



Problemy Współczesnej Inżynierii

# Elektrotechnologie



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

# Problemy Współczesnej Inżynierii Elektrotechnologie

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



Politechnika Lubelska  
Lublin 2014

Recenzenci:  
członkowie Komitetu Naukowego IV Sympozjum Elektryków i Informatyków

Skład: Tomasz N. Kołtunowicz

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2014

ISBN: 978-83-7947-073-0

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](http://www.biblioteka.pollub.pl)  
Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak  
[www.agencjatop.pl](http://www.agencjatop.pl)

---

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL [www.bc.pollub.pl](http://www.bc.pollub.pl)  
Nakład: 100 egz.

## SPIS TREŚCI

Paweł A. MAZUREK, Maciej LASKOWSKI, Tomasz N. KOŁTUNOWICZ, Piotr Z. FILIPEK, PRZEDMOWA	7
1 Jakub DUŃKO PROJEKT BUDOWY ROBOTA MOBILNEGO NA ZAWODY EUROPEAN ROVER CHALLENGE 2014	9
2 Katarzyna GAŻWA, Patryk GAŻWA, Arkadiusz SPRAWKA, Paweł JOPEK, Tomasz SZYBORSKI, Tomasz ZĄBEK, Piotr Walaszczyk, Łukasz KRAKOWIAK OVERCLOCKING	30
3 Maria GIEROBA, Beata KUFLEWSKA, Dariusz CZERWIŃSKI, Tomasz GIŻEWSKI PROJEKT INSTALACJI DO POMIARU TEMPERATURY W KOMORZE DO HODOWLI KOMÓRKOWEJ	38
4 Michał GOŁĄBEK, Jan KOLANO WYKORZYSTANIE ENERGII SŁONECZNEJ DO ZASILANIA NAPĘDÓW URZĄDZEŃ KLIMATYZACJI I WENTYLACJI	51
5 Bartosz KANIA CYFROWE UKŁADY AUTOMATYCZNEJ REGULACJI NATĘŻENIA PRĄDU TERMOEMISJI ELEKTRONOWEJ W ŹRÓDŁACH ELEKTRONÓW Z GORĄCĄ KATODĄ	59
6 Grzegorz MASŁOWSKI, Paweł A. MAZUREK WYBRANE ZAGADNIENIA BADANIA KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ INSTALACJI ALARMOWYCH	76
7 Mateusz ŻARKOWSKI CAN ROBOTS BE RACIST? SHORTCOMINGS OF MACHINE LEARNING IN SOCIAL ROBOTICS	93
8 Hubert PRZYWARA INTELIGENTNY SYSTEM BUDYNKOWY LCN W ZARZĄDZANIU INSTALACJĄ ELEKTRYCZNĄ BUDYNKU WYSOKOŚCIOWEGO	103

9 Żaklin GRĄDZ, Piotr FILIPEK	116
OCENA PRACY SYSTEMU KLIMATYZACJI I OŚWIETLENIA LED ZASILONYCH Z MODUŁÓW PV ORAZ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ	
SPIS AUTORÓW	125
INFORMACJE O KOŁACH NAUKOWYCH UCZESTNICZĄCYCH W IV SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	128
INFORMACJE O IV SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	141
SPONSORZY IV SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	143
PATRONI IV SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	144

## **PRZEDMOWA**

*Szanowni Uczestnicy i Sympatycy Sympozjum, Czytelnicy*

*Oddana w Państwa ręce monografia jest opracowaniem naukowym zawierającym wybrane recenzowane referaty wygłoszone na IV Sympozjum Naukowym Elektryków i Informatyków SNEiI2014, które kolejny raz odbyło się z inicjatywy studentów, członków i opiekunów kół naukowych zrzeszonych na Politechnice Lubelskiej oraz Samorządu Studenckiego Politechniki Lubelskiej w dniach 6–7 marca 2014 r. na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.*

*Celem tego naukowego wydarzenia, była i jest, wymiana informacji i doświadczeń we wskazanych obszarach wśród młodej społeczności akademickiej oraz przedstawicieli władz miasta i przemysłu w regionie. Nowością było zorganizowanie cyklu warsztatów dla studentów – członków kół naukowych z zakresu informatyki oraz programowania sterowników.*

*Zakładany przez Komitet Organizacyjny Sympozjum zakres rozważań był i jest szeroki, bowiem pokrywa problematykę teorii i zastosowań elektrotechniki, mechatroniki oraz informatyki w badaniach naukowych, edukacji i przemyśle. Znaczna liczba artykułów pokonferencyjnych i ich wysoka jakość merytoryczna ponownie zmobilizowała nas do opublikowania monografii w wersji dwutomowej, rozdzielonej tematycznie tym razem na Technologie programistyczne oraz Elektrotechnologie.*

*Jako redaktorzy monografii pokonferencyjnych i współorganizatorzy Sympozjum cieszymy się, że niniejsza inicjatywa ciągle wykazuje bardzo pozytywny odbiór zarówno środowiska akademickiego, jak i lubelskiego przemysłu. Tak jak w poprzednich wydarzeniach aktywnie uczestniczyli w naszym sympozjum przedstawiciele regionalnych i lubelskich uczelni – Uniwersytetu Medycznego, Uniwersytetu Przyrodniczego, Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji oraz Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Chełmie.*

*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.*



*Symposium oraz publikacje pokonferencyjne 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 także do firm, które sponsoringiem wsparły materialnie i rzeczowo nasze Symposium, a firmie WAGO szczególnie dziękujemy za przeprowadzenie dwudniowego cyklu szkoleń z programowania sterowników PLC.*

*Szczególne podziękowania składamy prelegentom, którzy w odpowiedzi na zaproszenie Lubelskiego Oddziału SEP oraz przedstawicieli Wydziału, przedstawili referaty w sesji otwartej – Sławomirowi Cybulskiemu z ABB sp. z o.o. Mateuszowi Żarkowskiemu z Politechniki Wrocławskiej oraz Pawłowi Prokopowi z Grupy Projektowej KONCEPT. Podziękowania składamy również panu Michałowi Furmankowi z Departamentu Rozwoju i Obsługi Inwestorów Urzędu Miasta Lublin za pomoc oraz prezentację multimedialną prezentującą wsparcie inicjatyw akademickich przez władze miasta.*

*W trakcie Symposium studenci i uczestnicy mogli też zapoznać się z prezentacją Ruchomej Stacji Pomiarowej wykorzystywanej przez Delegaturę Urzędu Komunikacji Elektronicznej w Lublinie, a także mieli możliwość uczestniczenia w pokazie minipaneli podzespołów pneumatyki firmy SMC prowadzonym przez SMC.*

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

*Zachęcamy uczestników Symposium i Czytelników do zapoznania się z wszystkimi tomami monografii pokonferencyjnych – technologiami programistycznymi, technologiami informacyjnymi oraz elektrotechnologiami.*

*Z życzeniami milej lektury,*

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

## **PROJEKT BUDOWY ROBOTA MOBILNEGO NA ZAWODY EUROPEAN ROVER CHALLENGE 2014**

### **WPROWADZENIE**

Organizatorem ERC 2014 jest Mars Society Polska, we współpracy z firmą Planet PR, Urzędem Marszałkowskim Województwa Świętokrzyskiego, Regionalnym Centrum Naukowo-Technologicznym w Podzamczu k. Chęciny, ABM Space Education oraz Austriackim Forum Kosmicznym. Zawody odbędą się w dniach 5–7 września.

Rywalizacja w ERC polega na wykonaniu jak najdokładniej i w jak najkrótszym czasie czterech zadań symulujących pracę łazika na Marsie. 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.

Robot startujący w zawodach ma za zadanie pokonać piaszczysty i kamienisty teren nawigując po wyznaczonej drodze, wykonywać prace przy panelach obsługi urządzenia, pobrać próbki gleby trzema różnymi metodami, a także przetransportować specjalny przedmiot pomiędzy dwoma wyznaczonymi miejscami. Do wykonania są więc zadania: nawigacyjne, inżynierskie, badawcze oraz transportowe.

Koło Naukowe Elektroników „MicroChip” opracowało projekt budowy takiego robota. Dokumentacja, opisująca postęp prac, została podzielona na trzy główne części: mechaniczną, elektroniczną i informatyczną. Zostaną one przedstawione w kilku etapach, zaczynając od samej analizy wymagań, a kończąc na praktycznym wykonaniu.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Elektroniki i Technik Informatycznych, Koło Naukowe MICROCHIP

## **BUDOWA CZĘŚCI MECHANICZNEJ**

### **PODSTAWA – KADŁUB**

Maksymalne wymiary zewnętrzne ustalono, biorąc pod uwagę ilość potrzebnego miejsca na wszystkie podzespoły, a także możliwość i łatwość transportu dostępnymi środkami. Ustalono, że łożyk nie będzie większy niż 1000×800×600 mm (dł./szer./wys.). Wymiary samego korpusu to 800×500×300 mm. Trwają prace nad projektem w systemie CAD. Na materiał, z którego wykonany będzie kadłub wybrano początkowo PC (dobry stosunek wytrzymałości do wagi, wolniejsze nagrzewanie się), jednak ze względu na lepszą dostępność i łatwą obrabialność zdecydowano się na aluminium.

### **NAPĘD**

Łażyk będzie miał 6 kół, z czego każde na niezależnej półosi. Da to wymaganą na nierównym terenie stabilność oraz zapobiegnie zaklinowaniu się kół robota np. pomiędzy skałami. Żadna z osi nie będzie skrętna – obrót łożyka będzie realizowany przez przeciwbieżne napędzanie silników. Będą ona napędzać 4 skrajne koła, środkowe półosie pozostaną pasywne.

### **MANIPULATOR**

Wykonany będzie z aluminium, podobnie jak kadłub. Będzie składał się z dwóch członów oraz chwytaka, co da sześć stopni swobody:

- 1) obrót osiowy przy kadłubie
- 2) przeguby 1-osiowe:
  - a) przy podstawie
  - b) między pierwszym a drugim członem
  - c) między drugim członem a chwytakiem
- 3) obrót osiowy chwytaka
- 4) odległość między szczękami

Zapewni to wystarczająca dokładność przy obsłudze panelu urządzenia w jednym z zadań. Manipulator będzie umieszczony 100 mm od środka kadłuba w stronę przedniej jego części. Zwiększy to jego praktyczny zasięg podczas

zadania badawczego i inżynierskiego. Pierwszy człon będzie miał długość 500 mm, drugi 350 mm, z kolei chwytak 150 mm. Dzięki temu cały manipulator będzie mógł złożyć się, przylegając ściśle do kadłuba i nie wychodząc poza jego brzegi. Całkowita długość wyniesie 1000 mm.

Obrót osiowy pierwszego członu będzie realizowany z maksymalnym kątem  $180^\circ$  w obie strony, a w przypadku chwytaka  $-90^\circ$ . Pierwszy człon będzie zginać się względem kadłuba maksymalnie o  $90^\circ$  w obu kierunkach, podobnie jak chwytak względem członu drugiego. Kąty między członami będą zawierać się w przedziale  $0 - 180^\circ$  (odpowiednio dla manipulatora wyprostowanego oraz złożonego).

Zakładany udźwig to 1 kg na wysięgu, nie wliczając masy samego manipulatora. Będzie on dodatkowo wyposażony w świder oraz przyrząd do pobierania próbki luźnej gleby umieszczone przeciwobnie i montowane przy chwytaku. Schemat całej konstrukcji łazika jest obecnie w przygotowaniu.

## **PROJEKT I WYKONANIE CZĘŚCI ELEKTRONICZNEJ**

### **SILNIKI**

Aby zapewnić pewne poruszanie się po piaszczystym i nierównym terenie, jako napęd kadłuba wybrano motoreduktory o napięciu 24 V i ciągłym poborze prądu wynoszącym maksymalnie 3A. Ponieważ zdecydowano się na napędzanie tylko cztery z sześciu pól, konieczne było wybranie silnika o większym napięciu znamionowym przy niezmienionej wartości prądu. Dzięki temu uzyskano moc porównywalną z mocą napędu sześciosilnikowego konkurencyjnych konstrukcji. Jednocześnie ciepło generowane na sterownikach pozostaje na tym samym poziomie, zapobiegając przegrzewaniu się tranzystorów mocy i zmniejszając ryzyko uszkodzeń cieplnych całego układu.

Zgodnie z założonym wcześniej udźwigiem, jako napęd członów manipulatora wybrano motoreduktor 12 V o prędkości obrotowej do 3 obr/min. W przegubie przy podstawie umieszczone będą przeciwbieżnie dwa motoreduktory, co zapewni zwiększenie momentu w miejscu najbardziej obciążonym przez konstrukcję i wyposażenie manipulatora. Ponieważ na obrót przy podstawie oraz między członami przypadać będzie po jednym silniku, łącznie będzie ich cztery.

Głównym elementem wyposażenia manipulatora jest chwytak o trzech stopniach swobody, przy czym dla każdego z nich przewidziany jest jeden serwomechanizm o napięciu znamionowym 5 V i momencie 13 kg·cm (1,3 Nm). Aby umożliwić pobranie próbek gleby trzema różnymi metodami, konieczne będzie użycie jeszcze dwóch niewielkich silników DC. Jeden z nich będzie zapewniał obrót świdra, natomiast drugi obrót całego przyrządu tak, aby ustawiać w kierunku ziemi albo świder, albo nabierak. Przy odpowiednim umocowaniu całości do drugiego członu ramienia będzie możliwe uchwycenie kawałka skały (chwytak), pobranie próbki luźnego gruntu (nabierak), albo też wywiercenie otworu w ziemi i pobranie zwartej porcji gleby (świder). Ponieważ we wszystkich zadaniach robot nie musi mieć tej samej konfiguracji, cały przyrząd będzie domontowany tylko na czas wykonywania zadania badawczego. W przedniej części kadłuba zostaną umieszczone pojemniki na pobrane próbki.

## **ELEMENTY WYPOSAŻENIA**

Zadanie nawigacyjne nakłada konieczność ciągłego przesyłania informacji o położeniu łazika. Rozwiązaniem najbardziej funkcjonalnym i jednocześnie najprostszym jest skorzystanie z gotowego modułu GPS. Układ taki na swoim PCB zawiera wszystko, co jest potrzebne do prawidłowego działania, należy jedynie zapewnić dla niego zasilanie. Komunikacja z modułem odbywać się będzie z wykorzystaniem interfejsu RS-232, który jest powszechnie wykorzystywany w tego typu układach.

Aby zmierzyć prąd i napięcie na przeznaczonych do tego końcówkach umieszczonych w panelu urządzenia (w zadaniu inżynierskim), konieczne jest umieszczenie elektrod na chwytaku. Ustalono, że pomiary będą wykonywane na dwóch różnych parach elektrod (będą nimi blaszki miedziane). Umieszczone zostaną na wewnętrznej i zewnętrznej części chwytaka. Z jednej strony (wewnętrznej lub zewnętrznej) będzie wykonywany pomiar prądu, z drugiej – napięcia. Elektrody będą połączone z jednym ze sterowników. Będzie on jednocześnie obsługiwał czujnik temperatury, który umieszczony zostanie wewnątrz kadłuba, pomiędzy głównymi elementami elektronicznymi. Dzięki temu będzie możliwość monitorowania temperatur, na jakie narażona jest część sterująca.

System wizyjny łazika składać się będzie z kamery IP oraz aparatu cyfrowego, umieszczonych na drugim członie manipulatora. Dodatkowo w przedniej części kadłuba będzie pracowała druga kamera IP (obrotowa

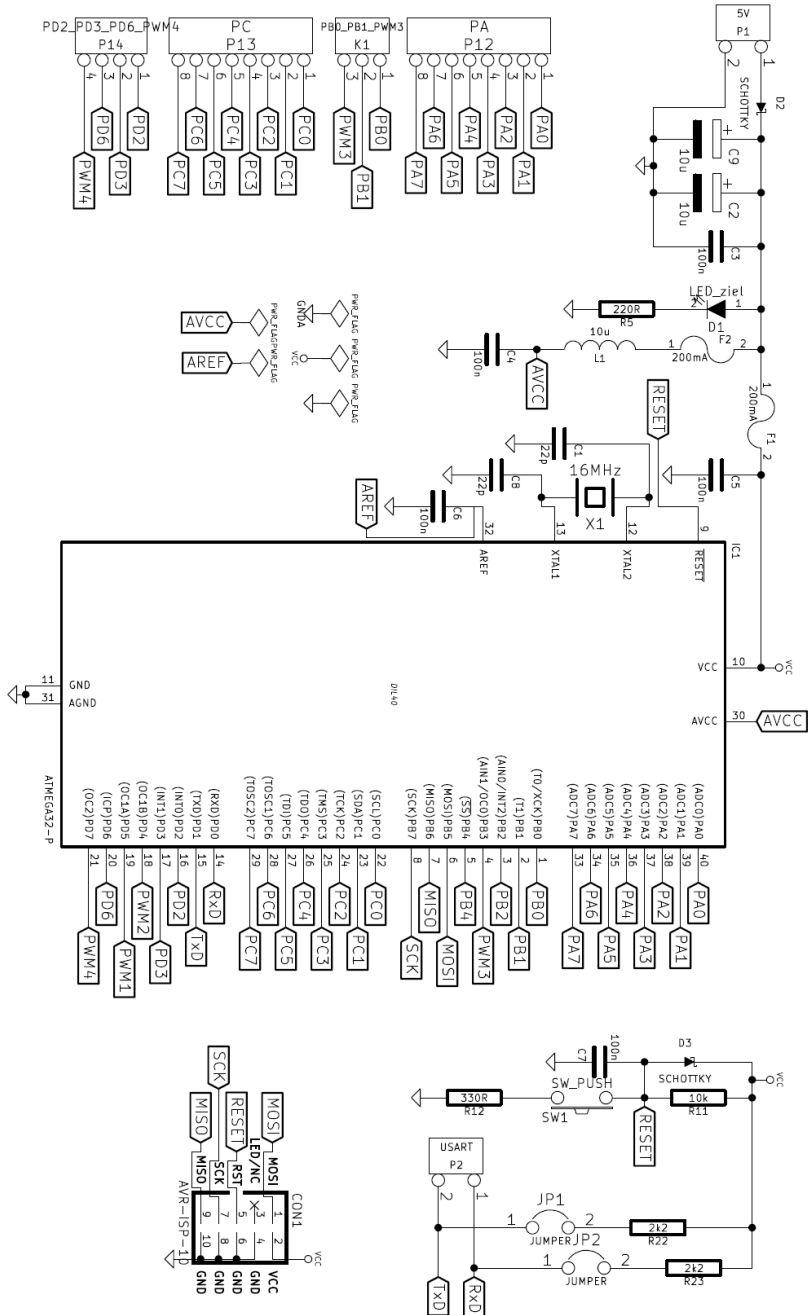
w dwóch osiach; zapewni to dobry podgląd m.in. na przeszkody w terenie). Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa będzie zmiana konfiguracji robota pomiędzy zadaniami bez obawy o utratę jego funkcjonalności; w zadaniu nawigacyjnym manipulator będzie całkowicie zbędny, co pozwoli na jego odłączenie i zmniejszenie masy robota. W zadaniu badawczym kamera na manipulatorze umożliwi pobranie próbek, aparat cyfrowy – wykonanie zdjęć miejsca ich poboru. Ta sama kamera przy obsłudze panelu urządzenia zapewni podgląd na to, w jakim położeniu względem niego znajduje się chwytak. Dzięki temu będzie można wykonać czynności wymagające dużej precyzji.

## **STEROWNIKI**

Centralna część elektroniki pokładowej robota ma zintegrować wszystkie podzespoły wykonawcze oraz umożliwić prawidłowe pracę i obsługę elementów wyposażenia, różniących się od siebie znacznie w sposobie działania. Składa się ona z trzech części (uC1, uC2, uC3).

Sterownik napędu odpowiada za dwukierunkowe sterowanie silnikami oraz umożliwia regulację ich prędkości. Został on zaprojektowany w oparciu o mikrokontroler ATmega32A (uC1, rys. 1). Jest to sterownik mocy, a więc zawiera zarówno czułe cyfrowe elementy elektroniczne, jak i analogowe, przewodzące prądy o dużych wartościach.

Sygnaly sterujące z mikrokontrolera są przekazywane przez 2 poczwórne transoptory. Zapewnia to izolację galwaniczną i umożliwia utworzenie dwóch różnych mas dla części cyfrowej (GND) oraz części silnikowej (AGND). Dzięki temu sterownik jest odporny na zakłócenia, wywołane pracą silników. Obecność elementu mocy w obwodzie mikrokontrolera mogłaby uniemożliwić jego prawidłową pracę, lub nawet spowodować jego uszkodzenie, dlatego unika się u wspólniania masy szczególnie, jeśli istnieje możliwość zasilania obu urządzeń z różnych szyn napięciowych (dla mikrokontrolera ATmega jest to 5 V, dla silników 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, diodę kontrolną czy przycisk ręcznego resetu. Na złącza kołkowe wyprowadzono piny odpowiadające za USART (RxD i TxD) a także wszystkie te, które przeznaczono do dowolnego wykorzystania.



Rys. 1. System mikroprocesorowy uC1  
(źródło: opracowanie własne)

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 dwóch lewych oraz dwóch prawych silników (rys. 2). Dzięki temu oprócz wyboru kierunku jazdy, możliwy jest obrót kadłuba w dowolnym kierunku – realizuje się to przez przeciwbieżne zasilenie silników. Regulacja prędkości odbywa się z wykorzystaniem sygnałów PWM wysyłanych przez mikrokontroler, które otwierają lub zamykają zastosowane tutaj tranzystory mocy IGBT (maksymalny prąd kolektora 14 A).

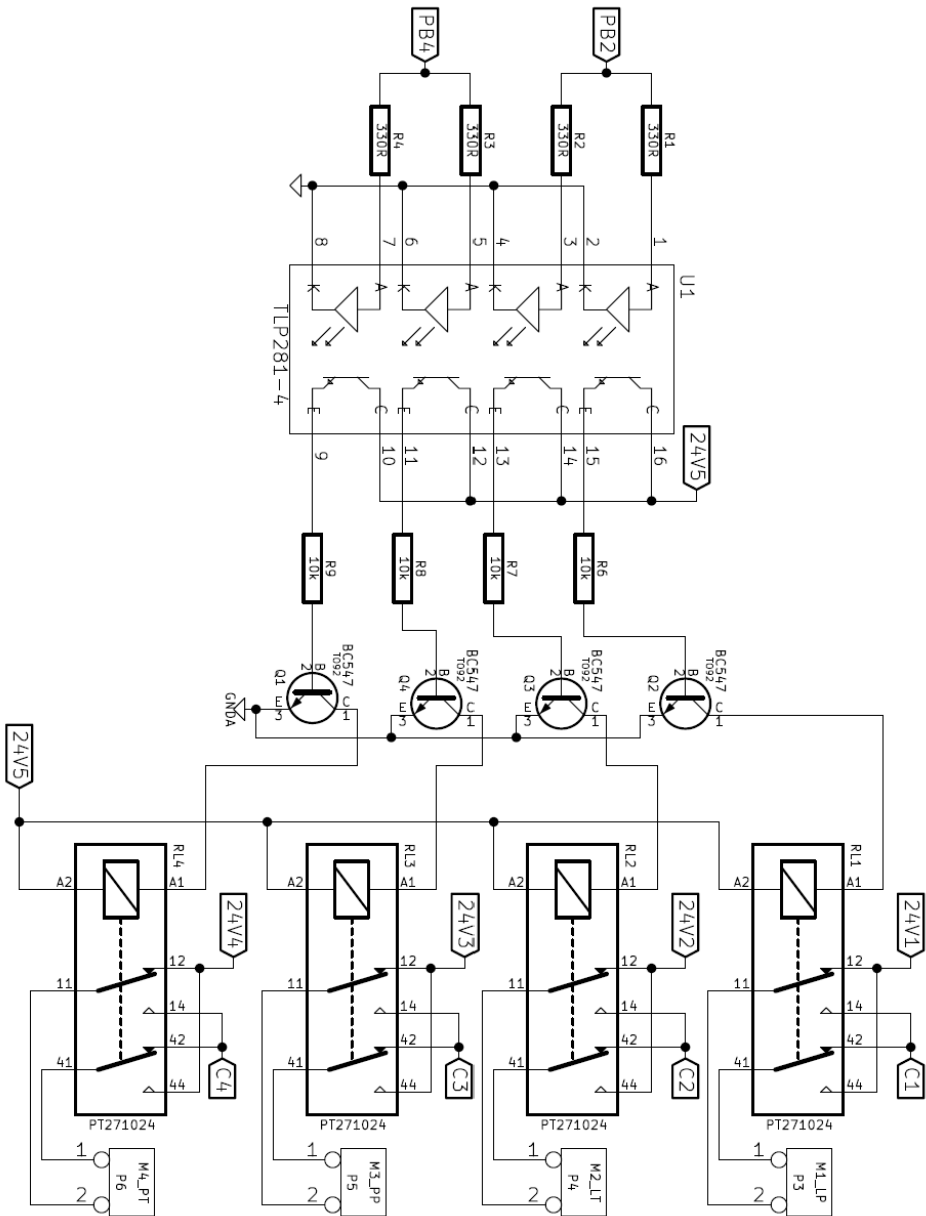
Zarówno przełączniki, jak i tranzystory charakteryzują się wartością prądu maksymalnego dużo większą, niż wartość prądu ciągłego silników napędowych. Zapewnia to odporność na przegrzewanie się w przypadku skoku wartości prądu zasilającego silniki np. w momencie zablokowania kół o skały. Daje to możliwości rozwojowe dla projektu, ponieważ jeśli zajdzie potrzeba zwiększenia mocy silników, sterownik napędu będzie na to przygotowany.

Część zasilająca posiada cztery bezpieczniki oddzielnie dla każdego z silników oraz jeden wspólny dla przełączników. Dzięki zmniejszona jest awaryjność robota. Bezpieczniki można wymieniać w zależności od przewidywanego prądu szczytowego silnika (powyżej 3 A). Do tranzystorów mocy konieczne jest przymocowanie radiatorów odprowadzających ciepło.

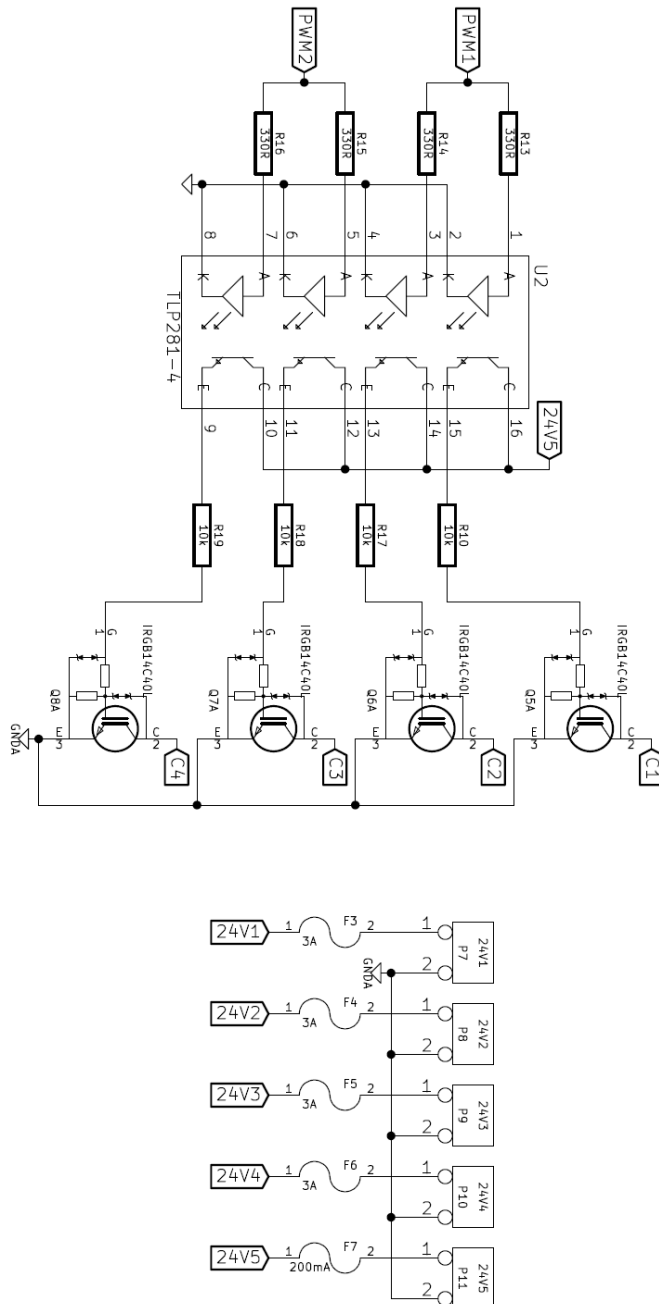
Dwa wyprowadzenia mikrokontrolera, odpowiadające za kierunek obrotu silników połączono z pierwszym z transoptorów, natomiast dwa kanały PWM z drugim z nich (rys. 3).

Do celów testowych zaprojektowano sterownik, działający na tych samych zasadach, co docelowy. Posiada on cztery przełączniki o pojedynczej parze styków oraz dwa tranzystory mocy (rys. 4). Po połączeniu z dowolnym mikrokontrolerem można z niego dwukierunkowo zasilać dwa silniki oraz regulować prędkość wykorzystując PWM. Na rysunku 5 widoczny jest schemat obwodu drukowanego sterownika. Na jego podstawie stworzono maski do produkcji PCB. Do fizycznego wykonania wykorzystano metodę fotolitografii, posługując się folią pokrytą fotoutwardzalnym polimerem.

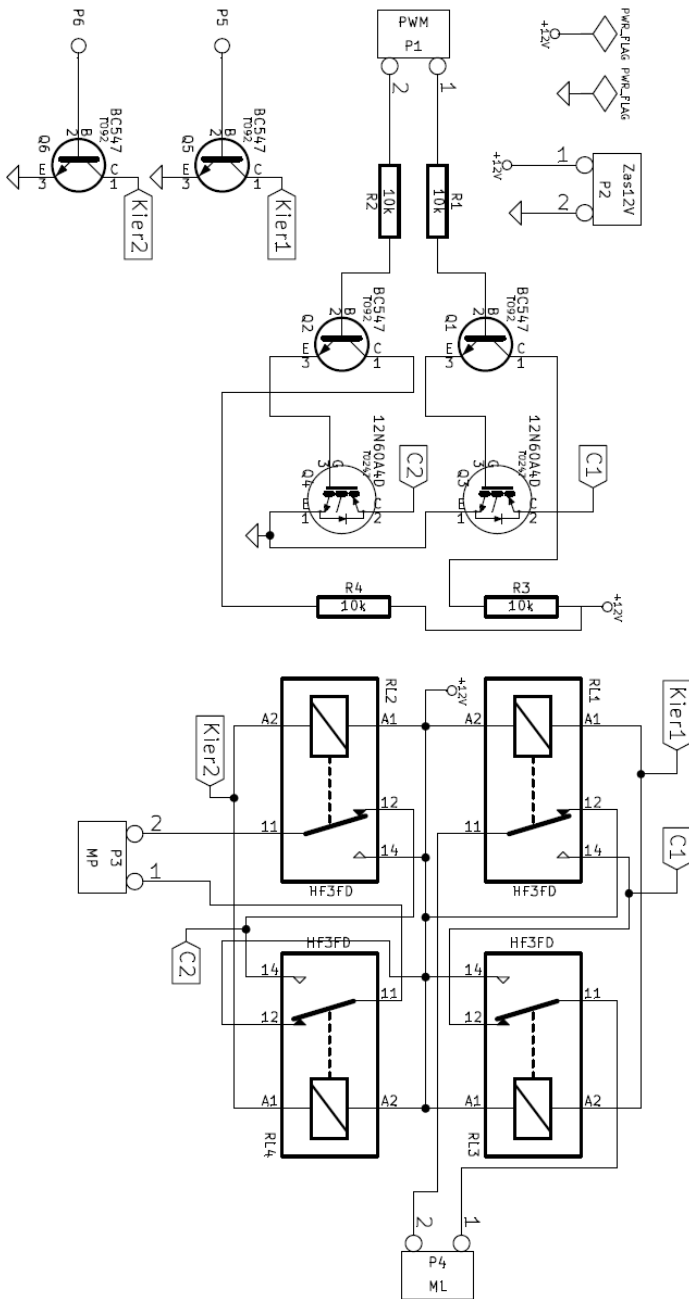




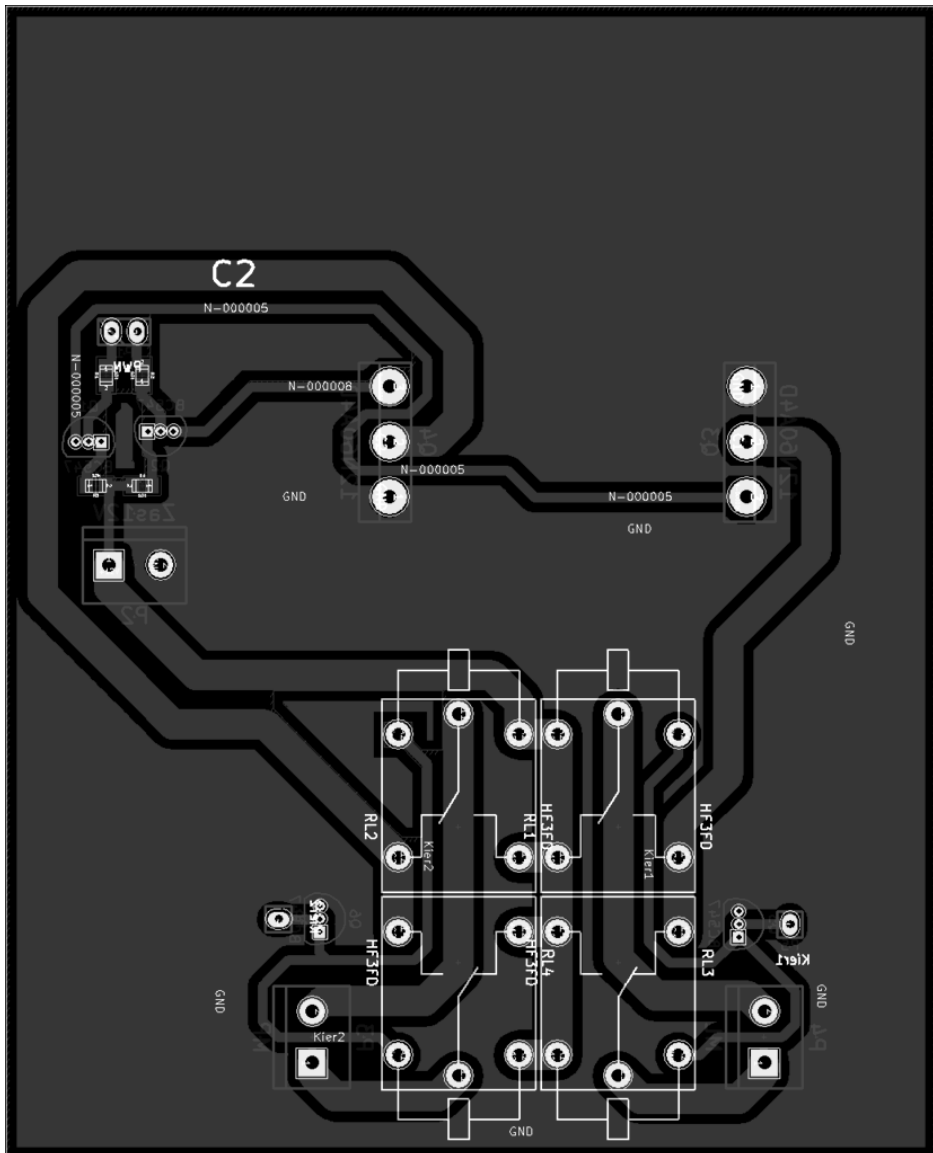
Rys. 2. Sterowanie kierunkiem obrotu silników  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 3. Schemat elektroniczny części zasilającej silniki wykorzystującej PWM  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 4. Schemat połączeń sterownika testowego  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 5. PCB testowego sterownika napędu  
(źródło: opracowanie własne)

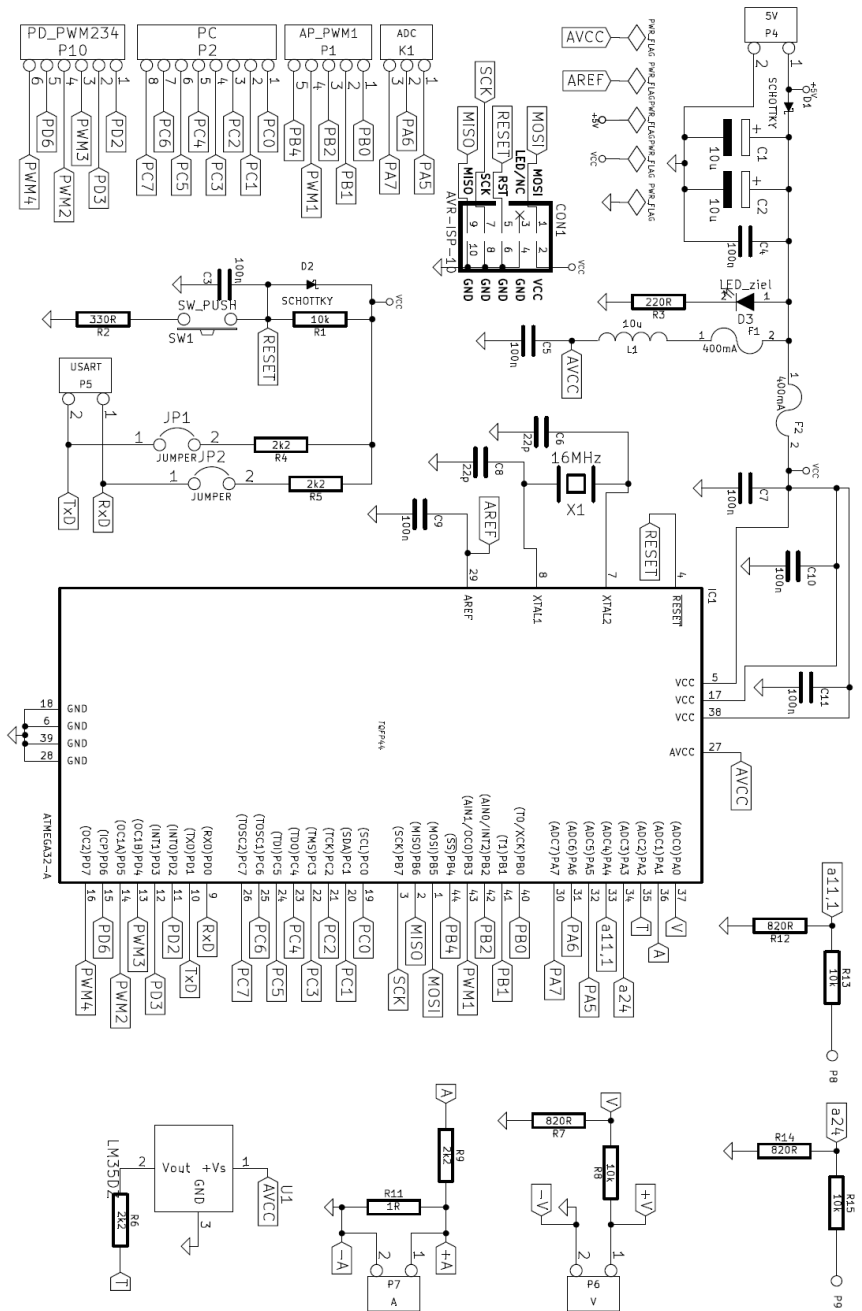
Sterownik manipulatora ma zapewniać ruchliwość we wszystkich stopniach swobody oraz obsługiwać przyrząd do pobierania próbek gleby. Główną częścią będzie mikrokontroler ATmega88PA (uC2), posiadający sześć kanałów PWM. Są one wymagane przy sterowaniu serwomechanizmami. Do każdego nich dołączony zostanie gotowy sterownik, który będzie można połączyć

z wyprowadzeniami mikrokontrolera. Konieczne będzie zasilenie czterech motoreduktorów, wykorzystując do tego scalony mostek H o odpowiedniej wydajności prądowej, np. L298. Ze względu na dużą redukcję przekładni dobranych silników, nie będzie konieczności wykorzystania PWM dla ichysterowania.

Dla silników DC niskiej mocy wykorzystanych w przyrządzie do poboru próbek gleby przewidziane są kolejne tranzystory mocy. Mostek H będzie można zaprojektować w oparciu o tranzystory MOS, zastępując nimi przekaźniki. Tak zrealizowane dwukierunkowe zasilanie wymaga użycia większej liczby wyprowadzeń mikrokontrolera oraz jest trudniejsze w realizacji, jednak w przypadku dwóch silników nie stanowi to większego problemu. Zaletą jest większa niezawodność, trwałość i mniejsze koszty. W sterowniku manipulatora zostaną umieszczone odpowiednie radiatory oraz zabezpieczenia nadprądowe.

Sterownik pomiarowy zapewnia kontrolę podstawowych parametrów pracy łazika, dodatkowo umożliwi obsługę aparatu cyfrowego oraz wykonanie pomiarów prądu i napięcia w jednym z zadań. Zaprojektowany został z wykorzystaniem mikrokontrolera ATmega32A (uC3, rys. 6), podobnie jak sterownik napędu. Po zapewnieniu elementów umożliwiających prawidłową pracę mikrokontrolera, przeznaczono cztery piny portu B do obsługi aparatu cyfrowego. Dwa z nich odpowiadać będą za włączenie się aparatu, dwa kolejne za włączenie lampy błyskowej oraz wyzwolenie migawki. Należy tak połączyć aparat z portem B, aby stany logiczne na pinach powodowały zamykanie obwodów zasilających w aparacie, odpowiedzialnych za obie funkcje. Wykonane zdjęcia zostaną zapisane na karcie pamięci aparatu.

Pozostałe zadania sterownika opierają się wyłącznie na pomiarach na przetwornikach analogowo-cyfrowych. Czujnik temperatury LM35DZ, umieszczony wewnątrz kadłuba, zostanie połączony przewodami sygnałowymi z mikrokontrolerem. W zależności od temperatury w jego otoczeniu podaje od na jedno z wyjść napięcie o innej wartości. Znając zakres generowanego napięcia oraz odpowiadające mu temperatury, mikrokontroler może dokładnie określić wyniki pomiaru. Przedział ten jest bardzo szeroki i wynosi od -0,55 V dla -55°C do 1,5 V dla 150°C, dlatego w praktyce wykorzystana będzie w przybliżeniu połowa zakresu pomiarowego. Przyjęto, że w mikrokontrolerze wykorzystane zostanie wewnętrzne źródło napięcia odniesienia o wartości 2,56 V. Z tego powodu nie było konieczności kondycjonowania sygnału z czujnika.



Rys. 6. Sterownik pomiarowy uC3  
(źródło: opracowanie własne)

Aby mieć podgląd na stan naładowania akumulatorów, mierzone będą napięcia na ich zaciskach. Dzięki temu będzie można wprowadzić zależność stanu naładowania w funkcji napięcia, a do mikrokontrolera doprowadzić podzielone odpowiednio napięcia z obu pakietów zasilających. Przyjęto dzielnik rezystorowy 13,2:1, co dla napięć o wartościach maksymalnie 13 V oraz 27 V pozwoli na bezpieczne pomiary bez obawy o przekroczenie maksymalnej wartości 2,56 V, dopuszczalnej dla wyprowadzenia ADC. Wartości rezystancji to 820  $\Omega$  i 10 k $\Omega$ , tolerancja rezystorów wynosi  $\pm 0,1\%$ . Taki sam dzielnik został wykorzystany do pomiaru napięcia w jednym z zadań na zaciskach umieszczonych na panelu obsługi urządzenia. Będzie on wyprowadzony na elektrody na chwytaku. Zakres napięcia określony przez regulamin to 0–30 V, a więc mieści się w maksymalnym możliwym do zmierzenia przez sterownik (0–34 V). Przyjmując, że pomiary na ADC będą prowadzone jako 10-bitowe można obliczyć, że rozdzielczość wyniesie 0,033 V. Jest to wartość o rząd mniejsza niż maksymalna dopuszczana przez regulamin.

Ostatnio funkcja sterownika to pomiar prądu, jako kolejny część zadania konkursowego. Jako że wartości prądów będą zawierały się w granicach 0–2 A, dobrano rezystor pomiarowy o wartości 1  $\Omega$  i tolerancji  $\pm 0,1\%$ . Spadek napięcia będzie mierzony bezpośrednio na rezystorze, co pozwoli na określenie wartości płynącego prądu. Zakres napięcia podawanego na ADC mikrokontrolera w tym pomiarze wyniesie więc 0–2 V. Wybrany rezystor jest umieszczony w obudowie TO-220, jego maksymalna moc admisyjna wynosi 30 W (po przymocowaniu do niego radiatora), przez co nie istnieje niebezpieczeństwo jego przepalenia się. Rozdzielczość pomiaru prądu będzie równa 0,0025 A. Dozwolony przez regulamin błąd pomiaru wynosi 0,01 A, jest więc czterokrotnie większy. Wartość prądu zostanie zmierzona przez drugą z par elektrod, umieszczonych na chwytaku. Będą one połączone z rezystorem pomiarowym, który zewrze odpowiednie styki na panelu urządzenia (mała rezystancja włączona szeregowo).

Tolerancja dobranych rezystorów pomiarowych jest wystarczająco niska, przez co nie spowoduje pojawienia się zauważalnych błędów pomiarowych, a tylko minimalnie większych niż obliczone, wynikające ze sposobu działania przetwornika analogowo-cyfrowego mikrokontrolera.

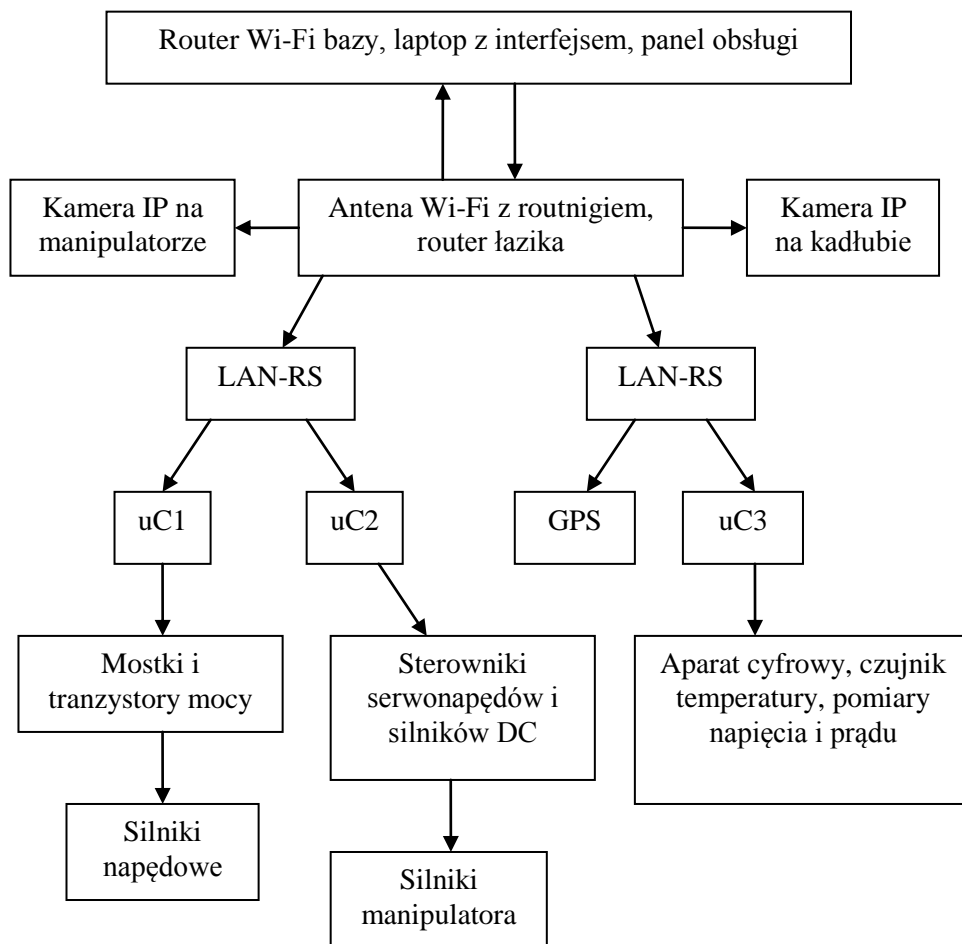
Wszystkie wymienione sterowniki zostaną zaopatrzone w wentylator, odprowadzający ciepło z radiatorów. Zapewni on konieczną cyrkulację powietrza w otoczeniu elementów elektronicznych wewnątrz kadłuba.

## **KOMUNIKACJA**

Głównym zadaniem tej części jest umożliwienie dwukierunkowego przesyłu danych pomiędzy panelem sterującym a konkretnymi elementami wyposażenia łazika. Są nimi trzy sterowniki wraz z elementami podrzędnymi, moduł GPS oraz dwie kamery IP. Ustalono, że komunikacja pomiędzy łazikiem a bazą będzie odbywała się z wykorzystaniem dwóch routerów Wi-Fi. Aby umożliwić komunikację mikrokontroler – router, wybrano dwa konwertery RS-232 – Ethernet WIZ127SR. Każdy z nich ma dwa wyjścia transmisji szeregowej, będzie więc możliwe podłączenie do nich wszystkich sterowników oraz modułu GPS. Rozwiązanie to jest przedstawione na rysunku 7.

Router 4×LAN połączy oba konwertery oraz dwie kamery IP. Do niego dołączona zostanie antena dookólna z funkcją routingu, dzięki której będzie możliwe przesyłanie danych na duże odległości bez względu na położenie robota względem bazy. W niej z kolei umieszczona będzie antena kierunkowa połączona z routerem, laptopem i panelem obsługi. Głównym jego elementem będą dwa joysticky, odpowiedzialne za ruch łazika oraz manipulatora. Osoba obecna w bazie zgodnie w regulaminem zawodów ma możliwość zmiany kierunku, w który zwrócona jest antena. Dzięki temu możliwe było zastosowanie anteny kierunkowej, która ze względu na znacznie większe skupienie mocy sygnału w obrębie wąskiego kąta daje duże lepsze wyniki przy przesyłaniu danych. Antena będzie odwracana tak, aby do łazika docierał jak najmocniejszy sygnał z bazy.





Rys. 7. Schemat blokowy części elektronicznej robota  
(źródło: opracowanie własne)

## ZASILANIE

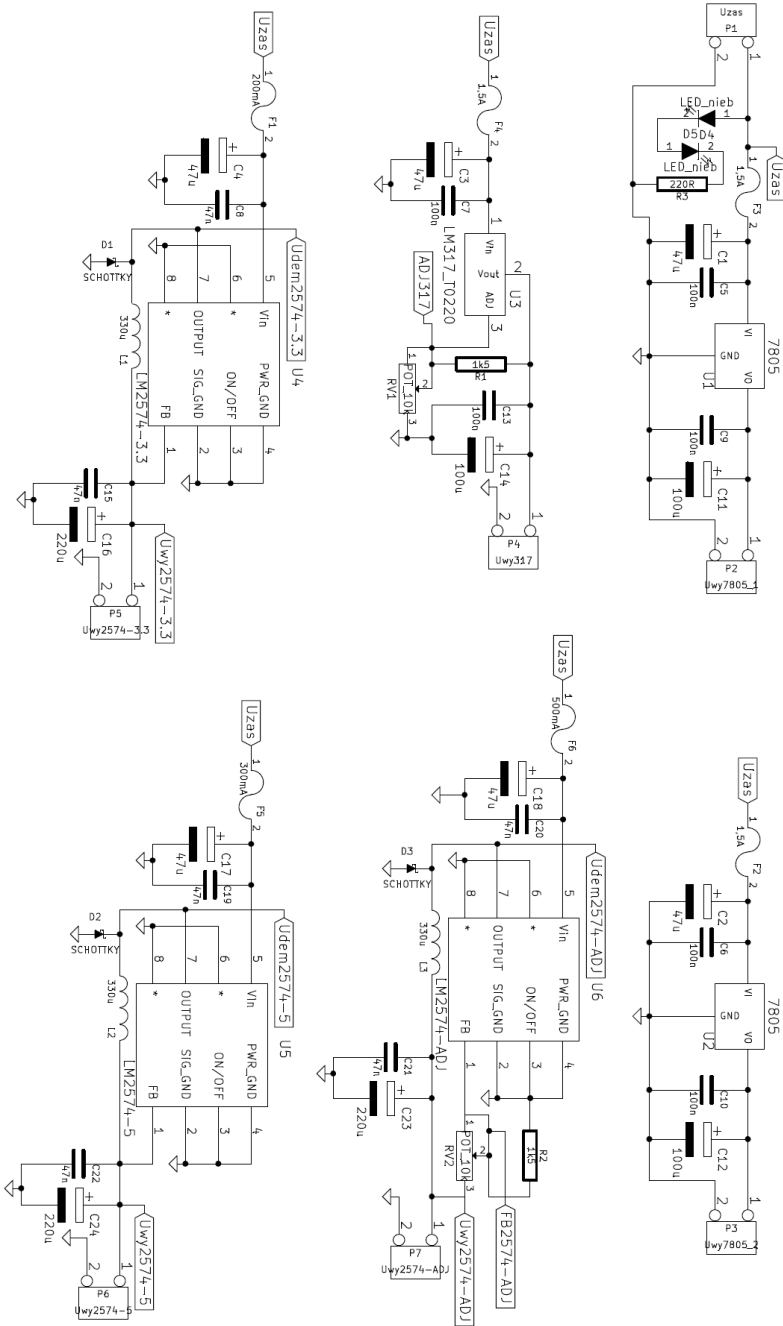
Ostatnią, i jedną z najważniejszych kwestii, jest zapewnienie odpowiednich wartości napięć, z których zasili się w/w elementy. Źródła napięcia muszą mieć odpowiednią wydajność prądową, akumulatory z kolei wystarczającą pojemność. Czas pracy podczas wykonywania jednego zadania konkursowego nie będzie większy niż godzina, jednak założono, że łożnik powinien pracować dwukrotnie dłużej. Dzięki temu możliwe będzie wykonanie większej ilości

zadań bez ładowania akumulatora, jeśli nie będzie na to czasu. Jednocześnie znacznie ułatwi to prowadzenie testów terenowych łazika.

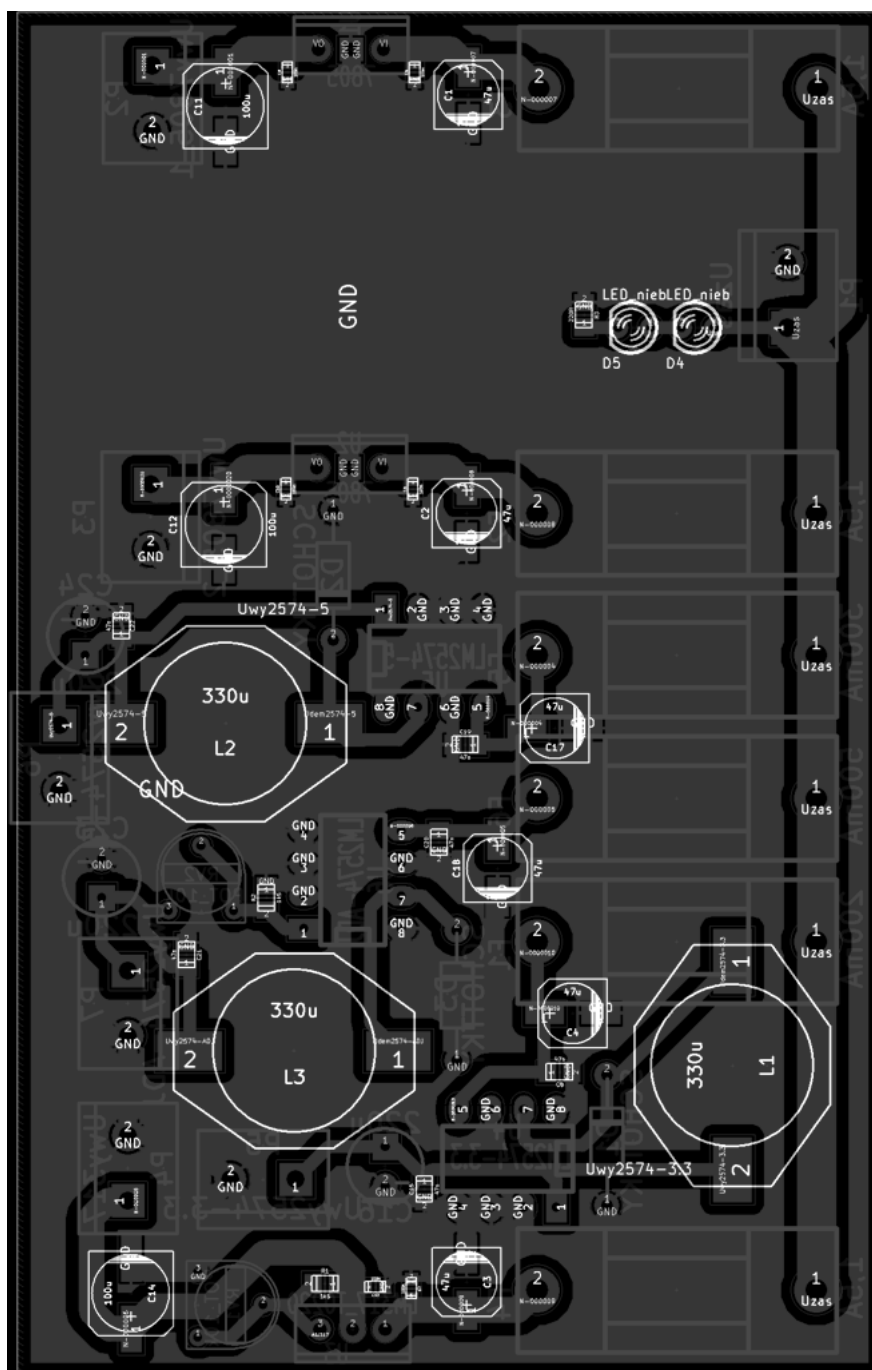
Silniki napędowe oraz przekładniki wymagają napięcia 24 V. Średni pobór prądu może wynieść do 14 A, dlatego ustalono, że pakiet zasilający powinien mieć pojemność 30 Ah. Dla obniżenia środka ciężkości łazika oraz dla zwiększenia pewności działania pakiet złożony będzie z szeregowo-równoległego połączenia akumulatorów litowo-jonowych o napięciu 3,6 V oraz pojemności 3 Ah. Akumulatory zostaną połączone szeregowo po 7 sztuk dając napięcie 25,3 V, oraz równolegle w 10 rzędach, co da całkowitą pojemność zakładanych 30 Ah. Jest to rozwiązanie bardziej oszczędne niż w przypadku wykorzystania jednego akumulatora o takich samych parametrach. Do ładowania pakietu konieczne będzie użycie ładowarki z sześcioma balancerami, przystosowanej do ładowania ogniw połączonych szeregowo, takiej jak Turnigy Accucel 6.

Pobór prądu dla napędu manipulatora oraz wszystkich pozostałych części elektronicznych robota przewidziano na maksymalnie 2,5 A, co dla dwóch godzin pracy daje konieczną pojemność 5 Ah. Wybrano akumulator litowo-żelazowo-polimerowy o rozmiarze 3S (11,1 V). Tylko motoreduktory napędu (24 V) i manipulatora (12 V) nie wymagają przetwarzania napięcia i mogą być zasilone bezpośrednio z dobranych akumulatorów. Do zasilenia routera i anteny dookolnej (9 V), kamer IP, mikrokontrolerów i serwonapędów (5 V) oraz konwerterów i modułu GPS (3,3 V) konieczne było zaprojektowanie układu przetwarzania napięć akumulatora 11,1 V (rys. 8).

Dodatkowo w łaziku zainstalowany będzie zmodyfikowany, przystosowany do zasilania przez akumulator zasilacz ATX o mocy 350 W. Posiada on wyjścia napięciowe 3,3 V, 5 V i  $\pm 12$  V. Zabezpieczony jest jednym głównym bezpiecznikiem, dlatego w samodzielnie zaprojektowanym układzie przetwarzania napięć każda z linii zasilających ma swój własny bezpiecznik. Wpływa to na zmniejszenie awaryjności wszystkich podzespołów robota i w pierwszej kolejności elementy elektroniczne będą zasilane właśnie z tego układu. Wybrane przetwornice impulsowe zapewniają utrzymanie wyższej sprawności całego układu przetwarzania napięcia. Z kolei użyte stabilizatory liniowe charakteryzują się większą wydajnością prądową i lepszymi parametrami napięcia wyjściowego, jednak trzeba je chłodzić przez radiatory.



Rys. 8. Schemat elektroniczny układu przetwarzania napięć  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 9. PCB układu przetwarzania napięć  
(źródło: opracowanie własne)

W układzie znajdują się dwa stabilizatory liniowe L7805CV i jeden LM317 oraz trzy stabilizatory impulsowe LM2574-3.3, LM2574-5 i LM2574-ADJ, o maksymalnej sprawności 77%. Do nich dobrano dolnoprzepustowe filtry wejściowe i wyjściowe, a dla stabilizatorów impulsowych również demodulatory. Dodatkowo zwarto z masą wyprowadzenia ON/OFF, przez co są zawsze włączone. Podsumowując, układ dostarcza napięcie 5 V o wydajności 3,5 A oraz 3,3 V o wydajności 0,5 A. Ponadto, umieszczenie dwóch układów o regulowanym napięciu wyjściowym, po odpowiednim dobraniu dzielników rezystorowych z potencjometrami, umożliwiło uzyskanie dwóch dodatkowych regulowanych źródeł napięciowych (zakres 1,2 V–9,5 V) o wydajności 0,5 A i 1,5 A. Posłużą one do zasilenia podzespołów wymagających niestandardowych napięć, takich jak router. PCB dla układu zaprojektowano tak, aby zoptymalizować zajmowane przez nie miejsce, oraz aby była możliwość przymocowania radiatorów do stabilizatorów liniowych (rys. 9).

## **CZEŚĆ INFORMATYCZNA**

Uruchomienie całego systemu elektronicznego wymaga opracowania kodu źródłowego w języku C dla mikrokontrolerów AVR. Wgranie programu oraz ustawienie dodatkowych parametrów ich pracy (np. taktowanie z zewnętrznego rezonatora) będzie możliwe przy pomocy programatora, takiego jak USB AVR BOX II. W języku C opisane zostaną procedury sterowania silnikami, obsługi aparatu oraz pomiary na ADC. W kodzie umieszczona zostanie obsługa transmisji szeregowej (USART), która połączy sterowniki z routerem wykorzystując do tego konwertery. Przy wykorzystaniu protokołu RS-232 przesyłane będą również dane z modułu GPS.

Bezprzewodowa wymiana informacji będzie możliwa po skonfigurowaniu routera robota tak, aby obsługiwał jednocześnie komunikację z konwerterami WIZ127SR oraz przysyłał obraz z obu kamer IP. Wykorzystany zostanie standardowy protokół 802.11, który połączy robota z bazą. Będzie on otrzymywał wszystkie polecenia od osoby pracującej przy panelu obsługi, oraz wysyłał dane z pomiarów. Oprogramowanie bazy będzie graficznym interfejsem dla przesyłanych i odbieranych danych. Umożliwi on obserwację w czasie rzeczywistym otoczenia łazika poprzez kamery, monitorowanie jego aktualnego położenia, stanu naładowania akumulatorów, czy temperatury wewnątrz kadłuba. Interfejs zostanie stworzony w języku Visual C++ z wykorzystaniem bibliotek QT.

## **POSTĘP PROJEKTU**

Projekt budowy robota mobilnego jest częściowo ukończony. Określono wymiary korpusu, manipulatora oraz główne założenia konstrukcyjne. Trwają prace nad wizualizacją i projektem w systemie CAD. Dobrano napęd – motoreduktory oraz serwomechanizmy. Opisano wszystkie systemy potrzebne do wykonania zadań konkursowych oraz opracowano główny projekt części elektronicznej. Dobrano większość elementów i rozwiązań technicznych, które zostaną poddane weryfikacji i testom. Na tej podstawie będzie można ustalić, czy i jakie problemy pojawią się w poszczególnych podzespołach łożnika.

W całości zaprojektowany został układ zasilania, testowy oraz docelowy sterownik napędu, a także sterownik pomiarowy. Spośród wymienionych układów we własnym zakresie wykonano fizycznie dwa pierwsze, wykorzystując do tego fotolitografię negatywową. Opracowano system komunikacji i algorytm sterowania. Dzięki temu możliwe było przetestowanie kanału transmisyjnego. Uzyskano maksymalny zasięg 850m - jest on o 350m większy niż wymagany podczas ERC.

## **PLAN PRACY**

Pierwsze testy kompletnej części elektronicznej łożnika będzie można przeprowadzić po zakupie elementów systemu wizyjnego, komunikacyjnego, napędowego a także samych pakietów zasilających. Należy dokończyć projekt sterownika manipulatora, wykonać go fizycznie wraz z dwoma pozostałymi oraz zakończyć projekt części mechanicznej. Po zbudowaniu kadłuba, układu jezdnych oraz manipulatora, część elektroniczną będzie można zintegrować, a następnie rozpocząć pierwsze testy oprogramowania.

## OVERCLOCKING

### WPROWADZENIE

Na pewno każdy, kto choć trochę interesuje się technologią informacyjną, słyszał o overclockingu (ang. przetaktowanie). Oznacza to zmianę fabrycznych ustawień urządzeń takich jak procesor, karta graficzna czy pamięć RAM w celu zwiększenia wydajności. Overclocking przede wszystkim możemy podzielić na: podkręcanie za pomocą platformy programowej (np. Windows), zwiększanie taktowania magistrali FSB, odblokowanie mnożnika, zmiany Vcore, Vdimm w BIOS oraz ingerowanie mechaniczne w układy elektroniczne np. grafitem z ołówką, lutownicą, przez przecinanie ścieżek. Metody programowe są bezpieczniejsze dla sprzętu, lecz są mniej wydajne niż mechaniczne [1, 2].

### METODY „PODKRĘCANIA”

#### PRZYGOTOWANIE DO OVERCLOCKINGU

Przed przystąpieniem do przetaktowania należy skontrolować stan kilku ważnych czynników wymienionych poniżej.

- *Temperatura podzespołów.* Najbardziej uśrednione maksymalne wartości temperatury, których nie należy przekraczać to 70°C dla CPU, 80°C dla GPU, 60°C dla chipsetu płyty głównej. Jeżeli temperatury z pomiaru są zbliżone do maksymalnych, podkręcanie nie powiedzie się. Zazwyczaj w obniżeniu temperatury pomaga wymiana pasty pod radiatorami, wyczyszczenie z kurzu wnętrza komputera. Niższe temperatury dają lepsze efekty przetaktowania.

---

<sup>1</sup> Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe FLEX

- *BIOS*. Jeżeli w systemie BIOS nie można znaleźć opcji zmiany FSB, to overclocking powiedzie się w minimalnym stopniu. Sporadycznie zdarza się, że można zmienić te opcje programowo z poziomu systemu operacyjnego. Niekiedy pomimo braku tej opcji w BIOS, na płycie głównej znajdują się zworki lub mikroprzełączniki dające możliwość zmiany taktowania głównej magistrali FSB, mnożników lub napięcia.
- *Zasilacz*. Należy ocenić, czy realna moc zasilacza jest większa od planowanego zapotrzebowania komputera na energię elektryczną, gdyż wraz ze wzrostem taktowania zwiększa się zużycie energii.

#### **PRZETAKTOWYWANIE PROCESORÓW**

Częstotliwość pracy procesora określona jest przez dwie wartości: częstotliwość głównej systemowej szyny danych oraz mnożnik [7]. Najbezpieczniejszym sposobem podkręcania procesorów jest zmiana mnożnika. Nie ma ona negatywnego wpływu na pozostałe podzespoły komputera [3]. Podkręcenie procesora przez zmianę częstotliwości taktowania magistrali ma wpływ na częstotliwość pracy magistrali: CPU, HTT, RAM. Zmianę mnożnika i częstotliwości taktowania możemy dokonać przez modyfikację ustawień w BIOS, za pomocą zworek lub przełączników na płycie głównej, a niekiedy z poziomu systemu [6]. Można również dokonać zmiany napięcia zasilającego procesor, co jest czynnikiem pozwalającym na podnoszenie częstotliwości procesora oraz uzyskanie jego stabilnej pracy. Operacja taka zwiększa pobór energii. Zmian napięcia należy dokonywać bardzo ostrożnie, gdyż efektem pomyłki jest termiczne uszkodzenie („spalenie”) procesora. Zalecane jest wcześniejsze zapoznanie się z nominalnymi i granicznymi wartościami pracy.

#### **„PODKRĘCANIE” KARTY GRAFICZNEJ**

Zmiana taktowania karty graficznej sprowadza się jedynie do zmiany taktowania: pamięci, zegara GPU, jednostek shader (w nowszych kartach jest połączone dzielnikiem z zegarem GPU). Odszukanie wartości maksymalnych częstotliwości jest trudniejsze. Najpierw warto zacerpnąć zewnętrznych informacji, do jakiego stopnia udało się podkręcić dany model karty graficznej innym eksperymentatorom, oraz jakie są bezpieczne parametry dla układu stanowiącego podstawę funkcjonowania karty.



Popularne programy do przetaktowania karty graficznej to: Riva tuner, Power strip, NvidiaInspector. Można również zrobić to za pomocą zmian w BIOS, co daje większe możliwości (np. zmiana timingów pamięci). Bezpieczniej zacząć od przetaktowania z poziomu systemu operacyjnego. Jeśli istnieje pewność, że parametry przetaktowanie dają stabilną pracę karty i nie występują przekroczenia dopuszczalnej temperatury, warto edytować BIOS karty graficznej. Przykładowe programy to: NVIDIA BIOS Editor, Radeon BIOS Editor. Uzyskane wartości należy zapisać w profilu najwydajniejszym.

### OVERCLOCKING PAMIĘCI RAM

Pamięć RAM można „przyspieszyć” na dwa sposoby – poprzez:

- zmniejszenie czasów opóźnień (timingów), dzięki czemu czas dostępu do wszystkich komórek pamięci staje się krótszy;
- dopasowanie częstotliwości pracy pamięci do częstotliwości pracy szyny systemowej i procesora. Sposób ten stosowany jest zazwyczaj jednocześnie z podkręcaniem procesora, dzięki czemu otrzymuje się lepsze rezultaty w podniesieniu do procesora, ale nie zawsze w odniesieniu pamięci RAM.

Bardzo rzadko można podnieść częstotliwość pamięci o więcej niż jeden próg wyznaczany przez specyfikację JEDEC. Jeśli moduły pamięci przystosowane są np. do efektywnej pracy przy częstotliwości 533 MHz, to można wówczas spróbować podnieść ich częstotliwość do 677 MHz [4].

### WADY I ZAGROŻENIA

Overclocking niesie ze sobą zagrożenia natury sprzętowej. Niezależnie od tego czy podkręcany jest procesor główny, czy graficzny występują podobne problemy, którym towarzyszą różne objawy. Po poddaniu procesora overclockingowi można zetknąć się z negatywnymi efektami opisanymi poniżej:

- *Natychmiastowe zniszczenie.* Próba zbyt wysokiego przetaktowania procesora może spowodować zniszczenie jednostki. Procesor nie tylko nie zadziała po zmianie częstotliwości na niższą czy oryginalną.
- *Brak działania.* Procesor nie będzie funkcjonował przy podwyższonych częstotliwościach, ale po przywróceniu poprzednich ustawień system uruchomi się bez problemu.

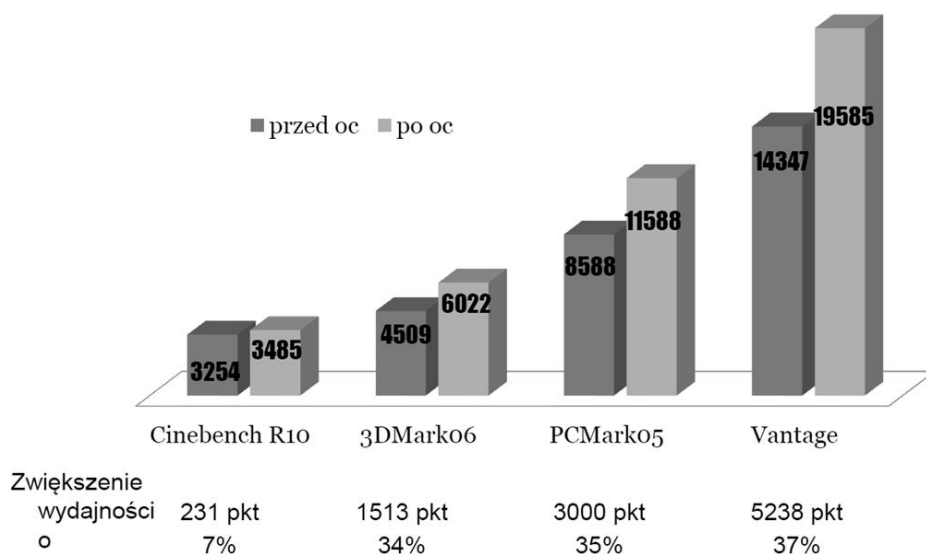
- *Niestabilność*. Procesor uruchomi się po przetaktowaniu, ale może wystąpić nieoczekiwane zachowanie systemu np. błędy parzystości, *kernel panic*, błędy zapisu/odczytu na dysku.
- *Utrata danych*. Jeśli procesor nie działa prawidłowo, może to uszkodzić strukturę systemu plików na dysku twardym, co z kolei może doprowadzić do np. problemów w plikach rejestru systemu Windows skutkując koniecznością reinstalacji systemu
- *Elektromigracja*. Gdy procesor działa z wyższą częstotliwością niż nominalna, będzie się szybciej zużywał. Dzisiejsze procesory mają tranzystory w technologii 22 nm (jak np. Intel Xeon Phi). Gdy procesor zmuszony jest do działania z wyższymi częstotliwościami, to może dojść do mikro zwarć prowadzących do uszkodzenia.

## WYNIKI TESTÓW

Istnieje całe rodziny indywidualnych i grupowych testów dedykowanych dla konkretnych grup urządzeń [5]. W opisywanych przypadkach w celu podniesienia miarodajności wyników, testy były wykonane przy użyciu kilku benchmarków. Overclockingowi zostały poddane 3 platformy sprzętowe.

### AMD (SAM3+) PHENTON II X6 1055T

Wyniki programu Cinebench odnoszą się do jednego rdzenia procesora gdyż, w pozostałych rdzeniach wynik był zbliżony. Uzyskano 36% przyrost częstotliwości zegara – ze standardowego 2800 MHz do 3820 MHz. Procesor jest wykonany w technologii 45 nm. Temperatury w spoczynku/obciążeniu wynosiły 40°C/51°C. Została również przetaktowana magistrala HTT, kontroler pamięci RAM. Napięcie zostało podniesione ze standardowego 1,4 V na 1,55 V. Wyniki testów wydajności zamieszczono na rysunku 1.



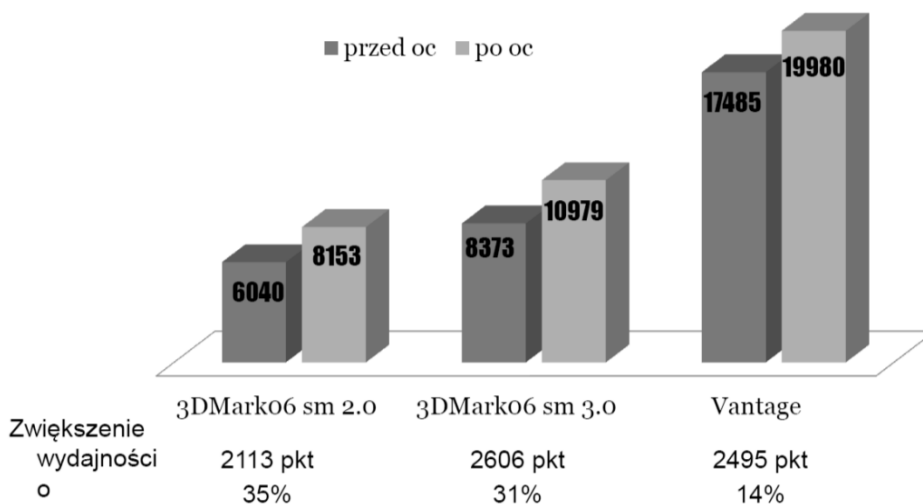
Rys. 1. Wyniki benchmarków przed i po przetaktowaniu platformy AMD (sAM3+) Phenton II

#### AMD (sAM3+) RAM DDR3 2x4GB

Zastosowane typy kości pamięci RAM to PDP Patriot Viper III 1866 (9-10-9-27-45). Zostały one ustawione automatycznie przez płytę główną (MSI 970a-G46) na 1600 MHz (9-9-9-24-39). BIOS nie pozwala na zmianę taktowania na większe za pomocą dzielnika. Jediną możliwością przetaktowania było zwiększenie głównej magistrali na 233 MHz. Jednak w tym przypadku taktowanie procesora (mnożnik x14) wynosiłoby tylko 3262 MHz. Wystarczyło więc odpowiednio obniżyć dzielnik pamięci, przy zwiększaniu zegara procesora za pomocą głównej magistrali. Najlepsze rezultaty odnotowano przy ustawieniach 1820 MHz (9-9-9-24-39). Zegar pamięci przyspieszył o 110 MHz czyli o 14%. Wydajność mierzona programem PCMark05 sygnalizuje przyrost wydajności o 29%. Taktowanie jest zbliżone do deklarowanego przez producenta (1866 MHz). Opóźnienia zostały takie same, jak przy niższej częstotliwości (1666 MHz), co pozwoliło na przyrost wydajności. Napięcie kości RAM musiało zostać podniesione z 1,5 V do 1,6 V.

## AMD (SAM3+) 2XGEFORCE GTS450

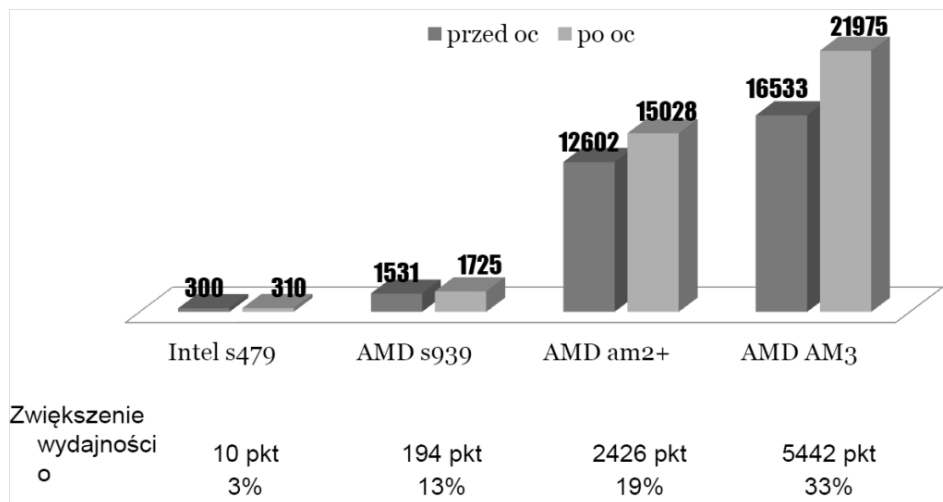
W opisywanej konfiguracji karty graficzne to tandem dwóch kart GeForce GTS450. Wzrost wydajności zmienia się w zależności od zastosowań i jest dwukrotnie większy w rozdzielczości 1920x1080 i wyższych. Prawdopodobną przyczyną takiego funkcjonowania jest to, że karta posiada małą ilość potoków w ROP i jednostek TMU, a w trybie SLI GPU zajmuje się tylko połową obrazu, co znacznie odciąża małą ilość potoków procesora graficznego. Karty posiadają pamięć GDDR5, w trybie SLI pracują na magistrali PCI-E 2.0 8x. Procesor i pamięć karty są już fabrycznie znacznie podkręcone przez producenta do wartości 880 dla GPU 1760 dla jednostek shader, 975 dla pamięci, przy napięciu 1,062 V. Po zwiększeniu napięcia do 1,087 V, przetaktowaniu na 940 dla GPU 1880 dla jednostek shader oraz 1015 dla pamięci, karty przeszły stabilnie testy wydajności w benchmarkach. Wydajność wzrosła o ponad 30% w benchmarku wykorzystującym Directx9 i 14% w bazującym na Directx10 (rys. 2).



Rys. 2. Wyniki benchmarków przed i po przetaktowaniu

## PODSUMOWANIE – PO RÓWNANIE EFEKTÓW OVERCLOCKINGU

Metody opisane w rozdziale 3 dowodzą, że możliwe jest znaczące poprawienie ogólnej wydajności komputera w odniesieniu do procesora, podsystemu grafiki i pamięci. Na rysunku 3 zamieszczono porównanie efektów przetaktowania jednej z wcześniej opisywanych platform ze starszymi układami.



Rys. 3. Efekty przetaktowania wybranych platform sprzętowych na podstawie testów benchmarkiem 3DMark06

Z rysunku 3 można wywnioskować, że nowsza platforma zapewnia większy przyrost wydajności. Opisywana platforma sprzętowa ma największy potencjał ze wszystkich przetestowanych, głównie za sprawą większych możliwości zmian parametrów poszczególnych podzespołów. Ponad 30% wzrost mocy obliczeniowej całej platformy sygnalizowany przez benchmark PCMark05, przy 35% wzroście wydajności samego procesora pozwala znacznie przyspieszyć pracę np. przy kodowaniu filmów i zaoszczędzić pieniądze wynikające z zakupu droższego modelu procesora.

**LITERATURA**

- [1] Danowski B.: *Tuning, wyciszanie i overclocking komputera PC*. Helion, Gliwice 2003.
- [2] Danowski B.: *Zwiększ moc swojego komputera czyli 101 sposobów na poprawę wydajności*. Helion, Gliwice 2004.
- [3] *Do granic możliwości*. PC Format nr 6, 2007.
- [4] Duba J.: *Teoria overclockingu*. <http://www.jakubduba.pl/stories/overclocking/overclocking.html>, 07.08.2012.
- [5] Korn J.: *Jak szybki jest twój sprzęt*. CHIP 4/2014, s. 66–71.
- [6] *Podkręcanie procesora*. PC Format nr 9, 2006.
- [7] Reinholz M.: *Podkręcanie procesora - wszystko co musisz wiedzieć*. [http://www.pcworld.pl/news/361818\\_1/Podkrecanie.procesora..wszystko.co.musisz.wiedziec.html](http://www.pcworld.pl/news/361818_1/Podkrecanie.procesora..wszystko.co.musisz.wiedziec.html), 13.09.2010.

## **PROJEKT INSTALACJI DO POMIARU TEMPERATURY W KOMORZE DO HODOWLI KOMÓRKOWEJ**

### **WPROWADZENIE**

Nieustanny rozwój, stosunkowo młodej dziedziny nauki, jaką jest inżynieria tkankowa prowadzi do powstawania coraz nowocześniejszych, zarówno pod względem funkcjonalności, jak i użyteczności, urządzeń przeznaczonych do hodowli komórkowej. Nowe techniki pojawiają się w związku z wymaganiami jakie stawia medycyna, która poszukuje między innymi modeli tkanek i narządów dla transplantologii. Zadaniem, które stawiane jest przed konstruktorami komór do hodowli komórkowej, jest zapewnienie hodowłom warunków możliwie jak najbardziej zbliżonych do naturalnych. Nie bez znaczenia jest również możliwość pełnej kontroli warunków przez użytkownika.

W niniejszej pracy został przedstawiony system do pomiaru temperatury, oparty o nowoczesne układy wyprodukowane do tego celu przez firmę Dallas Semiconductor. Układ pomiarowy został wyposażony w 15 czujników DS18B20 dzięki czemu możliwy jest wielopunktowy pomiar temperatury. Na podstawie danych dostarczonych do systemu możliwe jest wyznaczenie rozkładu temperatury. Układ pomiarowy jest częścią układu stanowiącego prototyp komory do hodowli komórkowej z zewnętrznym ogrzewaniem.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Koło Naukowe Magneton

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Informatyki

<sup>3</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

## PROJEKT CYFROWEJ INSTALACJI POMIAROWEJ

Omawiany układ pomiarowy jest zainstalowany w prototypie komory do hodowli komórkowej. Instalacja pomiarowa została zaprojektowana, a następnie wykonana w taki sposób, by za pomocą cyfrowych przetworników temperatury uzyskać dane na temat rozkładu ciepła wewnątrz komory. Użyte oprogramowanie pozwala na analizę wyników oraz na określanie stopnia jednorodności temperatury w modelu pomiarowym przy zmiennych warunkach zewnętrznych [5].

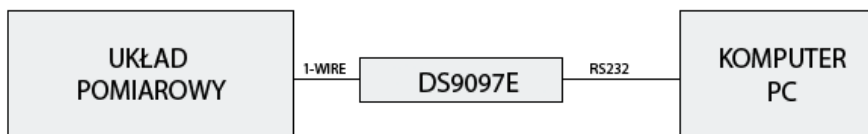
Podstawowe założenia systemu:

- możliwość pomiaru temperatury w komorze w 15 punktach i na tej podstawie
- możliwość przedstawienia rozkładu temperatury wewnątrz komory,
- możliwość określenia i zobrazowania dynamiki zmiany temperatury przy zmiennych warunkach,
- prosta i intuicyjna obsługa,
- współpraca z popularnymi systemami operacyjnymi,
- mobilność.

Wykonany system pomiarowy składa się z następujących elementów:

- układu pomiarowego wyposażonego w 15 czujników do pomiaru temperatury,
- interfejsu łączącego DS9097E,
- komputera PC z oprogramowaniem rejestrującym i analizującym wyniki pomiarów.

Poniższy rysunek przedstawia system pomiarowy w postaci schematu blokowego.

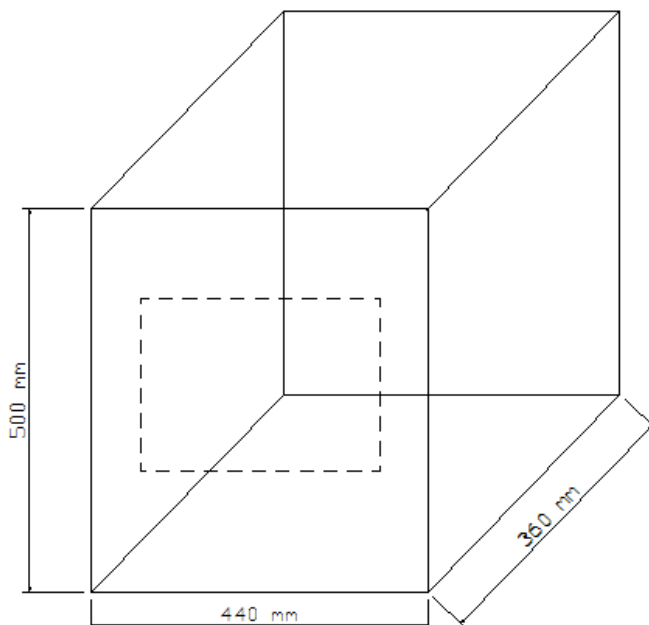


*Rys. 1. Schemat blokowy systemu pomiarowego  
(źródło: opracowanie własne)*



**UKŁAD POMIAROWY**

Część robocza komory (rys. 2) została zaprojektowana oraz wykonana jako prostopadłościan o wymiarach: długość = 44 cm, szerokość = 36 cm, wysokość = 50 cm. Jej ściany wykonano z poliamidu TECAMID 6 o grubości 5 mm, w przypadku drzwi grubość poliamidu wynosi 10 mm.

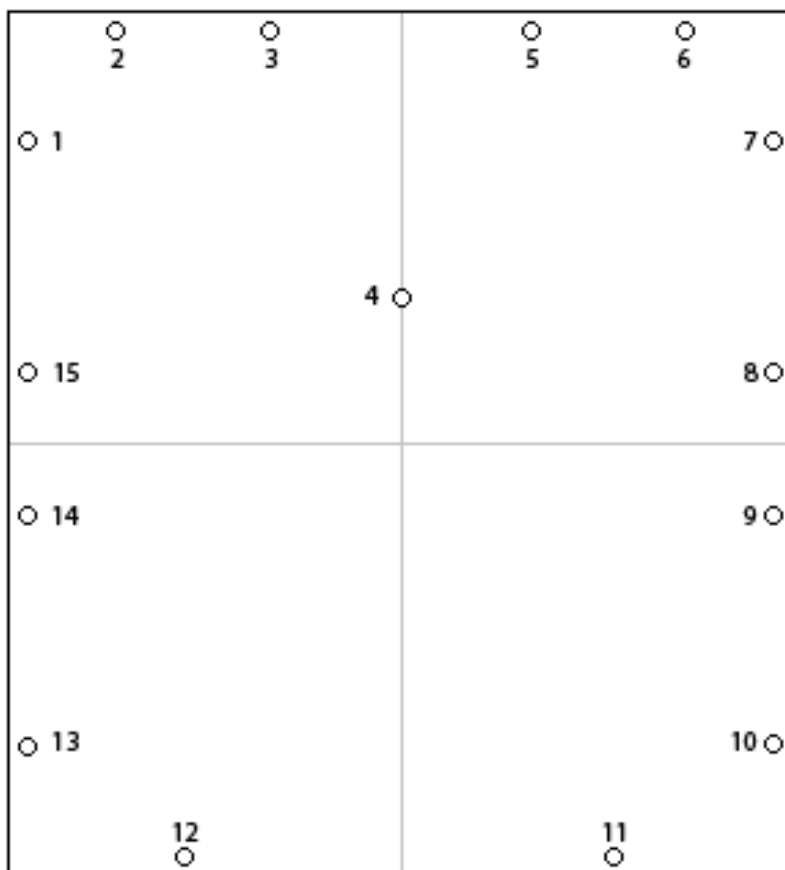


Rys. 2. Wygląd modelu komory do hodowli komórkowej  
(źródło: opracowanie własne)

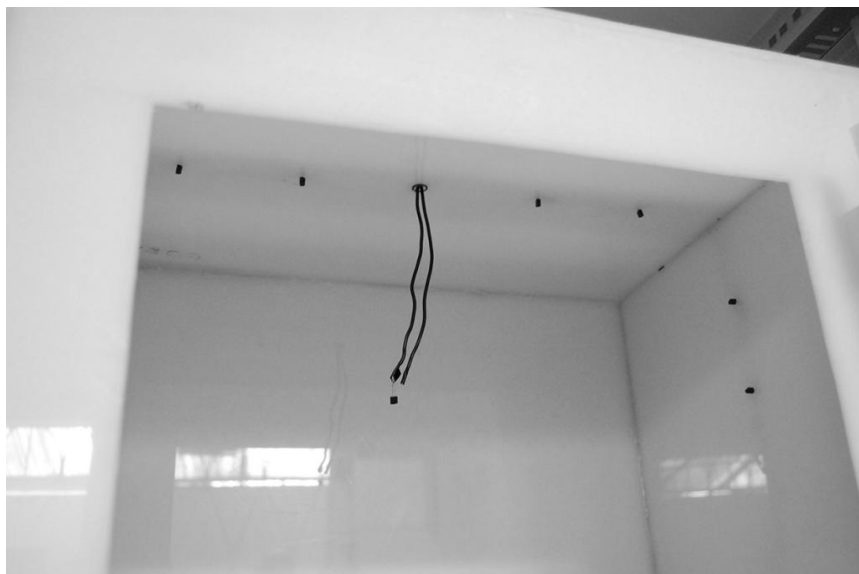
Model został umieszczony w metalowej skrzynce, w celu izolacji od zewnętrznych pól elektromagnetycznych otoczenia. Sieć składająca się piętnastu czujników temperatury, została umieszczona na obwodzie przekroju osiowego modelu. Każdy czujnik umieszczony jest na stałe w specjalnie przygotowanych otworach, zaizolowanych za pomocą silikonu. Dzięki temu sensory znajdują się cały czas w tym samym miejscu, co ma znaczenie przy wyznaczeniu rozkładów temperatur w modelu. Dokładne rozmieszczenie czujników zostało przedstawione na rysunku 3. Komunikacja między czujnikami, a komputerem odbywa się przy pomocy adaptera DS9097E.

**ROZMIESZCZENIE CZUJNIKÓW**

Model pomiarowy został wyposażony w piętnaście czujników temperatury DS18B20, produkowanych przez firmę Dallas Semiconductor. Czternaście sensorów umieszczonych jest w ścianach modelu, zaś jeden, służący do pomiaru temperatury w środku (w miejscu gdzie przewidziane są szalki hodowlane), umocowany jest na przewodzie (rys. 4). Czujniki zostały połączone ze sobą szeregowo, na co pozwala magistrala 1-Wire. Rysunek 3 przedstawia rozmieszczenie czujników wewnątrz modelu.



Rys. 3. Rozmieszczenie czujników wewnątrz modelu pomiarowego  
(źródło: opracowanie własne)



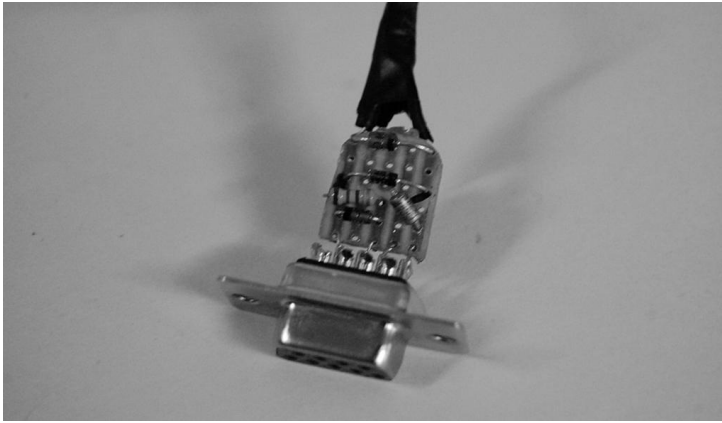
*Rys. 4. Wygląd układu pomiarowego zainstalowanego w komorze  
(źródło: opracowanie własne)*

#### **ŹRÓDŁA CIEPŁA**

Docelowo komora ma zostać wyposażona w dwa sterowane źródła ciepła, które będą ogrzewać część roboczą komory za pomocą ciepłego powietrza. W celach testowych do wstępnych pomiarów użyto suszarek. Rozkład temperatury w komorze został zbadany dla ogrzewania z użyciem dwóch źródeł ciepła w postaci suszarek o mocy 1000 W oraz 1400 W (odpowiednio ze strony lewej i prawej). Zostały one umieszczone na zewnątrz metalowej obudowy, a ciepłe powietrze włączane było do przestrzeni przez dolne otwory umiejscowione w obudowie. Różne źródła ciepła zastosowano celowo, by sprawdzić reakcje układu.

#### **INTERFEJS ŁĄCZĄCY DS9097E**

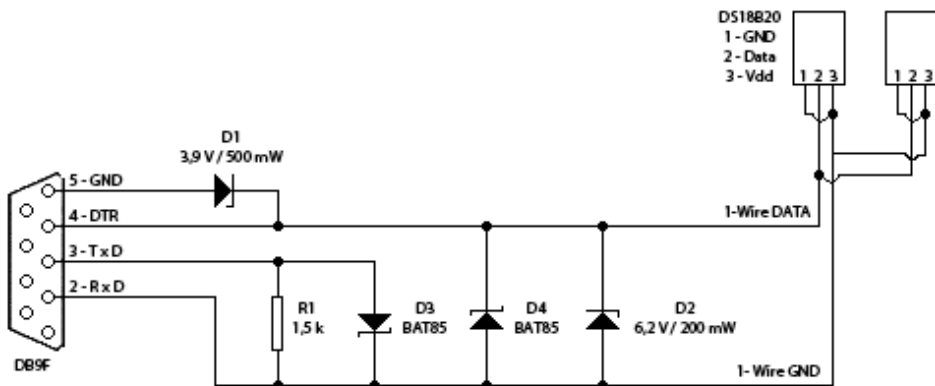
Komunikacja między siecią czujników, a komputerem odbywa się za pośrednictwem interfejsu portu szeregowego DS9097E (rys. 5). Interfejs ten został wykonany na potrzeby układu pomiarowego w formie wtyczki z 9-stykowym złączem RS232 oznaczanego symbolem DB9F. Jego zadaniem jest przekształcanie sygnałów ze standardu 1- Wire na RS232 [1].



Rys. 5. Interfejs DS9097E do translacji sygnałów 1-Wire na RS232  
(źródło: opracowanie własne)

Interfejs DS9097E pozwala ograniczyć działanie użytkownika jedynie do zaprogramowania portu szeregowego komputera PC, dzięki czemu, ściśle sprecyzowane zależności czasowe i napięciowe określone przez standard 1-Wire, nie muszą być znane użytkownikowi.

Zasilanie potrzebne do działania układu pobierane jest z portu szeregowego komputera z linii DTR. Rysunek 6 przedstawia schemat, według którego został wykonany interfejs DS9097E [2].



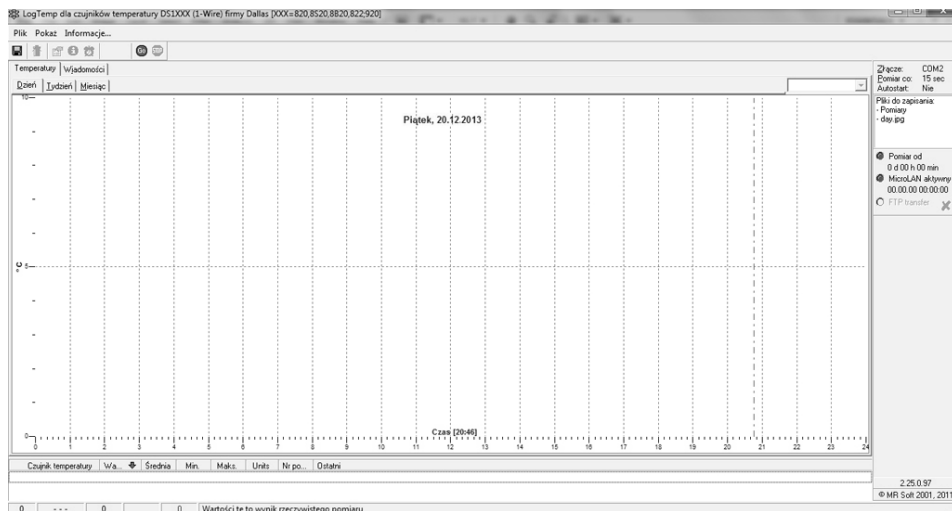
Rys. 6. Schemat interfejsu DS9097E  
(źródło: [5])

## STEROWANIE SYSTEMEM

Sterowanie systemem odbywa się poprzez komputer klasy PC. Aby rozpocząć pomiar temperatury w modelu należy podłączyć źródła ciepła do gniazda prądowego 230 V, przed rozpoczęciem badania zaleca się również sprawdzenie, czy drzwi prototypu komory są zamknięte.

Oprogramowanie do sczytywania i analizy danych z układów DS18B20 jest ogólnodostępne. W opisywanym systemie wykorzystano program autorstwa MR Soft – LogTemp (rys. 7), w wersji 2.25.0.97. Komunikacja między siecią czujników, a komputerem odbywała się za pośrednictwem portu COM1.

Po uruchomieniu programu zarządzającego systemem należy rozpocząć pomiar poprzez kliknięcie zielonego przycisku z napisem „Go”. Program samoistnie odnajduje czujniki. Wyniki pobrane ze wszystkich czujników (użytkownik może określić czas kolejnych pomiarów, minimalny czas to 15 sekund, zaś maksymalny 24 godziny) nanoszone są na wykres w czasie rzeczywistym. Ponadto, program eksportuje je do pliku w formacie txt. Istotną funkcją programu jest możliwość śledzenia procesu narastania temperatury oraz automatyczne wyliczanie temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej.



Rys. 7. Interfejs programu LogTemp  
(źródło: opracowanie własne)

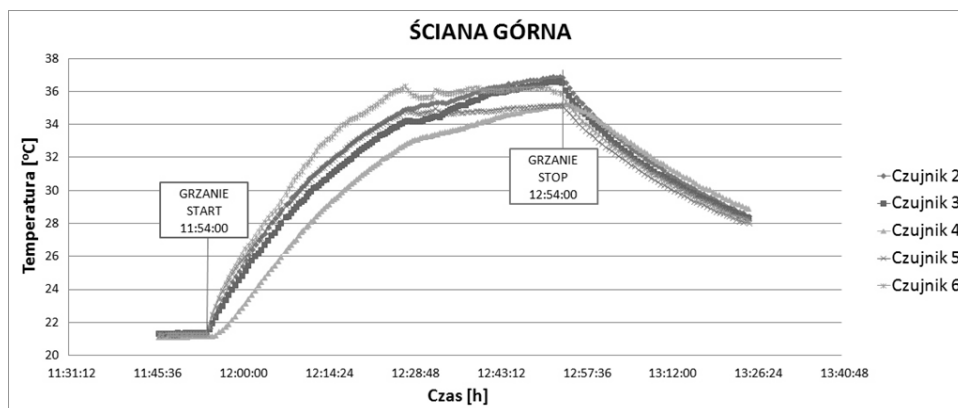
## WYNIKI EKSPERYMENTU POMIAROWEGO

Badania mające na celu sprawdzenie poprawności działania systemu pomiarowego zostały przeprowadzone w pomieszczeniu, w którym w momencie rozpoczęcia procesu pomiaru, temperatura wynosiła 21,5°C. Pomiar rozpoczęto o godzinie 11.46, a zakończono o godzinie 13.25.

Komora została zamknięta, warunki panujące wewnątrz modelu były analogiczne do panujących na zewnątrz. Aby określić temperaturę w komorze w stanie ustalonym, bez dodatkowych źródeł ciepła, wykonano 16 pomiarów wstępnych. Średnia temperatura odczytana z czujników wynosiła 21,2°C.

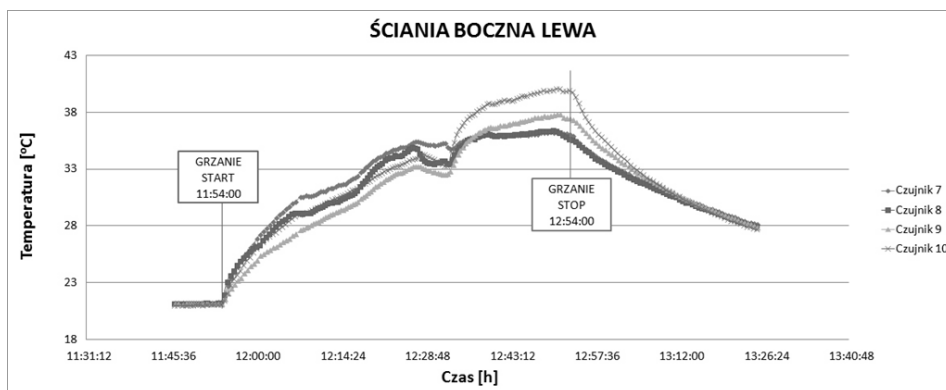
Kolejnym etapem było podłączenie dwóch źródeł ciepła umieszczonych na zewnątrz komory. Ciepłe powietrze było włączane do przestrzeni jednostajnym podmuchem z dwóch stron od dołu, nieprzerwanie przez godzinę. Przez ten czas wykonano około 130 pomiarów dla każdego czujnika. Należy zaznaczyć, że 10 spośród 15 czujników o godzinie 12.53, czyli minutę przed wyłączeniem źródeł ciepła, osiągnęły temperaturę maksymalną, co jest widoczne na załączonych wykresach (rysunki 8, 9, 10, 11). W przypadku sensorów oznaczonych numerami 6, 7, 8, 9, 10 maksymalne temperatury wystąpiły od dwóch do trzech minut wcześniej.

Na podstawie odnotowanych temperatur wykreślono wykresy zależności temperatury od czasu. Aby zapewnić lepszą czytelność wykresów, rozkład temperatury na każdej ze ścian został przeanalizowany na oddzielnym wykresie.



Rys. 8. Wykres zależności temperatury od czasu dla czujników umieszczonych na górnej ścianie modelu  
(źródło: opracowanie własne)

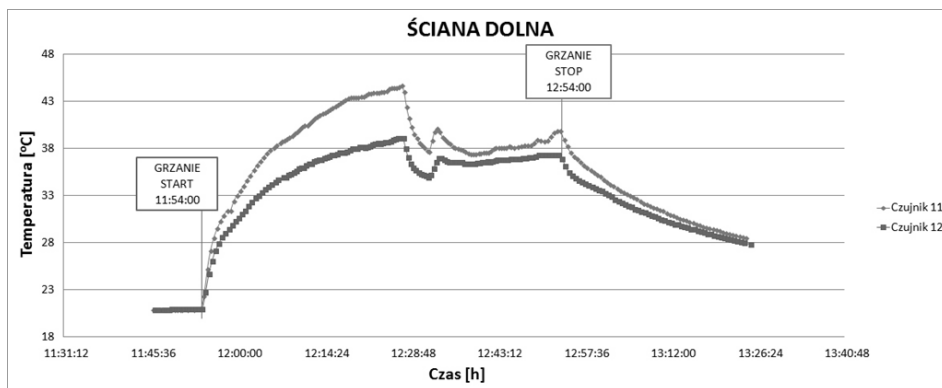
Rysunek 8 przedstawia zależność temperatury od czasu dla czujników, które umieszczone zostały na górnej ścianie modelu pomiarowego. Wyraźnie widać, że temperatura narastała w sposób jednostajny lecz tylko dla czujnika 2 oraz czujnika 5 jej wartość była podobna. Najniższą temperaturę, spośród pięciu rozpatrywanych sensorów, zanotowano w przypadku czujnika numer 4. Po wyłączeniu źródeł ciepła temperatura ustaliła się i zaczęła spadać. Dynamika spadku była praktycznie jednakowa dla wszystkich czujników. Najwyższą temperaturę podczas spadku utrzymywał czujnik numer 4.



Rys. 9. Wykres zależności temperatury od czasu dla czujników umieszczonych na bocznej lewej ścianie modelu (źródło: opracowanie własne)

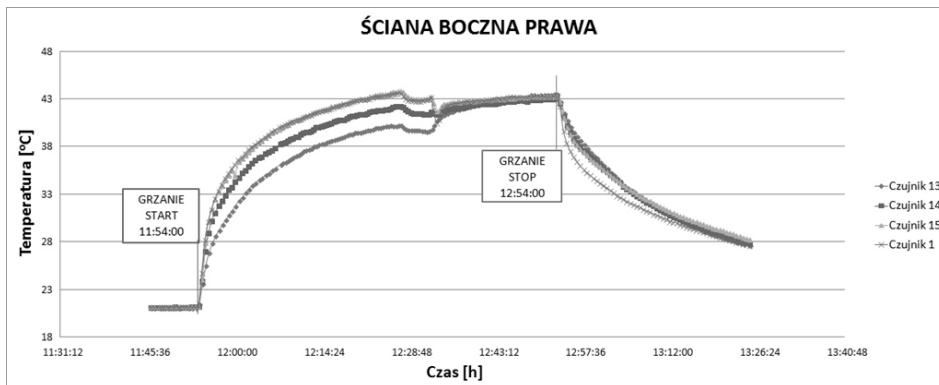
W przypadku czujników umieszczonych w lewej bocznej ścianie komory (rys. 9) proces narastania temperatury podczas ogrzewania, nie był tak jednostajny, jak w przypadku czujników na górnej ścianie. Wyraźny spadek temperatury odnotowano po około 30 minutach pracy źródeł ciepła. Po wyłączeniu ogrzewania temperatura zaczęła spadać i przy zakończeniu pomiaru (30 minut po wyłączeniu źródeł ciepła) przyjęła podobne wartości dla wszystkich czujników.

Rysunek 10 przedstawia wykres dla dwóch czujników umieszczonych na dolnej ścianie modelu pomiarowego. Tempo narastania temperatury dla obydwu czujników było podobne, jednakże czujnik numer 11 zanotował dużo wyższe temperatury. Po około 30 minutach pracy źródeł ciepła czujnik numer 12 odnotował ustalenie się temperatury.



Rys. 10. Wykres zależności temperatury od czasu dla czujników umieszczonych na dolnej ścianie modelu  
(źródło: opracowanie własne)

Wzrost temperatury, po włączeniu źródeł ciepła, na prawej ścianie odbywał się w sposób zbliżony dla wszystkich czujników (rys. 11). Po 30 minutach ogrzewania zanotowano niewielki spadek temperatury po czym temperatura ustaliła się na stałym poziomie. Wyłączenie źródeł ciepła spowodowało jednostajny spadek temperatury, przy czym czujnik numer 1 zanotował najniższe temperatury (w przypadku pozostałych czujników wartości temperatur były na zbliżonym poziomie).



Rys. 11. Wykres zależności temperatury od czasu dla czujników umieszczonych na bocznej prawej ścianie modelu  
(źródło: opracowanie własne)



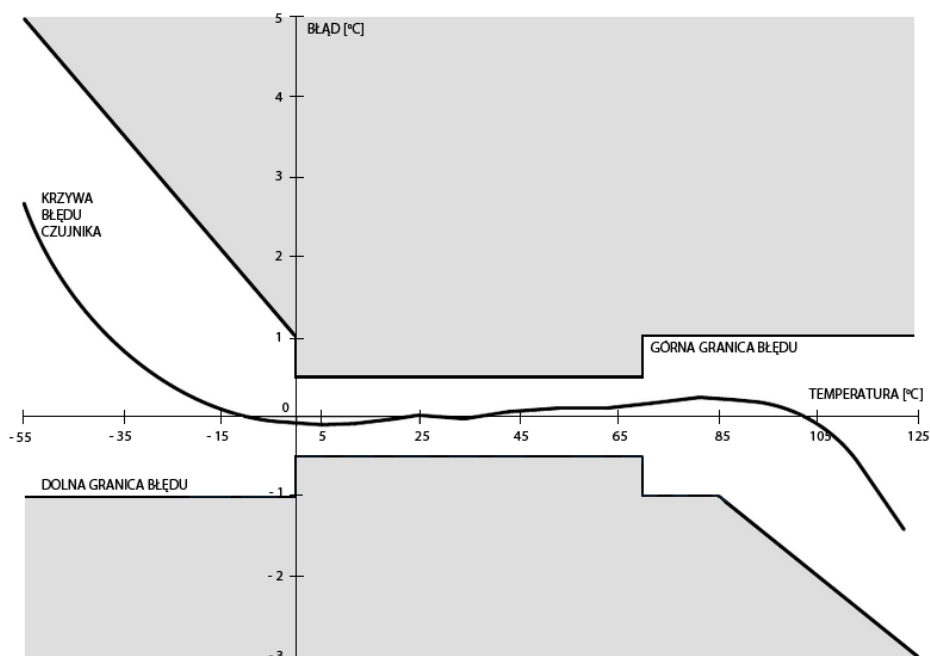
## BŁĄD POMIARU

Wstępna analiza otrzymanych wyników pomiarów pozwoliła odrzucić występowanie błędów nadmiernych, zatem wszystkie wartości zostały uwzględnione w opracowaniu.

Z uwagi na fakt, że wyniki wszystkich czujników są powtarzalne, wykluczyć można również występowanie błędów systematycznych wynikających z wadliwej pracy sensorów. Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, rachunek błędów będzie sprowadzał się do określenia błędów przypadkowych dla pomiarów bezpośrednich.

Układ DS18B20 mierzy temperaturę z dokładnością  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  w zakresie od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Na rysunku 3.10 przedstawiono wykres błędu czujnika DS18B20 w funkcji temperatury dostarczony przez producenta tego układu, widać na nim, że w zakresie temperatur od  $+25^{\circ}\text{C}$  do  $+45^{\circ}\text{C}$  wartość błędu jest bardzo mała.



Rys. 12. Wykres błędów czujnika DS18B20 w funkcji temperatury  
(źródło: [3])

## **WNIOSKI**

Opisany w niniejszej pracy system pomiarowy, oparty o czujniki DS18B20 firmy Dallas Semiconductor, spełnia założone wymogi. Opracowany układ pomiarowy jest zainstalowany w prototypie komory do hodowli komórkowej. Prototyp komory w przeciwieństwie do komór dostępnych już na rynku, cechuje prostota wykonania i brak generowanych pól elektromagnetycznych przez spiralę grzewczą. Zastosowane rozwiązania, m.in. wykorzystanie komunikacji poprzez protokół 1-Wire, umożliwiły stosunkowo szybkie przesyłanie danych z bardzo małym błędem pomiarowym (nawet na dużych odległościach).

Pomiar temperatury w modelu oraz późniejsza analiza zgromadzonych danych wykazały, że zastosowane czujniki nie posiadały wad ponieważ, żaden sensor nie wykazywał znacznych odchyień. Potwierdził to również rachunek błędu, którego najwyższa wartość wynosiła  $0,03^{\circ}\text{C}$ .

Jest to zadowalający rezultat ponieważ, dokładność wymagana przy hodowli komórkowej wynosi  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

W przyszłości urządzenie z tym systemem można będzie wykorzystywać w laboratorium lub też pracowni pomiarowej.

## LITERATURA

- [1] 1-Wire Digital Temperature Sensor with 1Kb Lockable EEPROM, MAXIM. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31826.pdf>, dostęp do witryny 03.12.2013
- [2] Bogusz J.: *Lokalne interfejsy szeregowo w systemach cyfrowych*, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2004.
- [3] DS1820 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Data Sheets. DALLAS, <http://datasheet.elcodis.com/pdf2/73/36/733632/ds1820.pdf>, dostęp do witryny 02.01.2014
- [4] Parchański J.: *Miernictwo elektryczne i elektroniczne*, WSiP, Warszawa 1995.
- [5] Piwowarczyk J.: *Temperature Measurement as an Example of a 1-Wire Technology Application*. <http://www.codeproject.com/Articles/32960/Temperature-Measurement-as-an-Example-of-a-1-Wire>, dostęp do witryny 01.2014

## **WYKORZYSTANIE ENERGII SŁONECZNEJ DO ZASILANIA NAPĘDÓW URZĄDZEŃ KLIMATYZACJI I WENTYLACJI**

### **WPROWADZENIE**

W dzisiejszych czasach coraz więcej osób budując własny dom decyduje się na mechaniczną instalację wentylacyjno-klimatyzacyjną. Przez co już zwykle na etapie projektowania domu trzeba ustalić jakiego typu wentylację będzie posiadał. Typowe instalacje wentylacji mechanicznej w domu jednorodzinnym wykonywane są z zastosowaniem centrali nawiewno-wywiewnej tzw. rekuperatora. W celu ochłodzenia powietrza latem zwykle dodatkowo instaluje się tzw. wymienniki gruntowe powietrzne lub glikolowe. W Polsce raczej nie spotkamy się z instalacją wentylacyjno-klimatyzacyjną wykonaną w domu jednorodzinnym z wykorzystaniem centrali klimatyzacyjno-wentylacyjnej. Wynika to z faktu dość drogiej eksploatacji samego urządzenia. Mowa tu oczywiście o energii elektrycznej pobieranej w okresie letnim przez sprężarkę agregatu chłodniczego centrali. Celem tego projektu jest wyeliminowanie bądź zminimalizowanie tego czynnika poprzez instalację fotowoltaiczną, która będzie zasilać centrale w okresie letnim, a więc w okresie największego nasłonecznienia oraz największego zapotrzebowania na chłód.

### **ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE**

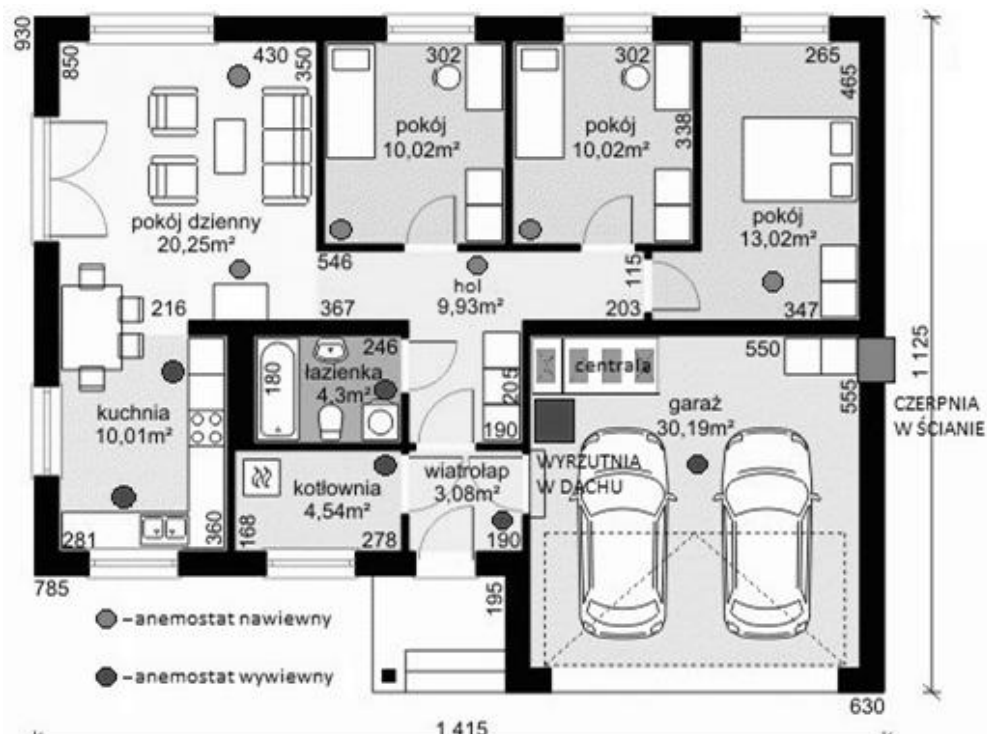
Miejscem projektowanej instalacji jest zlokalizowany w Lublinie dom jednorodzinny parterowy o kubaturze pomieszczeń użytkowych 295 m<sup>3</sup> i powierzchni użytkowej 116 m<sup>2</sup>, w którym mieszkają 4 osoby.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych, Koło Naukowe NAPĘD I AUTOMATYKA

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych

Centrala zlokalizowana została w garażu. Miejsce to zostało wybrane ponieważ transport jak i montaż oraz sam dostęp do centrali jest dużo łatwiejszy. Ponadto garaż posiada wzmocnioną ścianę południową co sprawia że centrala jest doskonale odizolowana od pokoi. Czerpnia zainstalowana została od strony zachodniej domu, natomiast wyrzutnia w dachu nad garażem. Cała instalacja wentylacyjno-klimatyzacyjna wykonana została z elastycznych izolowanych rur wełną mineralną w celu zmniejszenia strat oraz wyciszenia całej instalacji. Kanały wentylacyjne rozciągają się nad stropem na poddaszu ocieplonym i połączone są z anemostatami nawiewnymi oraz anemostatami wywiewnymi. Odpływ skroplin z centrali został wyprowadzony elastyczną rurą bezpośrednio do kanalizacji. Panele fotowoltaiczne zasilające centrale zostały zainstalowane na południowej stronie dachu dwu spadowego o kącie nachylenia 35°. Automatyka sterująca centralą, regulator ładowania akumulatorów oraz falownik umiejscowione zostały w niewielkiej rozdzielnicy zainstalowanej na ścianie centrali. Również bateria akumulatorów została zlokalizowana w garażu w jego przeciwległym rogu w stosunku do centrali.



Rys. 1. Plan instalacji  
(źródło: opracowanie własne)

## DOBÓR CENTRALI

W celu dobrania odpowiedniej centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej konieczne jest obliczenie potrzebnej ilości powietrza nawiewanego oraz wywiewanego niezbędnego do wydajnej pracy centrali. Obliczenia zostały przeprowadzone dla temperatury zewnętrznej 30°C miesiąca lipca [1].

**Parametry powietrza zewnętrznego dla strefy II, miesiąc lipiec, godz. 15:00 wg normy PN-76/B-03420 [2]:**

- temperatura na zewnątrz –  $T_z = 30^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza –  $\varphi_z = 60\%$
- entalpia właściwa powietrza –  $n_p = 71\text{ kJ/kg}$
- zawartość wilgoci –  $x = 15,9\text{ g/kg}$

**Parametry powietrza wewnętrznego dla strefy II, miesiąc lipiec, godz. 15:00 wg normy PN-78/B-03421 [3]:**

- temperatura w pomieszczeniach –  $T_p = 26^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza –  $\varphi_z = 50\%$
- entalpia właściwa powietrza –  $i = 52,7\text{ kJ/kg}$
- zawartość wilgoci –  $x = 9,8\text{ g/kg}$

### Założone parametry technologiczne:

- zyski ciepła jawnego (ciepło od ludzi, urządzeń, okien) –  $Q_j = 2,5\text{ kW}$
- różnica temperatury powietrza nawiewanego do usuwanego –  $\Delta t = 6^\circ\text{C}$
- wysokość wszystkich pomieszczeń  $h = 2,55\text{ m}$
- krotności wymian powietrza N: pokój dzienny – 6; pokój 1,2,3 – 4; hol, wiatrołap – 1; kuchnia – 10; łazienka – 7; kotłownia, garaż – 2.

Na podstawie wyżej wymienionych parametrów powietrza oraz założeń obliczono ilość powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła, krotności wymian oraz na podstawie liczby osób:

- Ilość powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła:

$$V_w = \frac{Q_j}{\rho \cdot c_p \cdot (T_w - T_N)} = \frac{2,5}{1,2 \cdot 1,005 \cdot (26 - 20)} = 0,34 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (1)$$

gdzie:

- $\rho$  – gęstość powietrza,  $\rho = 1,2\text{ kg/m}^3$
- $c_p$  – ciepło właściwe powietrza,  $c_p = 1,005\text{ kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$

$T_w$  – temperatura powietrza wywiewanego [°C],  $T_w = T_p + \beta \cdot (h - 2)$ , przy czym  $h$  – wysokość umieszczenia nawiewnika [m]

$B$  – pionowy gradient temperatury [°C/m] (zwykle 0,2–0,4 °C/m; jeśli  $h \leq 4$  m, to  $T_w = T_p$ )

$T_N$  – temperatura powietrza nawiewanego

- Ilość powietrza wentylacyjnego na podstawie wymaganej krotności wymian

$$V_w = \sum_{i=1}^n V_i \cdot N_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot h_i \cdot N_i = 1189,35 \frac{m^3}{h} = 0,33 \frac{m^3}{s} \quad (2)$$

gdzie:

$V_i$  – kubatury pomieszczeń wentylowanych

$P_i$  – powierzchnie pomieszczeń wentylowanych

$h_i$  – wysokość pomieszczeń wentylowanych

$N_i$  – krotności wymian

- Ilość powietrza wentylacyjnego na podstawie liczby osób:

$$V_w = V_i \cdot n = 40 \cdot 4 = 160 \frac{m^3}{h} = 0,05 \frac{m^3}{s} \quad (3)$$

gdzie:

$V_i$  – ilość powietrza na 1 osobę (20–40 m<sup>3</sup>/h)

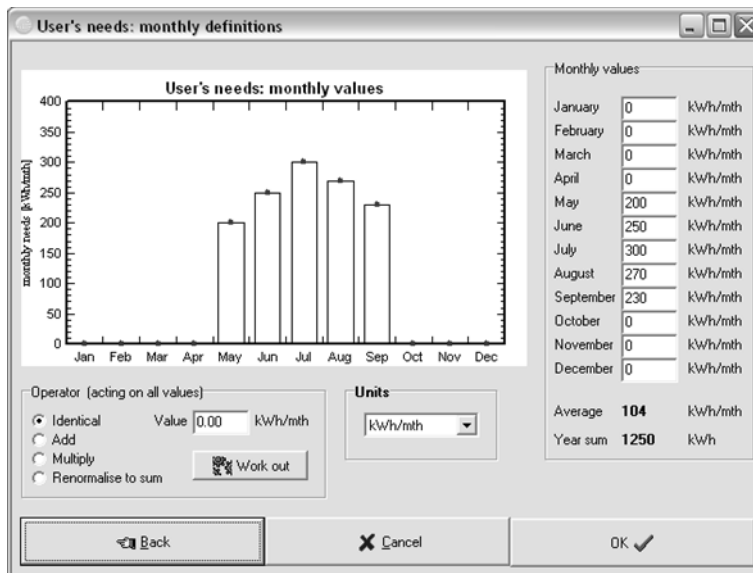
$n$  – liczba osób w pomieszczeniu

W dalszym opracowaniu przyjęto największą obliczoną wartość  $V_w = 0,34$  m<sup>3</sup>/s.

Na podstawie ilości powietrza wentylacyjnego z katalogu szwajcarskiej firmy IV Produkt AB [4] dobrano centrale wentylacyjno-klimatyzacyjną EVISTAR TOP 04 przeznaczoną dla wydatku powietrza od 0,19–0,35 m/s. Również na tej samej podstawie dobrano agregat chłodniczy w wariantcie drugim z pośród dwóch dedykowanych do tego modelu centrali. Moc chłodnicza agregatu wynosi 5,9 kW, zaś moc pobierana przez silnik hermetycznej sprężarki spiralnej to 1,42 kW. Za dostarczanie i odprowadzanie powietrza z pomieszczeń odpowiadają dwa wentylatory z silnikami EC o mocy 0,42 kW sterowane napięciem 0–10 V. Centrala wyposażona została także w 40 W obrotowy wymiennik ciepła oraz dedykowaną nagrzewnicę wodną ATEV, którą podłączono do systemu centralnego ogrzewania. Sterownik sterujący pracą centrali to Siemens Climatix.

## WYNIKI SYMULACJI KOMPUTEROWEJ W PROGRAMIE PVSYST

Przed przeprowadzeniem symulacji założono, że projektowana instalacja fotowoltaiczna będzie instalacją autonomiczną tzn. nie będzie wykorzystywać energii pochodzącej z sieci elektrycznej, ale ze względu na jak najniższy koszt instalacji ograniczona zostanie do zasilania jedynie sprężarki agregatu chłodniczego centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej w okresie od maja do czerwca, natomiast pozostałe komponenty urządzenia zasilane będą przez sieć elektryczną.



rys. 2. Zakładany miesięczny profil obciążenia instalacji PV  
 (źródło: opracowanie własne)

Dla zakładanego miesięcznego profilu obciążenia (rys. 2) za pomocą programu PVsyst dobrano pięć akumulatorów Sonnenschein 12V 190Ah, połączonych szeregowo co pozwoliło na uzyskanie baterii 60V o pojemności 190Ah. Dobrano także 44 moduły Schott Solar AG ASI TM-86 o mocy szczytowej 86Wp i napięciu nominalnym 14V o łącznej powierzchni 64 m<sup>2</sup>. Moduły połączone zostały w 4 serie każda po 11 sztuk, co pozwoliło na spełnienie warunków dotyczących sugerowanej nominalnej mocy pola PV zaproponowanej przez program (3,8 kWp). Ze względu na maksymalną moc sprężarki (1,42 kW) z katalogu firmy Soldar [5] dobrano falownik: Sunny Boy 1700 o mocy pozornej 1,7 kVA.

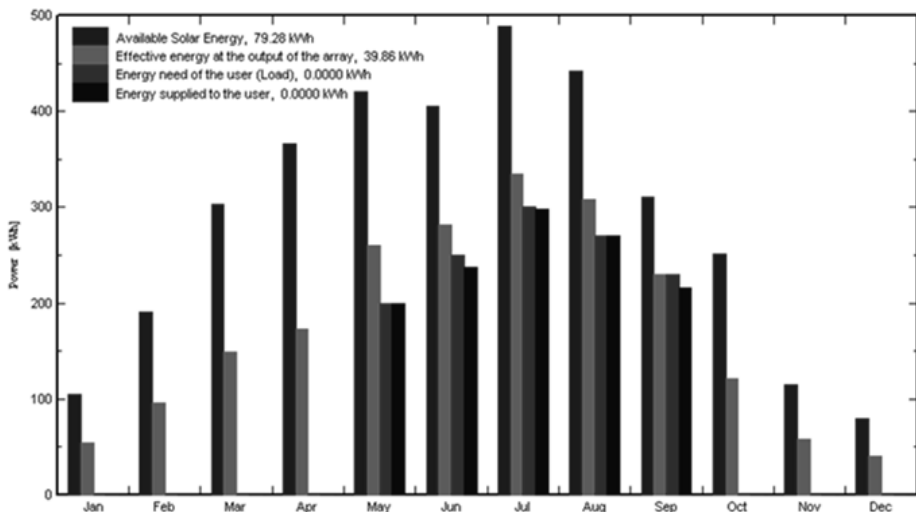


Tabela 1. Wyniki symulacji bilansu energetyczny systemu PV

ZASILANIE AGREGATU CHŁODNICZEGO LATEM  
Energy Use

	EArray	E Load	E User	SolFrac	T LOL	Pr LOL
	kWh	kWh	kWh		Hour	%
January	54.4	0.0	0.0	1.000	0	0.00
February	95.6	0.0	0.0	1.000	0	0.00
March	149.0	0.0	0.0	1.000	0	0.00
April	172.4	0.0	0.0	1.000	0	0.00
May	260.8	200.0	200.0	1.000	0	0.00
June	281.2	250.0	237.3	0.949	36	5.04
July	335.3	300.0	297.8	0.993	5	0.70
August	308.3	270.0	270.0	1.000	0	0.00
September	229.7	230.0	216.3	0.940	42	5.90
October	120.7	0.0	0.0	1.000	0	0.00
November	57.2	0.0	0.0	1.000	0	0.00
December	39.9	0.0	0.0	1.000	0	0.00
Year	2104.3	1250.0	1221.4	0.977	84	0.96

gdzie: **Earray** – rzeczywista wyjściowa energia pola PV, **E Load** – zapotrzebowanie energetyczne użytkownika, **E User** – energia dostarczona, **SolFrac**- stosunek energii dostarczonej użytkownikowi do zapotrzebowania na energię, **T LOL** – okres braku zasilania, **Pr LOL** – prawdopodobieństwo utraty zasilania, (źródło: opracowanie własne)



Rys. 2. Wykres bilansu energetycznego: dostępna energia słoneczna; rzeczywista wyjściowa energia pola PV; zapotrzebowanie energetyczne użytkownika; energia dostarczona użytkownikowi (źródło: opracowanie własne)

## **PODSUMOWANIE**

Głównym celem przeprowadzenia symulacji, było zaprojektowanie najmniej kosztownego układu zasilania gwarantującego praktycznie niezawodną pracę agregatu chłodniczego centrali od maja do września, a więc w okresie największego nasłonecznienia, największej energii produkowanej przez system PV oraz największego zapotrzebowania energetycznego agregatu sprężarkowego. Dobierając elementy instalacji fotowoltaicznej dążono do zachowania równowagi pomiędzy niezawodnością systemu, a ilością wykorzystanych w niej modułów i akumulatorów. Co udało się osiągnąć zachowując prawdopodobieństwo utraty zasilania w granicach tylko 6%.

## LITERATURA

- [1] Pisarev V.: *Projektowanie instalacji wentylacji i klimatyzacji z rekuperacją ciepła*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2012.
- [2] PN-76/B-03420: *Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego*.
- [3] PN-78/B-03421: *Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi*.
- [4] <http://www.clima-comfort.com.pl> (dostęp: 25.01.2014)

## **CYFROWE UKŁADY AUTOMATYCZNEJ REGULACJI NATĘŻENIA PRĄDU TERMOEMISJI ELEKTRONOWEJ W ŹRÓDŁACH ELEKTRONÓW Z GORĄCĄ KATODĄ**

### **WPROWADZENIE**

Jonizacja strumieniem elektronów jest metodą, polegającą na oddziaływaniu rozpędzonych elektronów na cząsteczki gazu w wyniku czego elektrony przekształcają wspomniane cząsteczki gazu w jony. Technika ta jest szeroko stosowana między innymi w dziedzinie spektrometrii masowej, próżniomierzy jonizacyjnych czy ewaporatorach. W tego typu źródłach jonów, elektrony wytwarzane są w wyniku podgrzewania włókna prądem elektrycznym w warunkach wysokiej próżni. W takich systemach bardzo ważną wielkością jest prąd termoemisji elektronowej, ponieważ od niego zależy szybkość i jakość jonizacji gazu, która to ma decydujący wpływ na przebieg procesu. W związku z tym należy poddać regulacji natężenie prądu termoemisji elektronowej w celu utrzymania stabilności i równomierności jonizacji, a co za tym idzie dokładności i powtarzalności pomiarów wykonywaną z użyciem źródeł jonów. Nowopowstające układy automatycznej regulacji w obszarze źródeł elektronowych umożliwiają uzyskanie poprawy parametrów gazowych źródeł jonów z gorącym włóknem oraz uzyskanie nowych funkcjonalności np. kontroli pracy źródła z poziomu komputera klasy PC. W ostatnich latach prawdziwy rozwój przeżywają cyfrowe układy regulacji zastępując tym samym popularne wcześniej układy analogowe. Z tego powodu dokonany został przegląd dotychczas opracowanych cyfrowych układów automatycznej regulacji prądu termoemisji elektronowej oraz nakreślone zostały perspektywy dalszego rozwoju tych układów.

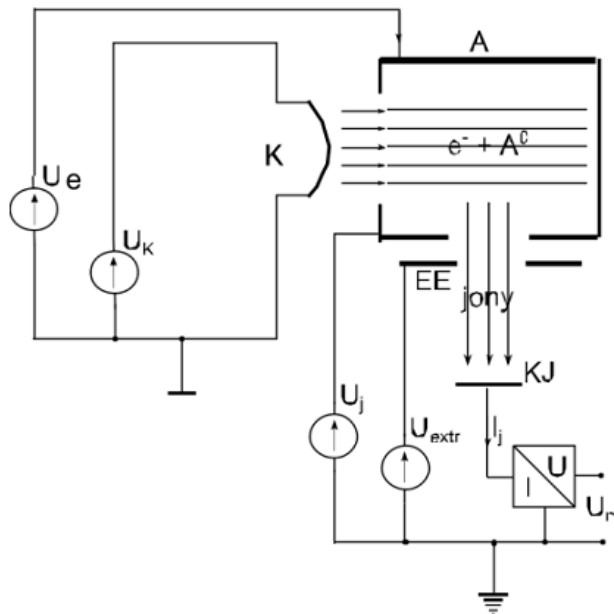
---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Automatyki i Metrologii

Spośród dotychczas opracowanych cyfrowych układów regulacji prądu jonizującego na uwagę zasługuje układ w wersji systemu wbudowanego [3] oraz zbudowane na podzespołach komercyjnych [1, 4].

### OBIEKT STEROWANIA

Obiekt poddawany regulacji to gorące metalowe włókno tj. katoda, która jest częścią złożonego systemu – aparatury pomiarowej, w której gaz poddawany jest jonizacji. Uproszczony schemat źródła jonów wraz z układem zasilania przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat źródła jonów wraz z układem polaryzacji  
(źródło: [6])

Katoda (K) stanowi źródło elektronów tj. prądu jonizującego. Wolne elektrony emitowane są z jej powierzchni za sprawą płynącego prądu rozgrzewającego ją do wysokiej temperatury. Pomiędzy katodą (K) i anodą (A) istnieje napięcie przyspieszające  $U_e$ , dzięki któremu elektrony rozpędzają się i uzyskują zadaną energię kinetyczną. Ukształtowana wiązka elektronów, czyli prąd jonizujący o natężeniu  $I_e$  kierowana jest do komory o długości  $l$ , wypełnionej gazem o koncentracji  $n$  i całkowitym przekroju czynnym

na jonizację  $Q_T$ , wywołuje jonizację cząsteczek gazu. W efekcie powstaje prąd jonowy o natężeniu określonym wzorem (1) [6]:

$$I_j = I_e Q_T(U_e)nl \quad (1)$$

Wartość natężenia prądu jonowego jest źródłem informacji o parametrach mierzonej próżni w przypadku użycia w próżniomierzu jonizacyjnym lub o wartości ciśnień parcyjnych w spektrometrze mas. Zgodnie ze wzorem (1) prąd jonowy jest zależny od natężenia wiązki jonizującej. Ze wzoru (1) wynika również, że stabilność prądu jonizującego ma decydujący wpływ na stabilność prądu jonowego, a ten z kolei decyduje o dokładności, powtarzalności i czasie realizacji procesów z wykorzystaniem ewaporatorów, próżniomierzy, spektrometrów mas czy też innych urządzeń. Układy regulujące natężenie prądu jonowego pośrednio regulują prąd elektronowy.

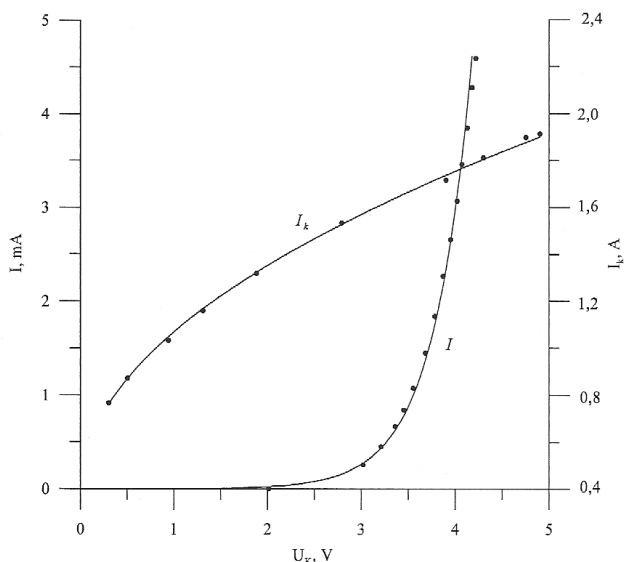
Spośród wielu rodzajów katod relatywnie często wykorzystywane są katody wolframowe, wolframowe pokryte tlenkiem toru czy irydowe pokryte tlenkiem itru.

Katoda wolframowa jest najstarszą i najprostszą konstrukcją katody. Dzięki wysokiej temperaturze topnienia wolframu możliwe jest jej silne rozgrzanie dla celów emisji elektronów. Jej najważniejszą wadą jest niska emisja elektronów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, a co za tym idzie katoda ta wymaga dostarczenia dużej mocy. Należy podgrzać ją do wysokiej temperatury, wyższej niż w przypadku innych rodzajów katod.

Nowsze generacje katod zostały opracowane m. in. Przez pokrycie włókna innymi materiałami np. torem (katoda torowana) czy tlenkami innych metali alkalicznych. Materiały te, w zależności od rodzaju mają w tej samej temperaturze nawet kilkunastokrotnie większą emisyjność z tej samej jednostki powierzchni w porównaniu do czystego wolframu.

W związku z tym, aby uzyskać taki sam prąd katody jak dla katody wolframowej, w porównaniu z nią katody te mogą być mniejsze oraz mogą pracować w niższej temperaturze, wymagają wówczas znacznie mniej mocy do pracy w roli źródeł elektronów. Do najistotniejszych wad należy ograniczona żywotność tych katod spowodowana powolnym parowaniem cienkiej powierzchni aktywnej oraz zanieczyszczeniem jej przez resztki gazów. Co więcej, katody te są wrażliwe na pracę w niewłaściwej temperaturze. Zbyt duża temperatura oraz zbyt szybkie jej zmiany obniżają żywotność katod.

Dotychczasowe badania dowodzą, że katoda, niezależnie od rodzaju wykonania, wykazuje nieliniową zależność prądu od napięcia zasilania oraz również nieliniową zależność prądu emisji elektronowej od napięcia zasilania [6]. Przykładową nieliniową charakterystykę ilustruje rysunek 2.



Rys. 2. Charakterystyki prądu katody i prądu termoemisji elektronowej w zależności od napięcia zasilania katody  
(źródło: [6])

Badania przeprowadzone w [2] wykazują, że odpowiedź w postaci prądu emisji elektronowej na skok jednostkowy napięcia zasilającego katodę świadczy o charakterze inercyjnym tego obiektu. Jest to inercja wyższego rzędu zależna od punktu pracy i parametrów wymuszenia. Przy pracach z tego typu obiektami sterowania typową praktyką jest aproksymacja obiektów inercyjnych wyższych rzędów poprzez zastąpienie obiektu połączeniem opóźnienia i inercji pierwszego rzędu zgodnie ze wzorem (2) [2]:

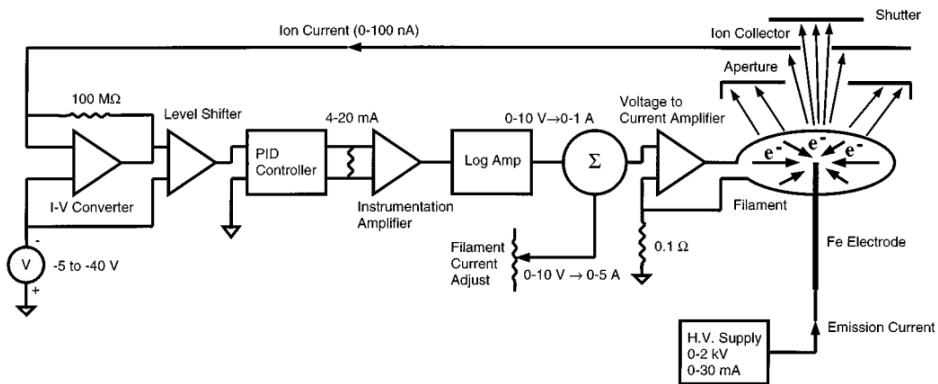
$$G(s) = \frac{K}{1+Ts} e^{-T_0s} \quad (2)$$

Takie traktowanie obiektu znacznie ułatwia analizę i dobór nastaw regulatora.

### UKŁAD Z ZAMKNIĘTĄ PĘTLĄ SPRĘŻENIA ZWROTNEGO

Dotychczas opracowany został między innymi prosty i relatywnie niedrogi układ cyfrowej regulacji prądu jonowego, a pośrednio także jonizującego [1]. Układ ten współpracuje z ewaporoatorem, wykorzystując pętlę sprzężenia zwrotnego. Zawiera również dostępny na rynku regulator proporcjonalno-całkująco-różniczkujący (PID) zapewniający automatyczne dostrajanie oraz wzmacniacz logarytmiczny linearyzujący sygnał wyjściowy.

Rysunek 3 prezentuje uproszczony schemat kontrolera wraz z podłączeniem do ewaporatora. W tym układzie regulacji operator ręcznie ustawia zgrubną wartość prądu grzewczego (do 5A). Jest to wartość nieco mniejsza od wartości prądu pozwalającego uzyskać żądane natężenie prądu jonowego. Regulator PID działa w taki sposób, że do zgrubnego prądu dodaje niewielki (do 1A) prąd grzewczy, którego wielkością bezpośrednio steruje. Mały zakres regulowanego prądu jest wymagany ze względu na wąski zakres prądów jonowych, w których ewaporatory pracują optymalnie.



Rys. 3. Uproszczony schemat układu automatycznej regulacji natężenia prądu jonizującego wraz z podłączeniem do ewaporatora

(źródło: [1])

Pętla sprzężenia zwrotnego zawiera konwerter prąd-napięcie (I-V) przekształcający prąd jonowy na napięcie ze wzmocnieniem 1 V na 10 nA prądu jonowego (opcjonalnie 1 V na 1 nA). Ponadto konwerter zapewnia wstępną polaryzację kolektora jonów, około -25 V. Następnym blokiem na rysunku 1 jest konwerter poziomów konwertujący sygnał napięciowy z przekształtnika prąd-napięcie na napięcie odniesione do poziomu masy w zakresie 0-10 V, który jest

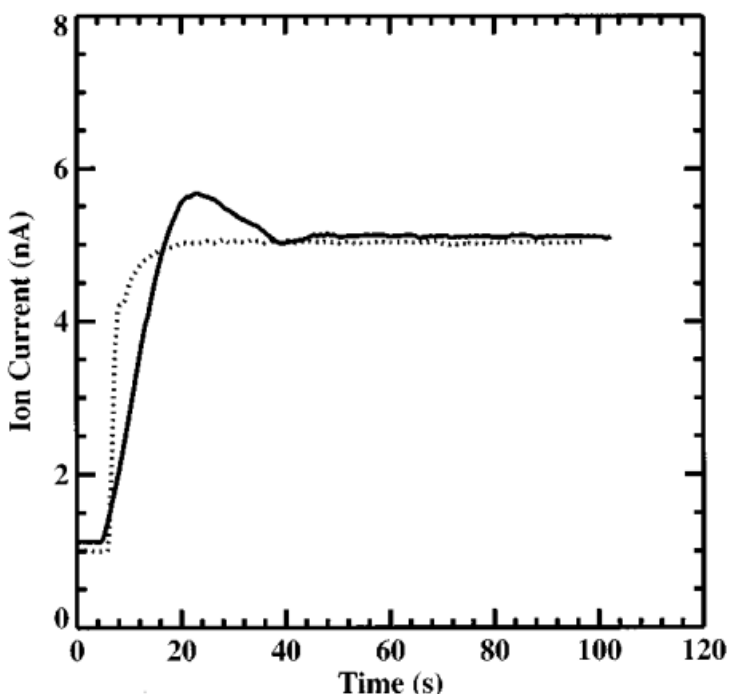


wymagany przez regulator PID. W konwerterze tym wykorzystany został specjalizowany wzmacniacz różnicowy ze względu na duży zakres napięć wspólnych. Sygnał napięciowy odniesiony do poziomu masy przekazywany jest na wejście cyfrowego regulatora PID. Posiada on możliwość programowania punktu pracy z poziomu panelu przedniego. Zakres napięć wejściowych regulatora ustawiony został na 0–10 V reprezentujących zakres prądu jonowego. Na wyjściu regulatora występuje sygnał prądowy w zakresie 4–20 mA, który po kondycjonowaniu i wzmocnieniu steruje katodą. Sygnał z wejścia regulatora jest konwertowany na wartość cyfrową z rozdzielczością 15 bitów i na jej podstawie obliczana jest wartość sygnału wyjściowego regulatora z częstotliwością 8 Hz i rozdzielczością 13–14 bitów. Regulator posiada możliwość automatycznego doboru nastaw poszczególnych jego składowych. Dzięki tej funkcjonalności układ ten jest prosty we wdrożeniu w systemach o niezbyt szybkiej odpowiedzi. Sygnał prądowy z wyjścia regulatora konwertowany jest na sygnał napięciowy o zakresie 2–10 V za pomocą rezystora 5 k $\Omega$  i wzmacniacza. Następnie sygnał podawany jest na wzmacniacz logarytmiczny celem linearyzacji sygnału, ponieważ prąd jonowy zależy eksponentalnie od prądu jonizującego. Na wyjściu tego wzmacniacza powstaje sygnał o wartości w zakresie 0–10 V. W dalszej kolejności jest on sumowany z wartością zgrubną zadaną przez użytkownika za pomocą panelu głównego. Zsumowane wartości napięć podawane są na wejście wzmacniacza mocy, który bezpośrednio zasila katodę. Wspomniany wzmacniacz składa się ze wzmacniacza błędów i operacyjnego wzmacniacza mocy. Sygnał błędów jest to spadek napięcia na specjalnym rezystorze o wartości 0.1  $\Omega$  będący miarą płynącego przez niego prądu grzewczego katody. Za pomocą tego rezystora wzmocnienie wzmacniacza mocy ustawione jest na 1 A na 100 mV napięcia sterującego. Elektrony są przyspieszane za pomocą napięcia o wartości np. 2000 V z zewnętrznego wzmacniacza.

Zastosowanie kontrolera z pętlą sprzężenia zwrotnego umożliwia łatwą kontrolę obiektu sterowanego. Obsługa ogranicza się do ustawieniażądanego prądu jonowego i ustawieniu zgrubnego prądu grzewczego katody. Dobór nastaw ogranicza się do przełączenia regulatora w tryb automatycznego strojenia.

Rysunek 4 prezentuje odpowiedź skokową obiektu to jest katody wykorzystywanej w ewaporatorach. Wartość początkowa została ustawiona na 1 nA prądu jonowego, po około 5s wartość zadana skokowo zmieniona została na 5 nA. Linia ciągła prezentuje odpowiedź skokową przy wzmocnieniu

konwertera prąd-napięcie 1 V na 10 nA prądu jonowego, natomiast linia przerywana przy wzmacnieniu 1 V na 1 nA prądu jonowego. Niewielkie przesunięcie wartości początkowej zależy od ustawień regulatora PID. Raz osiągnięta wartość natężenia prądu jonowego pozostaje stabilna. W długim okresie czasu fluktuacje natężenia prądu jonowego nie przekraczają 1%.



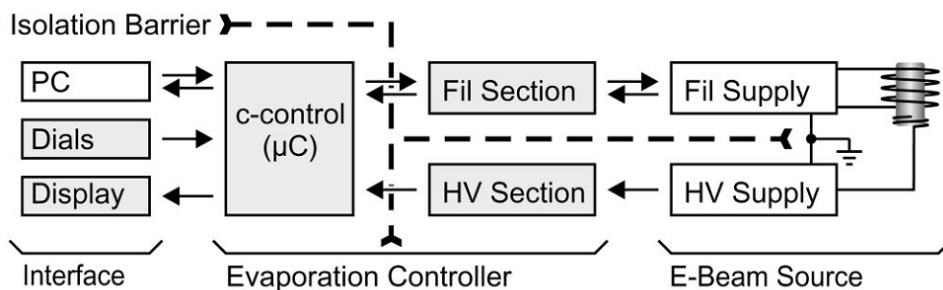
Rys. 4. Odpowiedź obiektu na skok jednostkowy, linia ciągła: wzmacnienie 1 V/10 nA, linia przerywana: 1 V/1 nA  
(źródło: [1])

Zaprezentowany cyfrowy układ regulacji natężenia prądu jonowego, a co za tym idzie także prądu elektronowego pozwala automatycznie sterować pracą ewaporatora, zwalniając użytkowników z czasochłonnego i mniej dokładnego sterowania ręcznego. Ponadto kontroler oferuje szeroki zakres prądów jonowych, łatwą obsługę i może być zbudowany z łatwo dostępnych na rynku komponentów.

## ELASTYCZNY MIKROPROCESOROWY UKŁAD AUTOMATYCZNEJ REGULACJI PRĄDU JONIZUJĄCEGO

Opracowano także nowsze układy automatycznej regulacji. Przykładem może być mikroprocesorowy kontroler ewaporatora [4]. Został stworzony na potrzeby prac badawczych i posiada pewną przewagę w stosunku do komercyjnych kontrolerów w przypadku wykorzystania przez naukowców.

Koncepcja sprzętowa tego układu przedstawiona została na rysunku 5. W centralnej części rysunku znajduje się mikrokontroler firmy Conrad Electronics oparty na procesorze C164C1. Posiada on porty wejść/wyjść, wejścia analogowe i interfejs szeregowy RS232 umożliwiający komunikację z komputerem klasy PC. Na interfejs użytkownika składają się wyświetlacz ciekłokrystaliczny, enkoder oraz przyciski



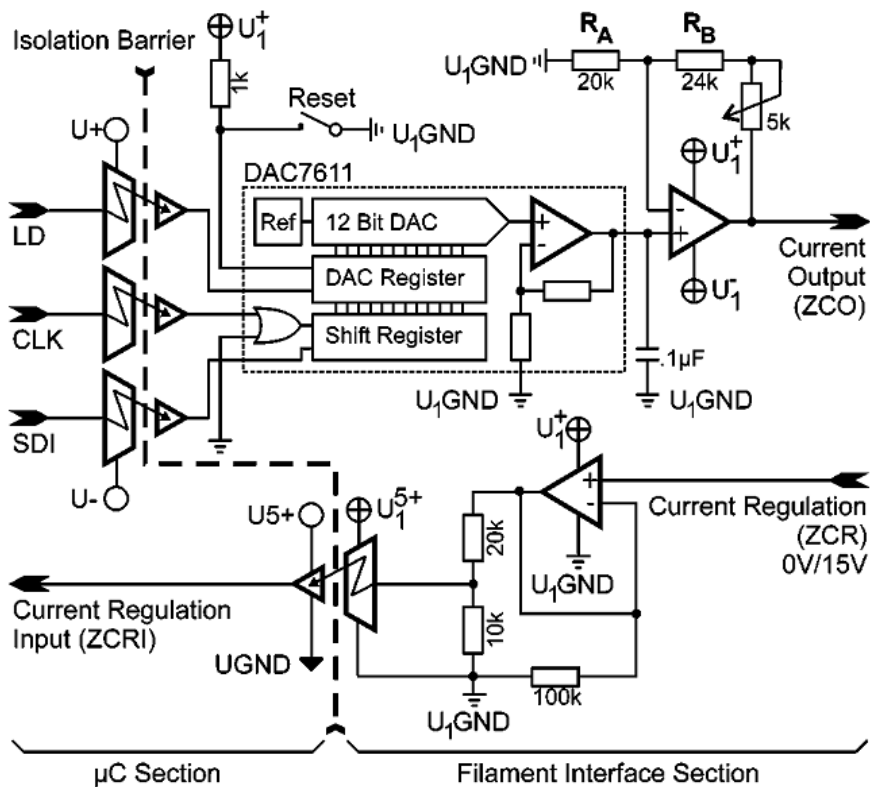
Rys. 5. Schemat elastycznego mikroprocesorowego układu automatycznej regulacji prądu termoemisji elektronowej  
(źródło: [4])

Mikrokontroler współpracuje z dwoma zewnętrznymi źródłami energii. Jedno z nich to zasilacz katody o wydajności prądowej 5 A i napięciu maksymalnym 30V oraz drugie źródło wysokonapięciowe do przyspieszania elektronów, napięcie maksymalne 1250 V i wydajność prądowa na poziomie 250 mA. Odpowiadają one odpowiednio blokom ze schematu: Fil Supply i HV Supply. Oba źródła podłączone są do mikrokontrolera poprzez układy kondycjonujące oznaczone na rysunku 5, jako Fil Section i HV Section.

Zasilacz katody jest zdalnie sterowany poprzez napięcie w zakresie 0–10 V. Takim samym zakresem napięć sterowany jest prąd i napięcie zasilacza wysokonapięciowego. Obydwa zasilacze posiadają wyjście binarne 0/15 V sygnalizujące rodzaj pracy (sterowanie napięciem lub prądem wyjściowym). Jest to cenna informacja dla mikrokontrolera dotycząca stanu pracy źródeł. Zasilacz katody wymaga dwukierunkowego interfejsu w celu sterowania prądem

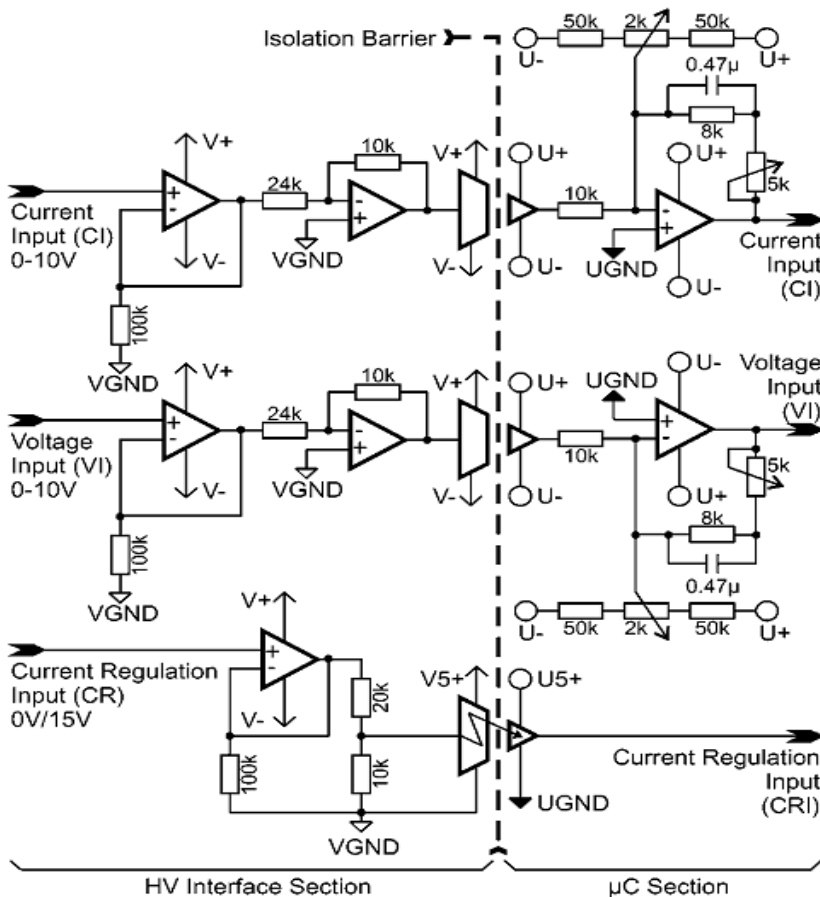
i odczytywania statusu zasilacza przez mikrokontroler, natomiast zasilacz wysokonapięciowy wystarczy połączyć jednokierunkowym interfejsem, gdyż mikrokontroler ma za zadanie jedynie odczytywać prąd termoemisji elektronowej (jest to sygnał z pętli sprzężenia zwrotnego), wartość napięcia przyspieszającego i status pracy zasilacza.

Koncepcja zaprezentowana na rysunku 5 wymaga zastosowania izolacji galwanicznej pomiędzy źródłami, a mikrokontrolerem ze względu na duże różnice potencjałów i ryzyko przepięć przedostających się do obwodu mikrokontrolera, które mogą go zniszczyć.



Rys. 6. Schemat układu kondycjonowania sygnałów zasilacza katody  
(źródło: [4])

Rysunek 6 prezentuje podstawowy schemat układu kondycjonowania sygnałów pomiędzy zasilaczem katody i mikrokontrolerem. Wspomniane sygnały służą do regulowania prądu grzania katody oraz do odczytywania statusu pracy zasilacza. Ponadto zrealizowana została izolacja galwaniczna tychże sygnałów.



Rys. 7. Schemat układu kondycjonowania sygnałów zasilacza wysokonapięciowego (źródło: [4])

Wykorzystany mikrokontroler nie oferuje wyjść analogowych, dlatego regulacja wartości natężenia prądu katody zrealizowana została za pomocą 12-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC) z interfejsem szeregowym. Wszystkie 3 sygnały są izolowane optycznie. Sygnał wyjściowy z przetwornika cyfrowo-analogowego zawiera się w zakresie 0–4.096 V, dlatego podawany jest na wzmacniacz operacyjny wzmacniający ten sygnał do zakresu 0–10 V użyteczny przy regulowaniu prądu grzania katody. Zmiana rezystorów  $R_A$  i  $R_B$  z rysunku 6 pozwala w łatwy sposób zmienić wzmacnienie na potrzeby zasilaczy innych konstrukcji. Ze względów bezpieczeństwa zastosowany został także przycisk bezpieczeństwa wyłączający zasilanie przetwornika cyfrowo-analogowego na wypadek ryzyka uszkodzenia ewaporatora lub błędów

oprogramowaniu. W aplikacji wykorzystywany jest także sygnał statusu zasilacza. Jest to wartość 0 lub 15 V napięcia stałego na wyjściu zasilacza mówiąca o jego trybie pracy – regulowany prąd lub regulowane napięcie. W celu zapewnienia wysokiej impedancji wejściowej zastosowany został wzmacniacz operacyjny, zasilający napięciowy dzielnik rezystancyjny, na którym wyjściowe 15 V jest zredukowane do 5 V zgodnych ze standardem TTL. Tak uformowany sygnał doprowadzony jest do wejścia optoizolatora, a jego wyjście podłączone jest do jednego z pinów mikrokontrolera.

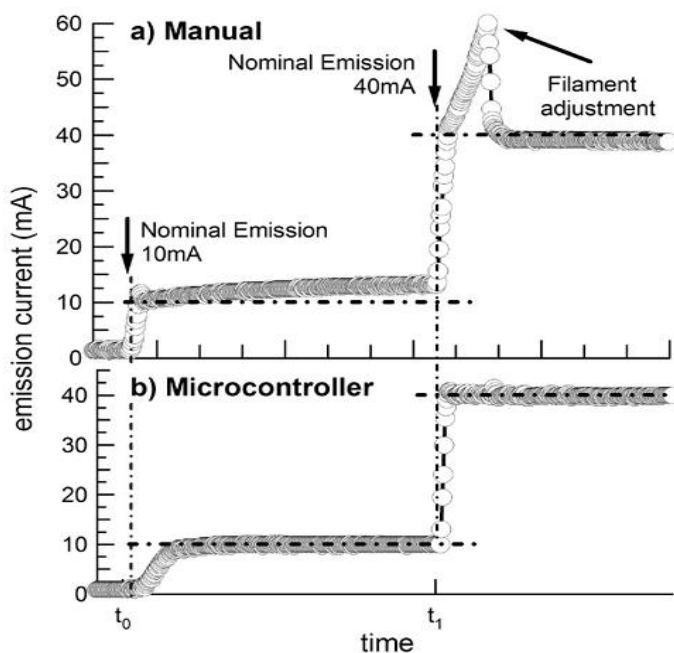
Zasilacz wysokonapięciowy nie jest sterowany, a jedynie odczytywane są sygnały z jego wyjść (rys. 7). Są to: wartość napięcia i prądu oraz status pracy zasilacza. Realizacja układowa odczytu statusu jest identyczna jak w przypadku układu kondycjonowania sygnałów zasilacza katody. Natomiast sygnały analogowe reprezentujące wartość napięcia i natężenia prądu zasilacza są w identyczny sposób poddawane odwróceniu polaryzacji, następnie trafiają na izolację optyczną by znów zostać odwróconymi już po stronie napięcia zasilającego mikrokontroler i jednocześnie sflumionymi do wartości nieprzekraczających zakresu napięć pracy wejść analogowych mikrokontrolera. W ostatnim etapie kondycjonowania dodana została możliwość korekcji dryfu napięć izolatora optycznego.

Mikrokontroler oferuje dwa porty wejść/wyjść oraz 8 wejść analogowych 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego. Komunikacja z zasilaczami nie wykorzystuje wszystkich zasobów sprzętowych mikrokontrolera, dlatego wolne zasoby zostały wykorzystane do podłączenia wyświetlacza ciekłokrystalicznego, zewnętrznej pamięci nieulotnej EEPROM, przycisku panelu przedniego oraz enkoderu. Panel przedni opracowanego układu umożliwia określenie, wprowadzenie i edycję parametrów takich jak: zadany prąd emisji elektronowej czy wzmocnienie w obwodzie pętli zwrotnej. Ponadto mikrokontroler ten oferuje obsługę interfejsu szeregowego RS232 pozwalającego na zdalne zarządzanie układem. Autor układu wykorzystał oprogramowanie LabView w celu pełnej kontroli elektroniki ewaporatora.

Regulator zaimplementowany w mikrokontrolerze to prosty regulator proporcjonalny ze zmiennym wzmocnieniem. Ze względu na użycie delikatnej katody dodano funkcjonalność miękkiego startu i stopu, w celu zabezpieczenia jej przed uszkodzeniem. Załączanie i wyłączenie trwa po 30 s.

Na rysunku 8 zaprezentowane zostało porównanie dwóch metod sterowania prądem emisji elektronowej: sterowania ręcznego w części „a” rysunku 8 oraz sterowania w układzie automatycznej regulacji z wykorzystaniem opracowanego

układu w części „b”. Porównanie zostało opracowane na podstawie przebiegów odpowiedzi skokowej układu. W każdym eksperymencie prąd emisji był zmieniany dwukrotnie a zmiany tego prądu w czasie były rejestrowane. W części „a” rysunku 8 mikrokontroler pracował w trybie przekazywania danych pomiarowych do oprogramowania LabView, natomiast obiekt był sterowany ręcznie. W punkcie  $t_0$  osi czasu zadane natężenie prądu emisji zostało skokowo zmienione na 10 mA z wartości zerowej. W przeciągu 4 minut prąd ten powoli wzrósł do 13 mA w chwili  $t_1$  wartość zadana natężenia prądu emisji została podniesiona skokowo do 40 mA, po czym rzeczywista wartość natężenia tego prądu wzrastała aż do 60 mA. Dalszy wzrost został ręcznie ograniczony do wartości nieprzekraczającej 40 mA, gdyż groziło to uszkodzeniem katody. Niestety natężenie prądu termoisji nie było stabilne. W części „b” rysunku 8 zaprezentowano przebieg z drugiego eksperymentu.



Rys. 8. Odpowiedź skokowa układu w dwóch trybach pracy: a) sterowanie ręczne, b) sterowanie automatyczne  
(źródło: [4])

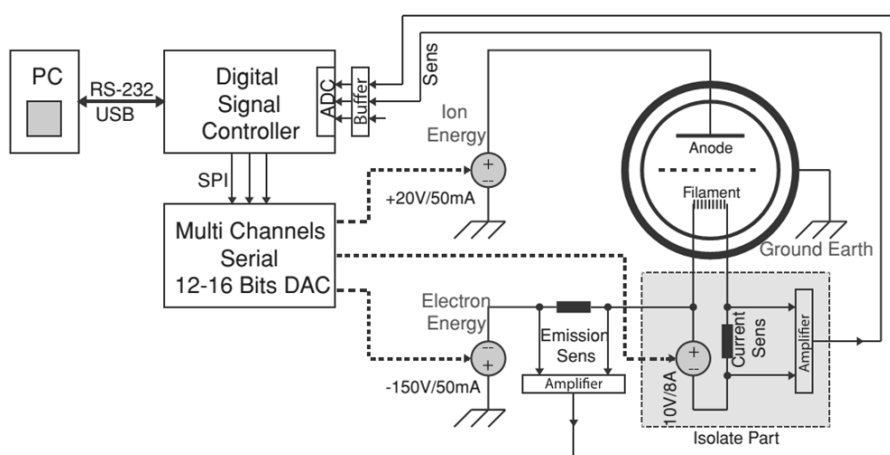
W tym wypadku mikrokontroler pełnił rolę regulatora. Eksperyment został przeprowadzony w analogiczny sposób. W chwili  $t_0$  zadano wartość natężenia prądu emisji na 10 mA w postaci skoku za pomocą komputera PC. Mikrokontroler zgodnie z założeniem miękkiego startu powoli podnosił wartość

natężenia prądu emisji, po czym ustabilizował to natężenie na zadanym poziomie 10mA. W chwili  $t_1$  zadano 40mA natężenia regulowanego prądu, po czym faktyczne natężenie wzrosło szybko do wartości zadanej by ostatecznie ustabilizować się bez przeregulowań i oscylacji.

Podsumowując, zbudowany układ automatycznej regulacji współpracuje z dwoma zewnętrznymi zasilaczami zapewniając stabilną pracę ewaporatora. Zastosowany interfejs cyfrowej komunikacji pozwala włączyć układ do wyposażenia laboratoryjnego oraz zwiększyć możliwości kontroli wzrostu naporowywanych materiałów wykorzystując kilka ewaporatorów lub programowanych zmian prądu emisji podczas cyklu pracy ewaporatora. Co więcej, wykorzystanie tego układu regulacji nie jest ograniczone do współpracy z konkretnymi modelami zasilaczy. Możliwe są drobne zmiany dopasowujące niniejszy układ do innych urządzeń.

### PROGRAMOWALNY, WIELOFUNKCYJNY CYFROWY UKŁAD AUTOMATYCZNEJ REGULACJI PRĄDU EMISJI ELEKTRONOWEJ

Trzecim, najnowszym i najbardziej rozbudowanym układem jest programowalny, wielofunkcyjny układ automatycznej regulacji trzech wielkości, z których jedną jest prąd termoemisji elektronowej, natomiast pozostałe dwie to energia elektronów i energia jonów [3]. Opracowany został na potrzeby nowoczesnego chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem gazowym (GCMS).



Rys. 9. Schemat ogólny systemu sterowania  
(źródło: [3])



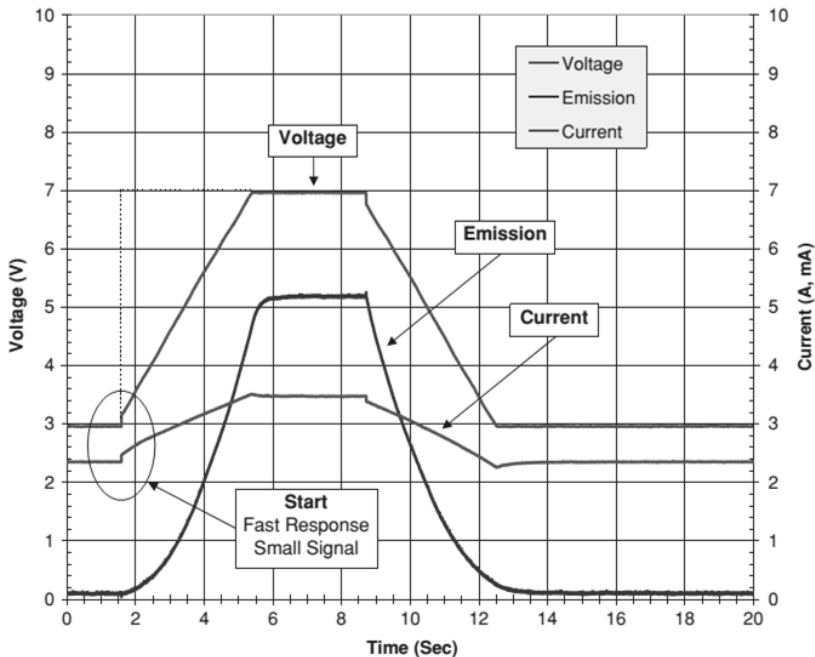
Ogólna koncepcja układu jest przedstawiony na rysunku 9. Komputer klasy PC jest podłączony do cyfrowego kontrolera sygnałowego (Texas Instrument) będącego sercem regulatora poprzez interfejs RS232 lub USB w celu monitorowania i konfiguracji kontrolera-regulatora. Sam kontroler podłączony jest do systemu interfejsem szeregowym poprzez 16-kanalowy, 16-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy. Przetwornik cyfrowo-analogowy wytwarza napięcia w zakresie  $\pm 10$  V, które są następnie wzmacniane przez trzy dedykowane wzmacniacze mocy sterujące bezpośrednio prądem grzania katody, napięciem przyspieszającym elektrony i napięciem przyspieszającym jony. Dwa precyzyjne rezystory w obwodzie grzania katody i napięcia przyspieszającego generują sygnał dwóch pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego – prądu grzania katody i prądu emisji elektronowej. Sygnały te poprzez wzmacniacze różnicowe i układy kondycjonujące doprowadzone są do przetwornika analogowo-cyfrowego zawartego w kontrolerze. Kontroler pełni funkcję regulatora proporcjonalno-całkująco-różniczkującego. Obwód grzania katody został wyizolowany galwanicznie.

Oprogramowanie kontrolera zostało napisane w języku C. Bazuje ono na mechanizmie czasu rzeczywistego realizowanym przez układ czasowy (*timer*) generujący przerwanie z maksymalnym priorytetem co 100  $\mu$ s. Jest to sygnał zegarowy dla funkcji regulatora PID. Zaimplementowane zostały 3 warianty pracy regulatora: stałe napięcie katody, stały prąd katody oraz stały prąd termoemisji elektronowej. Każdy z tych wariantów posiada własne nastawy regulatora PID i mogą one być zmieniane z poziomu komputera. Ponadto wartości wyjściowe oraz stromość zbocza sygnału wyjściowego regulatora są ograniczane ogólnie do bezpiecznych dla katody wartości.

Interfejs graficzny użytkownika i program komunikacji został napisany w środowisku Lab Windows CVI, który posiada pełną kompatybilność z językiem C. Program posiada 2 tryby pracy: normalny i debug. Testy i kalibracja są wykonywane w trybie debug. Program umożliwia edycję takich parametrów pracy jak m. in.: napięcie katody, prąd katody, prąd emisji elektronowej, stromość zbocza, limit prądu katody czy nastawy regulatora.

Rysunek 10 przedstawia odpowiedź układu na skokowe wymuszenie napięciowe z 3 do 7 woltów. Napięcie przyspieszające elektrony miało wówczas wartość -66 V. Szybkość narastania sygnału wyjściowego jest ograniczona do 1 V/s z marginesem 0.2 V. Po czasie 1,5 s o początku rejestracji przebiegu napięcie wzrosło szybko o wartość 0,2 V, a następnie narastało z prędkością 1 V/s. Prąd grzania katody podąża za napięciem, natomiast prąd emisji

elektronowej podąża za prądem grzewczym, lecz z opóźnieniem wynikającym z czasu podgrzewania włókna.



Rys. 10. Odpowiedź układu na skok jednostkowy z 3 do 7 V  
(źródło: [3])

Podsumowując, zbudowany układ automatycznej regulacji oferuje nie tylko stabilizację prądu termoemisji elektronowej, ale także napięcia przyspieszającego elektrony oraz napięcia przyspieszającego jony. Współpraca z komputerem klasy PC czyni ten układ zaawansowaną częścią systemu pomiarowego (GCMS). Co więcej, możliwa jest jego rozbudowa zarówno sprzętowa jak i programowa.

## PODSUMOWANIE

Dotychczas opracowane układy automatycznej regulacji pomimo wielu zalet nie są pozbawione niedoskonałości. W dalszej perspektywie spodziewać się można rozwiązań eliminujących wady oraz łączących i doskonalących zalety tychże układów. Rozwiązania te powinny się charakteryzować zaimplementowaną funkcją miękkiego startu, gdyż zbyt szybko narastający prąd grzewczy katody może być dla niej niebezpieczny i grozi jej uszkodzeniem.

Z tego samego powodu należy zadbać o ograniczenie maksymalnej wartości natężenia prądu katody. Warto także zachować bliźniaczą funkcję miękkiego stopu. Co więcej, najnowocześniejsze rozwiązania układów automatycznej regulacji natężenia prądu termoemisji elektronowej powinny oferować funkcję automatycznego doboru nastaw regulatora, co znacznie uprościłoby sposób i czas obsługi systemu. Warto także skupić się na łatwym w obsłudze i ergonomicznym interfejsie użytkownika, co także pozytywnie wpłynęłoby na ułatwienie monitorowania i zarządzania pracą systemu. Kolejnym ważnym aspektem w temacie regulacji natężenia prądu termoemisji jest jakość stabilizacji natężenia tego prądu. Możliwa jest jej poprawa dzięki uzależnieniu nastaw regulatora od aktualnego punktu pracy systemu. Wynika to z nieliniowości obiektu sterowania, czyli katody.

## LITERATURA

- [1] Band A., Strosio J.A.: *A closed loop controller for electron beam evaporators*. Rev. Sci. Instrum. 67, 2366, 1996.
- [2] Donkov N., Knapp W.: *Control of hot-filament ionization gauge emission current: mathematical model and model-based controller*. Meas. Sci. Technol., 8, 798, 1997.
- [3] Flaxer E.: *Programmable smart electron emission controller for hot filament*. Rev. Sci. Instrum., 82, 025111, 2011.
- [4] Meyer zu Heringdorf F.J., Belton A.C.: *Flexible microprocessor-based evaporation controller*. Rev. Sci. Instrum. 75, 5288, 2004.
- [5] Sikora J.: *Dual application of a biasing system to an electron source with a hot cathode*. Meas. Sci. Technol., 15, N10-N14, 2004.
- [6] Sikora J.: *Dekorelacja natężenia wiązki jonizującej i energii elektronów w źródłach jonów z gorącą katodą*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2004.

## **WYBRANE ZAGADNIENIA BADANIA KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ INSTALACJI ALARMOWYCH**

### **WPROWADZENIE**

Ostatnich kilkadziesiąt lat to ciągły i dynamiczny rozwój cywilizacyjny i technologiczny. Człowiek otacza się coraz większą liczbą urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Stają się one elementem jego życia. Pomagają lub nawet wyręczają go w pracy, dostarczają rozrywki a także ratują życie. Współczesny dom, biuro czy zakład pracy to pełne elektroniki obiekty. Obiekty, które trzeba w inteligentny sposób chronić. By temu sprostać człowiek stworzył system alarmowy oparty na elektronicznych podzespołach, które we właściwej konfiguracji mają tworzyć instalację, która odpowiednio zareaguje na niechciane zdarzenia. Systemy te zyskują coraz większą popularność i są wykorzystywane w coraz większej ilości obiektów. Z założenia powinny być one odporne na zaburzenia i nie powinny emitować promieniowania elektromagnetycznego o znacznych poziomach. Czy tak jest w rzeczywistości?

W niniejszym artykule zaprezentowane zostaną wyniki wybranych testów, jakie przeprowadza się na urządzeniach elektrycznych i elektronicznych w celu oceny ich kompatybilności elektromagnetycznej. Na podstawie tych wyników zostanie dokonana próba oceny poziomu kompatybilności elektromagnetycznej i wpływu tychże systemów na pracę innych urządzeń w otoczeniu człowieka.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii, Koło Naukowe ELMACOL

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

## **POJĘCIE ALARMU, INSTALACJI ALARMOWEJ ORAZ KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ**

Alarm to automatyczna sygnalizacja dźwiękowa i wizualna naruszenia przestrzeni chronionej. Może być on wyłączony za pomocą pilota lub jego wyłączenie nastąpi po upływie czasu ustawionego w procesie konfiguracji. Dzięki wykorzystaniu nadajników radiowych informacja o alarmie może być przekazywana na dużą odległość, np. do domu, bądź biura. Z pojęciem alarmu związana jest również pojęcie systemu alarmowego, czyli zespołu urządzeń służących zabezpieczeniu danego obiektu przed włamaniem, pożarem czy zalaniem. Istnieje wiele rodzajów systemów alarmowych. Wśród nich możemy wyróżnić:

1. SSWiN – System Sygnalizacji Włamania i Napadu,
2. SKD – System Kontroli Dostępu,
3. STVD – System Telewizji Dozorowej,
4. SSP – System Sygnalizacji Pożarowej,
5. Systemy oddymiania,
6. Systemy gaszenia pożaru,
7. PAS – System nagłośnienia ewakuacyjnego.

Każdy z tych systemów charakteryzuje się pewnymi określonymi właściwościami i zaletami. Z uwagi na złożoność badanego problemu i oraz mnogość dostępnych na rynku systemów alarmowych w badaniach skupiono się tylko na jednym ich rodzaju, a mianowicie na Systemie Sygnalizacji Włamania i Napadu.

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) oznacza zdolność urządzenia zadowalającego działania w środowisku elektromagnetycznym bez powodowania nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych w stosunku do innych urządzeń działających w tym środowisku [6]. W ramach kompatybilności elektromagnetycznej prowadzone są badania mające na celu takie konfigurowanie urządzeń elektrycznych i elektronicznych, aby nie wpływały nawzajem na swoją pracę, i jednocześnie były bezpieczne dla człowieka i środowiska. Badania (testy) EMC prowadzi się w zakresie odporności i emisyjności urządzeń.

Do podstawowych badań w zakresie odporności urządzeń zalicza się:

- 1) badania bezpośrednie reakcji na:
  - bezpośrednie wyładowanie piorunowe
  - wyładowania elektrostatyczne
  - pola elektromagnetyczne powstające podczas wyładowań atmosferycznych
  - oddziaływanie pól o częstotliwościach radiowych,
  - pola elektromagnetyczne powstające podczas wybuchów jądrowych
- 2) badania pośrednie reakcji na:
  - impulsowe zakłócenia rozprzestrzeniające się w liniach zasilających
  - impulsowe zakłócenia rozprzestrzeniające się w liniach interfejsowych i sterujących
  - impulsowe zakłócenia rozprzestrzeniające się w liniach sygnałowych
  - wyładowania elektrostatyczne.

Do podstawowych badań w zakresie emisyjności urządzeń należą:

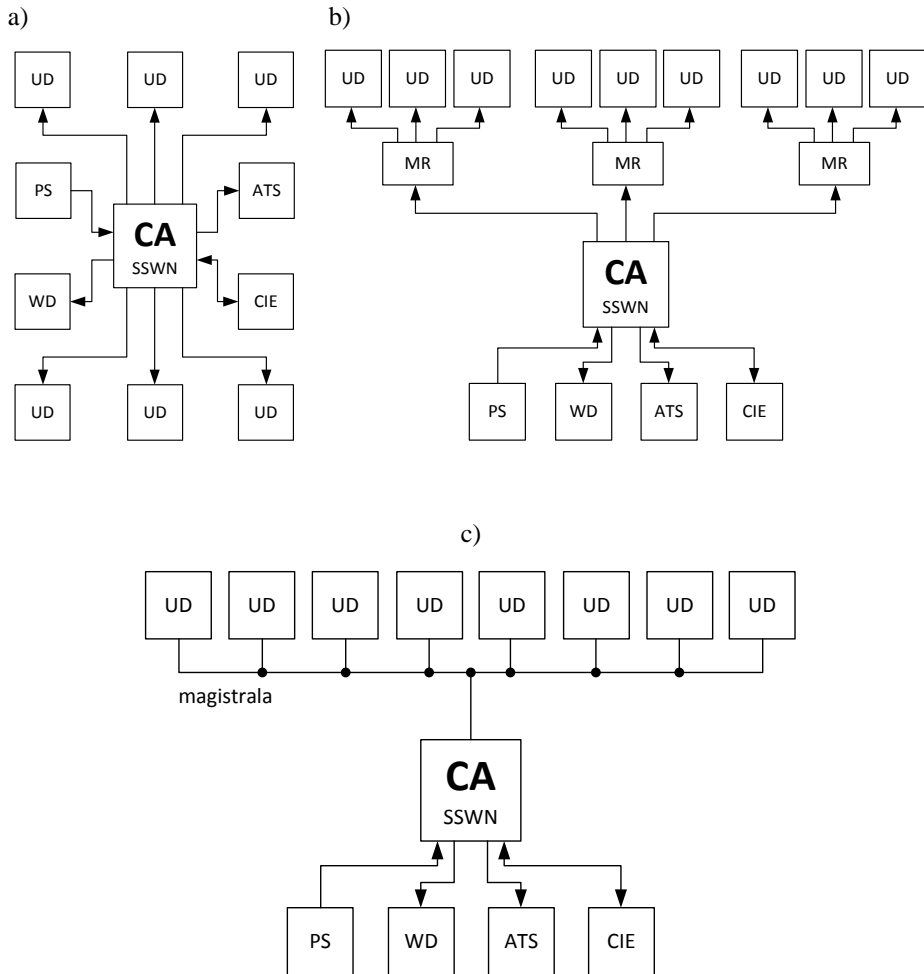
- 1) badania zakłóceń przewodzonych:
  - pomiar prądu zakłóceń
  - pomiar napięcia zakłóceń
  - pomiar mocy zakłóceń
- 2) badania zakłóceń promieniowanych [5].

## **BUDOWA INSTALACJI ALARMOWEJ, URZĄDZENIA WCHODZĄCE W SKŁAD INSTALACJI ALARMOWEJ**

W Systemach Sygnalizacji Włamania i Napadu stosowanych jest kilka układów połączeń. Do najpopularniejszych należą:

- układ gwiazdy
- układ drzewa
- układ magistrali.

Dwa pierwsze układy znajdują zastosowanie w małych, nieskomplikowanych instalacjach. Wykonywane są w technice wieloprzewodowej. Natomiast topologia magistrali jest stosunkowo nowym rozwiązaniem, pozwalającym na indywidualną kontrolę każdego elementu oraz selektywną komunikację elementów z centralą. Dodatkową zaletą tej topologii jest również redukcja kosztów związanych z wykonaniem całej instalacji [7]. Topologie stosowane w SSWiN przedstawione są na rysunku 1.

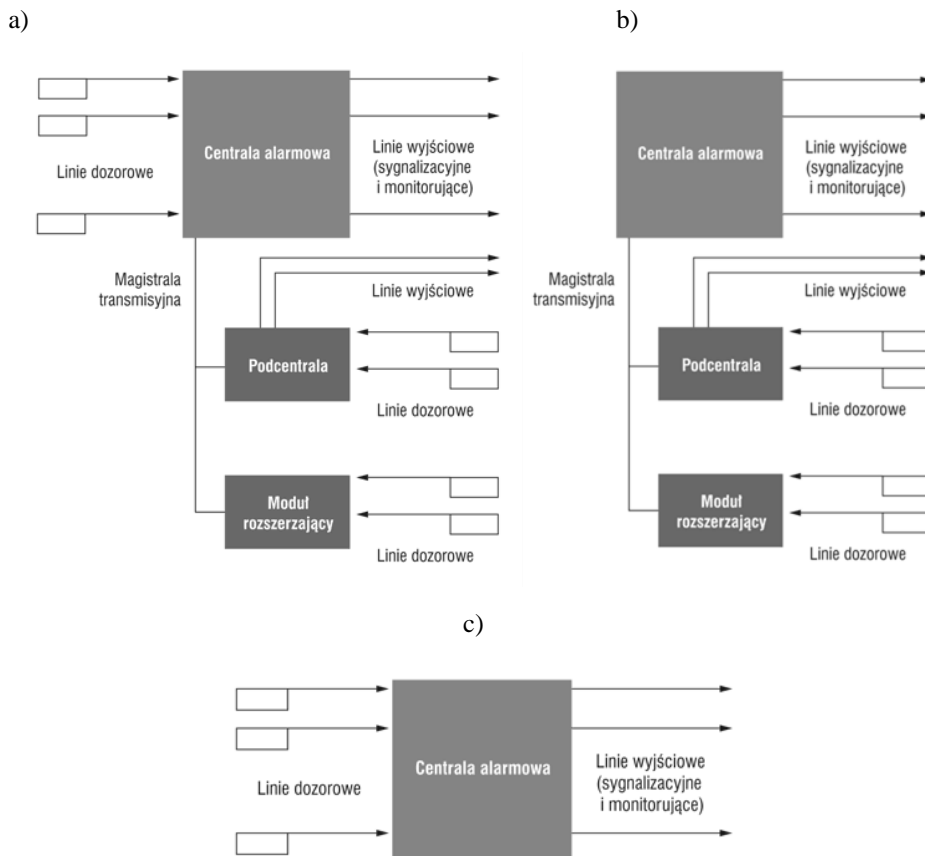


Rys. 1. Topologie systemów SSWiN: (a) układ gwiazdy, (b) układ drzewa, (c) układ magistrali: WD – sygnalizator świetlno – akustyczny, CIE – urządzenie sterujące i obrazujące, PS – zasilacz stabilizowany z funkcją podtrzymania napięcia, ATS – system transmisji alarmu, MM – moduł zasilacza dodatkowego, UD – urządzenie detekcyjne, MR – moduł rozszerzenia stosowany w dużych i rozbudowanych systemach (źródło: [1])

Drugi podział SSWiN wykonywany jest w oparciu o sposób połączenia poszczególnych elementów z centralą alarmową. Wyróżnia się tutaj systemy o strukturze skupionej, w której wszystkie linie dozоровe i wyjściowe są bezpośrednio dołączone do płyty głównej centrali alarmowej; o strukturze mieszanej, której charakterystyczną cechą jest określona liczba linii dozоровych



wprowadzanych do centrali oraz o strukturze rozproszonej, w której centrala jest połączona z modułami za pomocą magistrali transmisyjnej [8]. Poszczególne topologie przedstawione są na rysunku 2.



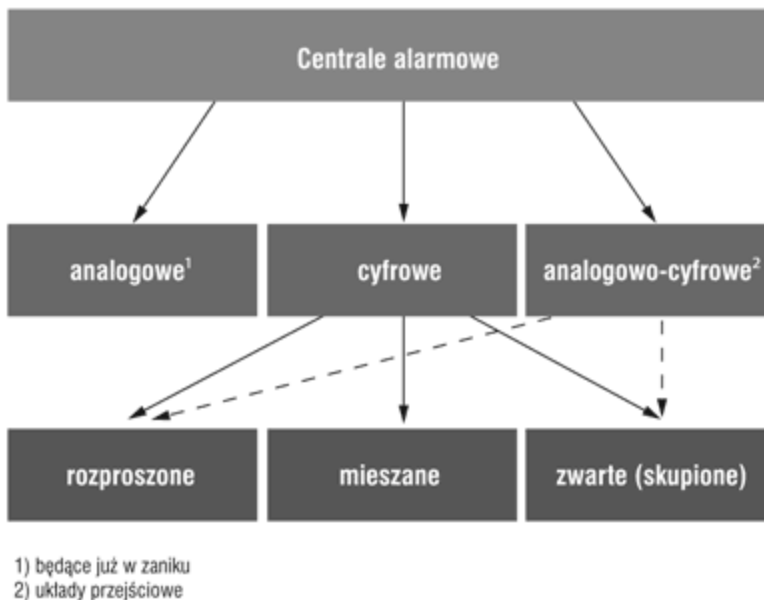
Rys. 2. Topologie SSWiN ze względu na sposób połączenia z centralą alarmową: (a) o strukturze mieszanej, (b) o strukturze rozproszonej, (c) o strukturze zwartej (źródło: opracowanie własne)

W Systemach Sygnalizacji Włamania i Napadu stosuje się szereg urządzeń współpracujących ze sobą. Najważniejszym z nich jest centrala alarmowa, do której przesyłane są informacje o stanie poszczególnych linii dozorowych i linii wyjściowych. Do tego urządzenia wprowadzane są również dane i to zarówno przez użytkownika na etapie eksploatacji, jak również przez instalatora systemu podczas konfiguracji. Informacje mogą być przesyłane bezpośrednio do płyty głównej centrali alarmowej, bądź też do modułów realizujących określone

funkcje, np. rozszerzeń wejść, rozszerzeń wyjść, interfejsów drukarek np. Uzależnione jest to od typu centrali alarmowej. Obecnie najczęściej stosowaną techniką przesyłania danych pomiędzy centralą alarmową a poszczególnymi jest technika cyfrowa z wykorzystaniem formatu RS 232, RS 485 lub innego, np. definiowanego przez producenta. Centrale alarmowe można podzielić na kilka rodzajów [8]. Podział ten pokazany jest na rysunku 3.

Drugim bardzo ważnym urządzeniem, bez którego nie mógłby działać żaden system alarmowy jest czujka alarmowa. Pod tym pojęciem należy rozumieć automatyczne urządzenie ostrzegające czułe na zmiany ściśle określonych parametrów i samoczynnie uruchamiające urządzenie alarmowe w przypadku wystąpienia zmian tych parametrów [2]. Ze względu na rodzaj wykorzystywanego zjawiska fizycznego wyróżnia się trzy następujące typy czujek ruchu [1]:

- czujki podczerwieni,
- czujki ultradźwiękowe,
- czujki mikrofalowe.



Rys. 3. Podział central alarmowych  
(źródło: opracowanie własne)

Obecnie jednymi z najpopularniejszych czujek alarmowych są czujki podczerwieni. W swoim działaniu wykorzystują fakt, że każde ciało fizyczne znajdujące się w temperaturze wyższej od zera bezwzględnej staje się źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Najważniejszym elementem tej czujki jest czujnik PIR, który zawiera standardowo dwa lub cztery elementy światłoczułe wykonane z kryształu i wykazujące efekt piroelektryczny, polegający na wytwarzaniu ładunków elektrycznych pod wpływem ogrzewania lub ochładzania kryształu. Czujnik ten reaguje tylko na zmiany temperatury [1]. W celu odróżnienia ludzi od promieniowania drugoplanowego (otoczenia) należy wprowadzić układ optyczny do czujki, który dzieli przestrzeń obserwowaną na pewną liczbę segmentów, umożliwiając wykrycie intruza. Segmentację obserwowanej przestrzeni wykonuje się przy użyciu optyki zwierciadlanej lub soczewek Fresnela.

Czujki ultradźwiękowe wykorzystują do detekcji zagrożenia i wytworzenia sygnału alarmowego zjawisko zmiany częstotliwości fali odbieranej (w porównaniu z wzorcową częstotliwością fali emitowanej przez nadajnik), które występuje wtedy, gdy odległość, którą musi przebyć emitowana fala między nadajnikiem, a odbiornikiem ulega zmianie (pojawia się zjawisko Dopplera). Zalicza się je do czujek aktywnych, ponieważ ich działanie opiera się na emisji fali, czyli pewnej ilości energii do otoczenia. W przypadku czujek wykorzystywanych w systemach alarmowych warunkiem powstania zjawiska Dopplera jest zmiana drogi, którą musi przebyć emitowana fala dźwiękowa odbijająca się od obiektu będącego w ruchu i znajdującego się pomiędzy nieruchomym nadajnikiem i odbiornikiem. Dla jednego sygnału wysyłanego z nadajnika i docierającego do odbiornika zachodzą w istocie bezpośrednio następujące po sobie dwa zjawiska Dopplera: pierwsze zachodzi pomiędzy nadajnikiem a obiektem, a drugie – pomiędzy obiektem a odbiornikiem. Jeżeli wszystkie obiekty pozostające w zasięgu czujnika będą pozostawały w spoczynku, droga, jaką musi przebyć emitowana fala, będzie stała. Nie nastąpi wtedy zmiana częstotliwości rejestrowanej przez odbiornik w porównaniu z częstotliwością emitowaną przez nadajnik i czujka nie wywoła alarmu. Natomiast jeżeli w polu działania czujki wystąpi ruch obiektu, od którego emitowana fala będzie się odbijać, to droga, jaką musi przebyć fala, a w związku z tym także częstotliwość rejestrowana w odbiorniku, zacznie ulegać zmianie, co wywoła alarm [3]. W związku z rodzajem zjawiska, które wykorzystywane jest przez tą czujkę do wytworzenia sygnału alarmowego, ważne jest miejsce jej

montażu. Zalecane jest, aby umieszczać je w kierunku spodziewanego ruchu intruza, w więc w pobliżu drzwi, bądź okien.

Czujki mikrofalowe, podobnie jak ultradźwiękowe, wykorzystują do wytworzenia stanów alarmowych zjawisko Dopplera, ale w ich przypadku częstotliwość fali elektromagnetycznej wytwarzanej przez nadajnik jest inna i mieści się w zakresie 915 kHz do 24,5 GHz. Fale z tego przedziału częstotliwości przenikają każdy niemetaliczny materiał, dlatego ważne jest miejsce montażu czujki. Nie może być skierowana bezpośrednio na ścianę, ponieważ ruch osób lub samochodów za tą ścianą może stać się przyczyną fałszywych alarmów. Dodatkowo należy pamiętać, że czujka ta posiada największą czułość dla ruchu poosiowego intruza. W przypadku wykorzystywania w jednym pomieszczeniu kilku czujek mikrofalowych ważne jest, aby pracowały one na różnych częstotliwościach, nie zakłócając się nawzajem [7].

## MODEL DO BADAŃ

Do badań wykorzystano model systemu alarmowego opartego na centrali CA-6 firmy Satel. W skład tego modelu oprócz centrali alarmowej wchodził również sygnalizator optyczno – akustyczny, czujka podczerwieni oraz kontaktron. Centrala CA-6 w podstawowej wersji posiada 8 wejść: 6 na płycie centrali i 2 na manipulatorze. Czas reakcji każdego wejścia może być programowany w zakresie od 0,016 do 4,08 s. Dla wejść opóźnionych można istnieje możliwość określenia indywidualnego opóźnienia. Wejścia mogą być selektywnie blokowane lub przypisane dowolnie do stref. Centrala ta posiada dodatkowe wejście CTL, które jest przeznaczone do załączania lub wyłączania czuwania. Może być ono również wykorzystane do podłączenia przycisku napadowego, pożarowego lub wezwania pomocy. Oprócz wejść centrala CA-6 wyposażona jest również w 5 programowanych wyjść. Trzy z nich są wysokoprądowe, natomiast dwa niskoprądowe.

Wszystkie wyjścia posiadają zabezpieczenia dla obciążeń indukcyjnych i zakłóceń impulsowych. Każde z wyjść może mieć indywidualnie określony czas działania w sekundach, minutach lub typu LATCH (do wyłączenia). Dodatkowo możliwe jest ustawienie polaryzacji tych wyjść oraz przyporządkowanie określonym wejściom, strefom lub całemu systemowi [4]. Na rysunku 4. Przedstawiony model systemu alarmowego wykorzystanego do badań.



*Rys. 4. Model systemu alarmowego wykorzystanego do badań  
(źródło: opracowanie własne)*

## **STANOWISKO POMIAROWE**

Do badań użyto odbiornik pomiarowy ESCI 3 firmy Rohde&Schwarz. Jest to typowy odbiornik EMI o zakresie częstotliwości 9kHz – 3GHz, spełniający wszystkie wymagania stawiane takim urządzeniom odnośnie pomiarów EMC. W stosunku do analizatora widma, wyróżnia się przede wszystkim specjalnym zestawem filtrów (tzw. preselektorem) umieszczonym na wejściu. Dzięki niemu uzyskujemy ograniczenie szerokości pasma wejściowego, a tym samym poprawę właściwości szumowych. Oprócz tego, odbiornik pomiarowy ESCI 3 posiada inne filtry RBW (o definicji 6dB, a nie 3dB jak dla analizatora widma), a także pewne modyfikacje w torze pośredniej częstotliwości.

Poza tym odbiornik pomiarowy wyposażony jest specjalne układy detekcji przekroczenia poziomu, które pomagają utrzymać odpowiednie nastawy odbiornika, a także specjalny wewnętrzny program do zarządzania pomiarem EMI, pozwalający na edycję linii poziomów emisji dopuszczalnych, obsługę zewnętrznych akcesoriów pomiarowych, np. sieci sztucznej, podział na pomiar wstępny, następnie redukcję danych i pomiar końcowy. Tych udogodnień programowych nie znajdzie się w klasycznym analizatorze widma. Z drugiej strony, wszystkie obecne odbiorniki EMI Rohde & Schwarz posiadają możliwość przełączenia się w tryb analizatora widma, co z kolei jest ważne dla wszystkich pomiarów inżynierskich, gdzie czasami trzeba posługiwać się analizatorem widma, w celu identyfikacji źródła zaburzeń. Odbiornik pomiarowy ESCI3 jest urządzeniem obsługiwany za pomocą przycisków sterujących, które mają na stałe przypisane funkcje i za pomocą przycisków funkcyjnych, których działanie uzależnione jest od rodzaju uruchomionej funkcji. Do lepszej analizy kompatybilności preferowane jest sterowanie odbiornikiem z poziomu podłączonego do niego komputera klasy PC. Na rysunku 5. Pokazany jest odbiornik pomiarowy ESCI 3 firmy Rohde & Schwarz będący na wyposażeniu Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii.



*Rys. 5. Odbiornik ESCI3 firmy Rohde & Schwarz (IPEiE)  
(źródło: opracowanie własne)*

Badania przeprowadzono w Laboratorium Kompatybilności należącym do Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii.

Do badań wykorzystano komorę ekranowaną w celu zmniejszenia poziomu zaburzeń z otoczenia. W zakresie wymagań stawianym stanowiskom badawczym powinno ono umożliwiać odróżnienie zaburzeń powodowanych przez badane urządzenie od szumów (tła) otoczenia. Oceny poprawności konfiguracji stanowiska dokonuje się na podstawie zmierzonego poziomu tła przy wyłączonym urządzeniu badanym. Poziom ten powinien być mniejszy o co najmniej 6 dB od poziomu dopuszczalnego. Zasady tej nie stosuje się w przypadku, gdy wynik jednoczesnego pomiaru tła i źródła zaburzeń nie przekracza poziomu dopuszczalnego. W takim przypadku przyjmuje się, że pro-mieniowanie źródła spełnia poziom dopuszczalny.

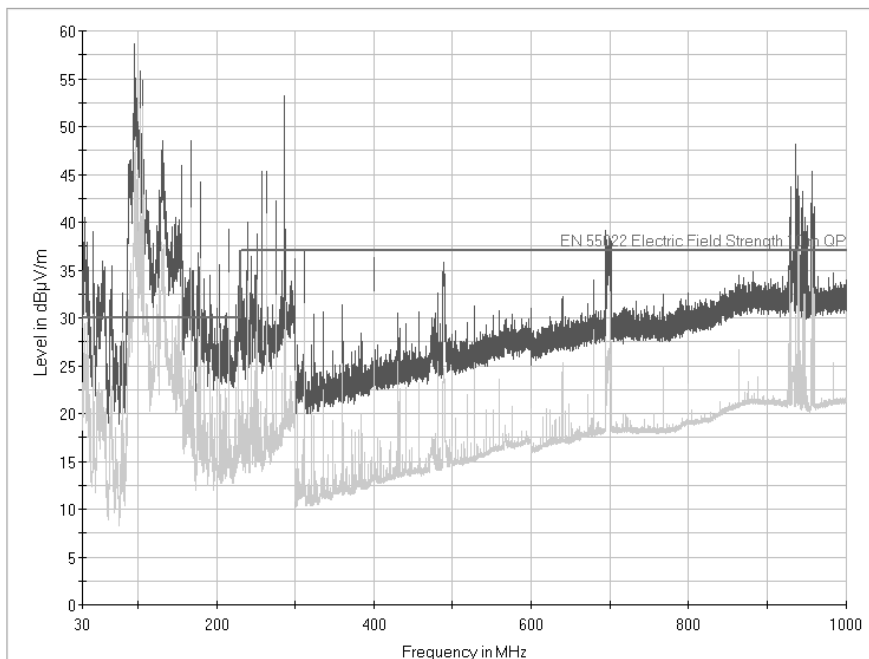
Urządzenie badane powinno być skonfigurowane, zainstalowane, rozstawione i uruchomione w sposób odpowiadający typowym zastosowaniom, chyba, że ustalono inaczej. Sposób instalacji urządzenia badanego powinien być w miarę możliwości zastosowany przy rozstawieniu urządzenia badanego na stanowisku pomiarowym. Ustawienie badanego urządzenia względem ziemi odniesienia powinno odpowiadać jego ustawieniu w praktyce. Urządzenia przewidziane do ustawiania na podłodze należy umieszczać bezpośrednio na płaszczyźnie ziemi odniesienia na izolacyjnej podkładce, a urządzenia przeznaczone do użytkowania na stole ustawia się na stole wykonanym z materiału nieprzewodzącego. W przypadku urządzeń montowanych na ścianie sposób badania jest taki sam, jak dla urządzeń użytkowanych na stole. Orientacja badanego urządzenia powinna być zgodna z jego normalnym ułożeniem w praktyce [9]. Na rysunku 6 przedstawiony jest widok stanowiska pomiarowego.



Rys. 6. Widok przygotowanego stanowiska badawczego  
(źródło: opracowanie własne)

## WYNIKI BADAŃ

Pomiary wykonano w zakresie częstotliwości od 30 MHz do 1000 MHz, stosując odbiornik z detektorem wartości średniej i maksymalnej. Czas próbkowania ustalony został na 10ms. Do badań pełnego pasma wykorzystano dwie anteny – biconical oraz logarytmiczno-periodyczną. Badania prowadzono dla dwóch orientacji anteny pomiarowej – pionowej i poziomej. Na rysunkach 7 oraz 8 przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań.

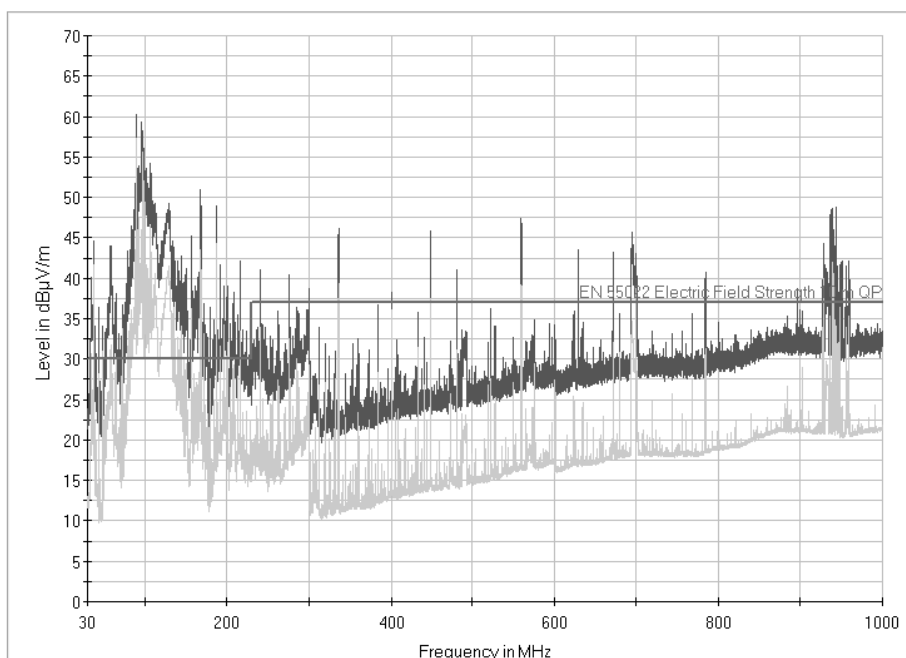


Rys. 7. Charakterystyka emisji elektromagnetycznej badanego modelu systemu alarmowego w funkcji częstotliwości – orientacja anteny pionowa  
(źródło: opracowanie własne)

Kolorem jaśniejszym oznaczono detektor wartości średniej, kolorem ciemniejszym natomiast detektor wartości szczytowej. Analiza powyższych wyników pozwala stwierdzić, że badany model systemu alarmowego nie emitował pól elektromagnetycznych o wartościach przekraczających dopuszczalne limity. Zarówno dla polaryzacji pionowej, jak i poziomej w zakresie częstotliwości 30–200 MHz charakterystyka wykazuje podobny przebieg zmienności. W tym paśmie wartość emitowanych zaburzeń jest największa i osiąga wartość np. 60 dBμV/m. Powyżej częstotliwości 200 MHz



charakterystyka emisji elektromagnetycznej dla anteny zorientowanej poziomo wykazuje większe wahanie wartości niż charakterystyka dla anteny zorientowanej pionowo. Może to oznaczać, że zaburzenia rozchodzące się równoległe do płaszczyzny odniesienia wykazują większą zmienność i osiągają większe wartości, a więc są również bardziej niebezpieczne dla innych urządzeń.



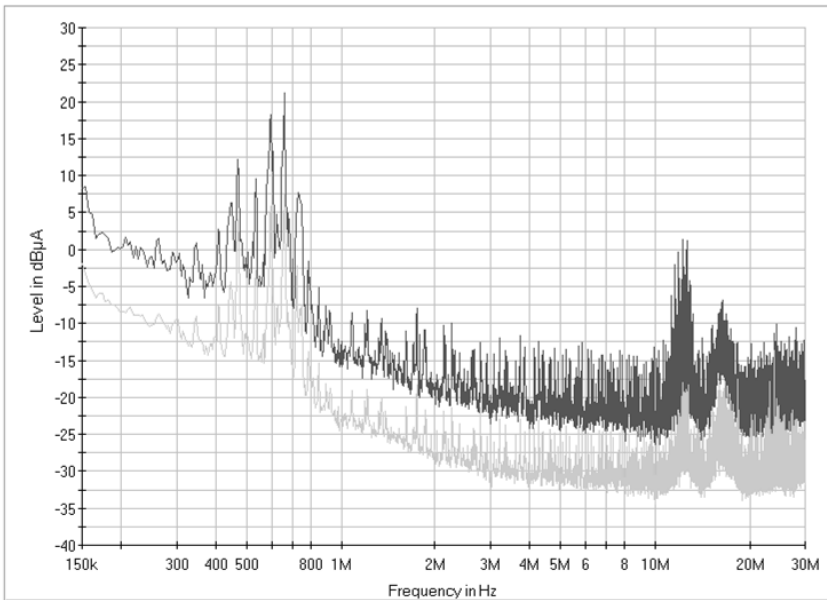
Rys. 8. Charakterystyka emisji elektromagnetycznej badanego modelu systemu alarmowego w funkcji częstotliwości – orientacja anteny pozioma (źródło: opracowanie własne)

W celu dokładniejszego poznania poziomów emitowanych zaburzeń oprócz pomiarów emisji promieniowanej wykonano również pomiary emisji przewodzonej zarówno w torze zasilania, jak i sygnałowym. Do pomiarów tych wykorzystano specjalne cęgi prądowe, które zakładano na przewód sygnałowy, sieć sztuczną oraz odbiornik pomiarowy. Na rysunku 9 przedstawiony jest widok stanowiska badawczego do pomiaru zaburzeń przewodzonych w torze sygnałowym (centrala alarmowa – czujnik PIR) oraz zaburzeń przewodzonych w torze zasilania.

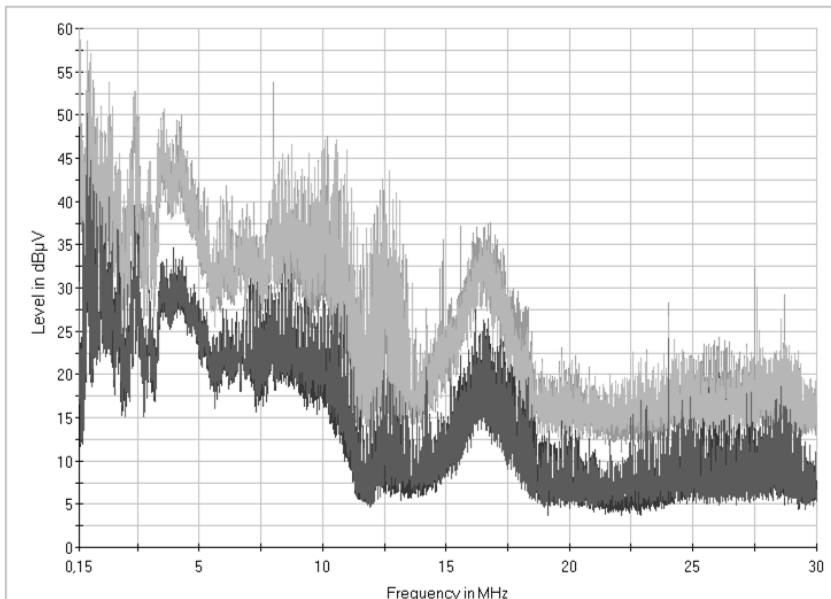


Rys. 9. Widok stanowiska badawczego do pomiaru zaburzeń przewodzonych w torze sygnałowym (centrala alarmowa – czujnik PIR) oraz w torze zasilania (źródło: opracowanie własne)

Badania przeprowadzono w paśmie 150 kHz–30 MHz. Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że poziom zaburzeń w torze sygnałowym jest bardzo niski. Świadczy to o bardzo dobrym poziomie kompatybilności badanego urządzenia. Poszczególne podzespoły tworzące całą instalację praktycznie nie wpływają na siebie, dzięki czemu możliwa jest ich właściwa praca. Natomiast charakterystyka zaburzeń przewodzonych w torze zasilania instalacji alarmowej wykazuje już większą zmienność oraz osiąga większe wartości, zwłaszcza przy niższych częstotliwościach. Charakterystyka ta pokazuje, jak bardzo zmieniają się poziomy zaburzeń w zależności od częstotliwości.



Rys. 10. Charakterystyka zaburzeń przewodzonych w torze sygnałowym (centrala alarmowa – czujnik PIR) (źródło: opracowanie własne)



Rys. 11. Charakterystyka zaburzeń przewodzonych w torze zasilania instalacji alarmowej (LI – barwa czerwona, N – barwa zielona) (źródło: opracowanie własne)

## **WNIOSKI**

W zakresie przeprowadzonych badań nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych limitów emisji elektromagnetycznej badanego urządzenia. Na tej podstawie można stwierdzić, że badany model instalacji alarmowej jest bezpieczny dla innych urządzeń pracujących w tym samym środowisku elektromagnetycznym oraz dla człowieka. Poszczególne elementy tworzące system alarmowy charakteryzują się wysoką trwałością i odpornością, której nie tracą wraz z upływem czasu zapewniając tym samym wysoki poziom bezpieczeństwa w chronionych obiektach.

## LITERATURA

- [1] Bohdanowicz J., Makowski S., *Pasywne czujki podczzerwieni. Cz. I. Znacze? No to poczytajcie....*. Systemy alarmowe 2/97.
- [2] Buczaj M., *Materiały pomocnicze do wykładu: „Inteligentne Systemy Sterowania i Nadzoru”*.
- [3] Buczaj M., *Zapomniane ultradźwięki – zastosowanie dopplerowskich czujek ruchu w systemach alarmowych w obiektach budowlanych*. Zabezpieczenia 6/2011.
- [4] Instrukcja użytkownika centrala alarmowa Satel CA – 6.
- [5] Machczyński W., *Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
- [6] Mazurek Paweł A., *Laboratorium podstaw kompatybilności elektromagnetycznej*. Politechnika Lubelska, Lublin 2010.
- [7] Mikulik J., *Budynek inteligentny*. Praca pod redakcją Elżbiety Niezabitowskiej. Tom II Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [8] Szulc W., Rosiński A., *Systemy sygnalizacji włamania*. Część 1. Zabezpieczenia 2/2009.
- [9] PN-EN 55022:2010 + AC:2011 *Urządzenia informatyczne Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych. Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów*.

## **CAN ROBOTS BE RACIST? SHORTCOMINGS OF MACHINE LEARNING IN SOCIAL ROBOTICS**

### **INTRODUCTION**

Each day sophisticated technology becomes more and more integrated into our daily life. We use cameras that take better pictures by detecting objects of interest and minimizing the effect of moving, internet search engines that process vast amount of data to customize our experience and provide better fitted search results or even intelligent car systems like parking and lane assistance. These artificial intelligence systems utilize state of the art algorithms to automatically solve or help in solving complex tasks, sometimes even those that are unfeasible for a human. However, with the increase of complexity of an artificial intelligence system comes the increased probability of failure, not infrequently in a way that is hard to predict beforehand. It becomes important to be vary of the possibility of an intelligent system making a mistake and taking necessary precautions. In the example of the intelligent car, a failure of the system may result into a crash, so a human supervisor is needed to carefully monitor the behaviour of the system. But what if the condition for success isn't clear and even human experts make mistakes? What if the costs of failure are impossible to estimate? This is the case of many human social interactions, and because technology is present in our daily life, it is also forced to participate in the social area.

Social robot is a robot whose main purpose is to participate in a social interaction with people and other agents [1]. Its main tasks consist of starting and maintaining social interactions, recognizing and responding to the changes in the state of the user (for example body language and emotions), communicating through natural means (using cues both verbal and non-verbal), learning and adapting to the environment. It should not come as a surprise that

---

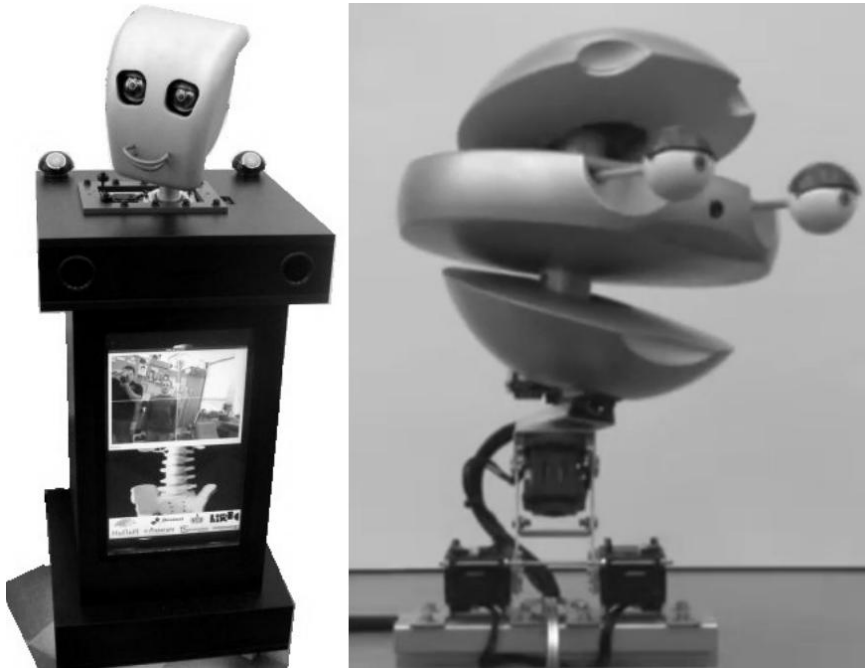
<sup>1</sup> Chair of Cybernetics and Robotics, Electronics Faculty, Wrocław University of Technology.

such a robot is equipped with many separate machine learning systems that combined together are capable of solving complicated tasks.

Most of the time, the system works well and the robot is able to perform its goals, however, due to both complexity of the system and social nature of the robots environment, the failures are prone to occur and when they do, their results and consequences can be hard to predict. In our case the robot turned out to present unintentional racist behaviour.

### **ACCIDENTALLY RACIST ROBOT**

The following events inspired to write this paper. The author is a member of social robotics research group, which designed and constructed a number of social robots among which are SAMUEL [2], EMYS [3] and FLASH [4]. Our robots were build and tested in Poland at Wroclaw University of Technology and performed satisfactory. SAMUEL participated in robotics competition RobotChallenge in Vienna and FLASH was taken to London to meet with our research partners. During the visits we simultaneously observed a peculiar behaviour in our robots. While both robots talked to people and participated in group interactions they seemed to completely ignore people with darker skin tone! This behaviour was very hard to detect, after all, the robot was always in a group of people and at the first glance it was functioning properly. It was at the end of the day when the crowds disappeared and more one-on-one interactions took place, when someone pointed out that “the robot is racist and doesn’t want to talk to black people”.



*Fig. 1. Robots SAMUEL (left) and EMYS (right)*

Upon examining the system we traced the fault of this behaviour to the face detection algorithm. One possibility was lightning conditions, changing them improved the recognition rate but not enough. At that time the robots were equipped with Haar Feature-based Cascade Classifiers for face detection [5] available in OpenCV library [6]. To learn to recognize faces, this classifier needs a vast amount of training data both positive and negative, that is, images with faces and images without faces. The training phase, apart from needing a large image database, is also computationally expensive, therefore this step is performed by software creators and the obtained classifier parameters are saved and shipped with the OpenCV library ready for use. With further testing we also discovered that the faces of other races were problematic to recognize in pictures, while not to the same extent, it was still significant. The nature of the face detection failure pointed towards a problem during the training phase.

What caused the problem in the training phase, that it resulted in failure to correctly detect faces of other origin than Caucasian? The biased outcome suggests that it was fault of the training data. If the sample face images consisted of a great number of Caucasian faces while the other races comprised as only a fraction, two things occur. First, the algorithm iterates over the data to learn the



patterns in it, and, because of the small size of broad examples, the classifier overfits the majority (Caucasian) data samples. Secondly, the verification step that calculates the success rate of the classification fails to acknowledge the error made, because the data used for verification also have small variety and the observed mistakes on multiracial samples are insignificant compared to the dominant group. In other words, to increase the recognition rate of multiracial faces the algorithm would have to sacrifice some of the success rate in Caucasian face recognition, but given the proportion of the data, doing so deemed unprofitable. This is also known as the problem of skewed classes.

### **RACISM EVERYWHERE?**

Of course, we weren't the only ones to use this face recognition algorithm. Over the years, this software for face detection, developed by researchers, became very popular to the extent of commercial applications and was introduced as a feature in cameras and image analysis software. This in turn led to devices released with hidden faults in racial face recognition, which quickly surfaced on the internet. Figure 2 presents an example of such failure in iOS 5.1 as seen in Apple iPhone. A YouTube video of a black man trying to get the built-in webcam on HP Pavilion laptop to detect his face and track his movement titled "HP computers racist" [7] went viral reaching over 2 million views. The Nikon camera kept asking Asian people if they were blinking as shown in figure 3. These are just few selected examples.

People's reactions to the above examples vary from hilarity to annoyance, bringing undesirable consequences of companies suffering possible brand image difficulties, not to mention the disappointed users. Moreover, because the devices are in use, it is difficult to correct this mistake, making it even more costly with time. Could this have been avoided?



*Fig. 2. Apple iOS 5.1 face recognition in photo  
(source: weknowmemes.com)*



*Fig. 3. Nikon blink detection feature as presented by Joz Wang  
(source: www.jozjozjoz.com)*

## COMMON MACHINE LEARNING PROBLEMS

A brief description of machine learning problem is needed. We will focus on the machine learning task of supervised learning [8]. The goal of supervised learning is to find a function or mapping from inputs to outputs given a labelled set examples to generalize output from previously unseen inputs. Assuming a function model, the labelled examples known as the training data are used to modify the parameters of the model to minimize a cost function that represents the error. If the outputs are continuous, the problem is to fit a function to the data, which is called regression. If the outputs are discrete, the problem is to find a mapping of input data to a particular enumerated class, hence the name classification.

### BIAS AND VARIANCE

Bias and variance dilemma [9] is a problem related to the choice of the model. High bias models tend to oversimplify the relation between data and its outputs, overly restricting the model parameters, which results in underfitting. High variance models can capture complexity, but introducing unnecessary parameters can result in the algorithm learning the noise in the training data and overfitting. Ideally, to perform well on the data outside the training set, a trade-off is needed. Figure 4 shows the problem of under and overfitting.

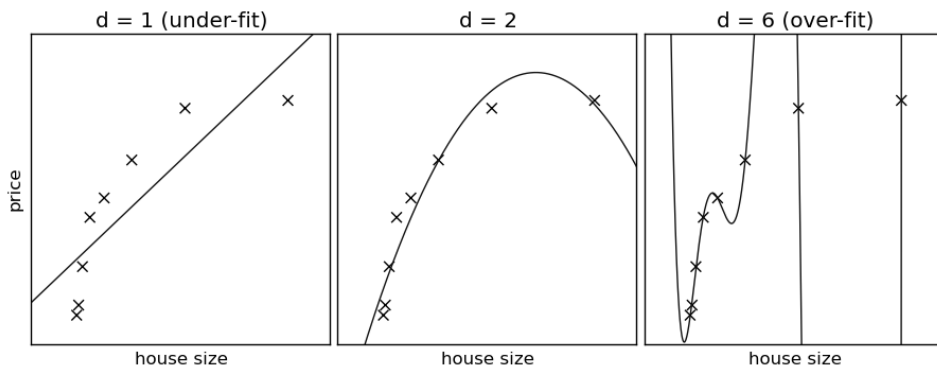


Fig. 4. Examples of bias and variance—underfitting (left), appropriate (middle), overfitting (right)  
 (source: [www.astroml.org/sklearn\\_tutorial/practical.html](http://www.astroml.org/sklearn_tutorial/practical.html))

The two main approaches to this problem are introducing validation data and regularization. Validation data is a set of data samples isolated from all of the available data and will not participate in the training process. It is set apart to simulate the unseen input and validate the outcome of the model on this input by comparing the prediction to the known output. By measuring the performance on the validation data one can detect high bias and high variance cases. Large error on both sets signifies underfitting. Small error on the training set and large error on the validation set signals overfitting. This can be used to select the appropriate model among the options possible.

Regularization serves as a penalty for complexity and forces smoothness of the classification function. The magnitudes of the parameters of the model are weighted by regularization factors and added to the cost function to be minimized. Doing so, penalizes extreme parameter values and can significantly reduce overfitting.

### **SKEWED CLASSES**

To illustrate the skewed classes problem lets introduce an example. If one had a way to classify rare-condition patients as healthy or sick that was 99% effective, is 99% high or low? While it may seem high, it all depends on the structure of data used for testing. If the data was a subset of standard population, a 100 people, of whom 99 are healthy and one is sick, a I prediction “everybody is healthy” would have 99% as well. In such case another metric is needed to capture the data disproportions.

While the straightforward approach to make all classes equally represented seem to work well at first glance, it is not always right to do so. Firstly, sometimes there is just not enough data, as is the case in really rare medical conditions. Secondly, even if the data could be obtained, the equal-sized classes wouldn't represent the real data probability distribution. One way to measure the accuracy for such tests is F1 score, which takes into account the sensitivity and precision of the test as defined in table 1.

Table 1. F1 Score calculation

		Condition		
		Condition positive	Condition negative	
Test outcome	Test outcome positive	<b>True positive</b>	<b>False positive</b> (Type I error)	Precision = $\frac{\Sigma \text{ True positive}}{\Sigma \text{ Test outcome positive}}$
	Test outcome negative	<b>False negative</b> (Type II error)	<b>True negative</b>	Negative predictive value = $\frac{\Sigma \text{ True negative}}{\Sigma \text{ Test outcome negative}}$
		Sensitivity = $\frac{\Sigma \text{ True positive}}{\Sigma \text{ Condition positive}}$	Specificity = $\frac{\Sigma \text{ True negative}}{\Sigma \text{ Condition negative}}$	F1 Score = $\frac{2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Sensitivity}}{\text{Precision} + \text{Sensitivity}}$

(source modified: [en.wikipedia.org/wiki/F1\\_score](https://en.wikipedia.org/wiki/F1_score))

## CONCLUSION

Developers of machine learning systems that work in social environments should be especially aware of the possibility of the hidden faults of the system that are hard to predict beforehand and can result in unintended consequences. In the examples presented by this paper, the face recognition system that was not fully tested was released prematurely into commercial usage which caused the accusations of racism.

In this case, it could have been avoided, by properly analysing the target recipients of the system, but it isn't always possible to predict the way in which the technology can fail. However, it is possible to take precautions.

This raises the question of whether to release a technology that isn't ready yet. Should we hold back if it doesn't work properly on some particular social group? That depends on the nature of the system – if the flaw is known and can't be fixed it may be best to announce it beforehand; if the system is working on a device ask whether the user will be able to update it easily (e.g. mobile phones); if the system works on-line (e.g. Facebook face detection) it may be better to release the system early to gain additional data and incorporate the updates seamlessly. This stresses the importance of beta-testing and user feedback.

*Research funded by „Finansowanie działalności polegającej na prowadzeniu badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich”*

## LITERATURA

- [1] Breazeal C.: *Designing Sociable Robots*. MIT Press Cambridge, MA, USA 2002.
- [2] Chlebicki S., Kędzierski J., Żarkowski M. : *Control system for a social robot*. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Elektronika*. 2010, z. 175, s. 713–722.
- [3] Kędzierski J. I in.: *EMYS – emotive head of a social robot*. *International Journal of Social Robotics*, 2013, vol. 5, nr 2, s. 237–249.
- [4] Kędzierski J., Janiak M.: *Budowa robota społecznego FLASH*. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Elektronika*. 2012, z. 182, s. 681–694.
- [5] Viola P., Jones M.: *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features*. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2001*.
- [6] OpenCV Library. <http://opencv.org/>.
- [7] YouTube: „HP computers are racist?”. Available online: [www.youtube.com/watch?v=t4DT3tQqgRM](http://www.youtube.com/watch?v=t4DT3tQqgRM).
- [8] Bishop C.: *Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics)*, Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA 2006.
- [9] Geman S., Bienenstock E., Doursat R.: *Neural networks and the bias/variance dilemma*. *Neural Comput.* 4, 1 (January 1992), 1–58.

## **INTELIĞENTNY SYSTEM BUDYNKOWY LCN W ZARZĄDZANIU INSTALACJĄ ELEKTRYCZNĄ BUDYNKU WYSOKOŚCIOWEGO**

### **WPROWADZENIE**

Nieustannie postępujący rozwój technologiczny, coraz bardziej wygórowane wymagania konsumentów oraz ich świadomość ekologiczna przyczyniły się do rozpowszechnienia nowej gałęzi przemysłu instalacyjnego, jaką jest inteligentna automatyka budynkowa. Chociaż obecnie inteligentne systemy budynkowe nie są jeszcze wszystkim znane, to można zaobserwować ich sukcesywny rozwój. Dotyczy to w szczególności nowych budowli. Co prawda decyzja o rodzaju zastosowanej instalacji jest sprawą indywidualną inwestorów, to sięganie po instalacje inteligentne powoli staje się standardem. Sytuacja ta ma miejsce przede wszystkim w krajach zachodnich.

Budynek wysokościowy, zwany także wysokościowcem nie jest jednoznacznie zdefiniowany. Wyjaśnienie tego pojęcia uwarunkowane jest kryterium, które może rozpatrywać minimalną jego wysokość, liczbę pięter, czy też stopień trudności przeprowadzenia ewakuacji. W prawie polskim terminem tym można określić budynek, którego wysokość przekracza 55 m, aczkolwiek można spotkać się także z nazwą „budynek wysoki”, którego wysokość mieści się w przedziale 25–55 m. Prawo europejskie natomiast jako budynek wysokościowy kwalifikuje obiekt o wysokości przynajmniej 90–100 m, zaś prawo amerykańskie – o wysokości minimum 100–120 m [1].

Wyposażenie budynku w inteligentny system sterujący instalacją elektryczną (lub po prostu: w inteligentną instalację elektryczną) daje mu status inteligentnego. Zasięgając informacji w różnych źródłach wiedzy można spotkać różne wyjaśnienia tego pojęcia.

---

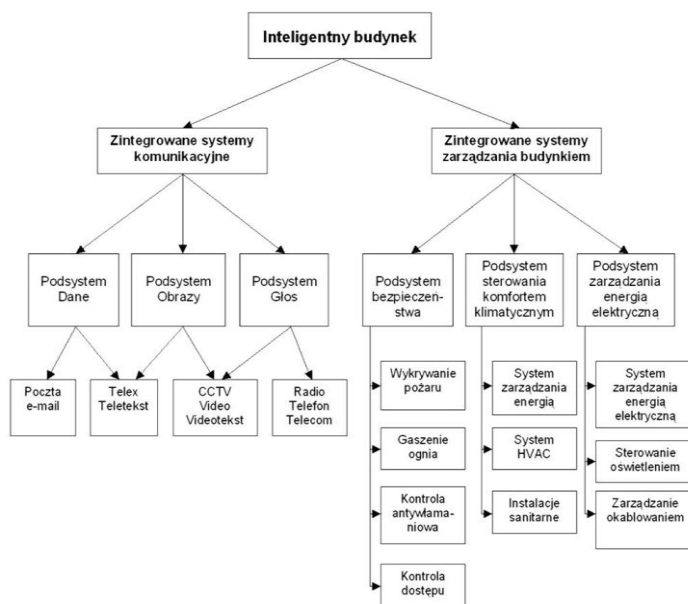
<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Koło Naukowe Elektrycznych Systemów Inteligentnych



Na drodze kompromisu, budynkiem inteligentnym można określić budynek, który maksymalizuje wydajność użytkowania przy jednoczesnej minimalizacji kosztów eksploatacji dzięki optymalizacji struktur, systemów, usług i zarządzania oraz zależności między nimi.

## SYSTEMY W INTELIGENTNYM BUDYNKU ORAZ INTEGRACJA

Fundamentalnym aspektem inteligentnego budynku jest integracja układów w jeden system zarządzania, czyli takie połączenie systemów, które pozwoli na swobodną wymianę danych między nimi. Podstawowym zagadnieniem integracji systemów jest BMS (Building Management System), czyli Główny System Zarządzający. BMS oznacza ogół systemów odpowiedzialnych za sterowanie wszystkimi podsystemami obiektu. Struktura BMS podzielona jest na systemy rdzenia (systemy pełniące najistotniejsze funkcje w budynku) oraz systemy otoczenia (systemy niższego rzędu o lokalnym zakresie zarządzania). Systemy rdzenia i otoczenia komunikują się między sobą za pomocą wejść i wyjść binarnych, bramek i sterowników [2, 3].



Rys. 1. Schemat integracji systemów w obrębie budynku  
(źródło: [13])

Głównymi wymaganiami stawianymi inteligentnym systemom budynkowym są: zapewnienie komfortu, bezpieczeństwa oraz oszczędność energii i wydatków. Poczucie bezpieczeństwa zapewniają następujące systemy: SSP (System Sygnalizacji Pożaru), PAS (System Nagłośnienia Ewakuacyjnego), SKD (System Kontroli Dostępu), CCTV (System Telewizji Dozorowej), SSWiN (System Sygnalizacji Włamania i Napadu). Najwyższy stopień bezpieczeństwa zapewnią jednak tylko wtedy, gdy będą ze sobą współpracować.

System ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC), system sterowania oświetleniem, żaluzjami przede wszystkim mają za zadanie zapewnić komfort użytkownika budynku. Niemniej jednak, odpowiednio zaprogramowane przez użytkownika, a następnie sterowane przez system inteligentny są w stanie zoptymalizować zużycie energii.

Zaawansowane sterowanie oświetleniem to coś więcej niż tylko załączanie lamp po wejściu do pomieszczenia, z czym można spotkać się w wielu obiektach, którym daleko do inteligentnych. Nowoczesne systemy oświetleniowe wprowadzają szeroki zakres możliwości regulacji natężenia, ukierunkowania i koncentracji światła, sterowania grupowego zespołami LED w trybie mieszania kolorów, komponowania własnych scen świetlnych (zapamiętanych konfiguracji realizowanych przez włączenie i regulację natężenia światła grup lamp lub każdej osobno). Popularnym systemem oświetleniowym tej klasy jest DALI (Digital Addressable Lighting Interface), którym może zarządzać nadrzędny system sterujący tj. LCN za pośrednictwem bramek przetwarzających telegramy DALI na telegramy LCN i odwrotnie.

Aby poszerzyć możliwości oszczędzenia energii, sterowanie oświetleniem może zostać zintegrowane z zespołem sterującym żaluzjami (lub roletami). Pozwoli to nie tylko zapobiec przegrzaniu pomieszczeń, ale także maksymalnie wykorzystać światło słoneczne, które wykluczy konieczność użycia światła sztucznego. Specjalne oprogramowanie współpracujące z czujnikami światła (na podstawie kąta i kierunku padania promieni słonecznych o określonej porze dnia) wyznacza kąt ustawienia poszczególnych listew żaluzji w taki sposób, aby odbić światło słoneczne na sufit zapewniając równomierne oświetlenie wnętrza i jednocześnie zapobiec oślnieniu użytkowników [6].

System HVAC odpowiada za utrzymanie komfortu cieplnego w pomieszczeniach regulując parametry powietrza takie jak: temperatura, wilgotność, zawartość innych gazów. Nowsze modyfikacje systemu HVAC wyposażone są w rekuperatory (wymienniki ciepła), czyli urządzenia umożliwiające odzysk ciepła z powietrza wydmuchiwanego i wykorzystanie go do ogrzewania budynku. Oszacowano, że wyposażenie budynku w system HVAC może pomóc zaoszczędzić do 10% początkowego zużycia energii [4, 5].

a)



b)



c)



Rys. 2. Sceny w standardzie DALI: a) scena do prowadzenia dyskusji; b) scena do prowadzenia wykładu; c) scena do wyświetlenia obrazu  
(źródło: [11])



*Rys. 3. Rekuperatory firmy PRO-VENT systemu HVAC sterowanego przez LCN  
(źródło: opracowanie własne)*

Tabela 1 przedstawia rzeczywiste i prognozowane wartości poszczególnych segmentów rynku automatyki budynkowej. Dane te potwierdzają, że rynek inteligentnych systemów budynkowych dynamicznie się rozwija. Należy też podkreślić, że w dzisiejszych czasach szczególny nacisk kładzie się na energooszczędność, która jest zagadnieniem ściśle powiązanym z nowoczesnymi instalacjami elektrycznymi.

Tabela. 1. Wartość poszczególnych segmentów rynku automatyki budynkowej w 2009r. i prognozowana wartość w 2014r. wg BBC Research (źródło: [14])

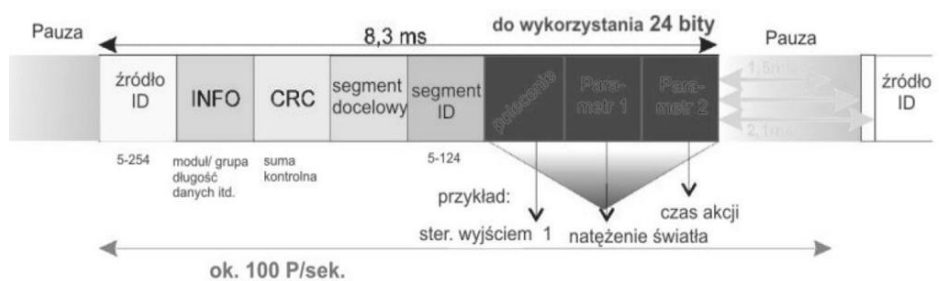
	Wartość w 2009 (mld dol.)	Wartość w 2014 (mld dol.)	Średni roczny wzrost (%)
HVAC	30	34,2	2,8
Oświetlenie	13,5	15,2	2,4
Systemy zarządzania energią	10,8	13,2	4,1
Systemy bezpieczeństwa	5	5,9	3,5
Systemy BMS	3,3	4	3,8

### SYSTEM LOCAL CONTROL NETWORK (LCN)

System LCN jest zdecentralizowanym magistralnym systemem zarządzającym budynkiem, wyprodukowanym przez niemiecką firmę Issendorf Mikroelektronik na początku lat 90-tych ubiegłego stulecia. Określenie „zdecentralizowany” oznacza, że każdy element systemu działa niezależnie od innych. Nie jest wymagana centralna jednostka sterująca, wykorzystana zostaje bowiem wzajemna komunikacja między elementami połączonymi magistralą. System ten znajduje zastosowanie w obiektach o różnych rozmiarach i przeznaczeniach, obsługuje nie tylko domy jednorodzinne czy wieżowce, ale również obiekty sportowe, takie jak np. tory wyścigowe.

System LCN może zautomatyzować niemal wszystkie funkcje budynku, zaś do sterowania nimi można wykorzystać Internet, telefon komórkowy, pocztę elektroniczną, SMS, panele dotykowe stacjonarne i przenośne. System ten, w odróżnieniu od pozostałych charakteryzuje się wysoką mocą przesyłową, stabilnością, łatwością instalacji, bogactwem zastosowań, czy możliwością rozbudowania w razie potrzeby. Twórcy LCN zaprezentowali niespotykaną dotąd koncepcję transmisji danych. Otóż wymaga ona jedynie zastosowania dodatkowej żyły w standardowym przewodzie instalacyjnym, np. YDY. Oznacza to, że oprócz żył: N (neutralnej), PE (ochronnej) i L (fazowej) przewód zawiera żyłę D, która służy do transmisji telegramów (informacji) między modułami logicznymi, które przekazują je do urządzeń wykonawczych. Żyła informacyjna chroniona jest przed przepięciami z sieci do 4 kV, nie są więc wymagane dodatkowe zabezpieczenia. Sprawna komunikacja możliwa jest dzięki funkcji adresowania modułów. Każdemu z nich przypisana jest liczba

(adres 16-bitowy) z zakresu 5–254 (w obiekcie niewielkich rozmiarów można zainstalować do 250 modułów). W przypadku budynku o dużych gabarytach, tj. wysokościowce, obiekt dzielony jest na segmenty. W każdym może być użytych do 250 modułów, a liczba segmentów może sięgać do 120, dlatego też każdemu z nich przypisany jest adres z przedziału 5–124. Oznacza to, że w budynku można zastosować do 30000 modułów logicznych. Informacje mają postać pakietów danych, w których zapisane są funkcje. Każdy z nich zawiera pola: adres źródłowy, adres docelowy, adres segmentu, 24-bitowe pole danych (zawiera polecenie i parametry dostarczane urządzeniu docelowemu), pole informacyjne (określa długość pola danych i cel przesyłanej informacji – moduł, segment) i pole z sumą kontrolną (sprawdza prawidłowość transmisji). Segmentowa struktura instalacji daje możliwość transmisji do około 10000 pakietów danych na sekundę (w zwykłej strukturze możliwa jest transmisja do 100 pakietów na sekundę) [7, 9].



Rys. 4. Budowa pakietu danych LCN  
(źródło: [12])

## KOMPONENTY SYSTEMU LCN

### MAGISTRALE

Magistrale są to linie przesyłu sygnałów między elementami. Wyróżnia się 3 rodzaje: magistrala na poziomie sprzęgu, dwużyłowa i segmentowa. Magistrala na poziomie sprzęgu może mieć długość maksymalnie 1000 m i łączy moduły logiczne jednocześnie przesyłając dane. Magistrala dwużyłowa wykorzystywana jest do zadań specjalnych, gdy wymagana jest galwaniczna separacja elementów lub gdy długość potrzebnego okablowania przekracza 1000 m. Magistrala segmentowa stosowana jest w przypadku podziału budynku na segmenty, a jej długość zależy od liczby segmentów i szybkości transmisji danych.

## **MODUŁY LOGICZNE**

Są to kluczowe urządzenia systemu LCN odpowiedzialne za sterowanie wszystkimi jego funkcjami. Wyposażone są w zasilacze, dzięki czemu mogą podtrzymywać napięcie przez 15 sekund od wystąpienia awarii sieci. Głównymi funkcjami modułów są: sterowanie wyjściami, przetwarzanie sygnałów logicznych, generowanie komunikatów o stanie sieci, analiza informacji przychodzących, komunikacja. Posiadają 3 porty, do których przyłącza się określone grupy urządzeń: port T (np. panele sterujące), port I (np. moduły rozszerzeń, czujniki), port P (np. moduły przekaźnikowe). Poszczególne funkcje modułów przyporządkowywane są w procesie parametryzacji przy użyciu oprogramowania LCN-PRO.

## **ROZSZERZENIA**

Urządzenia te rozszerzają zakres funkcji modułów logicznych. Umożliwiają podłączenie przycisków i czujników innych producentów oraz aktorów przełączających do instalacji LCN. Do rozszerzeń zaliczane są: adaptery (podłączanie przycisków), czujniki binarne (sterowanie klimatyzacją, systemami bezpieczeństwa), przekaźniki (sterowanie silnikami rolet).

## **CZUJNIKI**

Jak nazwa wskazuje, są to mierniki pewnych wielkości fizycznych (temperatura, natężenie światła), które po ich zarejestrowaniu i oszacowaniu przesyłają odpowiednie sygnały do systemu, co prowadzi do podjęcia określonych działań (np. włączenie lamp, ogrzewania, alarmu).

## **KLAWISZE**

Klawisze są narzędziami sterującymi systemem. Ich działanie opiera się jednak na odpowiednim sposobie wywołania danej funkcji. Krótkotrwałe wciśnięcie oznacza włączenie lub wyłączenie funkcji. Przytrzymanie klawisza odpowiada procesowi regulacji wybranego parametru, takiego jak np. oświetlenie, zaś jego zwolnienie kończy regulację [8].

**PROJEKT I OPIS PROJEKTU INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ WYKONANEJ W STANDARDZIE LCN W POMIESZCZENIU BUDYNKU WYSOKOŚCIOWEGO**

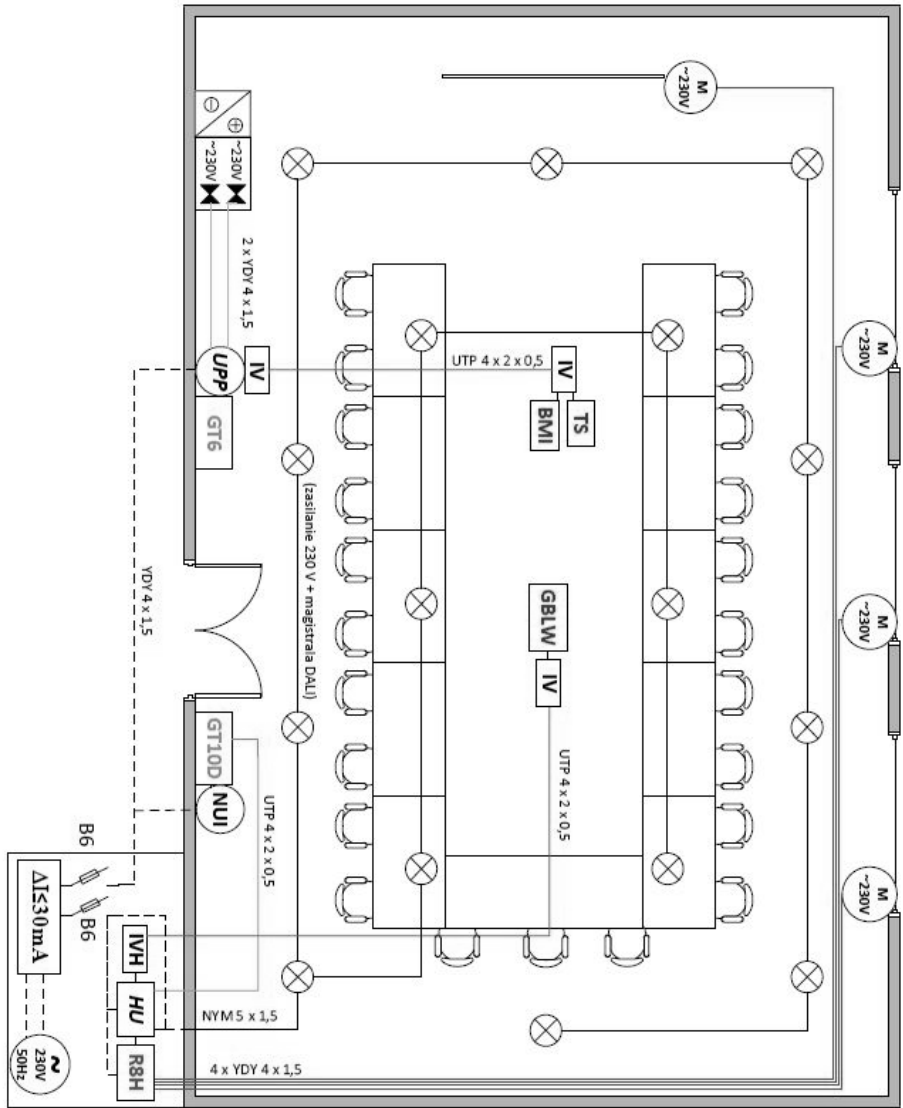
W omawianym pomieszczeniu biurowym system LCN sprawuje nadzór nad systemem oświetlenia DALI, systemem ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC), a także steruje pracą silników ekranu projekcyjnego i żaluzji.

Za sterowanie oświetleniem DALI odpowiada zestaw następujących urządzeń: moduł logiczny LCN-HU (montowany w rozdzielnicy), czujnik ruchu i natężenia światła LCN-GBLW, moduły rozszerzeń LCN-IV i LCN-IVH (umożliwiające wyprowadzenie czujnika na środek pomieszczenia), pojemnościowy panel sterujący LCN-GT10D zasilany przez podtynkowy zasilacz LCN-NUI. Dzięki takiemu zespołowi komponentów intensywność oświetlenia zależy od światła dziennego, a regulacja natężenia światła odbywa się pod obecność użytkowników lub niedługo po opuszczeniu pomieszczenia, co umożliwi funkcja timera w module. Ustawienia parametrów oświetlenia dokonuje się za pomocą panelu sterującego.




















Aby ograniczyć liczbę wykorzystanych urządzeń (a tym samym koszty instalacji) nie ograniczając wydajności system oświetlenia został zintegrowany z systemem sterowania żaluzjami. Zestaw sterujący oświetleniem został wzbogacony o moduł przekaźnikowy LCN-R8H, którego zadaniem jest kontrola pracy silników żaluzji. Ustawienie poszczególnych listew determinuje czujnik światła. Analogicznie do sterowania oświetleniem, pozycjonowanie żaluzji może odbywać się pod obecność użytkowników lub niedługo po opuszczeniu przez nich pomieszczenia. Moduł przekaźnikowy odpowiada także za zwijanie i rozwijanie ekranu projekcyjnego, czego dokonuje się manualnie z użyciem panelu sterującego.

Do kontroli i regulacji temperatury przez system HVAC zastosowano następujące urządzenia: podtynkowy moduł LCN-UPP, 2 siłowniki elektrozaworów LCN-AVN, czujnik temperatury LCN-TS, czujnik ruchu LCN-BMI, 2 moduły rozszerzające LCN-IV (umożliwiające wyprowadzenie czujników na środek pomieszczenia) oraz panel sterujący LCN-GT6. Kluczowym elementem są siłowniki elektrozaworów, które w zależności od temperatury powietrza otwierają lub zamykają zawory ogrzewania i klimatyzacji. Wykorzystanie czujnika ruchu daje możliwość regulacji temperatury przy obecności użytkowników. Do ustawienia zadanej temperatury służy pojemnościowy panel sterujący.





## Legenda

	Przewody do przyłącza I (czujniki)
	Przewody do silników rolet i projektora
	Przewody do wyjść analogowych 0-10V (oświetlenie DALI)
	Przewody do wyjść przełączających 230 V (siłowniki zaworów HVAC)
	Przewody do przyłącza T (panele sterujące)
	Przewody zasilające (prowadzone z rozdzielnic)
	Wymiennik ciepła (ogrzewanie i klimatyzacja)
	Silniki (rolet, projektora)
	Oprawy oświetleniowe (DALI)
	Czujniki (TS, BMI, GBLW)
	Panele sterujące (GT6, GT10D)
	Moduły logiczne (UPP- podtynkowy, HU- na szynę)
	Moduł przekaźnikowy
	Siłowniki AVN zaworów M30 x 1,5 ogrzewania i klimatyzacji
	Zasilacz podtynkowy
	Przedłużenie portu I (IV, IVH- przedłużenie na szynę)
	Wyłacznik nadprądowy B6 (odłącza zasilanie, gdy natężenie prądu znamionowego osiągnie 18-30 A)
	Wyłacznik różnicowoprądowy (odłącza zasilanie, gdy wartość prądu różnicowego osiągnie 30 mA)
	Źródło zasilania

Projekt instalacji elektrycznej wykonanej w standardzie LCN			
Obiekt	Budynek wysokościowy	Pomieszczenie	Biuro
Projektował	Hubert Przywara	Data:	18.01.2014r.
Sprawdził	Mariusz Szafranski	Data:	19.01.2014r.

## ANALIZA EKONOMICZNA INTELIGENTNYCH SYSTEMÓW BUDYNKOWYCH

Tabela 2. Prezentuje zestawienie kosztów inteligentnych instalacji elektrycznych w odniesieniu do ceny instalacji tradycyjnej w obiekcie o powierzchni 200 m<sup>2</sup>. W koszty nie są wliczone urządzenia wykonawcze. Z przedstawionych danych wynika, że wyposażenie obiektu w inteligentny system sterujący podniesie wartość instalacji o przynajmniej 25%, zakładając, że sięgamy po system podstawowy. Bardziej wymagający konsumenci, których oczekiwania spełni dopiero system zaawansowany muszą liczyć się z nawet dwukrotnym wzrostem kosztów. Rzeczą oczywistą jest, że każdy użytkownik dostosowuje wyposażenie instalacji do własnych potrzeb. W ten sposób system uważany za średnio zaawansowany może kosztować o wiele więcej niż podaje tabela, podobnie jak system zaawansowany nie musi być tak drogi, jeśli ograniczy się liczbę i poziom udogodnień.

*Tabela 2. Zestawienie kosztów (brutto) instalacji tradycyjnej z instalacjami inteligentnymi różnych producentów (źródło: [10])*

Koszt systemu instalacji K [zł]					
Systemy podstawowe		Systemy klasy średniej		Systemy zaawansowane	
Instalacja Tradycyjna (IT)	43 583	SAB System	54 207	KNX/EIB	69 471
Cardio	65 249	IHC	59 949	Lonworks	68 361
Hometronic	72 311	Duplice	66 949	IDRA	70 949
Luxor	58 131	LCN	67 462	Crestron	81 376
X10	56 572	Xcomfort	62 445	Lutrom	84 341

## PODSUMOWANIE

Inteligentne systemy sterowania budynkiem są niewątpliwie gałęzią rynku instalacyjnego, która w najbliższych latach będzie wykazywała się postępującym rozwojem. Świadczy o tym nie tylko dążenie do zapewnienia jak największego komfortu, ale także fakt, że systemy takowe zapewniają to, co w dzisiejszych czasach staje się jednym z głównych aspektów większości gałęzi przemysłu – energooszczędność, która wiąże się z minimalizacją kosztów eksploatacji. Ze względu na bogactwo możliwości, niewygórowaną cenę i niespotykaną prostotę montażu system LCN ma duże szanse stać się jednym z wiodących systemów inteligentnych na polskim rynku. Chociaż wyposażenie budynku w inteligentny system oznacza znaczny wzrost kosztów, jest to jednak inwestycja, która zwróci się z upływem pewnego czasu, w zależności od charakteru użytkowania, dlatego warto zastanowić się, czy opłacalny jest montaż instalacji tradycyjnej.

**LITERATURA**

- [1] Pawłowski A. Z., Cała I.: *Budynki wysokie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
- [2] Parol M.: *Instalacje w „Inteligentnych Budynkach”*. Przegląd elektrotechniczny, 2006, Nr 10.
- [3] Horyński M.: *Zastosowanie wejść i wyjść binarnych w układach automatyki inteligentnego budynku*. Przegląd elektrotechniczny, 2010, Nr 7.
- [4] Bogdan A.: *Komfort cieplny w budynkach użyteczności publicznej- stan prawny a rzeczywistość*. Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja, 2009, Nr 2.
- [5] *Rozwiązania automatyki inteligentnego budynku (1)*, *Maszyny, technologie, materiały- technika zagraniczna*. WWW.sigma-not.pl, 2012, Nr 2.
- [6] *Inteligentne budynki. Maszyny, technologie, materiały – technika zagraniczna*. WWW.sigma-not.pl, 2010, Nr 6.
- [7] Mittnacht K., Gerten R.: *Inteligentne instalacje elektryczne- świat instalacji elektrycznych w XXI wieku*. Technika budowlana, 2000.
- [8] *Opis systemu LCN. Perfekcyjna technika automatyzacji budynku*. Katalog firmy Issendorf Mikroelektronik GmbH.
- [9] Sander H.: *Inteligentna instalacja LCN... Czyni życie komfortowym*. Elektroinstalator, 2008, Nr 5.
- [10] Skoczylas M.: *Inteligentne systemy zarządzania budynkiem*. SEP INPE, 2012, Nr 4.
- [11] Władziński W.: *Inteligentne sterowanie oświetleniem w budynkach przemysłowych*. [W:] XIV Seminarium: Zastosowanie komputerów w technice 2004. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 20.
- [12] Möbus H.: *Inteligentne sterowanie budynkiem przy wykorzystaniu systemu LCN*. Elektroinstalator, 2005, Nr 5.
- [13] Parol M.: *Instalacje w „Inteligentnych Budynkach”*, Przegląd elektrotechniczny, 2006, Nr 10.
- [14] [www.automatykab2b.pl](http://www.automatykab2b.pl), 08.2013 r.

## **OCENA PRACY SYSTEMU KLIMATYZACJI I OŚWIETLENIA LED ZASILONYCH Z MODUŁÓW PV ORAZ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ**

### **WPROWADZENIE**

Podstawowym źródłem energii dla ziemi jest docierające do niej promieniowanie słoneczne. Energia ta ujawnia się w postaci ciepła, wiejących wiatrów, pływów morskich, jaki i również gromadzi się w paliwach kopalnych. Postęp techniczny jaki dokonał się w ostatnich latach pozwolił na opracowanie technologii bezpośredniego przetwarzania tej energii na inne jej postaci użyteczne dla człowieka np. energii elektrycznej.

Powszechnie stosowane kolektory słoneczne mają już liczącą się konkurencję w postaci modułów fotowoltaicznych. Sprawność najpopularniejszych modułów krzemowych dochodzi do 18% [1] i jak na razie nie może konkurować z wydajnością 80% kolektorów słonecznych. Jednak radykalne obniżenie cen zakupu generatorów fotowoltaicznych sprawiło, że obydwie technologie mogą być już porównywalne kryteriach ekonomicznych. Pod względem nasłonecznienia region Lubelszczyzny jest uprzywilejowany, ponieważ występują tutaj najkorzystniejsze warunki w skali kraju.

Opłacalność inwestycji w tę technologię w dużej mierze uzależniona jest od dostępności do stałego zasilania z sieci elektroenergetycznej oraz rodzaju aplikacji. Do analizy przyjęto przypadek modernizowanego domu jednorodzinny w którym pierwsza kondygnacja została adaptowana w biuro. W całym budynku zastosowano oświetlenie LED oraz dobrano klimatyzację do pomieszczenia biurowego.

---

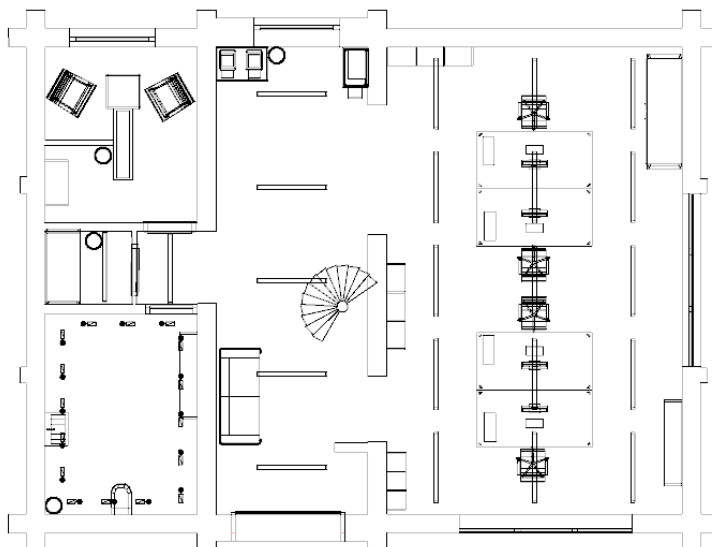
<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych, Koło Naukowe NAPĘD I AUTOMATYKA.

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych.

Przyjęto strukturę zasilania całkowitego zasilania odbiorników. Energia wyprodukowana w generatorze fotowoltaicznym byłaby spożytkowana na potrzeby własne budynku, a jej niedobór kompensowany był by z sieci elektroenergetycznej.

## 2. OPIS PROJEKTU

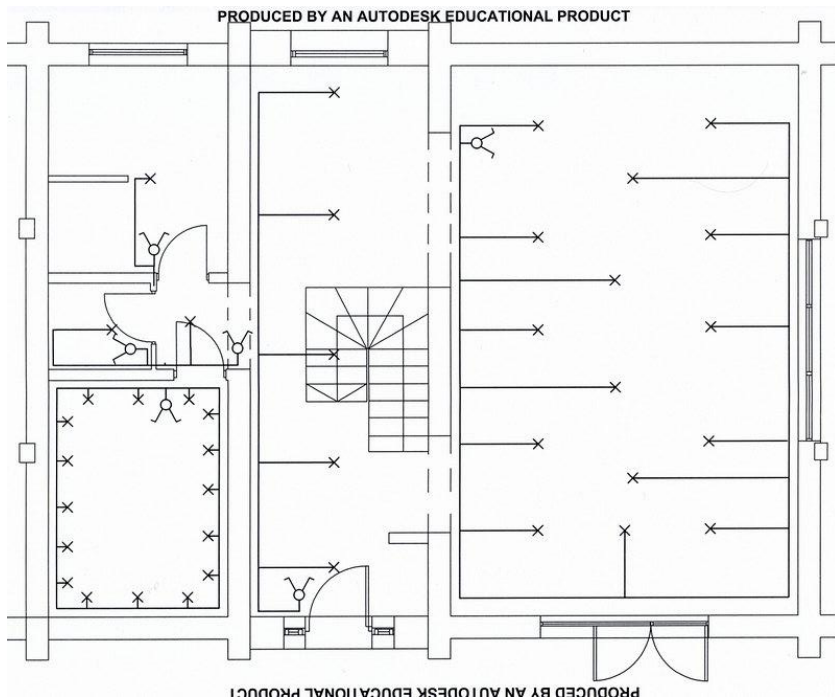
Modernizację domu jednorodzinne na budynek mieszkalno-biurowy należy rozpocząć od utworzenia projektu oświetlenia LED. Piętro dolne zostało przeznaczone do użytku biurowego, a kondygnacja górna do użytku mieszkalnego. Oświetlenie w biurze powinno być zaprojektowane zgodnie z normą EN 12464-1:2011 [2]. Określa ona parametry światła w taki sposób by były one komfortowe dla człowieka. Projekt oświetlenia został wykonany w programach takich jak AutoCAD2011, DIALux evo oraz aplikacji PhilipsCat. Zastosowane oprogramowanie pozwala na utworzenie schematu instalacji elektrycznej (AutoCAD2011), dobór opraw oświetleniowych według żądanych parametrów oraz stworzenie rzutu poziomego i wizualizacji symulującej prace oświetlenia w 3D.



*Rys. 1. Widok rzutu poziomego kondygnacji pierwszej  
(źródło: opracowanie własne)*



Rys. 2. Rzut pomieszczenia biurowego w 3D  
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 3. Schemat instalacji oświetleniowej kondygnacji biurowej utworzony w programie AutoCAD  
(źródło: opracowanie własne)

Klimatyzacja została dobrana według strumienia objętości powietrza wentylacyjnego obliczonego na podstawie zysków ciepła jawnego. Uwzględniono przy tym zyski ciepła do ludzi, z oświetlenie elektrycznego, od urządzeń, od nasłonecznienia przez przegrody przezroczyste i od nasłonecznienia przez przegrody nieprzezroczyste [3].

Do obliczeń przyjęto parametry tj.:

- temperatura powietrza zewnętrznego –  $t_z = 30^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza zewnętrznego –  $\varphi_z = 45\%$
- temperatura powietrza wewnętrznego –  $t_p = 24^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego –  $\varphi_p = 60\%$

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyliczono ze wzoru [3]:

$$V = \frac{Q_j}{c_p \cdot \rho \cdot (t_w \cdot t_n)} \quad (1)$$

gdzie:

$Q_j$  – maksymalne, sumaryczne zyski ciepła jawnego [kW],

$c_p$  – ciepło właściwe powietrza [kJ/kg·K] (przyjmowana jest stała wartość 1,005 kJ/kg·K),

$\rho$  – gęstość powietrza [kg/m<sup>3</sup>] (przyjmowana jest stałą wartość 1,2 kg/m<sup>3</sup>,

$t_w$  – temperatura powietrza usuwanego z pomieszczenia,

$t_w = t_p$  w przypadku umieszczenia wywiewników na wysokości 1,5÷2,0 m,

$t_w = t_p + \beta(h-2)$  w przypadku umieszczenia wywiewników powyżej strefy przebywania ludzi,

$t_p$  – zakładana temperatura powietrza w pomieszczeniu [°C],

$\beta$  – pionowy gradient temperatury [K],

$h$  – wysokość pomieszczenia [m],

$t_n$  – temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia [°C],

$$V = \frac{5758,82}{1 \cdot 1,2 \cdot (24,12 - 18)} = 784,15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 13,07 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$



Na podstawie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego wybrano z szeregu urządzeń oferowanych przez firmę LG klimatyzator Prestige INVERTER V H09AK (model jednostki wewnętrznej – H09AK.NSM; model jednostki zewnętrznej – H09AK.UL2) [4].

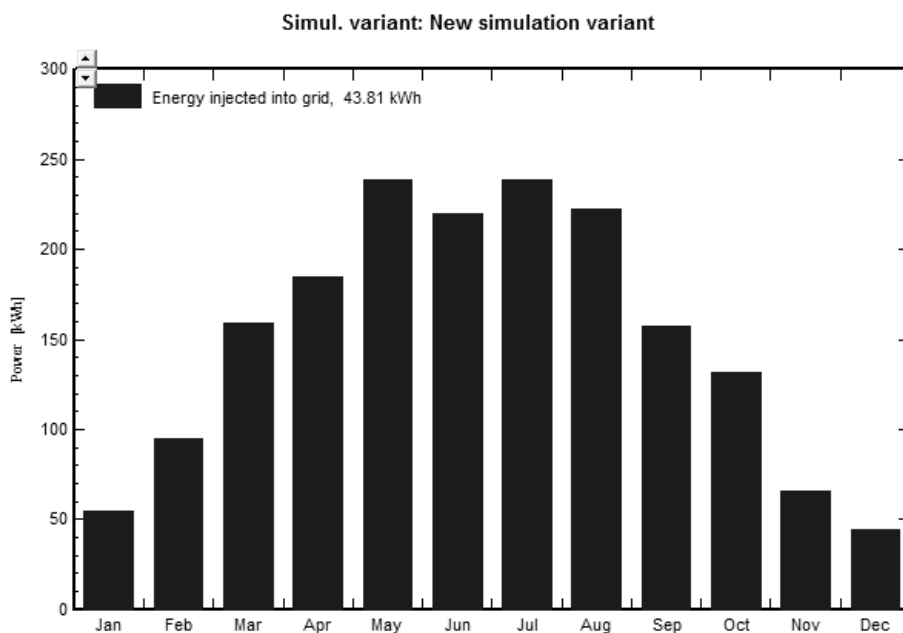
Doboru elementów generatora fotowoltaicznego współpracującego z siecią dokonano w programie PVsyst 6.1.7. Pierwszym elementem pracy w tym systemie było określenie lokalizacji i współrzędnych geograficznych dla Lublina. Następnie do programu wprowadzono dane meteorologiczne. Kolejnym elementem jaki należało określić jest kąt nachylenia panelu do płaszczyzny poziomej oraz azymut. Dla Lublina w przypadku kiedy panele fotowoltaiczne mają pracować przez cały rok bez możliwości zmiany kąta ich nachylenia najlepszym pochyleniem będzie kąt  $36^\circ$ , a azymut równy  $0^\circ$ . Po wprowadzeniu planowanej mocy systemu fotowoltaicznego definiowanej w kWp lub określeniu dostępnej powierzchni przeznaczonej na umieszczenie paneli PV w  $m^2$  można dobrać moduł PV oraz pasujący do niego falownik. Zdefiniowanie systemu fotowoltaicznego pozwala na przeprowadzenie symulacje jego pracy.

W programie PVsyst dobrano instalację fotowoltaiczną która ma wyprodukować taką ilość energii elektrycznej by móc z niej zasilić system klimatyzacji oraz w razie potrzeby oświetlenie LED-owe. Przewidziana na nią powierzchnia dachu wynosi  $15 m^2$ .

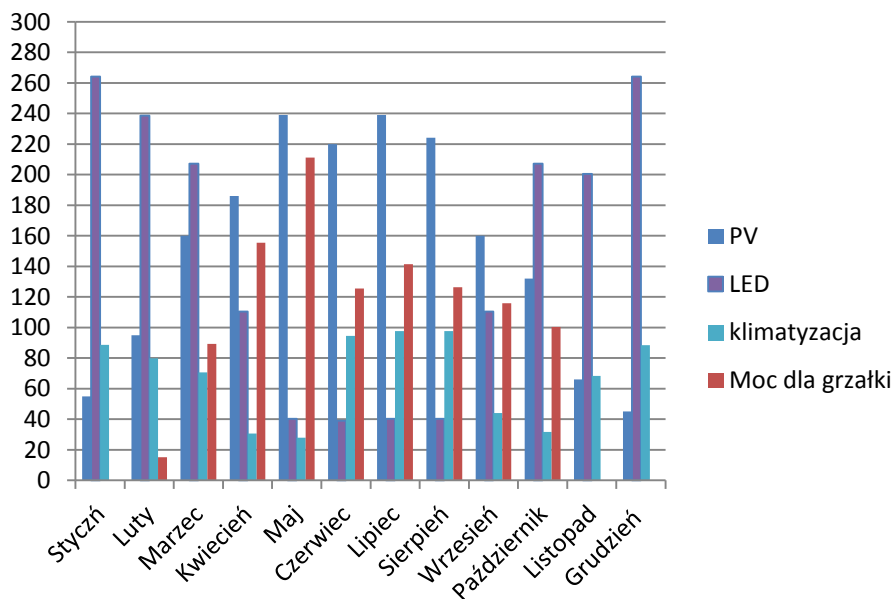
#### **Parametry instalacji PV dla $15 m^2$ :**

- Producent modułów PV : Hanwha Q Cells
- Typ modułów PV: polikrystaliczne
- Rodzaj modułów PV: Q.PRO-G3 240
- Moc wyjściowa jaką mogą osiągnąć moduły PV: 240 Wp
- Liczba modułów PV zastosowanych w systemie: 8
- Producent falownika : Philips
- Moc znamionowa falownika: 1.6 kW
- Liczba falowników zastosowanych w systemie: 1
- Moc znamionowa PV: 1,9 kWp

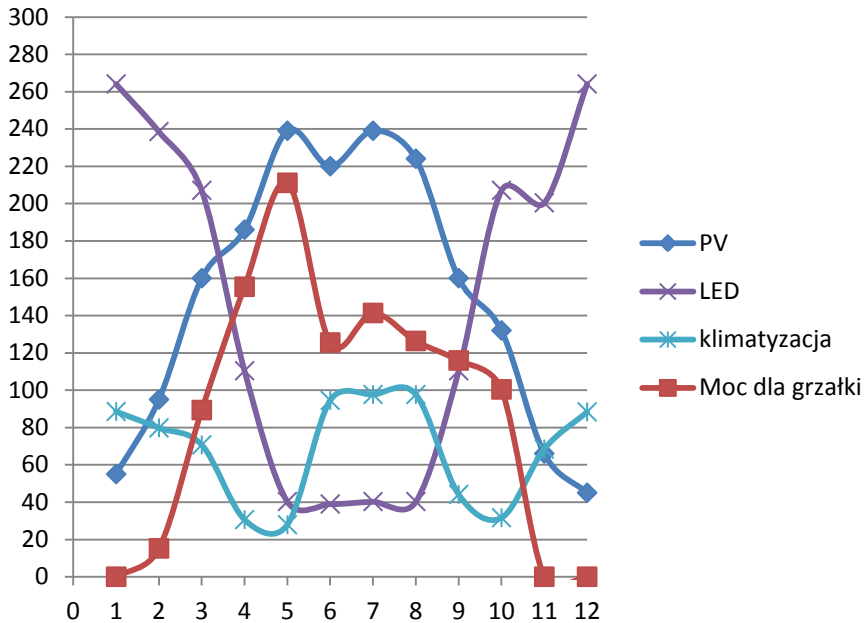
Poniżej przedstawiona charakterystyka pokazuje, jak wraz z nasłonecznieniem zmieniają się energia wyprodukowana przez system fotowoltaiczny.



Rys. 4. Charakterystyka energii oddawanej przez falownik przeciągu roku dla instalacji o mocy znamionowej PV równej 1,9 kWp



Rys. 5. Wykres słupkowy zapotrzebowania na energię elektryczną dla instalacji o mocy znamionowej PV równej 1,9 kWp



Rys. 6. Wykres liniowy zapotrzebowania na energię elektryczną dla instalacji o mocy znamionowej PV równej 1,9 kWp

Na podstawie charakterystyki z rysunku 4 przedstawiającej ilość energii oddawanej przez falownik do sieci przez instalacje o mocy znamionowej wynoszącej 1,9 kWp utworzono wykresy umieszczone na rysunkach 5 i 6. Wykres słupkowy z rysunku 2.5. oraz wykres liniowy z rysunku 2.6. pokazują jakie jest zapotrzebowanie odbiorników na energię wytworzoną przez system PV. Z charakterystyk można wywnioskować, że przez większość miesięcy w roku (od lutego do listopada) zapotrzebowanie na energię klimatyzatora pokrywa się z produkcją energii przez generator fotowoltaiczny. W przypadku nadwyżki produkcji energii przez system PV (w miesiącach luty – listopad) można częściowo zasilić podgrzewacz wody. Takie rozwiązanie zmniejszy ilość energii pobranej z sieci, a co za tym idzie koszty użytkowania.

Z rocznego rozkładu energii wyprodukowanej przez generator fotowoltaiczny można oszacować czy jest on w stanie zaspokoić zapotrzebowanie na moc. W tym przypadku system PV nie wygeneruje tyle energii by mógł całkowicie zasilać podgrzewacz wody. Jednak wyprodukowanej energii w zupełności wystarczy na zasilenie klimatyzacji przez cały rok. Oświetlenie LED może być zasilane od drugiej połowy marca do pierwszej połowy września.

## WNIOSKI

Korzystne warunki nasłonecznienia regionie Lubelszczyzny skłaniają do wykorzystania techniki fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej. Inwestycja w taką instalację może być szczególnie opłacalna w przypadku odbiorów, które charakteryzują się zwiększeniem poboru energii elektrycznej w pogodne dni, gdy jest największe nasłonecznienie. Przykładem prawie idealnej korelacji odbiornika z tego typu źródłem jest klimatyzacja.

Instalacja o mocy znamionowej 1,9 kWp pokrywa moc na zapotrzebowanie klimatyzacji, oświetlenia LED oraz wspomaga zasilanie grzałki w podgrzewaczu wody. Po przeanalizowaniu czasu pracy oświetlenia można wywnioskować, że jest ono zazwyczaj używane wtedy gdy moduły fotowoltaiczne nie produkują energii. Rozwiązaniem tego problemu byłoby zastosowanie akumulatora, jednak to podniosłoby znacznie i tak już duże koszty instalacji fotowoltaicznej. Zdecydowano więc, że oświetlenie będzie zasilane wyłącznie z sieci elektroenergetycznej. Większość zapotrzebowania mocy systemu klimatyzacji będzie pokrywana z generatora fotowoltaicznego ale w trakcie rozruchu i okresach mniejszego nasłonecznienia zasilanie wspomagane będzie poprzez sieć.

## LITERATURA

- [1] Klugmann-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce*. BTC, Legionowo 2010.
- [2] Norma nr: EN 12464-1:2011.
- [3] Hendiger J., Ziętek P., Chludzińska M., *Wentylacja i klimatyzacja. Materiały pomocnicze do projektowania*. Venture Industries, Warszawa 2013
- [4] <http://www.lg.com/pl>

## INFORMACJE O AUTORACH

**DARIUSZ CZERWIŃSKI**

Instytut Informatyki  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
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

---

**KATARZYNA GAŻWA**

Studenckie Koło Naukowe FLEX  
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji  
w Lublinie

---

**PATRYK GAZWA**

Studenckie Koło Naukowe FLEX  
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji  
w Lublinie

---

**MARIA GIEROBA**

Koło Naukowe MAGNETON  
Instytut Podstaw Elektrotechniki  
i Elektrotechnologii  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Lubelska

---

**TOMASZ GIŻEWSKI**

Instytut Podstaw Elektrotechniki  
i Elektrotechnologii  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Lubelska

---

**MICHAŁ GOŁĄBEK**

Koło Naukowe NAPĘD I AUTOMATYKA  
Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych  
Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Lubelska

---

<b>ŻAKLIN GRĄDZ</b>	Koło Naukowe NAPĘD I AUTOMATYKA Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
<b>PAWEŁ JOPEK</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>BARTOSZ KANIA</b>	Katedra Automatyki i Metrologii Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
<b>JAN KOLANO</b>	Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
<b>LUKASZ KRAKOWIAK</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>BEATA KUFLEWSKA</b>	Koło Naukowe MAGNETON Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
<b>GRZEGORZ MASŁOWSKI</b>	Studenckie Koło Naukowe Elektroekologów ELMECOL Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska
<b>PAWEŁ A. MAZUREK</b>	Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechnika Lubelska
<b>HUBERT PRZYWARA</b>	Koło Naukowe Elektrycznych Systemów Inteligentnych Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechnika Lubelska

---

<b>ARKADIUSZ SPRAWKA</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>TOMASZ SZYBORSKI</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>PIOTR WALASZCZYK</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>TOMASZ ZĄBEK</b>	Studenckie Koło Naukowe FLEX Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
<b>MATEUSZ ŻARKOWSKI</b>	Katedra Cybernetyki i Robotyki, Wydział Elektroniki Politechnika Wroclawska

---



## **INFORMACJA O KOŁACH NAUKOWYCH UCZESTNICZĄCYCH W IV SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW**

### **KOŁO NAUKOWE AUTOMATYKI**

---



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

Głównymi zagadnieniami, jakimi zajmują się członkowie koła są badania związane z syntezą algorytmów sterowania szeroko pojętymi układami robotycznymi. Innym chętnie podejmowanym zagadnieniem, jest implementowanie algorytmów sterowania procesami przemysłowymi na sterownikach PLC.

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

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

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

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



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

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

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

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

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



Koło naukowe 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 przeszłości.

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

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

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

Aktywność koła koncentruje się na następujących działaniach:

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

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

Obecnie do Koła Naukowego „Zordon” należy około dziesięciu studentów Politechniki. Spotkania członków koła oraz badania odbywają się w Laboratorium Elektrycznych Systemów Inteligentnych istniejącym przy Katedrze Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, w budynku przy ul. Okopowej 8. Laboratorium posiada aparaturę pomiarową oraz modele systemów inteligentnych budynków umożliwiające przeprowadzenie badań i symulacji różnych układów automatyki.

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

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

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 11 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;
- modyfikacją stanowiska z implantatorem jonów;
- 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 Doświadczalne Fizyki, Chemii i Inżynierii”, a także czynnie uczestniczą oraz współorganizują Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków SNEiI.

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





Koło Naukowe MECHATRONIK jest kołem działającym przy Katedrze Napędów i Maszyn Elektrycznych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Aktualnym opiekunem Koła jest mgr inż. Krzysztof Jahołkowski.

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

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

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

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

Koło  
Naukowe  
Napęd  
Automatyka

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

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

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

Zainteresowania członków Koła podzielić można na pięć obszarów tematycznych:

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

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



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

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

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

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

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



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

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

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

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



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

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

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

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

## **INFORMACJE O IV SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW**

### **ORGANIZATORZY IV 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 IV 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. Stanisław Grzegórski, prof. PL
8. dr hab. inż. Wojciech Jarzyna, prof. PL
9. dr hab. inż. Czesław Karwat, prof. PL
10. dr hab. inż. Piotr Kisała, prof. PL
11. dr hab. inż. Jan Kolano, prof. PL
12. dr hab. inż. Andrzej Kotyra, prof. PL
13. dr hab. inż. Jerzy Montusiewicz, prof. PL
14. dr hab. inż. Jarosław Sikora, prof. PL
15. dr hab. inż. Paweł Surdacki, prof. PL
16. dr inż. Marek Miłośz

KOMITET ORGANIZACYJNY IV SYMPOZJUM NAUKOWEGO  
ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

---

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

**SPONSORZY IV SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW  
I INFORMATYKÓW**



**DZIEKUJEMY!!!**



# PATRONI IV 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*

