu z szyny DC do sieci elektroenergetycznej i trzecia na przepływie prądu między dwoma fazami, co powoduje kompensację mocy biernej (rys. 2) [2, 3, 5].

W praktyce przekształtniki sieciowe zawierają szereg modułów, min. klucze tyrystorowe lub tranzystorowe, komputer sterujący przełączeniami kluczy, układy zabezpieczające, dławiki, moduły chłodzące i inne.

MIEJSCE UKŁADÓW PRZEKSZTAŁNIKOWYCH W SMART GRID

Wszystkie nowoczesne systemy, zwłaszcza te posiadające w swojej strukturze odnawialne źródła energii, dążą do całkowitej możliwości regulacji jego parametrów. Zapewnia to przekształtnik energoelektroniczny. Rysunek 3 przedstawia ogólny schemat systemu generacji rozproszonej zasilanego z OZE. Po stronie elektrowni przekształtnik odpowiada za regulację mocy wejściowej, maksymalnej oraz prędkości prądnic, po stronie obciążenia (odbiorców) za monitorowanie i synchronizację sieci zasilającej oraz estymację impedancji sieci. Ważne jest, że z punktu operatora jest możliwe zadawanie wartości mocy czynnej i biernej w obu kierunkach.



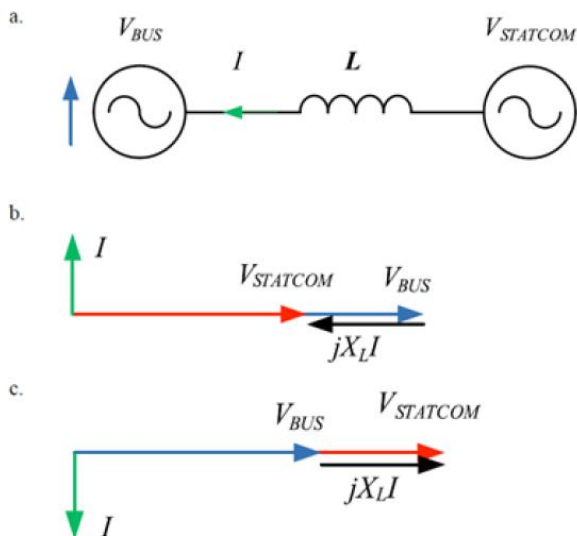
Rys. 3. Ogólny schemat systemu generacji rozproszonej zasilanego z odnawialnych źródeł energii

Głównymi zastosowaniami układów przekształtnikowych w Smart Grid są:

- sprzęganie systemów energetycznych (HVDC, FACTS),
- włączanie statycznych kompensatorów mocy biernej do sieci,
- przyłączanie odnawialnych źródeł energii i układów magazynujących energię do sieci energetycznej (rys. 5),
- odkształcenie prądu wprowadzanego do sieci,
- filtry aktywne do kompensacji odkształceń i mocy biernej, poprawa parametrów jakości energii (stabilizacja i symetryzacja napięcia, filtracja harmoniczných prądu, itp.),
- pełnienie funkcji układu zasilania systemu ładowania pojazdów elektrycznych (samochód, ciągnik elektryczny, inne maszyny rolnicze z napędem elektrycznym).

URZĄDZENIA FACTS

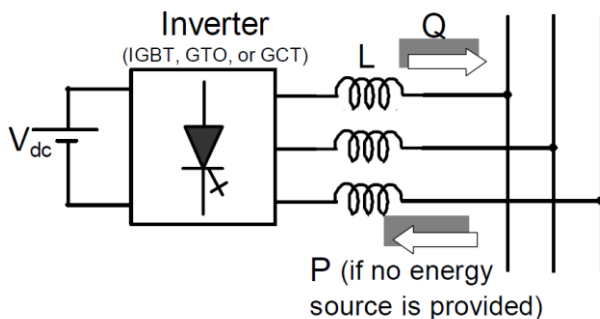
FACTS (*ang. Flexible Układy FACTS Alternating Current Transmission Systems*), czyli regulatory energoelektroniczne, służą do kontrolowania napięcia i kompensacji niedoborów mocy biernej w systemie (rys. 4) [6].



Rys.4. a) schemat STATCOM przyłączony do sieci elektroenergetycznej oraz wykres wskazowy podczas generowania do sieci mocy biernej b) indukcyjnej, c) pojemnościowej

Dzięki tym urządzeniom następuje zwiększenie jakości przesyłanej energii, stabilność systemu i zapewnienie poziomów napięć zgodnie z obowiązującymi normami. Istnieje wiele urządzeń należących do rodziny FACTS, szeregowo, równoległe, bądź na szeregowo i równoległe przyłączone do sieci elektroenergetycznej. Na szczególną uwagę zasługuje jeden z podstawowych równoległych urządzeń typu FACTS – STATCOM (*ang. Static Synchronous Compensator* – statyczny generator mocy biernej), zawierający w swojej budowie przekształtnik energoelektroniczny (rys. 5).

Przekształtnik pracujący w układzie STATCOM może opierać swoją budowę o różne elementy półprzewodnikowe, w zależności od napięcia i prądu znamionowego. Są to tyrystory GTO, tranzystory IGBT i inne [6].



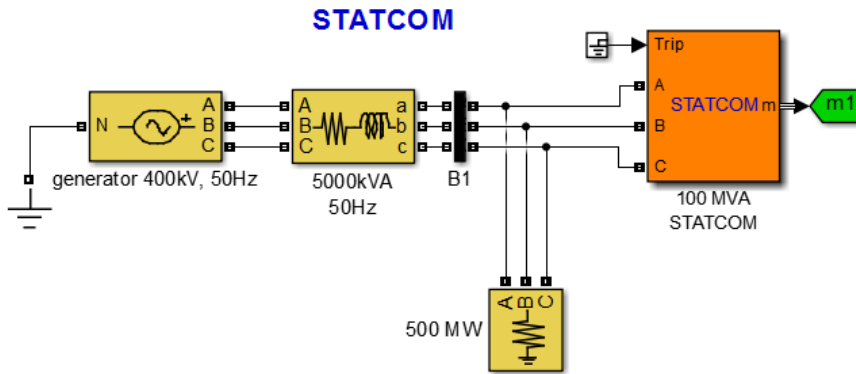
Rys.5. Schemat układu STATCOM oraz przepływ mocy czynnej i biernej [6]

BADANIA SYMULACYJNE

Obszar prac badawczych obejmuje analizę pracy różnych układów przekształtnikowych pod względem generowania wyższych harmonicznych przez te układy, strat mocy, kosztów budowy i eksploatacji oraz możliwości sterowania. Działanie badanych przekształtników oparte jest o sterowanie wektorowe VOC (*ang. Voltage Oriented Control*) [7].

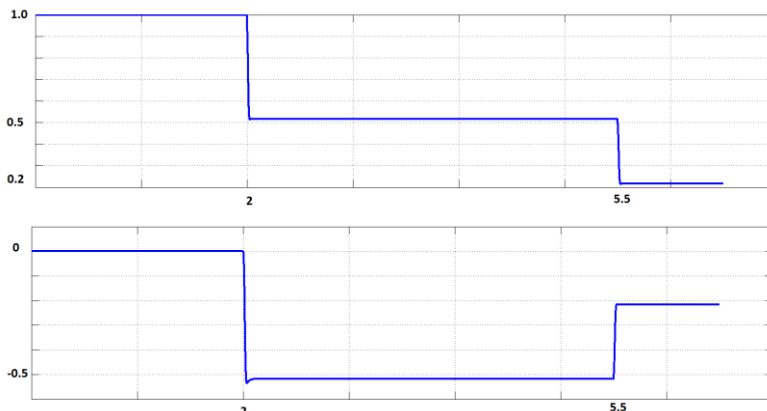
Przykładowe badania przeprowadzono w środowisku MATLAB/Simulink. Model przedstawia uproszczoną sieć elektroenergetyczną wraz z urządzeniem FACTS, które jest w stanie regulować napięciem oraz mocą bierną. Budowa STATCOM oparta jest o przekształtnik i źródło prądu stałego, które potrzebne jest w stanach dynamicznych. Dokładny opis układu można znaleźć w pracy [2]. Wykres przedstawiony na rysunku 7 odzwierciedla zapad napięcia w sieci

elektroenergetycznej i działanie STATCOM w postaci mocy biernej pojemnościowej, która podwyższa napięcie w czasie nieprawidłowej pracy systemu.



Rys. 6. Uproszczony model sieci elektroenergetycznej wraz z układem STATCOM

Z rysunku 7 wynika, że podczas obniżania się napięcia STATCOM chcąc doregulować napięcie sieciowe, wprowadza do systemu moc bierną pojemnościową, co skutkuje jego podwyższeniem. W takim układzie wielkością regulowaną jest prąd, który jest utrzymywany na stałym poziomie, aż do zadziałania zabezpieczeń napięciowych, bądź wyczerpaniem źródła prądu stałego na szynie DC przekształtnika. Moc bierna jest proporcjonalna liniowo do napięcia, według wzoru (1), gdzie: Q – moc bierna, U – napięcie, I – natężenie prądu.



Rys. 7 Przebieg napięcia w sieci elektroenergetycznej i mocy biernej pojemnościowej regulującej napięcie przez STATCOM

$$Q = U \cdot I \quad (1)$$

Jest to bardzo korzystne zjawisko w przypadku zapadów napięcia, ponieważ w przeciwieństwie do innych układów opierających swoją budowę o pasywne kompensatory mocy biernej, typu SVC (*ang. Static Var Compensator*), moc bierna zmienia się proporcjonalnie do kwadratu napięcia według wzoru.

$$Q = B \cdot U^2 \quad (2)$$

gdzie: B – susceptancja uzyskana przy załączonych kondensatorach lub dławikach, w zależności od charakteru generowanej mocy.

STATCOM, którego elementem jest przekształtnik reaguje szybciej niż tradycyjne kompensatory mocy biernej, zwłaszcza na dynamiczne zmiany napięcia w sieci elektroenergetycznej. Wynika to z faktu, że tradycyjne kompensatory dołącza się „na sztywno” do sieci lub za pomocą kąta zapłonu tyrystorów. W przypadku STATCOM-u zmienia się jedynie kąt fazowy napięcia aby odpowiedzieć natychmiastowo na zapotrzebowanie mocy biernej.

WNIOSKI

W sieciach Smart Grid przekształtniki są niezbędnym elementem, bez którego niemożliwe jest prawidłowe funkcjonowanie systemu. Tego typu układy powinny być również wyposażone w moduły komunikacji z nadrzędnymi systemami kontrolującymi, które będą podejmowały decyzje o wykonaniu zadania. Przykład zastosowania przekształtników w Smart Grid został przedstawiony w niniejszym artykule. STATCOM poprzez możliwość regulacji napięcia i mocy biernej w systemie, zapewnia automatyczne i płynne sterowanie systemem. Spełnia więc jedną z podstawowych założeń inteligentnej sieci.

LITERATURA

- [1] Strzelecki R., *Technologie energoelektroniczne w nowoczesnych systemach elektroenergetycznych*. Zeszyt Naukowy AM w Gdyni 62 (2009), 164-189
- [2] <http://new.abb.com/facts/statcom>, (03.2015)
- [3] M. Noroozian, N Petersson, B. Horvaldson, Bo A. Nilsson, *Benefits of SVC and STATCOM for Electric Utility Application*, ABB Utilities, FACTS Division S-721 64 Vasteras, Sweden C.W. Taylor, Fellow IEEE Carson Taylor Seminars Portland, Oregon USA, 2003

- [4] Przytuła K., Zieliński D. *Modelowanie i analiza układów typu facts i elementów stacji HVDC* Warsztaty Doktoranckie WD 2014, Biały Dunajec, 8-10 września 2014 - 2014, s. 119-121
- [5] Benefits of SVC and STATCOM for Electric Utility Application
- [6] Massound A., *FACTS*, University of Strathclyde
- [7] Sylvain LECHAT SANJUAN, Voltage Oriented Control of Three-Phase Boost PWM Converters, Master of Science Thesis in Electric Power Engineering, Göteborg, Sweden, 2010

BADANIE EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ REAKTORÓW GLIDARC I BDB

WSTĘP

Reaktory plazmowe od wielu lat wykorzystywane są w technologii sanitarnej i ochronie środowiska [1-3]. W ostatnich latach obserwuje się nowe obszary ich aplikacji np. w biotechnologii, medycynie, w technologiach materiałowych [4-11]. Przedstawiany artykuł omawia problematykę niskotemperaturowych reaktorów plazmy nierównowagowej ze szczególnym uwzględnieniem emisji elektromagnetycznej.

W badaniach użyto dwu typów reaktorów plazmowych o odmiennej konstrukcji: reaktora ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym typu GlidArc oraz małogabarytowego reaktora plazmowego typu dysza plazmowa z wyładowaniem barierowym.

Przy konstruowaniu reaktorów plazmowych głównym zadaniem jest projekt i optymalizacja układu zasilania ze względu na to, że plazmotrony są dosyć nietypowymi odbiornikami energii o nieliniowej charakterystyce, a ich działanie wymaga wysokich napięć przy dosyć wysokich częstotliwościach. Do zasilania reaktorów plazmowych stosuje się w praktyce różne źródła zasilania, które można podzielić dwie zasadnicze grupy:

- układy transformatorowe, wykorzystujące właściwości obwodów magnetycznych,
- układy z elementami energoelektronicznymi [12].

Ze względu na specyfikę zasilania do każdego reaktora należy dobierać indywidualnie układ zasilania. Każde urządzenie elektryczne które zamierzamy wdrożyć do eksploatacji wymaga szeregu badań i testów związanych z emitowaniem zakłóceń elektromagnetycznych do środowiska. Wydanie zgody na eksploatację urządzenia wiąże się z uznaniem go za kompatybilne.

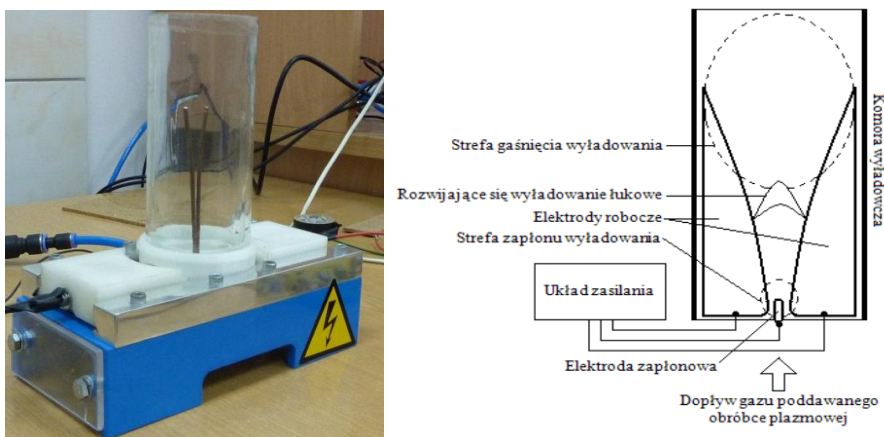
¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Elektrotechniki i Elektrotechnologii

² Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Plazmatic

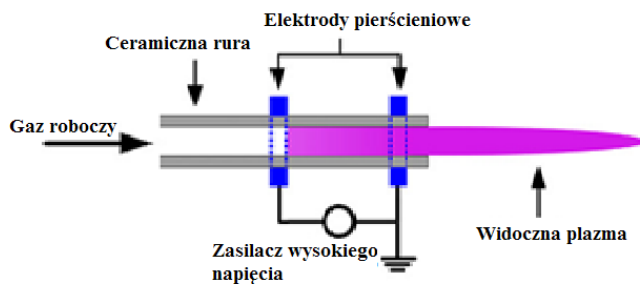
REAKTORY PLAZMOWE

Plazmę ślizgającego się wyładowania łukowego, podobnie jak innych wyładowań łukowych, można generować przy napięciu stałym, przemiennym i impulsowym [13].

Reaktor plazmowy typu GlidArc składał się z dwóch wymiennych elektrod o dowolnym kształcie, grubości i długości, wykonanych z miedzi lub stali nierdzewnej. Cechą charakterystyczną zaprojektowanego reaktora jest możliwość regulacji odstępów między elektrodami w strefie zapłonu. Takie rozwiązanie pozwala dostosowywać reaktor do rodzaju stosowanego gazu procesowego, jego wilgotności, prędkości przepływu oraz składu chemicznego. W prezentowanych badaniach zastosowany odstęp międzyelektrodowy wynosił 3 mm. Schemat oraz zdjęcie reaktora plazmowego typu GlideArc przedstawiono na rysunku 1.

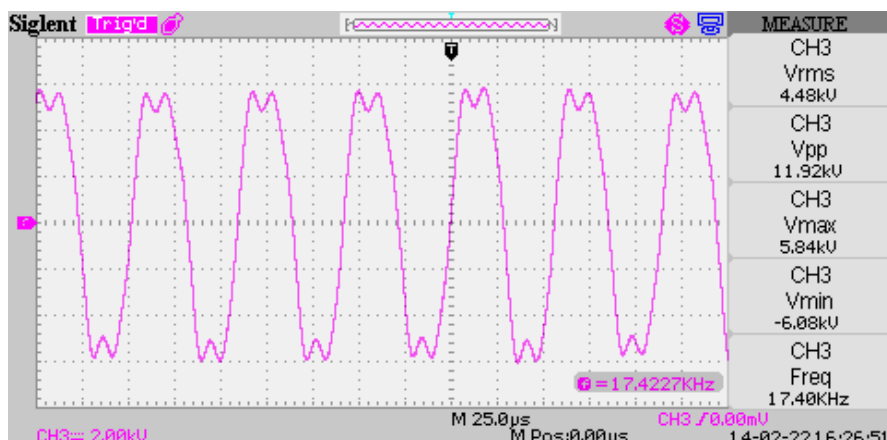


Rys. 1. Reaktor plazmowy typu GlidArc



Rys. 2. Reaktor plazmowy typu Plasma jet z wyładowaniem barierowym

Funkcję zapłonu wyładowania i stabilną pracę reaktora plazmowego zapewniał odpowiednio zaprojektowany układ zasilania typu „flyback”. Parametry elektryczne układu zasilania po stronie wtórnej wynosiły 15 kV, 40 mA oraz 16 kHz.



Rys. 3. Charakterystyka napięciowa reaktora plazmowego typu Plasma jet z wyładowaniem barierowym

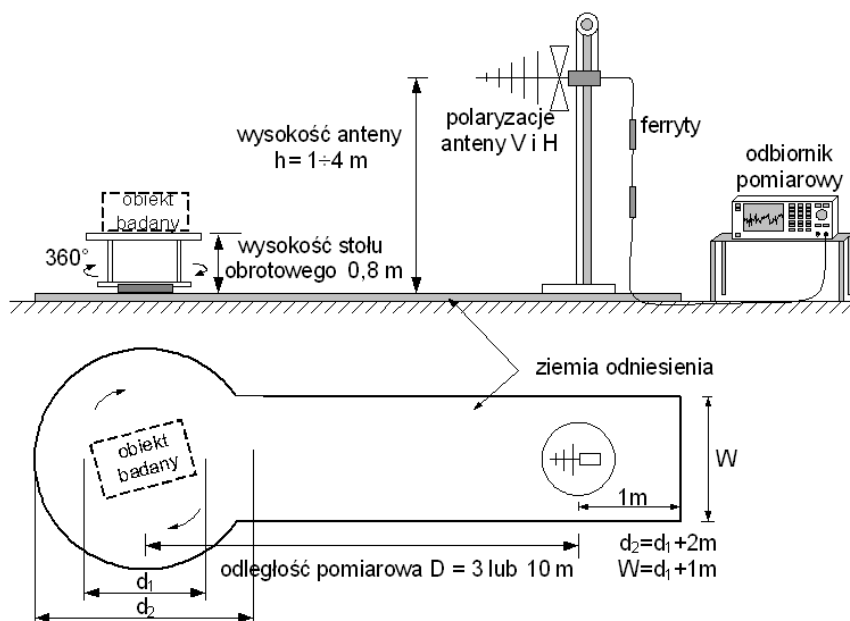
W badaniach wykorzystano również reaktor plazmowy typu plasma jet z wyładowaniem barierowym (rys. 2) [14-15]. Średnica wewnętrzna dyszy reaktora wynosiła 1,5 mm przy 20 mm zewnętrznej średnicy dyszy wykonanej z dielektryka. Zastosowano różne wartości przepływu gazu. Reaktor DBD był zasilany z zasilacza wysokiego napięcia o parametrach wyjściowych: $U = 4$ kV oraz $f = 17$ kHz (rys. 3). Wszystkie badania przeprowadzono dla ciśnienia atmosferycznego w temperaturze pokojowej.

BADANIA EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Wszystkie urządzenia i instalacje elektryczne pracujące w określonym środowisku powinny być bezpieczne dla środowiska, współistniejącego zaplecza technicznego i personelu eksploatującego sprzęt. W przypadku elektroniki konieczne jest spełnienie określonych wymogów stawianych przez dyrektywę EMC [16-21]. Określa ona m.in. dopuszczalną ilość emitowanych zaburzeń elektromagnetycznych, zarówno przewodzonych jak i promieniowanych.

Badania emisji elektromagnetycznej w odniesieniu do kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i instalacji to pomiary przeprowadzane wg specjalnych procedur i porównywanie zmierzonych wartości z poziomami określonymi jako dopuszczalne limity w normach.

Do przeprowadzenia pomiarów emisji potrzebny jest specjalny zestaw urządzeń i instalacji pomiarowych. Stanowisko pomiarowe powinno zapewnić zmierzenie natężenie pola elektromagnetycznego z określoną niepewnością pomiarową, jaką dopuszczają normy. Punktem odniesienia dla standardu CISPR są pomiary prowadzone w otwartym polu pomiarowym (*Open Area Test Site – OATS*). Minimalne wymiary OATS pokazano na rysunku 4, choć w praktyce powinny być one większe, aby zagwarantować powtarzalne i w miarę dokładne wyniki. Wymogiem obszaru pomiarowego jest usunięcie wszelkich metalowych obiektów, które mogłyby odbijać fale elektromagnetyczne.



Rys. 4. Wytyczne stanowiska pomiarowego do badań emisji elektromagnetycznej

Podstawą stanowiska jest odbiornik pomiarowy (*measuring receiver*). W większości przypadków jest on w pełni zautomatyzowany i samodzielnie dokonuje kalibracji i pomiarów sygnałów w zadanym zakresie częstotliwości. W porównaniu do analizatorów widma oferuje znacznie większą czułość,

zwiększoną odporność na przeciążenia, możliwość pomiaru częstotliwości i amplitudy z większą dokładnością i większą liczbę detektorów pomiarowych – zgodnych ze standardami CISPR 16. Kolejne elementy systemu pomiarowego to anteny – niezbędne do przekształcenia składowej pola elektrycznego lub magnetycznego na sygnał elektryczny możliwy do zmierzenia. Odbiorniki pomiarowe są przystosowane do pomiaru napięcia przy określonej impedancji wejściowej 50Ω , dlatego zastosowana antena powinna zostać skalibrowana dla takiej impedancji w całym swoim paśmie (opisanie jako współczynnik antenowy). W klasycznym paśmie analizy emisji promieniowanej stosuje się najczęściej dwa typy anten: dwustożkowe dla częstotliwości z zakresu od 30 do 300 MHz, oraz anteny logarytmiczno-periodyczne dla zakresu od 300 do 1000 MHz. Do pomiaru mocy sygnałów radiowych wykorzystuje się detektory:

- szczytowe (peak), wykrywające maksymalny poziom sygnału i reagujące w sposób natychmiastowy,
- wartości średniej (average), mierzące wartość średnią sygnału i charakteryzujące się długim czasem reakcji,
- quasi-szczytowe (quasi-peak), czyli detektory szczytowe z ustawianym czasem ładowania i rozładowania.

Podczas pomiarów powinien być zachowany dystans pomiędzy testowanym urządzeniem i anteną. Typowe wartości to 3, 10 i 30 m, a zmierzone wartości przelicza się pomiędzy nimi uwzględniając poprawkę wynikającą z tej odległości.



Rys. 5. Zdjęcia z badań emisji reaktorów, oraz zdjęcia użytej aparatury pomiarowej

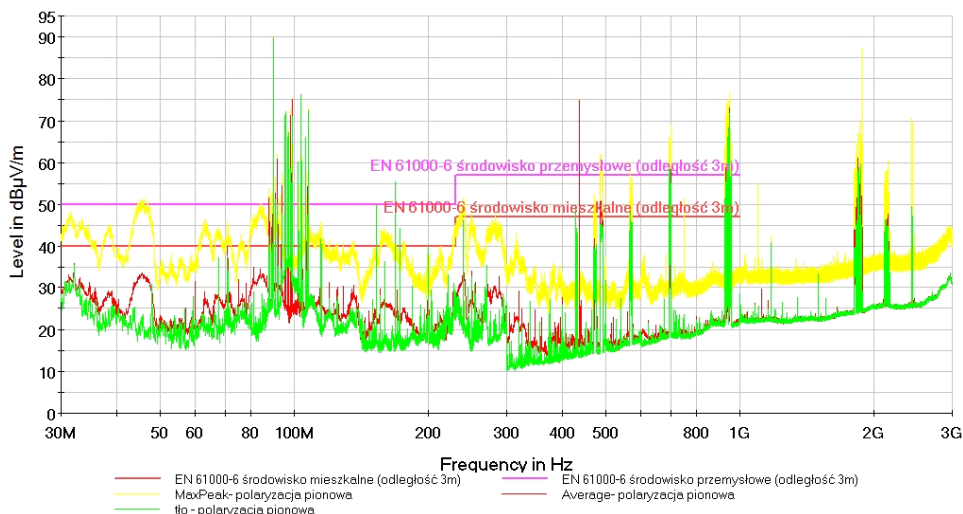
Ze względu na stacjonarny charakter instalacji doprowadzającej mieszaninę gazów technicznych do reaktora, badania przeprowadzono w pomieszczeniu laboratoryjnym. W badaniach zachowano trzymetrową odległość pomiarową. Do badań wykorzystano odbiornik pomiarowy ESCI3 firmy Rodhe&Schwarz

wraz z antenami pomiarowymi HK116 Bikonishe Antenne 25-300MHz, HL223 Log-Periodic Antenna 0,3–1GHz, HF906 double-ridged Waveguid 1-18 GHz (rys. 5).

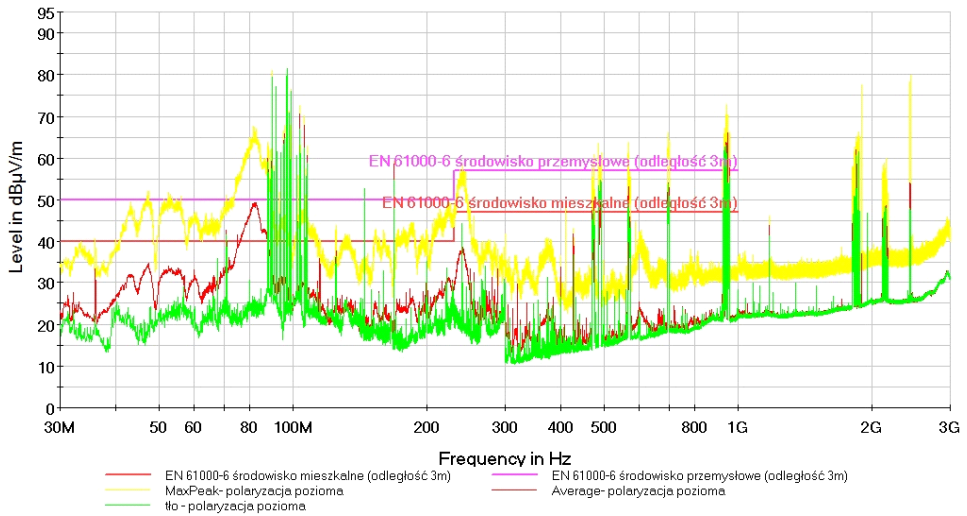
WYNIKI POMIAROWE

Testowanie emisyjności obydwu instalacji reaktorów zrealizowano w zakresie częstotliwości od 0,03 do 3 GHz przy szerokości pasma 120 kHz. Czas próbkowania ustawiono na 10 ms, step size = 40 kHz. Całością testu zarządzano z poziomu programu EMC32 poprzez interfejs GPIB. Parametry środowiskowe wynosiły: temperatura 23°C, wilgotność: 20%, ciśnienie: 1000 hPA, przepływ gazu: Hel 0,08 m³/h.

Badanie zrealizowano dla dwóch polaryzacji – poziomej i pionowej. Ze względu na przeprowadzanie testów w warunkach laboratoryjnych (w miejscu eksploatacji reaktorów) aby uniknąć wpływu zewnętrznych zaburzeń na wynik koniecznym było wykonanie pomiaru tych zaburzeń (tła elektromagnetycznego). Jest to podstawa do skorygowania w analizie wyników zaburzeń niewnoszonych przez reaktor. Na wykresach (rys. 6 i 7) przedstawiono zmierzone wartości tła elektromagnetycznego oraz wartości emisji reaktora BDB.

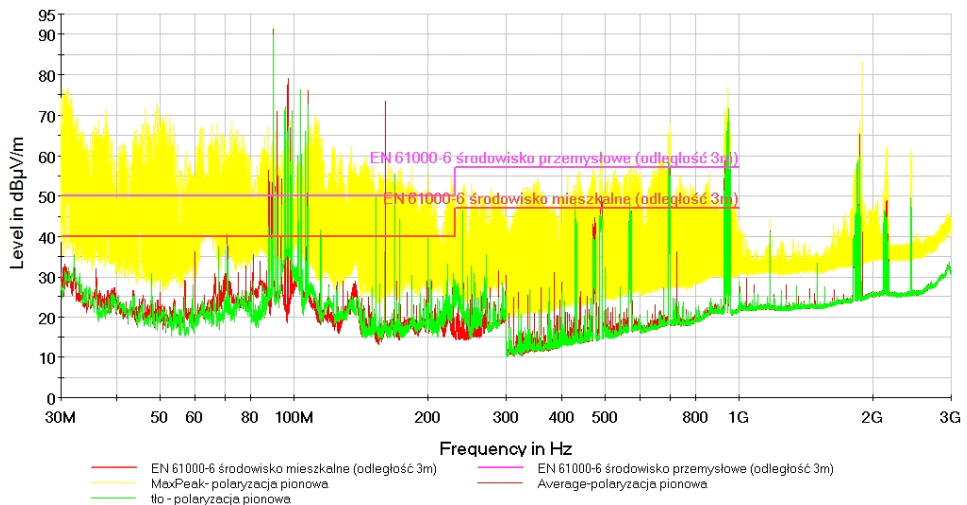


Rys. 6. Poziomy emisji elektromagnetycznej tła oraz zaburzeń instalacji reaktora BDB (polaryzacja pionowa)

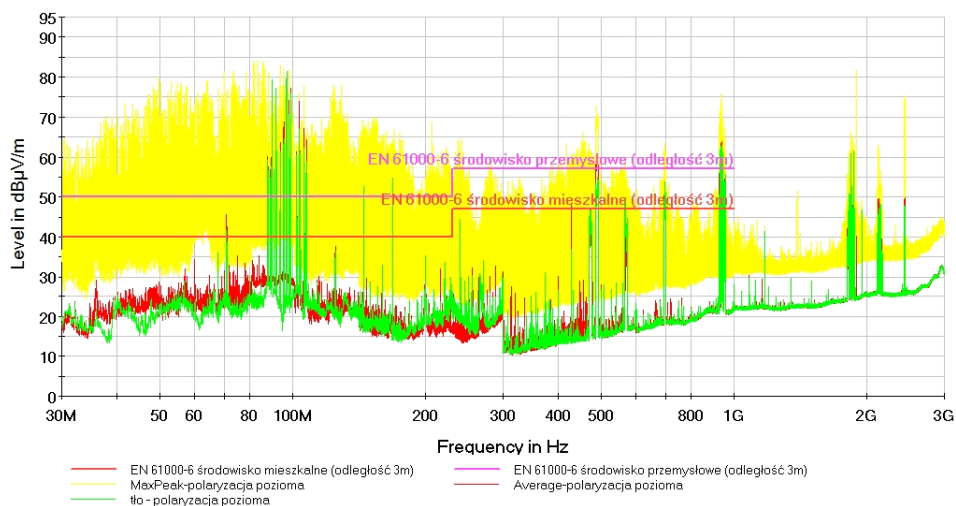


Rys. 7. Poziomy emisji elektromagnetycznej tła oraz zaburzeń instalacji reaktora BDB (polaryzacja pozioma)

Na wykresach (rys. 8 i 9) przedstawiono zmierzone wartości tła elektromagnetycznego oraz wartości emisji reaktora GlidArc.



Rys. 8. Poziomy emisji elektromagnetyczne tła oraz zaburzeń instalacji reaktora GlidArc (polaryzacja pionowa)



Rys. 9. Poziomy emisji elektromagnetyczne tła oraz zaburzeń instalacji reaktora GlidArc (polaryzacja pozioma)

Zaprezentowane na rysunkach wyniki są przedstawione w skali decybelowej. Ułatwia to ocenę w odniesieniu do analizy kompatybilności elektromagnetycznej. Z uzyskanych testów wynika, że instalacja reaktora BDB nie wnosi niebezpiecznych zaburzeń promieniowych do lokalnego środowiska. Zupełnie inaczej jest z instalacją reaktora GlidArc, co prawda nie wnosi do otoczenia niebezpiecznych dla ekspozycji ludzi wartości pola elektromagnetycznego, ale uzyskane wartości pomiarowe przekraczają dopuszczalne poziomy norm, co w przypadku analizy kompatybilności elektromagnetycznej dyskwalifikuje instalację w zakresie jej wprowadzenie na rynek.

PODSUMOWANIE

Reaktory plazmowe są często wykorzystywane w technologiach przyjaznych dla środowiska takich jak oczyszczanie powietrza, wody, ścieków i gleby min. dla poprawy parametrów organoleptycznych i inaktywacji trudno-usuwalnych związków chemicznych. Jest to prężnie rozwijająca dziedzina i wciąż obserwuje się zastosowanie plazmotronów w nowych gałęziach nauki. W ostatnich czasach zwłaszcza technologie materiałowe oraz aplikacje biotechnologiczne i medyczne zwracają szczególną uwagę. Dla każdego urządzenia plazmowego

mogącego znaleźć zastosowanie komercyjne konieczne jest wykonanie badań kompatybilności elektromagnetycznej.

Analiza widma wysokich częstotliwości pracujących instalacji BDB oraz GLiArc wykazuje wyraźną emisję elektromagnetyczną. Zmierzone poziomy w przypadku reaktora GlidArc – przekraczają dopuszczalne normy kompatybilnościowe. Pomiary emisji są częścią analizy kompatybilności elektromagnetycznej i są konieczne w zakresie określania jakości urządzeń i ich bezpieczeństwa. Wstępne wyniki wskazują na potrzebę prac w zakresie zaekranowania obydwu typów instalacji. Dalsze badania powinny dotyczyć również określenia poziomów zakłóceń w torze zasilania oraz należy przeprowadzić testy odporności.

LITERATURA

- [1] Ebihara K., Stryczewska H., Ikegami T., Mitsugi F., Pawłat J., *On-site Ozone Treatment for Agricultural Soil and Related Applications*, Przegląd Elektrotechniczny, 2011, 7(87), 148-152
- [2] Ebihara K., Stryczewska H., Mitsugi F., Ikegami T., Sakai T., Pawłat J., Teii S., *Recent development of ozone treatment for agricultural soil sterilization and biomedical prevention*, Przegląd Elektrotechniczny, 2012, 6(88), 92-94
- [3] Ebihara K., Mitsugi F., Ikegami T., Nakamura N., Hashimoto Y., Yamashita Y., Baba S., Stryczewska H., Pawłat J., Teii S., Sung T., *Ozone-mist spray sterilization for pest control in agricultural management*, European Physical Journal- Applied Physics, 2013, 61(02), 201324318
- [4] Pawłat J., *Atmospheric pressure plasma jet for sterilization of heat sensitive surfaces*, Przegląd Elektrotechniczny, 2012, 10b, 139-140
- [5] Pawłat J., *Atmospheric pressure plasma jet for decontamination purposes*, Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2013, 61, 24323
- [6] Kolacinski Z., Szymanski L., Raniszewski G., *LTE plasma reactors for materials conversion*, Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2013, 61(02), 24314
- [7] Stryczewska H., Pawłat J., Ebihara K., *Non-thermal plasma aided soil decontamination*, JAOTs, 2013, 1(16), 23-30
- [8] Kovařová Z., Tarabová K., Hensel K., Machala Z., *Decontamination of Streptococci biofilms and Bacillus cereus spores on plastic surfaces with DC and pulsed corona discharges*, Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2013, 61(2), 24306
- [9] Mizeraczyk J., Dors M., Jasinski M., Hrycak B., Czyłkowski D., *Atmospheric pressure low-power microwave microplasma source for deactivation of microorganisms*, Eur. Phys. J. Appl. Phys., 2013, 61(2), 20405

- [10] Pawłat J., Samoń R., Stryczewska H., Diatczyk J., Giżewski T., *RF-powered atmospheric pressure plasma jet for surface treatment*, European Physical Journal-Applied Physics, 2013, 61(2), 201324322,
- [11] Pawłat J., *Possibility of Atmospheric Pressure Plasma Jet Application in Decontamination of Heat Sensitive Surfaces*, Transactions of the Materials Research Society of Japan, 2013, 38(4), 625-628
- [12] Stryczewska H., *Technologie plazmowe w energetyce i inżynierii środowiska*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009
- [13] Pawłat J., Samoń R., *Zasilacze reaktorów plazmowych przeznaczonych do zaawansowanych procesów utleniania (AOPs)*, Prace Instytutu Elektrotechniki 2011, 249, 191-204
- [14] Kwiatkowski M., Terebun P., Krupski P., Samoń R., Diatczyk J., Pawłat J., Stryczewska H., *Właściwości i zastosowania reaktorów plazmowych typu dysza plazmowa*, IAPGOŚ, 2014, 3, 31-35
- [15] Terebun P., Kwiatkowski M., Krupski P., Diatczyk J., Pawłat J., *Wpływ parametrów pracy reaktora typu plasma-jet z wyładowaniem barierowym na temperaturę gazu poddanego obróbce plazmowej*, European Journal of Medical Technologies, 2014, 3, 38-45
- [16] DYREKTYWA 2004/108/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej oraz uchylająca dyrektywę 89/336/EWG
- [17] Mazurek P. A., *Laboratorium podstaw kompatybilności elektromagnetycznej*, ISBN 978-83-62596-02-7, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2010
- [18] Mazurek P. A., *Zaburzenia promieniowane reaktora plazmowego typu GlidArc*, Przegląd Elektrotechniczny 2011, nr 12b, vol. 87, 121-124
- [19] Mazurek P. A., *Zagrożenia elektromagnetyczne reaktorów GlidArc*, Inżynieria Ekologiczna, 2012, nr 30, 85-96
- [20] Mazurek P.A., Masłowski G., Przytuła K., *Badania emisji pól elektromagnetycznych*, I Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, materiały pokonferencyjne, [Red:] Filipek P., Mazurek P.A., Lublin: Politechnika Lubelska, 2011, 89-94
- [21] Bieńkowski P., *Pole elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia w zakresie radio- i mikrofal – aparatura i metodyka pomiarów dla ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy*, Medycyna Pracy 2008, 59(6), 513-519

PROJEKT ENDOPROTEZY BIODROWEJ

WSTĘP

Gdy własny staw biodrowy odmawia posłuszeństwa, w wielu wypadkach można zastąpić go sztucznym. Jakość obecnie dostępnych endoprotez gwarantuje coraz mniej powikłań. Jednak trzeba pamiętać, że żaden sztuczny staw nie zastąpi w pełni tego naturalnego. Ponadto z powodu zużywania się endoprotezy, należy ją co kilka lat wymieniać.

Leczenie zwyrodnienia stawu biodrowego polega w pierwszej kolejności na odciążeniu stawu (posługiwanie się laską lub kulami łokciowymi) i regularnej gimnastyce, która ma poprawić stan mięśni. Dolegliwości łagodzą zabiegi fizykoterapeutyczne (ambulatoryjne lub sanatoryjne), a w okresach zaostrzenia bólu – niesterydowe leki przeciwzapalne. Zaś zaawansowana koksartroza (zwłaszcza pojawienie się bólów nocnych) jest wskazaniem do zastosowania zabiegu operacyjnego jakim jest endoprotezoplastyka stawu biodrowego.

ANATOMIA STAWU BIODROWEGO

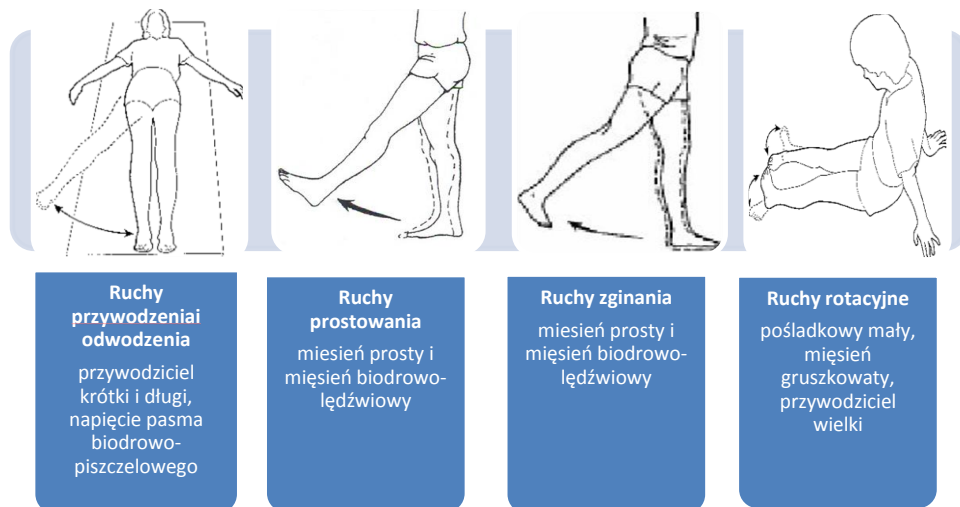
Połączenie kości miednicznej z kością udową stanowi staw biodrowy stanowi. Określany jest jako staw kulisty panewkowy ze względu na ukształtowanie powierzchni stawowych oraz rodzaj wykonywanych ruchów.

W panewce stawu biodrowego porusza się głowa kości udowej, składającej się z powierzchni księżycowatej oraz wypełnionego tkanką tłuszczową dołu panewki. Główna stawu biodrowego utworzona jest przez kulistą głowę kości udowej. Pokryta jest w $\frac{3}{4}$ chrząstką szklaną. Staw biodrowy otoczony jest torebką stawową (najgrubszą i najsilniejszą w ustroju człowieka). Torebka stawowa składa się z błony włóknistej oraz błony maziowej tworzącej fałdy w miejscach przebiegania naczyń krwionośnych odżywiających szyjkę i głowę kości udowej.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

BIOMECHANIKA STAWU BIODROWEGO

Staw biodrowy posiada III stopień swobody ruchu.



Rys. 1. Możliwości ruchowe stawu biodrowego (źródło: opracowanie własne)

Na staw biodrowy działają jednocześnie dwie grupy sił, zewnętrzne i wewnętrzne. Do sił zewnętrznych zaliczamy przede wszystkim siły grawitacji na ciało, do sił wewnętrznych zaliczamy siły wywołane pasmami mięśni regulujących pracę stawu. Staw biodrowy przenosi siły statyczne i dynamiczne, a kąty ich działania zależą od fazy ruchu. W modelach występują oddziaływania mas tułowia na główkę kości udowej R oraz oddziaływanie mięśni odwodzicieli M, pasma biodrowo-piszczelowego. Ponadto wzięto pod uwagę oddziaływanie rotatorów wywołujących skręcanie kości udowej.

CHARAKTERYSTYKA ENDOPROTEZY BIODROWEJ

W połowie XX wieku powstała pierwsza endoproteza stawu biodrowego. Od tamtej pory nie zmieniono zasad konstrukcji protezy, natomiast zmieniono materiały. Otóż składa się z panewki, kuli, a także trzpienia. Początkowo panewki wykonywano z polietylenu, aktualnie wykonuje się ją z tytanu. Natomiast do budowy trzpienia i głowy używano stopu kobaltu, chromu, niklu oraz molibdenu. W przeszłości endoprotezy były przyklejane cementem kostnym do kości, czyli polimerem wydzielającym dla organizmu niestety

szkodliwe związki, przez co niszczył tkanki, a także podnosił temperaturę ciała. W związku z tym wprowadzono endoprotezy bezcementowe. Powierzchnię zewnętrzną pokrywa tytan i hydroksyapatyt, dzięki czemu zwiększa się tarcie. W zależności od zmian chorobowych stawu, jakości tkanki kostnej oraz wieku chorego pacjenta stosuje się różne typy endoprotez.

PRZEBIEG OPERACJI STAWU BIODROWEGO

Przygotowując się do zabiegu pacjent powinien zadbać o prawidłową masę ciała, wykonać potrzebne przed zabiegiem badania oraz przygotować mieszkanie i rodzinę do pomocy po zabiegu operacyjnym. O rodzaju znieczulenia decyduje zespół lekarzy na czele z anestezjologiem. Zazwyczaj jest to znieczulenie podpajęczynówkowe.

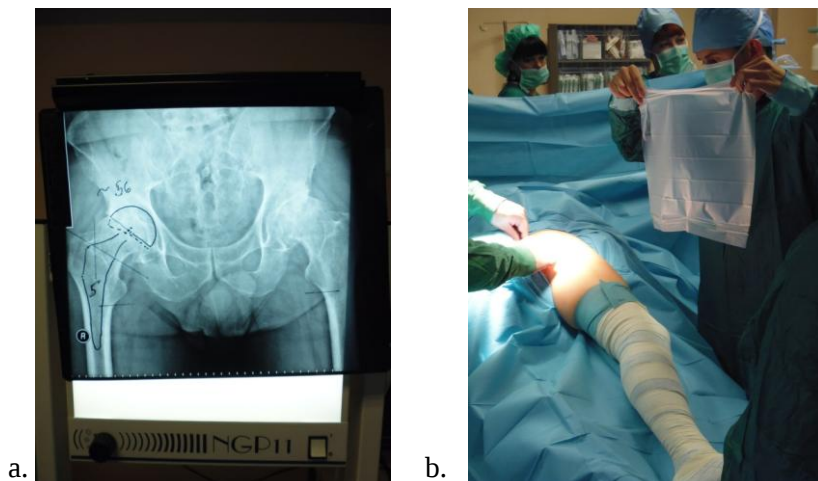


Rys.2. Zabieg znieczulenia podpajęczynówkowego (źródło: opracowanie własne)

Przy tym znieczuleniu lek wprowadzany bezpośrednio do płynu mózgowo-rdzeniowego znajdującego się w worku oponowym otaczającym rdzeń kręgowy wywołuje przerwanie przewodnictwa nerwowego. Znieczulenie podpajęczynówkowe jest rodzajem znieczulenia miejscowego (tak zwana blokada centralna), podczas którego pacjent pozostaje w pełni świadomy, i wywołuje znacznie mniejsze obciążenie dla organizmu niż znieczulenie ogólne (narkoza) [4].

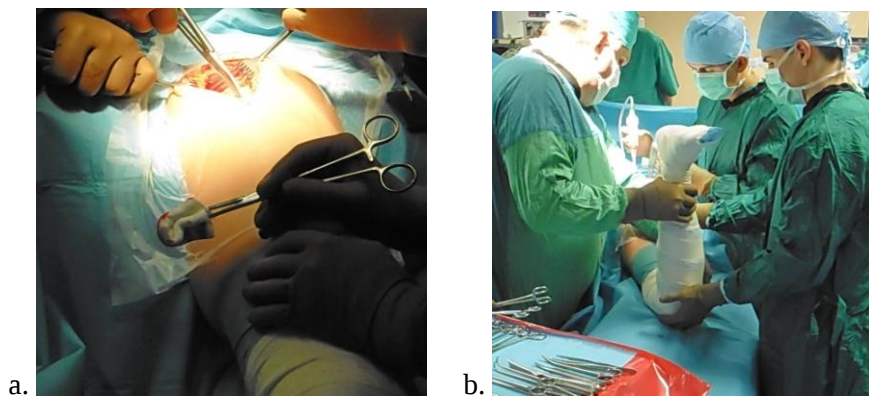
Lekarz przed operacją oszacowuje rozmiar panewki oraz trzpienia i nanosi na zdjęcie RTG zmienionego zwyrodnieniowo stawu biodrowego pacjenta. Zabieg

trwa ok.1-1,5 godziny. Do stawu biodrowego stosuje się dojście boczne lub przednio-boczne.



Rys.3. a) Naniesiony na zdjęcie rentgenowskie stawu biodrowego szkic wymiarów endoprotezy, b) pacjent ułożony w pozycji bocznej (źródło: opracowanie własne)

Zabieg rozpoczyna się od otwarcia uszkodzonego stawu, a więc nacięcia skóry i tkanki podskórnej oraz kolejnych elementów stawu. Następnie lekarz dokonuje zwicznienia głowy kości udowej, czyli jej wysunięcia z panewki.



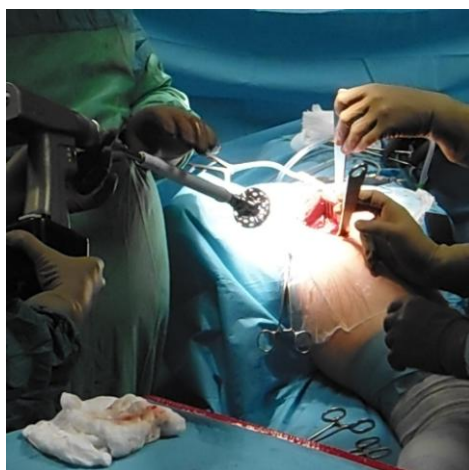
Rys.4. a) Otworzenie uszkodzonego stawu, b) wysunięcie głowy kości udowej z panewki (źródło: opracowanie własne)

Kolejnym etapem zabiegu jest usunięcie głowy kości udowej. Dokonują się tego poprzez przecięcie kości w okolicy szyjki i wypreparowanie głowy.



Rys.5. Wypreparowanie głowy kości udowej (źródło: opracowanie własne)

Następnie lekarze przygotowują miejsce dla sztucznej panewki w kości biodrowej pacjenta. Zabieg ten polega na usunięciu chrząstki stawowej przy pomocy tzw. „frezarki”.

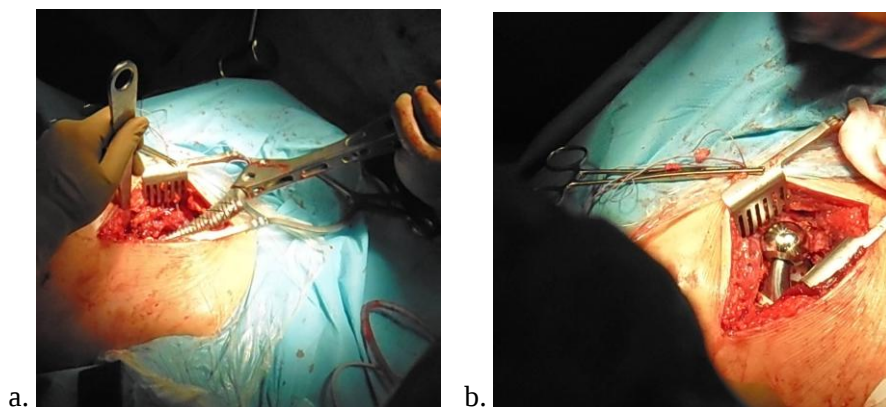


Rys.6. Wyfrezowanie w miednicy miejsca na sztuczną panewkę (źródło: opracowanie własne)

Następnie gdy łoża jest już gotowa, lekarz dokonuje wstępnej przymiarki czy pasuje ona do panewki wszczepianej endoprotezy. Gdy wszystko jest

w porządku następuje wszczepienie sztucznej panewki w obręb kości biodrowej chorego.

Kolejnym etapem zabiegu jest wydrążenie w pozostałej części kości udowej kanału w celu wprowadzenia tam trzpienia, a następnie nałożenie na niego metalowej głowy endoprotezy.



Rys.6. a) Wydrążanie kanału w kości udowej, (b) założenie na trzpień metalowej głowy endoprotezy
(źródło: opracowanie własne)

Na koniec zabiegu obie powierzchnie stawowe układa się w pozycji anatomicznej. Po zakończonym zabiegu zawsze obowiązuje kontrolne zdjęcie radiologiczne.

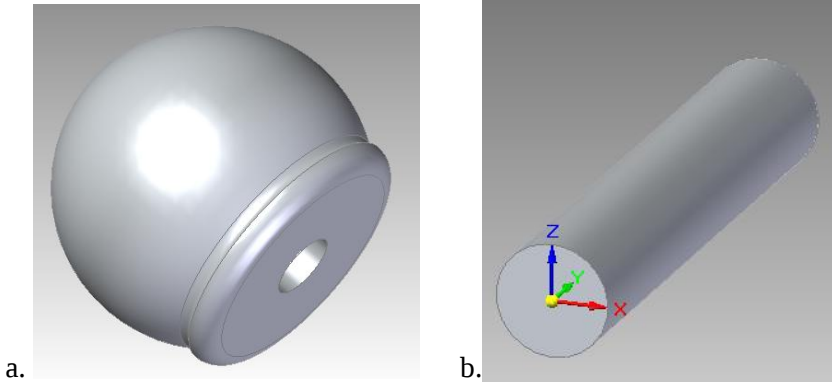
W dzisiejszych czasach przy takim postępie medycyny, jest to operacja bezpieczna dla chorego, a zarazem jej efekt leczniczy jest „błyskawiczny”. Pacjent natychmiast zostaje uwolniony od dolegliwości bólowych, związanych z chorym stawem i uzyskuje znaczną poprawę ruchomości w operowanym stawie.

PROJEKT ENDOPROTEZY BIODROWEJ

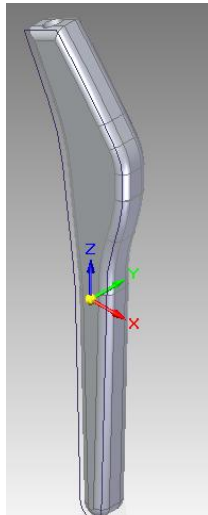
Techniki komputerowe użyteczne w projektowaniu endoprotez to:

- tomograficzne obrazowanie tkanek kostnych człowieka,
- komputerowe przetwarzanie obrazów dla potrzeb CAD,
- komputerowe modelowanie geometryczne rekonstruowanych tkanek,
- projektowanie i optymalizacja konstrukcji endoprotez oraz analiza inżynierska.

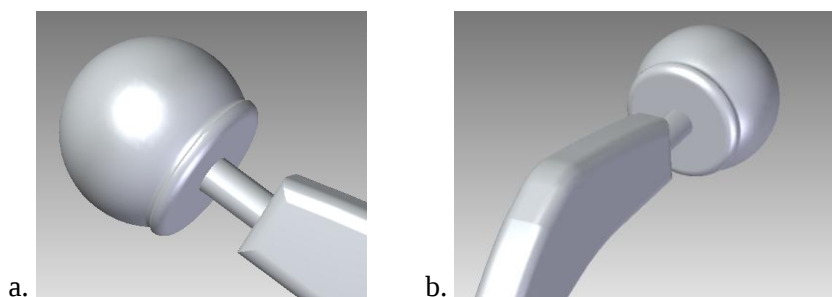
Projekt endoprotezy wykonano biodrowej w programie Solid Edge.



Rys. 7. Widok 3D: a) główki endoprotezy biodrowej, b) szyjki endoprotezy biodrowej (źródło: opracowanie własne)



Rys. 8. Widok 3D trzpienia endoprotezy biodrowej (źródło: opracowanie własne)



Rys. 9. a), b) Widoki górnej części złożenia 3D endoprotezy biodrowej
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 10. Widok złożenia 3D endoprotezy biodrowej (źródło: opracowanie własne)

WYNIKI

W pracy ukazano projekt endoprotezy stawu biodrowego powstały w programie Solid Edge. Model konstrukcyjny wykonano na podstawie analizy istniejących rozwiązań. Dodatkowo przedstawiono przebieg operacji alloplastyki.

PODSUMOWANIE

Choroby zwyrodnieniowe, urazy znacząco i negatywnie wpływają na życie każdego człowieka. Nie należy bagatelizować ich objawów utrudniających poruszanie się. Dzisiejszy poziom medycyny pozwala na radykalne zmiany

i leczenie kiedyś nieuleczalnych przypadków. Obok leczenia farmakologicznego, gdy nie uzyskuje się pozytywnego efektu wchodzi w grę zabiegi chirurgiczne całkowicie bezpieczne dla życia i zdrowia pacjenta. Wykonuje się zabieg alloplastyki stawu biodrowego. Operacje są bardzo popularne, dzięki wprowadzeniu nowoczesnych technologii oraz materiałów. Ciągłe doskonalenia zarówno konstrukcji jak i badań materiałów, z których wykonywane są endoprotezy stanowi podstawę do coraz większych sukcesów leczenia chorób zwyrodnieniowych stawów.

Pracę wykonano w związku z realizacją przez ITSI projektu pt. „Inżynieria Zdrowia-Inżynieria Przyszłości”, Priorytet: IV Szkolnictwo wyższe i nauka, Działanie 4.1 Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej z ramienia Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

LITERATURA

- [1] Bochenek A., Reicher M.: *Anatomia człowieka* tom I. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1998, s. 580-595.
- [2] <http://www.zapaleniastawow.eu/koksartroza.html>, dostęp: 10.10.2014.
- [3] Dega W., Senger A., Włodarczyk R.: *Ortopedia i rehabilitacja* tom II. Rozdz. 46. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1996, s. 192-204.
- [4] Michał Reicher, Adam Bochenek: *Anatomia człowieka*. Wyd. 8. T. I: Anatomia ogólna. Kości, stawy i więzadła. Mięśnie. PZWL, Warszawa 2008.
- [5] Janina Sokołowska-Pituchowa: *Anatomia człowieka: podręcznik dla studentów medycyny*. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2006.

STANOWISKO DO OKREŚLANIA DOKŁADNOŚCI WZORCÓW BIOMETRYCZNYCH

WSTĘP

Celem pracy było przygotowanie stanowiska pomiarowego do badania dokładności biometryk tęczówki oka. Praca obejmowała wykonanie stanowiska badawczego w którym badano wpływ parametrów zewnętrznych na dokładność tworzenia wzorców biometrycznych tęczówek oka. Przeprowadzono badania i porównano uzyskane biometryki. Dokonano analizy skuteczności metody pomiarowej biometrii tęczówki oka.

IRYDOLOGIA JAKO ŹRÓDŁO WZORCÓW BIOMETRYCZNYCH

Irydologia to „nauka o tęczówce, a zwłaszcza o jej kolorze, znakach oraz zmianach związanych z chorobą” [1]. Irydologii przyświeca zasada, że przy pomocy badania tęczówki można zdobyć wartościowe informacje o zdrowiu oraz samopoczuciu osoby [1].

Ciekawym aspektem są mapy irydologiczne na których przedstawione są obszary tęczówki oka odpowiadające częściom ciała. Tęczówki podzielone są łącznie na 166 sektorów, w tym 88 prawej tęczówki oraz 86 lewej. Pola są adekwatne do anatomicznego rozmieszczenia narządów i budowy ciała. Przykładowo sektory mózgu położone są w części górnej w tęczówce, zaś dolna część mieści sektor stóp. Pole dotyczące skóry jest zawarte w zewnętrznej części tęczówki, a pole jelit mieści się wewnątrz [1].

Tkanka oka to tkanka mózgowa, która jako jedyna jest dostrzegalna bez ingerencji chirurgicznej. Część włókien wchodzących w skład nerwu wzrokowego przewodzi informacje między mózgiem i tęczówką. Irydolog obserwuje na tęczówce integralność tkanek odpowiednich części ciała. Informacje dotyczące stanu poszczególnych tkanek przesyłane są do mózgu

¹Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

² Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych

przez szlaki neuronowe w rdzeniu kręgowym, a później docierają do oka, gdzie są „wyświetlone jak na ekranie”, czyli na tęczówce oka. Z tęczówki irydolog może odczytać informacje o niedoborze składników odżywczych bądź nagromadzeniu toksyn w organizmie [1].

W praktyce analiza tęczówki, w celu ogólnej interpretacji znaków tęczówkowych, odbywa się w połączeniu z wiedzą anatomiczną i fizjologiczną oraz związaną z leczeniem żywieniowym, nieraz także z innymi wynikami badań. Irydologia może dostarczyć informacji dotyczących zdrowia, w tym między innymi na temat zapotrzebowania organizmu na minerały, względnej wrodzonej słabości i siły narządów, tkanek i gruczołów, lokalizacji stanów zapalnych, wysokiego ryzyka zachorowania danych tkanek, przepływie krwi w danych narządach ciała, wpływie jednego z narządów ciała na inny bądź oddziaływanie konkretnego narządu na funkcjonowanie drugiej części ciała, czy też wpływie zmęczenia zarówno fizycznego jak i psychicznego oraz stresu na organizm człowieka oraz wiele, wiele innych [1].

Początkowo obserwacje prowadzono gołym okiem przy świetle słonecznym, korzystano również ze szkieł powiększających i próbowano odwzorować obraz na rysunku. Obecnie dzięki aparatom fotograficznym istnieje możliwość dokładnej analizy tęczówki ze zdjęcia. Prowadzone są badania nad skomputeryzowaniem analizy tęczówki. Wyjątkowe zalety komputera – możliwość obserwacji najdrobniejszych szczegółów oraz większa trafność (w porównaniu do obserwacji gołym okiem) – odsłonią wiele dotychczas niewyobrażalnych możliwości dotyczących zarówno zakresu, jak i dokładności analizy tęczówki. [...] Mapa irydologiczna ulegnie zmianie, gdy podda się tysiące tęczówek szczegółowej cyfrowej analizie komputerowej [1].

W jednej z książek dr B. Jensen'a, który jest pierwszym amerykańskim irydologiem i dietetykiem, oraz dr D.V. Bodeen'a znajdujemy informację na temat prac nad Neuroptic Scanning Computer prowadzonych przez Bernard Jensen International, Inc [1]: *„Jestem pewien, że najbardziej fascynujące informacje, jakie w przyszłości uzyskamy będą dotyczyły pola mózgu. Sądzę, że informacje te w ogromnym stopniu przybliżą nam zrozumienie psychicznego aspektu zdrowia i dobrego samopoczucia. [...] Jestem pewien, że komputer potwierdzi związek układu pokarmowego z każdym narządem oraz z każdą funkcją organizmu. Gdy koncepcja ta zostanie zaakceptowana poza dziedziną irydologii, a także wprowadzona do systemu nauczania, przyczyni się do poprawy zdrowia milionów ludzi.”*

STANOWISKO BADAWCZE

Badano poprawność wykonania zdjęć cyfrowych oka ludzkiego oraz dokładność odwzorowania tęczówki dla potrzeb identyfikacji. Stanowisko powstało w oparciu o gotowe rozwiązania, jakim jest aparat cyfrowy oraz komputer z oprogramowaniem Matlab. Badania przeprowadzono w grupie liczącej 13 osób, aby ustalić warunki pozwalające na prawidłowe rozpoznanie tęczówki. Parametry zewnętrzne, które zostały uwzględnione w pomiarach są następujące:

- kąt patrzenia,
- stopień przesłonięcia tęczówki powieką,
- brak lub obecność soczewki kontaktowej,
- oświetlenie zewnętrzne,
- przejrzystość powietrza.

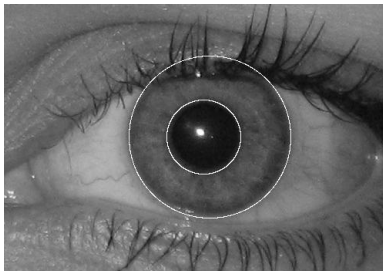
STWORZENIE WZORCÓW BIOMETRYCZNYCH

SEGMENTACJA OBSZARU TĘCZÓWKI OKA

Pierwszy etapem przetwarzania obrazów cyfrowych w celu stworzenia wzorców biometrycznych jest segmentacja. Polega ona na zlokalizowaniu tęczówki, powiek, rzęs oraz refleksów świetlnych, które zakłócają pomiar tęczówki.

W efekcie otrzymujemy pierścień otaczający źrenicę, z zewnątrz otoczony rogówką oraz powiekami i rzęsami. Procedura znalezienia granic tęczówki polega na konstruowaniu konturów mających kształt okręgu i dopasowaniu ich do obszarów różniących się między sobą wartością średnią poziomu jasności sąsiednich pikseli. W programie należało określić zakres w jakim zawierają się promień źrenicy oraz promień tęczówki na badanych obrazach.

Przykład wyznaczenia obszaru tęczówki przedstawiono na rysunku 1.



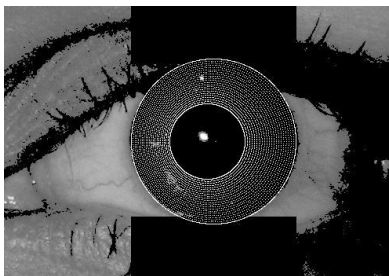
Rys. 1. Zdjęcie oka po procesie segmentacji (źródło: opracowanie własne)

NORMALIZACJA OBRAZU

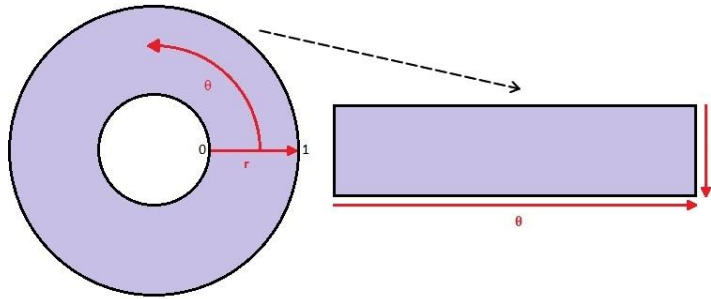
Dalsze przetwarzanie obejmuje zawężenie obszaru tęczówki do zbioru dwudziestu współśrodkowych pierścieni o takiej samej szerokości, co pokazano na rysunku 2. Zawartość obrazu znajdującą się w pierścieniach należy poddać normalizacji. Zazwyczaj przed znormalizowaniem obrazu tęczówki różnią się między sobą rozmiarem. Może mieć na to wpływ między innymi:

- a) rozszerzanie się i zwężanie źrenicy przy zmiennym oświetleniu,
- b) wykonanie zdjęcia z różnych odległości,
- c) robienie zdjęcia pod różnymi kątami,
- d) przechylenie głowy w czasie robienia zdjęcia,
- e) położenie oka w oczodole [3, 4].

Metoda Daugman's RubberSheet Model to jeden ze sposobów normalizacji zdjęcia. Określa zmianę współrzędnych punktów z obszaru tęczówki. Zmiana przechodzi z układu kartezjańskiego do układu biegunowego niekoncentrycznego, co schematycznie przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Zdjęcie poddane normalizacji (źródło: opracowanie własne)



Rys. 3. Metoda Daugman's Rubber Sheet Model (źródło: opracowanie własne)

Wszystkim punktom znajdującym się na wewnętrznym okręgu przypisywana jest współrzędna radialna równa zero, natomiast punktom z konturu zewnętrznego nadawana jest współrzędna jeden. Punktom konturów pośrednich przyporządkowuje się natomiast wartości proporcjonalne do ich położenia względem zewnętrznych krawędzi pierścienia. Dzięki temu zabiegowi, zawartość każdego z pasów, nie zależy od rozdzielczości urządzenia którym wykonano zdjęcie oka, ani od deformacji rozmiaru tęczówki [3, 4].

Tworzenie biometrycznego wzorca

W końcowym etapie koduje się charakterystyczne cechy tęczówki danej osoby. Po demodulacji wzorca tęczówki ekstrahuje się informacje o fazie. Do tego celu służy między innymi metoda falek kwadraturowych Gabora. Zaletą wykorzystania informacji o fazie sygnału jest fakt, że:

- a) faza lepiej niż amplituda da się odróżnić, ponieważ na amplitudę wpływa kontrast oraz oświetlenie obrazu,
- b) kąty fazowe nie zależą od kontrastu obrazu [2].

Na rysunku 4 pokazano przykładowy kod biometryczny.

00	10	01	11	00	00	11	01	01	10	11	11	00	11	01	11	00	01	01	10	11	11	00	11	01	11	00
10	01	11	00	00	11	01	01	10	11	11	00	11	01	11	00	01	01	10	11	11	00	11	01	11	00	10

Rys. 4. Przykładowy wzorec biometryczny tęczówki oka (źródło: opracowanie własne)

POMIAR I PORÓWNANIE WZORCÓW BIOMETRYCZNYCH

Miarą podobieństwa dwóch wzorców bitowych jest odległość Hamminga. Zlicza się liczbę różniących się bitów w dwóch porównywanych kodach. Odrzuca się przy tym obszary o dużym zaszumieniu obrazu [4]. Przykład przedstawiono na rysunku 5.

Wzorec 1. 10 01 11 01 00 11 01 11

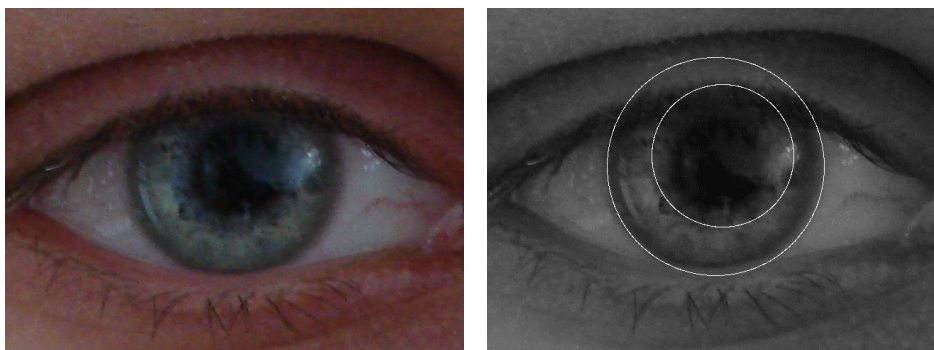
Wzorec 2. 11 01 11 00 00 11 01 01

Rys. 5. Odległość Hamminga (źródło: opracowanie własne)

Dla powyższego przykładu odległość Hamminga wynosi 0,19.

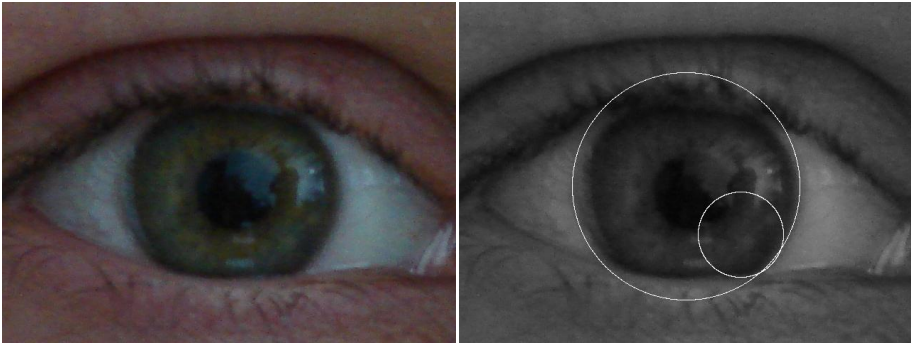
ANALIZA SKUTECZNOŚCI METODY POMIAROWEJ BIOMETRII TĘCZÓWKI OKA – WYNIKI BADAŃ

Wykonano zdjęcia przy świetle dziennym. Pojawiły się duże refleksy świetlne, które uniemożliwiły poprawne zlokalizowanie tęczówki. Przykład przedstawiono na rysunku 6.



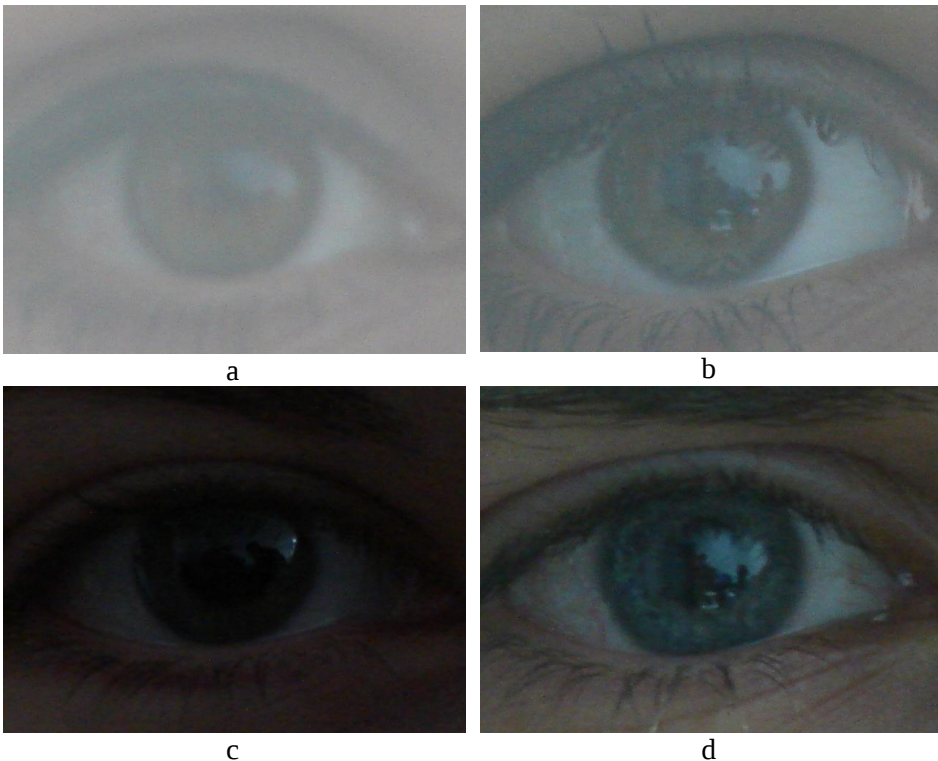
Rys. 6. Zdjęcie oka na którym błędnie wyznaczano pierścień tęczówki (źródło: opracowanie własne)

Niedoświetlenie oka również spowodowało niepoprawną analizę zdjęcia, co obrazuje poniższy rysunku 7.



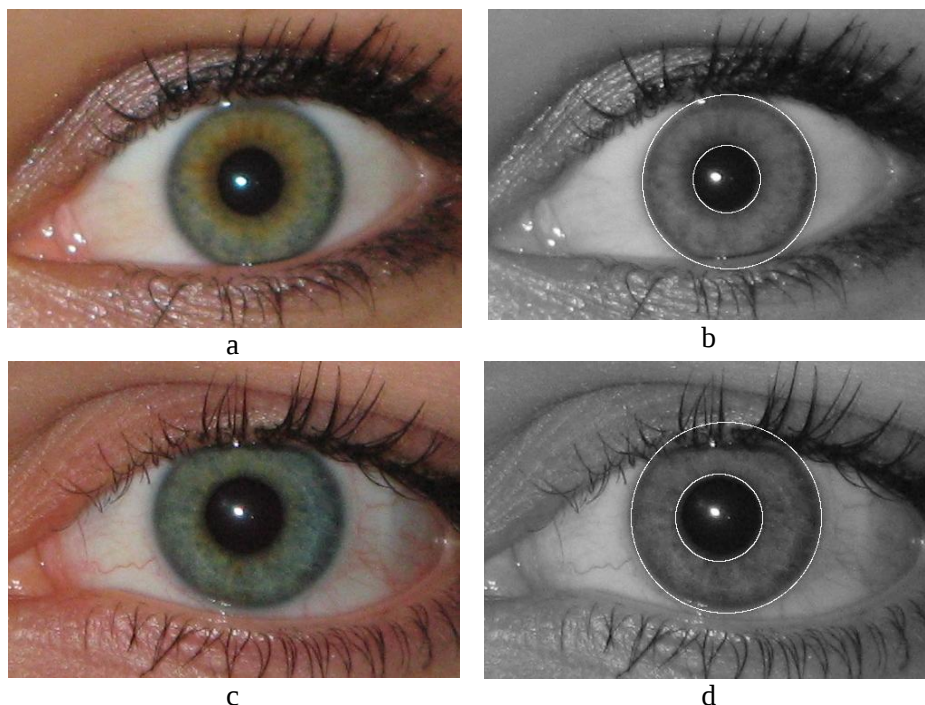
Rys. 7. Obraz zaciemnionego oka – niepoprawna lokalizacja tęczówki
(źródło: opracowanie własne)

Jednym z parametrów, który został uwzględniony w badaniach była słaba przejrzystość powietrza. Zrealizowano to przy użyciu pary wodnej. Z otrzymanych zdjęć nie dało się rozpoznać szczegółów tęczówki. Uzyskane obrazy przedstawiają rysunku 8.



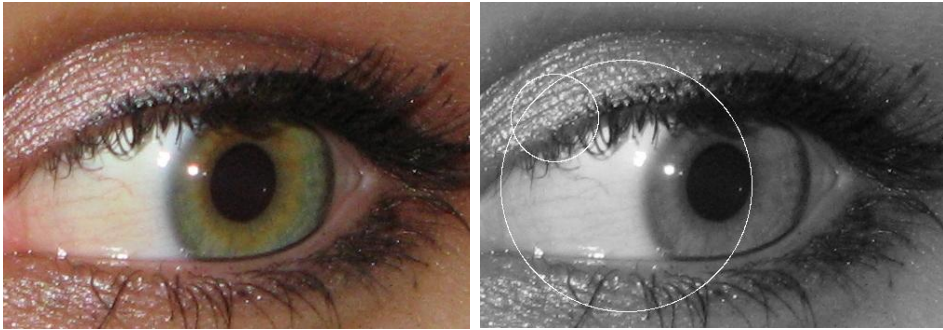
Rys. 8. a,b – zdjęcia wykonane przy dużym zamgleniu dla różnych oczu, c,d – zdjęcia zrobione przy mniejszym zakłóceniu dla różnych osób (źródło: opracowanie własne)

Wyeliminowano parametry które zakłócały pomiar. Przeprowadzono badania przy zaciemnieniu pomieszczenia i wprowadzeniu lampy błyskowej. Błysk skupiono wewnątrz źrenicy tak, aby nie utrudnić etapu segmentacji. Rozświetlenie oczu wpłynęło na rozróżnienie charakterystycznych cech tęczówki badanego oka. Program bardzo dobrze poradził sobie ze zdjęciami, które zrobiono w tych warunkach. Lokalizacja tęczówki, powiek oraz rzęs była w większości przypadków poprawna. Przykłady zdjęć zamieszczono poniżej (rys. 9).



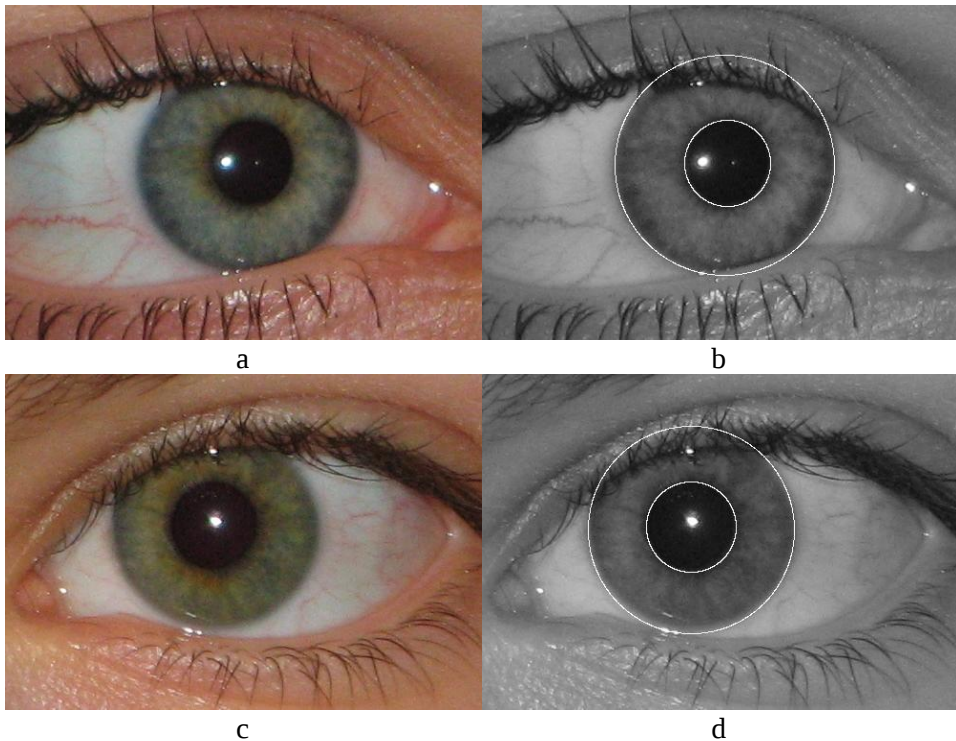
Rys. 9. Zdjęcia z prawidłowo zlokalizowaną tęczówką, a,b – oko jednej z osób badanych, c,d – oko drugiej osoby (źródło: opracowanie własne)

W badaniach uwzględniono wpływ kąta patrzenia osoby na dokładność analizy tęczówki oka. Osoba patrzyła w lewą lub prawą stronę. Okazało się, że przesunięcie pierścienia tęczówki powodowało odbicie lampy błyskowej poza obszarem źrenicy. Było to przyczyną niedokładnego określenia położenia tęczówki. Przykłady pokazano na rysunku 10.



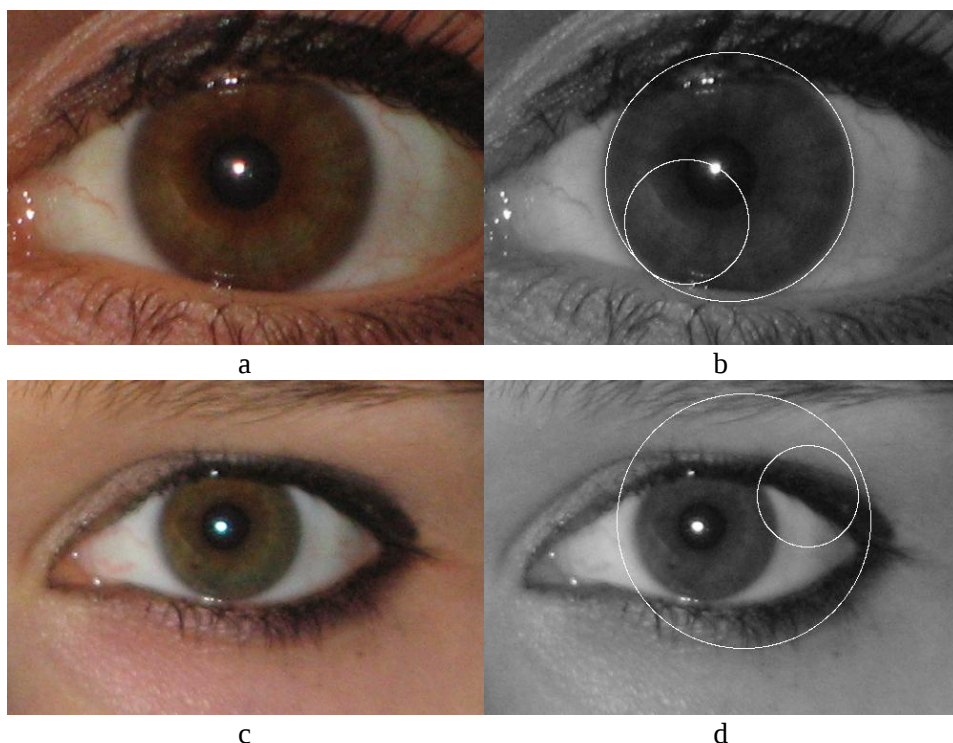
Rys. 10. Zdjęcie z nieprawidłowo rozpoznaną tęczówką przy spojrzeniu w lewo
(źródło: opracowanie własne)

Natomiast w sytuacji gdy osoba patrzyła pod kątem a odbicie lampy nadal skupione było w środku źrenicy określenie pozycji tęczówki było prawidłowe. Przykłady widzimy na rysunku 11.



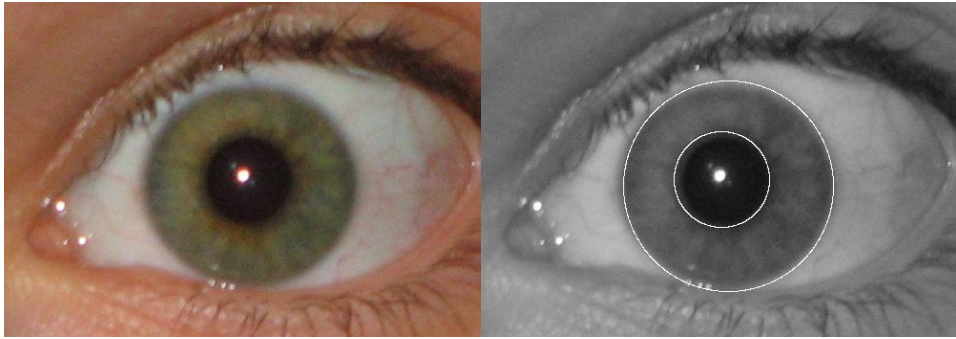
Rys. 11. Zdjęcia na których poprawnie wyznaczono pierścień tęczówki, a, b – oko spoglądające w lewą stronę, c, d – oko innej osoby zwrócone w prawo (źródło: opracowanie własne)

Podczas badań okazało się, że na dokładność uzyskania wzorca tęczówki oka duży wpływ ma barwa. Zdjęcia osób z tęczówką ciemnej barwy, zostały niepoprawnie zanalizowane. Niski kontrast między kolorem tęczówki oraz źrenicą nie pozwolił rozróżnić tych struktur na obrazie. Obrazują to poniższe zdjęcia na rysunku 12.



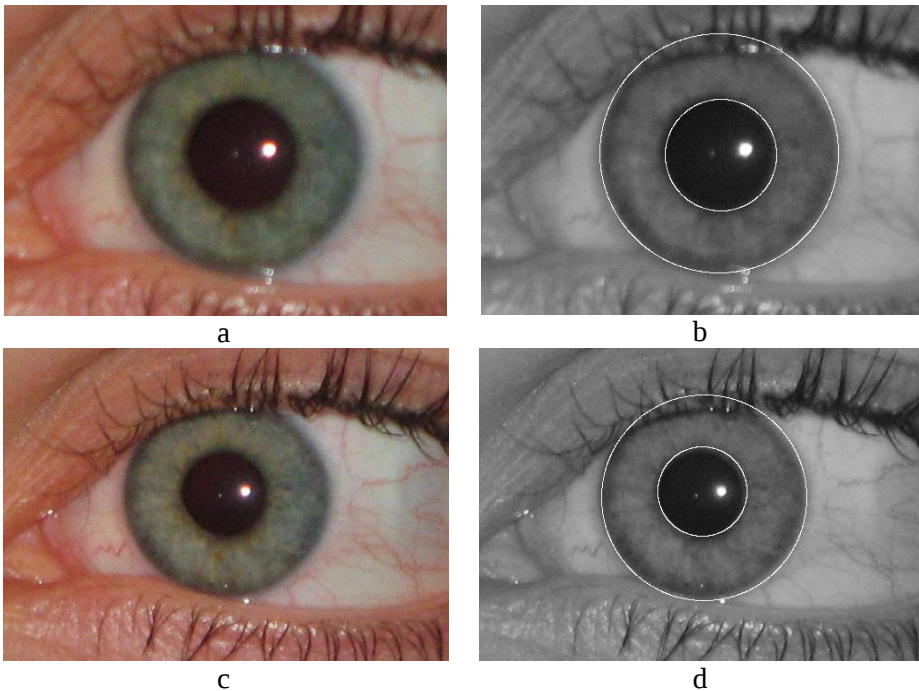
Rys. 12. Przykładowe zdjęcia na których nie znaleziono tęczówki, a, b – obraz oka jednej z osób, c, d – oko innej osoby (źródło: opracowanie własne)

Sprawdzono czy przysłonięcie tęczówki oka przez powiekę wpływa na dokładność tworzenia wzorca biometrycznego. W tym celu wykonano zdjęcia oczu z nienaturalnie rozszerzonymi powiekami, co ukazują zdjęcia na rysunku 13.



Rys. 13. Zdjęcie wykonane przy widoczności pełnego pierścienia tęczówki w zestawieniu z wyznaczeniem tarczy przez program (źródło: opracowanie własne)

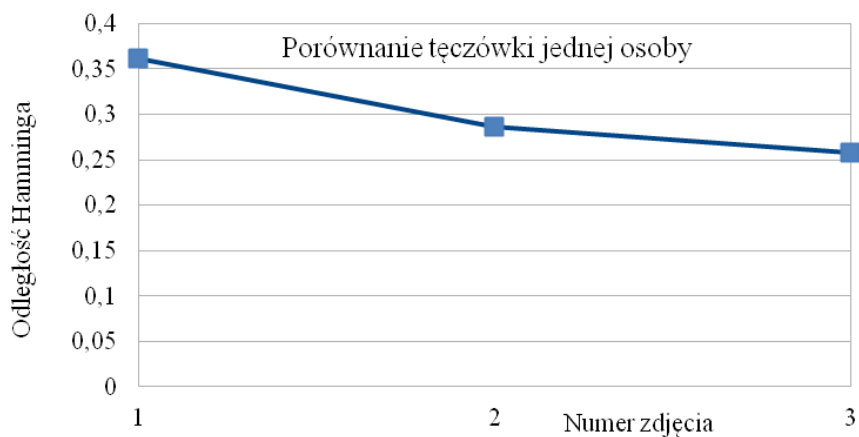
W analizie uwzględniono także obecność oraz brak soczewki kontaktowej. W obydwu przypadkach program poprawnie wskazał obszar tęczówki oka osoby badanej (rys. 14).



Rys. 14. Poprawna lokalizacja tęczówki oka. a, b – zdjęcie osoby w soczewce, c, d – zdjęcie oka tej samej osoby bez soczewki (źródło: opracowanie własne)

ANALIZA WYNIKÓW

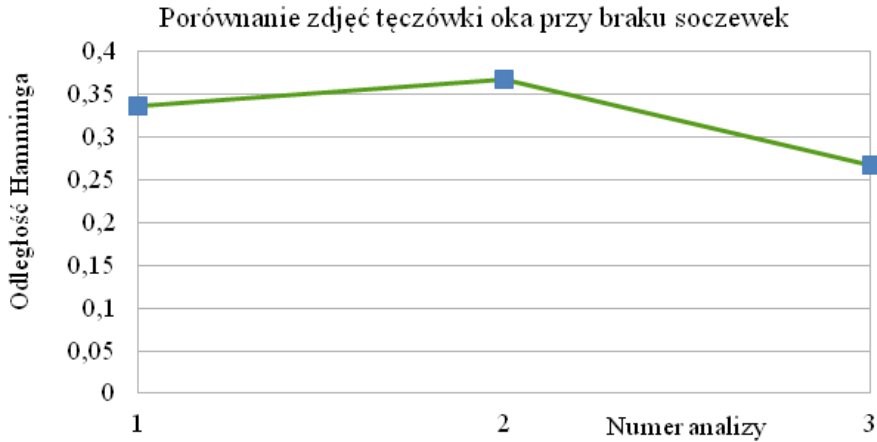
Kolejnym etapem pracy było porównanie wzorców biometrycznych dwóch tęczówek tej samej osoby oraz różnych osób. Należy podkreślić, że zestawiano ze sobą te same oczy pochodzące od badanego, ponieważ tęczówka prawa różni się od lewej. Nie uwzględniono zdjęć na których nieprawidłowo została zlokalizowana tęczówka. Wyniki analizy skuteczności metody przedstawiają poniższe wykresy (rys. 15 – rys. 19).



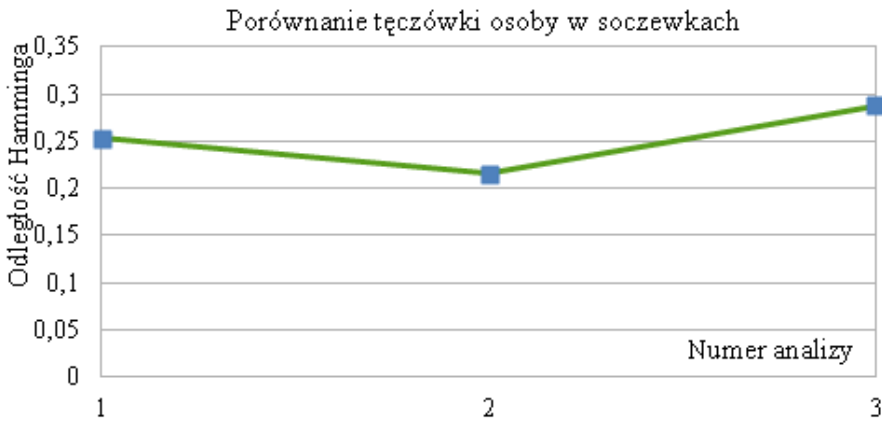
Rys. 15. Zależność odległości Hamminga dla kolejnych analiz zdjęć tęczówki (źródło: opracowanie własne)

Otrzymane wyniki wskazują, że dla wartości odległości Hamminga dla tęczówki tej samej osoby, sfotografowanej w różnej pozycji oka, mieści się w zakresie 0,20 do 0,37.

Poniżej pokazano wyniki zestawienia zdjęć dla osoby noszącej soczewki. Na rysunku 16 zaprezentowano sytuację bez soczewek, natomiast na rysunku 17 widoczne są porównania obrazów dla przypadku obecności soczewek.

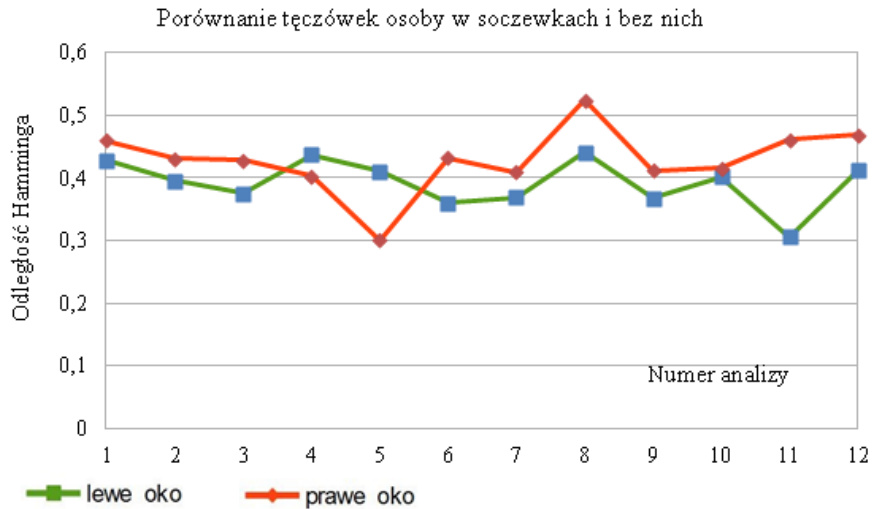


Rys. 16. Analiza zdjęć oka osoby po zdjęciu soczewek (źródło: opracowanie własne)



Rys. 17. Porównanie zdjęć oka osoby w założonej soczewce (źródło: opracowanie własne)

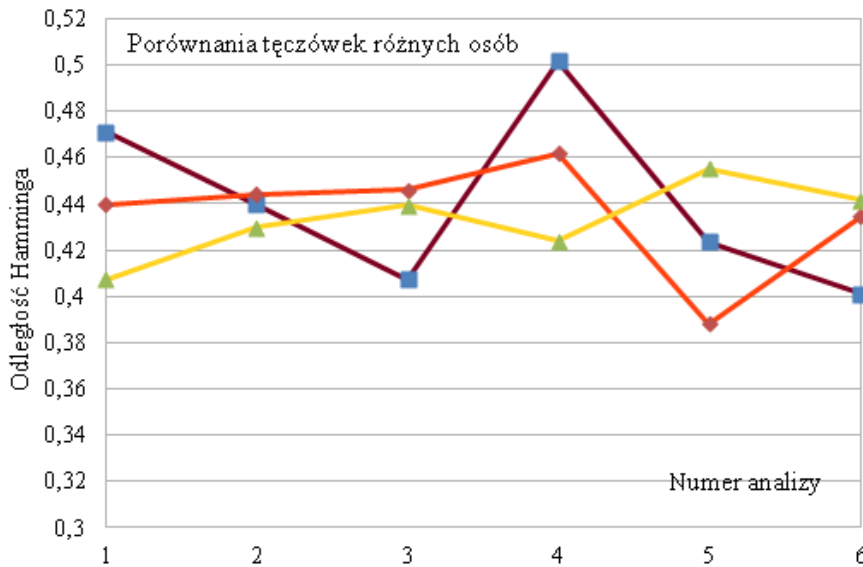
Osoba nosząca soczewki została poprawnie rozpoznana przez system tylko wtedy, gdy oba wzorce pochodziły ze zdjęć oka z soczewką albo kody powstały dla oka bez niej. Odległość Hamminga dla obu odrębnych przypadków zawiera się w prawidłowym zakresie odpowiadającym tym samym tęczówkom.



Rys. 18. Zestawienie zdjęć tęczówki w dwóch sytuacjach dla lewego i prawego oka (źródło: opracowanie własne)

Wartości odległości Hamminga, przy porównaniu zdjęć tego samego oka w warunkach obecności soczewki i jej braku, mieszczą się w zakresie 0,30 do 0,52. Wyniki zobrazowano na rysunku 18. Średnia wartość wynosi 0,40. Wynika z tego, że gdy do bazy danych zostanie wprowadzony wzorzec osoby to identyfikacja musi za każdy raz przebiegać w tych samych warunkach.

Na rysunku 19 przedstawiono zależność odległości Hamminga dla 3 porównań zdjęć tęczówek różnych osób. Dla dwóch tęczówek wartość parametru zawiera się w przedziale 0,39 do 0,50. Świadczy to o tym, że przy wartości odległości Hamminga powyżej 0,40 mamy do czynienia z dwoma osobami.



Rys. 19. Analiza zdjęć tęczówek dla kilku osób (źródło: opracowanie własne)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Coraz częściej w wielu dziedzinach życia wykorzystuje się techniki biometryczne. Mają one usprawnić pracę, ale przede wszystkim zapewnić bezpieczeństwo. Korzystając z gotowych rozwiązań, dysponując komputerem, programem oraz aparatem cyfrowym, można stworzyć m.in. biometryczne wzorce tęczówki oka.

Bardzo ważne jest, aby system poprawnie identyfikował osobę na podstawie analizy tęczówki. Należy zadbać o warunki pobrania biometryki, aby wykonać to możliwie jak najdokładniej. Pozwoli to na redukcję błędnych identyfikacji i weryfikacji osób. Zapobiegnie fałszerstwom i zapewni wysoki poziom bezpieczeństwa.

Badania wykazały, że aby dokładne pobrać biometrykę tęczówki oka, należy zapewnić właściwe warunki oświetleniowe. Ponadto trzeba zminimalizować refleksy świetlne powstające w obszarze pierścienia tęczówki. Najlepszy pomiar uzyskano, gdy światło skupione było w jednym punkcie w środku źrenicy.

Analiza zdjęć oka osoby noszącej soczewki pozwoliła wyciągnąć wniosek, że system nie wskazuje podobieństwa oka z dwóch sytuacji przy założonych soczewkach oraz przy ich braku. Wynika stąd, że aby prawidłowo móc zidentyfikować osobę, do bazy danych należy dodać wzorzec oka w obydwu

przypadkach. Osoba będzie mogła zostać poprawnie rozpoznana bez względu na soczewki.

Zakłócenia atmosferyczne uniemożliwiły prawidłowy pomiar. Kąt patrzenia także wpływał na analizę zdjęcia, wówczas punkt skupienia światła wychodził poza źrenicę. Poza tym porównanie zdjęć w różnych pozycjach oka przy naturalnym przysłonięciu tęczówki powieką oraz przy pełnej widoczności pierścienia prowadziło do prawidłowego rozpoznania tęczówek pochodzących od tej samej osoby. Warto, aby w skład bazy wzorców biometrycznych wchodziło kilka kodów tęczówki, każdy sporządzony w innych położeniach oka. Dzięki temu będzie można uzyskać lepsze dopasowanie podczas identyfikacji biometrycznej osoby.

Metoda oparta na biometrice tęczówki oka jest idealna do stosowania przy identyfikacji oraz weryfikacji osób. W sposób jednoznaczny pozwala potwierdzić tożsamość, gdyż nie ma dwóch osób o tej samej biometrice.

LITERATURA

- [1] Bodeen D.V., Jensen B., *Co Twoje oczy mówią o zdrowiu? Irydologia w praktyce*, Wydawnictwo Studio Astropsychologii, Białystok 2011
- [2] Bolle R.M., [i in.], *Biometria*, Wydaw. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008
- [3] Kubanek M., *Wybrane metody i systemy biometryczne bazujące na ukrytych modelach Markowa*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2013
- [4] Ślot K., *Wybrane zagadnienia biometrii*, WKŁ, Warszawa 2008.

USPRAWNIENIE PROCESU DRUKOWANIA ADDYTYWNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM STOPNIA WYPEŁNIENIA MODELU

WSTĘP

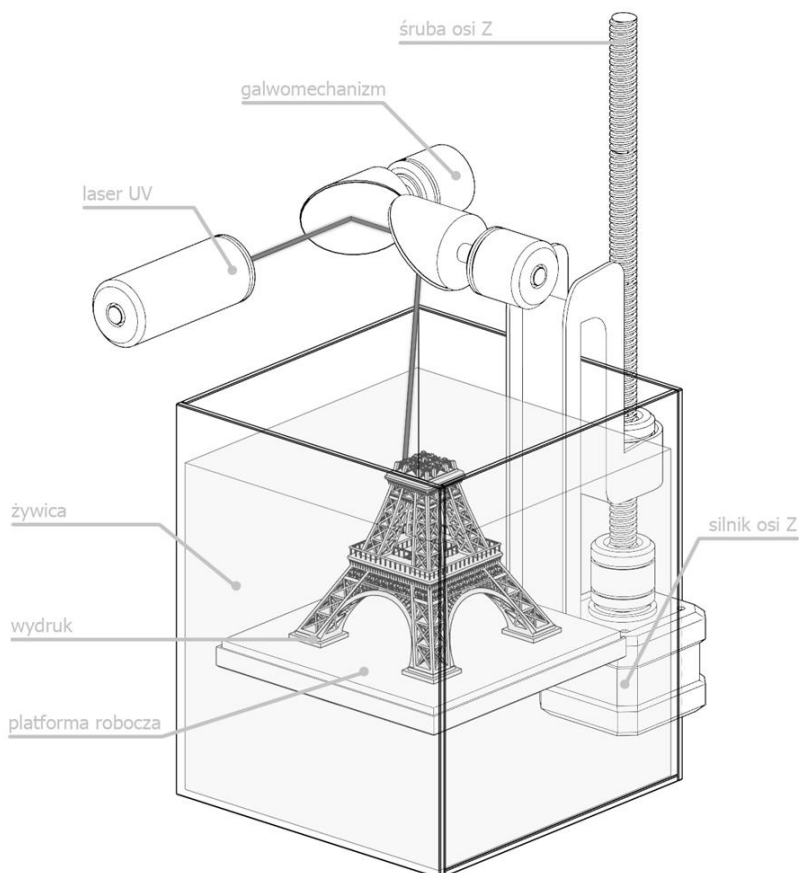
Pierwszym etapem wprowadzenia wyrobu do produkcji jest wykonanie prototypu – modelu, odzwierciedlającego główne cechy, kształt i wymiary oraz zespół cech użytkowych. W XX wieku, głównymi metodami wytwarzania prototypów dla przemysłu była obróbka ubytkowa lub techniki odlewania. Koszt wykonania pierwowzoru wyrobu był wysoki, przewyższający kilkukrotnie koszty wytwarzania w produkcji masowej lub wielkoseryjnej [5]. Alternatywą dla dotychczasowych metod wytwarzania prototypów są metody rapid prototyping (szybkie prototypowanie), w których skład wchodzi technologie addytywne m. in. stereolitografia, FDM, SLS i inne [2, 3, 8].

Technika stereolitografii (rys. 1) oparta jest na obrysowywaniu przekrojów poziomych wytwarzanego wyrobu przy użyciu lasera UV wraz z sekwencyjnym obniżaniu platformy roboczej (z wanną zawierającą żywicę epoksydową) o grubość kolejnej warstwy. Promień lasera tworzy rodniki polimeryzacji, które wzajemnie oddziałują z cząsteczkami monomeru, a następnie inicjują wzrost łańcuchów polimerowych.

Po wytworzeniu wyrobu i wyjęciu go z komory roboczej poddaje się go obróbce wykańczającej takiej jak:

- obróbka mechaniczna (szlifowanie, odcinanie struktur podtrzymujących elementy wyrobu),
- klejenie (ciekłą żywicą tego samego rodzaju co wyrób, utwardzaną naświetlaniem UV),
- szpachlowanie, lakierownie.

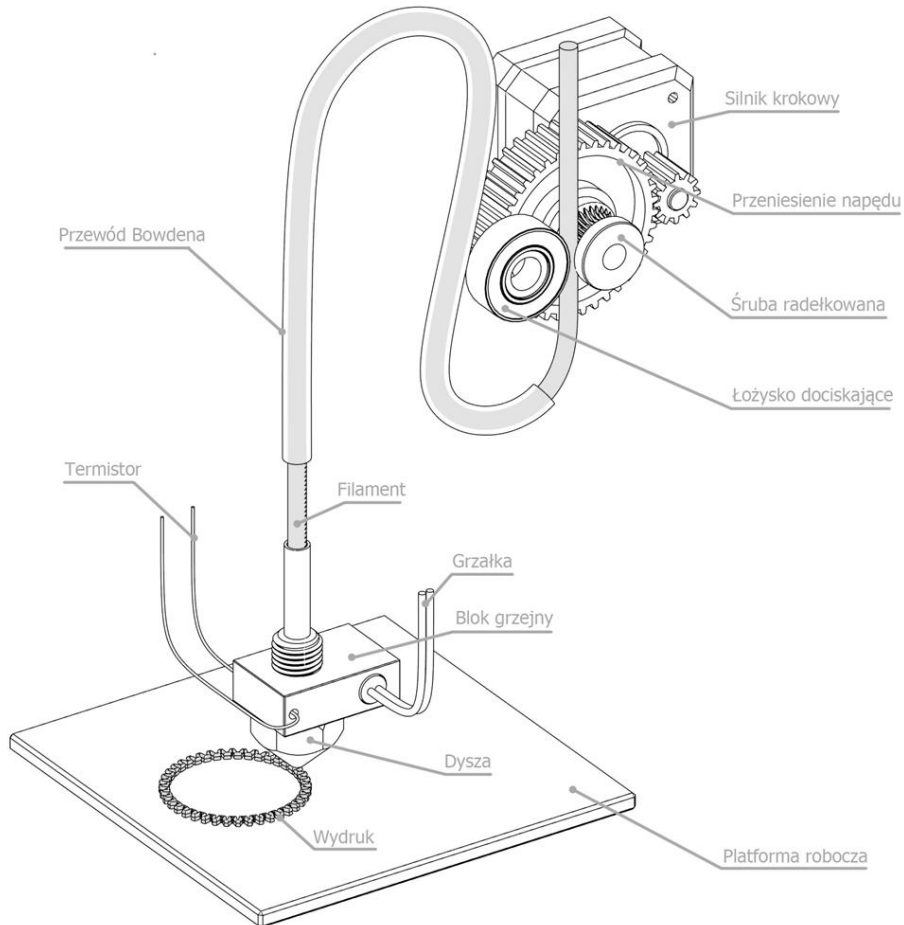
¹Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Procesów Polimerowych



Rys. 1. Zasada działania maszyny w technologii stereolitograficznej
(źródło[4]:iGo3D Polska: Technologie 3D)

Alternatywą dla stereolitografii jest technologia FDM osadzania stopionego tworzywa termoplastycznego (PLA, ABS, PC, nylon, Laywood) warstwa na warstwie, przy użyciu dyszy modelującej. Przebieg procesu wytwarzania wyrobu tą metodą potocznie zwaną "drukowaniem" zaczyna się od pobrania "filamentu" ze szpuli za pomocą serwo mechanizmu. Filament w postaci pręta jest transportowany do "ekstrudera", gdzie zostaje uplastyczniony do temperatury charakterystycznej dla zastosowanego tworzywa polimerowego. Przy użyciu dyszy ekstrudera materiał konstrukcyjny zostaje uformowany na kształt walcowej wytłoczyny (w zależności od średnicy dyszy od 0,35 do 0,5 mm i nałożony na platformę roboczą (tylko w przypadku pierwszej warstwy)

na podpory lub warstwę właściwą. W każdym z tych przypadków w wyniku szybkiego ochłodzenia cienkiej warstwy uplastycznionego tworzywa, tworzy się warstwa po warstwie (rys. 2), żądany kształt ścianki wyrobu [3, 4, 10, 11].



Rys. 2. Zasada działania maszyny drukującej w technologii FDM (źródło [4])

Opisane technologie wykorzystywane w technikach rapid prototyping różnią się od siebie w sposobie wykonania wytworu i uzyskanej jakości, przy identycznym procesie przygotowawczym. Model wirtualny prototypu wyrobu jest przesyłany do programu typu CAM, w którym ustalane są warunki pracy maszyny - drukarki 3D. Następnie w programie tym generowane są instrukcje

dla ruchu głowicy w postaci "gcode", które są przesyłane do realizacji przez układ wykonawczy w trybie bieżącym [2, 3, 4, 10].

Każda z metod może być wykorzystywana w zależności od rodzaju wyrobu i przeznaczenia prototypu. Istotne różnice, w tym zalety i wady technologii druku 3 D przedstawiono w tabeli 1 [2, 3, 4, 11].

Tabela 1. Porównanie technologii SLA i FDM

Kryterium oceny	Technologie przyrostowe	
	SLA	FDM
Jakość powierzchni oraz modelu	- brak widocznych granic warstw, - gładkie ścianki,	- widoczne granice warstw, - nierówne ścianki,
Kształty modelu	- możliwość druku bardzo skomplikowanych kształtów, - konieczne użycie podpór do wykonania warstw wiszących nad platformą roboczą,	
Dodatkowe operacje	- konieczne lakierowanie żywicy zabezpieczające przed przebarwieniem z powodu ekspozycji na światło, - obróbka ubytkowa (szlifowanie) wygładzająca powierzchnię wyrobu	- kąpiel w acetonie wyrobu z ABS umożliwia uzyskanie gładkich powierzchni ścian,
Wytrzymałość	- możliwość wpływu na wytrzymałość wyrobu w zależności od parametrów wydruku i usytuowania względem osi X,Y,Z	
Koszt maszyny	- 5.000 – 150.000 zł w zależności od możliwości urządzenia	- 2.000 – 15.000 zł w zależności od możliwości urządzenia

METODYKA BADAŃ

Na potrzeby badań naukowych opracowano model graficzny wytworu (rys. 3) w postaci wiosełka do próby rozciągania, przeznaczonego do badań na maszynie wytrzymałościowej. Próbk i do badań wykonano z tworzywa biodegradowalnego (PLA) poli(kwasu mlekowego), należącego do grupy poliestrów alifatycznych. Wydruk próbek odbywał się przy ustawieniach optymalnych programu CAM-Slic3r. Podczas wprowadzenia zmiany grubości pojedynczej warstwy na 0,5 mm, uzyskano poprawienie dokładności wydruku.

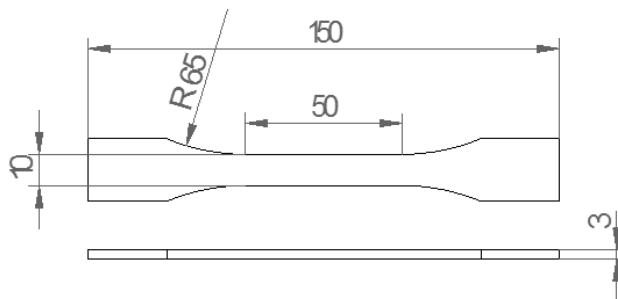
Spśród wszystkich siedmiu typów wypełnień wyrobu, dostępnych w opcjach programu CAM, do badań wybrano trzy (rectilinear, line oraz honeycomb).

Kryterium wyboru tych typów wypełnień oparte było na możliwości bezpośredniego wpływu na konfigurację warstwy przez operatora. Stopień wypełnienia został ustalony na określonym poziomie: 25%, 50%, 75% oraz 100%. Dzięki temu możliwe było w wyniku ekstrapolacji prognozowanie właściwości wytrzymałościowych w pełnym zakresie zmian stopnia wypełnienia oraz określanie uogólnionych związków stopnia wypełnienia w odniesieniu do wytrzymałości na rozciąganie dla poszczególnych próbek.

CHARAKTERYSTYKA I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK DO BADAŃ

Dla każdej próbki przyjęto, że sześć warstw o grubości 0,5 mm będzie wystarczające do wytworzenia pojedynczego obiektu do badań. Parzysta liczba warstw wyeliminowała prawdopodobieństwo zakłócenia wyniku, ze względu na kolejną warstwę wyrobu. To znaczy, że trzecia warstwa była odzwierciedleniem pierwszej warstwy, a czwarta drugiej warstwy, etc. Objętość modelu próbki wynosiła w przybliżeniu $6,5 \text{ cm}^3$. Jednocześnie drukowano po 5 próbek jednego typu i rodzaju wypełnienia, ułożone obok siebie na platformie roboczej.

Próbki zostały wykonane na urządzeniu 3NOVATICA GATE, wykorzystywano dysze o średnicy 0,5 mm, platforma robocza wykonana była ze szklanej płyty wraz z dodatkowym podgrzewaniem oporowym. Komunikacja operatora ze sterownikami drukarki przebiegała z wykorzystaniem programu Repetier Host z wbudowanym modułem Slic3r. Każdą próbkę z poszczególnych serii poddano pomiarom metrologicznym oraz kontroli wizualnej. Podczas badań nie stwierdzono uszkodzeń poza częścią przeznaczoną do badań.



Rys. 3. Rysunek i wymiary próbki do badań. (źródło: opracowanie własne)

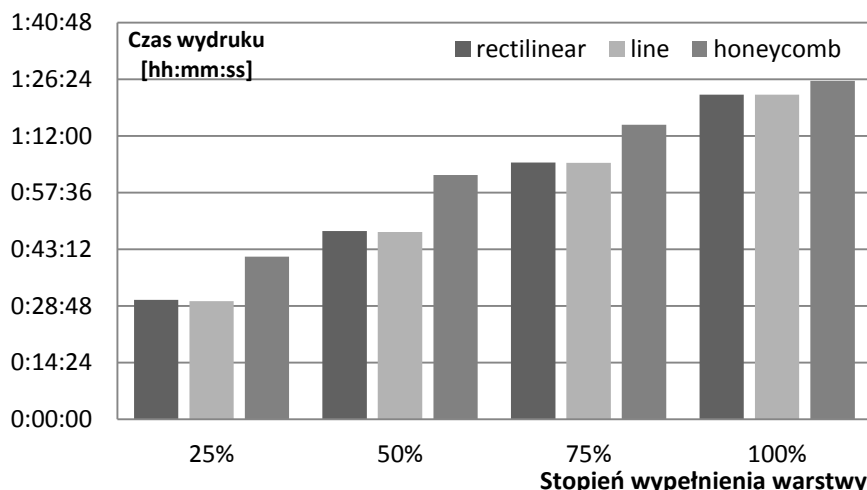
Próbki nazwano w ściśle określony sposób. Każda z nich otrzymała trzy cyfrowy numer, znajdujący się w miejscu chwytowym. Pierwsza cyfra symbolizowała typ wypełnienia (1 – rectilinear, 2 – line, 3 – honeycomb), druga cyfra informowała o stopniu wypełnienia (1 – 25%, 2 – 50%, 3 – 75%, 4 – 100%), trzecia odpowiadała numerowi kolejnej próbki w danej konfiguracji (od 1 do 5). Dla przykładu numer 121 informuje, że jest to pierwsza próbka z pięciu w 50% wypełniona stylem rectilinear.

WYNIKI

Analiza danych do badań została przedstawiona poniżej i podzielona na dwie części, w pierwszej opisano wyniki danych odczytanych z programu Slic3r. W drugiej części przedstawiono na wykresach uśrednione wyniki badań empirycznych wraz z opisem.

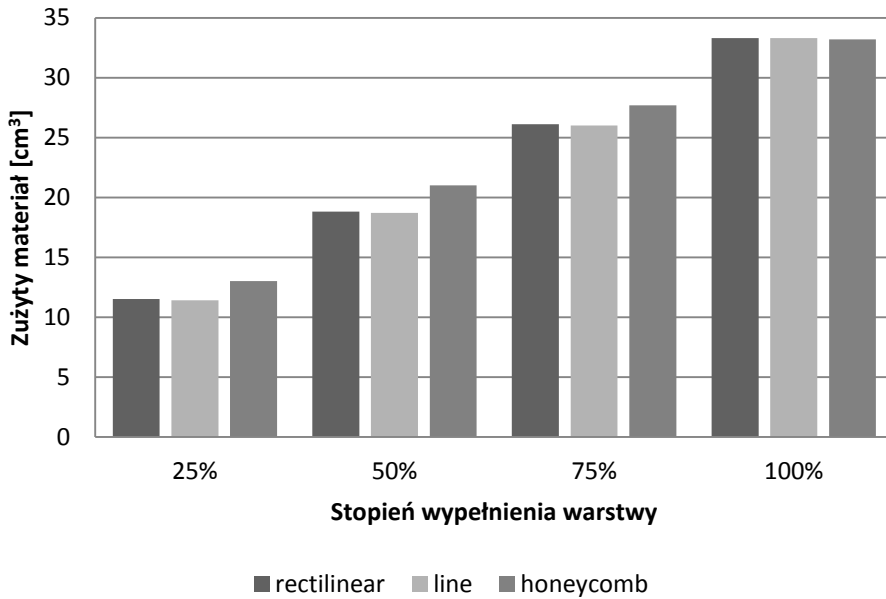
ANALIZA ZUŻYCIA MATERIAŁU KONSTRUKCYJNEGO I CZASU WYDRUKU PRÓBEK

Uzyskane wyniki czasu wydruku i generowania modeli próbek, zużytego materiału konstrukcyjnego, zostały wyliczone przy użyciu algorytmów Slic3r. Podane wyniki uwzględniają wartości dla pięciu próbek danego typu i stopnia wypełnienia warstw.



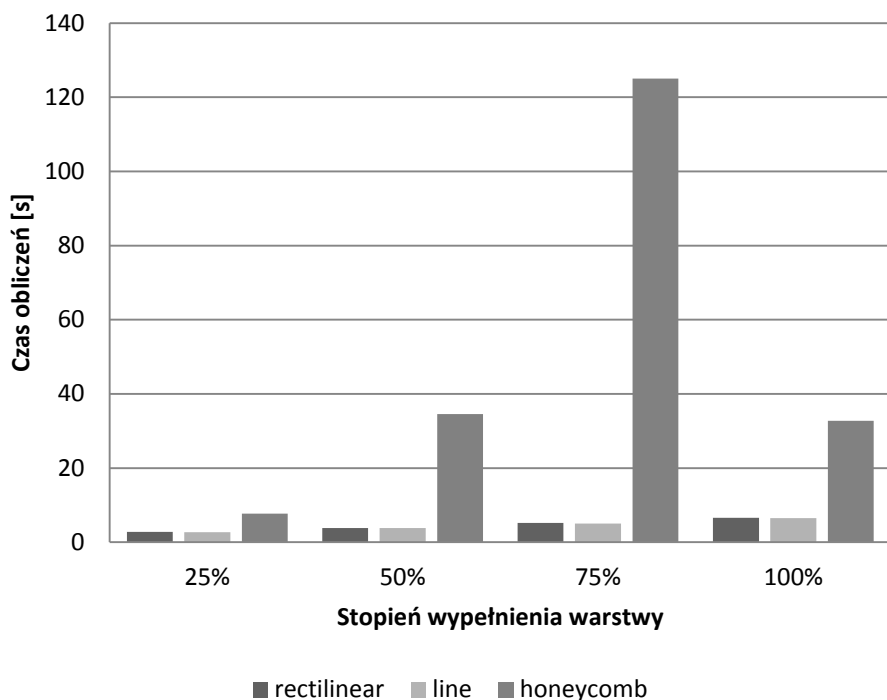
Rys. 4. Wykres czasu wydruku pięciu próbek z określonym stopniem oraz typem wypełnienia warstwy próbki (źródło: opracowanie własne)

Rysunek 4. przedstawia zależności czasu wydruku pięciu próbek z określonym typem i stopniem wypełnienia warstwy. Zauważono, że czas wytworzenia dla typu rectilinear i line w kolejnych stopniach wypełnień rośnie jednostajnie. Natomiast, do uzyskania wypełnienia honeycomb potrzeba więcej czasu na wykonanie modelu niż w przypadku dwóch pozostałych typów.



Rys. 5. Wykres ilości zużytego materiału konstrukcyjnego dla pięciu próbek z określonym stopniem i typem wypełnienia warstwy próbki. (źródło: opracowanie własne)

Rysunek 5 przedstawia zależności zużycia materiału na wydruk pięciu jednakowych próbek z określonym stopniem i typem wypełnienia. Dla wypełnień rectilinear i line zużycie materiału jest niemal identyczne i rośnie w sposób równomierny przy każdym stopniu wypełnienia. Do wytworzenia próbek z wypełnieniem honeycomb potrzeba więcej materiału dla takiego samego stopnia zagęszczenia materiału w poszczególnych warstwach. Tendencja ta zmienia się dla 100% wypełnienia, gdzie nieznacznie maleje ilość potrzebnego materiału do wydruku próbek o podobnym kształcie.



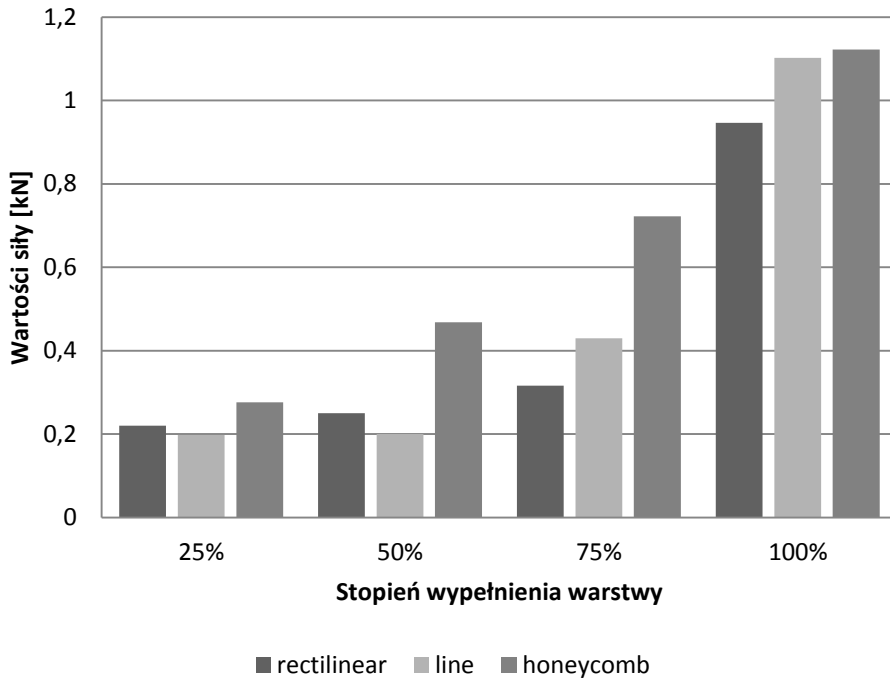
Rys. 6. Wykres czasu obliczeń na wygenerowanie modeli pięciu próbek z określonym stopniem i typem wypełnienia warstwy próbki. (źródło: opracowanie własne)

Na rysunku 6 przedstawiono zależności czasu obliczeń od typu i stopnia wypełnienia warstwy. Generowanie próbek z wypełnieniem rectilinear i line jest stosunkowo efektywne. Duże czasy obliczeń zarejestrowano podczas generowania algorytmu z wypełnieniem honeycomb. Przy 50% wypełnieniu czas obliczeń jest dłuższy prawie 9-krotnie, a przy 75% wypełnieniu niecałe 25-krotnie. Mimo że pełne wypełnienie wymaga kilkukrotnie mniej czasu na wygenerowanie warstw, to w porównaniu z pozostałymi wypełnieniami czas ten jest prawie 5-kroć dłuższy.

ANALIZA DANYCH UZYSKANYCH PODCZAS BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

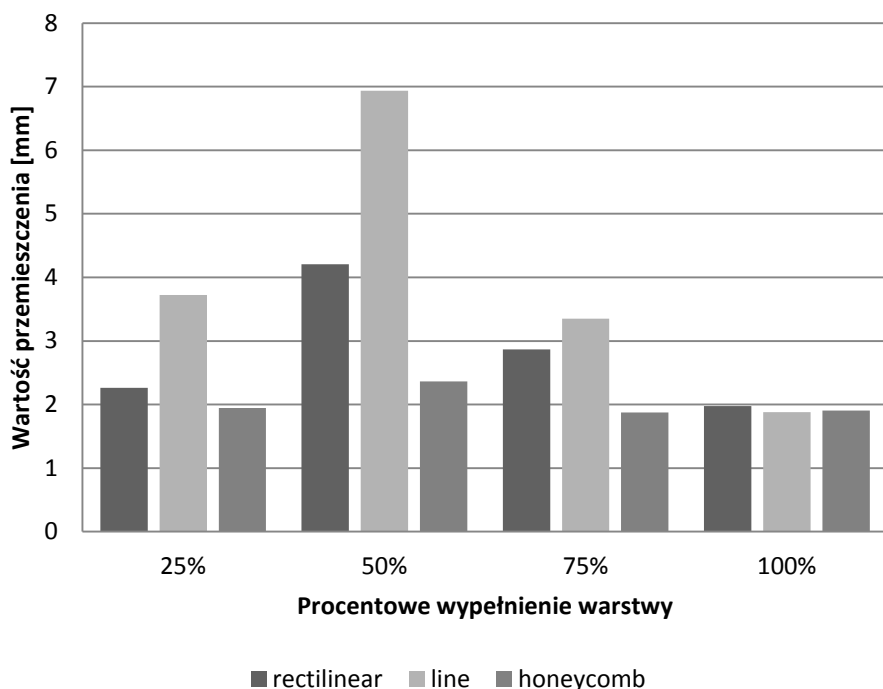
Badania próbek przeprowadzono z wykorzystaniem maszyny MTS 858 Table Top System znajdującej się w Katedrze Mechaniki Stosowanej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. Wyposażona jest ona w elektroniczny, dwuosiowy ekstensometr do pomiaru odkształceń wzdłużnych

oraz poprzecznych, a także szczelinomierz. Maszyna jest napędzana hydraulicznie oraz posiada hydraulicznie zaciskane szczęki. W pomiarach nie uwzględniono wyslizgiwania się próbki ze szczęk, szacowane wartości znajdują się w przedziale od 0,1 mm do 0,2 mm.



Rys. 7. Wykres zależności średniej wartości siły potrzebnej do zerwania próbki z określonym typem i stopniem wypełnienia. (źródło: opracowanie własne)

Na rysunku 7 przedstawiono średnie wartości sił potrzebnych do zerwania próbki z wybranym stopniem i typem wypełnienia. Dla stopnia 25% i 50% wypełnienia rectilinear i line odczytano podobne wartości sił. Dla stopnia 75% oraz 100% zauważono wzrost wartości siły koniecznej do zniszczenia próbki badanej dla wypełnienia line w porównaniu do rectilinear. Największą wartość siły w każdym przypadku, potrzebna była do zerwania próbek o typie wypełnienia honeycomb. Znacząca różnica wartości sił pomiędzy poszczególnymi typami wypełnień była widoczna szczególnie dla stopnia wypełnienia 50% oraz 75%.



Rys. 8. Wykres zmian średniej wartości przemieszczenia szczęk do momentu zerwania próbki z określonym typem i stopniem wypełnienia (źródło: opracowanie własne)

Na rysunku 8 przedstawiono średnią wartość przemieszczenia szczęk mocujących maszyny wytrzymałościowej do momentu zerwania próbki z określonym typem i stopniem wypełnienia. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że najbardziej "kruche" były próbki z wypełnieniem honeycomb, a najbardziej „ciągliwe” próbki wykonane z wypełnieniem line. Dla 100% stopnia wypełnienia, próbki zachowywały się podobnie. Dla uzyskanych danych obliczono doraźną wytrzymałość na rozciąganie R_m ze wzoru (1) [1, 6, 7, 9]:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (1)$$

gdzie: F_m – największa siła rozciągająca próbkę, S_0 – pole przekroju poprzecznego

Pole przekroju poprzecznego ma stałą wartość dla każdej próbki i wynosi:

$$S_0 = h \cdot b \quad (2)$$

gdzie: h – grubość próbki (3 mm), b – szerokość próbki w części pomiarowej (10 mm).

$$S_0 = h \cdot b \quad (3)$$

$$S_0 = 30 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (4)$$

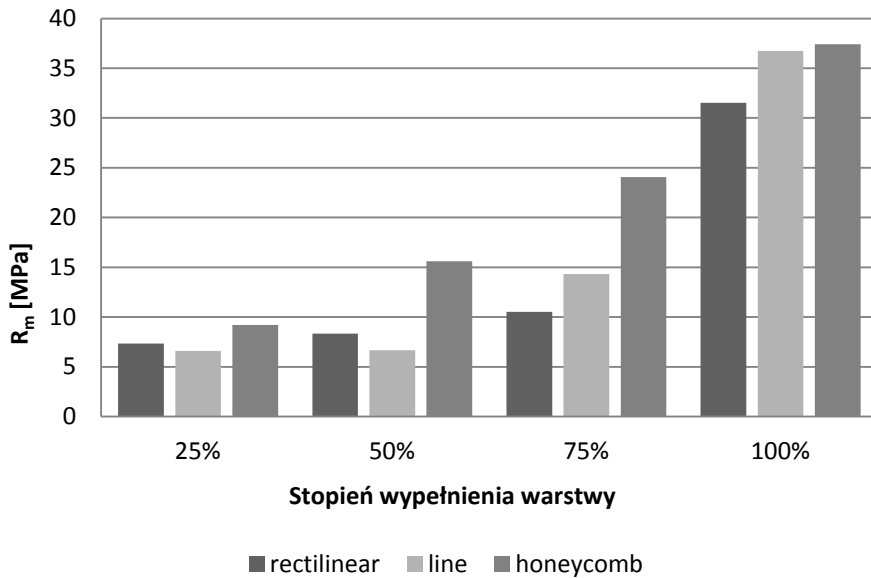
Przykładowe obliczenia dla próbki 324:

$$F_m = 450 \text{ [N]} \quad (5)$$

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (6)$$

$$R_m = \frac{450 \text{ [N]}}{30 \text{ [mm}^2\text{]}} \quad (7)$$

$$R_m = 15 \text{ [MPa]} \quad (8)$$



Rys. 9. Wykres średniej wartości wytrzymałości R_m dla próbek z określonym typem i stopniem wytrzymałości (źródło: opracowanie własne)

Z powyższego wykresu (rys. 9) można odczytać, że najlepszą doraźną wytrzymałość na rozciąganie mają próbki z wypełnieniem honeycomb. Dla

mniejszych stopni wypełnień nieznacznie lepsze właściwości mają próbki wypełnione w sposób rectilinear, lecz wartości ulegają zmianie dla pozostałych stopni wypełnień, gdzie wypełnienie line ma lepszą wytrzymałość od rectilinear.

PODSUMOWANIE

Druk addytywny jest techniką szybkiego wykonania prototypów (rapid prototyping). Pozwala on na wykonanie prototypu warstwa po warstwie, skracając czas i koszt wytworzenia pojedynczego wyrobu. Przestrzeń wewnątrz wyrobu może mieć różnorodne wypełnienia zależne od programu typu CAM. W przypadku doboru rodzaju wypełnienia dostępnego w programie Slic3r do badań wybrano typy wypełnień rectilinear, linear i honeycomb.

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że czas wydruku dla typu rectilinear i line w kolejnych stopniach wypełnień rośnie jednostajnie. Natomiast podczas drukowanie z wypełnieniem honeycomb, konieczne jest wydłużenie czasu na wykonanie próbek niż w przypadku dwóch pozostałych typów.

Dla wypełnień rectilinear oraz line zużycie materiału na wykonanie próbek jest niemal identyczne i rośnie w sposób równomierny przy każdym stopniu wypełnienia. Do wykonania próbek z wypełnieniem honeycomb potrzeba więcej materiału dla takiego samego stopnia zagęszczenia wypełnienia w warstwie. Tendencja ta zmienia się dla 100% wypełnienia, gdzie nieznacznie zmniejsza się ilość potrzebnego materiału do wydruku próbek.

Operacja generowania próbek z wypełnieniem rectilinear i line nie wymagała długiego czasu obliczeń. Duże czasy powodowało generowanie wydruku z wypełnieniem honeycomb.

Maksymalną doraźną wytrzymałość na rozciąganie R_m zaobserwowano dla próbki 243 (wypełnienie line, 100% wypełnienia, próbka 3) – 40,67 MPa, natomiast najmniejszą wartość wytrzymałości na rozciąganie odczytano dla próbki 225 (wypełnienie line, 50% wypełnienia) – 6 MPa. Próbki ze stopniem wypełnienia 50% nie ulegały uszkodzeniu w jednej płaszczyźnie części badawczej próbki. Po dodatkowej wizualnej ocenie próbek, można stwierdzić, że w pierwszej kolejności ulegała zerwaniu warstwa zewnętrzna (na obwodzie próbki, a dopiero później wypełnienie. Zauważono także, że łatwiej ulegają rozerwaniu połączenia pomiędzy warstwami niż same warstwy. To powoduje wyciąganie się warstw próbki. Zjawisko to występuje tylko dla próbek z wypełnieniem rectilinear oraz line. W przypadku wypełnienie honeycomb

zaobserwowano zrywanie ciągłość warstw równomiernie, co było spowodowane większą powierzchnią styku warstw między sobą.

Dla uzyskania najlepszej doraźnej wytrzymałości na rozciąganie najbardziej korzystne jest zastosowanie wypełnienia honeycomb. Gdy konieczny jest "szybki wydruk", a model nie będzie wykorzystywany do przenoszenia dużych obciążeń rozciągających, można zastosować typ wypełnienia line lub rectilinear, przy wypełnienie o małym stopmniu. Pozwoli to na zmniejszenie czasu na wykonanie modelu oraz skrócenie czasu generowania warstw podczas wydruku wyrobu.

LITERATURA

- [1] Belzowski A.: *Podstawowe wiadomości o próbach wytrzymałości materiałów kompozytowych*. Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007
- [2] Canessa E., Fonda C., Zeennaro M.: *Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development*. ICTP, 2013
- [3] Czerwiński K., Czerwiński M.: *Drukowanie w 3D*. InfoAudit, Warszawa 2013.
- [4] iGo3D Polska: *Technologie 3D*, <https://www.igo3d.com.pl/pl/druk-3d/technologie> zasoby z dnia 15.05.2015
- [5] Jemielniak K.: *Obróbka skrawaniem*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998
- [6] Niezgodziński E., Niezgodziński T.: *Wytrzymałość materiałów*. WNT, Warszawa 2010
- [7] Norma ISO 527 – oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu
- [8] Oczko K.: *Istota i znaczenie szybkiego opracowania wyrobów – Rapid Product Development*. Mechanik. 2001, nr 3, s. 141-144
- [9] Orłowski W., Słowański L.: *Wytrzymałość materiałów*. Przykłady obliczeń. Arkady, Warszawa 1966
- [10] Przech P. *Wpływ rodzaju wypełnienia przedmiotu drukowanego przez drukarkę przestrzenną na właściwości wytrzymałościowe*, Praca magisterska, Lublin, 2014
- [11] Siemiński P., Tomczuk M.: *Badanie wytrzymałości na rozciąganie próbek wykonanych wybranymi metodami szybkiego prototypowania*. [w]: XI Forum Inżynierskie ProCAx, Sosnowiec 2012

ZAPIS MODELI CAD POPRZEZ APROKSYMACJĘ POWIERZCHNI TRÓJKĄTAMI – ZASADY, BŁĘDY, ROZWIĄZANIA NAPRAWCZE

WSTĘP

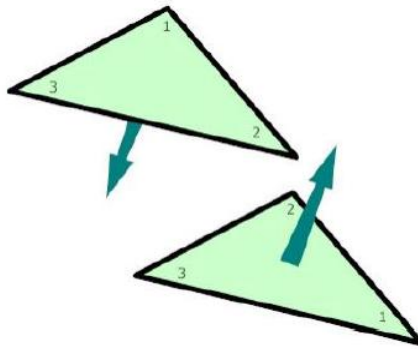
Proces otrzymywania gotowego wyrobu przy użyciu technologii druku 3D, obejmuje kilka etapów. Pierwszym z nich jest uzyskanie wirtualnego modelu, czyli utworzenie pełnego trójwymiarowego opisu geometrycznego wykonywanego wyrobu. Możliwości uzyskania takiej geometrii jest kilka (skanowanie, konwersja elementów geometrii 2D), ale najczęściej wykorzystywany sposobem jest opracowanie modelu CAD, czyli wykonanie projektu w programie konstruktorskim 3D. Idealnym i najprostszym przypadkiem jest wykorzystanie modelu bryłowego, ale przez zastosowanie specyficznych dla tej technologii narzędzi programowych, jest możliwe także przetwarzanie danych powierzchniowych. Geometria przedmiotu opisana w systemie CAD, w celu uproszczenia dalszych obliczeń jest początkowo aproksymowana trójkątami i przekształcana w format odpowiedni dla technologii druku 3D (najczęściej STL). Przy aproksymacji trójkątami, bardzo ważne jest zdefiniowanie odpowiedniej wartości parametrów triangulacji. Określają one bowiem jakość otrzymanej siatki opisującej geometrie wyrobu. Parametry te charakteryzują dwie główne wartości: „chord height” – określający maksymalny dopuszczalny błąd cięciwy wyrażony w mm oraz „angle control” – określający maksymalny dopuszczalny kąt zawierający się pomiędzy dwoma przylegającymi trójkątami. W kolejnym kroku dane w formacie STL są przetwarzane poprzez rozkład otrzymanej geometrii 3D na poszczególne przekroje wyrobu o zdefiniowanej wysokości. Odbywać się to w jednostce sterującej maszyną -drukarką. Podczas projektowania wyrobu należy ściśle przestrzegać zasad charakterystycznych dla technologii druku 3D, aby wyrób uzyskać wytwór o żadnych cech i właściwościach [1, 2, 5].

¹Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe Katedry Procesów Polimerowych

²Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Procesów Polimerowych

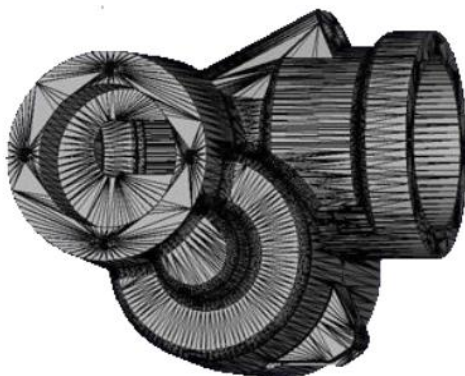
FORMAT STL I BŁĘDY GEOMETRII

Format STL został opracowany przez firmę 3D Systems i opublikowany w 1987 roku jako rozszerzenie do konwertowania modeli 3D CAD w celu wykorzystania ich w stereolitografii. Szybko jednak stał się standardem wprowadzania danych dla technologii szybkiego prototypowania (RP), a więc także dla druku 3D. W formacie STL elementy geometryczne są generowane przy wykorzystaniu procesu tesselacji trójkątami obiektu opracowanego w systemie CAD. Trójkąty te są opisane na układzie współrzędnych X, Y, Z, za pomocą współrzędnych, każdego z trzech wierzchołków oraz wektora normalnego do powierzchni trójkąta (rys. 1).



Rys. 1. Przykład usytuowania układu trójkątów w przestrzeni [5]

W tym przypadku zwrot wektora normalnego określa kierunek zewnętrznej strony powierzchni opisywanego modelu. Dane w formacie STL występują w kodzie ASCII lub w postaci binarnej. Plik STL w kodzie ASCII jest bardziej czytelny dla użytkownika, lecz ze względu na rozmiar i wydajność częściej wykorzystywany jest w postaci binarnej. Przykłady modeli wygenerowanych w formacie STL przedstawiono na rysunku 2 [2, 4, 5].



Rys. 2. Przykładowy model po wygenerowaniu siatki STL [5]

FORMAT STL OPISANY W POSTACI BINARNEJ

Zbiory STL w postaci binarnej są nawet sześciokrotnie mniejsze niż ich odpowiedniki zapisane w kodzie ASCII. Sposób zapisu w postaci binarnej jest ściśle określony następującymi regułami (zapis chronologiczny do kolejności występowania w kodzie):

- 80 bajtów odpowiada za opis pliku,
- 4 bajty określają całkowitą liczbę trójkątów opisujących powierzchnię modelu,
- następnie znajdują się dane każdej trójkątnej facety: wektor normalny z trzema wierzchołkami, podane w postaci liczb zmiennoprzecinkowych, na którą to liczbę przeznaczone są 4 bajty,
- 2 bajty przerwy, oddzielające definicje kolejnych trójkątów, na końcu każdej sekcji opisującej pojedynczą facetę [2, 4].

Przykładowy opis plików STL w postaci binarnej, przy wykorzystaniu notacji BNF przedstawiono poniżej [2]:

```
<format binarnego pliku STL>::=<opis pliku><calkowita
liczba trojkatkow><dane trojkatow>
<opis pliku>::=<80 bajtowa nazwa, mozliwe uzycie spacji>
<calkowita liczba trojkatow N>::=<4 bajtowa liczba
calkowita typu
```

```
long integer>
<dane trojkatow>::=<wektor normalny><wspolrzedne
wierzchołkow trojkata><2 bajty przerwy><wektor
```

```
normalny><wspolrzedne    wierzchołkow    trojkata><2    bajty  
przerwy>..... ->
```

```
<wektor    normalny>::=<lx,ly,lz,liczby    zmiennoprzecinkowe,  
(3x4bajty=12    bajtow)>    <wspolrzedne    wierzchołkowe  
trojkata>::=<x1,y1,z1,x2,y2,z2,x3,y3,z3,  
zmiennoprzecinkowe, razem 36bajtów (9x4).
```

FORMAT STL OPISANY W KODZIE ASCII

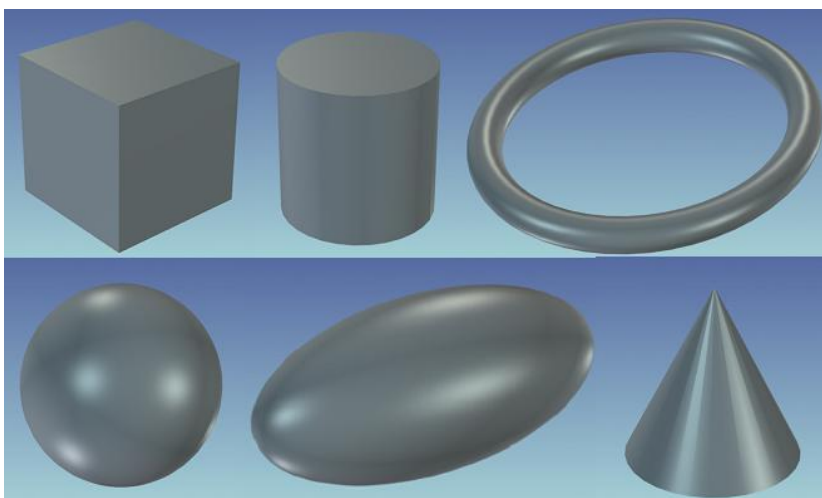
W kodzie ASCII opis modelu STL zawarty jest w przestrzeni wyznaczonej poprzez słowo kluczowe otwierające „solid” (ang. bryła) i słowem kończącym „endsolid” (ang. koniec bryły). Pomiedzy tymi słowami kluczowymi znajduje się lista pojedynczych trójkątów definiujących powierzchnię modelu przestrzennego. Każdy trójkąt jest opisany za pomocą wektora normalnego oraz wierzchołków trójkąta opisanych według składowych XYZ kartezjańskiego układu współrzędnych. W pliku STL definicja trójkąta rozpoczyna się podaniem współrzędnych wektora normalnego (facet normal), po której podawane są współrzędne wierzchołków. Zwrot wektora normalnego skierowany jest na zewnątrz opisywanego fragmentu powierzchni. Opis trójkąta kończy się słowem „endfacet”. Współrzędne wierzchołków trójkąta definiowane są po wyrażeniu „outer loop” (ang. pętla zewnętrzna) i podawane są w kolejności determinowanej zwrotem wektora normalnego zgodnie z regułą prawej dłoni. Definicje wierzchołków kończy słowo „endloop”. Wszystkie wartości podawane są w postaci liczb zmiennoprzecinkowych [2, 5].

Przykładowy opis pojedynczego trójkąta zawartego w pliku STL przedstawia poniższy tekst [2]:

```
Solid  
...  
facet normal 0.00 0.00 1.00  
    outer loop  
        vertex 2.00 2.00 0.00  
        vertex -1.00 1.00 0.00  
        vertex 2.00 2.00 2.00  
    endloop  
endfacet  
...  
endsolid
```

WPLYW SPOSOBU ZAPISU DANYCH NA ROZMIAR PLIKU I DOKŁADNOŚĆ ODWZOROWANIA POWIERZCHNI CAD

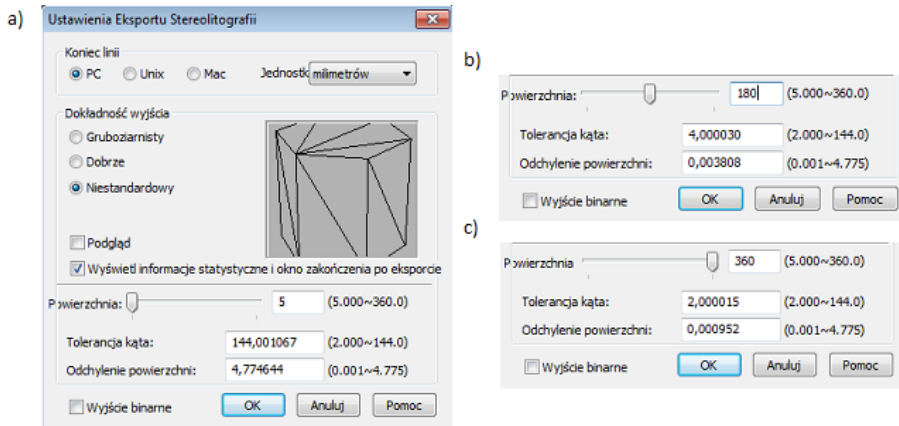
Podczas aproksymacji modelu CAD 3D do formatu STL istnieje możliwość wybrania dokładności eksportu oraz formatu zapisu danych (ASCII lub BIN). W celu ustalenia zależności rozmiaru pliku (tzw. wagi) od dokładności aproksymacji oraz sposobu zapisu danych, przeprowadzono obliczenia dla różnych modeli bryłowych. Analizę wyników obliczeń oparto na wybranych wariantach modeli brył geometrycznych: sześcianu, walca, stożka, kuli, elipsoidy oraz torusa (rys. 3).



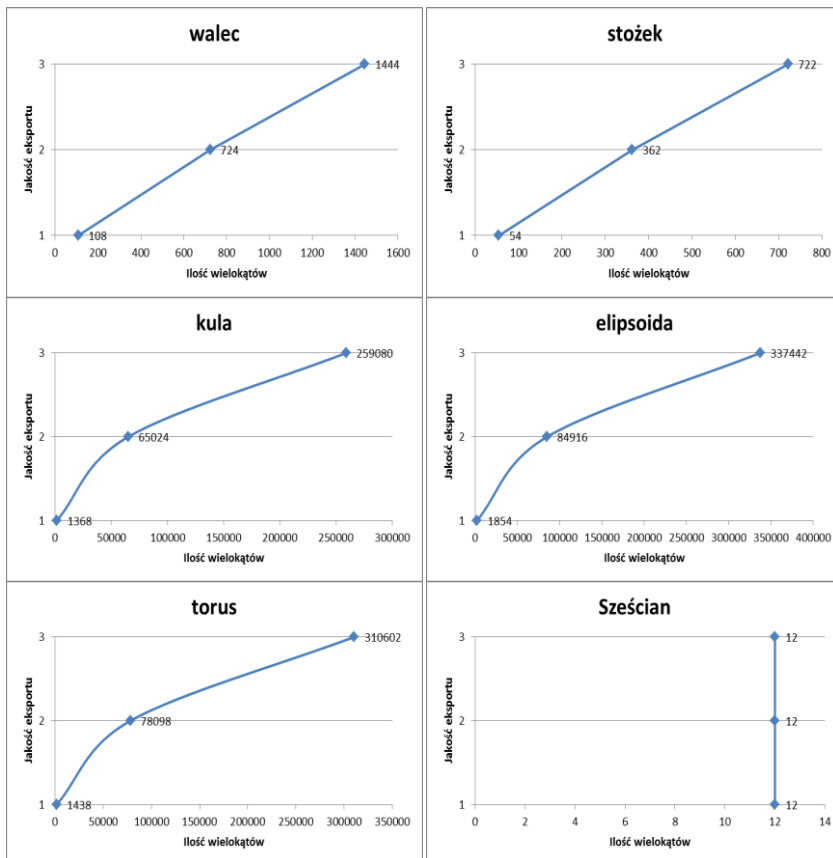
Rys.3. Przykłady modeli CAD brył wykorzystanych do obliczeń

Modele brył CAD miały następujące wymiary [mm]: sześcian: $100 \times 100 \times 100$, walec: $D=100$, $H=100$, torus: $D_{zew}=100$, $D_{wew}=80$, kula: $D=50$, elipsoida: $D_1=100$, $D_2=50$, stożek: $D=100$, $H=100$. Obliczenia prowadzono z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania Ironcad przy eksporcie danych do formatu STL przy ustawieniach parametrów przedstawionych na rysunku 4.

W pierwszym etapie obliczeń, sprawdzano jak zmienia się ilość elementów geometrycznych (wielokątów i wierzchołków) dla poszczególnych brył, przy tesalacji z najmniejszą, średnią i największą dokładnością (rys. 4). Wyniki badań w postaci zależności ilości wielokątów od jakości eksportu przedstawiono na rysunku 5.

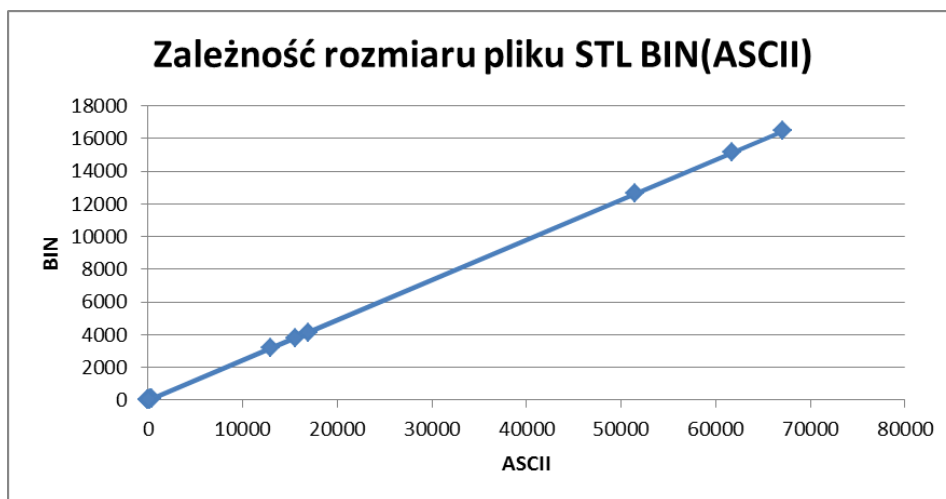


Rys. 4. Wygląd okna eksportu oraz ustawień eksportu modelu CAD do STL w programie Ironcad:
a) minimalna jakość, b) średnia jakość, c) maksymalna jakość



Rys. 5. Zależność ilości wielokątów tworzących siatkę STL od jakości eksportu: 1 – minimalnej, 2 – średniej, 3 – maksymalnej

W drugim etapie obliczeń wyznaczano wpływ sposobu zapisu danych na wielkość pliku (tzw. wagi). Zebrane informacje o wielkości poszczególnych plików, uzyskanych w wyniku eksportu brył CAD do formatu STL, dla trzech różnych klasach jakości eksportu oraz dwóch różnych sposobach zapisu danych (ASCII i BIN), przedstawiono na rysunku 6.



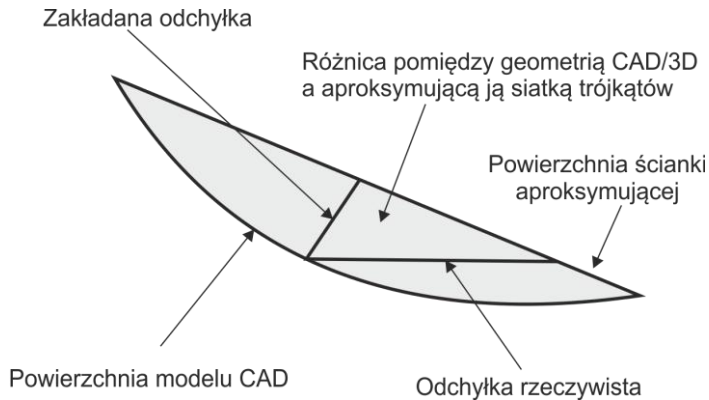
Rys. 6. Zależność rozmiaru pliku STL dla plików zapisanych w postaci binarnej oraz ASCII, na podstawie 36 plików (sześć figur geometrycznych, trzy rodzaje jakości eksportu, dwa rodzaje zapisu danych)

BŁĘDY GEOMETRII W FORMACIE STL

Stosując format STL należy mieć świadomość występowania błędów, wynikających ze sposobu otrzymywania powierzchni w tego typu konwersji (a dokładniej z wynikających z procesu teselacji). Błędy te są różne dla poszczególnych projektów, lecz w tej grupie można wyodrębnić cztery główne.

Pierwszym z nich jest tzw. błąd cięciwy. Występuje on pomiędzy powierzchnią modelu, a płaszczyzną aproksymującego ją trójkąta. Podczas tworzenia pliku STL w systemie CAD, należy dokonać wyboru dokładności (tolerancji) odwzorowania projektu. Dokładność ta wpływa na rozmiar błędu. Uzyskany w systemie CAD 3D model bryłowy aproksymuje się trójkątnymi płatkami połączonymi ze sobą w wierzchołkach. Charakterystyczną cechą takiej aproksymacji jest zamiana krzywizn (linii) zarysów zewnętrznych i wewnętrznych ścianek, przez cięciwy będące bokami trójkątnych płatków. Przy zapisywaniu zarysu określana jest odległość między jego krzywizną, a cięciwą.

Jednocześnie określany jest również kąt, jaki tworzą między sobą boki trójkątów, tj. cięciwy. Im mniejsze wartości liczbowe nadamy tym charakterystykom, tym model, będzie opisany większą liczbą trójkątnych płatów. Z uwagi na to, że błąd jest mierzony w kierunku prostopadłym do płaszczyzny trójkąta, wskutek podziału modelu STL na warstwy może on zostać znacznie zwiększony. W efekcie tego nie odzwierciedla to wartości zakładanych. Schemat rzeczywistego odchylenia pomiędzy geometrią CAD 3D i STL przedstawiono na rysunku 7.

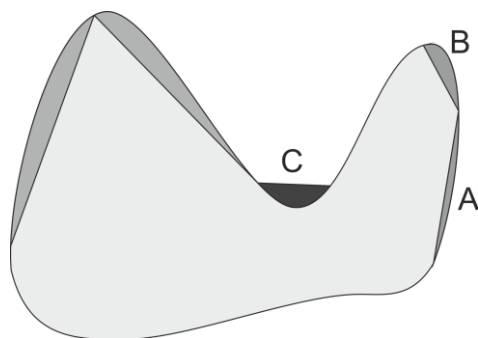


Rys. 7. Schemat powstawania błędów odwzorowania w modelach STL [2]

W przypadku powierzchni nachylonych w kierunku budowy modelu, błąd może być kilka razy większy od zakładanego. W przypadku modeli zbudowanych z płaskich powierzchni (np. sześcian), teselacja całkowicie odwzorowuje tworzoną geometrie modelu. W pozostałych przypadkach, błąd cięciwy ma duże znaczenie na dokładności odwzorowania geometrii modelu CAD. Dokładności generowania modelu STL powinno się ustalać w oparciu o możliwości maszyny oraz wymaganą do uzyskania dokładność. Nie powinno się bez potrzeby ustalać zbyt dużej dokładności, gdyż wpływa to na rozmiar pliku (a więc i szybkość odczytu itp.). Wielkości zbiorów STL są możliwe do redukcji poprzez możliwość podziału geometrii modelu CAD do mniejszych i zarazem prostszych. Następnie dokonuje się obróbki zbiorów danych oraz późniejsze sumowanie geometrii w aplikacjach wspomagających przygotowanie modelu. Dzięki temu uzyskuje się możliwość budowy wielu modeli, nieznacznie różniących się od siebie, utrzymać małe rozmiary plików (poprzez zmianę dokładności cięciwy), a poprzez to skrócić czas całkowitej

obróbki, a także uzyskać dokładność szczególnie ważnych fragmentów modelu, poprzez sterowanie liczbą trójkątów odwzorowujących określoną powierzchnię wyrobu.

Drugim błędem jest błąd przeniesienia geometrii wypukłych krawędzi modeli CAD. Jest on również związanych z błędem cięciwy i wynika z dokładność konwersji pliku. Niedokładność ta wpływa na późniejszą obróbkę wykańczającą, poprzez dodatnie procesów usuwających rezultaty tego błędu. Błąd ten przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Przykład niedokładności odwzorowania wypukłych krawędzi

W przypadku małego obiektu, dwa wypukłe segmenty A i B po prawej stronie zostały „obcięte”, wówczas gdy w trzecim segmencie C, pojawił się naddatek materiału na wyrobie, na skutek aproksymacji wklęsłego fragmentu przekroju (rys. 8). Jak wspomniano wcześniej błędy te możliwe są do usunięcia podczas późniejszej obróbki mechanicznej. Jednak pominięte podczas aproksymacji wypukłych szczegółów modelu niedokładności ulegają dodatkowemu powiększeniu.

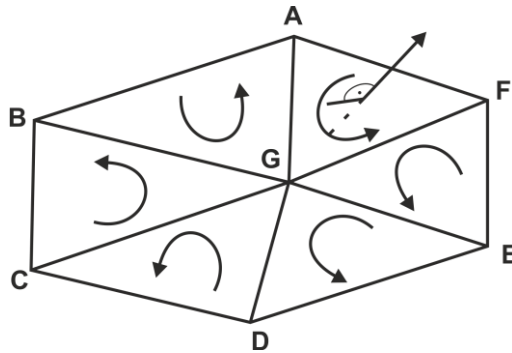
Trzecim opisywanym typem błędów geometrii są niedokładności związane z eksportem danych przez poszczególne translatory systemów CAD. Są one powiązane z modelerami systemów CAD oraz zaimplementowanymi algorytmami tesalacji.

Najpowszechniejszymi błędami modeli zapisanych w tych formatach są:

- przeciwne kierunki wektorów normalnych przy opisie płatów trójkątnych,
- przypisanie pojedynczej krawędzi do więcej niż jednego trójkąta,
- szczeliny i puste obszary geometryczne pomiędzy płatami modelu

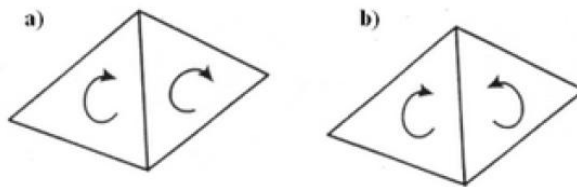
- błędy zwichrowania powierzchni.

Nieprzeprowadzenie analizy, bądź przeprowadzenie jej niedokładnie może skutkować niepoprawnym wytworzeniem wyrobu. Najczęstszym powodem błędnego zapisu wektora normalnego jest niepoprawna kolejność podania współrzędnych wierzchołka trójkąta. Z uwagi na to, że kolejność ta jest zależna od zwrotu wektora normalnego, za pośrednictwem reguły śruby prawoskrętnej, niewłaściwe uporządkowanie powoduje błędną interpretację orientacji trójkątów w przestrzeni. Przykład określenia wektora normalnego i kolejności określenia wierzchołków przedstawiono na rysunku 9.



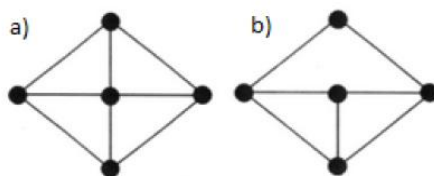
Rys. 9. Kolejność określenia wierzchołków, a zwrot wektora normalnego

Dodatkowo błędne określenie wierzchołków i zwrotu doprowadzić może do tzw. błędu zwichrowania. Powstaje on na skutek styku tylnej części ściany modelu z przestrzenią. Błąd ten często nazywany jest błędem Mobiusa, ze względu na zilustrowanie go za pomocą wstęgi Mobiusa. Schemat błędu zwichrowania przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Schemat błędu Mobiusa: a) prawidłowy układ oznaczeń wierzchołków, b) błędnie wygenerowane kierunki oznaczeń wierzchołków trójkątnych facet

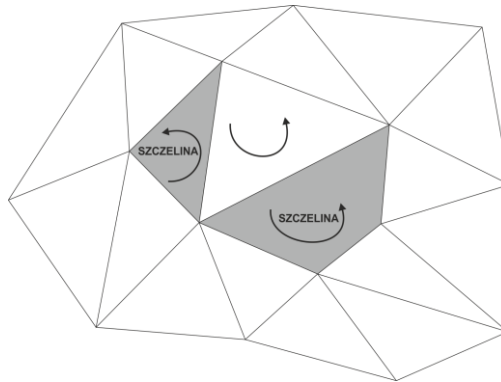
Kolejnym błędem związanym z eksportem danych jest brak określenia linii między wierzchołkami. Format STL wymaga, aby wszystkie przylegające trójkąty miały ze sobą wspólne dwie krawędzie. W tym przypadku niedopuszczalna jest sytuacja, gdyż dwie krawędzie trójkąta nie są wspólne z innym trójkątem (jak na rys. 11b). Dodatkowo ważne jest, aby każdy trójkąt zawierał właściwie zdefiniowany punkt wierzchołkowy. Błąd ten został przedstawiony na rysunku 11b wraz z jego rozwiązaniem (rys. 11a)



Rys. 11. Zapisy siatki trójkątów w formacie STL: a) prawidłowy, b) nieprawidłowy [2]

Najwyższy trójkąt posiada w sumie 4 punkty wierzchołkowe (co stanowi błąd pierwszy (rys. 11b)). Dodatkowo zewnętrzne krawędzie górnego trójkąta nie są wspólne z żadnym innym trójkątem (kolejny błąd). Każdy z dwóch mniejszych trójkątów zawiera niewłaściwie określony punkt wierzchołkowy (błąd trzeci).

Ostatnim błędem wynikającym z eksportu modelu CAD do STL są szczeliny pomiędzy krawędziami. Obiekt CAD ma umożliwić budowę wyrobu, więc wszystkie powierzchnie muszą być zamknięte, jednoznacznie definiujące geometrię przestrzenną modelu. Ze względu na to, wymagana jest ciągłość powierzchni w modelu STL. Model wygenerowany z tymi szczelinami jest nieprawidłowy i wymaga dokonania korekcji. Przykład takiego błędu przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Szczeliny w aproksymowanej powierzchni modelu wirtualnego [4]

PODSUMOWANIE

Istotny wpływ na poprawność zbiorów STL generowanych na końcu procesu modelowania wirtualnego, ma jakość zastosowanego w systemie CAD modelera. Modelery tworzą zbiory figur płaskich lub powierzchni przestrzennych opisanych za pomocą formuł matematycznych, które są ze sobą połączone, tworząc żądany obiekt. Nie definiują one związków między powierzchniami składowymi, więc istnieje prawdopodobieństwo powstania 48 szczelin, nieciągłości lub brakujących powierzchni obiektu. Dlatego, ważną rolę konstruktora jest wyeliminowanie błędów na poziomie tworzenia modelu CAD. Ważny jest również dobór odpowiedniego eksportu do formatu STL, aby wybrać optymalną dokładność (nie za dużą i nie za małą) i sposób zapisu danych (bin lub ascii), aby nie generować plików o zbędnej wadze, co wpłynie na szybkość przetwarzania danych. Przeprowadzone badania wykazały, że pliki zakodowane w systemie binarnym są ponad 4-krotnie lżejsze od tożsamyh w ascii. Dodatkowo zaobserwowano, że zależność rozmiaru plików bin od ascii jest w przybliżeniu liniowa i opisana funkcją $y[ascii]=4,06 \cdot x[bin]$. Dzięki rozwojowi oprogramowania weryfikującego jest możliwe naprawienie błędów modelu. Opisane błędy coraz częściej mogą więc zostać naprawione tuż przed drukiem. Zalecana jest jednak znajomość zasad projektowania wyrobów dla technik przyrostowych w celu usprawnienia produkcji i osiągnięcia lepszych jakościowo wyrobów [1-5].

LITERATURA

- [1] Canessa E., Fonda C., Zennaro M. (red.): *Low-cost 3D printing for science, education and sustainable development*. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste 2013
- [2] Chlebus E. (red.): *Innowacyjne technologie rapid prototyping – rapid tooling w rozwoju produktu*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003
- [3] Munir Eragubi: *Slicing 3D CAD Model in STL Format and Laser Path*, International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 4, No. 4, 2013
- [4] Topçu o., Taşcioglu Y., Ünver H. Ö.; *A method for slicing CAD Models in binary STL format*, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 2011, Elazığ, Turkey
- [5] Wai Hon Wah; *Introduction to STL format*, 1999

SYSTEM STEROWANIA OŚWIECENIEM ŚWIĄTECZNYM VIA WWW

WSTĘP

Okres świąt Bożego Narodzenia to jeden z najmilszych okresów w roku. Od zarania dziejów świąt tych tyczną się różnego rodzaju tradycje: np. ubieranie choinki czy zostawianie wolnego miejsca przy stole. Jedną z tradycji jest oświetlanie części budynków ozdobnymi świeczkami bądź lampionami. Wbrew pozorom zwyczaj ten liczy wiele lat i ma głęboką symbolikę.

Celem projektu było zbudowanie interaktywnej iluminacji domu z możliwością sterowania przez stronę WWW. Głównym założeniem miała być możliwość sterowania przez internautów bez żadnych ograniczeń. System ten miał działać stosunkowo bezawaryjnie, pobierać niewiele energii elektrycznej oraz posiadać stosunkowo przyjazny wygląd. Wbrew pozorom, mimo tego iż całość może wydawać się banalna, budowa pochłonęła wiele czasu i środków. Dodatkowo system miał integrować się z portalami społecznościowymi (w głównej mierze z portalem FaceBook.com).

Pomysł na budowę tego typu oświetlenia powstał w 2011 roku. Już rok później powstała pierwsza wersja projektu dostępna dla wszystkich internautów. Mimo, iż całość była opublikowana tylko na jednym z forów elektronicznych oświetlenie stało się bardzo popularne i przypadło do gustu internautom. Prezentowany tutaj opis dotyczy się 3 wersji oświetlenia.

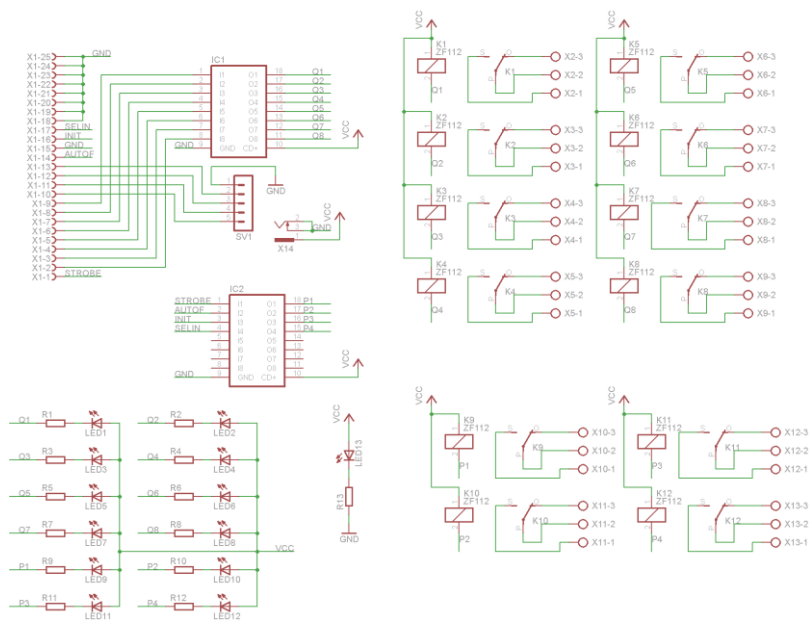
UKŁAD WYKONAWCZY

Główną częścią sterującą jest własnoręcznie wykonana i zaprojektowana karta przełącznikowa LPT. Karta ta posiada 12 kanałów. Sygnał z portu LPT jest wzmacniany przez tranzystory w układzie Darlingtona. W karcie zostały zastosowane dwa gotowe układy ULN2803. Wybór na tego typu układ padł ze względu na to, że w jednym chipie znajduje się 8 układów darlingtona. Dodatkowo wyjścia układu ULN zabezpieczone są przed przebicciem poprzez

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki, Koło Naukowe „MicroChip”

wbudowane diody schottkiego. Brak diod podłączonych zaporowo do wejść przekaźników mógłby doprowadzić do uszkodzenia tranzystorów sterujących poprzez wysokie napięcie, które indukuje się podczas pracy cewki przekaźnika.

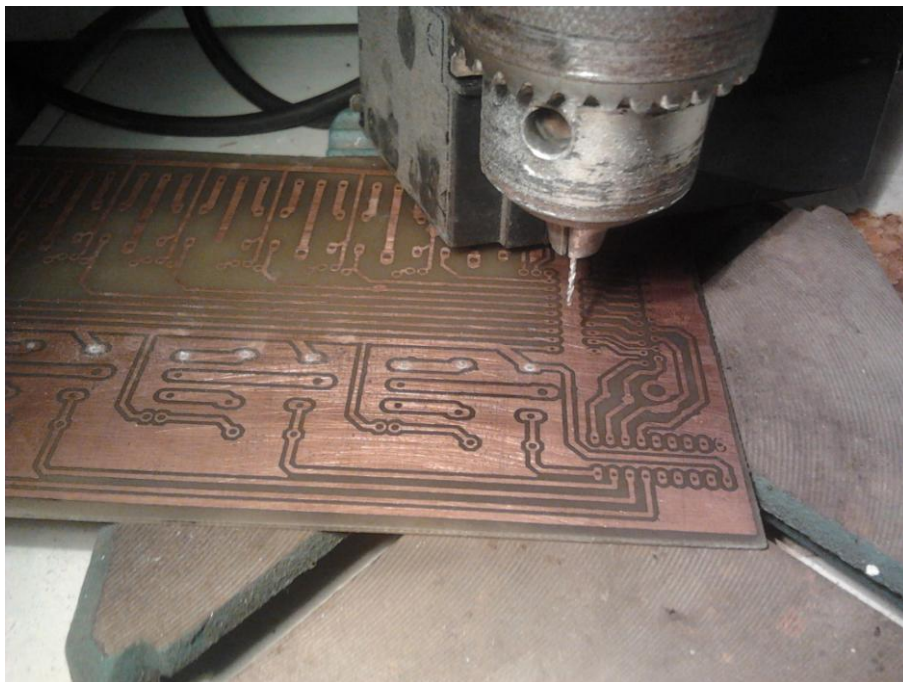
Karta z założenia miała sterować napięciami 230 V AC lub 300 V DC. Stosowanie tak wysokich napięć jest niebezpieczne dla życia i zdrowia człowieka, a także może być groźne dla elektroniki sterującej. Podczas projektowania zostało to uwzględnione. M.in. dlatego zastosowano przekaźniki ponieważ posiadają one separację galwaniczną. Dodatkowo postarano się rozdzielić obwody wysokonapięciowe od obwodów o napięciach w standardzie TTL.



Rys. 1. Schemat karty (opracowanie własne)

Sterowanie kartą polega na zapisywaniu do poszczególnych rejestrów LPT odpowiedniej liczby, która odpowiada stanom poszczególnych pinów. Tak więc przykładowo zapisując do portu LPT liczbę 10000000 ustawimy na pinie D7 (pin 9 gniazdka LPT) stan wysoki. W projekcie wykorzystywane są 3 rejestry portu: rejestr danych, kontrolny i statusowy. Przekaźnikami sterują tylko i wyłącznie rejestr kontrolny i danych. Rejestr statusowy jest wyprowadzony na złączu typu goldpin. Jest on rejestrem, który możemy wykorzystywać w trybie

do odczytu. W prezentowanym projekcie pełni on rolę kontrolno/sterującą. Domyślnie są podłączone do niego przyciski, które powodują np. programową blokadę systemu sterowania.



Rys. 2. Karta LPT podczas wykonywania (opracowanie własne)

KOMPUTER STERUJĄCY

W projekcie serwerem strony WWW, a zarazem komputerem sterującym jest miniaturowy terminal firmy HP. Wybór komputera nie był zadaniem najłatwiejszym biorąc pod uwagę wcześniejsze założenia. Terminal spełnia jednak większość jego założeń: jest tani, posiada port równoległy oraz jest niewielki. Cała jednostka bez problemu mieści się w dłoni.

Komputer poddano dodatkowo pewnym modyfikacjom sprzętowym. Zamiast niewielkiego dysku flash zastosowano kartę pamięci CF 4GB. W prawdzie można było zastosować zwykły obrotowy dysk twardy, jednak czyni to komputer sterujący bardziej podatnym na uszkodzenia mechaniczne. Zaletą karty pamięci w przeciwieństwie do dysku obrotowego jest możliwość pracy w szerokim spektrum temperaturowym. Mimo zalet pamięć typu flash ma

również wady. Jedną z nich jest prędkość zapisu danych (w szczególności podczas zerowania zawartości poszczególnych komórek pamięci), a drugą ilość cykli odczytu/zapisu.

O ile podczas używania pamięci w standardowy sposób przekroczenie ilości cykli odczytu/zapisu jest praktycznie niemożliwe to system operacyjny (korzystając dodatkowo z partycji wymiany) może przekroczyć tę liczbę w parę tygodni. Często to zdarzenie może doprowadzić do nieodwracalnych uszkodzeń poszczególnych komórek pamięci. Aby temu zapobiec zamiast zwykłej dystrybucji linuxa zastosowano system Voyage Linux. Jest to zmodyfikowana wersja Debiana przygotowana specjalnie pod systemy wbudowane. System nie posiada partycji wymiany, a dysk jest chroniony przed zapisem poprzez dokonywanie wszelkich operacji zapisu w wirtualnym RAM-dysku. Całość jest przez to mniej awaryjna oraz działa dużo szybciej. Dodatkowo wszelka zmiana ustawień systemu nie zostanie zachowana przez co taka konfiguracja jest bardziej odporna na wirusy.



Rys. 3. Terminal HP (opracowanie własne)

System linux jest dużo bardziej elastycznym systemem przez co w zastosowaniach hobbistycznych dużo lepiej sprawdza się niż system Windows. Dodatkowo system nie jest obciążany środowiskiem graficznym ponieważ posiada zainstalowane tylko niezbędne moduły.



```

Voyage Linux
{ V o y a g e } - L i n u x
< http://linux.voyage.hk >

Useful Commands:
remountrw - mount disk as read-write
remountro - mount disk as read-only
remove.docs - remove all docs and manpages
Version: 0.9.2 (Build Date 20131219)

Last login: Sat Sep 13 23:53:53 2014 from pc1.home
root@voyage:~# uptime
 23:54:27 up 3 days, 1:47,  2 users,  load average: 0.00, 0.01, 0.05
root@voyage:~#

192.168.1.8 - PuTTY
top - 23:55:02 up 3 days, 1:48,  2 users,  load average: 0.00, 0.01, 0.05
Tasks: 66 total,  1 running, 65 sleeping,  0 stopped,  0 zombie
%Cpu(s):  9.6 us, 11.3 sy,  0.0 ni, 79.1 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
KiB Mem:  238608 total,  228260 used,  10348 free,   1808 buffers
KiB Swap:   0 total,    0 used,    0 free,  192240 cached

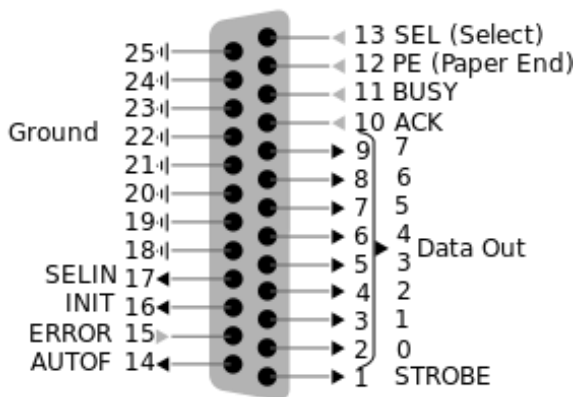
```

Rys. 4. Konsola do zarządzania serwerem (opracowanie własne)

OPROGRAMOWANIE

Nim zaczniemy omawiać kwestę oprogramowanie warto nabyć minimum wiedzy teoretycznej na temat działania portu drukarki (LPT). Port LPT, a dokładniej interfejs IEEE 1284 jest portem równoległym. Oznacza to że dane przesyłane są kilkoma przewodami, a więc w każdym z nich przekazywany jest jeden bit informacji. Interfejs LPT posiada trzy rejestry ośmiobitowe: danych, kontrolny, statusowy. My zajmiemy się sterowaniem rejestrem danych. Linie rejestru danych są to piny od 2 do 9. Możemy z nich pobierać prąd o natężeniu do 2,6mA (w przypadku zrobienia zwarcia, lub próby zbytniego obciążenia portu najprawdopodobniej nie stanie się nic, ponieważ większość płyt głównych posiada zabezpieczenie w postaci rezystorów ograniczających prąd). Do rejestru danych możemy zapisać dowolną 8 bitową liczbę, pojawi się ona na odpowiednich wyprowadzeniach portu D0-D7. Przykładowo zapisując do portu LPT liczbę 10000000 ustawimy na pinie D7 (pin 9 gniazdka LPT) stan wysoki. Analogicznie zapisując do portu liczbę 00000001 ustawimy stan wysoki na D0, 01100010 na pinach D1, D5, D6, oraz 11111111 stan wysoki na wszystkich pinach D (D0-D7), etc. Niestety programując port LPT stosujemy liczby szesnastkowe, które są zapewne trudniej zrozumiałe przez człowieka jak system dwójkowy. Nie jest to jednak problemem ponieważ liczbę dwójkową łatwo możemy zamienić na liczbę szesnastkową za pomocą np. Windowsowego kalkulatora. Aby zapisać dane do portu LPT należy jeszcze znać adres portu. Standardowo jest to 378 – LPT1, 278 – LPT2, 3BC – LPT3. Adresy mogą się

różnić dlatego najpierw dobrze jest sprawdzić jaki adres ma port LPT w BIOSie i ewentualnie zmienić go na odpowiedni.



Rys. 5. Widok gniazda portu LPT od strony komputera (źródło: [1])

Aby całością można był łatwo sterować spod poziomu PHP została napisana aplikacja konsolowa, której podając odpowiedni parametr w postaci cyfry załączamy lub wyłączamy odpowiednią linię portu LPT. Program sterujący wywoływany jest za pomocą funkcji `exec()`. Jest to funkcja która uruchamia zewnętrzny program na serwerze WWW. Przykładowo jeśli pod linuxem zastosujemy taki skrypt PHP: `echo exec ( 'whoami' );` zwróci on nam nazwę użytkownika (najczęściej otrzymamy odpowiedź „www-data”). Program konsolowy jednak nie będzie mógł się wykonać z poziomu strony, ponieważ użytkownik z którego korzysta serwer WWW nie posiada odpowiednich uprawnień, aby uruchamiać programy które drastycznie ingerują w działanie serwera. Aby móc to dokonać został zastosowany program SUDO, który umożliwia uruchomienie aplikacji jako inny użytkownik. W tym przypadku program został skonfigurowany tak, aby aplikacja konsolowa sterująca światłami była uruchamiana z uprawnieniami użytkownika root, czyli inaczej mówiąc z uprawnieniami administratora.

Część aplikacji webowej dostępnej dla użytkownika została napisana przy wykorzystaniu PHP, HTMLa, JavaScriptu oraz języków bazodanowych (MySQL). Na stronie oprócz panelu sterowania dostępny jest również podgląd na żywo z kamery zamontowanej przed domem autora.



Rys. 6. Widok strony sterowania światłkami (adres: sterowanie.cf, źródło: opracowanie własne)

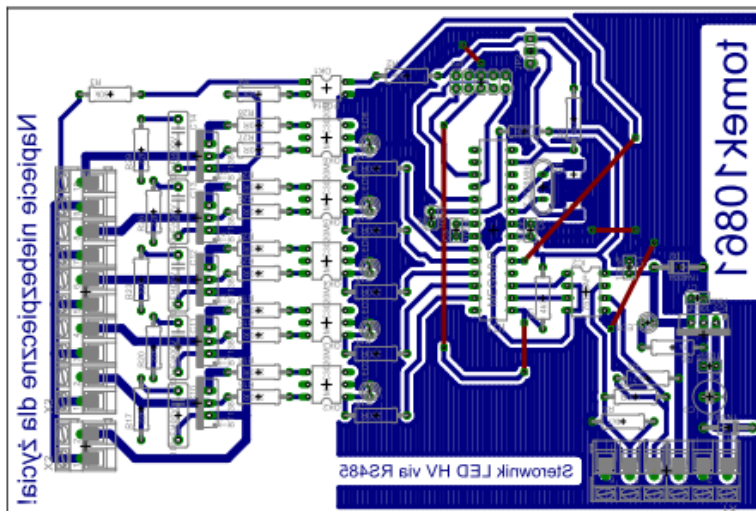
PODSUMOWANIE

Projekt oświetlenia świątecznego jest co roku modernizowany. W porównaniu do jego pierwotnej wersji w sezonie 2014-2015 prezentował się on najlepiej. Dużo poprawę całości działania spowodowało przejście na system operacyjny LINUX. Wbrew pozorom system ten nie jest trudnym w obsłudze nawet w konsoli, a cała jego konfiguracja przebiega logicznie i intuicyjnie.

Poza zmianą systemu, na nowy sezon przewidziana jest zmiana układów wykonawczych. Równolegle do karty przekaźnikowej całością będą sterować układy oparte o TRIAKI sterowane mikrokontrolerem ATMEGA 8. Moduły będą komunikować się ze sobą za pomocą magistrali RS485, a z siecią Internet za pomocą własnoręcznie zbudowanego konwertera ETHERNET to RS485. Umożliwi to przeniesienie całości sterowania na zewnętrzne serwery odciążając działania domowej sieci LAN.

Na zakończenie chciałbym podziękować podmiotom, które wsparły mnie przy realizacji tego projektu. Dziękuję firmie kapilary.pl za zaoferowanie darmowych neonów, oraz firmie TOSHIBA za przesłanie darmowych próbek swoich produktów. Dziękuję serwisowi itexplorer.pl, który to zaoferował mi

darmowy hosting WWW oraz serwisowi niebezpiecznik.pl dzięki któremu strona zyskała dużą popularność.



Rys. 7. Sterownik oparty o TRIAKI (opracowanie własne)

LITERATURA

- [1] Wikipedia.org, zasoby z dnia 15.06.2015
- [2] Forum elektroniczne, <http://elektroda.pl>, zasoby z dnia 15.06.2015
- [3] Więcej informacji o projekcie (profil na serwisie społecznościowym powiązany z oświetleniem świątecznym), <https://www.facebook.com/tomek10861page>, dostęp z dnia 15.06.2015

NEUROMOST

WSTĘP

Na świecie żyje około 6 milionów ludzi sparaliżowanych. W większości przypadków paraliż spowodowany był m.in. skokami do zbyt płytkiej wody co prowadzi do uszkodzenia rdzenia kręgowego. W dzisiejszych czasach oznacza to wyrok na bezpowrotną utratę władzy w kończynach.

Wiele z nich prowadziło bardzo aktywny tryb życia – niestety po wypadku ich życie zmieniło się diametralnie. Jedną z takich osób był Ian Burkhart, który poddał się eksperymentalnej metodzie badawczej, która zmieniła jego życie i przywróciła mu wiarę.

IAN BURKHART

Dorastał w Ohio; był graczem szkolnej drużyny lacrosse, uwielbiał biegać po lesie i określał się jako aktywnego i niezależnego człowieka. Jednak wszystko się zmieniło, kiedy w wieku 19 lat na wakacjach z przyjaciółmi, znurkował na fal, która pchnęła go na mierzędę łamiąc mu kark i C-5 i C-6 kręgi. Młody mężczyzna został sparaliżowany w większości ciała [1].

„Bez użycia rąk i przy ograniczonym wykorzystaniu ramion, muszę polegać na innych ludziach do tak podstawowych rzeczy jak wstawanie rano, ubieranie się, przygotowywanie jedzenia lub nawet wyciągnąć moje jedzenie”. – powiedział lekarz nadzorujący jego rehabilitację zasugerował mu wzięcie udziału w rewolucyjnym eksperymencie, Ian (23 lata) zgodził się. Dawało mu to dużą szansę, tak samo jak duże ryzyko – w końcu to operacja na mózgu [2].

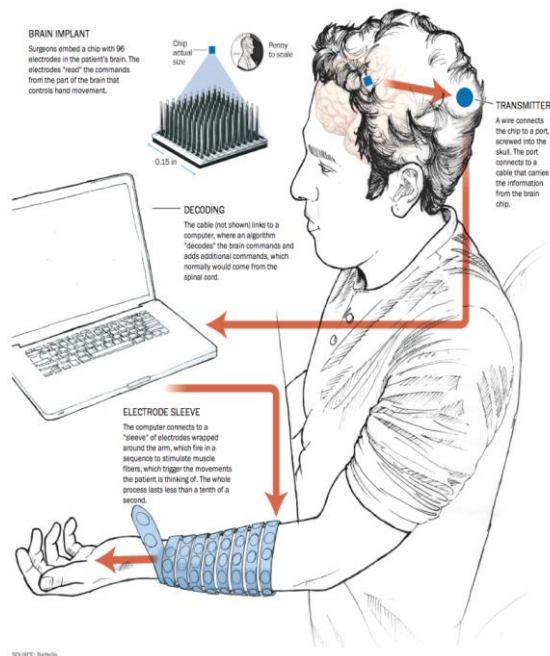
NEUROMOST

Chad Bouton (kierownik badań w Battelle) rozpoczął współpracę z naukowcami z Neuroscience Ohio State i lekarzami: dr Ali Rezai i dr Jerry Mysiw, MD w celu zaprojektowania badań klinicznych i zatwierdzenia

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe „MicroChip”

wykonalności przy użyciu technologii Neurobridge u pacjentów. W dniu 22 kwietnia 2014 roku neurochirurdzy Dr Milind Deogaonkar, MBBS i Rezai z Bouton wszczepili chip czujnika mniejszy od ziarnka grochu do mózgu Burkhart'a [1].

Technologia ta łączy algorytm uczenia się i dekodowania aktywności mózgu użytkownika i wysokiej rozdzielczości nasuwkę (rękaw) stymulacji mięśni, która przekłada impulsy nerwowe z mózgu i przekazuje nowe sygnały do sparaliżowanej kończyny. W tym przypadku sygnały mózgowe omijają jego ranny rdzeń kręgowy i poruszają ręką, stąd nazwa Neuromost. W ciągu jednej dziesiątej sekundy, myśli Burkhart'a są przeliczone na działania [1].



Rys. 1. Zasada działania (źródło: [3])

Innowacyjny implant mózgu o nazwie BrainGate ma wymiary 4×4 mm i jest umieszczany bezpośrednio do kory ruchowej sparaliżowanego pacjenta, gdzie może wyczuć sygnał z mózgu. Następnie przesyła je do zewnętrznego procesora. Istnieje specjalnie do tego opracowane algorytmy do interpretacji sygnałów nerwowych, tak aby mogły być wykorzystane do kontrolowania ruchami np. ręki tylko dzięki myślom [4].



Rys. 2. Tył głowy Burkhardt'a z przewodem łączącym chip z komputerem (źródło: [3])

Przewód łączy chip z portem komputera, który synchronizuje przenoszone informacje, które normalnie przechodziłyby przez rdzeń kręgowy. Komputer podłączony jest do rękawa owiniętego wokół ramienia. Elektrody zostały tak zaprojektowane, aby przejść kolejno do stymulacji włókien mięśniowych bez względu na zmiany w późniejszym myśleniu [5].



Rys. 3. Rękaw z elektrodami (źródło: [3])

WYNIKI

W miesiąc Burkhart pracował pięć godzin dziennie, trzy dni w tygodniu z zespołem Battelle. Koncentrował swoje myśli na manewr wirtualną dłoń na ekranie komputera. Chwila prawdy przyszła w czerwcu. Po setkach godzin prób manipulacji ręką komputera, Burkhart będzie próbował opanować własną. Jego celem było podnieść łyżkę i ją upuścić. Próba zakończyła się sukcesem [2].

PODSUMOWANIE

Naukowcy twierdzą, że technologia neuromost posiada ogromne nadzieje na leczenie ofiar udaru mózgu i innych form paraliżu. Pewnego dnia chipy w mózgu mogą być bezprzewodowe i komputer przenośny np. w smartfonie. Taki krok na przód to nadzieja dla wszystkich sparaliżowanych. Nie potrafię sobie wyobrazić jaka to nadzieja dla wielu ludzi, jak bardzo może zmienić się ich życie. W przyszłości tak nieszczęśliwy wypadek nie będzie wiązał się ze spędzeniem reszty życia z niemożliwością nawet ruszenia ręką.

LITERATURA

- [1] www.wexnermedical.osu.edu
- [2] www.america.aljazeera.com
- [3] www.amsvans.com
- [4] www.battelle.org
- [5] www.mashable.com

STRUKTURA KOMUNIKACJI I APLIKACJA STERUJĄCA ROBOTEM MOBILNYM „ORION”

WSTĘP

Robot mobilny „Orion” jest konstrukcją przygotowywaną do zawodów European Rover Challenge (ERC) 2015 [5]. Przygotowano cztery konkurencje symulujące marsjańskie warunki, w których rywalizować będą utworzone przez studentów analogi łazików. Rywalizacja wymaga przygotowania konstrukcji odpornej na niesprzyjające warunki atmosferyczne wraz z oprzyrządowaniem niezbędnym do wykonania założonych zadań. W celu spełnienia wymagań konieczne jest opracowanie manipulatora o wielu stopniach swobody, świdra, platformy samobieżnej oraz zapewnienie systemu wizyjnego wraz z możliwością sterowania zdalnego z częściową autonomią.

KN „MicroChip” metodycznie wypełniało założenia projektując podwozie oraz zakładając ilość silników napędowych i mechanizmów kontrolujących pracę manipulatora. Konieczne było ustalenie pierwotnej koncepcji komunikacji, w celu zapewnienia właściwego zasilania dla poszczególnych elementów. Bazując na powyższych wytycznych, zaprojektowano a następnie wykonano niezbędne moduły elektroniczne. Zapewnienie łączności z robotem jest kluczowym elementem całego projektu, ponieważ nawet najlepsze rozwiązania elektroniczne, czy mechaniczne nie pozwolą na realizację zadań konkursowych, jeśli nie będzie można zdalnie nimi sterować. Struktura komunikacji składa się z części sprzętowej oraz logicznej. W celu zapewnienia sterowania łazikiem tworzona jest aplikacja sterująca tworzona przy użyciu języka C++.

WARSTWA SPRZĘTOWA

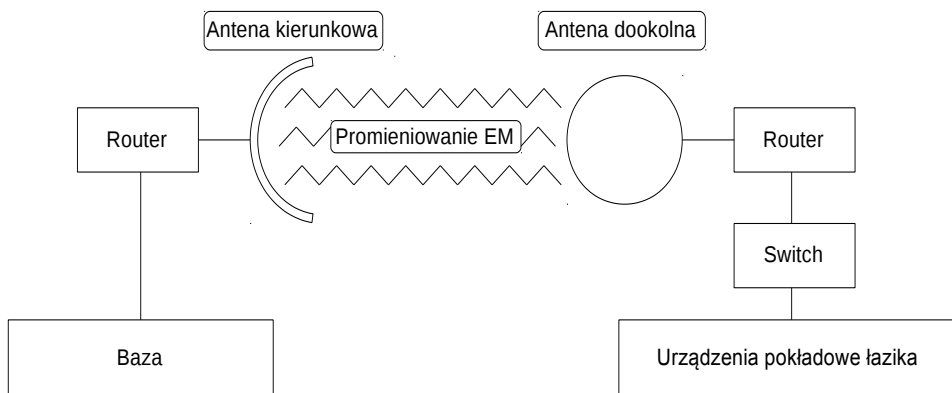
Celem sprzętu realizującego komunikację łazika ze stacją sterującą jest uzyskanie stabilnego, bezprzewodowego połączenia pomiędzy łazikiem a bazą. Do realizacji zadań konkursowych wymaga się możliwie dużego zasięgu

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe „MicroChip”

² Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe „MicroChip”

sygnału – według postanowień regulaminu ok. 500m. Oprócz tego, ze względu na obecność kamer na budowanym pojeździe, istnieje konieczność zapewnienia odpowiednio dużej przepustowości, tak aby możliwy był jednoczesny przesył obrazu wideo i komunikatów sterujących. Ze względu na precyzję i komfort sterowania istotnym parametrem są również opóźnienia transmisji, które powinny być jak najniższe. Do realizacji tych wymagań, opracowano i zbudowano sieć z wykorzystaniem niżej opisanych elementów.

Komunikacja opiera się na standardzie WiFi pracującym w paśmie 2,4 GHz bazując na sprzęcie pozyskanym od sponsorów. W celu zapewnienia połączenia stosuje się dwa routery wraz z antenami: kierunkową znajdującą się w bazie oraz dookólną zamontowaną na łaziku. Schemat opisywanej sieci przedstawia rysunek 1. Zaletą tego rozwiązania jest zwiększenie zasięgu, który uzyskuje się poprzez kierowanie wiązki sygnału w jednym kierunku. Dzięki zastosowaniu anteny dookólnej na łaziku, może on odwracać się w dowolnym kierunku względem bazy bez utraty łączności. Wadą omawianej struktury jest konieczność ustawiania anteny kierunkowej w stronę łazika, w zależności od jego pozycji. Wymusza to jej manualną obsługę, lub stosowanie skomplikowanego układu do jej obracania.

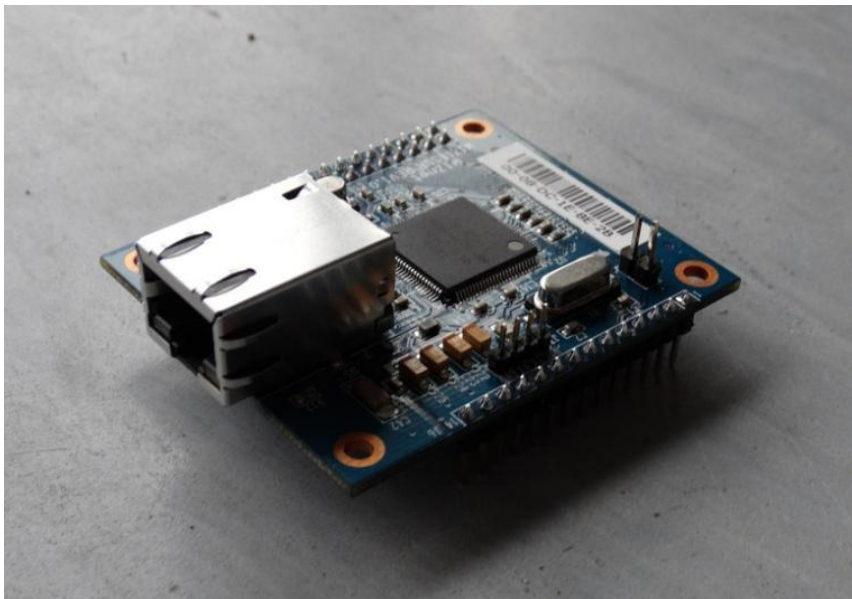


Rys. 1. Model komunikacji bezprzewodowej (źródło: opracowanie własne)

Autorska elektronika pokładowa wykorzystuje transmisję szeregową UART do komunikacji z innymi układami, przez co powstaje potrzeba konwersji danych do postaci umożliwiającej ich przesłanie i odbiór przez sieć. Do tego celu wykorzystane zostały konwertery UART-Ethernet marki WIZnet. Posiadają one zaimplementowane wszystkie mechanizmy konieczne do obsługi

standardów sieci Ethernet umożliwiając podłączonym do nich mikrokontrolerom wysyłać lub odbierać dane. Projekt wymaga wykorzystania 4 portów szeregowych. Po jednym dla sterownika manipulatora, sterownika napędu, modułu GPS oraz modułu pomiarowego (woltomierz, amperomierz, akcelerometr). Połączenie ustanowione będzie za pośrednictwem modułu WIZnet WIZ145SR (4xUART-LAN). W przypadku awarii wymienionego elementu wykorzystuje się moduł oparty na dwóch WIZnet-ach WIZ127SR zapewniających 2xUART-LAN każdy.

Oprócz elektroniki sterującej obsługiwanej przez wyżej opisane konwertery, na łaziku zamontowano także dwie kamery IP. Mają one za zadanie transmitować obraz widziany przez łazik do bazy. Jednakże streaming obrazu jest zadaniem generującym największy ruch w całej sieci, który w przypadku obniżenia jej przepustowości może spowodować wzrost wartości opóźnień występujących podczas transmisji. Zbyt duże ich wartości uniemożliwią sprawne prowadzenie robota przez operatora, narażając sprzęt na uszkodzenie. Stosowane w kamerach algorytmy kompresji obrazu zmniejszają wymaganą przepustowość. Dodatkowo tworzone oprogramowanie umożliwi wybór rozdzielczości regulując w ten sposób wykorzystanie łącza w zależności od potrzeb.



Rys. 2. Konwerter WIZnet WIZ145SR (źródło: opracowanie własne)

Do połączenia wszystkich elementów znajdujących się na pojeździe tj. routera, kamer, konwerterów wykorzystano przełącznik warstwy drugiej modelu ISO-OSI – switch. Dzięki temu możliwe jest też dołączenie większej ilości urządzeń końcowych w przyszłości.

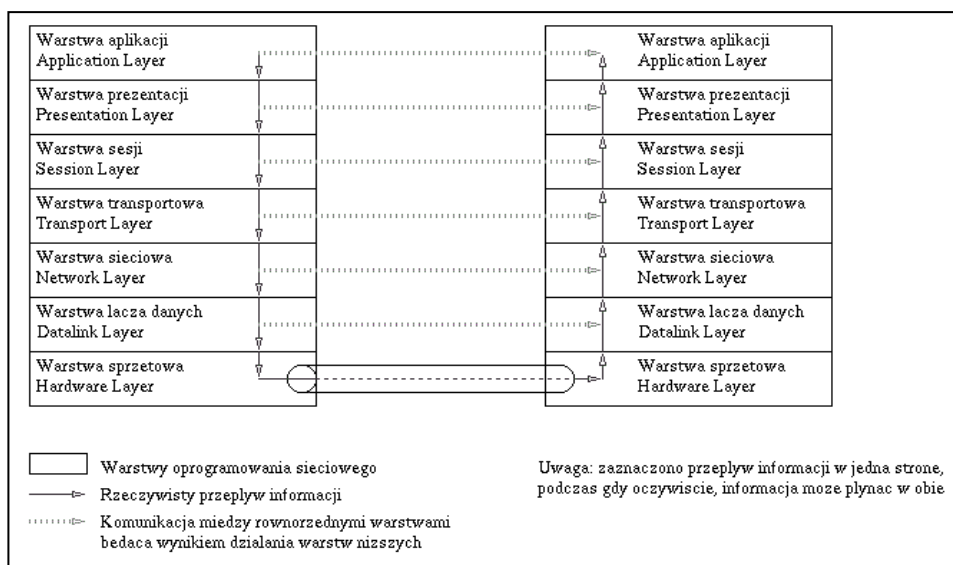


Rys. 3. Urządzenia sieciowe wykorzystane w projekcie. Od lewej: kamera IP, switch, router z anteną kierunkową, router z anteną dookólną. (źródło: opracowanie własne)

Zbudowany z wykorzystaniem powyższych elementów system komunikacyjny, okazał się spełniać całkowicie postawione przed nim wymagania. Zarówno routery, jak i switch są urządzeniami zaprojektowanymi do jak najszybszej, jak najbardziej wydajnej i niezawodnej transmisji danych. Jakkolwiek testy sieci pokazały, iż ma on także pewne wady. Ewentualna awaria któregoś z podzespołów transmitujących, powoduje utratę komunikacji z co najmniej jednym z modułów łazika. Główną przyczyną takiego zdarzenia może być np. chwilowa utrata zasilania. W takim przypadku ponowne uruchomienie routera trwa nawet kilkadziesiąt sekund i w tym czasie jakakolwiek komunikacja nie jest możliwa. Zabezpieczeniem zmniejszającym ryzyko takiej awarii jest zastosowanie oddzielnego źródła zasilania dla wszystkich urządzeń sieciowych.

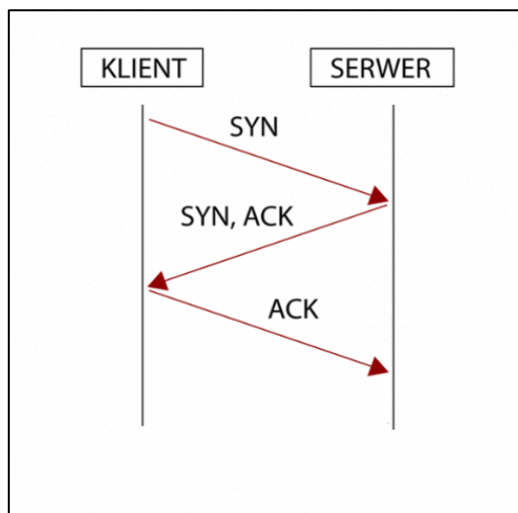
TRANSMISJA DANYCH

Szybkość transmisji jest jednym z kluczowych elementów sprawnej komunikacji. Sprawność uzyskuje się dzięki dobraniu odpowiedniego sprzętu oraz protokołów obsługujących przesył danych. W założeniach projektowych przyjęto, iż transmisja ma odbywać się możliwie najszybciej. Pewność otrzymania danych i ich kompletność uznano za drugorzędne. Zastosowane urządzenia w warstwie sprzętowej realizującej transmisję danych, są zgodne z modelem ISO-OSI i odpowiadają za realizację transmisji na poziomie 3 najniższych warstw tego modelu, którego strukturę i przepływ informacji przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Warstwy modelu ISO-OSI (źródło: [4])

Z punktu widzenia programisty i projektu kluczową rolę odgrywa warstwa czwarta – transportowa wraz ze swymi protokołami: TCP (Transmission Control Protocol) oraz UDP (User Datagram Protocol) [2]. TCP charakteryzuje się niezawodnością połączenia, będąc protokołem połączeniowym. Oznacza to, iż przed rozpoczęciem transmisji danych konieczne jest ustanowienie sesji. W tym celu stosuje się tzw. porozumienie trzyetapowe (three-way handshake), gdzie następuje wymiana ramek SYN/SYN-ACK/ACK. Poniższy rysunek przedstawia przebieg omawianego procesu.



Rys. 5. Proces ustanawiania połączenia w protokole TCP (źródło:[3])

Niezawodność protokołu realizowana jest na zasadzie upływu czasu odliczanego przez czasomierz retransmisji (retransmission timer). Po otrzymaniu żądania połączenia (SYN), serwer wysyła do nadawcy segment potwierdzający otrzymanie i żądanie (SYN-ACK), po czym oczekuje ACK od klienta. Po jego otrzymaniu połączenie zostaje ustanowione. Gdy owego nie otrzymuje, po upływie czasu oczekiwania uznaje się ramkę za straconą i następuje retransmisja. Dodatkowo, dostarczenie nieuszkodzonych datagramów gwarantuje sekwencjonowanie każdego segmentu danych (zliczanie pojedynczych bajtów, w celu porównania przez jednostkę docelową z polem długości, zawartego w ramce). W trakcie braku transmisji danych pomiędzy urządzeniami sieciowymi TCP wysyła komunikaty utrzymywania przy życiu (keepalives), zapewniając ciągłość sesji. Niezawodność połączenia okupiona jest dużymi kosztami w postaci każdorazowego potwierdzania dostarczenia danych. Skutkuje to stosunkowo wolną transmisją danych.

UDP jest natomiast protokołem beipołączeniowym. Zapewnia jedynie dostarczenie datagramu „najlepiej jak potrafi”. Brak ustanawiania sesji, wysyłania potwierżeń, sekwencjonowania, skutkuje małym narzutem pracy. Stanowi to o szybkości protokołu, zrzucając odpowiedzialność za prawidłowe i kompletne dostarczenie danych na protokoły wyższej warstwy.

Ze względu na powyższą charakterystykę wybrano UDP jako podstawowy protokół transmisji ze względu na szybkość dostarczania danych. Przy wysokiej

częstotliwości wysyłanych i odbieranych danych uszkodzone ramki nie odgrywają istotnej roli, gdyż zostaną zastąpione po krótkim czasie przez następne. Kolejną kwestią przy wyborze protokołu była prostota programowania omówiona w poniższym podrozdziale.

OPROGRAMOWANIE I APLIKACJA STERUJĄCA

Do zrealizowania projektu aplikacji sterującej zastosowano język C++ wsparty bibliotekami SFML i frameworkiem Qt. Sam graficzny interfejs użytkownika (GUI) natomiast powstanie w oparciu o deklaratywny język QML.

Projekt implementacji joysticka i gamepada zrealizowano w języku UML, przy pomocy programu Visual Paradigm. Przed procesem projektowania zapoznano się z wymaganiami wykorzystywanych bibliotek. Następnie przy użyciu wzorców projektowych [1] zrealizowano diagram klas.

Dla joysticka i gamepada diagram klas bazował na wzorcu *obserwator*. Jego podstawą jest założenie rejestracji obiektów, do których mają zostać wysłane dane (tzw. obserwatorzy, *observers*). Obiekt obserwowany (*observable*) odpowiada za aktualizację danych stanu kontrolerów oraz następne ich przekazanie. Dzięki temu podejściu możliwe jest pominięcie mechanizmu Signals & Slots wbudowanego w biblioteki Qt. Uniknięcie funkcji „connect” dla powyższego przypadku umożliwia sprawne elastyczne programowanie i łatwe, dynamiczne bindowanie klawiszy do oczekiwanej funkcji.

Sposób jazdy łazika oraz ograniczenia dostarczanej mocy do silnika oparte zostały przy użyciu wzorca strategia. Umożliwia on dynamiczną zmianę algorytmów stosując przy tym kompozycję obiektów klas abstrakcyjnych zawierających interfejsy wykorzystywane przez klasy pożądaných algorytmów.

Prostota programowania sieci opiera się na założeniach protokołu UDP. Wymaga się jedynie określenia nasłuchu określonego portu wraz z adresem IP nadawcy. Unika się w ten sposób komplikacji z kontrolą sesji oraz sztucznym ruchem sieciowym powodowanym przez datagramy keepalive. W projekcie ustanowiono pojedynczą klasę Network opartą na wzorcu Singleton, który czasie działania programu tworzy tylko jedną instancję obiektu.

Tak zrealizowane założenia projektowe wykonano oraz przetestowano. Wszystkie wymagania związane z projektem zostały spełnione. Powstały kod jest łatwy do rozszerzenia, dzięki czemu w przyszłości zaimplementowane zostaną dodatkowe funkcjonalności m.in. autonomia robota.

Interfejs graficzny powstanie przy użyciu deklaratywnego języka QML. Umożliwia on zaprogramowanie wyglądu aplikacji w prosty sposób przy użyciu gotowych obiektów z możliwością tworzenia własnych. Nowe widżety tworzone są w oparciu o język JavaScript oraz obiekt Canvas analogiczny do odpowiednika w HTML5. Zaletą języka QML jest możliwość połączenia go z językiem C++, oddzielając interfejs graficzny od części logicznej oprogramowania. Ostateczna koncepcja interfejsu przedstawia rysunek 6.



*Rys. 6. Projekt graficznego interfejsu użytkownika
(źródło: opracowanie własne)*

PODSUMOWANIE

Na potrzeby projektu łazika marsjańskiego, zaprojektowano i zbudowano sieć zapewniającą bezprzewodową komunikację między pojazdem, a sterującą stacją bazową. Głównymi założeniami było stworzenie szybkiego i stabilnego połączenia służącego do przesyłania wiadomości sterujących pracą robota na jak największą odległość. Przeprowadzone testy sieci potwierdziły spełnienie wymagań postawionych podczas jej projektowania. Dostarczyły też informacji o jej słabych stronach i pozwoliły podjąć kroki mające na celu ich minimalizację. Dodatkowym atutem stała się także niezależność transmisji od

warstwy sprzętowej. Dzięki temu możliwa jest wymiana poszczególnych urządzeń sieciowych, czy zmiana medium transmisyjnego, bez konieczności modyfikacji oprogramowania lub układów elektronicznych.

Aplikacja sterująca, która umożliwi operatorowi wygodne kontrolowanie pracy łazika jest implementowana z wykorzystaniem obiektowego języka C++ wspartego przez dodatkowe biblioteki SFML i Qt. Graficzny interfejs użytkownika tworzony jest przy użyciu deklaratywnego języka QML. Dzięki tym narzędziom, możliwe jest stworzenie wygodnego w obsłudze i szybkiego programu sterującego, a wykorzystanie istniejących klas dostarczonych przez dodatkowe biblioteki znacząco ułatwia proces projektowania i implementacji.

LITERATURA

- [1] Elisabeth Freeman, Eric Freeman, Bert Bates, Kathy Sierra, *Wzorce projektowe. Rusz głową!*, Helion, 2010
- [2] Heather Osterloh, *TCP/IP. Szkoła programowania*, Helion, 2006
- [3] Dziaduch Dominik, *Wstęp do bezpieczeństwa protokołu TCP/IP*, <http://webhosting.pl/Wstep.do.bezpieczenstwa.protokolu.TCP/IP>, zasoby z dnia 21.02.2015
- [4] Łukasz Szewc, Paweł Struzik, Damian Sokołowski, *Model warstwowy OSI i jego znaczenie w technologii sieci komputerowych*, http://m6.mech.pk.edu.pl/_habel/dydaktyka/Kk/511e/t2/index.html, zasoby z dnia 20.02.2015
- [5] Mars Society Polska, *Regulamin zawodów ERC*, <http://erc.roverchallenge.eu/competition-rules/>, zasoby z dnia 21.02.2015

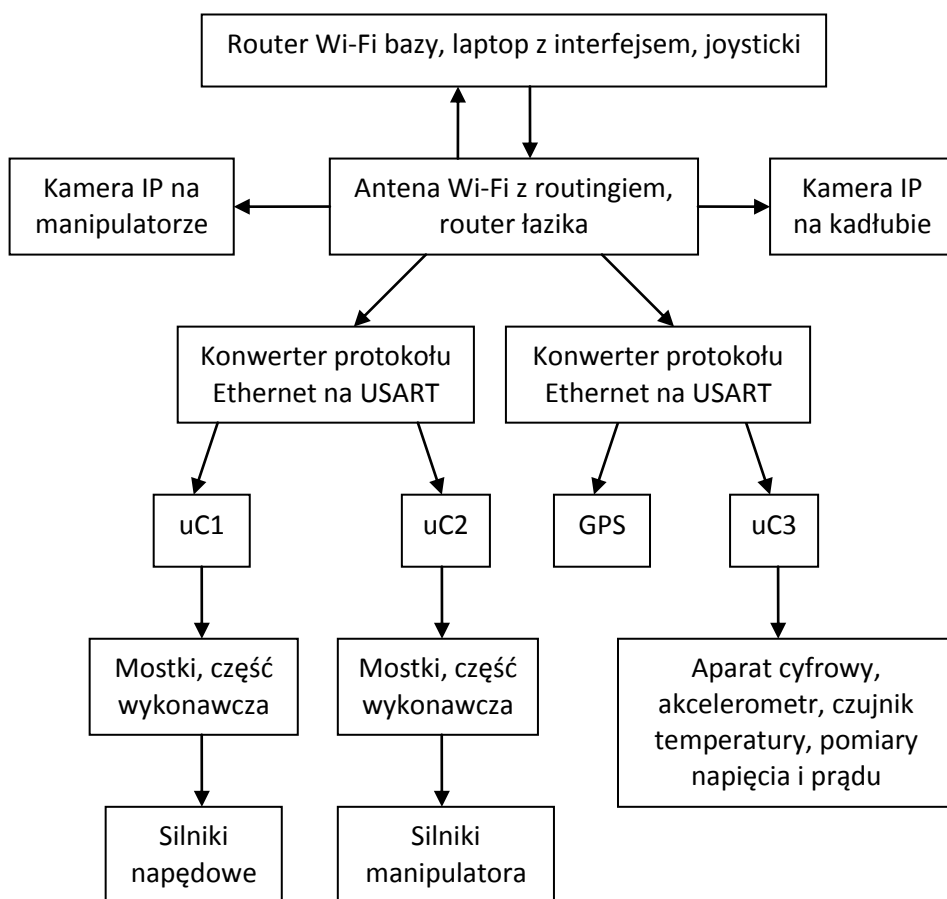
PROJEKT I WYKONANIE ELEKTRONIKI POKŁADOWEJ ROBOTA MOBILNEGO „ORION”

WSTĘP

Robot mobilny „Orion” jest to konstrukcja przygotowywana do zawodów European Rover Challenge 2015. Rywalizacja w ERC polega na wykonaniu jak najdokładniej i w jak najkrótszym czasie czterech zadań symulujących pracę łazika na Marsie [1]. Zadania te wymuszają zbudowanie zaawansowanego technicznie, zdalnie sterowanego robota, wyposażonego w precyzyjny manipulator oraz system wizyjny, a także system pomiaru i analizy danych. Konieczne jest opracowanie napędu i konstrukcji odpornej na trudne warunki terenowe, a także zapewnienie bezprzewodowej komunikacji w czasie rzeczywistym.

KN „MicroChip” opracowało projekt budowy takiego robota, rozpoczynając od koncepcji mechanicznej i ustalenia gabarytów. Następnie dobrano rodzaj oraz liczbę silników, które będą napędzały kadłub oraz manipulator robota. Na tej podstawie zaprojektowano cały system elektroniczny, biorąc pod uwagę przedstawione wcześniej wymagania. W poniższym referacie zostanie przedstawiona centralna część elektroniki pokładowej robota. Integruje ona wszystkie podzespoły wykonawcze oraz umożliwia prawidłową pracę i obsługę elementów wyposażenia, różniących się od siebie znacznie w sposobie działania. Składa się ona z trzech sterowników (uC1, uC2, uC3) oraz układu zasilania, opisanych w kolejnych rozdziałach. Sterowniki są ostatnimi w kolejności elementami systemu komunikacyjnego, do których docierają sygnały wysyłane przez operatora z bazy. Schemat sieci komunikacyjnej dla głównych elementów wyposażenia łazika jest przedstawiony na rysunku 1.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe „MicroChip”



Rys. 7 Schemat blokowy systemu komunikacyjnego (źródło: opracowanie własne)

STEROWNIK NAPĘDU

Jako napęd kadłuba przewidziano cztery pary silników DC (jedna para na wahacz) o napięciu znamionowym 24 V oraz prądzie ciągłym do 3 A. Sterownik napędu umożliwia dwukierunkowe sterowanie oraz regulację ich prędkości. Został on zaprojektowany w oparciu o mikrokontroler ATmega32A (uC1) [3].

Sygnały sterujące z mikrokontrolera są przekazywane przez 2 poczwórne optotranzystory. Dwa wyprowadzenia odpowiadające za kierunek obrotu silników połączono z pierwszym z nich, natomiast dwa kanały PWM z drugim. Utworzono tu dwa różne pola masy dla części cyfrowej (GND) oraz części silnikowej (AGND). Dzięki temu sterownik jest odporny na zakłócenia,

wywołane pracą silników (mikrokontroler ATmega będzie zasilany z 5 V [3], z kolei silniki z 24 V). Dla jego prawidłowego funkcjonowania umieszczono filtry dolnoprzepustowe i bezpieczniki 200mA dla obu części zasilających, złącze do programowania ISP oraz elementy dodatkowe, takie jak rezonator kwarcowy o częstotliwości 16 MHz. Na złącza kołkowe wyprowadzono piny odpowiadające za USART.

W układzie wykorzystano 4 przełączniki 24 V o podwójnych parach styków i prądzie maksymalnym 12 A. Dzięki stworzonym na ich podstawie mostkom H możliwy jest wybór kierunku obrotu oddzielnie dla czterech lewych oraz czterech prawych silników. Dzięki temu oprócz wyboru kierunku jazdy, możliwy jest obrót kadłuba w miejscu – realizuje się to przez przeciwbieżne sterowanie silnikami. Regulacja prędkości odbywa się z wykorzystaniem sygnałów PWM wysyłanych przez mikrokontroler, które otwierają lub zamykają zastosowane tutaj tranzystory mocy N-MOSFET (maksymalny prąd kolektora 33 A).

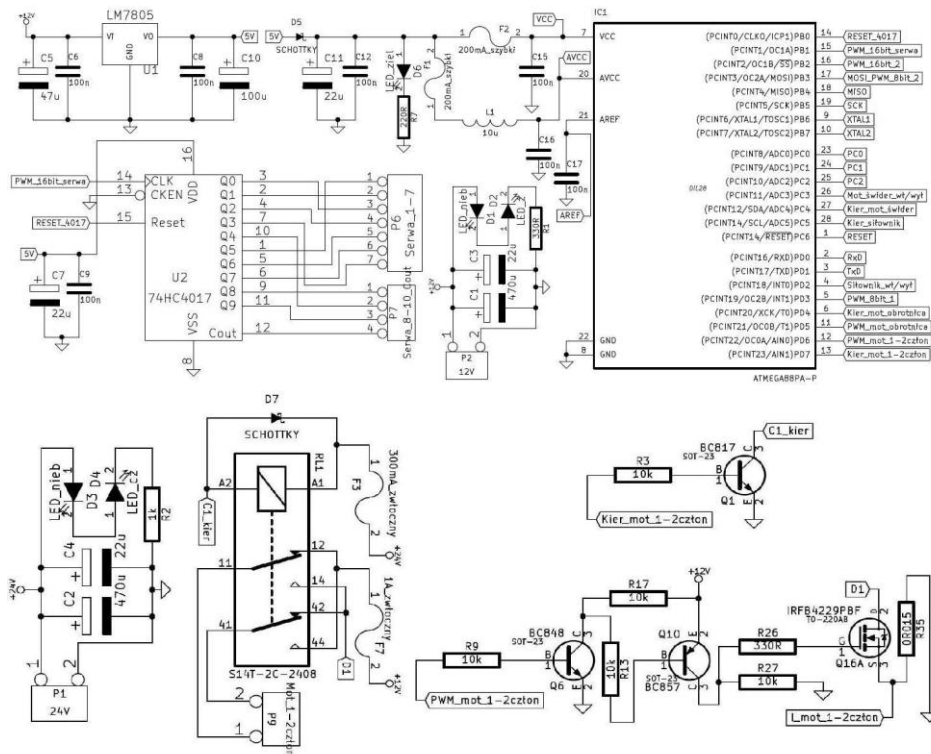
Zarówno przełączniki, jak i tranzystory charakteryzują się wartością prądu maksymalnego dużo większą, niż wartość prądu ciągłego silników napędowych, które przewidziano jako napęd kadłuba. Zapewnia to odporność na przegrzewanie się w przypadku skoku wartości prądu zasilającego silniki np. w momencie zablokowania kół o skały. Część zasilająca posiada cztery bezpieczniki oddzielnie dla każdego z silników oraz jeden wspólny dla przełączników. Na rysunku 2 widoczny jest schemat elektroniczny najważniejszych elementów sterownika. Na jego podstawie stworzono projekt PCB oraz maski do produkcji płytki elektronicznej.

STEROWNIK MANIPULATORA

Założono, że manipulator składać się będzie z dwóch członów i trzyosiowego chwytaka, a całość zostanie umieszczona na obrotnicy, co da 6 stopni swobody. Napędem będą dwa motoreduktory (12 V, 0,5 A), siłownik (24 V, 1,5 A) oraz trzy serwonapędy (5 V, 1 A). Sterownik zaprojektowano w oparciu o mikrokontroler ATmega88PA (uC2) [4]. Dwa kanały PWM wykorzystywane są do regulacji prędkości motoreduktorów, napędzających drugi człon oraz obrotnicę manipulatora (rys. 3). Trzeci z wykorzystanych kanałów PWM został połączony ze scalonym układem cyfrowym 74HC4017 (licznik Johnsona), co umożliwia wysterowanie maksymalnie 10 serwonapędów [2].

Sterownik został podzielony na dwie części. Pierwsza z nich zawiera mikrokontroler, układ 74HC4017, osobny stabilizator napięcia oraz sekcje filtrów linii zasilających. Licznik Johnsona otrzymuje z mikrokontrolera ATmega88PA sygnał PWM poprzez kanał timera 16-bitowego, a także sygnał reset przez jeden z pinów GPIO. Podaje on na swoje wyjścia sygnały, którymi steruje się bezpośrednio serwonapędami chwytaka w manipulatorze.

- 109 -

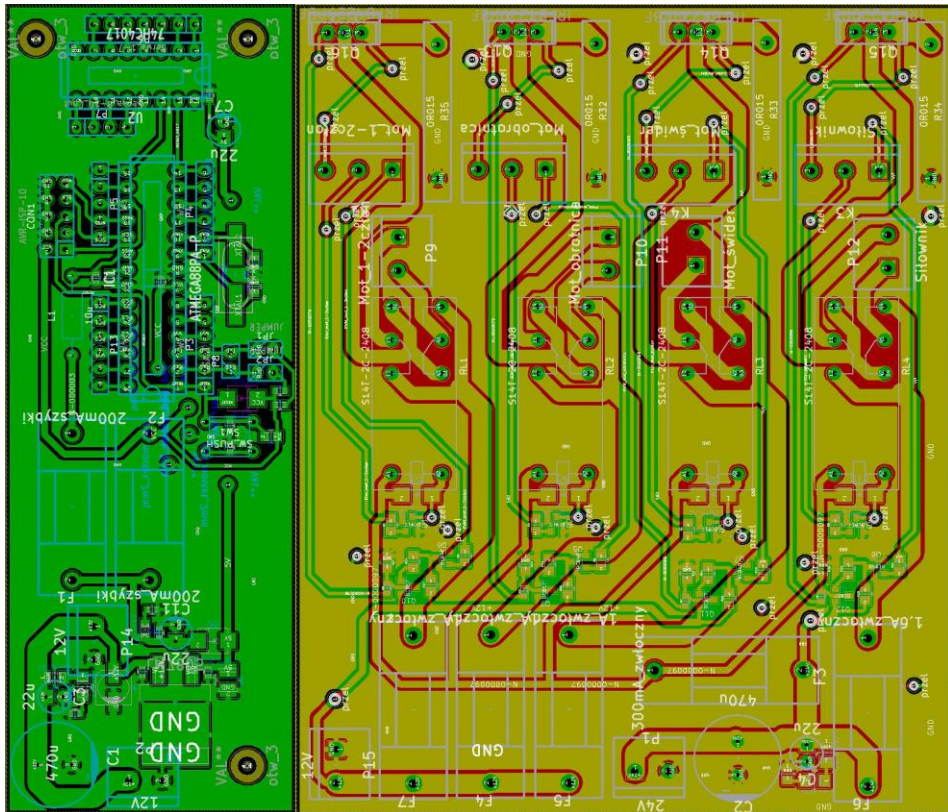


Rys. 3 Uproszczony schemat elektryczny sterownika manipulatora
(źródło: opracowanie własne)

Każdy obwód zasilający dla silnika posiada potrójne złącze śrubowe na sygnały doprowadzane do drugiej płytki. Są nimi kierunek obrotu (GPIO), regulacja prędkości (PWM) oraz pomiar prądu pobieranego przez dany silnik (ADC). Cały układ uC2 jest zasilany bezpośrednio z pakietów 12 V oraz 24 V. Projekt płytki elektronicznej przedstawiono na rysunku 4.

STEROWNIK POMIAROWY

Sterownik pomiarowy zapewnia kontrolę podstawowych parametrów pracy łożaka. Dodatkowo umożliwia obsługę aparatu cyfrowego (zdjęcia miejsc wykonywania zadań są dodatkowo punktowane podczas zawodów [1]) oraz wykonanie pomiarów prądowo-napięciowych. Zaprojektowany został z wykorzystaniem mikrokontrolera ATmega32A (uC3), podobnie jak sterownik napędu.



Rys. 4 Projekt PCB sterownika manipulatora (źródło: opracowanie własne)

Większość zadań sterownika opiera się wyłącznie na pomiarach na przetworniku analogowo-cyfrowym. Wykorzystane zostało tutaj zewnętrzne źródło napięcia referencyjnego 2,5 V. Sterownik posiada czujnik temperatury. Trzy kanały ADC zostały wykorzystane do odczytu danych z akcelerometru trzyosiowego, dzięki któremu będzie można kontrolować zachowywanie się łożyska na bardzo nierównym terenie. Aby mieć podgląd na stan naładowania akumulatorów, mierzone są napięcia na ich zaciskach. Przyjęto pomiarowy dzielnik rezystorowy 13,2:1, co pozwala na pomiary napięć o wartościach do 33 V. Tolerancja rezystorów wynosi $\pm 0,1\%$. Przyjmując, że pomiary na ADC będą prowadzone jako 10-bitowe, rozdzielczość wyniesie 0,032 V [3]. Sterownik posiada obwód do pomiaru natężenia prądu o wartościach maksymalnie 2 A na dowolnym układzie zewnętrznym. Dobrano rezystor

o wartości $1\ \Omega$ i tolerancji $\pm 0,1\%$. Spadek napięcia jest mierzony bezpośrednio na nim, a rozdzielczość pomiaru prądu jest równa $0,0024\ \text{A}$.

ZASILANIE

Dodatkowym zadaniem było zapewnienie odpowiednich wartości napięć o dostatecznie dobrych parametrach, z których zasilone zostaną wszystkie elementy elektroniczne. Założono, że czas pracy łazika powinien wynieść 2 godziny.

Silniki napędowe oraz przekładniki wymagają napięcia $24\ \text{V}$. Średni pobór prądu może wynieść do $4\ \text{A}$. Dobrano akumulatory litowo-polimerowe $2\times 3\text{S}$ ($22,2\ \text{V}$; $8\ \text{Ah}$), które dają największy stosunek pojemności do wagi spośród wszystkich dostępnych typów pakietów. Pobór prądu dla napędu manipulatora oraz wszystkich pozostałych części elektronicznych robota przewidziano na maksymalnie $2,5\ \text{A}$. Wybrano akumulator li-po o rozmiarze 3S ($11,1\ \text{V}$; $5\ \text{Ah}$). Serwonapędy zasilane są przez moduły przetwornic step-down z $24\ \text{V}$ na $6\ \text{V}$. Do zasilenia routera i anteny dookólnej ($9\ \text{V}$), kamer IP i mikrokontrolerów ($5\ \text{V}$) oraz konwerterów Ethernet-USART i modułu GPS ($3,3\ \text{V}$) konieczne było zaprojektowanie osobnego układu przetwarzania napięć akumulatora $11,1\ \text{V}$. Dodatkową korzyścią wynikającą z jego wykorzystania było odizolowanie czułych elementów komunikacyjnych od silników, generujących zwrotne zakłócenia w układzie zasilającym. Wybrane przetwornice impulsowe zapewniają utrzymanie wyższej sprawności całego układu przetwarzania napięcia. Jednocześnie użyte stabilizatory liniowe charakteryzują się większą wydajnością prądową i napięciem wyjściowym bez udziału wyższych harmonicznych. Układ dostarcza napięcie $5\ \text{V}$ o wydajności $3,5\ \text{A}$, $3,3\ \text{V}$ o wydajności $0,5\ \text{A}$ oraz dwa napięcia regulowane w zakresie $1,2\ \text{V} - 9,5\ \text{V}$ o wydajnościach $0,5\ \text{A}$ i $1,5\ \text{A}$.

Wszystkie opisane układy zostały wykonane metodą fotolitografii negatywowej jako część prac KN „MicroChip” nad robotem „Orion”. W tym celu posłużono się folią pokrytą fotoutwardzalnym polimerem, naświetlaną promieniowaniem UV.

PODSUMOWANIE

Robot został wyposażony w opisane układy, które zostały zintegrowane z systemem komunikacyjnym oraz pozostałymi elementami wyposażenia. Elektronika pokładowa będzie rozwijana i modyfikowana w zależności od potrzeb związanych z kolejnymi startami robota w ERC.

Projekt budowy robota mobilnego „Orion” na zawody analogów łazików marsjańskich jest częściowo ukończony. Skonstruowano w całości wersję testową robota. Jest nim dwusilnikowa konstrukcja z manipulatorem o sześciu stopniach swobody, która posłużyła do testów sterowania bezprzewodowego. W referacie opisano elementy systemu elektronicznego, które wykonano we własnym zakresie. Stanowią one najważniejszą część elektroniki pokładowej. Umieszczono je w wersji testowej łazika, ale posłużą również w wersji finalnej.

Dzięki samodzielnemu wykonaniu wszystkich sterowników oraz układu zasilania łazik zyskuje przewagę nad rozwiązaniami opartymi na gotowych modułach. W przypadku wystąpienia jakiegokolwiek awarii zespół jest w stanie szybko ją zlokalizować oraz usunąć. Z tego powodu nie korzystano z płytek rozwojowych mikrokontrolerów ani gotowych sterowników silników. W ten sposób znacznie zmniejszono koszty budowy oraz zwiększono trwałość i niezawodność robota.

LITERATURA

- [1] *ERC 2015 Competition Rules*, Mars Society Polska, 2015.
<http://erc.roverchallenge.eu/competition-rules/>
- [2] Nota katalogowa 74HC4017, © 2013 NXP Semiconductors.
<http://www.nxp.com/>
- [3] Nota katalogowa ATmega32, © 2014 Atmel Corporation.
<http://www.atmel.com/>
- [4] Nota katalogowa ATmega48/88/168, © 2011 Atmel Corporation.
<http://www.atmel.com/>

OPROGRAMOWANIE STEROWNIKÓW ROBOTA MOBILNEGO „ORION”

WSTĘP

Robot mobilny „Orion” jest konstrukcją przygotowywaną do zawodów European Rover Challenge 2015. W zawodach ERC drużyny rywalizują w czterech zadaniach symulujących działania łazików na Marsie [1]. Aby wystartować, drużyna musi skonstruować zdalnie sterowanego robota wyposażonego w manipulator. Konstrukcja musi posiadać także narzędzia do pobierania próbek, system GPS i kamery. KN „MicroChip” opracowało projekt budowy łazika. Aktualnie gotowa jest platforma testowa, trwają prace nad wersją finalną.

Celem referatu jest przedstawienie oprogramowania 3 sterowników zarządzających modułami robota: podwoziem, ramieniem i systemem pomiarowym. Sterowniki pozwalają na przetworzenie otrzymywanych komend na sygnały elektryczne, czyli poruszanie silnikami i serwami, oraz odczytanie stanu łazika i jego otoczenia, analizę wyników i przesłanie ich do stacji bazowej.

Zastosowanie autorskiego oprogramowania sterowników pozwala na kontrolowanie wszystkich funkcji sterownika i daje możliwość zmiany lub rozwinięcia funkcjonalności łazika. Pomaga również w szybkim rozwiązywaniu problemów związanych z błędami w działaniu robota.

STEROWNIK NAPĘDU

Sterownik napędu został stworzony i zaprogramowany w celu sterowania silnikami umożliwiającymi przemieszczanie robota. Został on zaprojektowany w oparciu o mikrokontroler Atmega32A, ze względu na wbudowane moduły: układy licznikowe z możliwością generowania sygnału PWM o zadanej częstotliwości i wypełnieniu, port szeregowy UART, Watchdog i przetwornik analogowo-cyfrowy [3]. Główną funkcją sterownika jest regulacja mocy i kierunku obrotów silników. Jest to realizowane dzięki wykorzystaniu układu licznikowego Timer1. Steruje on dwoma wyjściowymi sygnałami PWM, które

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe „MicroChip”

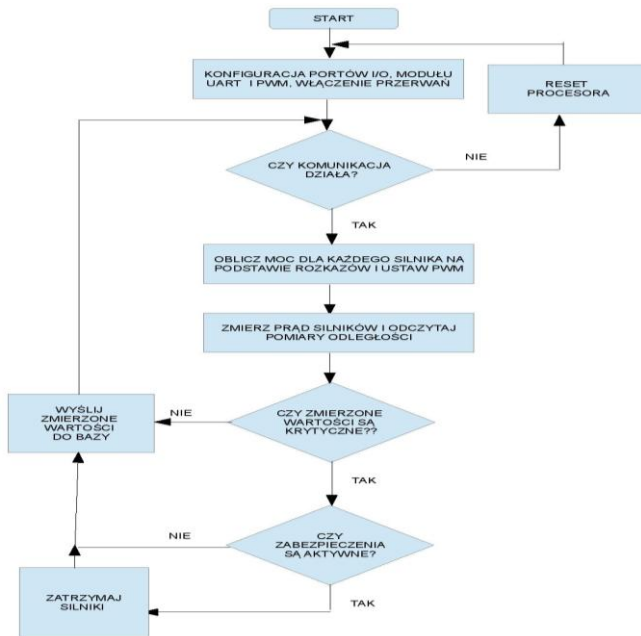
niezależnie ustalają moc silników prawych i lewych. Zmiana kierunku obrotów silnika jest realizowana przez wyjścia cyfrowe sterujące przekaźnikami.

Sygnały sterujące są przekazywane ze stacji bazowej dzięki interfejsowi UART. Informacje przesyłane są w czterobajtowych ramkach, w których zawarta jest informacja o wychyleniu joysticka, która następnie zostaje przetworzona przez sterownik na odpowiednie wartości wypełnienia sygnału PWM. Sterownik kontroluje prawidłowość przysyłanej ramki danych i w razie błędów ignoruje ją. Stacja bazowa może również wysłać sygnały specjalne, które włączą/wyłączą zabezpieczenia lub zmienią maksymalną dopuszczalną moc silników.

Dodatkową funkcją sterownika napędu jest odczytywanie sygnałów pochodzących z 4 ultradźwiękowych czujników odległości HC-SR04[7]. Czujniki te są cyklicznie pobudzane przez dodatkowy mikrokontroler Attiny13 [6]. Sygnały te są uśredniane przez układ RC, a następnie przetwarzane przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Następnie informacja z czujników jest przesyłana do stacji bazowej.

Sterownik kontroluje również bezpieczeństwo robota. Odległości zmierzone przez czujniki są na bieżąco analizowane i gdy konstrukcja znajdzie się niebezpiecznie blisko przeszkody, silniki są bezzwłocznie zatrzymywane. Podobnie dzieje się, gdy wartość prądu silników odczytana przez przetwornik analogowo-cyfrowy osiągnie wartość krytyczną. Nad bezpieczeństwem czuwa również układ Watchdog, który w przypadku zerwania połączenia ze stacją bazową resetuje mikrokontroler i czeka na wznowienie komunikacji.

Sterownik spełniający wszystkie ww. funkcje wciąż posiada wiele niewykorzystanych pinów wejścia/wyjścia. Dzięki temu możliwy będzie rozwój sterownika napędu bez zmiany mikrokontrolera.



Rys. 8. Algorytm działania sterownika napędu
(źródło: opracowanie własne)

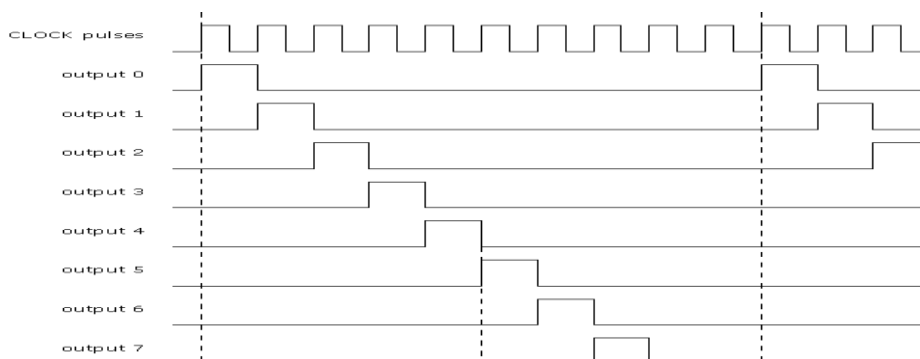
STEROWNIK MANIPULATORA

Sterownik manipulatora jest oparty na mikrokontrolerze Atmega88PA [4]. Dzięki niemu możliwe jest zginanie segmentów, obrót i ruchy precyzyjnego chwytaka znajdującego się na końcu ramienia. Podobnie jak w sterowniku napędu zostały wykorzystane układy licznikowe, port szeregowy UART, Watchdog i przetwornik analogowo-cyfrowy.

Silniki odpowiadające za obrót i ruch drugiego segmentu są sterowane za pomocą układu Timer0 generującego sygnał PWM i dwa wyjścia cyfrowe dające możliwość zmiany kierunku obrotu silników. Dzięki temu możliwa jest kontrola prędkości ruchów, co zwiększa ich precyzję. Ruchy siłownika odpowiedzialnego za ruch całego ramienia są stosunkowo wolne. W związku z tym nie zastosowano tutaj sygnału PWM, a jedynie 2 piny cyfrowe odpowiadające za włączenie/wyłączenie siłownika i za zmianę kierunku.

Chwytnik znajdujący się na końcu manipulatora jest wyposażony w 3 serwomechanizmy. Dzięki temu możliwe jest pochylenie, obrót i zamknięcie. Do sterowania tymi serwomechanizmami został wykorzystany dodatkowy układ 74HC4017 (licznik Johnsona) [2]. Jego zadaniem jest generacja sygnału PWM

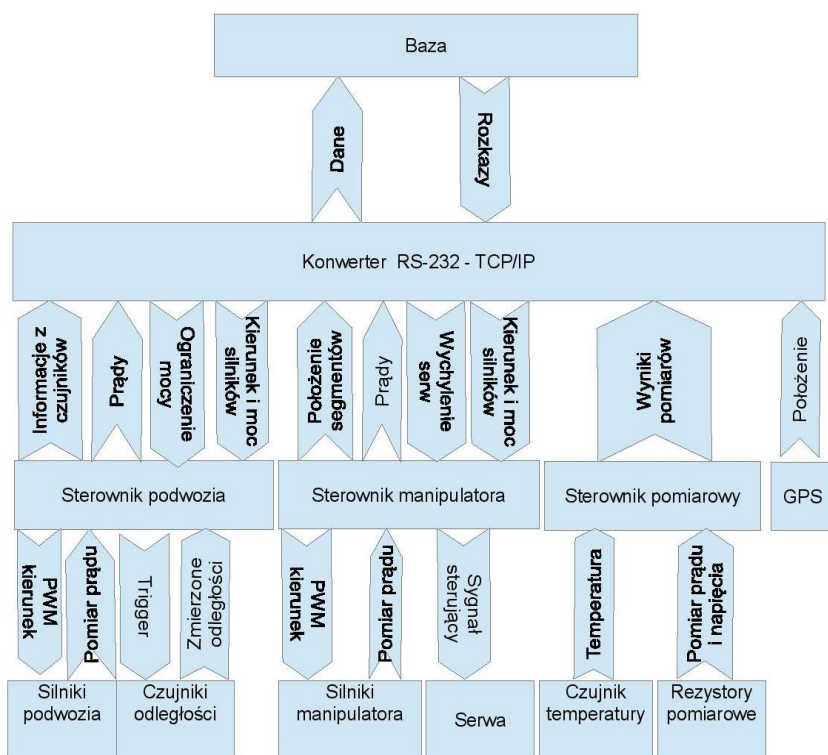
podawanego do serwomechanizmów. Układ wymaga doprowadzenia dokładnego sygnału zegarowego. Został wykorzystany układ licznikowy Timer1, ponieważ ma on znacznie większą rozdzielczość niż układ Timer0. Po podłączeniu serwomechanizmów licznik Johnsona wciąż posiada 7 wolnych wyjść, które będą mogły być wykorzystane w przyszłości.



Rys. 9. Schemat działania układu 74HC4017
(źródło: [5])

Komunikacja ze sterownikiem manipulatora została zrealizowana na ramce jednobajtowej. Każdy bajt odbierany przez mikrokontroler jest dzielony na 3 bity adresowe i 5 bitów niosących informację. Bity adresowe informują której części manipulatora ma dotyczyć informacja. Bity z informacją zależnie od adresu mogą zawierać zakodowane wychylenie, kierunek i prędkość obrotu silnika lub informację sterującą siłownikiem.

Manipulator również wyposażony jest w programowe zabezpieczenia. Przetwornik analogowo-cyfrowy mierzy prądy silników i wysyła zmierzone wartości do stacji bazowej. W sytuacji krytycznego wzrostu prądu silnik jest zatrzymywany niezależnie od stacji bazowej. W razie potrzeby zabezpieczenie to może zostać wyłączone specjalną komendą z bazy. Aktywny jest również układ Watchdog resetujący mikrokontroler w przypadku zerwania komunikacji. Sterownik posiada kilka wolnych pinów, więc możliwe będzie rozbudowanie go w przyszłości.



Rys. 10 Przepływ informacji w robocie

STEROWNIK POMIAROWY

Trzeci sterownik zastosowany w robocie mobilnym jest odpowiedzialny za pomiar, przetworzenie i analizę stanu łazika i jego otoczenia. Tak jak w sterowniku napędu został wykorzystany mikrokontroler Atmega32A. Głównym układem wykorzystywanym w tym sterowniku jest przetwornik analogowo-cyfrowy. Do wejść przetwornika doprowadzone są sygnały analogowe kontrolujące stan robota pochodzące z czujnika temperatury, dzielników rezystorowych odpowiadających za pomiar napięcia akumulatorów i trzosiowego akcelerometru odczytującego położenie robota względem podłoża. Pozostałe wejścia przetwornika pozwalają na pomiary napięcia i prądu. Pomiary te są niezbędne do wykonania jednego z zadań na zawodach ERC.

Po zmierzeniu wszystkich wartości sterownik wysyła do stacji bazowej informację o pomiarach. Możliwe jest wysyłanie cykliczne lub tylko na żądanie pochodzące z bazy.

W tym sterowniku wiele układów i pinów cyfrowych nie zostało wykorzystanych. W przyszłości może zostać wykorzystany do sterowania większą ilością silników lub innych urządzeń.

PODSUMOWANIE

Robot wyposażony w opisane oprogramowanie będzie w stanie wystartować w zawodach ERC. Możliwy będzie również rozwój funkcjonalności nawet bez zmiany aktualnych mikrokontrolerów w sterownikach.

Dotychczas została skonstruowana platforma testowa, posiadająca najważniejsze funkcje robota mobilnego. Aktualnie trwa budowa wersji ostatecznej robota, który weźmie udział w zawodach.

LITERATURA

- [1] *ERC 2015 Competition Rules*,
www.erc.roverchallenge.eu/competition-rules, 2015
- [2] Nota katalogowa 74HC4017, NXP Semiconductors, www.nxp.com, 2015
- [3] Nota katalogowa ATmega32, Atmel Corporation, www.atmel.com, 2015
- [4] Nota katalogowa ATmega48/88/168, Atmel Corporation, www.atmel.com, 2015
- [5] Schemat działania układu 74HC4017,
www.doctrionics.co.uk/images/4017_07.gif, 2015
- [6] Nota katalogowa Attiny13, Atmel Corporation, www.atmel.com, 2015
- [7] Nota katalogowa HC-SR04, Cytron Technologies Sdn. Bhd
www.cytron.com.my, 2015

KONSTRUKCJA MECHANICZNA ROBOTA MOBILNEGO „ORION”

WSTĘP

W zawodach European Rover Challenge 2015 roboty mobilne będą musiały się zmierzyć z zadaniami przypominającymi te które musiały by być wykonywane na Marsie. Są nimi m.in. zbieranie próbek skał, luźnej ziemi, pobieranie próbki z wykonanego odwiertu, poruszanie się po terenie zbliżonym do tego, jak wygląda powierzchnia na Marsie, obsługa panelu sterowniczego czy przenoszenie materiałów [1]. Bezpośrednio z tych zadań wynikają wymagania stawiane dla projektowanego robota. Zadania te będą wykonywane zdalnie, co wymusza na konstrukcji jej precyzję działania, w szczególności jeśli chodzi o działanie manipulatora.

W Kole Naukowym „MicroChip” opracowany został projekt budowy robota mogącego spełnić założone wymagania. Biorąc pod uwagę wcześniej postawione wymagania zdecydowano się na podwozie o określonej konstrukcji i gabarytach oraz dobrano moduły napędowe, a w przypadku manipulatora określone zostały wymagania takie jak udźwig czy zasięg ramienia.

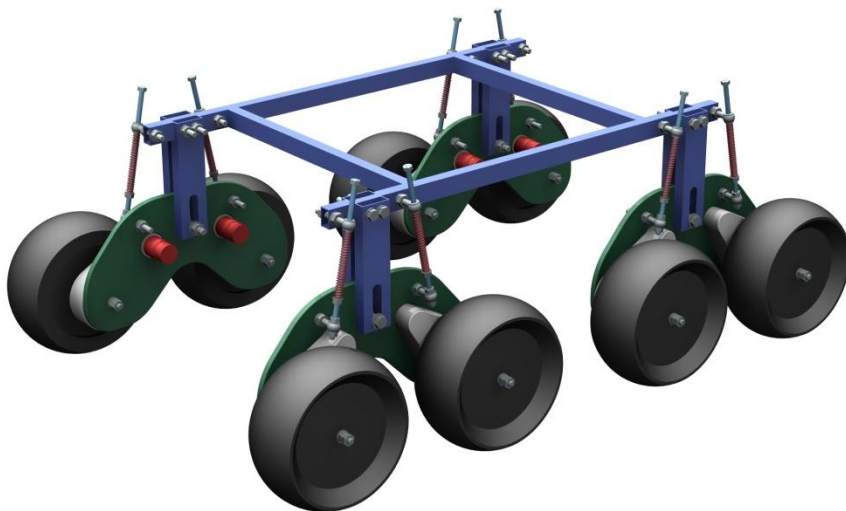
PODWOZIE

Robot często będzie poruszał się po trudnym terenie. Od podwozia więc wymaga się, aby sprostał takim warunkom, w których będzie miał do pokonania sypki piasek, nieduże wzniesienia, czy nierówności terenu a także nieduże skały. Ponadto, podwozie stanowi platformę samojezdną, na której zamontowane są pozostałe elementy mechaniczne robota mobilnego, m.in. manipulator. Na podwoziu również montowane są anteny, elementy elektroniczne, baterie, kamery. Do projektowanego podwozia przyjęto kilka założeń konstrukcyjnych takich jak: 1) waga podwozia nie może przekraczać 20 kg, 2) podwozie ma stanowić platformę na której możliwy będzie montaż pozostałych elementów robota (skrzynka sterownicza, manipulator, kamery, zasobniki na próbki, akumulatory), 3) napęd ma umożliwiać sprawne poruszanie się z prędkością do

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe „MicroChip”

10 km/h, 4) zawieszenie robota ma zarówno stanowić ochronę przed nadmiernymi drganiami przenoszonymi na pozostałe elementy (w szczególności podzespoły elektroniczne) wynikającymi z poruszania się po nierównym terenie jak i umożliwiać pokonywanie przeszkód takich jak nieduże kamienie, koleiny, nierówności terenu, 5) ładowność podwozia ma wynosić co najmniej 30 kg.

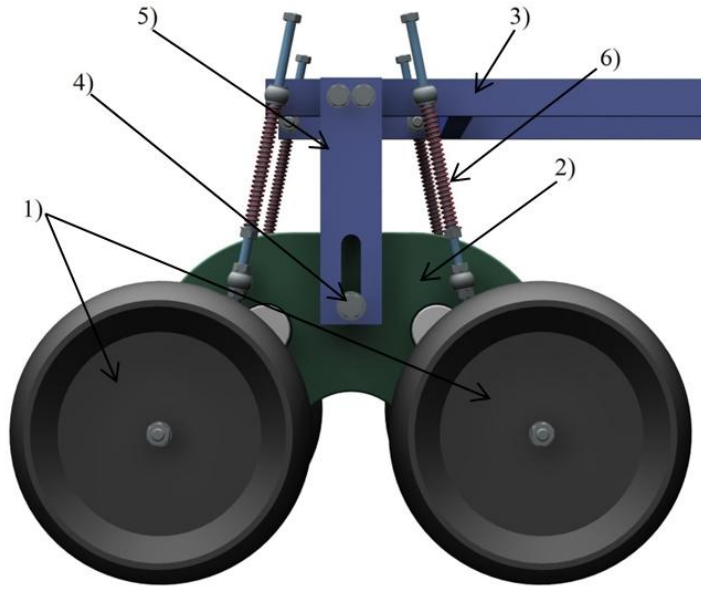
Podwozie po uwzględnieniu wymagań konstrukcyjnych zostało zaprojektowane przy pomocy programu komputerowego do wspomagania projektowania CAD.



Rys. 1. Zaprojektowane podwozie, zrzut z programu CAD
(źródło: opracowanie własne)

Do napędzania podwozia zostało wykorzystane osiem gotowych modułów napędowych składających się z koła, silnika prądu stałego oraz przekładni zębatej. Dzięki temu zapewnione będzie duże pole powierzchni styku kół z podłożem, zmniejszające nacisk na podłoże oraz zwiększające przyczepność, szczególnie przydatne podczas poruszania się po sypkim podłożu. Podczas pokonywania przeszkód większa ilość kół będzie miała styczność z podłożem, co ma za zadanie wyeliminowanie ryzyka zawieszenia się pojazdu na przeszkodach w czasie ich pokonywania. Całość podwozia będzie posiadała wymiary 1200 x 800 x 400mm (dł. x szer. x wys.). Wymiary te optymalnie

zapewniają miejsce na montaż pozostałych elementów wchodzących w skład robota mobilnego „Orion”.



Rys.2. Zawieszenie podwozia: 1) układ napędowy, 2) wahacz, 3) rama podwozia, 4) oś wahacza, 5) element mocujący wahacza, 6) tłumik drgań i wychyleń
(źródło: opracowanie własne)

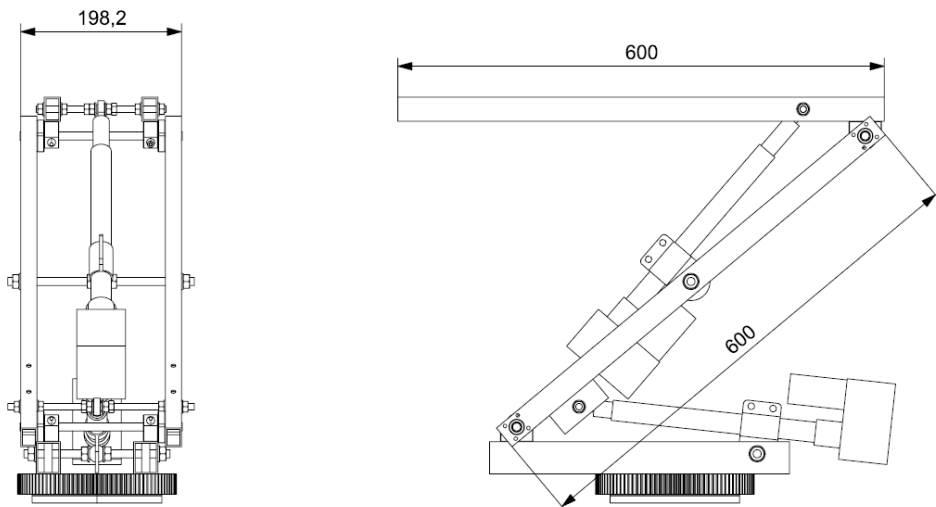
W budowie zawieszenia podwozia wykorzystano rozwiązanie umożliwiające jednocześnie tłumienie drgań góra-dół oraz tłumienie wychyleń w osi wahacza. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe będzie szybkie poruszanie się po niedużych nierównościach terenu w którym główną rolę będzie odgrywać tłumienie drgań góra-dół i zabezpieczających pozostałe elementy robota mobilnego. Zawieszenie podwozia umożliwia również pracę w osi wahacza, będzie to umożliwiać pokonywanie przeszkód terenowych takich jak kamienie, koleiny czy dołki. Do budowy podwozia wykorzystano materiały takie jak aluminium, stal oraz drewno.

MANIPULATOR

Od manipulatora wymagane będzie szereg zadań do wykonania wymagających jego precyzji. Oprócz oczywistych zadań takich jak chwytanie

czy podnoszenie obiektów, ramię umożliwiać ma również precyzyjną obsługę zdalną pulpitów sterowniczych.

Manipulator wykonany z aluminium składa się z dwóch członów oraz chwytaka. Posiada możliwość obrotu wokół osi mocowania przy podstawie, pomiędzy pierwszym a drugim członem, pomiędzy drugim członem a chwytakiem, w osi obrotu chwytaka, obrót podstawy manipulatora, oraz możliwość otwierania i zamykania chwytaka. Pierwszy oraz drugi człon manipulatora ma długość 600 mm, z kolei chwytak 150 mm. Całkowita długość wynosi 1350 mm.



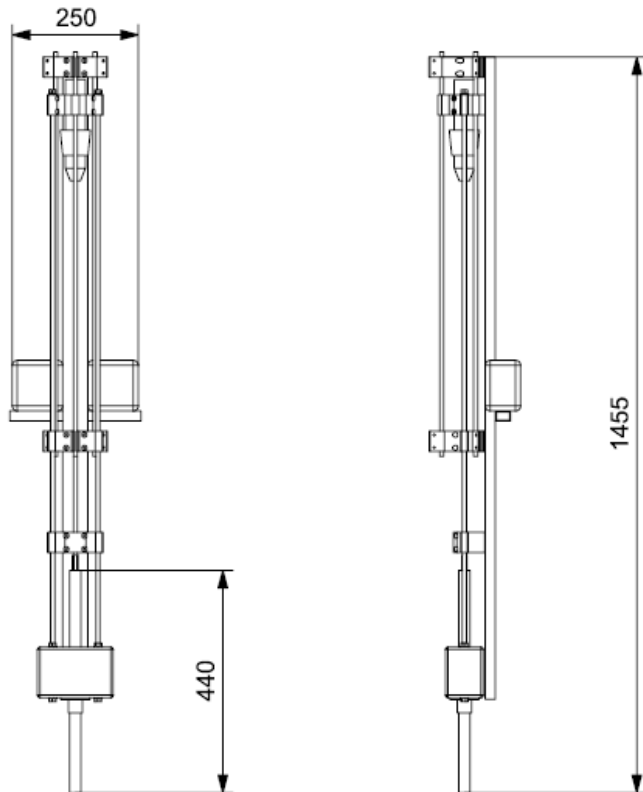
Rys.3. Rzut 2D ramienia manipulatora
(źródło: opracowanie własne)

Pierwszy człon zgina się względem kadłuba maksymalnie o 90° w obu kierunkach, podobnie jak chwytak względem członu drugiego. Kąty między członami zawierają się w przedziale $0-180^\circ$ (odpowiednio dla manipulatora wyprostowanego oraz złożonego). Obrót osiowy chwytaka realizowany jest z maksymalnym kątem 90° w obie strony, podobnie jak obrót manipulatora względem kadłuba. Do napędu pierwszych dwóch członów wykorzystane zostały aktuatory liniowe [2], natomiast ruchy chwytaka realizowany jest za pośrednictwem serwomotorów. Udźwig to 1kg na maksymalnym wysięgu, nie wliczając masy samego manipulatora oraz kamery. Jest to wystarczający udźwig, ponieważ w trakcie zawodów wymagany udźwig wynosi jedynie 250 g.

ŚWIDER

Robot mobilny będzie wykorzystywany między innymi do pobierania próbek z pod powierzchni gleby.

Podczas zadania konkursowego próbka gleby ma być pobrana z głębokości co najmniej 150 mm. Do tego zadania będzie wykorzystywany mechanizm wyposażony w wiertło. Opuszczanie wiertła, zbiornika na próbki wykonywane jest przy pomocy tylko jednego napędu, silnika prądu stałego oraz zwiększającej jego moment obrotowy przekładni planetarnej.



Rys.4. Rzut 2D świdra
(źródło: opracowanie własne)

Bezprzewodowa kamera umocowana pod podwoziem będzie umożliwiała obserwację procesu wiercenia. Kamera pod podwoziem będzie ruchoma dzięki temu oprócz nadzorowania procesu wiercenia pomoże podczas manewrowania

robotem mobilnym. Konstrukcja świdra została wykonana z aluminium oraz elementów wykonanych w technologii druku 3D.

PODSUMOWANIE

Konstrukcja została zaprojektowana na potrzeby robota mobilnego „Orion”, który ma wziąć udział w zawodach European Rover Challenge 2015. Założenia konstrukcyjne były narzucone przez wymaganą funkcjonalność w związku z zadaniami wykonywanymi podczas zawodów.

Wykonywane elementy oraz ich montaż był realizowany przez członków koła naukowego „MicroChip”. Dzięki temu zebrane zostały doświadczenia w praktycznym wykonywaniu elementów mechanicznych. Dzięki zrealizowaniu projektu możliwa jest rzeczywista weryfikacja założeń konstrukcyjnych oraz ogólnej koncepcji elementów mających na celu wykonywanie określonych zadań.

LITERATURA

- [1] European Rover Challenge 2015 *Competition Rules*, Mars Society Polska, 2015.
<http://erc.roverchallenge.eu/competition-rules/>
- [2] Nota katalogowa aktuatora liniowego
http://www.europages.com/filestore/gallery/fa/5f/12715850_74b427d2.pdf

ANALIZA PRACY SYSTEMU FOTOWOLTAICZNEGO ZASILAJĄCEGO PODGRZEWACZ WODY

WSTĘP

Systemy fotowoltaiczne są nowymi technologiami, które należą do rodziny odnawialnych źródeł energii. Zasada działania tych instalacji opiera się na przetwarzaniu energii słonecznej w energię elektryczną [1, 2]. Zastosowanie ich jest uzależnione od wielu czynników między innymi od nakładów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych. Efektywność ekonomiczna zastosowanego systemu zależy nie tylko od struktury układu PV ale również od rodzaju odbiornika współpracującego z taką instalacją. Im więcej energii wytworzonej przez system fotowoltaiczny zostanie spożytkowane, tym taki rodzaj instalacji jest bardziej opłacalny oraz szybciej zwracają się poniesione koszty inwestycyjne. W niniejszym artykule poddano analizie celowość zasilenia podgrzewacza wody z systemu PV współpracującego z siecią elektroenergetyczną oraz porównano kilka rodzajów odbiorów w celu oceny zasadności ich stosowania w praktyce.

OPIS PROJEKTU

Podziału podgrzewaczy ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) można dokonać ze względu na metodę ogrzewania. Według tego parametru należy wyróżnić podgrzewacze c.w.u. pojemnościowe oraz przepływowe. Podgrzewacze pojemnościowe mają za zadanie utrzymywać określoną temperaturę ogrzanej wody w zbiorniku. Do podstawowych zadań należących do podgrzewaczy c.w.u. przepływowych należy ogrzewanie wody, która przez nie przepływa. Podgrzewacze tego rodzaju nie posiadają funkcji gromadzenia wody [3].

Ze względu na komfort użytkowania ciepłej wody w domu jednorodzinnym wybrano podgrzewacz pojemnościowy. Jego dobór został przeprowadzony

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki

² Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych

według zasady centralnego przygotowania wody użytkowej określonej w normie PN-92/B-01706 [4].

Do obliczeń przyjęto:

- ilość mieszkańców domu jednorodzinnego – $U = 4$;
- jednostkowe zużycie ciepłej wody przez mieszkańca na dobę – $Q_c = 130 \text{ dm}^3/\text{dobę}$;
- czas użytkowania ciepłej wody w trakcie doby – $\tau = 18 \text{ h}$.

Średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę $Q_{dśr}$:

$$Q_{dśr} = U \cdot Q_c \quad (1)$$

$$Q_{dśr} = 4 \cdot 130 = 520 \frac{\text{dm}^3}{\text{dobę}}$$

Na podstawie średniego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę, które wyniosło 520 l/dobę dobrano pojemnościowy podgrzewacz wody firmy De Dietrich model BLC 500 [4].



Rys. 1. Pojemnościowy podgrzewacz wody BLC 500 firmy De Dietrich [5]

Do najważniejszych paramaterów tego urządzenia należą:

- pojemność podgrzewacza – 500 l,
- moc wymiany przy $\Delta t = 35 \text{ K}$ – 66 kW,
- powierzchnia wymiany – 2,20 m²,

- przepływ wody grzewczej – 3 m³/h,
- współczynnik strat ciepła UA – 3,125 W/K,
- straty postojowe przy $\Delta t = 45\text{ K}$ - 3 kWh/24 h [5].

Założono, że zastosowanie generatora fotowoltaicznego współpracującego z siecią elektroenergetyczną, który zasili podgrzewacz wody znacznie zredukuje kosztą użytkowania wody ciepłej w budynku mieszkalnym.

Dobór elementów instalacji fotowoltaicznej oraz symulacje jej pracy przeprowadzono w programie PVsyst 6.3.9. (patrz rys. 2). W celu zdefiniowania systemu w programie przeprowadzono:

- określenie lokalizacji i współrzędnych geograficznych dla Lublina,
- pobranie danych meteorologicznych dla Lublina,
- zdefiniowanie kąta nachylenia panelu do płaszczyzny poziomej i azymutu dla Lublina,
- wprowadzenie planowanej mocy systemu fotowoltaicznego definiowanej w kWp lub określenie dostępnej powierzchni przeznaczonej na umieszczenie paneli PV określonej w m²,
- dobór modułów fotowoltaicznych oraz falowników.

Po dobraniu elementów systemu fotowoltaicznego można przeprowadzić symulację jego pracy. Wyniki takiego doświadczenia przedstawiane są w postaci wykresów i tabel oraz służą do oceny zasadności zastosowania tego systemu.

W programie PVsyst dobrano instalację o mocy znamionowej 11,3 kWp zajmująca 56 m² powierzchni dachu. Jej zadaniem jest zasilenie podgrzewacza wody oraz ewentualne dosilenie innych odbiorników.

Parametry instalacji PV dla 15 m²:

- Producent modułów PV : Bosch Solar Energy AG
- Typ modułów PV: Monokrystaliczne
- Rodzaj modułów PV: BSM c SiM 60plusEU5l
- Moc wyjściowa jaką mogą osiągnąć moduły PV: 290 Wp
- Liczba modułów PV zastosowanych w systemie: 34
- Producent falownika : Bosch Power Tec Gmb
- Moc znamionowa falownika: 3 kW
- Liczba falowników zastosowanych w systemie: 3
- Moc znamionowa PV: 11,3 kWp

Global System configuration		Global system summary	
1	Number of kinds of sub-arrays	Nb. of modules	39
		Module area	65 m ²
		Nb. of inverters	3
		Nominal PV Power	11.3 kWp
		Maximum PV Power	10.5 kWdc
		Nominal AC Power	9 kWac

PV Array

Sub-array name and Orientation
Name: PV Array
Orient: Fixed Tilted Plane
Tilt: 36°
Azimuth: 0°

Presizing Help
☐ No Sizing
Enter planned power: 10.0 kWp.
... or available area: 56 m²

Select the PV module
Available Now: [v]
Sort modules: ☒ Power ☐ Technology
Approx. needed modules: 34
Bosch Solar Energy AG | 290 Wp 26V | Si-mono | BSM c- Si M 60plus EU5I | Since 2013 | Manufacturer 2C | [Open]
Sizing voltages: Vmpp (60°C) 27.0 V
Voc (-10°C) 43.5 V
☐ Use Optimizer

Select the inverter
Available Now: [v]
Sort inverters by: ☐ Power ☐ Voltage (max)
Bosch Power Tec Gmb | 3.0 kW | 170 - 550 V | TL | 50 Hz | BPT-S 3 | Since 2013 | [Open]
Nb. of inverters: 3
Operating Voltage: 170-550 V
Input maximum voltage: 750 V
Global Inverter's power: 9 kWac

Design the array
Number of modules and strings
Mod. in series: 13 | between 7 and 16
Nbre strings: 3 | between 2 and 3
Overload loss: 0.2 %
Pnom ratio: 1.26 | [Show sizing]
Nb. modules: 39 | Area: 65 m²

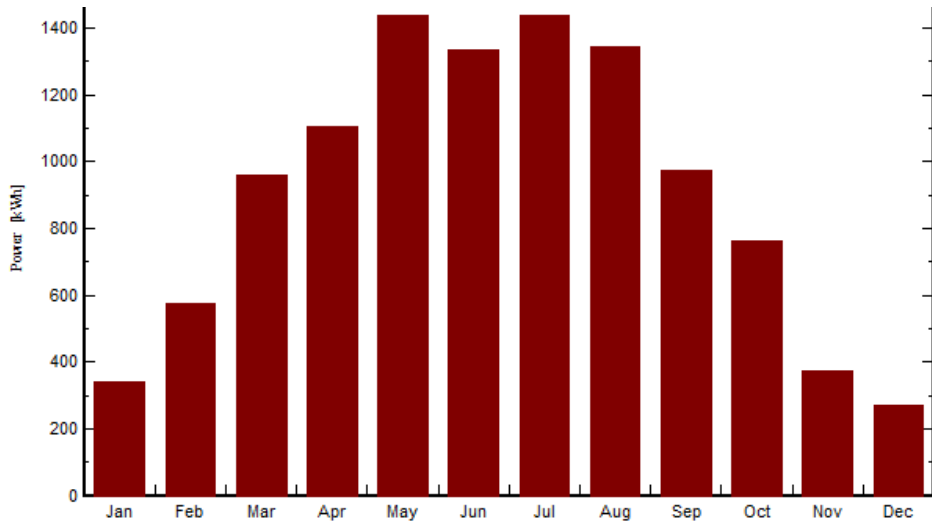
Operating conditions
Vmpp (60°C): 351 V
Vmpp (20°C): 421 V
Voc (-10°C): 566 V
Plane irradiance: 1000 W/m²
Imp (STC): 27.6 A
Isc (STC): 29.6 A
Isc (at STC): 29.3 A

The Array maximum power is greater than the specified Inverter maximum power. (Info, not significant)
☐ Max. in data
☒ STC
Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 10.1 kW
Array nom. Power (STC): 11.3 kWp

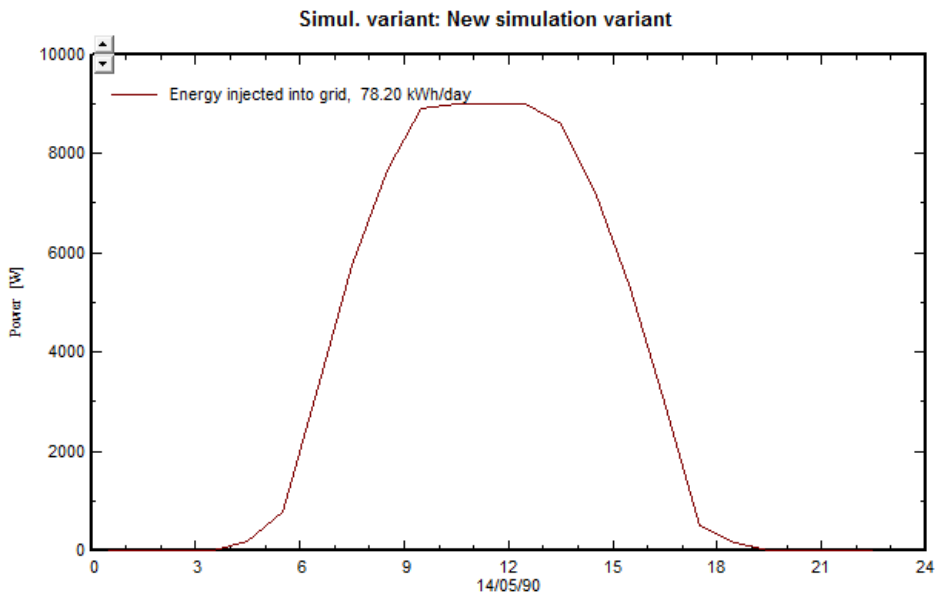
[System summary]
[Cancel]
[OK]

Rys. 2. Miejsce zdefiniowania elementów systemu PV

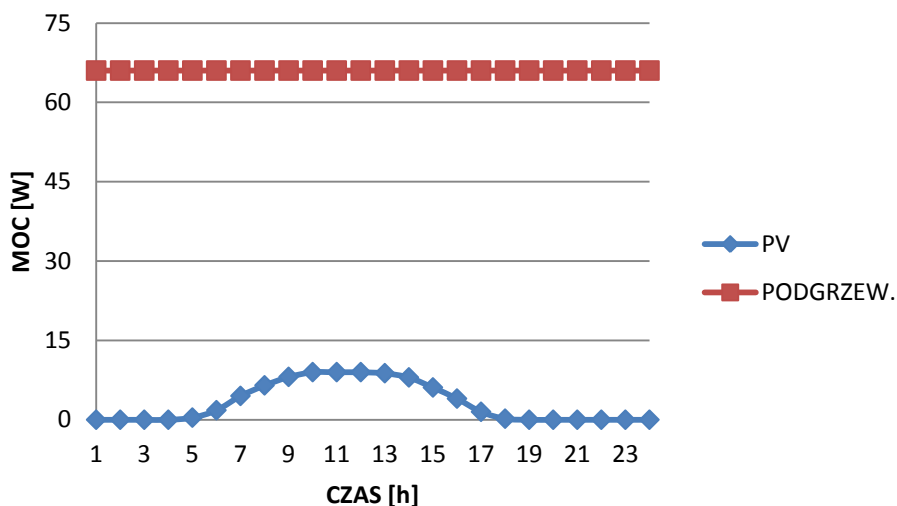
Poniżej przedstawiono charakterystyki pracy analizowanego systemu fotowoltaicznego.



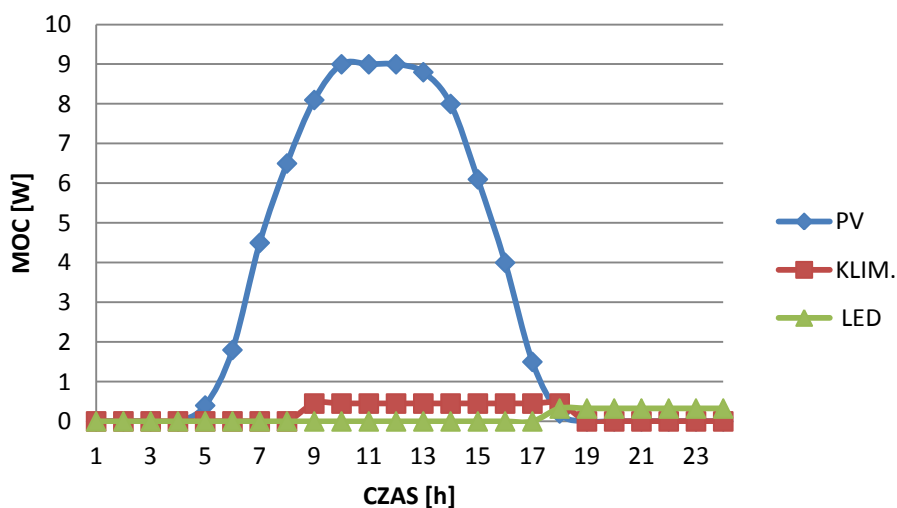
Rys 3. Produkcja energii elektrycznej z modułów fotowoltaicznych w skali roku dla Lublina



Rys. 4. Prognozowana dobowa produkcja energii elektrycznej z systemu PV dla Lublina



Rys. 5. Dobowa charakterystyka mocy wyprodukowanej przez instalację PV oraz zapotrzebowanie na energię podgrzewacza wody



Rys. 6. Dobowa charakterystyka mocy wyprodukowanej przez instalację PV oraz zapotrzebowanie na moc klimatyzacji i oświetlenia LED

Charakterystyki na rysunkach 4-6 przedstawiają godzinowy rozkład produkcji energii elektrycznej oraz zapotrzebowania na nią. Na ich podstawie można wywnioskować że zaprojektowany system fotowoltaiczny jest w stanie

dosilić podgrzewacz wody. Odbiory takie jak klimatyzacja i oświetlenie LED różnią czasem, w którym pobierają energię. W przypadku klimatyzacji występuje prawie idealne dopasowanie zapotrzebowania w energię i możliwościami produkcyjnymi systemu PV. W przypadku rozwiązania z oświetleniem LED niezbędne jest zastosowanie systemu fotowoltaicznego wyposażonego w akumulatory.

Tablica 1. Porównanie odbiorów instalacji PV

RODZAJ ODBIORU	OCENA
Podgrzewacz wody	Podgrzewacze wody są odbiorami o dużych mocach więc pełne zasilenie ich z systemów PV wymagałoby dużych nakładów finansowych oraz lokalizacyjnych. Alternatywnym rozwiązaniem są systemy solarne.
Oświetlenie LED	Odbiory oświetleniowe zazwyczaj pobierają moc w okresie nocnym, czyli w czasie kiedy system fotowoltaiczny nie produkuje energii. W przypadku potrzeby zasilenia odbiorów tego typu z instalacji PV należy dołączyć do niej akumulatory.
Klimatyzacja	Czas pracy odbioru jaki jest klimatyzacja przypada na największe nasłonecznienie. Powoduje to praktycznie idealną korelację odbiornika z generatorem energii.

WNIOSKI

Region Lubelski posiada wyjątkowo korzystne warunki nasłonecznienia. Sprzyja to ciągłemu rozwojowi systemów fotowoltaicznych. Zastosowanie odbiorów, które charakteryzują się zwiększeniem poboru energii elektrycznej w dni o największy nasłonecznieniu stanowi idealną korelację dla systemów fotowoltaicznych. Pełne wykorzystanie możliwości produkcyjnych modułów fotowoltaicznych jest szczególnie opłacalne. Dlatego nadwyżkę wyprodukowanej energii przez system PV warto skierować do podgrzewacza ciepłej wody użytkowej. Autonomiczna praca generatorów fotowoltaicznych w przypadku dostępu do energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej nie jest opłacalna, ponieważ należałoby znacznie przewymiarować system fotowoltaiczny i wyposażyć go w bufory energii. Na podstawie przeprowadzonych analiz korzystniejszym rozwiązaniem jest wspomaganie

domowej instalacji elektrycznej przez system fotowoltaiczny, a w razie większego zapotrzebowania w energię (np. rozruch agregatu klimatyzacji lub mniejszego nasłonecznienia) pobór jej z systemu.

Zasilenie odbioru jakim jest oświetlenie LED-owe z instalacji fotowoltaicznej wymagałoby rozbudowa systemu o akumulatory. Takie rozwiązanie może spowodować, że znacznie wzrosną koszty inwestycyjne co będzie skutkowało tym, że taka instalacja stanie się nieopłacalna. W związku z tym nasuwa się wniosek, że oświetlenie nie jest typem odbioru, który w sposób naturalny byłby dopasowany do systemu fotowoltaicznego. Z kolei klimatyzacja jest odbiorem, w którym największe zapotrzebowanie na energię przypada na dni o dużym nasłonecznieniu. Korelacja systemu klimatyzacji i instalacji fotowoltaicznej jest prawie idealnym połączeniem generatora z odbiornikiem, niosącym ze sobą znaczne oszczędności energii.

LITERATURA

- [1] Stryczewska H.D., Nalewaj K., Diatczyk J.: *Technologie Energii Odnawialnej* Komitet Inżynierii Środowiska PAN, 2011
- [2] Klugmann – Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce*. BTC, Legionowo 2010
- [3] www.ogrzewnictwo.pl
- [4] Norma PN-92/B-01706
- [5] www.dedietrich.pl

TRÓJGENERACJA – KORZYŚCI ZE SKOJARZONEGO WYTWARZANIA ENERGII

WSTĘP

Ważnym zagadnieniem, stanowiącym podstawę bezpieczeństwa energetycznego państw z deficytem własnych zasobów energii pierwotnej jest poszukiwanie nowych alternatywnych źródeł energii oraz zachowanie (oszczędzanie) paliw kopalnych i innych zasobów energetycznych. Prowadzi to do zmniejszenia wykorzystania importowanej energii. Jednym z priorytetowych kierunków zapewniających bezpieczeństwo energetyczne może się stać rozwój układów trójgeneracji. Pozwala to realizować jednoczesną produkcję elektryczności, ciepła i chłodu w jednym systemie energetycznym.

W przypadku, gdy energia pierwotna jest wykorzystana tylko do produkcji energii elektrycznej, to około 25–50% ilości energii cieplnej paliwa zostaje przekształcone na energię użyteczną. Pozostała część energii jest rozpraszana przez system chłodzący, jako ciepło odpadowe. Zagospodarowanie tego ciepła, na przykład na cele ogrzewania i klimatyzacji budynków, może zwiększyć efektywność procesu produkcji energii aż do 80–90%, a poziom oszczędności energii pierwotnej do 40–60%.

W niniejszym rozdziale zwrócono uwagę na trójgenerację ze względu na istotną oszczędność energii pierwotnej. Przeprowadzono przegląd urządzeń do wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu stosowanych w układach trójgeneracyjnych. Określono także podstawowe wskaźniki efektywności energetycznej stosowane do oceny wydajności układów trójgeneracyjnych. W końcowej części wskazano przykładowych użytkowników tego typu systemów przetwarzania energii.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych

ISTOTA TRÓJGENERACJI

Trójgeneracja – jednoczesne lub naprzemienne wytwarzanie trzech produktów różnych klas energetycznych z jednego źródła energii pierwotnej.

Istnieją układy jednocześnie produkujące energię elektryczną, ciepło i wodór, gdzie energia elektryczna i ciepła wykorzystywane są w miejscu jej wytwarzania, a wodór jest wykorzystywany w stacjach tankowania pojazdów. Oraz układy, które wytwarzają energię elektryczną, energię ciepłą dla produkcji pary i wody lodowej oraz dwutlenek węgla przeznaczony do celów spożywczych. W klasycznym przypadku trójgeneracja to kombinacja modułu CHP, produkującego energię elektryczną i ciepłą z chłodziarką absorpcyjną produkującą chłód za pomocą ciepła oraz niewielkiej ilości energii elektrycznej [1]. Takie układy również nazywają się CCHP (z ang. *Combined Cooling, Heat and Power*) albo BCHP (z ang. *Building Cooling, Heat and Power*). Tego typu rozwiązania zostały przeanalizowane w niniejszej pracy.

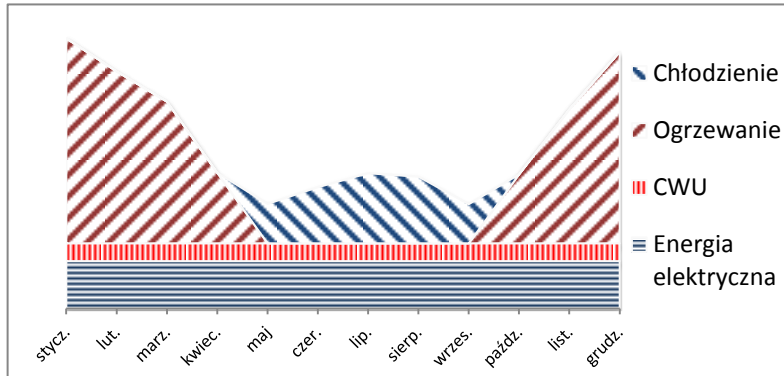
Zaletą takiego układu jest przede wszystkim oszczędzanie energii pierwotnej, wykorzystanie nadmiarów energii oraz ciepła odpadowego, zmniejszenie strat energetycznych, ograniczenie emisji substancji szkodliwych oraz zwiększenie wydajności całego systemu energetycznego.

UZASADNIENIE ZASTOSOWANIA TRÓJGENERACJI

W państwach o klimacie podobnym do klimatu środkowoeuropejskiego zapotrzebowanie na energię elektryczną jest prawie niezmiennie w ciągu roku, podczas, gdy na ciepło i chłód jest ściśle zależne od pory roku. Przykładowe zapotrzebowanie na energię elektryczną, ciepło i chłód bloku mieszkaniowego przedstawiono na rys. 1.

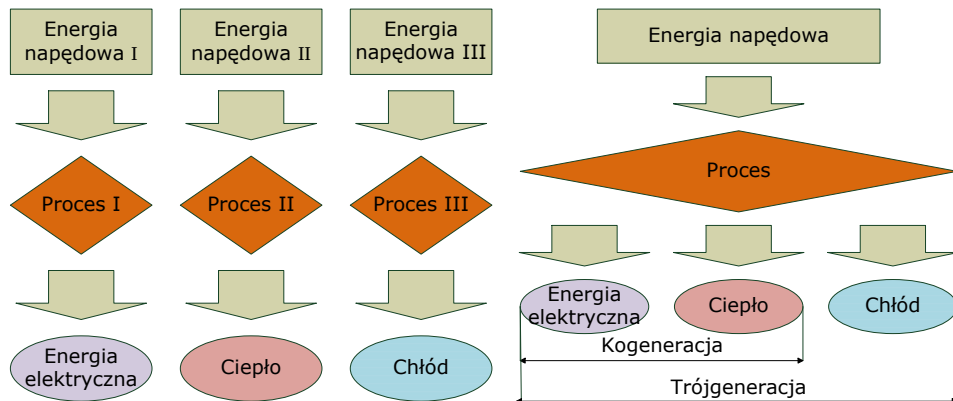
Ciepło wytworzone w systemie elektroenergetycznym jest przede wszystkim kierowane do ogrzewania pomieszczeń, a okres rzeczywistego zapotrzebowania na ten produkt energetyczny jest ograniczony do miesięcy zimowych, chociaż istnieje potrzeba klimatyzacji pomieszczeń w okresie letnim. Obniżenie popytu ciepła ze strony odbiorców w miesiącach letnich równocześnie powoduje spadek sprzedaży produkowanej energii elektrycznej, co sprawia zmniejszenie rocznego czasu wykorzystania mocy produkcyjnej zainstalowanych bloków energetycznych oraz obniżenie współczynnika sprawności energetycznej brutto i rentowności [10]. W przypadkach, kiedy do dyspozycji jest połączony system trójgeneracyjny, odzyskane ciepło może być wykorzystane do wytwarzania

chłodu lub zimnej wody, stosowanych jako czynnik roboczy w układach klimatyzacji [11]. Umożliwia to pracę urządzeń generujących energię z wysokim współczynnikiem sprawności przez cały rok, bez konieczności zmniejszania ich wydajności latem.



Rys. 1. Zapotrzebowanie na energię elektryczną, ciepło i chłód w skali roku, kWh/m² miesiąc
(źródło: opracowanie własne)

Podstawową korzyścią związaną z tym rozwiązaniem jest przede wszystkim oszczędność energii pierwotnej, która może dochodzić nawet do 60% [3]. Wynika to z faktu, że w układach trójgeneracji przy wytwarzaniu tej samej ilości trzech produktów energetycznych (energii elektrycznej, ciepła i chłodu) zużywa się mniej paliwa niż przy oddzielnej produkcji (rys. 2).



Rys. 2. Porównanie różnych technologii wytwarzania energii użytkowej
(źródło: opracowanie własne)

Wydajność procesu trójgeneracji jest znacznie wyższa w porównaniu z oddzielną produkcją energii użytkowej. Na przykład wartości sprawności elektrycznej silnika spalinowego i turbiny gazowej wynoszą około 34-37%. Sprawność kotłów produkujących ciepło zależy od rodzaju paliwa i dla kotłów gazowych zawiera się w przedziale 80-90%, dla kotłów zasilanych drewnem – 60%. Do produkcji chłodu wykorzystuje się urządzenia chłodnicze napędzane energią elektryczną, są to urządzenia energochłonne i niebezpieczne dla środowiska.

Wśród układów wykorzystujących odpadową energię ciepłą szczególnie zainteresowanie budzi możliwość wykorzystania tej energii do podgrzewania nośników energii termicznej w systemach ogrzewania. Takie rozwiązania określane są jako układy kogeneracyjne i stosowane m.in. w elektrociepłowniach miejskich [6,8]. W zależności od zastosowanej technologii, uzyskiwane sprawności energetyczne mogą przekraczać nawet 70%. Dalszy wzrost efektywności energetycznej można uzyskać poprzez wprowadzenie dodatkowych układów przetwarzania wykorzystujących w większym stopniu pierwotną energię ciepłą [2,4]. Zagospodarowanie tego ciepła na produkcję chłodu (trójgeneracja) może zwiększyć efektywność procesu do ponad 80%. Tylko w niektórych przypadkach wydajność trójgeneracji może być mniejsza niż w kogeneracji [7]. Dobór odpowiednich parametrów obciążenia elektrycznego, cieplnego i chłodniczego przy skojarzonej produkcji ma wpływ na efektywne wykorzystanie paliwa oraz sprawność całego układu trójgeneracji. Z tego powodu istotnym jest jednocześnie określenie zapotrzebowania na wszystkie rodzaje energii.

KLASYFIKACJA SYSTEMÓW TRÓJGENERACYJNYCH

Trójgeneracja jest skutecznym sposobem do zaspokojenia potrzeb konsumentów w energii elektrycznej, cieplnej i chłodu koniecznych dla realizacji procesów w różnych gałęziach przemysłu oraz w sektorze usług mieszkaniowych i komunalnych.

Układy trójgeneracji można sklasyfikować według następujących aspektów:

- sposobu wytwarzania produktów energetycznych;
- rodzaju stosowanego paliwa.

W systemach, które dzieli się ze względu na sposób wytwarzania produktów energetycznych wyróżnia się następujące rodzaje trójgeneracji:

- z jednoczesną produkcją energii elektrycznej, ciepłej i chłodu;
- z sezonową (naprzemienną) produkcją energii ciepłej w zimie i chłodu latem.

Tabela 1. Urządzenie stosowane w trójgeneracji (źródło: [13])

<i>Energia pierwotna</i>	<i>Urządzenie termiczne</i>	<i>Źródło ciepła</i>	<i>Rodzaj chłodziarki</i>	<i>Produkt</i>
Energia słońca	Kolektor słoneczny paraboliczny	$\geq 0,6\text{MPa}$ para wodna $\geq 160^{\circ}\text{C}$ gorąca woda	Parowa i zasilana gorącą wodą	Chłodzenie Ogrzewanie Gorąca woda
Energia geotermalna		$\geq 75^{\circ}\text{C}$ ciepła woda	Jednostopniowa zasilana gorącą wodą	Chłodzenie
Gaz ziemny	Turbina gazowa lub silnik spalinowy	$\geq 230^{\circ}\text{C}$ - 350°C spaliny	Jednostopniowa spalinowa	Chłodzenie Ogrzewanie
		$\geq 400^{\circ}\text{C}$ spaliny	Dwustopniowa spalinowa, zasilana gorącą wodą i spalinami	Chłodzenie Ogrzewanie Gorąca woda
Olej napędowy	Silnik spalinowy	$\geq 400^{\circ}\text{C}$ spaliny $\geq 90^{\circ}\text{C}$ woda z płaszczu wodnego	Dwustopniowa spalinowa, zasilana gorącą wodą i spalinami	Chłodzenie Ogrzewanie Gorąca woda
Gaz ziemny Gazu węglowy Biogaz Olej napędowy Bioenergia	Ogniwo paliwowe Elektrociepłownia Piecze przemysłowe Kotły przemysłowe	$\geq 400^{\circ}\text{C}$ spaliny $\geq 0,6\text{ MPa}$ para wodna	Dwustopniowa spalinowa, dwustopniowa parowo-spalinowa	Chłodzenie Chłodzenie Ogrzewanie Gorąca woda
Odpady	Spalarnia śmieci	$\geq 400^{\circ}\text{C}$ spaliny	Dwustopniowa spalinowa	Chłodzenie Ogrzewanie
	Spalarnia śmieci + kocioł parowy + turbina parowa	$\geq 0,6\text{ MPa}$ para wodna	Dwustopniowa parowa	Chłodzenie

W zależności od rodzaju stosowanego paliwa układy trójgeneracji mogą być podzielone na:

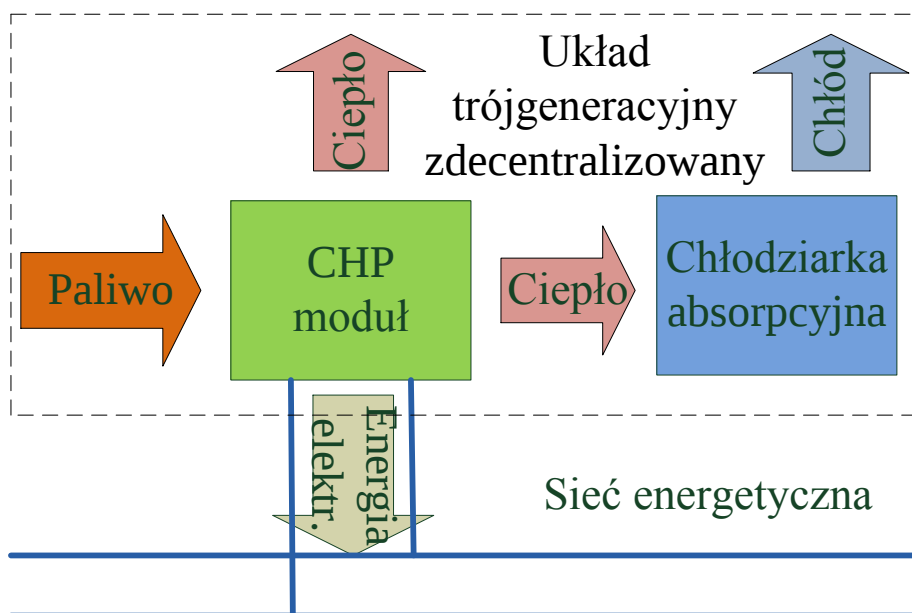
- instalacje wykorzystujące paliwa konwencjonalne;

- instalacje wykorzystujące jako paliwo odnawialne źródła energii;
- połączone instalacje wykorzystujące jednocześnie i paliwa konwencjonalne oraz odnawialne źródła energii.

W instalacjach trójgeneracji mogą być stosowane silniki różnych rodzajów wykorzystujące, jako energie napędową paliwo konwencjonalne (gaz ziemny, węgiel, olej opalowy), a także odnawialne źródła energii (energię słońca, geotermalną, biomasę). W tabeli 1 przedstawiono przegląd urządzeń do wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu stosowanych w układach trójgeneracyjnych w zależności od stosowanego paliwa pierwotnego oraz rodzaju produktu wyjściowego.

Z technicznego punktu widzenia wyróżnia się układy [5]:

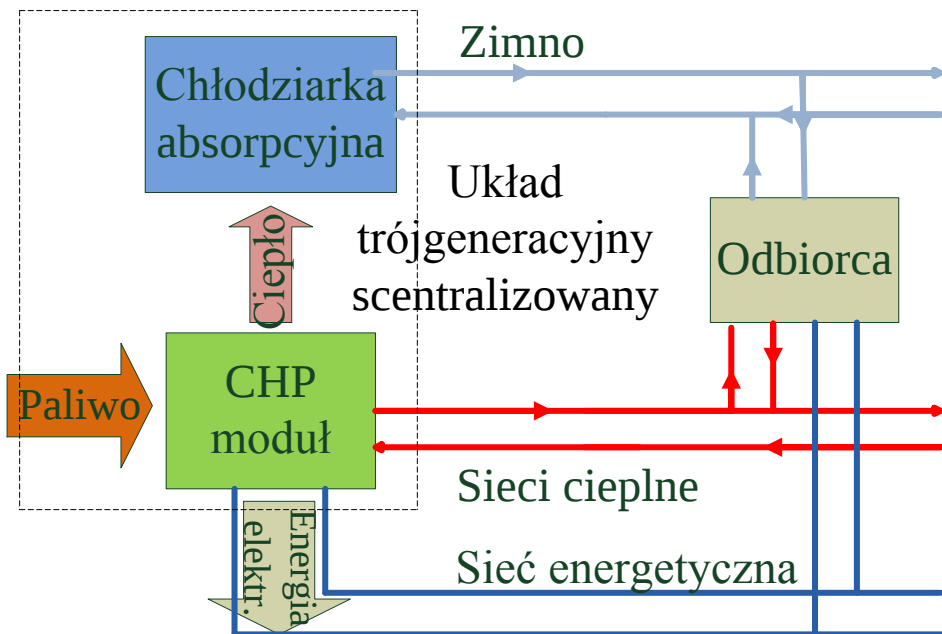
- scentralizowane, gdzie wszystkie trzy media są produkowane w jednym miejscu, a następnie rozsyłane sieciami do odbiorcy (rys. 3);
- zdecentralizowane (rozproszone), niewielkie układy skojarzone wytwarzają energię elektryczną, ciepło i chłód w pobliżu odbiorcy (rys. 4);
- połączenie dwóch układów: scentralizowane elektrociepłownia z dostawą ciepła i energii elektrycznej do odbiorcy, gdzie odbywa się zdecentralizowana produkcja chłodu (rys.5).



Rys. 3. Układ trójgeneracyjny scentralizowany (źródło: opracowanie własne)

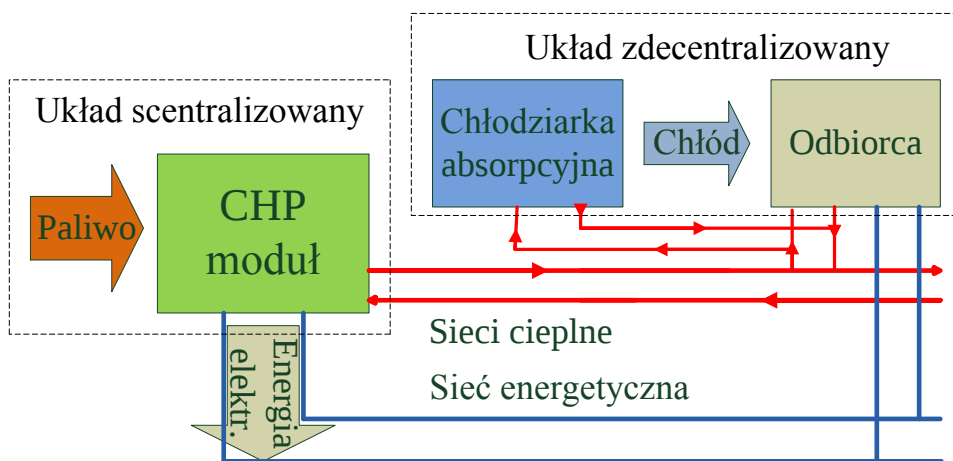
W wariantcie, kiedy mamy system scentralizowany, w którym energia elektryczna, ciepło i chłód są produkowane w elektrociepłowni i przesyłane do odbiorców za pomocą systemu rozdzielczego (sieci przesyłowych) używano chłodziarek absorpcyjnych o dużej mocy zasilanych ciepłem grzejnym, którego nośnikiem może być niskoprężna para upustowa lub wylotowa z turbiny, bądź woda grzejna podgrzana do odpowiedniej temperatury.

Podstawowe zalety produkcji chłodu (wody lodowej) w systemie scentralizowanym to: możliwość obniżenia nakładów inwestycyjnych na agregaty absorpcyjne i uzyskania wysokich wartości współczynnika wydajności chłodniczej COP, niewielkie (praktycznie pomijalne) straty przesyłania ciepła grzejnego, dostęp do czynnika o odpowiednio niskiej temperaturze (np. wody ruchowej w elektrociepłowni) do chłodzenia absorbera i skraplacza. Natomiast wady to: rozbiór dużych wydatków wody lodowej (sieci rozdzielcze), konieczność budowy dość kosztownej, odrębnej sieci do przesyłania nośnika chłodu i zużycie energii na jego pompowanie. Scentralizowany system trójgeneracyjny wymaga także dużej gęstości zapotrzebowania na chłód [10].



Rys. 4. Układ trójgeneracyjny zdecentralizowany (źródło: opracowanie własne)

Rozwiązania techniczne dla niewielkich układów trójgeneracyjnych wytwarzających w skojarzeniu energię elektryczną, ciepło i chłód w pobliżu odbiorcy przedstawiono na rysunku 4. Zalety takiego rozwiązania to: zwiększenie stopnia wykorzystania zdolności przesyłowych sieci ciepłych oraz ograniczenie długości kosztownej sieci przesyłu wody lodowej, co wiąże się ze zmniejszeniem nakładów na budowę tylko lokalnej sieci przesyłu wody lodowej i węzłów ciepło-chłodniczych.



Rys. 5. Układ trójgeneracyjny połączony
(źródło: opracowanie własne)

W połączonym rozwiązaniu (rys. 5), energia elektryczna i ciepło produkowane są w elektrociepłowni, a produkcja wody lodowej jest realizowana bezpośrednio u odbiorcy. Agregaty absorpcyjne stosowane do produkcji chłodu zasilane są wodą sieciową z rurociągów ciepłowniczych.

W takim przypadku eliminuje się niemal całkowicie konieczność przesyłania wody lodowej, ponieważ węzły ciepło-chłodnicze zlokalizowane są bezpośrednio u odbiorcy.

WSKAŹNIKI EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ UKŁADÓW TRÓJGENERACYJNYCH

Tradycyjne wskaźniki efektywności energetycznej stosowane do oceny wydajności układu skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej nie biorą pod uwagę wszystkich warunków eksploatacji modułu CCHP, wszystkich interakcji pomiędzy sprzętem oraz wszystkich przepływów energii wewnątrz całego systemu energetycznego. Dlatego istotnym jest określenie wskaźników opisujących system trójgeneracji.

Najczęściej stosowanymi wskaźnikami dla analizy układu trójgeneracyjnego są:

- wskaźnik wykorzystania energii chemicznej paliwa (z ang. *Energy Utilization Factor*) **EUF**;
- współczynnik efektywności chłodniczej (z ang. *Coefficient Of Performance*) **COP**;
- wskaźnik względnej oszczędności energii pierwotnej (z ang. *Trigeneration Primary Energy Saving*) **TRES**;
- stosunek energii elektrycznej do ciepła (z ang. *Power to Heat Ratio*) **PHR**.

Wskaźnik wykorzystania energii chemicznej paliwa w układzie trójgeneracyjnym **EUF** jest najprostszym kryterium oceny efektywności układu. Opiera się na pierwszej zasadzie termodynamiki, reprezentuje ogólną sprawność energetyczną systemu, daje szybkie wskazanie na ilość energii chemicznej paliwa faktycznie przekształconej na energią użytkową [3]:

$$EUF = \frac{W + Q + R}{F} \quad (1)$$

gdzie:

W – produkcja energii elektrycznej, Q – produkcja ciepła, R – produkcja chłodu, F – energia chemiczna paliwa.

Współczynnik efektywności chłodniczej jest zdefiniowany, jako stosunek mocy uzyskiwanej (wyjściowej) do mocy pobieranej przez urządzenie chłodnicze (wejściowej), a zatem zależy od konkretnego urządzenia i może być określony w różny sposób [3].

Współczynnik efektywności chłodniczej układu trójgeneracyjnego z jednoczesnej produkcją ciepła i chłodu określa się następująco [9]:

$$COP = \frac{R}{Q_R + N_R} \quad (2)$$

gdzie:

R – produkcja chłodu, N_R – moc napędu pomp chłodziarki absorpcyjnej, Q_R – ciepło napędowe chłodziarki absorpcyjnej.

Wskaźnik względnej oszczędności energii pierwotnej (**TPES**) – jest najczęściej stosowanym wskaźnikiem do oceny zmniejszenia zużycia energii pierwotnej, które może zostać osiągnięte przy zastosowaniu układu trójgeneracji zamiast oddzielnej produkcji ciepła, chłodu i energii elektrycznej [1,3].

$$TPES = \frac{F^{sp} - F_{CCHP}}{F^{sp}} \quad (3)$$

Przeprowadzono analizę dwóch układów energetycznych: trójgeneracyjnego i systemu oddzielnej produkcji, z uwzględnieniem tylko parametrów wejściowych i wyjściowych. Określone zostały ilości energii doprowadzonej do systemu w postaci paliwa pierwotnego F oraz energii wypływającej z systemu w postaci energii termicznej ciepła Q , chłodu R i energii elektrycznej W .

Zużycie energii chemicznej paliwa dla wytwarzania rozdzielonego stanowi sumę zużycia energii chemicznej paliwa w indywidualnych układach produkcji energii elektrycznej, ciepła i chłodu [12]:

$$F^{sp} = \frac{W}{\eta_w^{sp}} + \frac{R}{COP^{sp} \cdot \eta_w^{sp}} + \frac{Q}{\eta_Q^{sp}} \quad (4)$$

gdzie: η_w^{sp} – referencyjna sprawność energetyczna produkcji elektryczności dla wytwarzania rozdzielonego, η_Q^{sp} – referencyjna sprawność energetyczna produkcji ciepła dla wytwarzania rozdzielonego, COP^{sp} – współczynnik wydajności chłodniczej dla wytwarzania rozdzielonego chłodu.

Zużycie energii chemicznej paliwa w trójgeneracji:

$$F_{CCHP} = \left(\frac{R}{COP} + Q \right) \frac{1}{\eta_Q} = \frac{W}{\eta_w} \quad (5)$$

gdzie:

η_w – sprawność energetyczna cząstkowa wytwarzania elektryczności w trójgeneracji, η_Q – sprawność energetyczna cząstkowa wytwarzania ciepła w trójgeneracji.

Po podstawieniu równań (4) i (5) do (3) otrzymano:

$$TPES = 1 - \frac{F_{CCHP}}{\frac{W}{\eta_w^{sp}} + \frac{Q}{\eta_Q^{sp}} + \frac{R}{COP^{sp}\eta_w^{sp}}} \quad (6)$$

Trójgenerację uznaje się za wysokosprawną, jeżeli obliczone wartości wskaźnika względnej oszczędności energii pierwotnej TPES spełniają warunek – $TPES \geq 0$.

Dobór odpowiednich parametrów obciążenia elektrycznego i ciepłego ma wpływ na efektywne wykorzystanie paliwa. Stosunek energii elektrycznej do ciepła **PHR** – współczynnik określający stosunek ilości wyprodukowanej energii elektrycznej do ilości ciepła użytkowego przy pracy w trybie kogeneracji wynosi [14]:

$$PHR = \frac{W}{Q_{CHP}} = \frac{\eta_w}{\eta_Q} \quad (7)$$

Zdefiniowane w rozdziale wskaźniki (1-7) stanowią podstawę do przeprowadzenia analizy efektywności energetycznej i oszczędności energii pierwotnej oraz sformułowania oceny przemian energetycznych w układzie trójgeneracji.

PODSUMOWANIE

Trójgeneracja jest opłacalną alternatywą dla ciągłego dostarczania energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia. Odgrywa ważną rolę przede wszystkim w oszczędzaniu energii pierwotnej.

Efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych w jednoczesnym wytwarzaniu energii elektrycznej, ciepła i chłodu jest uzasadnione jeśli zapewnia bardziej oszczędne wykorzystanie energii pierwotnej w porównaniu z systemami konwencjonalnej produkcji energii. Wiadomo, że instalacje skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu z ogólną wydajnością 90% są bardziej ekonomiczne w porównaniu do układów prowadzących oddzielną produkcję energii. Dobór odpowiednich parametrów obciążenia elektrycznego, ciepłego i chłodniczego przy skojarzonej produkcji

wpływa na efektywne wykorzystanie paliwa. Odpowiednio dobrane wskaźniki efektywności energetycznej układów trójgeneracyjnych, w zależności od zapotrzebowania, mogą stać się pomocnym narzędziem w procesach optymalizacji trójgeneracji oraz pozwalają osiągnąć najlepszą dla wybranych warunków pracy efektywność układu trójgeneracyjnego.

Systemy skojarzonego wytwarzania elektryczności, ciepła i chodu mogą znaleźć zastosowanie w przedsiębiorstwach, w których istnieje jednocześnie zapotrzebowanie na energię elektryczną, ogrzewanie i chłodzenie. Najbardziej perspektywicznymi konsumentami energii z systemów trójgeneracji są zakłady przemysłu rolno-spożywczego, centra biurowe i hotelowe, terminale lotnicze oraz kompleksy szpitalne [1, 2, 4, 7].

LITERATURA

- [1] Atănăsoae P.: *The Technical and Economic Analysis of the Trigeneration Plants*, International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012), 25-27 October, Iași, Romania.
- [2] Cardona E., Piacentino A.: *A method for sizing a trigeneration plant in Mediterranean areas*, Applied Thermal Engineering 23, 2003, s.1665-1680.
- [3] Chicco G., Mancarella P.: *Enhanced Energy Saving Performance in Composite Trigeneration System, Profitable Alternatives in a Competitive Market*, IEEE Transactions On Energy Conversion, vol. 21, No. 1., 2006.
- [4] Chicco G. and Mancarella P.: *From cogeneration to trigeneration: profitable alternatives in a competitive market*, IEEE Trans. on Energy Conversion 21, 1, March 2006, s. 265-272.
- [5] Dittmann A.: *Skojarzona produkcja ciepła i zimna – szanse i problemy*, Ciepłownictwo w Polsce i na Świecie, Rocznik VIII (2001), Zeszyt 3-4, s. 62-66.
- [6] Filipek P.: *The cogeneration of energy in house building*. 7th International Conference New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation Zakopane, Poland, June 28 – July 1, 2011, s. 159-159
- [7] Huang Y., Wang Y.D., Rezvani S., McIlveen-Wright D.R., Andeson M., Hewitt N.J.: *Biomass fueled trigeneration system in selected buildings*, Energy Conversion and Management, No 52, 2011, s. 2448-2454.
- [8] Jarzyna W., Filipek P.: *Financial evaluation of heat and electrical energy cogeneration in Polish household*. Conference on Environmental Engineering IV, Lublin, Poland, Sep 03-05, 2012-2013, s. 495-498
- [9] Kreider J.F.: *Handbook of Heating, Ventilation and Air Conditioning*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.

- [10] Schroeder A., Łach J., Poskrobko S., *Przegląd tendencji w zakresie wytwarzania wody lodowej w systemie trójgeneracji*, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, vol. 11, nr 3(2009), s. 63-74.
- [11] Smyk A., Pietrzyk Z., Sikora S.: *Trigeneracja z wykorzystaniem ciepła sieciowego*, Ciepłownictwo w Polsce i na Świecie, Wydawnictwo PNT CIBET, Rocznik IX (2002), Zeszyt 7-8, s. 103-106.
- [12] Szargut J., Ziębik A.: *Skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności – elektrociepłownie*, Gliwice: Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2007.
- [13] Katalog produkcji agregatów absorpcyjnych wody lodowej firmy BROAD.
- [14] U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership, December 2008.

MyGARDEN – SYSTEM INFORMATYCZNY WSPIERAJĄCY ZARZĄDZANIE PRACAMI OGRODNICZYMI

WSTĘP

W dzisiejszych czasach coraz częściej Internet odgrywa znaczącą rolę w życiu ludzi. Dzięki niemu możemy komunikować się na ogromne odległości oraz organizować pracę.

Jednym z obszarów wykorzystania Internetu w życiu codziennym i zawodowym są różnego rodzaju aplikacje użyteczne. Tematem niniejszego rozdziału będzie system informatyczny pozwalający zarządzać pracami ogrodniczymi. Aplikacja powinna umożliwiać:

- tworzenie projektu zawierającego schematyczną mapę działki,
- dodawanie notatek.

Do realizacji systemu wybrano następujące technologie: język Java, kontener portletów Liferay, framework Spring MVC, bibliotekę ExtJS ułatwiającą tworzenie zaawansowanych interfejsów użytkownika, oraz jQuery z pluginem jQueryCanvas rozszerzającym jQuery o możliwość manipulacji elementem canvas z html5.

PROJEKT APLIKACJI

Podczas tworzenia projektu aplikacji, bardzo ważną częścią jest to, aby był on zrozumiały dla każdego – między innymi dla użytkownika końcowego. W tym celu stosuje się odpowiednie środki wyrazu, takie jak scenariusze przypadków użycia czy diagramy UML.

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki, Koło Naukowe Informatyki PENTAGON

WYMAGANIA FUNKCJONALNE

Wymagania funkcjonalne przedstawiono w formie listy funkcjonalności, jakie powinien posiadać system.

1. Uwierzytelnienie
 - 1.1. Rejestracja
 - 1.2. Logowanie
 - 1.3. Przypomnienie hasła
 - 1.4. Wylogowanie
2. Zarządzanie kontem
 - 1.1. Edycja profilu – zmiana hasła i adresu email
 - 1.2. Usunięcie konta
3. Zarządzanie projektem
 - 1.3. Utworzenie projektu
 - 1.4. Usunięcie projektu
 - 1.5. Dodawanie i usuwanie osób obserwujących projektach
 - 1.6. Nadawanie i odbieranie uprawnień do modyfikacji projektu
 - 1.7. Tworzenie i edycja mapy działki
 - 1.8. Przeglądanie notatek i mapy
 - 1.9. Dodawanie notatek
 - 1.10. Usuwanie notatek

Projekt systemu zakłada istnienie pięciu grup użytkowników zaprezentowanych na diagramie przypadków użycia jako aktorzy (rys. 1). Są to:

1. Odwiedzający stronę

Jest to każdy nieuwierzytelniony użytkownik odwiedzający stronę.

2. Użytkownik

Jest to każdy użytkownik odwiedzający stronę, który posiada konto w systemie oraz pomyślnie przeszedł proces uwierzytelnienia.

3. Właściciel

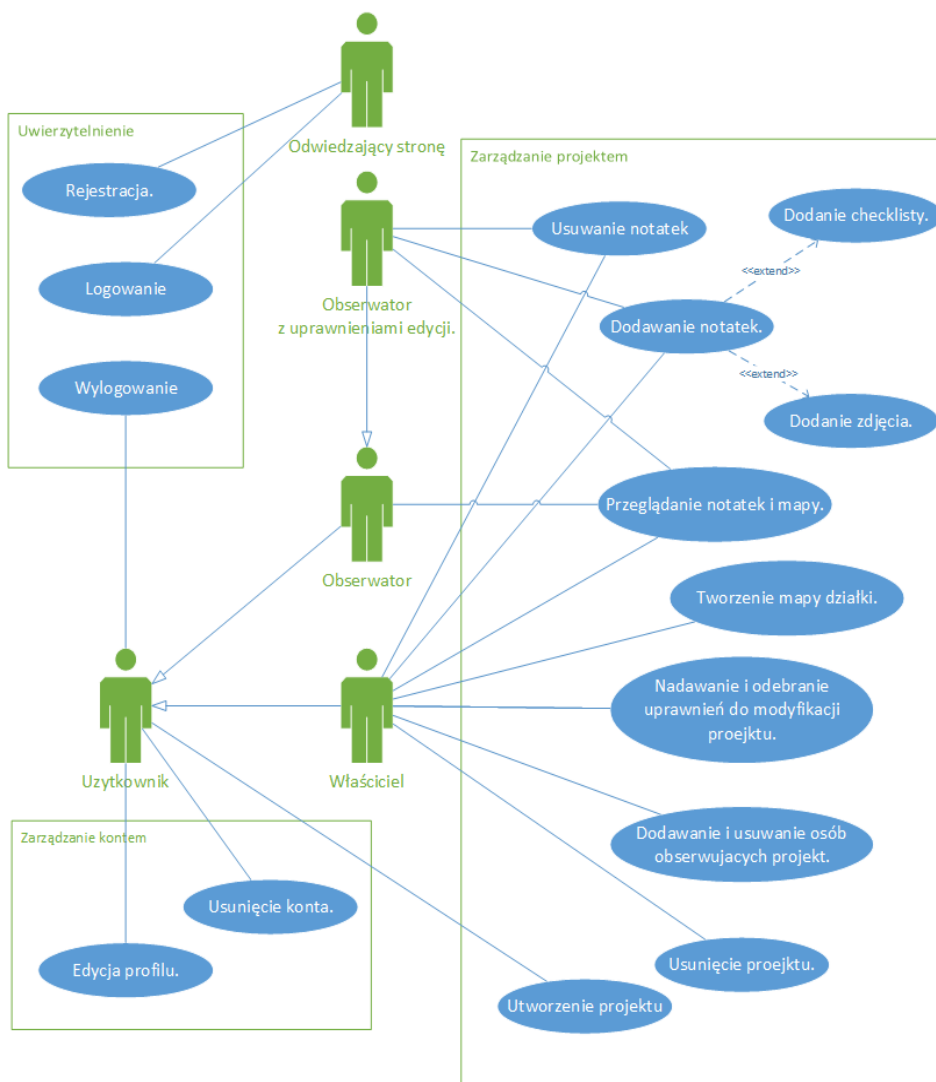
Użytkownik po utworzeniu projektu staje się jego właścicielem.

4. Obserwator

Jest to użytkownik któremu właściciel projektu nadał uprawnienia do przeglądania projektu.

5. Obserwator z prawem edycji

Jest to użytkownik któremu właściciel projektu nadał uprawnienia do edycji projektu. Użytkownik taki ma możliwość dodawania i usuwania notatek.



Rys.1: Diagram przypadków użycia UML (źródło: opracowanie własne)

SCENARIUSZE PRZYPADKÓW UŻYCIA

Jednym z najczęściej używanych schematów zapisu scenariuszy przypadków użycia jest szablon autorstwa Alistaira Cockburna [1]. Model ten został wykorzystany do przedstawienia dwóch najbardziej istotnych z punktu widzenia przydatności systemu przypadków użycia.

SCENARIUSZ 1: TWORZENIE PROJEKTU

Zakres: aplikacja Moja Działka.

Poziom: cel użytkownika.

Aktor pierwszoplanowy: użytkownik.

Interesariusze i ich cele:

Użytkownik: chce szybko i bezproblemowo utworzyć projekt i narysować mapę.

Zarządzający serwisem: chce satysfakcji użytkowników.

Warunki początkowe: Użytkownik posiada konto w systemie oraz został pomyślnie uwierzytelniony.

Warunki końcowe (gwarancja sukcesu): Projekt został utworzony, mapa została narysowana.

Główny scenariusz sukcesu:

1. Użytkownik klika w link/przycisk odpowiedzialny za rozpoczęcie procedury tworzenia projektu.
2. Użytkownik zostaje przeniesiony do edytora projektu.
3. Użytkownik wpisuje nazwę projektu. oraz rysuje mapę korzystając z dostępnych narzędzi (rysowanie prostokątów, kół, elips, dowolnych wielokątów). Użytkownik ma możliwość zmiany koloru tła narysowanego obszaru oraz nadaniu mu unikalnej nazwy.
4. Użytkownik klika przycisk „Zapisz”.
5. Użytkownik zostaje przeniesiony do widoku utworzonego projektu.

Rozszerzenia: Użytkownik w dowolnym momencie tworzenia projektu może zrezygnować klikając przycisk „Wstecz”.

Dodatkowe wymagania:

Intuicyjny prosty w obsłudze interfejs.

Technologia i format danych: Do stworzenia edytora mapy powinien zostać wykorzystany element CANVAS występujący w HTML5.

Częstość występowania: zazwyczaj jednokrotnie, po rejestracji nowego użytkownika w systemie.

SCENARIUSZ 2: DODAWANIE NOTATKI

Zakres: aplikacja Moja Działka.

Poziom: cel użytkownika.

Aktor pierwszoplanowy: użytkownik.

Interesariusze i ich cele:

Użytkownik: chce szybko i łatwo dodać notatkę do istniejącego projektu.

Zarządzający serwisem: chce satysfakcji użytkowników.

Warunki początkowe: Użytkownik jest właścicielem projektu lub dostał od właściciela odpowiednie uprawnienia.

Warunki końcowe (gwarancja sukcesu): Notatka została dodana razem z ewentualnymi załącznikami i listą zadań.

Główny scenariusz sukcesu:

1. Użytkownik kilka przycisk odpowiedzialny za dodawanie notatek
2. Zostaje wyświetlone okno modalne z odpowiednim formularzem.
3. Użytkownik dodaje notatkę wprowadzając jej nazwę oraz treść. Opcjonalnie użytkownik może powiązać notatkę z konkretnym obszarem mapy, porą roku i kategorią. Użytkownik może także dodać listę i załączniki (np. zdjęcie).
4. Użytkownik zatwierdza dodanie notatki odpowiednim przyciskiem.

Rozszerzenia:

Użytkownik w dowolnym momencie może przerwać dodawanie notatki.

Dodatkowe wymagania:

Intuicyjny prosty w obsłudze interfejs.

Formularz powinien pojawić się w oknie modalnym.

Częstość występowania: podstawowa funkcjonalność systemu – często.

WYMAGANIA NIEFUNKCJONALNE

Wymagania niefunkcjonalne postawione przed aplikacją to:

1. Intuicyjny i prosty w obsłudze interfejs.
2. Bezproblemowe działanie w najnowszych wersjach przeglądarek: Google Chrome oraz Mozilla Firefox.

PROJEKT STRUKTURY BAZY DANYCH

W projektowanym systemie baza danych stanowi jeden z najważniejszych komponentów. W tym konkretnym przypadku przechowywane są w niej informacje o użytkownikach, projektach ogrodów oraz notatki powiązane z poszczególnymi obszarami działki bądź całą działką. Rysunek 2 przedstawia projekt w formie diagramu związków encji.

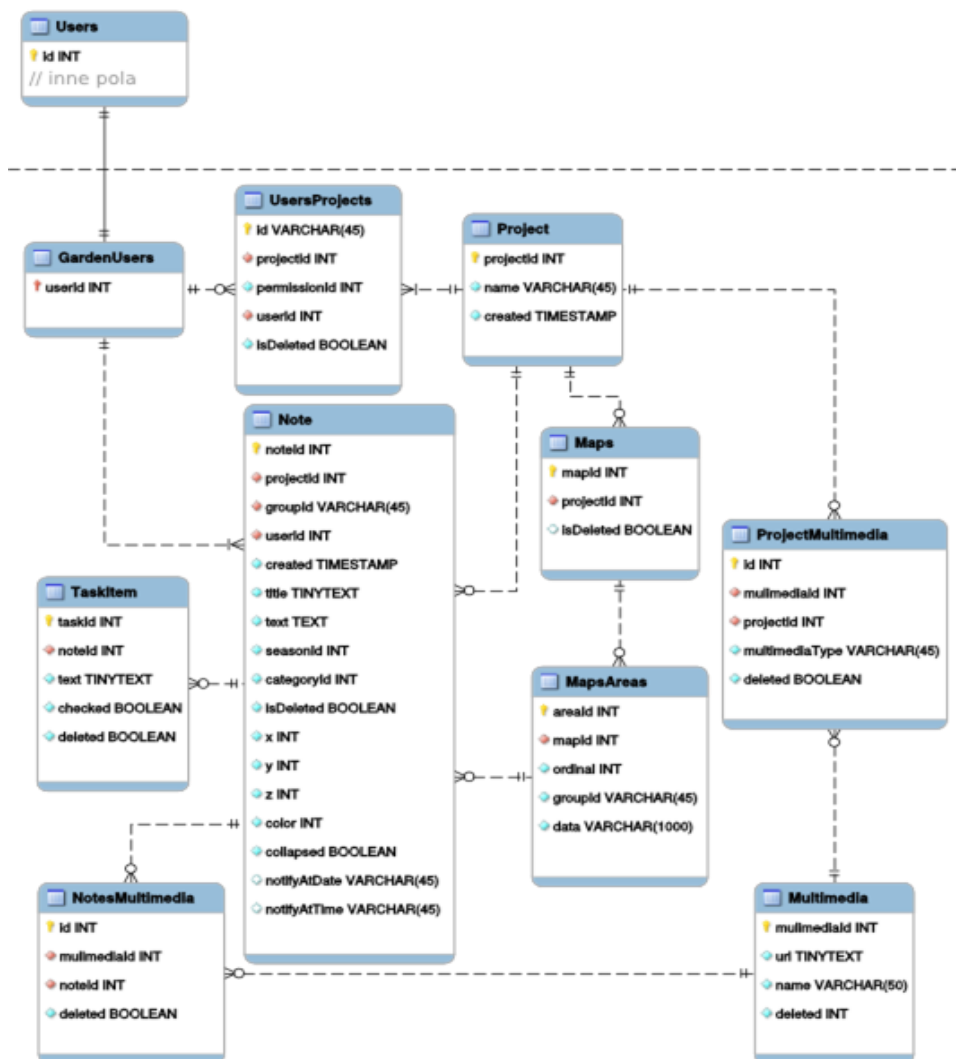
INFORMACJE O UŻYTKOWNIKACH

Aby wykorzystać istniejący w Liferay mechanizm logowania, co za tym idzie do przechowywania danych o użytkownikach użyta została standardowa tabela istniejąca w Liferay. Na wypadek konieczności wprowadzenia w przyszłości dodatkowych pól opisujących użytkownika użyto dodatkowej encji *GardenUsers* pozostającej w relacji jeden do jeden ze standardową encją użytkownika Liferay zwanej dalej encją *Users*. Na chwilę obecną encja zawiera tylko pole *userId* będące kluczem głównym i jednocześnie kluczem obcym encji *Users*.

PROJEKTY DZIAŁEK

Informacje o projektach działek przechowywane są w encji *Projects*. Na chwilę obecną założono możliwość utworzenia tylko jednej mapy dla danego projektu, jednak ze względu na możliwość przyszłego rozwoju postanowiono wprowadzić encję *Maps*.

Każda mapa powinna zawierać obszary, które są przechowywane w encji *Areas*. Informacje takie jak rodzaj obszaru, jego wymiary, kolor tła oraz nazwa nadana przez użytkownika przechowywane są w kolumnie *data* w formacie JSON. Taki sposób zapisu danych ułatwia pracę z nimi za pomocą biblioteki *jQuery*. Ponieważ obszary mogą na siebie zachodzić ważne jest zapisanie kolejności ich występowania do tego celu służy kolumna *ordinal*. Projekty działek powiązane są z użytkownikami poprzez encję *UsersProjects* która zawiera dodatkowo informacje o rodzaju uprawnienia przysługującego użytkownikowi w danym projekcie. Rodzaje uprawnień przechowywane są w encji słownikowej *Permissions*.



Rys. 2. Diagram związków encji dla Systemu „Moja Działka” (źródło: opracowanie własne)

SYSTEM NOTATEK

Do przechowywania notatek służy encja *Note*. Notatki mogą być powiązane z porą roku oraz kategorią, a informacje o nich zawierają stałe słownikowe odpowiednio *Seasons* i *Categories*.

Każda notatka powiązana jest z użytkownikiem, który ją dodał. Notatka może być dodana w kontekście obszaru bądź całej mapy. Dodatkowo każda

notatka może zawierać załączniki przechowywane w encji *Multimedia* (połączenie jeden do wielu przy pomocy encji łączącej *NotesMultimedia*) oraz listy zadań do wykonania przechowywane w encji *TaskItem*. Dzięki odpowiednim polom można zarządzać zarówno pozycją notatki na panelu, jej kolorem a także tym, czy notatka ma być rozwinięta czy zwinięta.

REALIZACJA CZĘŚCI PROGRAMISTYCZNEJ

W tej części zostaną opisane główne składniki budulcowe z jakich została złożona aplikacja, metody implementacji najbardziej istotnych algorytmów wykorzystywanych do zarządzania projektami, oraz inne istotne fragmenty kodu programu.

STRUKTURA APLIKACJI LIFERAY PORTAL

Liferay Portal to system zarządzania treścią (CMS) posiadający własną strukturę aplikacji, na którą składają się poszczególne elementy.

Każdy z tych elementów posiada własny konkretny schemat budowy, który nie powinien być w żaden sposób naruszony. W ramach projektu przygotowane zostały następujące elementy:

- dopasowany na potrzeby projektu Temat (*Theme*),
- 5 oddzielnych podstron:
 - Logowanie/Rejestracja,
 - Profil,
 - Projekt,
 - Edycja projektu,
 - Drukowanie projektu,
- w pełni funkcjonalny serwis, stworzony dzięki narzędziu Service Builder dostarczonemu przez Liferay inc.

IMPLEMENTACJA WŁASNEGO TEMATU (THEME)

Temat jest częścią aplikacji, która jest wspólna dla wszystkich stron, dla których jest on ustawiony. Jest więc idealnym miejscem na to, aby przechowywać takie rzeczy jak grafiki, style czy biblioteki JavaScript. W przeciwnym wypadku dochodziłoby do niepotrzebnego powielania tych

samych podzespołów w ramach kontekstu danej strony lub portletu. Struktura tematu przedstawia się następująco:

- Temat
 - CSS
 - JavaScript
 - ExtJS
 - jQuery
 - jCanvas
 - Szablony

Nieopisany do tej pory element „Szablony” to zbiór plików wypełnionych znacznikami HTML oraz instrukcjami napisanymi w języku Apache Velocity. Dzięki temu bez problemu można nadpisać pewne zmienne Velocity definiujące takie parametry, jak kolor poszczególnych elementów szablonu strony czy ich szerokość. Dodatkowo, w pliku `portal_normal.vm` umieszczono linie odpowiedzialne za załadowanie odpowiednich plików CSS oraz JavaScript, a także bibliotek Ext JS oraz jQuery. Dzięki zastosowaniu języka Velocity udało się przygotować szablon, a dzięki użyciu odpowiednich zmiennych w prosty sposób możliwe było zmienianie takich ustawień jak chociażby rysunek i rozmiar logo.

IMPLEMENTACJA SERWISU PRZY UŻYCIU LIFERAY SERVICE BUILDER

Dzięki narzędziu Liferay Service Builder tworzenie serwisu obsługującego transakcje i operacje na bazie danych jest stosunkowo proste. Dzięki integracji z Eclipse IDE oraz Maven wystarczy odpowiednio wyedytować plik konfiguracyjny XML oraz uruchomić komendę **`mvn liferay:build-service`**, aby wtyczka wygenerowała strukturę tabel w bazie danych dla usługi, strukturę projektu oraz modele.

Jeśli plik konfiguracyjny usługi zostanie odpowiednio przygotowany, zostaną wtedy wygenerowane metody do wyszukiwania wierszy w zależności od wartości kolumn. Możliwe jest nadanie nazwy encji, zdefiniowanie, czy usługa ma być dostępny jako lokalna (w aplikacji) lub zdalna (dostęp przez API). Możliwe jest także zdefiniowanie kolumn oraz metod wyszukiwanych.

Service Builder generuje metody korzystające z narzędzi takich, jak Hibernate, ale oszczędza użytkownikowi nadmiernej ilości konfiguracji, generując automatyczny kod, który normalnie musiałby zostać ręcznie napisany. Narzędzie to jest tak naprawdę wtyczką narzędzia Maven. Dodatkowo należy

zwrócić uwagę na fakt, że w momencie instalacji wtyczki Liferay Developer Studio dla Eclipse można tworzyć proste diagramy encji dzięki widokowi graficznemu pliku konfiguracyjnego encji narzędzia Service Builder.

Oprócz wygenerowanego wcześniej kodu narzędzie to umożliwia dodawanie własnych metod, które będą udostępnione przez odpowiedni interfejs po przebudowaniu projektu. W ten sposób cała logika manipulacją danymi może być „opakowana” w jedną bibliotekę.

IMPLEMENTACJA PROSTEGO PORTLETU REJESTRACJI

Tworzenie modułu w Liferay Portal wygląda za każdym razem tak samo. Zostanie ono przedstawione na przykładzie najbardziej prostego z implementowanych – portletu rejestracji. Aby w Liferay Portal zaimplementować prosty moduł rejestracji, wystarczy utworzyć następujące elementy:

- widok (rys. 3),
- kontroler obsługujący żądanie rejestracji dla danego portletu,
- encję, przy pomocy narzędzia Service Builder,
- standardową konfigurację umieszczoną w plikach konfiguracyjnych.

Widok okna (formularz rejestracji) został utworzony zgodnie z wytycznymi oficjalnej dokumentacji dostarczonej do biblioteki Ext JS. Zawiera on takie pola tekstowe jak nazwa użytkownika (1), adres email (2), pola hasła (3, 4) oraz pole typu checkbox akceptacji warunków portalu (5).

Poniższy widok uzyskano dzięki standardowym stylom udostępnionym przez bibliotekę Ext JS oraz silnik Liferay Portal. Każde pole posiada odpowiednią walidację, i tak pole „Username” przyjmuje wartości nie krótsze niż 8 znaków, adres email jedynie takie, które pasują do wyrażenia regularnego `^([w\-\.\+])@((\{0-9\}{1,3}\.){3}\{0-9\}{1,3}\)|((\w\-\+\.)+)([a-zA-Z]{2,4}))$`. Pola hasła muszą być nie krótsze niż 8 znaków i równe sobie. Do utworzenia tego widoku konieczne było napisanie jedynie dwustu-trzynastu linii kodu.

Account Registration

Username: ①

Email address: ②

Password: ③

Repeat password: ④

☐ I accept terms and conditions. ⑤

Register

Rys. 3. Widok portletu rejestracji (źródło: opracowanie własne)

IMPLEMENTACJA SYSTEMU POWIADOMIEŃ

System powiadomień został zaimplementowany w oparciu o wbudowane mechanizmy rozszerzające funkcjonalności narzędzia Quartz oraz wbudowanego narzędzia do wysyłania wiadomości e-mail. Narzędzie to pozwala na cykliczne wykonywanie jakiejś czynności w tle, która może być wykonywana o danej godzinie każdego dnia, co pewien odstęp czasu lub raz na kilka dni.

W projekcie MyGarden wykorzystano wbudowany system „nasłuchu”, który jest w pełni konfigurowalny z poziomu pliku konfiguracyjnego *liferay-portlet.xml*. Pozwala on na konfigurację wymienioną powyżej: w ramach określonych dni, godzin czy też przy określonym interwale czasu.

Aby uniezależnić go od jakiegokolwiek z użytecznych, widzianych dla użytkownika portletów, implementację dodano na poziomie usługi, rozszerzając przy tym funkcjonalność usługi wygenerowanej przez narzędzie Service Builder. System ten wykorzystano w aplikacji do utworzenia funkcjonalności takich jak:

- przypomnienia o notatkach utworzonych w ramach konkretnego projektu,
- okresowe przypomnienia o braku aktywności na portalu MyGarden.

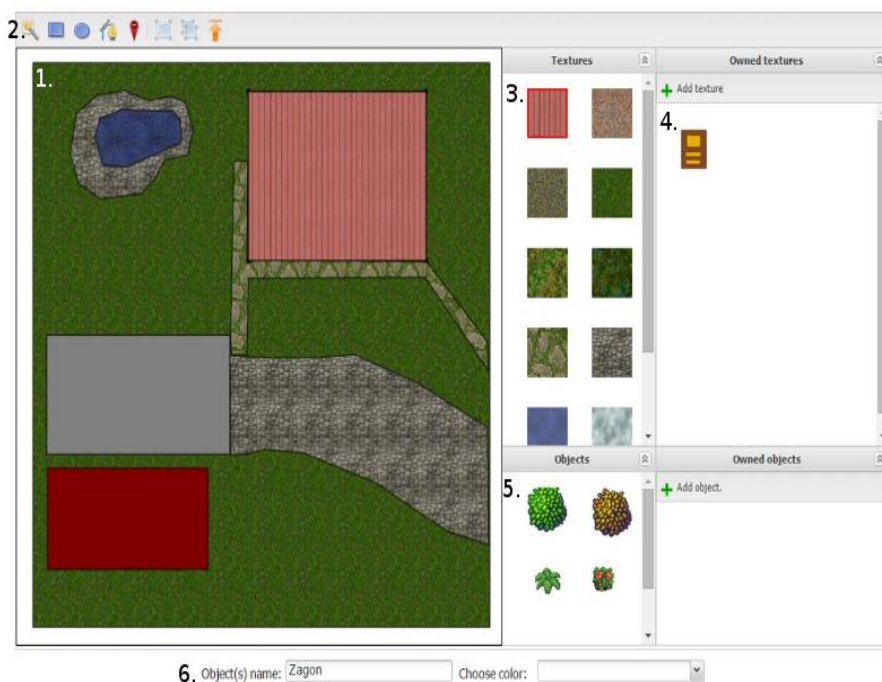
Klasa wysyłająca powiadomienia *NotificationListener* implementuje interfejs *MessageListener* [4] oraz co za tym idzie metodę *receive* wywoływaną podczas uruchomienia zadania. Wiadomość, która jest wysyłana do użytkownika jest w formacie HTML, co pozwala na zdefiniowanie szablonu.

Wyszukiwanie notatek odpowiednich dla danego momentu odbywa się przy pomocy znanego z Hibernate mechanizmu **dynamicQuery**. Ustawiane są wartości takie jak data i czas. Uwzględniana jest preferowana strefa czasowa użytkownika tak, aby każdy użytkownik z każdego miejsca na ziemi otrzymał powiadomienie w momencie zgodnym z jego strefą czasową.

IMPLEMENTACJA EDYTORA MAPY

Edytor mapy zrealizowany został jako rozszerzenie jQuery na bazie elementu canvas, przy użyciu biblioteki jCanvas. Każdy obiekt na mapie działki jest osobną warstwą, takie podejście umożliwia łatwą edycję warstw (zmianę rozmiaru, położenia, koloru etc.). Rysunek 4 przedstawia finalny wygląd edytora. Poniżej zostały opisane poszczególne elementy.

Obszar roboczy edytora (canvas) został oznaczony numerem 1. Dostęp do poszczególnych narzędzi umożliwia pasek narzędzi (numer 2), są to kolejno od lewej:



Rys. 4. Edytor mapy (źródło: opracowanie własne)

- **Narzędzie zaznaczania**

Pozwala na zaznaczenie jednej lub wielu warstw. Jeżeli obiekt należy do grupy, to zaznaczane są wszystkie obiekty należące do grupy. Po zaznaczeniu można zmodyfikować rozmiar i położenie obiektów. Uaktywniają się też pola 3 i 6 pozwalające na zmianę nazwy warstwy lub grupy oraz zmianę wypełnienia – możliwość wybrania koloru lub tekstury. Możliwe jest też dodanie własnych tekstur (pole 4).

- **Rysowanie prostokątów**

Narzędzie pozwala na rysowanie prostokątów i kwadratów, przy wykorzystaniu warstwy typu *rectangle*.

- **Rysowanie okręgów oraz elips**

Narzędzie pozwala na rysowanie elips i okręgów, przy wykorzystaniu warstwy typu *ellipse*.

- **Rysowanie wielokątów**

Narzędzie to pozwala na rysowanie dowolnych wielokątów poprzez definiowanie kolejnych punktów przy wykorzystaniu warstwy typu *line*.

- **Usuwanie obiektów**

Pozwala na usuwanie obiektów, można usuwać pojedyncze obiekty oraz całe grupy. Przed usunięciem pojawia się okno dialogowe z prośbą o potwierdzenie.

- **Grupowanie obiektów**

- **Rozdzielanie grup**

- **Przesuwanie obiektów na wierzch**

Modyfikację rozmiarów warstw zrealizowano w następujący sposób. W trakcie zaznaczania warstw dodawane są warstwy symbolizujące wierzchołki obiektów (zwizualizowane w postaci czarnych kwadratów). Przy tworzeniu takich warstw dodawany jest do nich parametr *draggable* ustawiony na *true*, dzięki czemu możliwe jest ich przesuwanie. Po utworzeniu warstw standardowe pola x i y zastępowane są przez właściwości (ang. *properties*), dzięki czemu przy próbie odczytu lub zapisu wykonywane odpowiednio funkcje *get* oraz *set*. Takie rozwiązanie umożliwia automatyczne przenoszenie położenia przesuwanej warstwy na odpowiadający jej wierzchołek modyfikowanego obiektu.

Grupowanie zrealizowane zostało na bazie istniejącego w *jCanvas* mechanizmu. Każda warstwa może posiadać pole *groups* będące tablicą. Każda warstwa symbolizująca obszar działki należy do grupy *areas* oraz do grupy

której nazwa jest generowana dla każdej warstwy osobno. Pozwala to na późniejsze użycie tego samego pola w bazie danych do powiązania notatki z grupą bądź pojedynczym obszarem. Dodatkowo każdy obszar posiada tablicę zawierającą nazwy grup wprowadzone przez użytkownika – *userName*. Ponieważ grupa *areas* jest wykorzystywana tylko wewnętrznie nie posiada nazwy przyjaznej użytkownikowi, więc nazwa n-tej grupy znajduje się na pozycji n-1. Dodanie obiektów do grupy sprowadza się do wygenerowania *groupId*, wstawienia go na koniec tablicy *groups* we wszystkich grupowanych warstwach oraz wstawienie nazwy grupy do tablicy *userName* również we wszystkich warstwach.

Wykorzystanie koncepcji stosu umożliwia zapisanie historii grupowań. Przykład: grupujemy dwie warstwy a następnie powstałą grupę grupujemy z trzecią warstwą, po rozdzieleniu otrzymujemy warstwę oraz grupę dwóch warstw, które możemy dalej rozdzielać.

Po każdej modyfikacji warstwy (rozmiar, położenie, wypełnienie) żeby zobaczyć zmiany należy przerysować mapę. Dotyczy to też warstw które są w danej chwili rysowane, inaczej nie będzie można zobaczyć zmian na bieżąco. Jednakże zbyt częste odświeżanie powoduje utratę płynności działania. Przyjęto wartość 25 klatek na sekundę wzorując się na systemie PAL [5]. Dzięki czemu obraz jest odświeżany wystarczająco często, aby stwarzać wrażenie płynności, ale nie na tyle często aby powodować problemy.

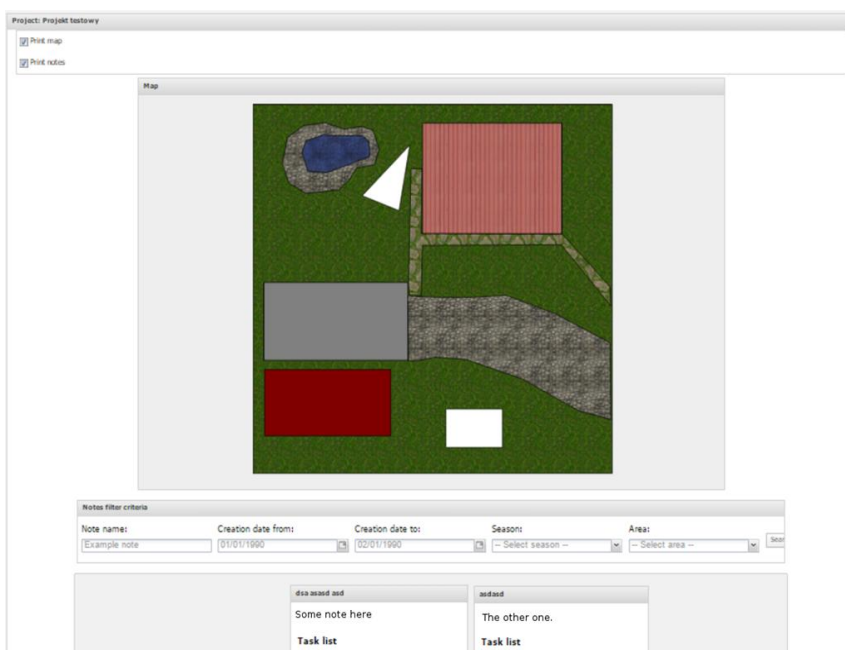
Zapis stanu mapy realizowany poprzez utworzenie tablicy zawierającej obiekty odzwierciedlające stan warstw. Następnie tablica wysyłana jest na serwer, gdzie następuje parsowanie i zapis każdego obiektu do osobnej encji.

IMPLEMENTACJA MODUŁU DRUKOWANIA PROJEKTU

Użytkownik ma możliwość wyboru elementów do drukowania. Wybór odbywa się dzięki dwóm funkcjonalnościom:

- dwa pola wyboru typu checkbox, z których jedno reprezentuje wydruk mapy, a drugie wydruk notatek. W związku z tym, że podstawowym wymaganiem jest możliwość zaznaczenia obu tych pól, niniejsza funkcjonalność nie mogła zostać zaimplementowana przy pomocy przycisku typu radio. Niemniej jednak należało stworzyć mechanizm, który skutecznie zapobiegne odznaczeniu obu pól jednocześnie.
- Pole filtrowania notatek. Jeśli użytkownik wybierze wydruk notatek, może wybrać jakie notatki powinny zostać wydrukowane. Wyszukiwanie

konkretnych notatek odbywać się może poprzez wpisanie części określonego tytułu, przedziału dat utworzenia projektu, pory roku dla jakiej został on utworzony oraz odpowiedniej grupy (na przykład ścieżka, dom, oczko wodne). Implementacja funkcji filtrującej korzysta z paradygmatu dynamicznych zapytań oraz kryteriów wykorzystywanych w narzędziu Hibernate, dla implementacji stworzonej na potrzeby systemu Liferay Portal przez Liferay Inc.



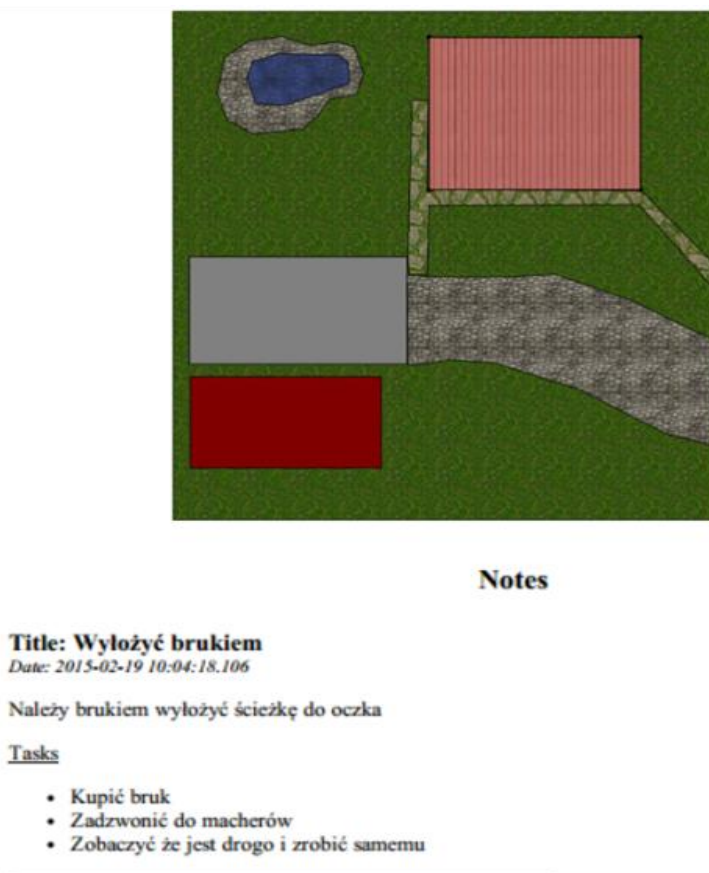
Rys. 5. Widok narzędzia drukowania
(źródło: opracowanie własne)

Sam etap generowania strony do druku, składa się z następujących kroków:

- utworzenie szablonu notatek,
- ustawienie strony kodowej,
- podmiana nazwy projektu w szablonie druku,
- jeśli należy wydrukować mapę – załadowanie mapy przekazanej do modelu przez kontroler,
- utworzenie i ostylowanie panelu notatek,
- jeśli należy wydrukować notatki, zastosowanie szablonu notatek,

- dla każdej notatki podmiana stałych szablonu na wartości,
- wywołanie metody `print()` dokumentu.

Należało także uwzględnić transformację mapy do 60 procent jej wielkości, ze względu na to, aby zmieściła się na wydruku strony A4. Całość została zrealizowana przy pomocy biblioteki jQuery. Gotowy wydruk przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Wydruk projektu testowego (źródło: opracowanie własne)

Jak widać narzędzie wymaga jeszcze dopracowania, ale w sposób stosunkowo prosty przedstawia zawartość projektu ogrodu (lub działki) wraz z konkretnymi zadaniami, jakie są wymagane. Odstąpiono od drukowania załączników ze względu na różnorodność ich typów.

MOŻLIWOŚCI DALSZEGO ROZWOJU

FUNKCJE SPOŁECZNOŚCIOWE

Jedną z możliwości rozwoju jest udostępnienie użytkownikom możliwości większej interakcji ze sobą np. chat, możliwość prowadzenia blogów, ustawianie statusu i avatara.

INTEGRACJA Z ZEWNĘTRZNYMI SERWISAMI SPOŁECZNOŚCIOWYMI

Można dać użytkownikom możliwość chwalenia się swoimi osiągnięciami w serwisach takich jak Facebook lub Twitter. Inną możliwością jest udostępnienie możliwości logowania korzystając z konta Facebook, Google lub innych.

ROZWÓJ EDYTORA

Można wzbogacić edytor o dodatkowe narzędzia np. figur składających się z krzywych rysowanie krzywych lub wspomniane narzędzie dodawania gotowych obiektów.

PODSUMOWANIE

Autorzy uznali, że najlepszym podsumowaniem pracy będzie stosowana często w metodykach zwinnych retrospekcja [6], wybrano więc często stosowany wzorzec „Gład Sad Mad” [7].

GLAD

- Udało zaimplementować się funkcjonalności podstawowe,
- Zdobyto wiedzę przydatną w dalszym rozwoju zawodowym,
- Projekt okazał się dobrą bazą rozwojową dla serwisu społecznościowego,
- Nie było większych problemów przy implementacji funkcjonalności podstawowych.

SAD

- Brak grafika w zespole spowodował, że interfejs nie jest dostatecznie estetyczny i przejrzysty
- Zabrakło funkcji społecznościowych.

MAD

- Niezgodność dokumentacji narzędzi.
- Niezgodność narzędzi ze sobą – duże problemy z integracją dla Liferay Portal i Ext JS.

Autorzy są zdecydowanie zadowoleni z wyniku swoich prac: okazało się, że technologia Java Enterprise doskonale sprawdza się przy realizacji takich projektów, pomimo wielu braków stosunku do technologii konkurencyjnych. Konkluzja główna jest taka, że gdyby ten projekt tworzony był dziś, powstałby dokładnie w tej samej technologii, z niewielką korektą na korzyść biblioteki jQuery UI zamiast Ext JS (kwestie integracyjne).

LITERATURA

- [1] Eckel B., *Thinking in Java. Edycja polska*. Wydanie IV. Gliwice: Helion, 2006.
- [2] Cass S., *Top 10 Programming Languages – IEEE Spectrum*, <http://spectrum.ieee.org/computing/software/top-10-programming-languages> (Dostęp: 18.01.2015)
- [3] Shildt H., *Java A Beginner's Guide, 6th Edition*. Oracle Press, 2014.
- [4] Varanasi B., Belida S., *Introducing Maven*. Apress, 2014.
- [5] Obe R.O., Hsu L.S., *PostgreSQL: Up and Running, 2nd Edition*, O'Reilly Media, Inc., 2014.
- [6] Liferay Inc., *Download Liferay Portal | Liferay*, <http://www.liferay.com/downloads/liferay-portal/available-releases> (Dostęp: 25.01.2015)
- [7] Encyklopedia PWN. <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/brzytwa-Ockhama;3881454.html>. (Dostęp: 25.01.2015)
- [8] Kimberlin M., *Reducing Boilerplate Code with Project Lombok* <http://jnb.ociweb.com/jnb/jnbJan2010.html>. (Dostęp: 21.06.2015)
- [9] Lawson B., Sharp R., *Wprowadzenie do HTML5*. Helion, 2011.
- [10] Powers S., *JavaScript. Wprowadzenie*. Helion, 2012.

INFORMACJE O AUTORACH

SEBASTIAN BIAŁASZ	Koło Naukowe Katedry Procesów Polimerowych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
JAKUB DUŃKO	Koło Naukowe „MicroChip” Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PIOTR FILIPEK	Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
ŻAKLIN GRĄDZ	Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PAWEŁ JERUZALSKI	Koło Naukowe „MicroChip” Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
DOMINIKA KALINOWSKA	Koło Naukowe „MicroChip” Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
TOMASZ KLEPKA	Katedra Procesów Polimerowych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
KRZYSZTOF KRUK	Koło Naukowe „MicroChip” Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
MICHAŁ KWIATKOWSKI	Instytut Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska

PAWEŁ A. MAZUREK	Instytut Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
BARTŁOMIEJ MATA CZ	Koło Naukowe „MicroChip” Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
GRZEGORZ MIĄ CZ	Koło Naukowe „PENTAGON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska”
ARTUR MICHAŁOWSKI	Koło Naukowe „PENTAGON Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
ANNA PACZEK	Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
JOANNA PAWŁAT	Instytut Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
WIOLETA PLUTA	Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
PIOTR PRZECH	Katedra Procesów Polimerowych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
KATARZYNA PRZYTUŁA	Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
TOMASZ SIROŃ	Koło Naukowe „MicroChip” Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska

JOANNA ŚLIWA	Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
NADZEYA VIKTAROVICH	Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
TOMASZ WAWRYSZUK	Koło Naukowe „MicroChip” Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska
PAULINA WOŹNIAK	Koło Naukowe Plazmatic Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
DARIUSZ ZIELIŃSKI	Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
JAROSŁAW ZUBRZYCKI	Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych Wydział Mechaniczny Politechnika Lubelska

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

KOŁO NAUKOWE ELEKTROEKOLOGÓW ELMECOL



Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL jest kołem działającym przy Instytucie Elektrotechniki i Elektrotechnologii (IEiE) 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 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/>.



Koło Naukowe Elektroników MICROCHIP działa przy instytucie Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Lubelskiej. W poprzednich latach opiekunami Koła byli dr inż. Wojciech Surtel oraz mgr inż. Krzysztof Król. Obecnie funkcję tę pełni mgr inż. Marcin Maciejewski.

Celem działalności Koła jest kształcenie z zakresu projektowania układów elektronicznych oraz programowania mikrokontrolerów. Realizowane jest to poprzez wewnętrzne szkolenia, organizowane przez członków Koła oraz uczestniczenie w projektach, związanych z budową robotów mobilnych. W ostatnim czasie Koło organizowało szkolenia z zakresu programowania mikrokontrolerów AVR w języku C. Dodatkowo prowadziło szkolenia z podstaw wiedzy elektronicznej, a także projektowania układów elektronicznych analogowych i cyfrowych. Obecnie skupia się na projekcie budowy robota mobilnego na zawody ERC 2014.

Zebrania Koła Naukowego MICROCHIP odbywają się we środy o godzinie 18 w Sali S10 w Instytucie Informatyki Politechniki Lubelskiej. Koło zrzesza 16 osób, wśród których znajdują się studenci Elektrotechniki, Informatyki i Mechatroniki (Wydział Elektrotechniki i Informatyki), a także Inżynierii Biomedycznej oraz Mechaniki i Budowy Maszyn (Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej).

Więcej informacji dotyczących KN MICROCHIP można znaleźć na stronie: <http://microchip.politechnika.lublin.pl/>

Koło Naukowe Informatyki „Grupa .Net Politechniki Lubelskiej” jest Kołem działającym przy Instytucie Informatyki na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem koła jest mgr inż. Marcin Badurowicz.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie Koła jest nauka tworzenia aplikacji dla platform Windows, Windows Phone oraz Windows Azure z wykorzystaniem języka C#. Prowadzone są prezentacje na temat tych dziedzin jak również inżynierii oprogramowania, testów, programowania gier i wielu innych.

Obecnie do Grupy .Net należy kilkanaścioro studentów Politechniki, niemniej cotygodniowe spotkania w formie wykładów oraz warsztatów gromadzą szeroką publiczność osób nie zawsze związanych z rdzeniem Koła. Prowadzący wykłady i warsztaty to zarówno studenci, jak i zaproszeni pracownicy zaprzyjaźnionych firm. Spotkania najczęściej odbywają się w jednej z sal wykładowych budynku Instytutu Informatyki (Pentagon).

Studenci Koła organizują między innymi studencką konferencję informatyczną IT Academic Day, której zeszłoroczna edycja zgromadziła ponad setkę studentów z lubelskich uczelni; organizowane są również całodniowe warsztaty CodeCamp, w ramach których budowane są aplikacje i gry dostępne później dla platform Windows.

Więcej informacji i aktualności dotyczących działalności Grupy .Net można znaleźć na stronie <http://codeguru.geekclub.pl/grupy/developers>.



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. Obecnie do Koła Naukowego MELJON należy 8 studentów z Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie Koła to prace nad:

- badaniami 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);
- badaniami dotyczącymi nieniszczących metod kontroli stanu izolacji wysokonapięciowych transformatorów energetycznych;
- budową stanowiska pomiarowego do badania izolacji papierowo-olejowej metodą PDC;
- budową oraz uruchomieniem stanowiska pokazowo-diagnostycznego wyposażonego w transformator Tesli.

Członkowie koła aktywnie uczestniczą w konferencjach i sympozjach naukowych, m.in. w międzynarodowych konferencjach ION oraz NEET, Ogólnopolskiej Konferencji Studenckiej „Nowoczesne Metody Doświadczalnej 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>.



Koło Naukowe Elektryków "Napęd i Automatyka" działa przy Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Jego założycielem i pierwszym opiekunem był dr inż. Wojciech Jarzyna, a obecnie tę funkcję pełni 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 i Maszyn Elektrycznych poznają nowoczesne urządzenia zautomatyzowanych napędów elektrycznych, badają i opracowują własne projekty.

Zainteresowania członków Koła podzielić można na pięć obszarów tematycznych:

- Sterowanie dyskretne systemów napędowych w zautomatyzowanych układach sterowania PLC
- Problemy optymalnego wyboru układu napędowego dla zespołu technologicznego
- Energoelektronika i układy mikroprocesorowego sterowania napędami elektrycznymi, w tym układy z DSP
- Układy napędowe zasilane z fotowoltaicznych źródeł energii
- 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>.

INFORMACJE O V SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

ORGANIZATORZY V SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

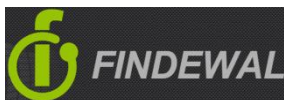
1. Urząd Miasta Lublin
2. Koło Naukowe Elektryków „NAPĘD i AUTOMATYKA”
3. Koło Naukowe Elektroekologów „ELMECOL”
4. Koło Naukowe Informatyki „PENTAGON”
5. Koło Naukowe Materiałoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć „MELJON”
6. Studencka Sekcja Stowarzyszenia Elektryków Polskich
7. Samorząd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

KOMITET NAUKOWY V 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. Antoni Świć
5. prof. dr hab. inż. Andrzej Wac-Włodarczyk
6. prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik
7. dr hab. inż. Dariusz Czerwiński, prof. PL
8. dr hab. Stanisław Grzegórski, prof. PL
9. dr hab. inż. Wojciech Jarzyna, prof. PL
10. dr hab. inż. Czesław Karwat, prof. PL
11. dr hab. inż. Piotr Kisała, prof. PL
12. dr hab. inż. Jan Kolano, prof. PL
13. dr hab. inż. Andrzej Kotyra, prof. PL
14. dr hab. inż. Jerzy Montusiewicz, prof. PL
15. dr hab. inż. Jarosław Sikora, prof. PL
16. dr hab. inż. Paweł Surdacki, prof. PL
17. dr inż. Marek Miłosz

1. dr inż. Piotr Z. Filipek – przewodniczący
2. mgr inż. Maciej Laskowski
3. dr inż. Tomasz N. Kołtunowicz
4. dr inż. Paweł A. Mazurek

**SPONSORZY V SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW
I INFORMATYKÓW**



DZIĘKUJEMY!!!

PATRONI V 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*

