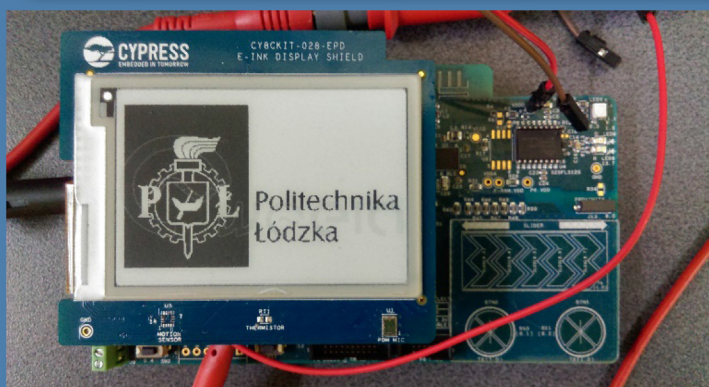


# Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia elektroniki stosowanej i informatyki



redakcja  
*Paweł A. Mazurek*  
*Sebastian Styła*  
*Tomasz N. Kołtunowicz*  
*Andrzej Kociubiński*  
*Piotr Z. Filipek*

Politechnika Lubelska

Lublin 2019

# Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia elektroniki stosowanej i informatyki



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

# Problemy Współczesnej Inżynierii

Wybrane zagadnienia elektroniki stosowanej i informatyki

redakcja:

Paweł A. Mazurek

Sebastian Styła

Tomasz N. Kołtunowicz

Andrzej Kociubiński

Piotr Z. Filipek



Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej  
Lublin 2019

Recenzent:

dr inż. Marcin Maciejewski, Politechnika Lubelska

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2019

ISBN: 978-83-7947-394-6

Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej  
[www.biblioteka.pollub.pl/wydawnictwa](http://www.biblioteka.pollub.pl/wydawnictwa)  
ul. Nadbystrzycka 36C, 20-618 Lublin  
tel. (81) 538-46-59

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: 50 egz.

## SPIS TREŚCI

	PRZEDMOWA	7
1	KRZYSZTOF PASTUSZAK, ARKADIUSZ WARYSZAK, <i>Model funkcjonalny automatycznego dozownika do mieszania materiałów sypkich dwuskładnikowych</i>	9
2	DAWID WACHEK, KAMIL UCIŃSKI, <i>Projekt konstrukcji układu pozycjonowania systemu video w dronie cywilnym</i>	22
3	KAMIL UCIŃSKI, DAWID WACHEK, <i>Projekt układu video i przesyłu danych dla drona cywilnego</i>	38
4	KAMIL WIĄCEK, ALEKSANDER CHUDY <i>Przewodowe i bezprzewodowe ładowanie samochodów elektrycznych oraz ich wpływ na sieć elektroenergetyczną</i>	55
5	ARTEM KRAVCHENKO <i>Signpost travel project. Integration with salesforce via standard and custom api</i>	67
6	OLENA POPOVA <i>BRGS. Data integration and visualization using SQL server services</i>	80
7	KAROL BUCZEK <i>Komputerowe wspomaganie zarządzania systemem produkcyjnym w przedsiębiorstwie</i>	91
8	KLAUDIA NOWAK <i>Metody lean management i lean manufacturing w komputerowym wspomaganiu procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwie</i>	104
9	DOMINIKA PRUŚ, <i>Perspektywa rozwoju dla rynku samochodów elektrycznych w Polsce</i>	116
10	KATARZYNA BUŁEK, KASANDRA KRUSZKA, ANDRZEJ GAWLIK <i>Projektowanie instalacji OZE dla gospodarstwa rolnego wspomagane profesjonalnym i ogólnodostępnym oprogramowaniem</i>	126
11	TOMASZ PRZERYWACZ, MICHAŁ TRZCIŃSKI, DAMIAN JESKA, GRZEGORZ KĘSKA, <i>Elektroniczny system wizualizacji z układem autonomicznego zasilania</i>	138
12	AMADEUSZ SOBCZYK, WIOLA SOBCZYK, <i>Ogniwa paliwowe - generatory energii elektrycznej i cieplnej</i>	147
	INFORMACJE O IX SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	158
	SPONSORZY I INSTYTUCJE WSPIERAJĄCE IX SYMPOZJUM NAUKOWE ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	160
	PATRONI IX SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW	161



## PRZEDMOWA

*Szanowni Uczestnicy i Sympatycy Sympozjum, Czytelnicy*

Przedłożona w Państwa ręce monografia, będąca zbiorem recenzowanych artykułów, jest pokłosiem IX edycji studenckiego Sympozjum Naukowego Elektryków i Informatyków (SNEiI 2019), jakie odbyło się w dniach 20–22 marca 2019r. na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej.

Wydarzenie swoim patronatem objęli: JM Rektor Politechniki Lubelskiej, Dziekan Wydziału Elektrotechniki i Informatyki oraz Lubelski Oddział Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Organizatorami Sympozjum były koła naukowe z Wydziału Elektrotechniki i Informatyki oraz wydziałowy Samorząd Studencki.

Celem tej cyklicznej konferencji jest wymiana informacji i doświadczeń praktycznych w gronie studentów, nauczycieli akademickich i przedstawicieli otoczenia społeczno-biznesowego. Tematyka Sympozjum jak co roku, obejmowała obszary dziedzin techniki powiązane z kierunkami studiów realizowanymi na naszym Wydziale: elektrotechniką, mechatroniką, informatyką oraz inżynierią biomedyczną.

Tegoroczne Sympozjum rozpoczęła sesja otwarta, którą zaszczylicili swoim udziałem: JM Rektor prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko, a także zaproszeni goście, m.in.: Prezes Zarządu Lubelskiego Oddziału SEP mgr inż. Tadeusz Karczmarczyk, Dyrektor Oddziału Urzędu Komunikacji Elektronicznej w Lublinie mgr inż. A. Kaczor. Licznie przybyli pracownicy i studenci Politechniki wysłuchali trzech prelekcji:

- „Energy harvesting – przegląd nowych rozwiązań” – wygłoszonej przez dr inż. Bartłomieja Guzowskiego z Politechniki Łódzkiej
- „Krótkofalarstwo – pasja, technika, pomoc” – zaprezentowanej przez dr inż. Łukasza Rutę, także z Politechniki Łódzkiej
- „Zbuduj swój startup z Samsung Inkubator” – wygłoszonej przez mgr inż. Rafała Cencorę, przedstawiciela firmy Samsung Inkubator.



W obradach studenckiej części plenarnej wzięli udział studenci z Politechniki Łódzkiej, Warszawskiej i Lubelskiej, Uniwersytetu Przyrodniczego oraz z Ukrainy. Wygłosili prawie 30 referatów będących wynikiem ich badań naukowych, prac dyplomowych i projektów realizowanych w kołach naukowych.

Drugiego dnia Sympozjum, w Centrum Zaawansowanych Technologii Politechniki Lubelskiej odbyły się pokazy projektów studenckich przeprowadzone dla uczniów szkół średnich, którzy zwiedzali Naszą Uczelnię w ramach Dni Otwartych.

Ostatni dzień odbył się pod znakiem szkoleń i warsztatów, które zorganizowały regionalne firmy branżowe dla zainteresowanych studentów.

Duże zainteresowanie, z jakim spotkały się referaty, pokazy i warsztaty, po raz kolejny pokazało, że Sympozjum Naukowe Elektrotechników i Informatyków jest jednym z istotnych czynników wpływających na rozwój naukowy i zawodowy studentów, ale również stało się platformą integracji tego środowiska na wielu płaszczyznach i trwale wpisało się w kalendarz życia akademickiego Politechniki Lubelskiej.

*Komitet Organizacyjny Sympozjum  
i Redaktorzy*

## **MODEL FUNKCJONALNY AUTOMATYCZNEGO DOZOWNIKA DO MIESZANIA MATERIAŁÓW SYPKICH DWUSKŁADNIKOWYCH**

### **1. WSTĘP**

Rozwój przemysłu niesie ze sobą potrzebę ciągłego udoskonalania maszyn, zwiększania precyzji wykonywania produktów oraz skracania czasu produkcji. Automatyzacja produkcji pozwala ograniczyć wpływ czynnika ludzkiego na jakość produktów oraz elastycznie kontrolować dynamikę układów napędowych w szerokim zakresie. Powoduje to między innymi wzrost efektywności technologii i poprawę ergonomii pracy. Według aktualnych norm, projektowana maszyna musi spełniać określone wymogi bezpieczeństwa. Przy projektowaniu maszyn stwarzających możliwość zagrożenia życia lub zdrowia operatora zalecane jest zastosowanie automatycznego układu bezpieczeństwa. Dzięki niemu można zminimalizować ryzyko wystąpienia zagrożenia, a w wypadku jego pojawienia się – zminimalizować straty. Monitorowanie procesów technologicznych pozwala uniknąć awarii urządzenia, co przekłada się na znaczną oszczędność kosztów eksploatacyjnych.

Powyższe czynniki stały się motywacją się do zaprojektowania oraz wykonania funkcjonalnego modelu maszyny, stanowiącej część procesu technologicznego. Zaprogramowanie urządzenia oraz zastosowanie w nim odpowiedniego układu bezpieczeństwa pozwoliło przedstawić pracę układu w warunkach rzeczywistych oraz zbadać zachowanie się urządzenia w trakcie symulowanej awarii lub zagrożenia. Przedstawiony model jest przeznaczony do wykorzystania jako stanowisko dydaktyczne dla studentów.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, WEiI, Koło Naukowe "Napęd i Automatyka"

## 2. OPIS URZĄDZENIA ORAZ ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

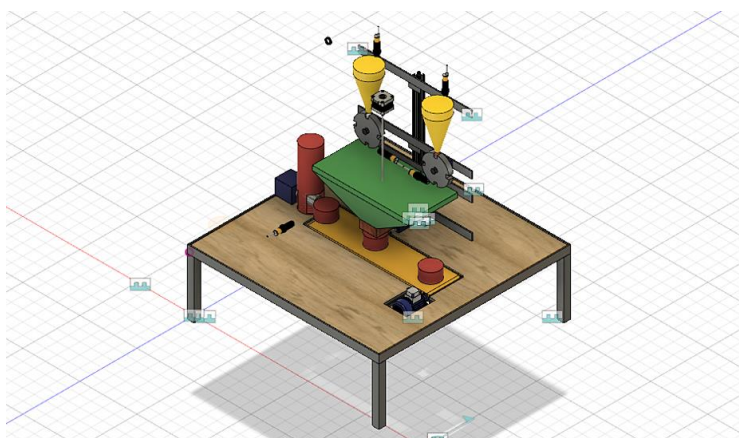
Projektowanym urządzeniem jest automatyczny dozownik do dwuskładnikowych materiałów sypkich. Jego zadaniem jest odmierzenie odpowiedniej (określonej przez operatora) ilości każdego z dwóch składników, przetransportowanie pojemnika z zasobnika pojemników do pozycji nasypowej, napełnienie pojemnika i przetransportowanie go do kolejnych stanowisk technologicznych.

Założenia projektowe:

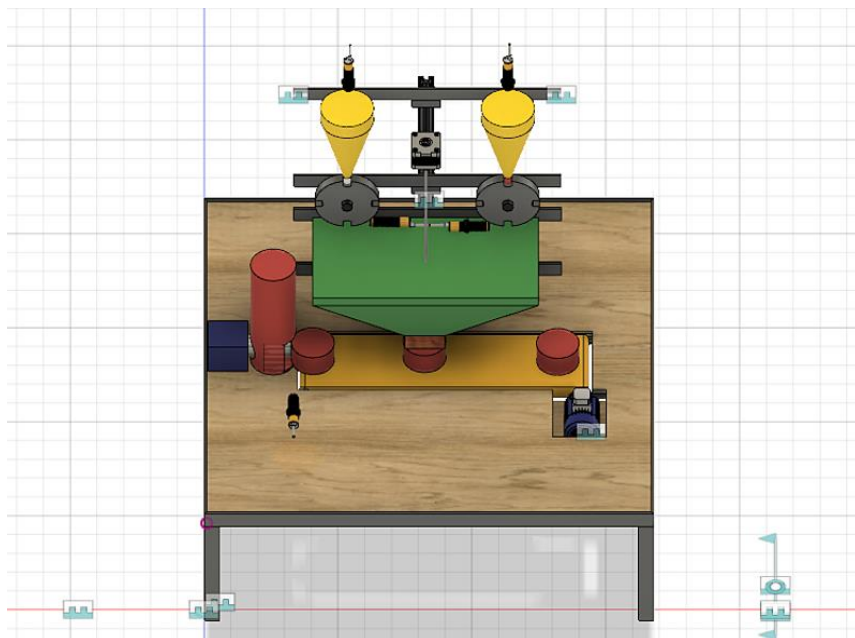
- urządzenie powinno mieć możliwość łatwej zmiany ilości i proporcji dozowanych materiałów,
- poszczególne elementy maszyny (m. in. czujniki, silniki oraz elementy konstrukcyjne) powinny być łatwe w regulacji i demontażu,
- urządzenie powinno być wyposażone w przejrzysty panel operatorski, znajdujący się w łatwo dostępnym miejscu,
- układ powinien być wyposażony w system bezpieczeństwa (SAFETY), złożony co najmniej z przekaźnika bezpieczeństwa oraz wyłącznika EMERGENCY STOP.

## 3. PROJEKT UKŁADU MECHANICZNEGO

Trójwymiarowy model urządzenia został wykonany z wykorzystaniem oprogramowania Autodesk Fusion 360°. Poniżej przedstawiono rzuty 2D modelu. Poszczególne elementy urządzenia zostały opisane na modelu rzeczywistym.



Rys. 1. Model 3D urządzenia – widok z boku



Rys. 2. Model 3D urządzenia – widok z góry

## 4. ALGORYTM STEROWANIA

### *Algorytm główny*

Blokowy algorytm sterowania urządzeniem, wykonany w programie Diagram Designer, został przedstawiony na rys 3. poniżej. Po załączeniu zasilania sterownik PLC wykonuje procedurę rozpoczynającą jego pracę. Następnie, po przejściu sterownika w tryb "RUN", możliwe jest sterowanie urządzeniem z panelu operatorskiego. Jeżeli zbiornik główny jest zamknięty, wyłącznik bezpieczeństwa nie został użyty oraz został naciśnięty przycisk START, program będzie oczekiwał na wykrycie pojemnika w zasobniku. Po wykryciu obecności pojemnika rozpocznie się proces dozowania (opisany dokładniej w dalszej części referatu). Po jego zakończeniu zbiornik główny zostanie otwarty, a mieszanka – wsypana do pojemnika. Założono, że proces wysypywania mieszanki ze zbiornika głównego nie potrwa dłużej, niż 2 sekundy. Po tym czasie zostanie uruchomiony napęd taśmy, który przetransportuje napelnioną puszkę z pozycji nasypu do dalszej części linii technologicznej. Przyjęto, że czas potrzebny na przekazanie pojemnika wyniesie 3 s, jednak można tę nastawę modyfikować w programie sterującym. Po tym czasie zbiornik zostanie zamknięty, a algorytm

zapętlony. Dopóki nie zostanie wciśnięty przycisk STOP lub wyłącznik bezpieczeństwa, układ będzie wykonywał kolejne cykle pracy według podanej powyżej kolejności. Brak pojemników w zasobniku sygnalizowany jest za pomocą lampki przycisku RESET.

### ***Algorytm procesu dozowania***

W procesie dozowania składników, którego algorytm przedstawiony został na rysunku 4, zachodzi potrzeba zastosowania jednoczesnego wykonania kilku niezależnych operacji:

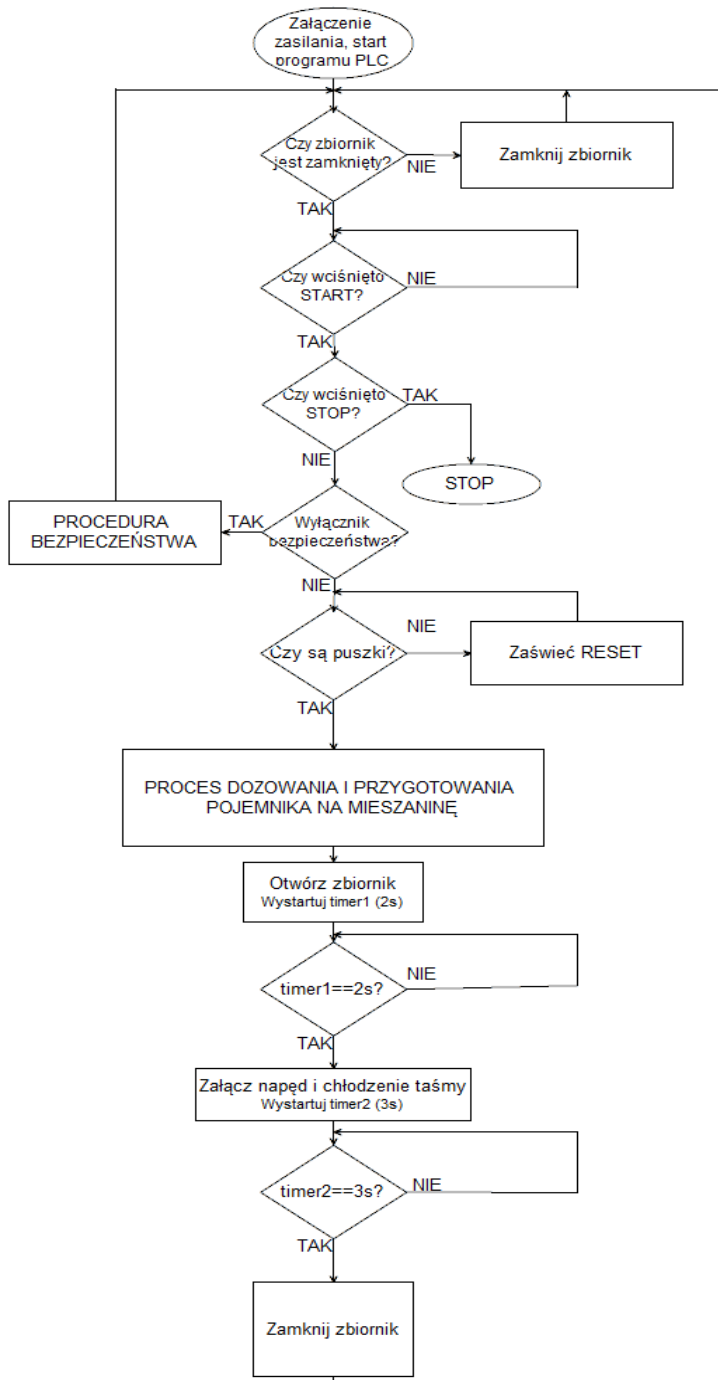
- obsługi dozowników 1 i 2,
- obsługi wibratora ułatwiającego dozowanie,
- obsługi napędu taśmociągu i jego chłodzenia,
- obsługi siłownika wypychającego pojemniki na taśmociąg.

Oba dozowniki działają analogicznie, jednakże ich praca jest niezależna. Załączenie napędu każdego z nich rozpoczyna proces zliczania wsypywanych do zbiornika głównego dawek składników. Po osiągnięciu zadanej programowo ilości składników napęd dozownika jest zatrzymywany. Wibrator pozostaje włączony od momentu rozpoczęcia procesu dozowania, aż do zakończenia dozowania przez oba dozowniki. Jego zadaniem jest zapobieganie blokowaniu się składników w lejkach, którymi są one doprowadzane do dozowników.

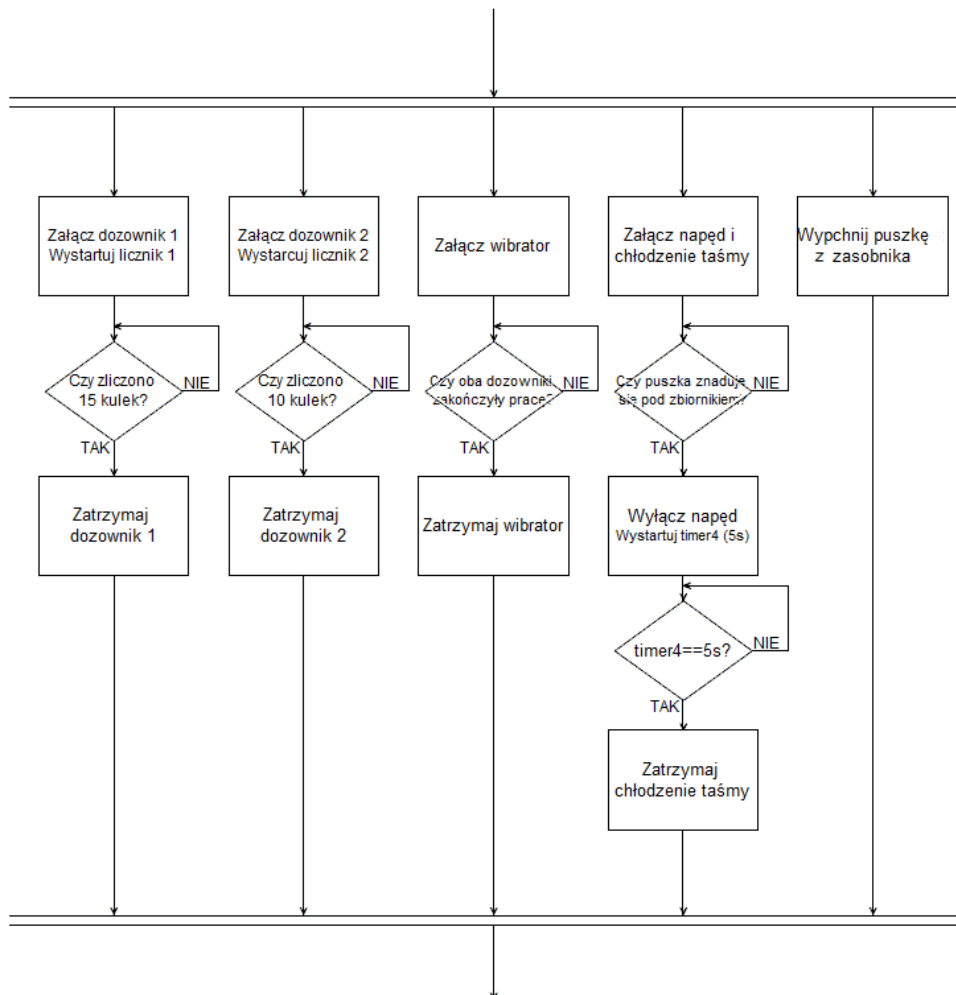
Napęd taśmy jest wyłączany, kiedy czujnik położenia wykryje, iż pułkwa znalazła się w pozycji nasypowej. Napęd układu chłodzącego silnik taśmociągu (dodatkowy wentylator) zostaje wyłączony po upływie 5 s od zatrzymania taśmy. Napęd podający pojemniki na taśmociąg działa impulsowo i jest wyłączany po znalezieniu się pojemnika na taśmie.

### ***Algorytm procedury bezpieczeństwa***

Procedura bezpieczeństwa układu została zastosowana, aby zmniejszyć ryzyko szkody w chwili wystąpienia zagrożenia dla operatora maszyny lub dla samej maszyny. Blokowy algorytm przedstawiono na rysunku 5. Naciśnięcie wyłącznika bezpieczeństwa odcina zasilanie wyjść sterownika PLC, przez co uniemożliwia ruch wszystkich komponentów urządzenia. W celu zwiększenia pewności zadziałania procedury bezpieczeństwa, zostało stworzone dodatkowe zabezpieczenie programowe. Po wykryciu przez sterownik użycia wyłącznika bezpieczeństwa stany wszystkich wyjść sterownika PLC są ustawiane na zero logiczne (oznacza to ich dezaktywację).

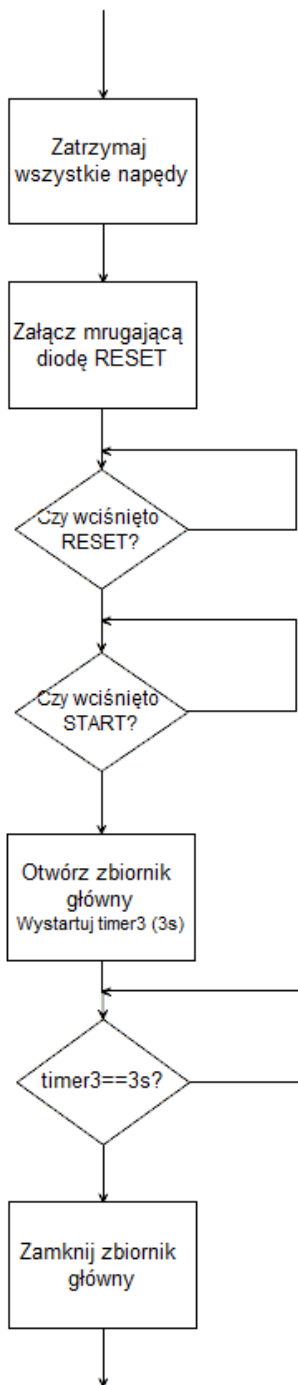


Rys. 3. Blokowy algorytm sterowania automatycznym dozownikiem



Rys. 4. Rozwinięcie bloku "PROCES DOZOWANIA I PRZYGOTOWANIA POJEMNIKA NA MIESZANINĘ"

Następnie, po przywróceniu zasilania wyjść, mrugająca dioda RESET sygnalizuje stan alarmowy. Stan ten wymaga potwierdzenia przez operatora, że zagrożenie zostało zlikwidowane, poprzez wciśnięcie przycisku RESET, a następnie przycisku START. Następuje wtedy opróżnianie zbiornika głównego. Po jego zakończeniu urządzenie jest gotowe do normalnej pracy.



Rys. 5. Rozwinięcie bloku “PROCEDURA BEZPIECZEŃSTWA”



### ***Przygotowanie do uruchomienia maszyny***

Aby urządzenie mogło bez przeszkód rozpocząć pracę, należy upewnić się, że spełnione są następujące warunki:

- urządzenie jest podłączone do sieci zasilającej,
- do układu doprowadzono zasilanie pneumatyczne,
- zasobnik pojemników nie jest pusty,
- wszystkie czujniki są zamontowane we właściwych miejscach, a ich przewody są pewnie połączone,
- w zbiornikach poszczególnych składników znajdują się materiały, które mają zostać poddane procesowi,
- częstotliwość wyjściowa przetwornicy częstotliwości jest odpowiednio dobrana.

### ***Obsługa maszyny w czasie pracy***

Aby uruchomić urządzenie, należy, po upewnieniu się, iż wszystkie przedstawione powyżej warunki zostały spełnione, nacisnąć zielony przycisk START na panelu operatorskim. Proces technologiczny będzie przebiegał automatycznie w sposób ciągły, jeżeli:

- zasobnik pojemników nie zostanie opróżniony,
- zbiorniki dozowników będą uzupełniane,
- dozowniki nie zostaną zablokowane przez dozowany materiał.

Jeżeli pierwszy warunek ciągłej pracy nie zostanie spełniony, zostanie to zasygnalizowane ciągłym świeceniem diody przycisku RESET. Po uzupełnieniu puszek proces zostanie wznowiony samoczynnie. Jeśli układ pracował w momencie, gdy zabrakło puszek, napęd taśmociągu oraz jego chłodzenie będą stale załączone – do momentu wznowienia procesu po uzupełnieniu puszek lub do zatrzymania maszyny.

Niespełnienie drugiego warunku nie jest sygnalizowane i powinno być wykryte przez operatora. Objawem niespełnienia tego warunku jest stała praca wibratora i brak przyrostu ilości składników w zbiorniku głównym. W celu uzyskania sygnalizacji takiej sytuacji, należałoby zastosować dodatkowe czujniki, wykrywające obecność składników w zasobnikach.

Niespełnienie trzeciego warunku zostało uwzględnione przy projektowaniu obwodów elektrycznych. W przypadku zablokowania jednego lub obu dozowników, dojdzie do pracy napędu tego/tych dozownika/ów w stanie zwarcia. Spo-

woduje to wzrost prądu w obwodzie i zadziałanie zabezpieczenia w postaci bezpiecznika topikowego. W takim wypadku należy odłączyć zasilanie urządzenia, wymienić bezpiecznik topikowy i zlikwidować przyczynę zablokowania dozownika. Po wykonaniu tych czynności można uruchomić urządzenie.

Naciśnięcie w trakcie pracy przycisku STOP spowoduje zatrzymanie wszystkich napędów. Natomiast naciśnięcie wyłącznika bezpieczeństwa spowoduje wyzwolenie procedury bezpieczeństwa.

### ***Obsługa maszyny w przypadku zadziałania układu bezpieczeństwa***

Należy usunąć przyczynę, która wywołała konieczność użycia wyłącznika bezpieczeństwa, a następnie odblokować wyłącznik. Po wykonaniu tych czynności przełącznik bezpieczeństwa, znajdujący się na płycie łączeniowej, powinien być aktywny (jego diody powinny się świecić). Jeżeli nie jest, należy spróbować ponownie nacisnąć i odblokować wyłącznik bezpieczeństwa.

Po odblokowaniu wyłącznika bezpieczeństwa należy przywrócić zasilanie układów, naciskając zielony przycisk. Wskutek tego powinna zacząć mrugać niebieska dioda przycisku RESET. Jeżeli nie zaczęła, należy wcisnąć czerwony przycisk i ponownie zielony. Następnie mrugający przycisk RESET należy wcisnąć. Rozpocznie się procedura opróżniania zbiornika głównego. Jeżeli znajduje się w nim materiał, należy przed naciśnięciem przycisku RESET podstawić pod zbiornik główny pojemnik. Zbiornik zostanie otwarty na 3s, a następnie zamknięty. Po zamknięciu zbiornika dioda przycisku RESET przestanie mrugać. Aby rozpocząć proces, należy sprawdzić gotowość urządzenia do pracy, a następnie nacisnąć zielony przycisk START.

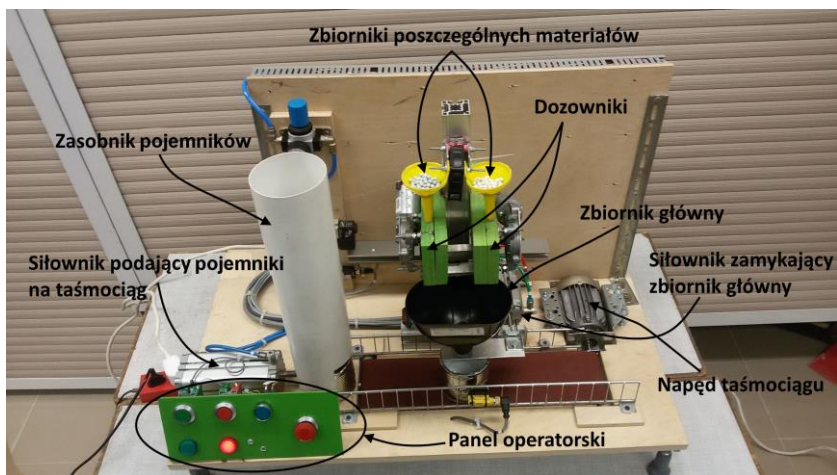
### ***Środki ostrożności podczas pracy urządzenia***

Ze względu na zastosowanie czujników optycznych w urządzeniu, należy uważać, aby nie kierować ich strumienia świetlnego w oczy. Szczególną uwagę należy zwrócić na czujnik obecności puszek w zasobniku, ponieważ jest on wyposażony w laser, którego działanie może być szkodliwe dla wzroku. W celu zminimalizowania ryzyka zagrożenia dla oczu czujniki optyczne oznaczone są piktogramami ostrzegawczymi.

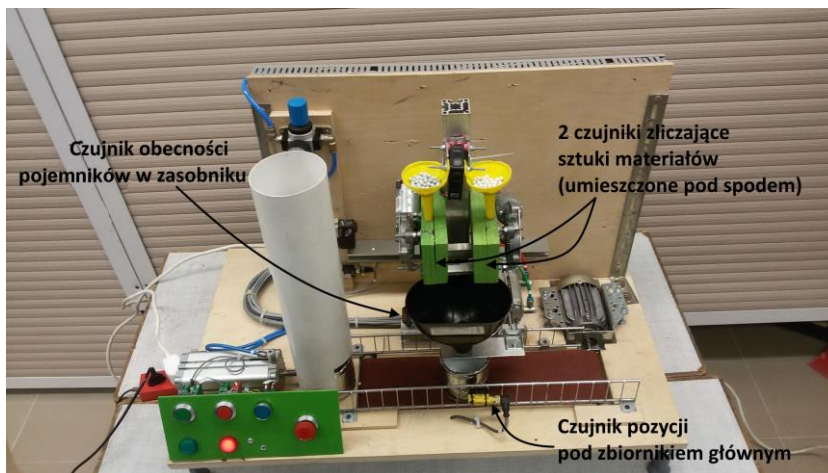
Podczas pracy maszyny nie należy dotykać obracających się części maszyn, taśmy przenośnika taśmowego ani tłoczyk siłowników pneumatycznych. Należy uważać na luźne części garderoby i długie włosy, aby uniknąć wkręcenia ich w wirujące części maszyn.

Nie należy dotykać części przewodzących maszyn ani przewodów, kiedy urządzenie jest pod napięciem. Wszelkie prace konserwacyjne należy wykonywać po uprzednim odłączeniu urządzenia od zasilania.

### *Realizacja praktyczna*



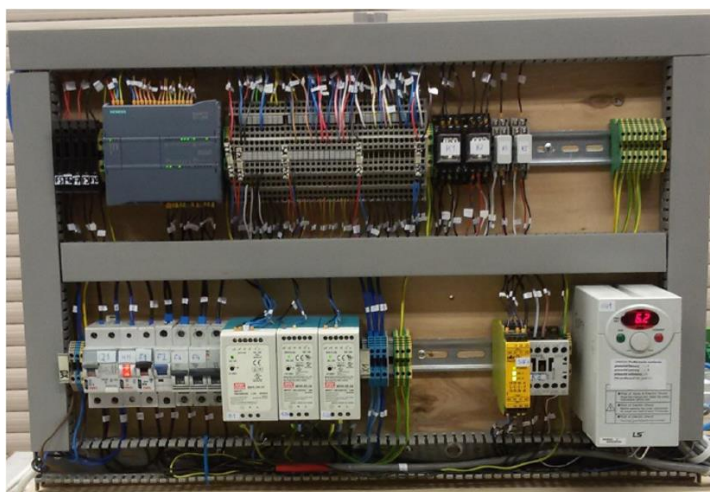
*Rys. 6. Widok urządzenia wraz z opisem elementów*



*Rys. 7. Rozmieszczenie czujników na urządzeniu*



Rys. 8. Opis panelu operatorskiego



Rys. 9. Szafa rozdzielczo-sterownicza urządzenia

## 5. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Zaprezentowany w niniejszym referacie model funkcjonalny automatycznego dozownika do mieszania dwuskładnikowych materiałów sypkich rozwinął wiedzę i umiejętności osób zaangażowanych w jego opracowanie. Wiedza i umiejętności nabyte w procesie tworzenia modelu przyczyniły się do rozwoju kompetencji zawodowych członków zespołu.

Przedstawione urządzenie pozwoliło przedstawić działanie określonej części procesu technologicznego, jaką jest dozowanie materiałów, mieszanie ich oraz transportowanie za pomocą przenośnika taśmowego. Zastosowanie układu bezpieczeństwa przybliżyło sposób zachowania się urządzenia w trakcie wystąpienia możliwego zagrożenia operatora maszyny.

Wykonanie powyższego modelu miało na celu pogłębić wiedzę studentów w zakresie projektowania maszyn, a także uświadomić im wagę stosowania odpowiedniej logiki układów bezpieczeństwa.

Zdobyte podczas realizacji projektu doświadczenie pomoże studentom przewidzieć ewentualne zagrożenia wynikające z pracy maszyny oraz opracowywanie takich algorytmów bezpieczeństwa, które skutecznie zminimalizują ryzyko zagrożenia zdrowia i życia operatora oraz uszkodzenia maszyny.

## LITERATURA

- [1] PN-EN 620+A1:2011 – Urządzenia i systemy transportu ciągłego – Wymagania bezpieczeństwa i EMC dotyczące przenośników taśmowych stałych do transportu materiałów masowych
- [2] PN-EN ISO 4414:2011 – Napędy i sterowania pneumatyczne -- Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów

# **PROJEKT KONSTRUKCJI UKŁADU POZYCJONOWANIA SYSTEMU VIDEO W DRONIE CYWILNYM**

## **1. WPROWADZENIE**

Technologia związana z dronami rozwija się zaskakująco szybko. Bezzałogowe statki powietrzne wykorzystywane są w różnych dziedzinach życia. Pozwalają na dotarcie do miejsc ciężko dostępnych, lub niedostępnych drogą lądową. Wykorzystywane są coraz częściej przez służby mundurowe oraz cywili. Dzięki skomplikowanym układom i algorytmom, dronami można sterować za pomocą prostej aparatury lub nawet telefonu. Rozwijająca się technologia pozwala na obsługę bezzałogowych statków w dużych odległościach, bez konieczności widzenia ich. Pozwalają na to systemy kamer i bezprzewodowego przesyłu sygnału wideo. Dzięki systemowi pozycjonowania wideo, podczas przechyłu drona w trakcie lotu, obraz dostarczany jest w takiej samej pozycji. System ten pozwala również na zmianę położenia kamery bez konieczności zmiany kierunku drona. Wykorzystanie systemu kamer może ułatwić pracę w różnych płaszczyznach życia. Szerokim zastosowaniem może wykazać się na przykład w trakcie prac w energetyce i budownictwie. Zastosować je można do kontroli linii napowietrznych średniego oraz wysokiego napięcia. Wykonywane są one na dużych wysokościach, co uniemożliwia kontrolę ich stanu z poziomu gruntu. Dodatkową przeszkodą podczas takiej kontroli jest długość linii, które mogą być mierzone nawet w kilometrach. Najtańszym i najszybszym rozwiązaniem, może okazać się wykorzystanie dronów z zastosowanym systemem wideo. Zaletą wykorzystania takiego rozwiązania jest możliwość bezpiecznego dla człowieka i dokładnego, zbliżenia się do konkretnej lokalizacji, oraz szybkiego przemieszczenia się do następnego punktu kontroli. Dzięki zapisowi obrazu z kamery, materiał który uzyskuje się w takiej sytuacji, można dołączyć do dokumentacji

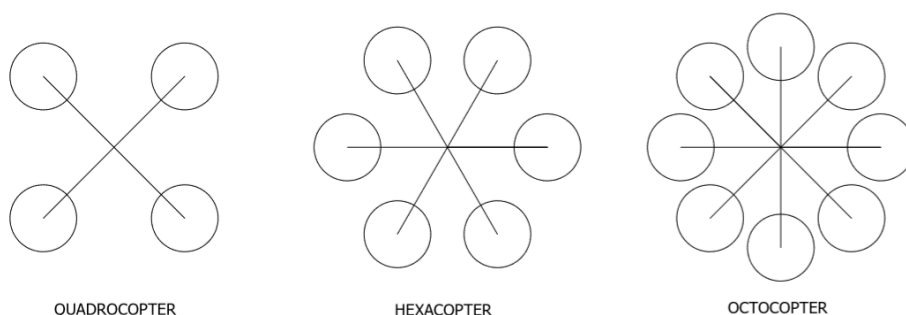
---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Koło Naukowe „ELMECOL”

lub przeanalizować dokładniej w razie potrzeby. Coraz częściej drony wykorzystuje się w produkcjach filmowych. W takim przypadku koniecznością jest wykorzystanie układu pozycjonowania systemu wideo. Obraz z takich kamer musi być płynny i bez drgań. Takie układy pozwalają te drgania wyeliminować i ułatwiają pracę operatorom kamery. Drony z systemem wideo mogą również posłużyć w celach rozpoznawczych i obserwacyjnych, dla sił zbrojnych. Wojskowe bezzałogowe statki powietrzne wyposażane są w głowice optoelektroniczne, które pozwalają uzyskać obraz w paśmie od widzialnego po termiczne. Uzbrojone i przeznaczone do bojowych działań są określane jako Unmanned combat air vehicle (UCAV) [1, 2].

## 2. DRON CYWILNY

Określenie „dron” to szeroko obejmujące znaczenie, opisujące urządzenia które autonomicznie podejmują decyzję. Coraz częściej spotykane jest, że bezzałogowy statek powietrzny (wielowirnikowiec) nazywany jest w ten sposób i jako dron uznaje się urządzenie sterowane zdalnie (bez operatora na pokładzie) lub autonomiczne (bez udziału osoby trzeciej w trakcie lotu). W urządzeniach wykorzystuje się działania praw aerodynamiki, tzn.: na skrzydłach, za pomocą siły wyporu lub dzięki wirnikom. Najczęściej wykorzystywane są te działające dzięki wirnikom. Można spotkać się z podziałem dronów na ilość silników: tricopter (4 silnikowe z 3 ramionami), quadcoptery (4 silnikowe), hexacoptery (6 silnikowe) i octocoptery (8 silnikowe) [1, 2, 11].



Rys. 1. Wizualizacja dronów ze względu na ilość silników

Oprócz ilości silników w dronie, można jeszcze rozróżnić je pod kątem konfiguracji. Quadrocoptery można podzielić na drony w konfiguracji silników typu „+” i „X”. Ze względu na coraz większe rozwijanie się technologii dronów, można je dzielić również na dziedziny w których się je wykorzystuje: drony sportowe, drony wojskowe, drony cywilne, drony medyczne, drony kurierskie czy drony badawcze. Różnią się one przede wszystkim wielkością, wagą, akcesoriami i możliwościami. Drony sportowe mają małą wagę i są bardzo małe. Mogą poruszać się bardzo szybko i są bardzo zwrotne. Drony badawcze mają na pokładzie wiele czujników i są stabilne. Często też są większe. Drony kurierskie potrafią przenosić dosyć ciężkie elementy. Drony wykorzystywane w medycynie mają większy zasięg, możliwość komunikacji osób przy dronie z operatorem. Drony cywilne, są wykorzystywane w strefie prywatnej użytkowników, jednakże coraz częściej korzystają z nich profesjonalści na przykład z branży filmowej. Drony które można kupić mają już możliwość nagrywania filmów w jakości 4k, czyli rozdzielczości obrazu 4096 x 3112. Dzięki wykorzystywanej stabilizacji, obraz ten nie jest rozmywany, a dzięki systemowi FPV i możliwości sterowania kamerą, operator może ustawiać parametry obrazu i na bieżąco korygować obraz który widzi kamera [1, 2, 11].



Rys. 2. Zdjęcie dronów – projektów studenckich należących do Koła Elmecol

### 3. BUDOWA DRONA

Drony to urządzenia do których budowy nie potrzeba wielu elementów, ale ważny jest dobór odpowiednich. Najprostszy dron składa się z 4 silników (quadrocoptery), kontrolera lotu, żyroskopu, śmigieł, aparatury RC, akumulatora



oraz łączącej wszystko ramy. Przy projektowaniu drona ważne jest dobranie części do tego w jakim celu będzie wykorzystywany. Dobierając na przykład ramę, ważna jest jej waga, rozstaw i długość ramion [11].

Mikrokontrolerem nazywamy układ cyfrowy z mikroprocesorem i niezbędnymi do jego działania urządzeniami, zawartymi w jednym układzie. Firmy specjalizujące się w produkcji dronów mają swoje systemy kontroli lotu. Są nimi mikrokontrolery wykonane z dedykowanymi parametrami. Dzięki temu produkcja takich układów jest droższa, ale taki kontroler jest lepiej dopasowany do możliwości mechanicznych. Ważne w doborze mikrokontrolerów jest by dobrać częstotliwość taktowania, by obliczenia mikrokontrolera nie powodowały problemów przez zbyt powolne działanie i na tyle by ograniczyć zużycie mocy (im większa prędkość taktowania tym większy pobór prądu). Dedykowane mikrokontrolery mogą mieć wbudowane urządzenia typu żyroskop, moduł Wi-Fi, GPS, barometr. Dzięki takiemu rozwiązaniu stworzenie własnego drona (DIY) jest prostsze, a drony są ładniejsze wizualnie. Minusem takiego rozwiązania jest problem z ewentualną naprawą lub wymianą modułów na lepszej jakości. Mikrokontrolery oprócz użycia w dronach, stosuje się w wielu innych dziedzinach. Arduino (Rys. 3) to platforma typu open-hardware, co oznacza opublikowane przez twórców schematów i pełnej dokumentacji technicznej. Arduino wprowadziło na rynek wiele modeli mikrokontrolerów. Ciągłe rozrastający się projekt powstał z myślą nauki programowania, ale parametry układów pozwalają na tworzenie dosyć skomplikowanych układów. Projekt Arduino opiera się na bezpłatnym środowisku programowania, stosunkowo tanich mikrokontrolerach i dużej bazie bibliotek [3, 4, 5].



Rys. 3. Arduino Leonardo [5]

Do budowy dronów najczęściej wykorzystuje się silniki bezszczotkowe prądu stałego (BLDC). Dzięki bezszczotkowej budowie, nie wymagają częstych zabiegów konserwacyjnych oraz mają mniejsze straty mechaniczne (brak tarcia). Silniki chłodzone są dzięki specjalnej budowie i pędowi powietrza wytwarzanemu przez śmigła. Silniki prądu stałego z komutacją elektroniczną (BLDC) dzięki braku szczotek, mają wyższy zakres prędkości. Silniki BLDC działają poprzez przyciąganie do siebie pola magnetycznego i elektromagnetycznego (generowanego przez uzwojenia silnika). Można spotkać się z różnymi konfiguracjami silników ze względu na ilość faz. Zaczynają się od 2-fazowych do nawet 5-fazowych. Ze względu na ekonomiczny kompromis, między kosztem budowy i parametrami, najczęściej wybiera się silniki 3-fazowe. Sterowanie silnikami odbywa się poprzez przełączanie faz (komutacja) [6, 7].



Rys. 4. Silnik BLDC ABC-Power A2212 1000KV [7]

Stosując więcej uzwojeń eliminuje się tętnienia. Kąt  $120^\circ$  w silniku 3-fazowym, powoduje dość dużą tendencję do tętnień momentu obrotowego. Zwiększając ilość faz do 5 zmniejsza się kąt pomiędzy uzwojeniami do  $72^\circ$ , co zmniejsza tętnienia. Silniki BLDC wykorzystywane w dronach, złożone są z 2 głównych elementów. Są nimi rotor z magnesami neodymowymi po zewnętrznej stronie oraz korpus z łożyskami i nawiniętym uzwojeniem. Standardowo napęd silnika przenoszony jest przez wał który obraca się w środku, natomiast w silnikach do dronów, napęd jest przenoszony na zewnętrzną jego część. Wpływa to na możliwość przymocowania silnika jedynie prostopadłe do wału. Uzwojenia silnika stanowią cewki połączone w układ gwiazdy. Stalowy rdzeń skupia strumień przepływający przez cewki. Silniki BLDC można wykorzystać również w układzie pozycjonowania systemu video. Coraz częściej są one wykorzystywane ze względu na brak przekładni i możliwość ustawiania ich pozycji

bardzo dokładnie. Dużym plusem wykorzystania tych silników w stabilizacji jest zakres prędkości od bardzo małych do bardzo dużych [6, 7].

ESC, czyli regulator prędkości (ang. Electronic Speed Controller), reguluje prędkość silników za pomocą zmiany częstotliwości. Działa na zasadzie falownika trójfazowego. Odpowiada za wysterowanie cewek w silniku. Dobierając ESC trzeba zwrócić na: maksymalny prąd regulatora, chłodzenie i napięcie zasilania. ESC można podzielić na regulatory do silników szczotkowych i bezszczotkowych. Dzięki regulatorom można sterować silnikami w zakresie kierunku obrotów, hamulca i zakresu obrotów. Regulatory ESC posiadają własny procesor, odczytuje on sygnał PPM który zadawany jest przed odbiornik RC lub mikrokontroler i przetwarza na sygnał trójfazowy.



Rys. 5. ESC [8]

#### 4. APARATURA RC

Aparatura RC składa się z 2 elementów podstawowych: nadajnik i odbiornik. Ogólnie aparaturą RC nazywa się system zdalnego sterowania. Nadajniki RC można podzielić ze względu na kształt, wielkość i przeznaczenie, oraz na te z systemem prostym i komputerowym. Komputerowe nadajniki pozwalają na ustawienie większej ilości funkcji takich jak wstępne ustawianie trymerów czy ich charakterystyki. Częstotliwość na której mogą działać zarówno odbiorniki jak i nadajniki jest ściśle określona przez prawo. W historii modelarstwa podział był na częstotliwość 27 MHz (wykorzystywana w pojazdach jeżdżących), 35 MHz (wykorzystywana w urządzeniach latających) i 40 MHz (dla modeli pływających). Dobieranie częstotliwości polegało na dobraniu pary kwarców. Żeby odbiornik z nadajnikiem działały na tej samej częstotliwości, kwarcy w obydwu urządzeniach musiały być skonfigurowane w identyczny sposób. Ta technologia miała jednak dużo minusów. Ciężko było dostosować częstotli-

wość do tego stopnia, by urządzenia wykorzystywane przez innych użytkowników, nie zakłócały ustawionego pasma. Po pewnym czasie pojawiła się na rynku technologia zwana rozproszonym widmem. Jej powstanie datuje się na około 1940 r. Zastosowano zmiany częstotliwości sterowane odpowiednim programem, czy też sekwencją. Wprowadzało to zabezpieczenie przed zakłóceniami z innej strony. Tą technologię nazwano skrótem SS (Spread Spectrum). Obecnie użytkuje się system SS w systemach łączności pracujących w paśmie 2,4 GHz oraz 5 GHz. Producenci aparatury zaczęli tworzyć własne odmiany tej technologii przez co powstały systemy:

- FHSS – Fast Hopping Spread Spectrum, szybkie kluczkowanie częstotliwości,
- DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum, dane dodatkowo kodowane,
- FASST – Fatuba Adaptive Spread System Technology, dwie anteny odbiorcze,
- AFHSS – Advanced Frequency Hopping Spread Spectrum, zaawansowane spektrum przeskakiwania częstotliwości.

Pasmo 2,4 GHz jest wrażliwe na zakłócenia. Każda z aparatur podlega zbinowaniu. Oznacza to przypisanie konkretnych parametrów odbiornika do nadajnika. Dzięki temu sygnały na różnych urządzeniach nie przeszkadzają sobie i nie odbierają sygnału z innych urządzeń czy nie dekodują sygnału z innego radia. W aparaturze można coraz częściej spotkać tak zwaną telemetrię. Polega ona na wysyłaniu sygnału z odbiornika na nadajnik (sygnał wsteczny). Pozwala to na uzyskanie w nadajniku takich informacji jak na przykład napięcie zasilania urządzenia czy parametry z czujników umieszczonych w urządzeniu. Wadą systemu opartego na paśmie 2,4 GHz jest wrażliwość na niskie napięcie na odbiorniku. Po utracie napięcia, odbiorniki resetują się przez co łatwo stracić kontrolę nad modelem [9].

Funkcjonalność aparatury RC określa ilość kanałów w odbiorniku i nadajniku. Większa ilość kanałów pozwala na usprawnienie modeli i większą liczbą funkcji. Podstawowa aparatura posiada 4 kanały (4CH), ale producenci zapewniają minimum 6 kanałów. Oprócz ilości kanałów w aparaturze, ważne jest co możemy ustawić w nadajniku. Jednym z ważniejszych funkcji jest Servo rewers, oznaczająca możliwość zmiany kierunku serw. Aparatura standardowo wysyła sygnał PWM o wypełnieniu od 0 do 1000, co można zobrazować na przykładzie sterowanie drążkiem Throttle (moc). Jeżeli model ma w ustawieniach odwrot-

ność, funkcja servo rewers, szybko to zmienia i sygnałem steruje się od 1000 do 0. Funkcja Sub Trim pozwala wytrimować poszczególne sygnały. Trymery w pozycji środkowej powinny wysyłać sygnał o wypełnieniu 500, lecz może się zdarzyć że dociera on o wypełnieniu większym lub mniejszym. Najczęściej można spotkać się z funkcją Sub Trim jako przyciski obok każdego z trymerów. Poprzez naciskanie ich, sygnał ten może być wyregulowany [9].

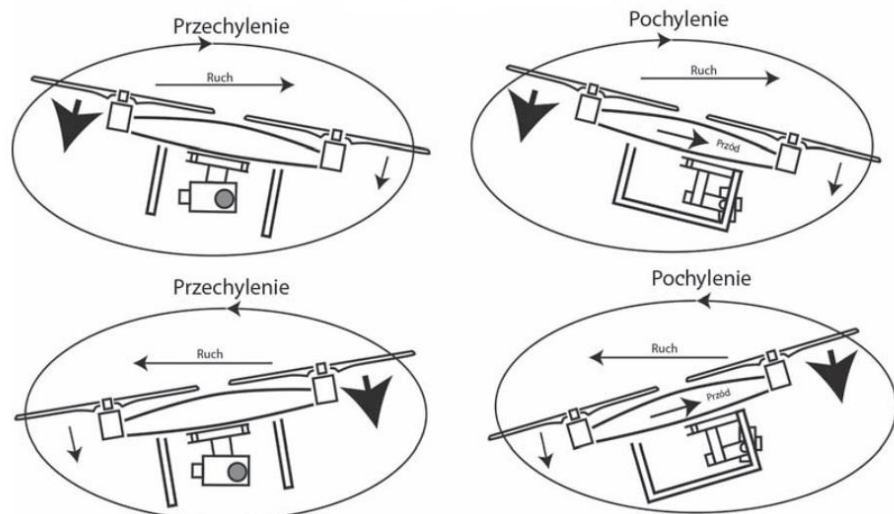


*Rys. 6. Nadajnik RC 10CH TURNIGY 9XR*

## **5. STABILIZACJA OBRAZU**

Stabilizacja obrazu (układ pozycjonowania), jest jednym z ważniejszych parametrów systemu video na który zwraca się uwagę podczas wyboru drona. Drony w trakcie lotu wywołują delikatne i częste wstrząsy całej konstrukcji, co ma duży wpływ na obraz uzyskiwany przez kamery zamontowane do nich. Głównym powodem zdestabilizowania takiego obrazu wideo, jest sam lot. W jego trakcie, wraz ze zmianą prędkości i kierunku lotu, zmienia się kąt nachylenia. Podczas ciągłej kontroli lotu, dron może się poruszać nawet z niewielkimi odchyłami, które mają wpływ na obraz.

Drugim powodem jest działanie silników. Wywołują one mikro wstrząsy. Kamery które nie mają zamontowanej wewnętrznej stabilizacji (stabilizacji cyfrowej), dość czule reagują na taki obraz i go rozmazują. Wpływ na obraz mają również warunki atmosferyczne. Podmuch wiatru jest w stanie zdestabilizować drona, co powoduje destabilizację obrazu.



Rys. 7. Kontrola przechylenia i pochylenia [9]

Układ pozycjonowania video jest więc ważnym elementem dronów wykorzystywanych w fotografii i filmowaniu powietrznym. Dzięki stabilizacji, obraz jest płynniejszy i wyraźniejszy. Dużym atutem takiego układu, jest możliwość zdalnej zmiany kierunku położenia kamery. Podstawowym podziałem stabilizacji obrazu w dronie jest podział na trzy sposoby: stabilizacja w obiektywie, gimbal i steadicam.

### **Gimbal**

Gimbal jest urządzeniem elektronicznym. Zależnie od ilości osi w których posiada możliwość stabilizacji, dzieli się na 2 lub 3 osiowe. Jego działanie polega na odczytywaniu pozycji z żyroskopu, dobieraniu parametrów wychodzących na silniki i zadaniu ich na nie. W tym sposobie stabilizacji, ważnym jest dobór odpowiednich parametrów silników, żyroskopu i kontrolera. Ważna jest szybkość działania silników i przeliczania parametrów, oraz dokładność odczytów z żyroskopu i możliwości dokładnej ustawienia silników. Często można spotkać w takich urządzeniach regulację PID silników. Często dużym atutem stosowania gimballi jest coraz częstsza możliwość sterowania nimi z poziomu zewnętrznej aparatury lub aplikacji na smartphone.

### ***Steadicam***

Steadicam to sposób stabilizacji obrazu polegający na działaniu prawa powszechnego ciężenia. Steadicam uważa się za stabilizację mechaniczną. Polega na zamocowaniu z na jednym końcu ramienia kamery, a na drugim przeciwwagi.

### ***Stabilizacja w obiektywie***

Stabilizacja w obiektywie (optyczna) najczęściej spotykana jest w profesjonalnych aparatach i kamerach. Oparta jest na żyroskopie i mikrosilnikach. Polega na przesuwaniu odpowiednich soczewek w obiektywie, usuwając drgania. Ten sposób stabilizacji jest dobry dla kamer trzymanyh w ręce.

## **6. MODULACJA PWM**

Modulacja PWM polega na ustalaniu wartości wypełnienia impulsów. Nazwa PWM jest skrótem od angielskiego zwrotu „*Pulse Width Modulation*”, oznaczającego modulację szerokości impulsu [10]. Podstawowe parametry PWM:

- amplituda,
- okres sygnału,
- częstotliwość sygnału,
- wypełnienie sygnału.

W trakcie modulacji PWM okres sygnału zostaje niezmienny. Generowany sygnał w przypadku mikrokontrolerów Arduino Leonardo, przy pełnym włączeniu zadaje na wyjściu pinu napięcie 5 V, natomiast przy pełnym wyłączeniu na wyjściu odczytane zostanie napięcie 0 V. Dla Arduino częstotliwość wyjścia PWM to około  $f = 488$  Hz, a okres  $T = 2$  s. Najczęściej przyjmuje się  $f = 500$  Hz. Występują również piny dla których częstotliwość PWM to  $f = 976$  Hz, które przyjmuje się jako  $f = 1$  kHz. W Arduino rejestr przetwarzający sygnał PWM jest 8-bitowy, co oznacza regulację w 256 stopniach wypełnienia (0–255). Dla rejestru 16-bitowego, regulacja możliwa jest w 65 tysiącach stopniach wypełnienia, a dla 12-bitowego w 4096 stopniach. Wielkość rejestru oznacza dokładność z jaką można regulować długość impulsu [10, 12].

W mikrokontrolerach Arduino modulację można stosować na pinach z oznaczeniem „~”. Modulacja polega na ustawianiu czasu ustawienia wartości HIGH, oraz wartości LOW, odpowiadające 1 i 0 logicznej, lub 5 V i 0 V. Sygnał PWM wywołuje się za pomocą funkcji *analogWrite()*.

W większości mikrokontrolerów Arduino, sygnały PWM generowane są za pomocą timerów. Urządzenie peryferyjne zapewnia sprzętowe generowanie sygnału, przez co procesor nie musi wykorzystywać do tego żadnego z zasobów wykonawczych [10, 12].

## 7. SERWOMECHANIZMY

Serwomechanizmami nazywamy urządzenie składające się z silnika napędowego, potencjometru, układu elektronicznego, przekładni zębatej i obudowy. Urządzenia o zamkniętym układzie do odbierające sygnał PWM i nadające odpowiednie ułożenie orczyka. Dzięki zamontowanym w obudowie przekładni i potencjometrowi, układ potrafi odczytać w jakiej jest pozycji. Wewnętrzny układ elektroniczny odbiera impulsy o długości trwania najczęściej 800–2200  $\mu$ s. W zależności od przeznaczenia serw, można się spotkać z podziałem na serwa o różnym maksymalnym obrocie. Rozróżnia się również podział na serwa analogowe i cyfrowe. Serwo analogowe przetwarza sygnał na napięcie zależne od wypełnienia impulsu wejściowego. Sygnał porównywany jest z wartością potencjometru i korygowany. Serwa cyfrowe wyposażone są w układ programowalny. Dzięki temu w takich serwach można ustawiać zakres ruchu i prędkość obrotu. Dzięki cyfrowemu układowi, sygnał odbierany może być nawet z częstotliwością 300 Hz, natomiast analogowe serwa tylko 50 Hz [13].



Rys. 8. Elektroniczny układ w serwowymotorze



## 8. MODELOWANIE I DRUK 3D

Pierwszym krokiem jaki trzeba wykonać w druku 3D, jest zaprojektowanie modelu. Projektowanie obiektów 3D można wykonać za pomocą specjalistycznych urządzeń takich jak: Autodesk Inventor Professional, 3DCrafter, Art. Of Illusion, Blender, BRL-CAD, DesignSpark. Każdy z programów różni się funkcjonalnością, poziomem zaawansowania i łatwością korzystania. Ważnym w modelowaniu 3D jest aby taki obiekt móc zapisać w formatach obsługiwanych przez drukarki 3D. Najpopularniejszym formatem jest .stl. Format stworzony przez 3D Systems. Działa on na zasadzie poleceń tekstowych i instrukcji dla programów odpowiadających za drukowanie. W pliku określane są siatki wielokątów, które po odpowiednim połączeniu tworzą figury 3D. Podstawą są określone współrzędne punktów oraz linie łączące te punkty. W modelowaniu 3D wstawiając okręgi, program nie odczytuje ich jako okręgi [14, 15, 16].

Do druku 3D wykorzystuje się specjalne urządzenia, w które przetwarzają informacje o kształtach elementów i generują sygnał określający ruch narzędzia. W przypadku drukarek 3D opiera się na tworzeniu cienkich warstw. Drukarki mogą poruszać się w 3 osiach: X, Y, Z. Składają się zazwyczaj z ramy, podgrzewanej płyty, komputera przetwarzającego informacje, 3 silników, przewodnic i „hotendu” (dyszy z blokiem grzewczym i łącznikiem z radiatorem). Najważniejszymi elementami drukarki są jednak hotend i silniki [14, 15, 16].

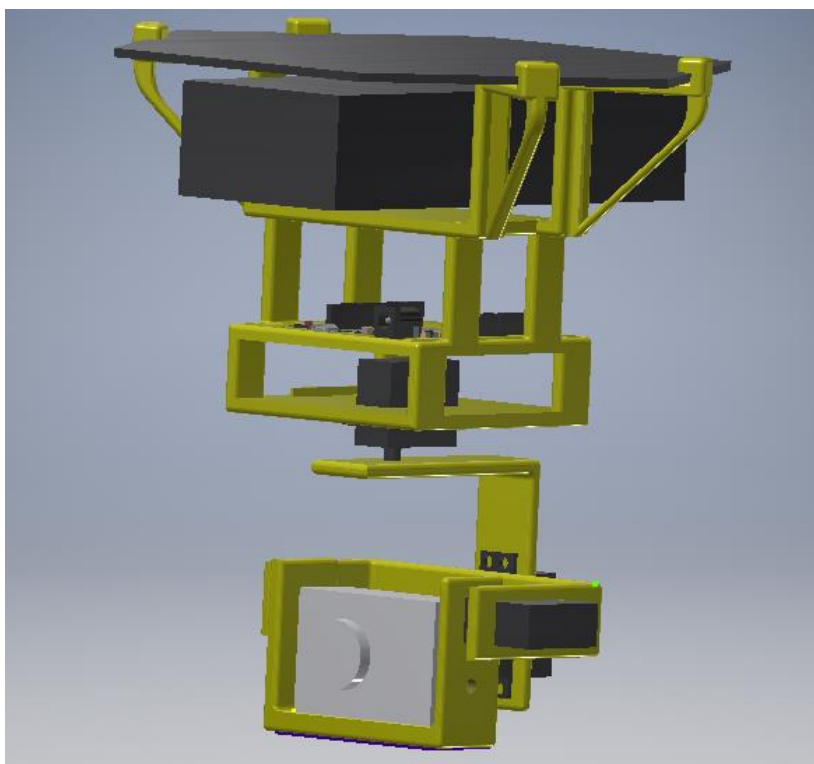
W druku 3D pod kątem samego druku ważnym jest rodzaj filamentu. Najczęściej spotykanym jest ABS (Akrylonitrylo – Butadieno – Styren). Materiał otrzymany z polimeryzacji butadienu oraz kopolimeryzacji akrylonitrylu ze styrenem. Wykorzystywany jest w technologii FDM. Materiał zostaje w hotendzie topiony i wytłaczany dzięki dyszy. W tej technologii można spotkać się również z PLA i nylonem. FDM oznacza druk z termoplastów. Spotkać się można również z technologią SLA (żywica utwardzana laserem), DLP (żywica utwardzana światłem projektora), MJM/Polyjet (utwardzana światłem UV), CJP (druk z proszku gipsowego, SJS (sproszkowany polimer), DMLS (sproszkowany metal). Ze względu na kurczliwość materiału, ważne jest by środowisko druku było zamknięte i podgrzewane [14, 15, 16].

## 9. KAMERA

Kamera to urządzenie cyfrowe rejestrujące obraz i dźwięk. Cyfrowa rejestracja obrazu wykonywana jest dzięki matrycom CCD lub CMOS. Matryca to płytką opartą na elementach światłoczułych. Obraz który kamera rejestruje dostaje się poprzez różnego rodzaju soczewki do takiej matrycy, która następnie przetwarza impulsy z fotodiod na sygnał cyfrowy. Na rynku istnieje wiele rodzajów kamer. Dzieli się je ze względu na wielkość, wykorzystanie, prędkość nagrywania, możliwość zmiany obiektywów i jakość nagrywania.

## 10. PROJEKT I KONSTRUKCJA

Konstrukcja układu została zaprojektowana w programie Autodesk Inventor 2019. Program udostępniony dla studentów Politechniki Lubelskiej. Inventor pomaga zaprojektować skomplikowane modele 3D.

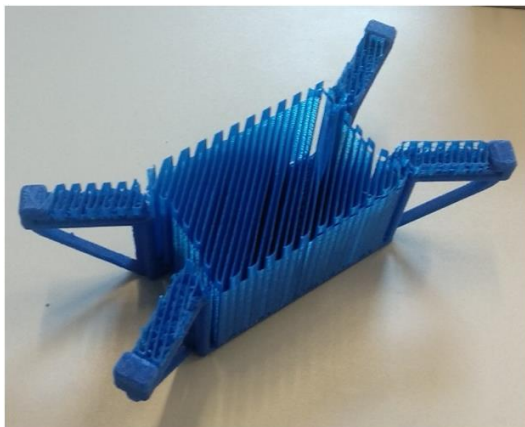


Rys. 9. Wizualizacja stabilizatora

Wydruk 3D został zrealizowany dzięki Instytutowi Informatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Wykorzystano drukarkę MakerBot Replicator Z18 3D printer. Druk wykonano filamentem PLA o wypełnieniu 5% i grubości ścianki 0,5 mm. Drukarka może drukować elementy o maksymalnej powierzchni  $305 \times 305 \times 457 \text{ mm}^3$  [32].

Wydrukowano elementy w kolorach zielonym i niebieskim. Drukarka obsługiwana jest programem MakerBot Print z dostępem przez Internet. Po przesłaniu pliku, drukarka zaczyna drukować podstawę na której później drukuje elementy. Wydruk wszystkich elementów trwał około 40 godzin.

Wydrukowane elementy zostały oczyszczone z suportów, czyli cienkich elementów które zostały automatycznie wygenerowane i wydrukowane w celu wsparcia dla elementów poprzecznych.



Rys. 10. Wydrukowany element konstrukcji

Algorytm stabilizatora został napisany w darmowym środowisku Arduino IDE. Podzielony jest na kilka plików. W jego głównym kodzie „Stabilizator” przypisano biblioteki i zadeklarowano serwa i regulatory PID. Kod w języku C składa się z dwóch głównych elementów. Jednym z nich jest *void setup()* – funkcja wykonywana tylko jednokrotnie od razu po uruchomieniu mikrokontrolera bądź wgraniu kodu. Drugą funkcją jest *void loop()* – mikrokontroler wykonuje zawarte w nim komendy ciągle je powtarzając. Wykonano dodatkowe podprogramy w celu rozłożenia go na kilka części i łatwiejszej edycji programu.

## 11. WNIOSKI

W ramach współpracy w kole naukowym, wykonano nowego drona do którego zaprojektowano i stworzono stabilizator obrazu wraz z systemem FPV. Dzięki systemowi video można korzystać na określonym obszarze przestrzennym z drona i wykonywać rejestrację lub monitoring video.

Podczas testów stabilizatora zauważono problematykę serw i ich płynnej kontroli. Wykonany program do mikrokontrolera wykorzystuje pamięć mikrokontrolera w około 90% co oznacza możliwość jego rozbudowy i efektywne wykorzystanie pamięci. System FPV został w pełni skonfigurowany i działa. Przesył video poprzez Wi-Fi ma większe opóźnienie niż FPV. Zaobserwowanym problemem w stabilizatorze jest giętkość konstrukcji (zbyt małe wypełnienie druku). Dron będzie wykorzystywany w celach promocyjnych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki.



*Rys. 11. Gotowy stabilizator zamontowany do drona*

## LITERATURA

- [1] Merksiz J., Nykaza A., *Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w kryminalistyce rozpoznawczej i wykrywczej*, Bezpieczeństwo i ekologia, Nr 6, 2016, 297–298
- [2] Siczek K., Łukasiewicz G., *Zastosowanie dronów do przemieszczania ciężkich urządzeń*, Logistyka, Nr. 6/2016, 15–32
- [3] Czaja Z., *Mikroprocesory i kontrolery*, Tom II Mikrokontrolery, Gdańsk 2015, [www.pg.gda.pl](http://www.pg.gda.pl), zasoby z dnia 22 styczeń 2019r.
- [4] <https://store.arduino.cc/arduino-leonardo-with-headers>, zasoby z dnia 05 grudzień 2018r.
- [5] *Kurs Arduino - #1 – podstawy Arduino oraz środowisko*, <https://forbot.pl/>, zasoby z dnia 05 grudzień 2018r.,
- [6] *Silnik ABC-Power A2212 1000KV 2-3S – 135W – ciąg 820g*, [www.abc-rc.pl](http://www.abc-rc.pl), zasoby z dnia 19 styczeń 2019r.
- [7] *Silnik BLDC: Niezbędne podstawy, mikrokontrolery*, <http://blogspot.com>, zasoby z dnia 22 styczeń 2019r.
- [8] *Regulatory RC*, [www.gimmik.net](http://www.gimmik.net), zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [9] *Aparatury RC – podział, mode, częstotliwości*, <https://modelmotor.pl>, zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [10] *Kurs Arduino #5: PWM – obsługa funkcji analogRead() analogWrite()*, <http://feriar-lab.pl>, zasoby z dnia 05 grudzień 2018r.
- [11] Audronis T., *Drony*. Wprowadzenie, Helion 2015
- [12] *Fast PWM on Arduino Leonardo*, [https:// r6500.blogspot.com](https://r6500.blogspot.com), zasoby z dnia 23 grudzień 2018r.
- [13] *Odrobina A., Serwomechanizm – z czego się składa i jak działa?*, <http://abc-modele.pl>, zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [14] *Banasik R., Modelowanie z elementami druku*. Wykład 1, <http://rbanasik.p.lodz.pl>, zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [15] *Druk 3D – budowa drukarki 3D – część 2*, <http://mikrokontroler.pl>, zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [16] *Drukowanie 3D – wszystko co musisz wiedzieć*, <http://techtour.pl>, zasoby z dnia 28 styczeń 2019r.
- [17] *Przetwornice impulsowe-dławikowe*, [www.ue.pwr.wroc.pl](http://www.ue.pwr.wroc.pl), zasoby z dnia 29 stycznia 2019 r.

## **PROJEKT UKŁADU VIDEO I PRZESYŁU DANYCH DLA DRONA CYWILNEGO**

### **1. WPROWADZENIE**

Kamera cyfrowa jest bardzo zaawansowanym urządzeniem, którego konstrukcja w warunkach domowych nie byłaby możliwa. Kamery sportowe dzięki swoim małym rozmiarom i niewielkiej wadze idealnie nadają się do przenoszenia przez drony.

Podobieństwo pracy kamery cyfrowej oraz aparatu analogowego kończy się w momencie kiedy naciśniemy spust migawki. W kamerze analogowej światło dociera na matrycę tylko po otwarciu przesłony, w kamerze cyfrowej natomiast światło jest przepuszczane przez soczewkę na matrycę światłoczułą ciągle. W dzisiejszych czasach dwa najpopularniejsze typy matrycy to matryca „charge couple device” (CCD), oraz „complementary metal-oxide-semiconductor” (CMOS) [3].

### **2. ZASADA DZIAŁANIA MATRYCY CCD**

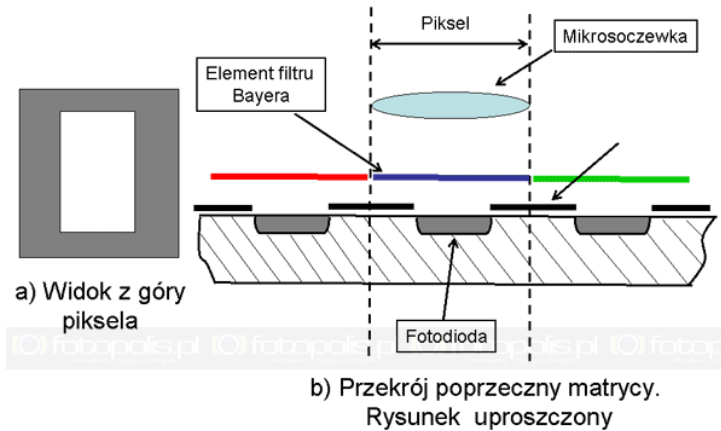
Matryca CCD to nic innego jak krzemowa płytką z elementami światłoczułymi. Działa ona jak detektor wylapujący światło, padający na nią w postaci fotonów. Małe, niezależne elementy znajdujące się na części światłoczułej nazywamy pikselami. Do każdego z nich doprowadzona jest elektroda, która po zadaniu napięcia prowadzi do wytworzenia znacznej różnicy potencjału. Przy takiej różnicy foton padający na układ wytrąca elektron, któremu przekazuje swoją energię, który następnie przechwytywany jest przez dodatnio naładowaną elektrodę. Taki sam proces zachodzi w każdym z pikseli [4].

Po zakończeniu ekspozycji, czyli odcięciu zasilania od elektrody, elektrony są zliczane przez procesor kamery, a następnie poprzez przetwornik analogowo – cyfrowy wysyłane, jako sygnał zero-jedynkowy, do komputera lub innego

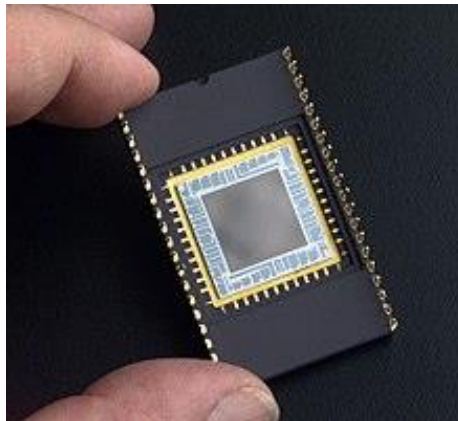
---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Elektroekologów „ELMECOL”

urządzenia zewnętrznego. Zwróćmy uwagę, że na tym etapie operacji nie otrzymujemy informacji o kolorze, a jedynie o natężeniu oświetlenia. Aby rozróżnić kolory każdy z pikseli posiada filtr koloru czerwonego, zielonego lub niebieskiego, potocznie zwane filtrem RGB (z ang. *Red Green Blue*).



Rys. 1. Schemat matrycy CCD[3]

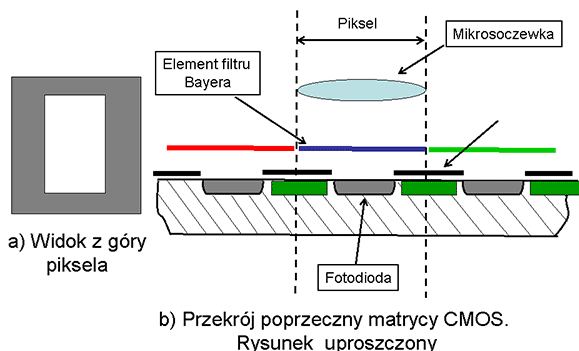


Rys. 2. Układ elektroniczny z matrycą CCD

### 3. ZASADA DZIAŁANIA MATRYCY CMOS

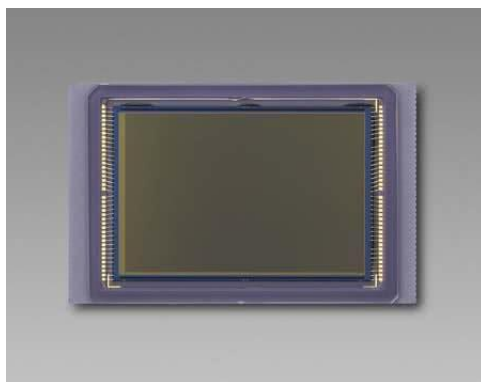
Matryca CMOS działa na zbliżonej zasadzie co matryca CCD, z tą różnicą że każdy z pikseli jest zintegrowany z przetwornikiem ładunkowo-napięciowym (w matrycy CCD wszystkie piksele są zintegrowane do jednego wspólnego

przetwornika), co pozwala uniknąć zakłóceń generowanych w matrycy CCD. Dzięki zastosowaniu adresowania pikseli za pomocą współrzędnych  $x, y$  możliwe jest odczytywanie każdego z nich osobno, jak i bez konieczności kolejkowania [3, 4]. W praktyce oznacza to, że pierwszym pikselem do odczytu może być na przykład piksel centralny, bądź ten, który w matrycy CCD zostałby odczytany jako ostatni.



Rys. 3. Uproszczony schemat matrycy CMOS [6]

Jeśli porównamy rysunek szósty z ósmym, zauważymy dodatkowe zielone prostokąty. Są to właśnie układy zintegrowane dla każdego piksela. Podobnie jak w matrycy CCD aby możliwy był zapis konkretnego koloru stosuje się filtry. Największą wadą matrycy CMOS jest jej rozmiar. Małe matryce generują więcej niechcianych informacji w postaci szumu. Aby zapewnić optymalną pracę oraz maksymalną separację galwaniczną przetworników stosuje się matryce o większych rozmiarach niż CCD (tak zwana pełna klatka) [6].



Rys. 4. Matryca CMOS aparatu NIKON D5



#### 4. NADAJNIK FPV

System radiowego przesyłania danych jest najważniejszym, zaraz po systemie sterowania, elementem jeśli chodzi o komunikację na drodze dron-pilot. FPV (z ang. *First Person View*), czyli widok pierwszoosobowy pozwala nam na obserwację otoczenia w czasie rzeczywistym tak, jakbyśmy byli pilotami którzy siedzą we wnętrzu maszyny. Układ realizowany jest jednotorowo. System wykorzystuje fale elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych. Aby uniknąć niechcianych zakłóceń, oraz nakładania się fal z kilku nadajników stosuje się separowane kanały oraz częstotliwości znajdujące się w tak zwanym „wolnym paśmie” określonym przez krajowe i międzynarodowe przepisy [5, 8].

##### *Podstawowe parametry nadajnika*

Najpopularniejszymi częstotliwościami wykorzystywanymi w dzisiejszych czasach są 900 MHz, 1,2 GHz, 2,4 GHz, oraz 5,8 GHz [7]. Niektóre nadajniki dalekiego zasięgu wykorzystują również częstotliwości 433 MHz lub 869 MHz. Pozwalają one na uzyskanie zasięgów nawet do 30 kilometrów, jednak nie są one tak bardzo popularne ze względu na koszt produkcji takiego nadajnika. Im mniejsza częstotliwość fali, tym „większy” wzmacniacz (o większej mocy) jest do jej wysłania potrzebny, a to przekłada się na rozmiar i wagę takiego nadajnika. Większa częstotliwość natomiast ma mniejszy współczynnik penetracji ośrodka w którym się rozchodzi. Tereny zabudowane, drzewa czy inna infrastruktura jest w stanie stłumić lub zakłócić propagację fali.

Częstotliwość 900 MHz jest najbardziej optymalna jeśli chodzi o stosunek propagacji i zasięgu do kosztów produkcji i finalnej ceny nadajnika. Największym minusem korzystania z tego pasma jest konieczność posiadania dużej anteny, oraz regulacje prawne z tego tytułu płynące. W Polsce na ten przykład konieczne jest posiadanie licencji radiooperatora [8].

Drugą graniczną częstotliwością jest 5,8 GHz. Jest to pasmo które zostało udostępnione użytkownikom cywilnym stosunkowo niedawno. Jego popularność nie jest jeszcze tak duża jak 2,4 GHz, jednak liczba jego użytkowników zwiększa się z roku na rok. Nadajnik tej częstotliwości jest obecnie najtańszy na rynku. Nie wymaga licencji do używania. Antena jest relatywnie mała i lekka, co pozwala umiejscowić go praktycznie na każdym dronie. Ta częstotliwość oferuje świetne parametry jakościowe obrazu video oraz relatywnie daleki zasięg, jak

dla potrzeb cywilnych. Jest ona jednak podatna na tłumienie nad ośrodkami takimi jak zbiorniki wodne i lasy.

Rozpatrzmy teraz przypadek kilku dronów nadających obraz w częstotliwości 5,8 GHz. Zgodnie z prawami fizyki fale powinny się na siebie nakładać, co w efekcie skutkowało by migotaniem obrazu lub jego całkowitym brakiem. Aby możliwe było odbieranie sygnału video tylko od naszego konkretnego drona zastosowano kanały radiowe. Są to pogrupowane zakresy częstotliwości w określonym paśmie o szerokości kilku, kilkudziesięciu megaherców. Transmisje są przypisywane do numerów referencyjnych. Przedstawiona poniżej tabela obrazuje działanie techniki kanałowania.

Tabela 1. Numery kanałów w paśmie 5,8 GHz

Channel Frequency Table

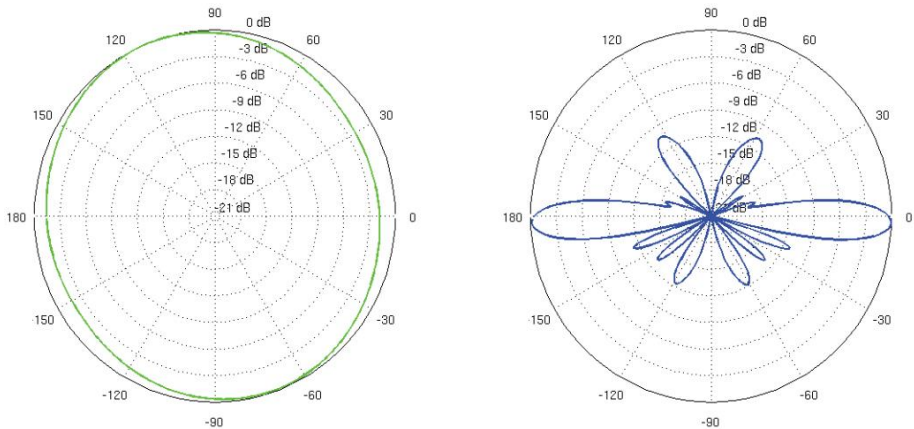
FR1 a	CH1	---	5865	---	MHz
	CH2	---	5845	---	MHz
	CH3	---	5825	---	MHz
	CH4	---	5805	---	MHz
	CH5	---	5785	---	MHz
	CH6	---	5765	---	MHz
	CH7	---	5745	---	MHz
	CH8	---	5725	---	MHz
FR2 b	CH1	---	5733	---	MHz
	CH2	---	5752	---	MHz
	CH3	---	5771	---	MHz
	CH4	---	5790	---	MHz
	CH5	---	5809	---	MHz
	CH6	---	5828	---	MHz
	CH7	---	5847	---	MHz
	CH8	---	5866	---	MHz
FR3 E	CH1	---	5705	---	MHz
	CH2	---	5685	---	MHz
	CH3	---	5665	---	MHz
	CH4	---	5645	---	MHz
	CH5	---	5885	---	MHz
	CH6	---	5905	---	MHz
	CH7	---	5925	---	MHz
	CH8	---	5945	---	MHz
FR4 F	CH1	---	5740	---	MHz
	CH2	---	5760	---	MHz
	CH3	---	5780	---	MHz
	CH4	---	5800	---	MHz
	CH5	---	5820	---	MHz
	CH6	---	5840	---	MHz
	CH7	---	5860	---	MHz
	CH8	---	5880	---	MHz
FR5 A	CH1	---	5658	---	MHz
	CH2	---	5695	---	MHz
	CH3	---	5732	---	MHz
	CH4	---	5769	---	MHz
	CH5	---	5806	---	MHz
	CH6	---	5843	---	MHz
	CH7	---	5880	---	MHz
	CH8	---	5917	---	MHz

Należy jednak uważać aby nie pomylić pojęcia kanału radiowego z kanałem sterowania. Pierwszym określeniem jest wspomniana wcześniej częstotliwość pracy nadajnika. Drugi termin odnosi się natomiast do funkcji aparatury sterującej dronem. Kanały aparatury pozwalają na sterowanie kilku niezależnych urządzeń za pomocą jednego sterownika.

### *Anteny i typy anten*

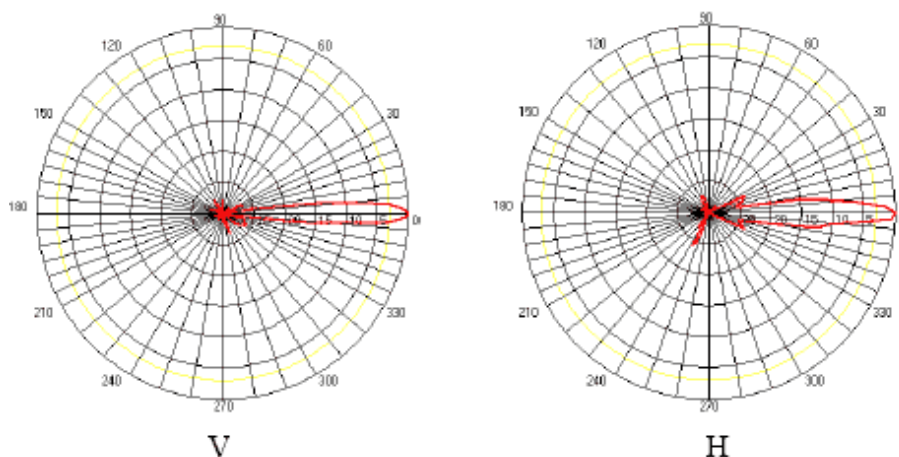
Anteny to swego rodzaju przetworniki fal elektromagnetycznych na sygnały elektryczne lub sygnałów elektrycznych na fale elektromagnetyczne. Każdy nadajnik i odbiornik ma antenę dopasowaną do swoich parametrów, bez której niemożliwa będzie komunikacja pomiędzy nimi.

Główny podział anten to podział na sposób propagacji przez nie fali. Wyróżnia się tutaj anteny dookólne, które emitują falę z taką samą mocą w każdym kierunku, oraz kierunkowe, które jak sama nazwa wskazuje prowadzą emisję w konkretnym kierunku. Jeśli posiada się transponder o małej mocy, można wtedy zastosować antenę o dużym zysku energetycznym. Zysk, czyli parametr, definiuje się jako „stosunek gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę w danym kierunku  $U(\theta, \varphi)$  do gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę wzorcową, najczęściej antenę izotropową, zakładając, że do obu anten została doprowadzona taka sama moc.” [9].

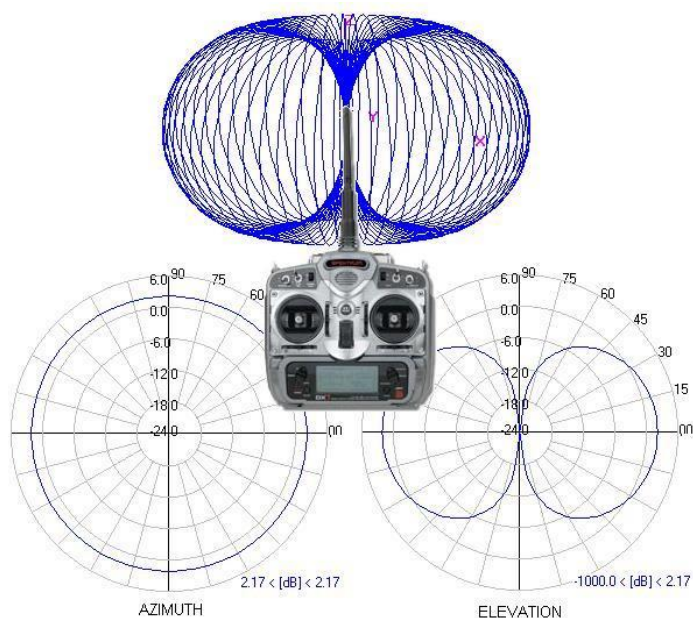


Rys. 5. Charakterystyka anteny dookólnej

Anteny dookólne najczęściej przybierają kształt „bacika”. Taka też jest ich nazwa w środowisku osób zajmujących się dronami i modelami. Rozchodzenie się takiej fali od nadajnika obrazuje krzywa, którą nazywamy podwójną kardiodą.



Rys. 6. Charakterystyka anteny kierunkowej



Rys. 7. Kształt fali emitowanej z anteny typu „bacik” [11]

Patrząc na rysunek 7. można łatwo zauważyć, że najsilniejszy sygnał jest emitowany/odbierany w płaszczyźnie prostopadłej do osi anteny, natomiast naj słabszy w osi pionowej. Ponieważ obecnie większość modelarzy transmituje video na częstotliwości 5,8 GHz a odbiorniki są wyposażone w jedną antenę którą należy ustawić prostopadle do anteny nadajnika, aby uzyskać jak największe pokrycie falowe, a co za tym idzie uniknąć niechcianych przerw w transmisji nazywanych potocznie „dziurami”.

## **5. MONITOR I ODBIORNIK FPV**

Najczęstszym typem odbiorników FPV, wykorzystywanych amatorsko i profesjonalnie, są te sprzężone z wyświetlaczem. Taka konfiguracja pozwala na łatwy montaż urządzenia w aparaturze sterującej, co ułatwia znacząco kontrolę nad dronem. Sam odbiornik zbudowany jest na podobnej zasadzie co nadajnik. Zawiera więc antenę, układ przetwarzania danych oraz dodatkowo wyprowadzenie na wyświetlacz. Typy anten stosowanych w odbiornikach obejmują konstrukcje takie jak antena typu Yagi, panelowa czy helikalna.

### ***Typy anten odbiorczych***

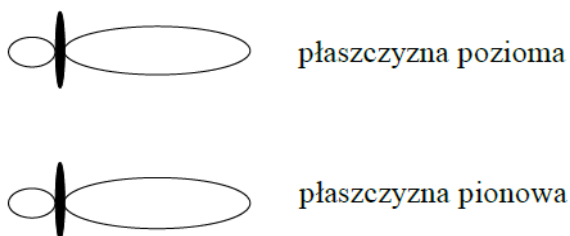
Ze wszystkich typów anten odbiorczych tylko „bacik” nadaje się do montażu bezpośrednio w monitorze, jednak niektóre osoby upodobały sobie budowanie swego rodzaju baz odbiorczych. Jeśli ruch odbiornika nie występuje, można zastosować anteny kierunkowe wolnostojące.

Antena typu Yagi, to nic innego jak zwykła antena telewizyjna, którą wykorzystuje się do odbioru sygnału FPV. Jest ona anteną kierunkową o wąskim, ale bardzo długim widmie, co pozwala uzyskać zasięgi rzędu kilkudziesięciu kilometrów.

Yagi jest najtańszą i najbardziej dostępną opcją jeśli chodzi o budowanie bazy odbiorczej. Zakup tej anteny wymusza na nas dopasowanie i montaż końcówki kabla koncentrycznego, jednak jest to jedyna i bardzo tania modyfikacja którą należy przeprowadzić.

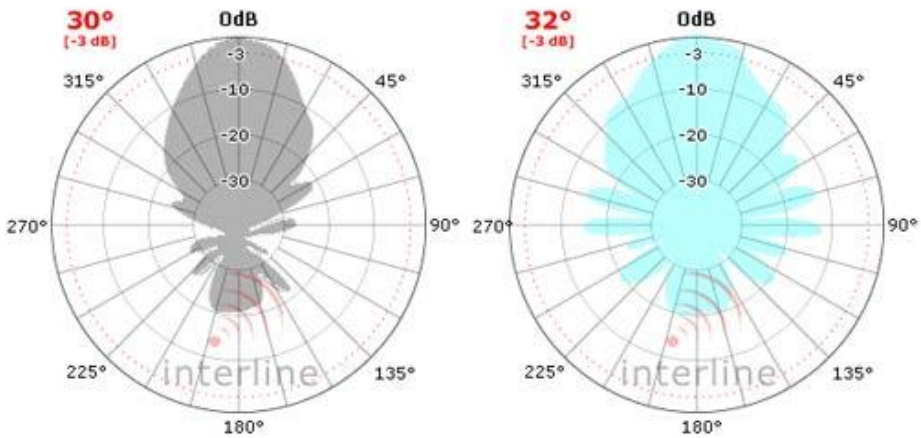


Rys. 8. Antena typu Yagi[11]



Rys. 9. Widmo fali w antenie typu Yagi

Antena panelowa oraz antena helikalna są wykorzystywane głównie przez profesjonalistów ze względu na cenę. Są to bardzo drogie urządzenia, na które ciężko sobie pozwolić jeśli dron to tylko nasze hobby [11]. Charakteryzują się one bardzo dobrymi parametrami odbioru takimi jak długie i dość szerokie widmo. Anten tych można używać z powodzeniem na odległości rzędu nawet 50 km. Wiąże się to jednak z dopasowaniem transmitera o dużej mocy, co tylko zwiększa koszty całego zestawu.



Rys. 10. Widmo fali anteny panelowej [22]

Jak widać, wybór anten jest całkiem spory, jednak ze względu na rozmiar i kształt fali oraz cenę to właśnie „baciki” są najczęściej wykorzystywanym typem anten w transmisjach FPV w dronach cywilnych.

### **Rodzaje monitorów wykorzystywanych do FPV**

Temat monitorów i wyświetlaczy używanych od odbioru FPV jest bardzo rozległy. Poza gotowymi zestawami, jako wyświetlacz możemy użyć monitor komputerowy, tablet czy smartphone, jeśli tylko nasz odbiornik posiada dedykowane temu wyjścia. Monitory, które można zakupić w sklepach modelarskich są stosunkowo tańsze niż tablet, oraz zazwyczaj posiadają wbudowany odbiornik, co pozwala zaoszczędzić pieniądze i czas potrzebny na połączenie i ewentualne programowanie. Największą popularnością cieszą się ekrany LCD (z ang. *Liquid crystal display*), czyli wyświetlacze ciekłokrystaliczne. Są one najlepsze pod względem stosunku ceny do jakości obrazu (w tym kolorów, kątów widzenia i jasności) [12].

Odkryty w 1964 roku, a opatentowany w 1972 r. wyświetlacz ciekłokrystaliczny zyskał bardzo dużą popularność na świecie. Szacuje się że 80% urządzeń zawierających wyświetlacze to właśnie LCD [15]. Wszystkie one bazują na kilku zjawiskach – na polaryzacji światła, oraz że ciekłe kryształy mogą przepuszczać i zmieniać polaryzację uprzednio spolaryzowanego światła, że struktura takiego kryształu zmienia się po przyłożeniu do niego napięcia. Idea działania LCD opiera się na wykorzystaniu zmiany polaryzacji światła na skutek zmian orientacji ciekłego kryształu pod wpływem pola elektrycznego. Niezależnie

od tego w jakiej technologii wykonany został wyświetlacz, bazuje on na kilku niezmiennych elementach takich jak podświetlenie, polaryzatory (górny i dolny), warstwa tranzystorów, warstwa ciekłych kryształów i filtr RGB.

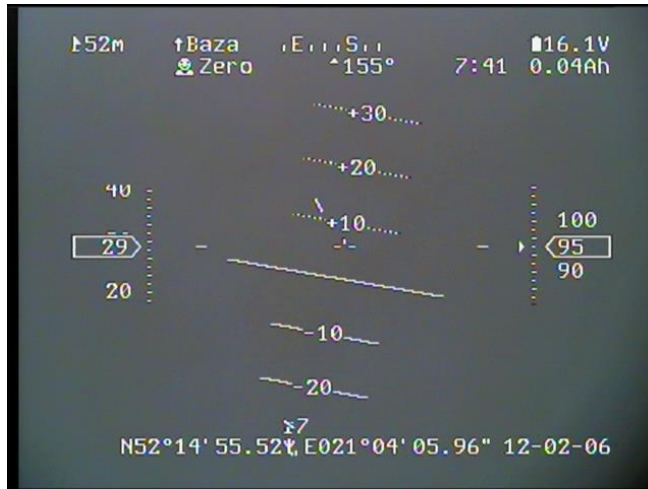
Matryca LCD może być matowa lub błyszcząca. Ta druga jest bardzo niepożądana przez operatorów FPV ze względu na odbicia promieni słonecznych od jej płaszczyzny, co powoduje refleksy które utrudniają odczyt obrazu, dlatego większość operatorów poszukuje wyświetlaczy z matową matrycą, lub dokupuje specjalny filtr, lub obudowy które niwelują refleksy. Matryca matowa, lub jej zmatowienie, wpływa natomiast na odbiór kolorów. Są one mniej naturalne niż przy korzystaniu z matrycy błyszczącej. Jakość kolorów nie jest jednak wiodącym parametrem przy wyborze wyświetlacza do zainstalowania w aparaturze sterującej drona, przez co większość użytkowników przekłada nad nią komfort użytkowania.

Kolejnym typem urządzenia wyświetlającego są gogle FPV. Gogle te pozwalają widzieć to, co widzi dron. Niektórzy nie są w stanie posługiwać się nimi ze względu na lęk wysokości, czy nagłe wizualne doświadczenie przyspieszeń. Gogle mają przewagę nad monitorem właśnie w tym, że można uznać się za pilota który siedzi w środku maszyny. Najnowocześniejsze z nich pozwalają na kontrolę drona za pomocą ruchów głowy dzięki wbudowanemu żyroskopowi. Wiele z nich ma przełączane tryby z widoku „z drona” na widok z kamery umieszczonej na goglach. Pozwala nam to na kontrolowanie UAV z poziomu ziemi, co jest wymagane kiedy musimy podlecieć blisko jakiegoś obiektu, a przez załamany w soczewkach obraz możemy nieprawidłowo ocenić odległość i doprowadzić do katastrofy z udziałem naszego UAV.



*Rys. 11. Przykładowe gogle FPV firmy FatShark*





Rys. 12. Przykładowe parametry naniesione przez OSD

Bazowanie na samym obrazie przesyłanym z kamery do wyświetlacza zda nam się na nic jeśli stracimy drona z pola widzenia. W tym celu możemy zastosować układ OSD (z ang. *on screen display*), czyli nanoszenie różnych parametrów takich jak stan rozładowania baterii, szerokość i długość geograficzna, sztuczny horyzont, prędkość, kąt obrotu względem punktu zerowego, czy pozycja pilota. Najczęściej występuje jako osobne urządzenie dołączane do toru kamery – nadajnik.

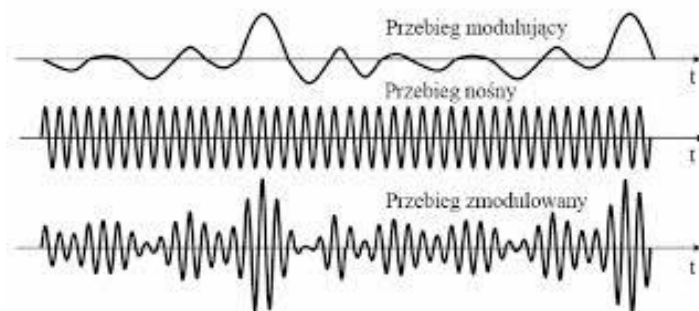
### ***Modulacja sygnału przesyłanego***

Aby odbiornik i nadajnik mogły działać bez zakłóceń na tych samych częstotliwościach stosuje się modulację sygnału. Sygnał może być zmodulowany na trzy sposoby. Amplitudowo, częstotliwościowo lub poprzez modulację położenia impulsu. Ostatnie zagadnienie odnosi się do sygnałów wysyłanych przez aparaturę sterującą, ponieważ sygnał video jest sygnałem ciągłym i nie może być zmodulowany poprzez położenie impulsu.

### ***Modulacja amplitudowa***

Modulacja amplitudowa to najprostsza metoda modulacji sygnału radiowego. Wyparta przez inne typy, z powodzeniem używana przez starszych modelarzy. W modulacji tej bardzo łatwo o zakłócenia. Zasada działania jest prosta – „amplituda fali nośnej jest modyfikowana pod względem określonych parametrów

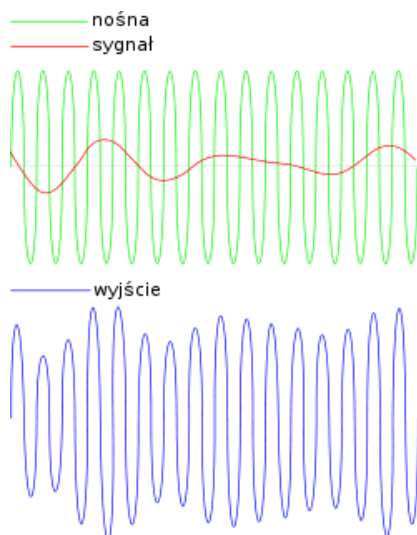
przez sygnał modulujący tak jak to widać na wykresie poniżej. Przebieg nośny zazwyczaj ma kształt sinusoidalny” [14].



Rys. 13. Przebieg powstawania sygnału zmodulowanego amplitudowo [14]

### Modulacja częstotliwościowa

Modulacja częstotliwościowa jest również starą metodą modulacji. Polega ona na przesłaniu informacji w fali nośnej za pomocą chwilowej zmiany jej częstotliwości. Różni się od wyżej wymienionej częstotliwości tym, że amplituda sygnału pozostaje bez zmian. Jej nazwa, a właściwie skrót, z którym można spotkać się na co dzień, to FM (z ang. *Frequency modulation*). Na poniższym diagramie można zaobserwować jak wygląda taka modulacja.

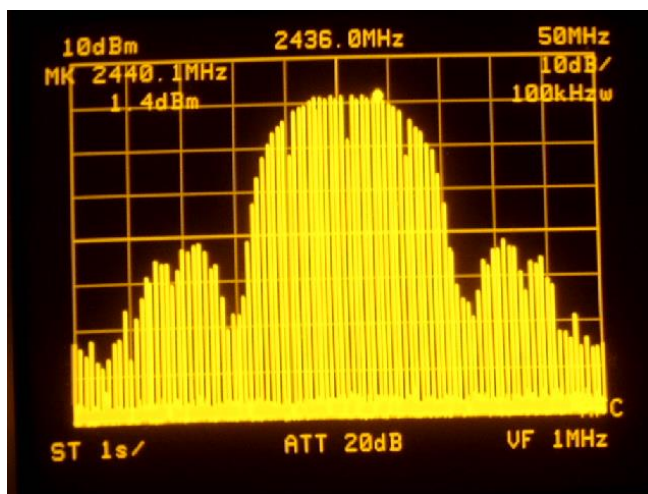


Rys. 14. Przebieg powstawania sygnału zmodulowanego częstotliwościowo [16]

## 6. KODOWANIE SYGNAŁU

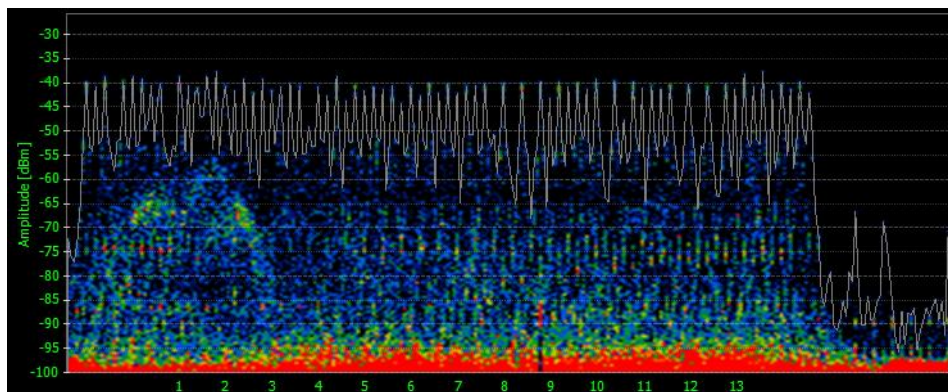
Najnowszą zdobyczą techniki kodowania sygnałów, przez którą modulacja amplitudowa i częstotliwościowa jest skutecznie wypierana z rynku, jest system transmisji z rozpraszaniem widma oparty na paśmie 5,8 GHz. Przy jego użytkowaniu nie musimy się martwić o to, czy przed startem wybrano prawidłowy kanał lub częstotliwość, oraz czy sygnał nadawany zostanie zakłócony. Jest to na chwilę obecną najbezpieczniejszy system transmisji. Każdy nadajnik otrzymuje unikalny globalnie numer identyfikacyjny, a odbiornik zostaje z nim sparowany tak, aby odczytywał sygnały płynące tylko z tego konkretnego nadajnika. Sam proces programowania, potocznie zwanego bindowaniem, który może wykonać każdy operator, trwa kilka sekund. Po tym czasie oba urządzenia są gotowe do pracy. Technologia widma rozproszonego jest używana również w sieciach GSM, sieciach Wi-Fi czy nawet w systemie globalnego pozycjonowania GPS. Transmitowane dane są rozłożone w paśmie częstotliwości znacznie szerzej, co pozwala na przesył dużych pakietów danych bez obawy o zablokowanie kanału. Najpopularniejsze techniki rozpraszania widma wykorzystywane na ziemi to DSSS oraz FHSS [17].

DSSS (z ang. *Direct sequence spread spectrum*), co w tłumaczeniu oznacza „bezpośrednie rozpraszanie widma fali”, to technologia transmisji używana w sieciach lokalnych bezprzewodowych. Polega ona na przesyłaniu danych za pomocą sekwencji pseudolosowych liczb 1 oraz -1. Następnie sygnał ten zostaje przemnożony przez odpowiedni kod, zajmując przy tym szersze pasmo. Otrzymany sygnał ma podobne spektrum do białego szumu, wykorzystywanego w technice audio. Aby odczytać ten sygnał należy znać deszyfrującą sekwencję kodu, którą posiada nadajnik. Technikę DSSS można porównać do oglądania jednego programu na kilku ekranach. W pewnej chwili jeden z nich zostanie na chwilę wyłączony. W niczym nie przeszkodzi to odbiorcy, ponieważ może on po prostu zacząć patrzeć na inny ekran. Technika ta jednak jest mniej odporna na zakłócenia, niż technika FHSS, z tego powodu nie powinniśmy używać jej w miejscu, gdzie jest bardzo duże zagęszczenie fal radiowych. Wiąże się to też z tym, że sygnał odbierany dzielony jest na dwie grupy: sygnał właściwy, oraz zakłócenia które są tłumione przez nasz dekodery [17].



Rys. 15. Spektrum fali kodowanej systemem DSSS

Drugą analizowaną metodą kodowania jest FHSS (z ang. *Frequency hopping spread spectrum*), co w wolnym tłumaczeniu można nazwać skakaniem po częstotliwości. Jest to metoda przesyłania sygnałów radiowych poprzez szybką zmianę kanału z pseudolosową sekwencją, która jest znana zarówno nadajnikowi jak i odbiornikowi. Dotychczas widmo stosowane w paśmie 2.4 GHz zawiera się w około 79 częstotliwościach, od 2,401 do 2,480 GHz. Każda częstotliwość jest modulowana z szerokością kanału 1 MHz i szybkościami zdefiniowanymi odpowiednio jako 1 Mb/s i 2 Mb/s. Możemy to porównać do bardzo szybkiego zmieniania kanałów w telewizorze, lub do migania świetlówki, którego ludzkie oko nie jest w stanie zauważyć. Odbiornik i nadajnik muszą być idealnie zgrane tak, aby mogły zmieniać częstotliwość w tym samym czasie. Najczęściej oba te urządzenia korzystają z gotowych wzorców lub tabel zaprogramowanych wcześniej. Prędkość przeskoku jest tak duża, że nawet jeśli na której częstotliwości wystąpi zakłócenie, nie wpłynie ono na pracę urządzenia, ponieważ częstotliwość zostanie zmieniona natychmiastowo. W trakcie mrugnięcia oczami, które trwa statystycznie 300 ms [20], zostanie wykonanych ponad 500 przeskoków [19]. Ponadto rozproszone widmo częstotliwości jest najkorzystniejszą technologią modulacji, na którą bardzo niewielki wpływ mają odbicia, hałas i inne czynniki środowiskowe. Można jej używać z powodzeniem w obszarach, gdzie występuje duże zagęszczenie fal radiowych.



Rys. 16. Spektrum fali kodowanej systemem FHSS

## LITERATURA

- [1] Adam C Watts, Vincent G Ambrosia, and Everett A Hinkley. *Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use*. Remote Sensing, 4(6). 2012, 1671–1692
- [2] *Współczesne zastosowania dronów cywilnych na świecie*, <http://zrobsobiedrona.blogspot.com>, zasoby z dnia 14.01.2019
- [3] *Matryce CCD i CMOS oraz ich działanie*, <https://www.optyczne.pl>, zasoby z dnia 15.01.2019
- [4] *Digital Cameras*, <https://www.explainthatstuff.com/digitalcameras.html>
- [5] Bright H., *The Complete Marine Radio Control Manual*, US Naval Institute Press 1999
- [6] *Krótko o matrycach CMOS*, <https://www.fotopolis.pl/warsztat/porady-fotograficzne>, zasoby z dnia 17.01.2019
- [7] Windestal D., *The FPV Starting guide*, RCExplorer. 2 June 2013
- [8] *Prawo lotnicze*, areomind.pl, zasoby z dnia 17.01.2019r.
- [9] Zieniutycz W. *ANTENY – Podstawy polowe*, WKiŁ 2001
- [10] *Soczewka*, <https://www.szkolnictwo.pl/szukaj,Soczewka>, zasoby z dnia 18.01.2019r.
- [11] *Dobór i rozmieszczenie anten w dronie*, <http://zrobsobiedrona.blogspot.com>, zasoby z dnia 21.01.2019r.
- [12] *Nadajnik i Odbiornik – podstawy wiedzy*, [www.abc-rc.pl](http://www.abc-rc.pl), zasoby z dnia 23.01.2019
- [13] *Beggins Guide*, [adamone.rchomepage.com](http://adamone.rchomepage.com), zasoby z dnia 23 stycznia 2019
- [14] *Modulacja amplitudy*, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, zasoby z dnia 23.01.2019r.

- [15] *Jak działa wyświetlacz LCD*, zasoby z dnia 23.01.2019r.  
<https://lenovozone.pl/blog/poznajmy-technologie-jak-dziala-wyswietlacz-lcd/>
- [16] *Frequency Modulation*, en.wikipedia.org, zasoby z dnia 10.01.2016r.
- [17] *Understanding Spread Spectrum Radios*, www.rchelicopterfun.com, zasoby z dnia 24.01.2019r.
- [18] Rienzi G. *How exactly does New Horizons send all that data back from Pluto?*,  
<http://hub.jhu.edu/2015>, zasoby z dnia 24.01.2019r.
- [19] *Understanding spread signal modulations*, www.cdt21.com/resources/Modulation,  
zasoby z dnia 28.01.2019r.
- [20] Phillips, W., *Mechanics of flight*. Wiley, Hoboken, N.J, 2004.
- [21] *Sieci bezprzewodowe*, <http://realitynet.pl>, zasoby z dnia 28.01.2019r.
- [22] *Different types of drones*, <https://robustdrone.com/different-types-drones>, zasoby z dnia 24.01.2019r.
- [23] *Podstawy budowy drona*, <http://www.swiatdronow.pl>, zasoby z dnia 24.01.2019r.
- [24] *How to fly a quadcopter beginner guide*, <http://dronenodes.com>, zasoby z dnia 24.01.2019r.

## PRZEWODOWE I BEZPRZEWODOWE ŁADOWANIE SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH ORAZ ICH WPLYW NA SIĘĆ ELEKTROENERGETYCZNĄ

### 1. WSTĘP

Obecnie samochody ciężarowe, osobowe i motocykle wykorzystują głównie silniki spalinowe. Ten stan nie zmienił się od początku XX wieku. Dominacja silników spalinowych zaczęła się około 1915 roku (pierwsza linia montażowa T. Forda). Do tego stanu rzeczy przyczyniły się także budowy autostrad, niska cena ropy i I wojna światowa. Samochody elektryczne nie stanowiły wtedy konkurencji dla pojazdów z silnikami spalinowymi, chociaż pojawiły się przed nimi (na początku XIX wieku) [1, 2].

Ostatnie lata przynoszą jednak stały wzrost sprzedaży pojazdów hybrydowych i elektrycznych, co wynika głównie z potrzeby ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>. Na ulicach coraz częściej można dostrzec trolejbusy wykorzystujące superkondensatory [3]. Do korzyści wynikających z użytkowania pojazdów elektrycznych można zaliczyć redukcję hałasu, stosunkowo niskie koszty utrzymania dla konsumentów, efektywne wykorzystanie przestrzeni pojazdu i łatwy w obsłudze system prowadzenia [2]. Elektromobilność, znana także jako e-mobilność, oznacza *elektryfikację transportu indywidualnego* i coraz częściej zwraca uwagę opinii publicznej, co nie jest przypadkowe [4].

Jednym z aspektów wpływających na akceptację samochodu elektrycznego jako środka transportu w celu zastąpienia pojazdów z silnikiem spalinowym jest zasięg [5]. W ostatnich latach sprawność i zasięg samochodów elektrycznych uległy znacznej poprawie. Niektórzy producenci oferują samochody elektryczne z zasięgami wynoszącymi średnio od 150 km do 250 km, a w wyjątkowych przypadkach, takie jak te oferowane przez Teslę, mogą osiągnąć do 498 km

---

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

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

(Tesla Model 3) [6]. Jakkolwiek, w [7] wskazano, że producenci samochodów przeceniają zasięgi swoich pojazdów lub są one szacowane w nierealistycznych warunkach. Chociaż zasięg jaki większość producentów przedstawia, może być wystarczający do codziennego użytku w mieście, to problem nie został rozwiązany. Istnieją inicjatywy światowej klasy laboratoriów, takich jak National Renewable Energy Laboratory (NREL) [8], których grupy badawcze zajmujące się transportem dążą do dostarczenia rozwiązań problemów związanych z elektromobilnością od strony technologicznej.

Samochody elektryczne są ważnym filarem przejścia w kierunku ekologicznego i świadomego społeczeństwa energetycznego. Mimo wszystko, skuteczne i wydajne ładowanie pojazdów elektrycznych stanowi wyzwanie dla sieci energetycznej, biorąc pod uwagę stały wzrost zainteresowania tymi pojazdami.

Samochody elektryczne są ładowane głównie przewodowo. Bez względu na to, czy jest to dom, czy autostrada, przewody muszą być fizycznie podłączone do pojazdów elektrycznych w celu ładowania. Te połączenia mogą stanowić niebezpieczeństwo w złych warunkach pogodowych. Istnieje także możliwość wystąpienia iskrzenia podczas podłączania i odłączania ładowarki, co znacznie ogranicza zastosowanie pojazdów elektrycznych w pewnych okolicznościach, na przykład w pobliżu stacji benzynowych i lotnisk [9].

Drugą metodą ładowania pojazdów elektrycznych, która może być uznana za bardziej elastyczną i wygodną, jest ładowanie bezprzewodowe. Ta metoda zaczyna być coraz bardziej interesująca dla takich firm jak Nissan, Tesla, czy BMW. Wykorzystanie indukcyjności wzajemnej dwóch cewek sprawia, że nie występują problemy z iskrzeniem tak jak w metodzie przewodowej. Co więcej, ładowanie bezprzewodowe daje możliwość ładowania samochodu elektrycznego w trakcie jazdy [9].

W artykule zostały przedstawione informacje na temat ładowania przewodowego, bezprzewodowego oraz ich wpływ na sieć energetyczną.

## **2. ŁADOWANIE PRZEWODOWE**

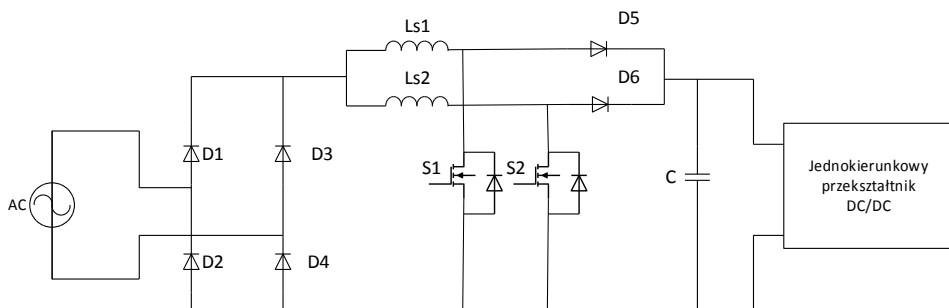
Najpopularniejszym a zarazem najbardziej rozwiniętym sposobem ładowania pojazdów elektrycznych jest ładowania przewodowe, wyróżniające dwa sposoby ładowania: pokładowe (ang. *on-board*) i zewnętrzne (ang. *off-board*). W związku z tym, że ładowanie baterii odbywa się za pomocą energii prądu stałego konieczne jest przekształcenie prądu sinusoidalnego z sieci energetycznej, odbywa



się ono za pomocą dwóch sposobów. W ładowaniu pokładowym prostowanie prądu odbywa się za pomocą prostownika umieszczonego na pokładzie pojazdu. Takie ładowarki występują w opcjach jedno lub trójfazowych, lecz ze względu rozmiar i cenę popularniejsze stały się ładowarki jednofazowe o mocy kilku watów. Alternatywą w stosunku do ładowania pokładowego jest ładowanie za pomocą ładowarek zewnętrznych, która dostarcza do baterii bezpośrednio prąd stały, takie ładowanie przeznaczone są do ładowania szybkiego. Ładowarki zewnętrzne skierowane są do ładowania baterii napięciem o mocy wyjściowej 40–60 kW [10].

Czasy ładowania przy pomocy ładowarek zewnętrznych podawane przez producentów odnoszą się do osiągnięcia 80% pojemności maksymalnej, dalsze ładowanie odbywa się przy zmniejszeniu natężenia prądu, w związku z tym wydłuża się czas ładowania. Naładowanie baterii do całkowitej pojemności okazuje się tak długim procesem że producenci zalecają by zakończyć proces ładowania na 80% pojemności baterii [10].

W technologii ładowania przewodowego wyróżnia trzy topologie ładowarek, każda z nich przedstawia wady i zalety. Podstawową i często używaną przez producentów jest topologia jednokierunkowej ładowarki jednofazowej (rys. 1). Tego typu ładowarki są stosowane ze względu na stosunkowo prostą konstrukcję a co za tym idzie niski koszt takiej ładowarki. Alternatywą dla jednokierunkowej ładowarki jest ładowarka jednokierunkowa wielopoziomowa, zapewniająca ze względu na swoją budowę wewnętrzną niższą zawartość prądu tętniącego. Topologią używaną do ładowania dużych baterii w krótkim czasie są ładowarki trójfazowe dwukierunkowe, co umożliwi przesył energii nagromadzonej w akumulatorach do sieci [11].



Rys. 1. Schemat jednokierunkowej ładowarki jednofazowej [12]

Ładowarki baterii odgrywają kluczową rolę w rozwoju pojazdów elektrycznych, ładowarka musi być niezawodna, wydajna, a zarazem tania, o niewielkiej masie i objętości. Czas ładowania i żywotność baterii są związane z charakterystykami ładowania. Przy zastosowaniu specjalnie zaimplementowanych algorytmów pełniących rolę sterowania ładowaniem, odbywa się sprawdzenie czy prąd użytkowy jest pobierany przy niskich zniekształceniach by zminimalizować ich wpływ na wysoki współczynnik mocy i zmaksymalizować rzeczywistą pobieraną moc. Nowoczesne ładowarki zawierają konwertery podwyższające napięcie do aktywnej korekcji współczynnika mocy (ang. Power Factor Correction, PFC), konwerter rozwiązuje problem właściwego zarządzania ciepłem w mostku diodowym realizującym funkcję prostowniczą ale zwiększa zakłócenia elektromagnetyczne, co stanowi wyzwanie dla sektora zajmującego się kompatybilnością elektromagnetyczną [11].

Organizacje takie jak Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*), Society of Automotive Engineers (SAE) oraz International Electrotechnical Commission (IEC) od lat zajmowały się tym by ustandaryzować wymagania ładowania pojazdów elektrycznych. Najbardziej upowszechnionym standardem stała się norma organizacji SAE J1772 dzieląca poziomy mocy na 6 poziomów z czego najczęściej wykorzystywanymi zostały 3 poziomy [10].

Tabela 1. Poziomy mocy ładowania [11]

	Napięcie	Typ łącza	Moc	Czas ładowania
Poziom 1	120 Vac (USA) 230 Vac (EU)	1-fazowe	1,4 kW 1,9 kW	4–11 godz. 11–36 godz.
Poziom 2	230 Vac (USA) 400 Vac (EU)	1- lub 3-fazowe	8 kW 19,2 kW	2–6 godz. 2–3 godz.
Poziom 3	208–600 Vac/Vdc	DC	50 kW 100 kW	0,4–1 godz. 0,2–0,5 godz.

Poziom pierwszy zdefiniowany dla najniższych mocy użytecznych jest przeznaczony do wolnego ładowania pojazdów realizowanego zazwyczaj w nocy w prywatnych garażach. Ładowanie urządzeń o mocy na poziomie pierwszym nie wymaga dodatkowej infrastruktury. Poziom drugi nazywany trybem półszybkim przeznaczony jest do ładowania pojazdów w wielkich skupiskach czy zakładach pracy. Poziom trzeci realizuje funkcję szybkiego ładowania i zapew-

nia wygodę stosunkowo dużego zasięgu pojazdu, instalowany jest w wielkich skupiskach pojazdów takich jak parkingi czy centra handlowe [10].

Poziomy mocy ładowarek odzwierciedlają moc, czas ładowania, lokalizację, koszt, wyposażenie i wpływ na sieć elektroenergetyczną. Wdrożenie infrastruktury ładowania i zewnętrznego wyposażenia do ładowania samochodu elektrycznego (ang. *electric vehicle supply equipment*, EVSE) jest ważnym czynnikiem ze względu na takie problemy jak czas ładowania, dystrybucja, skala, polityka popytu i procedury regulacyjne. Dostępność infrastruktury do ładowania może być wykorzystana do zmniejszenia wymagań i kosztów związanych z pojemnością akumulatora samochodu elektrycznego [10].

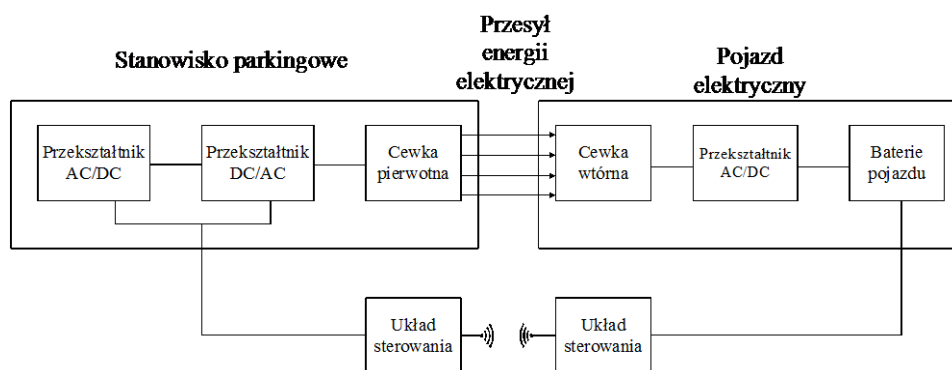
Przewody ładowania, stojaki ładowania, wtyczki, gniazda zasilania, złącza pojazdów i zabezpieczenia są głównymi elementami EVSE. Zwykle występują w dwóch konfiguracjach: specjalistyczny zestaw przewodów i skrzynia naścienne lub skrzynia umieszczona na podwyższeniu. Konkretnie konfiguracje różnią się w zależności od lokalizacji i kraju w zależności od częstotliwości, napięcia, podłączenia do sieci elektrycznej i standardów przesyłu [10].

### 3. ŁADOWANIE BEZPRZEWODOWE

Indukcyjne ładowanie bezprzewodowe (ang. *Inductive Power Transfer*, IPT) opiera się na przesyłaniu energii elektrycznej poprzez indukcję magnetyczną dwóch cewek umieszczonych w dwóch podsystemach. Podsystem znajdujący się pod powierzchnią drogi (ang. *Ground assembly*, GA) odpowiedzialny jest za przekształcenie energii prądu przemiennego pobieranej z sieci energetycznej na energię prądu stałego za pomocą prostownika, następnie za pomocą przekształtnika DC/AC uzyskuje się napięcie sinusoidalne, lecz o wyższej częstotliwości, gdyż częstotliwość zasilania jest zbyt niska, aby połączyć obie cewki i przesłać energię. Drugi podsystem wbudowany jest w podwozie pojazdu (ang. *Vehicle assembly*, VA), najważniejszym elementem tego układu jest cewka wtórna która zasila prostownik oraz baterię pojazdu.

Zasada działania indukcyjnego przesyłu mocy (ang. *Inductive Power Transfer*, IPT) jest bardzo podobna do zasady działania transformatorów. Strona wtórna może być nieruchoma lub ruchoma (np. ładowanie na drodze). Podsystemy są oddzielone szczeliną powietrzną. Odległość między obydwoma systemami zależy od typu pojazdu i jego prześwitu ponadto ważne są również warunki drogowe, takie jak grubość nawierzchni. Optymalnym jest to by szczelna powietrzna

między podsystemami była mniejsza niż 40 cm, co przy dzisiejszych konstrukcjach samochodów z prześwitem na poziomie maksymalnie 0,32 m dla pojazdów typu SUV będzie spełnione. Podsystemy oprócz połączenia poprzez indukcję magnetyczną dwóch cewek powiązane są ze sobą poprzez układy sterowania połączone ze sobą za pomocą bezprzewodowego łącza komunikacyjnego [11].



Rys. 2. Schemat blokowy ładowania bezprzewodowego pojazdu elektrycznego

Poziomy mocy jakie mogą być pobrane z sieci energetycznej za pomocą technologii bezprzewodowego ładowania ustandaryzowano i podzielono na 4 klasy. Klasa WPT1 (Wireless Power Transfer) odnosi się do mocy pobranych przez pojazdy z małymi bateriami oraz pojazdy hybrydowe, moc maksymalna dla tej kategorii wynosi 3,7 kW. Klasy WPT2 oraz WPT3 znalazła najszersze zastosowanie wśród baterii do pojazdów elektrycznych, dzięki najbardziej realnym wartościom przesłanych mocy do ładowania baterii. Ostatnia klasa WPT4 obejmują bezprzewodowy przesył mocy na poziomie 22 kW, co na dzisiejsze realia nie obejmuje zapotrzebowania jakichkolwiek baterii pojazdów elektrycznych. Średni czas ładowania za pomocą technologii bezprzewodowej zależy od wielkości baterii i wynosi średnio od 4 do 6 godzin [13].

Wyraźną zaletą ładowania bezprzewodowego jest wygoda dla użytkownika pojazdu elektrycznego. Zamiast głębokiego rozładowywania akumulatora, można go często podładowywać podczas postoju na parkingu pod domem, w pracy, podczas zakupów, a nawet w trakcie stania na światłach. Możliwe jest również budowanie listew ładujących na autostradach, co umożliwi ładowanie podczas jazdy. Z tego powodu ładowanie indukcyjne może znacznie zmniejszyć potrzebę infrastruktury szybkiego ładowania. Wady obejmują stosunkowo niską sprawność, gęstość mocy, złożoność produkcji, rozmiar i koszt [11]. Biorąc pod uwa-

gę, że oszczędność energii jest ważnym zagadnieniem dla elektromobilności, to dodatkowa strata mocy jest jednym z najważniejszych problemów. Ładowanie bezprzewodowe oprócz zastosowania w ładowaniu baterii pojazdów elektrycznych znalazła również przeznaczenie do ładowania urządzeń elektronicznych takich jak: smartfonów oraz inteligentnych zegarków.

#### 4. WPŁYW SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH NA SIEĆ ENERGETYCZNĄ

Rozwój elektromobilności wiąże się z większą interakcją między sektorem transportowym i systemem elektroenergetycznym (SEE). Pojazd elektryczny musi być traktowany jako nowy konsument SEE. Samochody elektryczne mogą być źródłem problemów związanych z jakością zasilania, niestabilnością napięcia oraz zwiększonym zapotrzebowaniem szczytowym (rys. 3.) [14]. W związku z tym wdrożenie elektromobilności musi wiązać się z analizą punktów widzenia kilku podmiotów: właściciela samochodu elektrycznego, agregatora, właściciela parkingu, na którym znajdują się stacje ładujące, operatora systemu przesyłowego i operatora systemu dystrybucyjnego [39].



Rys. 3. Wpływ samochodów elektrycznych na system elektroenergetyczny

Integracja samochodów elektrycznych z systemem elektroenergetycznym może pomóc zniwelować wcześniej wymienione problemy. Istnieją trzy główne rozwiązania [11, 15]:

- interfejs vehicle-to-home (V2H) – samochód elektryczny dostarcza energię elektryczną ze swojego akumulatora do domowej sieci elektrycznej i odwrotnie,
- interfejs vehicle-to-vehicle (V2V) – dotyczący wymiany energii między samochodami elektrycznymi,
- interfejs vehicle-to-vehicle (V2G) – najbardziej atrakcyjna koncepcja dotycząca handlu i wymiany energii między akumulatorem samochodu elektrycznego a siecią poprzez zarządzanie lokalnym agregatorem. Można zidentyfikować interfejs V2G jednokierunkowy (samochód elektryczny jest traktowany tylko jako obciążenie dla sieci) i interfejs V2G dwukierunkowy (dwukierunkowa wymiana energii elektrycznej pomiędzy samochodem elektrycznym a siecią).

Dwukierunkowy V2G jest bardzo atrakcyjnym rozwiązaniem, ponieważ daje pewne korzyści, na przykład, wsparcie mocą czynną i bierną, możliwość regulacji mocy i większe wykorzystanie odnawialnych źródeł energii [14]. Ponadto, według [16], interfejs V2G inicjuje przejście w kierunku tańszej fotowoltaiki z morskiej energii wiatrowej i zmniejsza zależność od ciągłej produkcji energii. Jest to wynikiem dostosowywania obciążenia samochodów elektrycznych do czasów wysokiej produkcji energii ze źródeł odnawialnych i dostarczania energii z powrotem do sieci, gdy wytwarzanie energii z instalacji fotowoltaicznych jest niskie. Ponadto, wciąż prowadzone są badania dotyczące wdrażania ogniw fotowoltaicznych w pojazdach elektrycznych polegające na ocenie możliwości korzyści tego rozwiązania [14,16-18].

Pomimo wielu korzyści, V2G może również stanowić zagrożenie dla stabilności sieci. Proces ładowania może wpływać na działanie sieci na wiele sposobów, zwłaszcza na poziomie sieci dystrybucyjnej. Istnieją różne wzorce ładowania pojazdów elektrycznych [14,19]. Strategie kontroli ładowania mogą pomóc w ograniczeniu wpływu pojazdów elektrycznych na sieci elektryczne. Niektóre strategie i ich wpływ na sieć zostały opisane na przykład w [16, 20].

Co więcej, wdrożenie interfejsu V2G wiąże się z wyzwaniem dotyczącym optymalizacji i sterowania technikami zarządzania przesyłem energii elektrycznej między siecią a każdym samochodem elektrycznym. Programowanie liniowe

(ang. *linear programming*, LP) i programowanie kwadratowe (ang. *quadratic programming*) służą do optymalizacji przesyłu mocy. Nie nadają się jednak do rozwiązania V2G, ponieważ są ograniczone do celów prostych i liniowych. Z tego powodu testowane są metody programowania nieliniowego (ang. *non-linear programming*, NLP), nieliniowej optymalizacji całkowitoliczbowej (ang. *Mixed Integer Nonlinear Programming*, MINLP), relaksacji Lagrangiana (LR), algorytmów genetycznych (ang. *Genetic Algorithm*, GA) i optymalizacja metodą roju cząstek (ang. *Particle Swarm Optimization*, PSO). Dwie ostatnio wspomniane metody optymalizacji są jak dotąd najbardziej obiecujące [14].

Istnieje kilka projektów i badań związanych z budową stacji ładowania i testowaniem ich wpływu na sieć, trwałość i ergonomię. Politechnika Lubelska i PGE Dystrybucja wspólnie pracują nad budową dwukierunkowej stacji ładowania pojazdów elektrycznych podłączonych do infrastruktury oświetleniowej. Projekt został ogłoszony na konferencji prasowej, która odbyła się 25 maja 2017 r. Korzystanie ze stacji będzie prowadzone na zasadzie otwartej licencji. Rozwiązanie będzie mogło być dystrybuowany i produkowany przez różne podmioty gospodarcze. Prototyp systemu ma zostać ukończony za dwa lata od ogłoszenia. Prace nad projektem zakończą się na początku 2020 r. [21].

## 5. WNIOSKI

Elektromobilność to droga, którą należy podążać. Posiada więcej zalet niż wad, niemniej jednak jej wprowadzanie musi przebiegać rozważnie i ostrożnie, aby wdrożenie dużej liczby samochodów elektrycznych nie spowodowało poważnych problemów dla środowiska i sektora energetycznego.

Mimo, że ładowanie przewodowe jest dobrze znane, to ma pewne wady: konieczność podłączania kabli (możliwość wystąpienia iskrzenia), izolacja galwaniczna elektroniki pokładowej, zwiększona masa i rozmiar ładowarek oraz problemy bezpieczeństwa w wilgotnych środowiskach. Z powyższych powodów zainteresowanie ładowaniem bezprzewodowym rośnie. Ma zalety, takie jak brak odsłoniętych przewodów, gniazd, wtyczek i obaw przed porażeniem prądem elektrycznym w wilgotnym środowisku. Pomimo powyższych zalet ładowania bezprzewodowego, występują problemy z konstrukcją sprzęgaczy magnetycznych o lepszej tolerancji niewspółosiowości, wysoką sprawnością z maksymalną zdolnością przesyłu mocy, zmniejszeniem złożoności techniki kontroli ładowania i utrzymaniem strumienia upływu w granicach limitów bezpieczeństwa [22].

Jeżeli wszystkie zainteresowane strony będą nadal dostarczały cenne informacje i wyniki badań w zakresie integracji samochodów elektrycznych z systemem elektroenergetycznym, to jednym z ważnych kroków, które należy wciąż wykonywać, jest modelowanie i obliczanie wskaźników niezawodności. Niezawodność jest jednym z najważniejszych aspektów systemu elektroenergetycznego, dlatego do dokładnej oceny wpływu samochodów elektroenergetycznych na sieć dystrybucyjną potrzebne są obliczenia wskaźników SAIDI, SAIFI, CAIDI i CAIFI [23].

Niewystarczająca infrastruktura służąca do ładowania samochodów elektrycznych znacznie utrudnia ich rozwój i wpływa na ich popularność. Skuteczne rozmieszczenie stacji ładowania w mieście i na obrzeżach miast stało się pilnym problemem, który wymaga wielu badań polegających na analizowaniu dotychczasowego stanu rzeczy oraz przeprowadzaniu symulacji różnych scenariuszy dalszego rozwoju rozmieszczenia ładowarek [24].

Samochody elektryczne to stosunkowo nowa technologia o znacznym potencjale redukcji emisji dwutlenku węgla [25]. Strategie minimalizacji emisji dwutlenku węgla poprzez strategiczne ładowanie w różnych porach dnia nie zostały dokładnie zbadane. Aby zidentyfikować możliwości minimalizacji emisji z użytkowania pojazdów elektrycznych potrzebne są ciągle badania w różnych regionach świata.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Martínez-Lao J, Montoya FG, Montoya MG, Manzano-Agugliaro F. Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2017;77: 970–83
- [2] Lokesh BT, Hui Min JT. A Framework for Electric Vehicle (EV) Charging in Singapore. *Energy Procedia* 2017;143: 15–20
- [3] Chudy A. The review of selected electrical energy storage techniques. *IAPGOŚ* 2019;9(1): 23–8
- [4] van Mierlo J. The World Electric Vehicle Journal, The Open Access Journal for the e-Mobility Scene. *WEVJ* 2018;9(1):1
- [5] González LG, Siavichay E, Espinoza JL. Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2019;107:309–18
- [6] Model 3 Tesla. [16.06 2019]; <https://www.tesla.com/model3>



- [7] Wager G, Whale J, Braunl T. Driving electric vehicles at highway speeds: The effect of higher driving speeds on energy consumption and driving range for electric vehicles in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016;63:158–65
- [8] Sustainable Mobility Initiative | Transportation Research | NREL. [16.06.2019]; <https://www.nrel.gov/transportation/sustainable-mobility-initiative.html>
- [9] Machura P, Li Q. A critical review on wireless charging for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2019;104:209–34
- [10] Czyż P., Cichowski A. Przegląd systemów ładowania elektrycznych osobowych pojazdów i koncepcja dwukierunkowej ładowarki pokładowej. *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej* 2017(57):11–6.
- [11] Yilmaz M, Krein PT. Review of the Impact of Vehicle-to-Grid Technologies on Distribution Systems and Utility Interfaces. *IEEE Trans. Power Electron.* 2013;28(12):5673–89
- [12] Musavi F, Edington M, Eberle W, Dunford WG. Evaluation and Efficiency Comparison of Front End AC-DC Plug-in Hybrid Charger Topologies. *IEEE Trans. Smart Grid* 2012;3(1):413–21
- [13] Kesler M. Wireless Charging of Electric Vehicles. In: 2018 IEEE Wireless Power Transfer Conference (WPTC). IEEE; 2018 - 2018, 1–4
- [14] Marra D., Rizzo G., Shafie-khah M., Siano P., Tiano F. A. (eds.). Vehicle electrification: A further variable toward integrated intelligent energy systems. 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe); 2017
- [15] Tiano FA, Rizzo G, Marra D. Design and Optimization of a Charging Station for Electric Vehicles based on Compressed Air Energy Storage. *IFAC-PapersOnLine* 2018; 51 (9):230–5
- [16] Liebl J. Netzintegration der Elektromobilität 2017: Mobilitätswandel konsequent entwickeln - 2. Internationale ATZ-Fachtagung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2017
- [17] Chmielewski A, Szulim P, Gregorczyk M, Guminski R, Mydlowski T, Maczak J. Model of an electric vehicle powered by a PV cell — A case study. In: 2017 22nd International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR). IEEE; 2017, 1009–1014
- [18] Tie SF, Tan CW. A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013;20:82–102
- [19] Speidel S, Braunl T. Driving and charging patterns of electric vehicles for energy usage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2014;40:97–110

- [20] Yang L, Zhang J, Poor HV. Risk-Aware Day-Ahead Scheduling and Real-time Dispatch for Electric Vehicle Charging. *IEEE Trans. Smart Grid* 2014;5(2):693–702
- [21] Ładowanie pojazdów elektrycznych będzie dostępnejsze, szybsze i tańsze | Politechnika Lubelska. [16.06.2019]; <https://www.pollub.pl/pl/news/get/id/6888>.
- [22] Ravikiran V. Review on Contactless Power Transfer for Electric Vehicle Charging. *Energies* 2017;10
- [23] Green RC, Wang L, Alam M. The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks: A review and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011;15(1):544–53
- [24] Sun Z, Gao W, Li B, Wang L. Locating charging stations for electric vehicles. *Transport Policy* 2018
- [25] Hoehne CG, Chester MV. Optimizing plug-in electric vehicle and vehicle-to-grid charge scheduling to minimize carbon emissions. *Energy* 2016;115:646–57.

## **SIGNPOST TRAVEL PROJECT. INTEGRATION WITH SALESFORCE VIA STANDARD AND CUSTOM API**

### **1. MOBILE DEVELOPMENT**

Mobile platform is a great environment for portable but powerful programming solutions and applications. Mobile devices provide wide range of possibilities and functions to make application useful. As for me, one of the most important advantage of mobile platform is, well, mobility. User doesn't need to look for any specific place and conditions, because all digit power is in his pocket. Besides mobile devices have number of additional benefits such as location determining system, contactless payment, phone calls and so on.

Mobile application can be offline, internet-required or both at the same time. Offline programs save all necessary data locally binding it to current mobile device. Internet-required applications, in most cases, provide possibility to create a profile and save data on a remote storage. User has access to his information from any device where application is installed and user sign in his profile.

Remote storage is a server with database and API system to control it. Mobile application makes requests to certain API endpoint to execute necessary programming logic. It could be changes to database, data access or broadcast notifications. Server takes request, handle it regarding the endpoint and send back the response.

So, combination of mobile native feature with remote data storage and control provide wide range of possibilities for developer invent and implement powerful, useful applications to make user life easier and more productive.

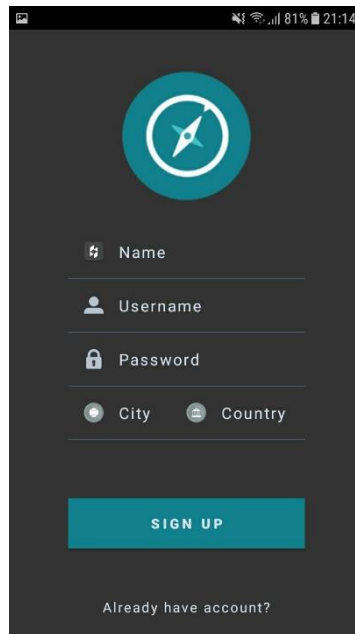
### **2. SIGNPOST TRAVEL PROJECT**

Signpost Travel is a mobile application for constructing and sharing geographical routes. It provides offline route navigation and geographical objects

---

<sup>1</sup> Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

search. Also, there is a user to user subscription system. There is a requirement of creation user profile to use the app. User registration form is represented at fig 1. The main goal of this project is facilitating geographic route construction and navigation.

The image shows a mobile application registration form for 'Signpost Travel'. At the top, there is a teal circular logo with a white compass needle. Below the logo, the form consists of several input fields: 'Name' with a lightning bolt icon, 'Username' with a person icon, 'Password' with a lock icon, and 'City' and 'Country' with location pin icons. A teal 'SIGN UP' button is positioned below these fields. At the bottom, there is a link that says 'Already have account?'. The background is dark grey, and the status bar at the top shows signal strength, Wi-Fi, 81% battery, and the time 21:14.

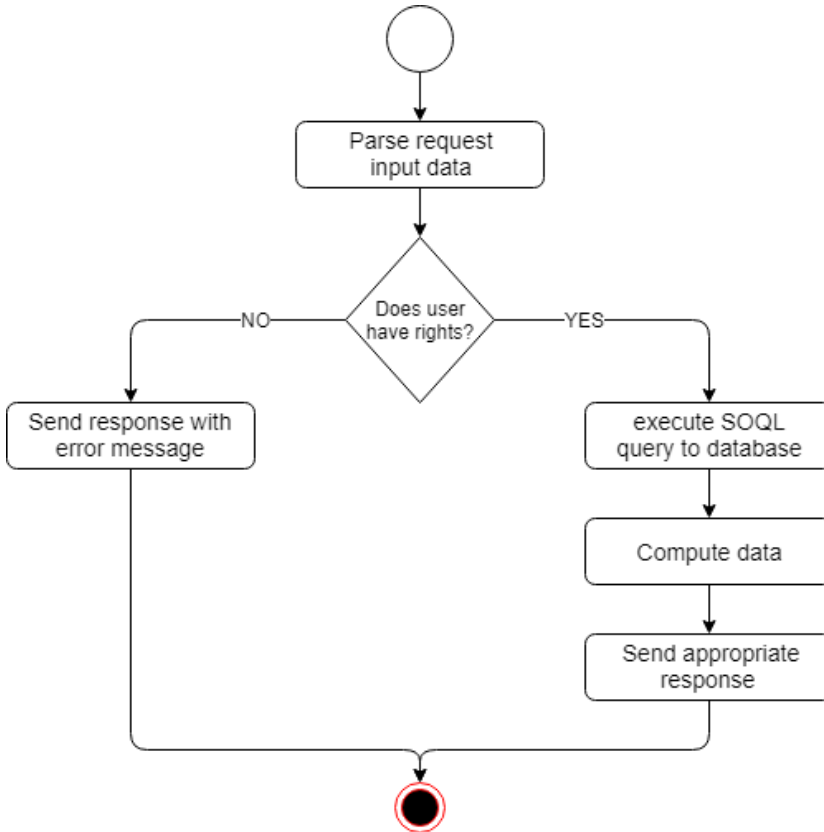
*Fig. 1. Profile registration form of mobile application “Signpost Travel” [1]*

This application is developed for Android operation system 6.0 or higher. It was written with java programming language, using native android features such as location determining system, notification preferences, local file storage and SQLite database.

Server side is located on cloud CRM platform SalesForce. It consists of SOQL database for user data and REST API system controllers which were written with APEX programming language. Also, there are APEX-Tests to provide reliability and security of the system.

Mobile application interacts with server by making requests of certain type (GET, POST, PUT, DELETE) to REST API system endpoints. Every endpoint controller stands for certain implementation of database control or access. Request should contain headers with user security token to identify the requestor and his data access level. For example, since application appreciate use rights for

confidential, there is a possibility to create private routes. They are unavailable in subscription updates and in search system. A diagram with controller workflow is represented at fig 2.



*Fig. 2. Diagram with controller workflow*

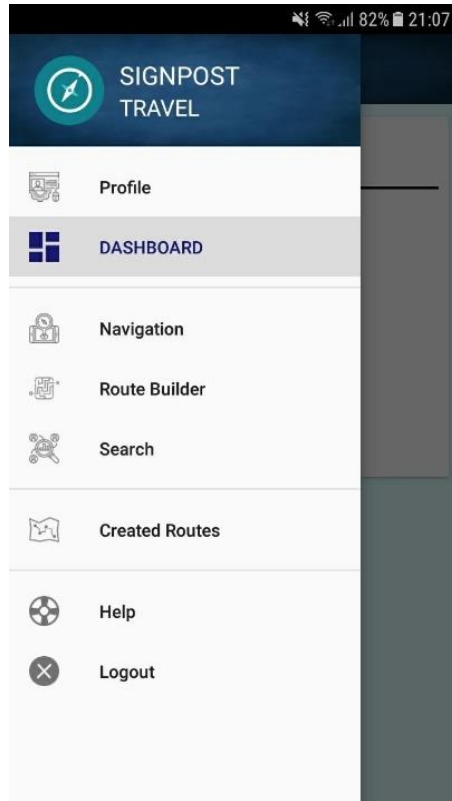
In general, REST API system workflow consist of following steps:

- controller gets a request and parse it header parameters, url parameters and body value;
- then it validates user security token. If token is invalid, the appropriate error message is made and response is sent back to the client;
- if security token is correct, controller execute SOQL request to database and process the receiving dataset;
- controller make an appropriate response and send it back to the client.

“Signpost Travel” mobile application has eight units. Navigation panel is represented at Fig 3 and consist of the following items:

- profile unit contains user information, list of routes allowed for public access, list of followers and subscriptions. Also, this page provides functions for control subscriptions;
- dashboard is a place for notification and updates from subscription system;
- navigation unit provide location determining functionality and satnav support for locally saved route; This unit required allowed location permission and switch on GPS mode. Application tracks device current position and shows it on a map. User may switch this functionality off if he wants so.
- route builder unit is a separate module within application. It provides features for creating a route, searching for geographical objects in the world and short statistic calculations regarding route segment distance. Route builder workspace is represented at Fig 4 and segment statistic example is represented at Fig 5;
- search unit implemented searching for users and routes with public access in a system by their name; List element implemented two different “view adapters” to show results of both type.
- created routes unit display all routes created by current user. Taping on route card opens detail page with comment section and map. Also, this page provides control elements for downloading offline version of the route; Information model of such route is stored in JSON format in a file system with private application access. Map fragment for route is provided by Mapbox [2] service and saved with route information model. Map fragmentation by route waypoints reduce application size and save user`s free space in memory card. Statistic and preview information is stored in local database.
- help section open dialog with base application information and customer support team`s email;

- logout item clear user session and delete all locally saved application data. Connection module is responsible for this logic as well as for sign in. This module interacts with one server-side REST API endpoint but make requests of two different types. POST request creates a new user session and provide fresh security token. DELETE request removes certain session and make appropriate token invalid.



*Fig. 3. Navigation panel of mobile application “Signpost Travel” [1]*

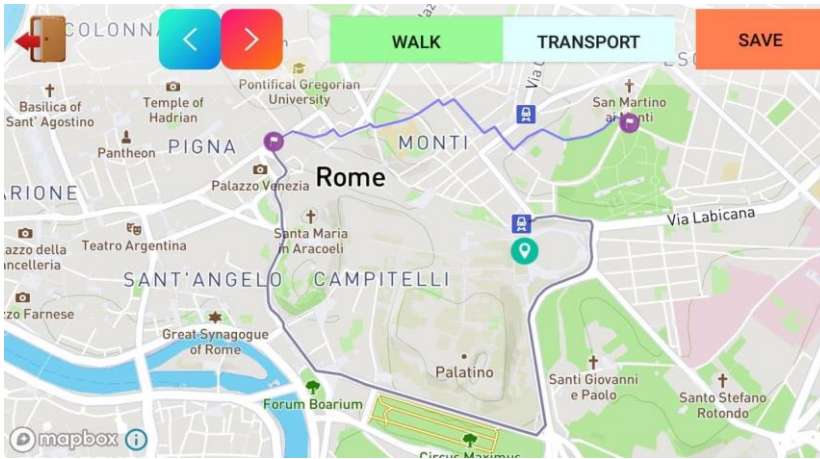


Fig. 4. Route Builder module workspace [2]

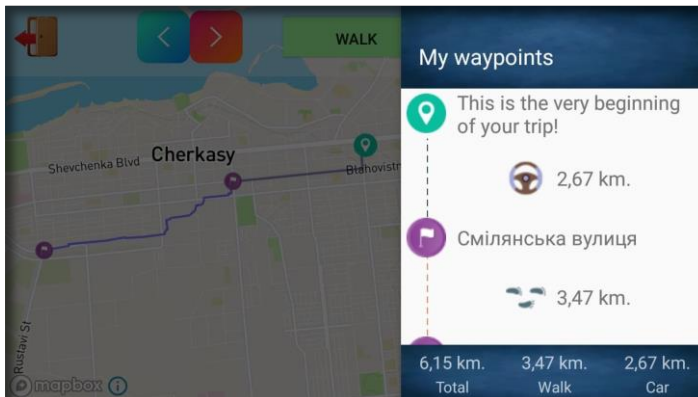
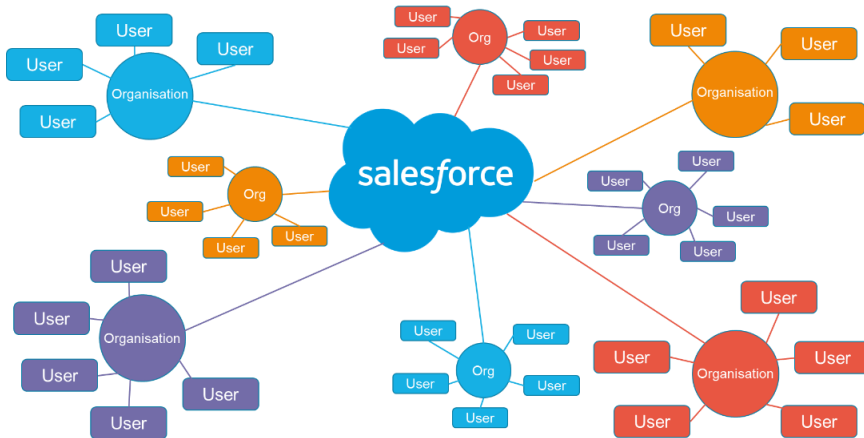


Fig. 5. Route statistic and waypoint panel [2]

### 3. CRM PLATFORM SALESFORCE

SalesForce [3] is a CRM system for customer and client relationship management. It allows to control relationship with current clients and keep close potential ones. This system helps to track data which associated with all activities on server or mobile application. Also there are a lot of features which helps teams collaborate within workspace or with third-party teams. SalesForce work with a lot of personal user and client data, so the first-priority object for the Platform is security. It is achieved by data access levels and dozens of permissions. All of this are configured by system administrator or other user with appropriate permissions.





*Fig. 6. SalesForce structure schema*

Fig. 6. represents the schema of SalesForce structure. The Platform consists of organizations (orgs). Every org has number of users with different data access level and permissions. Users work with standard and custom application, manage data via that apps and do all the job he was hired for. They may work together or even don't know about each other.

SalesForce provides many out-of-box tools and services for automation and optimization business flow and integration with third-party applications and programs. At the same time, it gives developers possibility to create and implement their own apps and solutions. These applications are executed in SalesForce cloud. Such approach has number of benefits:

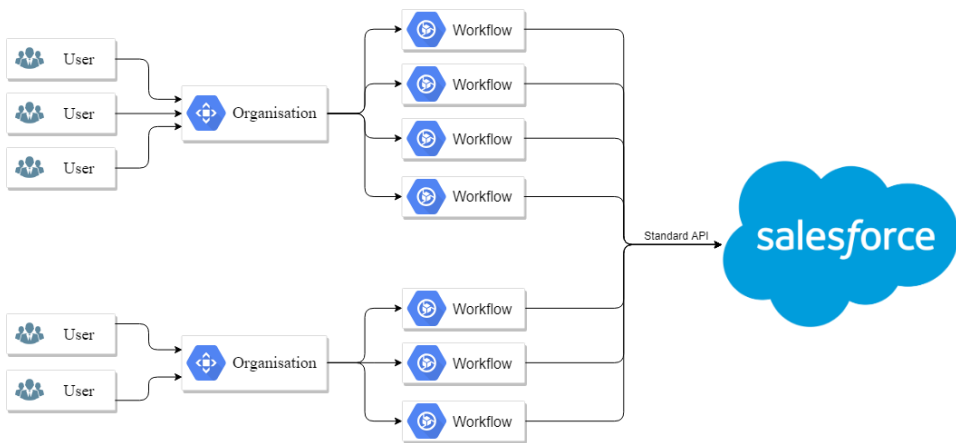
- developer doesn't worry about hardware limits or features;
- applications are accessible not only within SalesForce platform.

SalesForce has its own programming language called APEX. This is a strictly typed language similar to Java. It is used to interact with the Platform APIs, manage database, handle the Platform events and react to user activities. APEX react on all kind of events in a system and execute appropriate workflow process. For custom application or customized standard functionality, a developer should bind event and handler by himself.

Events in SalesForce are dependent on a context, which is required by the Platform to execute the right processing of workflow at its own cloud storages. Each event refers to a specific workspace and a specific user in that space. To achieve this, SalesForce provides an authorization system where user must sign in with his personal credentials. After login, the Platform signs the user with

unique identifying token. It used to determine who started an event. Fig. 7 represents the schema of event creation. With this information, Salesforce provides to developer the possibility to control workflow using APEX.

Nevertheless, APEX is just a convenient wrapper to deal with a real Salesforce power. All work happens in a cloud and we need a way to interact with it. The Platform provides a standard API to work with. Developer may use them directly, using any convenient programming solutions [4] or via APEX standard implementations. Both cases will send a request to Salesforce cloud for further processing.



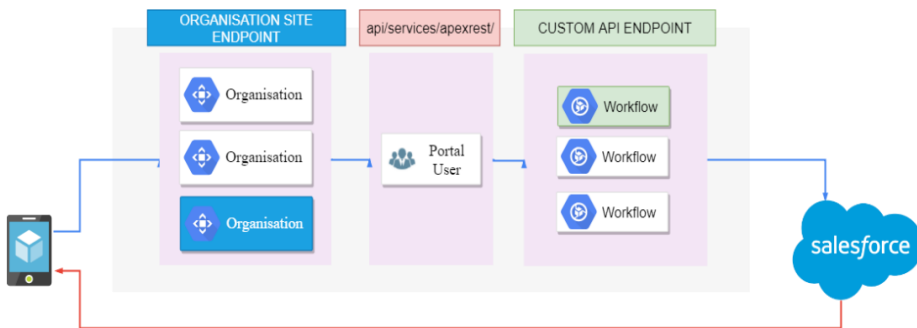
*Fig. 7. A schema of event creation by registered user*

SalesForce cloud handle all requests from all existing orgs. The Platform divides all requests into three parts. First part stands for an org unique domain. It determines the workspace that have send the request. Second part on of two following flags:

- /services/data/ – indicates to the Platform to use standard workflows;
- /services/apexrest/ - indicates to the Platform to use custom apex rest api system.

Third part of the request is an endpoint. It determines the controller which the Platform should execute. The specific workflow at that controller is determined by the type of request regarding to representational state transfer convention [5]. Mostly, controller handle only one type but sometimes it may implement several ones.

So, to summarize everything. The Platform takes a request and determining an organization by org domain. Then it looks to the flag part and understands what to use: standard solutions or custom ones. And finally, it looks to endpoint and figure out the controller to do all job. Schema of this process is represented at Fig 8.



*Fig. 8. A schema of processing a custom api request*

But what if developer need to give access to data for not-registered customers? The good example of such case is “Signpost Travel” project. It consists of a mobile application and Salesforce organization with custom REST API system. Not all users of mobile application are the members of development team. So, they don’t have access to Salesforce “Signpost Travel” organization but they need access to their data on that organization. And at the same time all events and actions at the Platform should be signed with user security token. For such cases Salesforce platform invented the Portal User. This is a generalized wrapper to mark all unregistered user who make request to Salesforce. This works only with custom REST APIs.

In such case, developer implements custom REST API system. It consists of APEX controllers and used only with “Sites” Salesforce feature [6]. This change the request a bit. So, first part of request contains a Sites domain name, not organization one. Nevertheless, the Platform understand what organization it belongs to. Because all domain names are unique within Salesforce. Changings in first part of request URL happens to indicate to the Platform to use Portal Users instead of trying to find registered one. The complete schema of this process is represented at Fig 9.

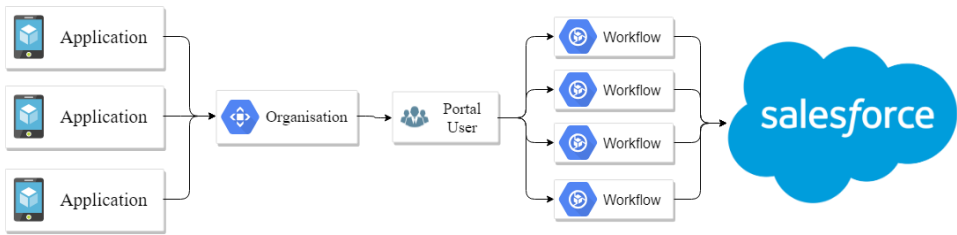


Fig. 10. A schema of event creation by Portal User

Best and mostly practice with Sites and Portal Users is show small demo information and propose to make registration in the org. And then customize permission and access level for such group of users. But “Signpost Travel” project comes further. I create a REST API system with controllers and services to give Portal Users possibility to manage data they created. Of course, there are a lot of data security implementations there. E.g the following code assign and delete Portal User`s custom security tokens.

```
@RestResource (urlMapping='/v1/connection')
global class ConnectionAPI {

    @HttpPost
    global static void loginUser() {
        RestResponse response = RestContext.response;
        response.headers.put('Content-Type', 'application/json');

        Map<String, Object> requestMap = (Map<String, Object>) JSON.deserializeUntyped( RestContext.request.requestBody.toString() );
        String username = String.valueOf( requestMap.get(ConnectionService.LOGIN_PARAM) );
        String userpwd = String.valueOf( requestMap.get(ConnectionService.PWD_PARAM) );

        User__c user = UserUtils.getUserByLoginInfo(username, userpwd);
        response.responseBody = ConnectionService.loginUser(user);
    }
}
```

```

@HttpDelete
global static void logoutUser() {
    RestResponse response = RestContext.response;
    response.headers.put('Content-Type', 'application/json');

    Map<String, Object> requestMap = (Map<String, Object>) JSON.deserializeUntyped( RestContext.request.requestBody.toString() );
    String token = String.valueOf( requestMap.get(APIService.USER_TOKEN_PARAM) );

    response.responseBody = ConnectionService.logoutUser(token);
}
}

```

The most interesting part here is management of two requests of different types under one endpoint. **@RestResource(urlMapping= '/v1/connection')** annotation determines the name of endpoint in REST API system. Connection-API controller provide workflow for creating and deleting of Portal User security token. It executes `loginUser()` method when get request of type POST. The line with **@HttpPost** annotation indicates this to Salesforce platform. As well as **@HttpDelete** indicates to Salesforce to execute `logoutUser()` method on request of type DELETE. Rest implementation is quite simple. We just get parameters value from request and call service methods to do all necessary job. Then make a response and send it back to requestor.

Next code example is a part of route management system. This controller contains a part of user permission security. It validates the user access level.

```

@RestResource(urlMapping='/v1/georoute/save')
global class GeoRouteAPISaveRoute {
    @HttpPost
    global static void postNewRoute(){
        RestResponse response = RestContext.response;
        response.headers.put('Content-Type', 'application/json');
    }
}

```

```
User__c requestor = UserUtils.getUserByToken( RestCon-
text.request.headers.get(APIService.USER_TOKEN_PARAM) );
if(requestor == null){
    response.statusCode = APIService.STATUS_CODE_ERROR;
    response.responseBody = APIService.buildGeneralResponse(
APIService.STATUS_CODE_ERROR, 'Invalid Session ID' );
    return;
}
RouteDTO route = (RouteDTO)
JSON.deserialize(RestContext.request.requestBody.toString().trim(), Rout-
eDTO.class);
response.responseBody = GeoRouteApiService.saveRoute(route, requestor);
}
}
```

The most interesting part here is line with following code.

```
User__c requestor = UserUtils.getUserByToken( RestCon-
text.request.headers.get(APIService.USER_TOKEN_PARAM) );
```

This part of code calls service class to find user in a system with appropriate security token. If such user doesn't exist, the result of searching will be *null*. All business logic is hidden under service classes, but the most important here is a result. We validate it with following part of code.

```
if(requestor == null){
    response.statusCode = APIService.STATUS_CODE_ERROR;
    response.responseBody = APIService.buildGeneralResponse(
APIService.STATUS_CODE_ERROR, 'Invalid Session ID' );
    return;
}
```

If no user exists with such security token (the search result is *null*) we make appropriate error message and send it back to the requestor. This is basic and first security level to restrict access for environment outside the “Signpost

Travel” project. And this is really required security precaution to make custom REST API system safe.

When controller done and passed all tests it become ready to use outside the organization workspace. In my case I just implemented the helper service classes in my mobile application and then make HTTPS requests to appropriate URL address of organization custom REST API system.

## **REFERENCES**

- [1] <http://www.iconninja.com/citycons-compass-way-icon-961>, (access: 27.05.2019)
- [2] <https://www.mapbox.com/> (access: 27.05.2019)
- [3] <https://www.salesforce.com/> (access: 27.05.2019)
- [4] [https://developer.salesforce.com/docs/atlas.enus.api\\_rest.meta/api\\_rest/quickstart.htm](https://developer.salesforce.com/docs/atlas.enus.api_rest.meta/api_rest/quickstart.htm) (access: 27.05.2019)
- [5] <https://restfulapi.net/> (access: 27.05.2019)
- [6] [https://help.salesforce.com/articleView?id=sites\\_setup\\_overview.htm&type=5](https://help.salesforce.com/articleView?id=sites_setup_overview.htm&type=5) (access: 27.05.2019)

## **BRGS. DATA INTEGRATION AND VISUALIZATION USING SQL SERVER SERVICES**

### **1. ETL PROCESS**

ETL process is used to get data from single or different sources, to transform it if this is needed and to load data to a single destination. These three functions are combined in a powerful process called ETL.

In this process “E” stands for “Extract”, “T” stands for “Transform” and “L” stands for “Load”. According to this process, firstly all data should be collected from one or multiple sources (databases like MS SQL Server, PostgreSQL, MySQL, etc; files with extensions like TXT, CSV, EXCEL; XML; FTP and others) [1]. Then this information is transformed using ETL tools. In this process can be such transformations as:

- data flow validation;
- data cleaning;
- filtering (just selecting the columns that are needed);
- data types conversion, etc.

Then cleared and transformed data is loaded into the destination (data warehouse). The data is loaded to the data warehouse where all data is collected in a one place. After that this data can be useful for many processes, for example, data visualization and reporting [2]. This process is shown on the fig. 1.

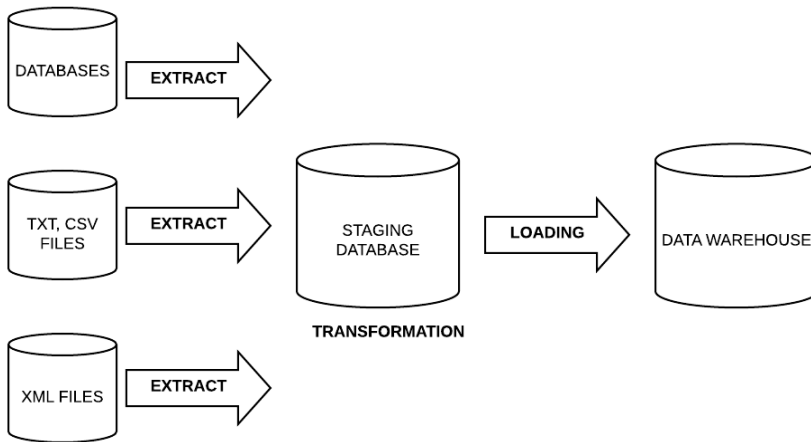
ETL process is very important nowadays because ETL [3]:

- allows business users to analyze data when some business decisions take place;
- allows the data to be loaded from different sources into a data warehouse;
- can perform really difficult transformation process;
- allows to change data format and types to one consistent system.

---

<sup>1</sup> Cherkasy National University, Cherkasy, Ukraine





*Fig. 1. ETL process*

## **2. BATCH REPORTS GENERATION SYSTEM (BRGS)**

BRGS is a very useful system for users, especially for business customers that have a lot of data to work with. This system displays the information about products for every customer. The information is shown in batches as PDF reports for the scheduled date and time. Basically, the idea of batch report generation system is the following:

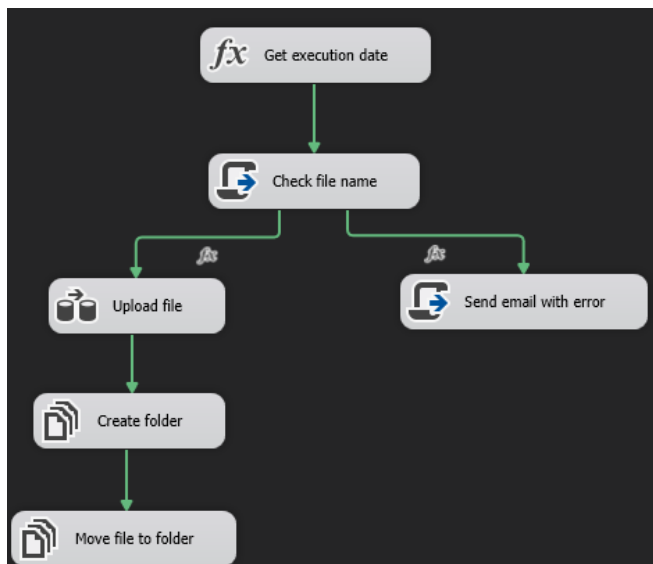
The user needs to create one or several input files. In this project these files have to be in CSV (comma-separated values) format (picture 2). In this file (or files) user should specify last names and first names of all customers about whom he wants the information to be shown and dates range for the report period. As a result, there will be information about products of this customer during the specified period of time. In general, user can enter, for example, 10 different last names, first names and date ranges. But there is an important note that all these values should be separated by tabs because of the file format (CSV).

```
1 CustomerLastName|CustomerFirstName|DateFrom|DateTo
2 Rivera|Susan|2018-01-01|2018-03-03
3 Lee|Beverly|2018-02-10|2018-02-20
4 Harris|Alice|2018-02-12|2018-03-05
5 Stokes|Danny|2017-01-01|2018-01-01
6 Johnson|Elena|2018-02-02|2018-02-04
7 Reed|Sue|2018-03-10|2018-03-12
```

*Fig. 2. Input file*

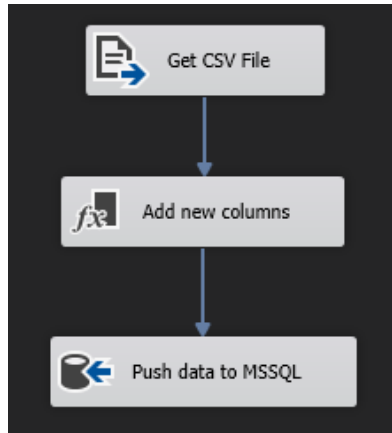
Then this file is processed using SSIS technology. In this case SSIS project consists of two packages – for uploading table with values to the database and for generating reports.

In the first SSIS package the process will go through the specified folder and get all files from there. Firstly, the file name will be checked and if it does not suit the specified template then this file will be treated as an error file. If file is treated as an error, then this file will be send to the user via e-mail because the file should match the template (fig. 3).



*Fig. 3. Processing input file*

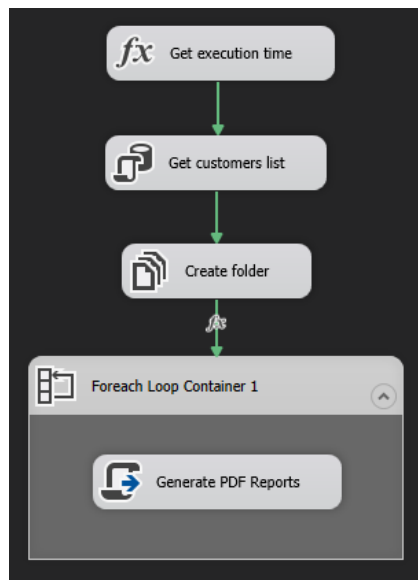
If everything is ok and there are no error files, then every file that user created will be uploaded into SQL Server database. It means that on this phase the file will be processed and all entered data will be uploaded into SQL Server database in the separate table (fig. 4).



*Fig. 4. Loading data to the database*

Then the process should create the folder (if it does not exist) where the input file will be moved. It will be just one folder for all input files.

After that, the second package will be run in SSIS (fig. 5). This package gets customers list from the database where all input data was pushed in the previous steps.



*Fig. 5. Generating PDF reports*

Then the process should create the folders where the reports will be stored. In this workflow, there will be a separate folder for every input file that will be named using such a template: “Customers\_today date\_today time”.

Next, there will be the most interesting step. In this step the reports will be generated in foreach loop container. Here will be used connection between SSIS and SSRS. Using generated link, reports will be generated connecting with SSRS Server and receiving all needed data. Then these reports will be stored in the previously created folders. So, for every customer that was entered in the input file the separate report will be generated in a PDF format. That is why this project is called batch reports generation system. The example of the report for one customer is displayed on fig. 6.

	Product	Amount
<b>First courses</b>		
	Soup with mushrooms	1
<b>Salads</b>		
	Vegetable salad	1
<b>Second courses</b>		
	Fried potatos	1
<b>Sweet</b>		
	Chocolate bomb	5

*Fig. 6. Report for one customer (Elena Johnson)*

Using SSRS, the report was created, showing first name of the customer, last name, products of this customer and amount of products. After reports were created, people can see information about products for every customer separately. The folder with all reports is displayed on fig. 7.

After that, this process can be automated and scheduled if, for example, people want to receive these reports via e-mail weekly or daily in the specified time. For this purpose two approaches can be used:

- standard SSRS delivery;
- the combination of SSRS and SSIS.

Name	Date modified	Type
Harris_Alice	3/17/2019 8:40 PM	PDF File
Johnson_Elena	3/17/2019 8:40 PM	PDF File
Lee_Beverly	3/17/2019 8:40 PM	PDF File
Reed_Sue	3/17/2019 8:40 PM	PDF File
Rivera_Susan	3/17/2019 8:40 PM	PDF File
Stokes_Danny	3/17/2019 8:40 PM	PDF File

*Fig. 7. Folder with all reports*

In this case the first approach was chosen. Standard SSRS delivery sends PDF reports automatically. All that is needed is just to specify days and time when the e-mail will send and to whom it will be send.

In conclusion, batch reports generation system can help people to generate reports with necessary information for the specified customers in batches. These reports can be generated automatically and save time for people. Especially it can be helpful for the business users that work with a big amount of data. Using combination of SQL Server as database, ETL process, SSIS and SSRS technologies and scheduling jobs, the system can be created. This system allows to create any amount of input files, to handle errors, to generate reports and to send them to the people that need them via e-mail or via shared folder. It could not been done in a such way without using ETL process and everything that it consists.

### 3. DATA MODEL

One of the important thing for this project is data model. The data model shows what tables were used, what columns they have and how they are connected. This step is very useful in the very beginning of creating project. The data model for this project consists of such tables as: “Customers” (information about all customers), “CustomerProfessions” (information about their professions), “ProductTypes” (the types of the products), “CustomerPurchases” (the purchases that customers made) and “Products” (all products that customers can use). The relationships between tables you can see on the picture 8. Also there is a separate table called “CustomersParameters” (parameters of the customers) for storing data from input file with such columns: ID, CustomerLastName, CustomerFirstName, DateFrom, DateTo and ErrorMessage.

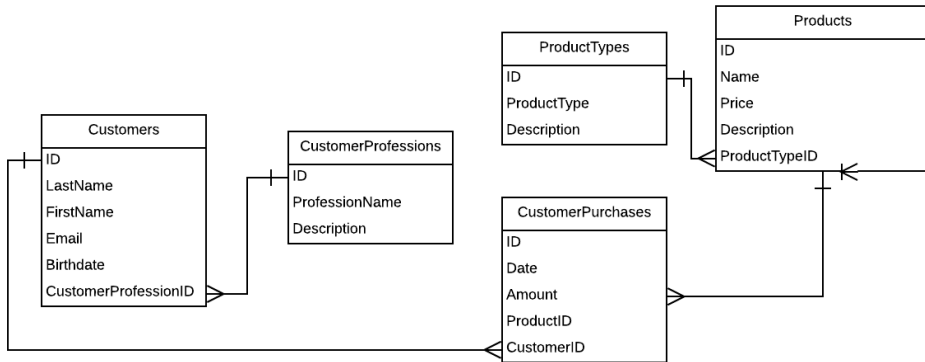


Fig. 8. ER diagram

#### 4. ETL TOOLS

After data model is created, the SSIS (SQL Server Integration Services) integration can be used. In general, SSIS integration means “transform” part from ETL process. It can be done using other tools but SSIS is great in combination with SQL Server database and SSRS. SSIS architecture consists of such parts as: control flow, data flow, event handlers, parameters and precedence constraints (fig. 9). Basically, SSIS project consists of different packages and every package has different types of tasks that are displayed in a flow and resembles an algorithm [4].

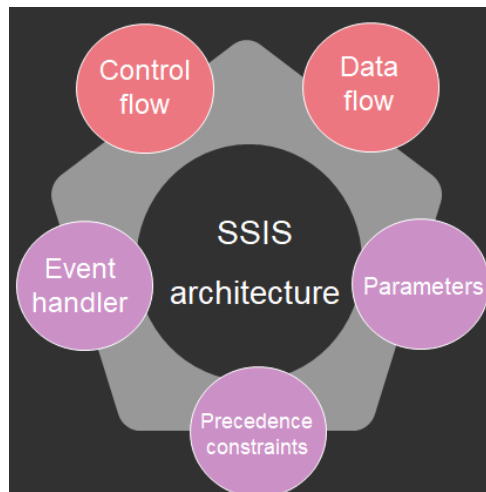


Fig. 9. SSIS architecture

Control flow is a flow that describes the general process that will be run. It includes work with files, loops, script tasks that user writes himself using C# language, etc.

Also control flow contains data flow task that has more subtasks inside. Data flow deals with data and uses ETL process. Event handlers are like the actions that will be done when some events happens. It can be very helpful regarding work with error files and logging information.

Parameters are used in SSIS project in order to store values that are like global variables and are available in the whole project. Also parameters are useful when there is a deployment process.

And, finally, precedence constraints are just connections between control flow tasks and data flow tasks that can have different types. All tasks are connected somehow and these connections points to the different results – success, failure or completion. Also expressions can be added to these precedence constraints. In this project, in general SSIS is used to upload data from input file to the database, to create folders for the output and to generate PDF reports in batches to those folders for the customers that satisfy conditions from the input file.

In order to generate PDF reports with information for every customer, SSRS (SQL Server Reporting Services) needs to be used. This technology is used if people need different kinds of the reports. SSRS can create different reports based on the specified data source (from which data should be taken), data set (the query that will be used for the report) and a report that is a visualization of the results. Then this report is deployed to the SSRS server and can be seen using a link to this report. SSRS server can be configured in a such way that not all people are allowed to view or use the reports. So, using SQL Server with all needed data the query was written in order to choose first name, last name, profession, product and amount of products for the needed customers [5].

```

SELECT customer.LAST_NAME,
       customer.FIRST_NAME,
       customer_professions.PROFESSION_NAME,
       purchases.AMOUNT,
       purchases.DATE,
       product.NAME,
       product.PRODUCT_TYPE
FROM dbo.CUSTOMERS AS customer
INNER JOIN dbo.CUSTOMER_PROFESSIONS AS customer_profession ON customer_profession.id = customer.customer_profession_id
INNER JOIN dbo.CUSTOMER_PURCHASES AS purchases ON purchases.customer_id = customer.id
INNER JOIN dbo.PRODUCTS AS product ON product.id = purchases.product_id
INNER JOIN dbo.PRODUCT_TYPES AS product_type ON product_type.id = product.product_type_id
WHERE customer.LAST_NAME = @CustomerLastName
      AND customer.FIRST_NAME = @CustomerFirstName
      AND purchases.DATE BETWEEN @DateFrom AND @DateTo

```

*Fig. 10. Link to the report in SSRS*

After that, when SSIS and SSRS should be connected, the method that works with HTTP web request and HTTP web response was written in SSIS. And we need to use URL that will consist of the server path name where the report is saved, link to the report, parameters for the report and needed format – PDF (picture 11). After the link was generated, it can be inserted in the method in SSIS using C# language. Then for every report the link will be generated and this report will be downloaded to the specified folder.

```

string url = String.Format("{0}://{1}&CustomerLastName={2}&CustomerFirstName={3}&DateFrom={4}&" +
    "DateTo={5}&rs:Format=PDF"
    , Dts.Variables["$Project:pSSRSServerPath"].Value.ToString()
    , Dts.Variables["$Project:pSSRSCustomersReportPath"].Value.ToString()
    , Dts.Variables["User:last_name"].Value.ToString()
    , Dts.Variables["User:first_name"].Value.ToString()
    , Dts.Variables["User:date_from"].Value.ToString()
    , Dts.Variables["User:date_to"].Value.ToString()
);

```

*Fig. 11. Link to the report in SSRS*

In order to make this process more comfortable, the scheduled job was created by which these reports will be generated. It can be done using a standard SSRS delivery or SSIS. The first case was used when we just specify e-mail addresses, folders for file and days and time when the reports will be generated. For example, it can be generated only for week-days, for week-ends or for every day. But using SSIS instead of SSRS delivery, we can create scheduled jobs that have much more features. For example in this case we can rename file after



generating report or we can choose days for scheduling in a more flexible way. Then the file can be saved in the shared folder or can be send to the people via e-mail [6].

So, standard SSRS delivery includes:

- windows file share (fig. 12);

The screenshot shows the 'Delivery options (Windows File Share)' configuration panel. It includes the following fields and options:

- File Name:** A text input field containing 'Customers Report'.
- Add a file extension when the file is created**
- Path:** A text input field containing '\\Customers'.
- Render Format:** A dropdown menu set to 'PDF'.

Fig. 12. Delivery options (Windows File Share)

- e-mail (fig. 13).

The screenshot shows the 'Parameters for scheduling' configuration panel. It includes the following options and fields:

- Radio buttons for frequency:  Hour,  Day,  Week,  Month,  Once.
- Daily schedule** section:
  - On the following days:
    - Checkboxes for days:  Sun,  Mon,  Tue,  Wed,  Thu,  Fri,  Sat.
  - Every weekday
  - Repeat after this number of days:
- Start time:**  :  AM

Fig. 13. Parameters for scheduling

The combination of SSRS and SSIS includes such steps:

- Using SSIS component – e-mail or file share. Using this component, we can choose what we want – to store file in the folder or to send it via e-mail. For storing files in the folder “File system task” can be used

- Deploying SSIS solution to the SSIS catalogue. Then we need to deploy this solution to the SSIS catalogue in the server. After the package is deployed, we need to add environment variables.
- Creating job using SQL Agent. After that, we just need to create the scheduled job and to add all needed information to this job – when the job should be executed.

## **REFERENCES:**

- [1] <https://www.webopedia.com/TERM/E/ETL.html> (access: 07.04.2019)
- [2] [https://www.sas.com/en\\_us/insights/data-management/what-is-etl.html](https://www.sas.com/en_us/insights/data-management/what-is-etl.html) (access: 05.04.2019)
- [3] <https://ieeexplore.ieee.org/document/7407800> (access: 05.04.2019)
- [4] <https://www.guru99.com/ssis-tutorial.html>
- [5] <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/reporting-services/create-deploy-and-manage-mobile-and-paginated-reports?view=sql-server-2017>
- [6] <https://www.mssqltips.com/sqlservertutorial/9069/deploy-and-schedule-an-sql-server-integration-services-ssis-package-step-by-step/>

# **KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA SYSTEMEM PRODUKCYJNYM W PRZEDSIĘBIORSTWIE**

## **1. WPROWADZENIE**

Zarządzanie współczesnym przedsiębiorstwem jest złożonym procesem organizacyjnym. Coraz częściej przedsiębiorstwa do celu skutecznego podejmowania decyzji wykorzystują szereg działań i procesów wspomagających. Dużą rolę odgrywają tu nowoczesne metody zarządzania procesami produkcyjnymi oraz analiza procesów pod kątem ich skuteczności i efektywności. Istotną cechą systemów, które są wspomagane komputerowo, jest potrzeba doskonalenia tych procesów, aby osoby zarządzające mogły świadomie wpływać na procesy związane ze skutecznym i efektywnym zarządzaniem organizacją.

## **2. ISTOTA SYSTEMU PRODUKCYJNEGO**

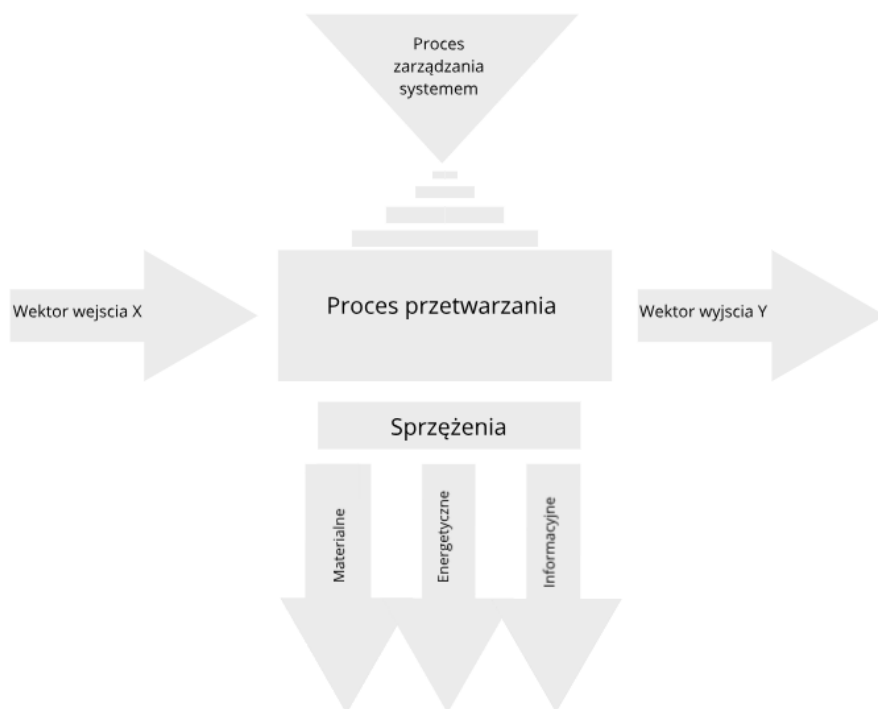
System produkcyjny jest „sercem” przedsiębiorstwa. Organizację przedsiębiorstwa stanowią trzy składniki, których poziom stale się zmienia. Są to: układ materialny, układ energetyczny i układ informacyjny.

System, z udziałem człowieka produkuje określone dobra, są to produkty lub usługi a celem tego procesu jest zaspokojenie różnorodnych potrzeb klientów. Główne elementy, jakie stanowią cały system to:

- wektor wejścia X,
- wektor wyjścia Y,
- procesy przetwarzania wektora wejścia w wektor wyjścia,
- proces zarządzania systemem,
- sprzężenia materialne, energetyczne i informacyjne.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zarządzania i Ekonomii, kierunek Zarządzanie i Inżynieria Produkcji



Rys. 1. Struktura systemu produkcyjnego  
 Źródło: Opracowanie na podst. [1]

Do celów organizacji i funkcjonowania systemu produkcyjnego można zaliczyć [1]:

- jakość i nowoczesność produktów,
- wzrost produktywności,
- obniżenie kosztów własnych wytwarzania.

### **2.1. Komputerowy system zarządzania i jego działanie**

W dzisiejszych czasach, systemy wspomagające przedsiębiorstwa stanowią nieocenioną pomoc w realizacji celów danej organizacji. Stale rosnąca moc obliczeniowa komputerów jest głównym czynnikiem w zmianach, jakie zaszły na przestrzeni lat w zakresie szerokiego spektrum sterowania produkcją. Aby działanie systemu było skuteczne, wymaga on zasilenia w podstawowe dane o odpowiedniej jakości. Ich skład jest bardzo złożony, ponadto dane muszą być stale aktualizowane oraz kontrolowane.

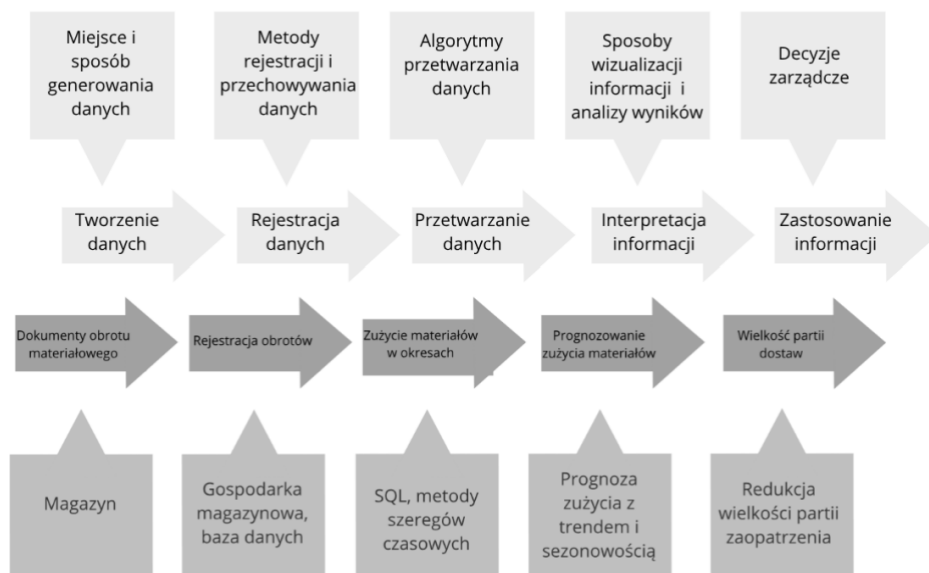
Podział informacji z punktu widzenia systemu operacyjnego przedstawiono w tabeli 1. Proces sklasyfikowania informacji jest wymagający, ale zdecydowanie poprawia wydajność we wszystkich aspektach systemu produkcyjnego [2].

Tabela 1. Dane podstawowe wyrobu (opracowanie na podstawie [2])

<b>Dane identyfikujące</b>	<b>Dane klasyfikujące</b>	<b>Dane konstrukcyjne</b>	<b>Dane wytwarzania</b>
Indeks wyrobu, elementu, materiału Nazwa Kod kreskowy	Kod analizy ABC Klasyfikacja techniczna Kod grupy technologicznie podobnej Grupa sprzedażowa Branża zakupowa Inne wg wewnętrznego systemu klasyfikacji	Numer rysunku i jego wersja (rewizja, zmiana) Wymiary, gabaryty Masa Model 3D, rysunek	Wielkość partii produkcyjnej Warianty i procesy wytwarzania Zapotrzebowanie na zasoby produkcyjne
<b>Dane o zapasach</b>	<b>Dane sprzedaży</b>	<b>Dane zaopatrzenia</b>	<b>Dane kalkulacyjne</b>
Stan magazynowy Obroty magazynowe (historyczne), wielkości zużycia Stany minimalne	Cena sprzedaży Macierze rabatowe Sposoby pakowania Odbiorcy	Cena zakupu u dostawcy Dostawcy Okresy zamawiania Terminy i warunki dostawy	Koszty materiałów Koszty robocizny bezpośredniej Wielkości narzutów kosztów pośrednich Koszty magazynowania Koszty zużycia zasobów Koszty utraconej sprzedaży

Informatyczne wspomaganie produkcji pozwala na zdobycie informacji, która jest niezbędna w procesie decyzyjnym. Im bardziej szczegółowe dane zostaną wprowadzone do bazy, tym większa szansa, że zadany problem decyzyjny zostanie rozwiązany w sposób optymalny, a jego wdrożenie zakończy się powodzeniem. Ponadto nieocenioną korzyścią płynącą z zastosowania mechanizmów wspomaganie jest kontrola nad przebiegiem procesów. Funkcja ta pozwala na dogłębną analizę wszystkich procesów zachodzących przy produkcji pod kątem ewentualnych nieprawidłowości lub zastosowania korekt oraz poprawek w całym cyklu wytwórczym.

Kolejną zaletą, o której należy wspomnieć, jest przyspieszenie większości cyklicznych operacji, wspomaganie w tworzeniu dokumentacji czy uproszczone sporządzanie raportów.



Rys. 2. Struktura i przykład procesu informacyjnego w przedsiębiorstwie produkcyjnym [2]

## 2.2. Charakterystyka wybranych systemów wspomagania zarządzania

Na całościowe działanie przedsiębiorstwa składa się wiele uzależnionych od siebie części. Rozgraniczenie między nimi musi być wyraźnie oznaczone, by zachować odpowiedni poziom przejrzystości oraz uniknąć niepożądanych zjawisk wynikających z dezorganizacji. Systemy informatyczne stanowią sztywne zasady, które zobowiązują pracowników do systematyczności oraz stałej kontroli nad procesami.

### *System zarządzania relacją z klientami i wspomaganie sprzedaży*

Przestrzeń sprzedaży jest nieodłączną częścią każdej organizacji produkcyjnej, to właśnie ona generuje przychody, a jej nieustanna optymalizacja zapewnia poprawę parametrów sprzedażowych oraz poprawę wyniku zysków. Systemem pokrywającym wszystkie operacje związane z handlem oraz klientem to system CRM (ang. *Customer Relationship Management*). Jest to nieocenione narzędzie

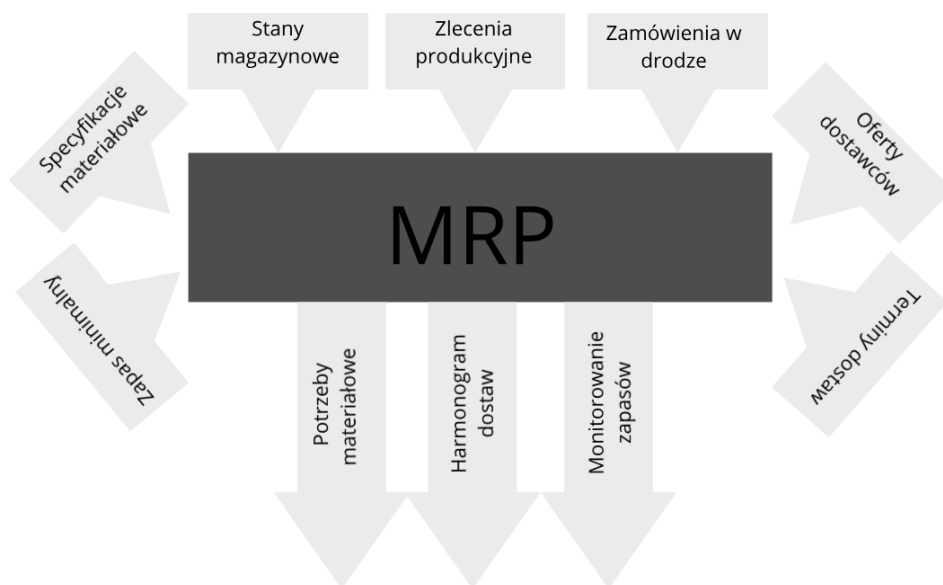
analityczne w obszarze marketingu, oraz przyczynia się do utrzymania pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Ponadto liczne rozwiązania informatyczne zapewniają podniesienie poziomu jakości obsługi klienta oraz stały poziom doskonalenia technik podtrzymania relacji na poziomie klient – przedstawiciel firmy [2]. Funkcje wspomagania zadań marketingowych stanowią składniki takie, jak:

- analiza, planowanie i rozliczanie kampanii oraz działalności reklamowych,
- rejestracja i kontrola kontaktów z klientami,
- generowanie oraz zarządzanie dokumentacją,
- gromadzenie danych związanych ze wszystkimi aspektami marketingu oraz obsługi klienta,
- analizowanie danych, tworzenie planów, konspektu raportów,
- koordynowanie pracowników,
- zarządzanie projektami współtworzonymi z klientami,
- stałe monitorowanie obsługi zleceń oraz obsługi serwisowej,
- tworzenie analiz strategicznych,
- kontrola i usprawnienia w kontaktach klient – przedstawiciel firmy.

### ***System wspomagający sterowanie zaopatrzeniem i procesami magazynowymi***

Obszar zapasów, magazynowania oraz dostaw jest bardzo wymagający pod względem terminowości, niezawodności oraz dokładności w zaopatrzeniu. Jest to o tyle ważne, ponieważ względnie drobne błędy mogą spowodować paraliż kilku komórek produkcyjnych. Użytecznym narzędziem sprawującym kontrolę nad wszystkimi problemami jest system MRP (ang. *Material Requirements Planning*). Wdrożenie takiego systemu wiąże się z licznymi trudnościami. Dla odpowiedniego poziomu normalizacji i standaryzacji wiele elementów musi zostać skatalogowanych, począwszy od surowców i materiałów pierwotnych przez półfabrykaty i półprodukty po ostateczne dobra finalne [2]. Ilość różnorodnych produktów oraz potrzebnych podzespołów wpływa bezpośrednio na czas potrzebny do finalizacji wdrożenia systemu. Pomimo tego firmy decydujące się na podjęcie takiego zadania mogą liczyć na wymierne korzyści.

Odpowiednia optymalizacja wszystkich programów składowych pozwala na redukcję stanów magazynowych, co zapewnia spadek kosztów związanych z magazynowaniem. Ponadto system zapewnia kontrolę nad procesami oraz pozwala na szybsze reagowanie w sytuacjach kryzysowych związanych z wypadkami losowymi.



Rys. 3. Dane wejścia i informacje wyjścia systemu MRP (opracowanie na podst. [2])

### **System planowania i sterowania produkcją**

System MRP II (ang. *Manufacturing Resources Planning*) jest bardziej rozbudowanym rozwiązaniem, zawierającym w sobie elementy systemu MRP. Jego zastosowanie odnosi się do produkcji, która ma powiązania z licznymi działami całego przedsiębiorstwa, dlatego jest on postrzegany w szerszej skali. Jego zastosowanie pozwala na równoważenie zdolności produkcyjnej oraz potrzeb materiałowych, co jest niezwykle ważne w stabilnym i optymalnym procesie produkcji. Bazą do wszystkich operacji przeprowadzanych przez system jest główny harmonogram produkcji [2]. W jego skład wchodzi zlecenia produkcyjne, struktury wyrobów, zlecenia sprzedaży oraz pozostałe operacje związane z procesem.



Do głównych funkcji, które są realizowane przy użyciu systemu MRP II, zalicza się:

- planowanie wykonania zleceń produkcyjnych,
- bilansowanie głównego harmonogramu produkcji,
- długookresowa optymalizacja planu dostaw,
- analiza symulacji produkcyjnych pod kątem awaryjności, wykorzystania mocy produkcyjnej oraz zagospodarowania dostaw,
- prognozowanie zbytu,
- archiwizacja niezbędnych danych, kreowanie raportów,
- generowanie zleceń uzupełniających,
- nadawanie priorytetu zleceniom krytycznym.
- W przypadku odpowiedniej optymalizacji całego rozwiązania przedsiębiorstwo może liczyć na korzyści takie jak:
  - synchronizacja poziomu zasobów w stosunku do mocy produkcyjnej,
  - plan długookresowy, o wysokiej dokładności i niewielkich błędach działań,
  - zwiększenie trafności decyzji na podstawie danych,
  - kontrola operacji produkcyjnych,
  - poprawa terminowości zleceń,
  - obniżenie poziomu zapasów.

### ***System planowania zasobów finansowych***

System ERP (ang. *Enterprise Resources Planning*) jest to narzędzie analityczne o dużej mocy przeliczeniowej. Takie parametry są niezbędne ze względu na ilość analizowanych danych, których przykładem może być masowe wprowadzanie faktur. W ramach drogi wyjścia pracownicy otrzymują stale aktualizowane dane raportowe dostosowane do indywidualnej komórki odbierającej. Proces takiej komunikacji jest nieoceniony, jest ona szybka, niezawodna oraz poprawia ogólny wgląd na wszystkie realizowane operacje zestawione w jedną całość [2].

System klasy ERP stanowi kontrolę nad zasobami produkcyjnymi, tworzy wzorcowy harmonogram przepływu produkcji zbilansowany pod kątem horyzontu czasowego oraz przebiegu procesu wytwarzania. Wdrożenie tego rozwiązania jest dużym obciążeniem z uwagi na koszty oraz czasochłonność osiągnięcia integracji ze środowiskiem, ponadto wymaga on dbania o odpowiednią

jakość danych, co może okazać się trudne w zestawieniu do tradycyjnych programów sterowania. Ostatnią z ważniejszych wad jest mała elastyczność w odniesieniu do złożoności struktury organizacji – ograniczona możliwość adaptacji. Niewielką ilość mankamentów rekompensują zalety:

- duża możliwość dostosowania do warunków panujących na rynku konsumenta,
- kontrola nad zleceniami indywidualnymi, ułatwiony proces śledzenia oraz modyfikacji,
- rozbudowane narzędzie analityczne ułatwiające ocenę rentowności, kosztów i zysków aktualnych zleceń,
- zapewnienie przejrzystości i rzetelności konspektów skierowanych do inwestorów i kontrahentów,
- ułatwienie wdrażania nowych konceptów oraz norm.

### **3. KASTOMIZACJA OPROGRAMOWANIA W PROJEKTOWANIU I PROCESIE WYTWÓRCZYM**

Projektowanie jest nieodłączną częścią dzisiejszego świata, wszystko, co wytwarzamy, wymaga zaprojektowania. Zdecydowanie, nie jest to proces jednokrotny; poprawianie, modyfikowanie oraz dodawanie nowej funkcjonalności produktu jest codziennością wielu przedsiębiorstw, które pragną utrzymać się na szczycie oraz nie poddać się konkurencji. W późniejszej części cyklu wytwórczego produktu w wyniku wszystkich niezbędnych operacji staje się on dobrem finalnym. Całą tę drogę od projektu do produktu przechodzą również wszystkie pakiety oprogramowań, aplikacje sterujących oraz cała gama narzędzi, które składają się na kompleksowe systemy zarządzania przedsiębiorstwem. Wszystkie wymienione składniki usprawniające działania zarządcze również są produktami, a więc podlegają ponownemu przeprojektowaniu w celu ulepszenia i zapewnienia większej wydajności. W wyniku stałych prac nad oprogramowaniem zaczęto zwracać uwagę na fakt, że idealne dopasowanie narzędzi powoduje znaczny wzrost szans na powodzenie realizacji celów przedsiębiorstwa. Kluczem są systemy umożliwiające technologiczną kastomizację [4].

### **3.1. Wspomaganie komputerowe w projektowaniu**

Proces zaprojektowania dobra finalnego jest złożony oraz wymaga wielu nakładów rzeczowych, oraz ludzkich. Czynności tej towarzyszy wiele zmiennych oraz złożonych zależności, o których nie można zapomnieć. Rozwiązaniem, które znacząco upraszcza proces organizacji projektowania, jest zastosowanie systemów typu CAD/CAM (ang. *Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing*). Istotą działania tych dwóch systemów w sposób powiązany jest możliwość kompatybilnej i sprawnej łączności na poziomie projekt – proces obróbki.

Środowisko typu CAD jest to szereg aplikacji przeznaczonych do tworzenia projektów w sposób graficzny. Jego podstawową funkcję wspierają niezbędne mechanizmy takie jak bazy danych, narzędzia analityczne czy zespoły symulacyjne [2]. To wszystko jest niezbędne, by przedmiot przechodząc przez cykl wytwórczy, był wykonany poprawnie, z uwzględnieniem dużej ilości czynników zewnętrznych a w cyklu użytkowania spełniał swoje zadanie przez zadany czas. Duża ilość danych oraz przeprowadzanie wymaganych obliczeń podlega procesowi normalizacji, by ułatwić komunikację między systemami. Choć obydwie systemy posiadają zupełnie inny obszar możliwości to właśnie dzięki normalizacji, zapewniony jest wystarczający poziom łączności. System CAM obejmuje obszar kontynuacji procesu produkcyjnego produktu tuż po zakończeniu projektowania. Cykl obróbki to również złożony proces wymagający planowania, zarządzania czasem i kolejnością czynności oraz stałym analizowaniem i kontrolowaniem parametrów. Takie zestawienie systemów znacznie optymalizuje pracę całego przedsiębiorstwa, daje większe możliwości automatyzacji produkcji oraz zdecydowanie ułatwia rozwój firmy. Wdrożenie tego rozwiązania jest kosztowne oraz wymaga dużej ilości czasu potrzebnego na integrację systemu produkcyjnego z elementami oprogramowania. Pomimo tego zastosowanie go szybko rekompensuje poniesione koszty szczególnie w dużych i średnich firmach.

### **3.2. Kastomizacja odpowiedzą na wymagania klientów**

Do niedawna, wiele dużych przedsiębiorstw stawiało na produkcję masową, stale zwiększająca się liczba klientów sprawiała, że było to opłacalne. Obecnie można dostrzec zmiany, spowodowane powolnym nasyceniem się rynku.

W dużej konkurencji między wszystkimi jednostkami produkcyjnymi oraz usługowymi kluczem do pozyskania klientów jest innowacja, coś nowego, co

przykuje uwagę, będzie inne na tle wszystkich produktów. Niewątpliwie, rozwiązaniem dla nieskutecznej masowej produkcji jest kastomizacja produktu. Jej wdrożenie jest niezwykle trudne, ale i opłacalne, gdyż musi być ona dopasowana do produktu oraz jednostki wytwórczej. Efektem właściwego jej wdrożenia jest rosnąca liczba klientów, która podatna jest na zakup produktu wyróżniającego się, oraz spersonalizowanego pod kątem własnej osoby czy sposobu użytkowania [5]. Dla dokładnego zobrazowania działania mechanizmu personalizacji produktów warto przybliżyć cztery formy kastomizacji [5]:

- **Podójście transparentne.** Proces spersonalizowania produktu odbywa się bez udziału klienta, którego zachowanie jest łatwe do przewidzenia. Przedsiębiorstwo ma za zadanie modyfikować finalne partie produktu, tak by utrzymać zadowolenie klienta oraz spełniać jego oczekiwania.
- **Podójście kolaboracyjne.** System bazuje na stałym kontakcie z klientem, który zgłasza swoje wymagania odnośnie do produktu. Odbywa się to za pomocą zaawansowanych systemów informatycznych. Jest to najtrudniejszy sposób na realizację zadanych celów.
- **Podójście adaptacyjne.** Zakłada produkcję dobra standardowego, lecz z możliwością przekształcenia go według potrzeb konsumenta. Ponadto przedmiot produktu powinien spełniać kilka alternatywnych potrzeb o wyborze, których decyduje użytkownik.
- **Podójście kosmetyczne.** Idea tego podójścia zakłada produkcję produktu podstawowego, który zaspokaja potrzeby klientów a procesowi kastomizacji podlega forma dobra finalnego. Przedsiębiorstwo ma za zadanie przygotowanie odpowiednich zakresów form przedmiotu produkcji oraz pozycjonowanie go zgodnie z indywidualnymi grupami klientów.

### ***3.3. Kastomizacja oprogramowania kontroli i zarządzania produkcją***

Szereg skomputeryzowanych procesów w przedsiębiorstwie wymaga kompatybilności oraz spójności między pakietami wykorzystywanego oprogramowania. Pakiety te pojedynczo oraz w spojrzeniu systemowym są zestandaryzowane, ale posiadają również ważną funkcję adaptacji do potrzeb danego użytkownika. Kastomizacja w odniesieniu do systemów to nic innego jak dostosowanie systemu, zwiększenie jego funkcjonalności oraz możliwość jego modyfikacji pod kątem potrzeb produkcyjnych.

Głównym sposobem na uzyskanie dopasowanego oprogramowania jest sięgnięcie po szeroko rozumiane operacje programistyczne. Przejrzystym przykładem adaptacji mogą być systemy typu ERP z możliwością technologicznej kustomizacji. Wszystkie aplikacje składowe posiadają wbudowane środowisko programistyczne umożliwiające budowanie rozszerzeń obecnej funkcjonalności danego pakietu, jak również tworzenie nowych modułów dedykowanych zróżnicowanym procesom. Komunikacja środowiska z użytkownikiem opiera się na wizualnych narzędziach aplikacji, ponadto oprogramowanie zawiera moduły automatyzacji standardowych operacji programistycznych a cały kod zawierający protokoły transmisji danych, sterowanie wydrukiem oraz kontrolę nad uprawnieniami jest odizolowany od warstwy zewnętrznej aplikacji [3].

#### **4. INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W STEROWANIU PRODUKCJĄ**

Rozpowszechnienie Internetu ma wpływ na wszystkie dziedziny naszego życia. Nie inaczej jest w przypadku branży produkcyjno-usługowej. Przedsiębiorstwa wytwarzają oraz przechowują bardzo duże ilości danych, dzięki nim, z udziałem odpowiednich operacji, stają się one informacjami wspomagającymi wiele szczebli danej organizacji. Pod naciskiem rosnącej konkurencji oraz stałym ulepszaniem dostępnych technologii niezbędne jest poszukiwanie obszarów, w których wykorzystanie dostępnych informacji wpłynie na poprawę stanu obecnego. Jedną z przykładowych dziedzin, w której zachodzi nieustanna poprawa, jest marketing. Generowanie danych o klientach jest już nieodłączną składową procesu zaspokajania potrzeb wszystkich konsumentów. Innym działem eksploatującym ten zasób jest logistyka. Informacje na temat czasu, miejsca, kosztu dostawy przyczyniają się do efektywności w sposób znaczny już od długiego czasu. Przyspieszenie migracji takich komunikatów stale podnosi skuteczność w realizacji celów oraz wspomaga redukcję kosztów [2].

##### ***4.1. Usprawnienia systemów w optymalizacji działania przedsiębiorstwa***

Dzięki możliwości nieustannej migracji danych powstał system SCM (ang. *Supply Chain Management*), czyli rozwiązanie pozwalające na szczegółowe zarządzanie łańcuchem dostaw. Systemy tej klasy niosą za sobą wiele usprawnień w stosunku do starszych generacji systemów, które realizowały te operacje w sposób okrojony.

Są to funkcjonalności takie jak:

- prognozowanie na podstawie danych zestawionych,
- natychmiastowa wymiana dokumentów,
- śledzenie ruchu dóbr,
- kontrolowanie przepływów finansowych,
- redukcja ilość towarów pośredniego składowania.

Innym kierunkiem rozwoju może być integracja na poziomie biznesowym współpracujących przedsiębiorstw. Takie zjawisko powoduje wzrost trafności decyzji, które wygenerowały systemy oraz poprawia niezawodność rozwiązań kontrolowania. Przykładem jest połączenie systemów klasy ERP z rozwiązaniem BI (ang. *Business Intelligence*), czyli narzędziem szerokiej użyteczności w analizach biznesowych [2]. Takie powiązanie pozwala na poprawę jakości uzyskiwanych informacji, co w dłuższej perspektywie przyczynia się do efektywniejszego realizowania celów. Uzyskiwane informacje to:

- proporcje sprzedaży w danych regionach geograficznych,
- przegląd rentowności klientów,
- analizy ryzyka, zysku, sprzedaży.

#### **4.2. Oprogramowanie zdalne w przedsiębiorstwie**

Kolejną drogą do rozwoju, w której udział ma Internet, jest technologia oparta o przetwarzanie danych w chmurze. Model SaaS (ang. *Software as a Service*) to zaawansowane rozwiązanie pozwalające na eksploatawanie systemu informacyjnego zdalnie przez przeglądarkę internetową. Z punktu widzenia biznesowego jest to prosta usługa abonamentowa, natomiast użytkownik nie jest obciążony wymaganiami, jakie należy spełnić w przypadku tradycyjnego zakupu pakietu oprogramowania. Poza podstawowymi funkcjami dostawca oprogramowania zapewnia wsparcie techniczne oraz merytoryczne we wdrażaniu oprogramowania, co często okazuje się nieocenionym atutem. Ponadto zapewniana jest także duża przestrzeń dyskowa ulokowana na serwerach dystrybutora, co stanowi dodatkowe zabezpieczenie w sytuacji utraty danych [6]. Inne zalety to m.in.:

- niższe koszty użytkowania, choć uzależnione od wielkości produkcji oraz ilości pracowników,
- cykliczne aktualizacje oprogramowania,
- mała ilość prac administracyjnych i konserwacyjnych,
- łatwiejsza konfiguracja i implementacja,

- duże możliwości współdzielenia informacji z partnerami.
- Natomiast do wad można zaliczyć:
- awaryjność Internetu wywołuje paraliż,
  - koszty związane z wymaganym Internetem szerokopasmowym,
  - zagrożenia ze strony sieci,
  - mniejsza możliwość adaptacji systemu [6].

## 5. PODSUMOWANIE

Komputerowe systemy wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem stanowią nieodłączną część produkowania. Są nieocenioną pomocą dla kierownictwa dzięki swoim funkcjom analitycznym oraz magazynowaniu danych. Złożoność procesu wdrażania systemu w danej organizacji zależy od wielu czynników, nie mniej jednak liczba użytkowników stale rośnie. Branża informatyczna rozwija się z niesamowitą prędkością, nie inaczej jest w przypadku systemów informatycznych używanych przy produkcji. Kolejne lata będą czasem szerokich usprawnień tych systemów. Wytwarzane dobra będą w coraz większym stopniu zadowalać klientów a ich produkcja nieustannie optymalizowana. Gdy te dwa kryteria zostaną spełnione w maksymalnym stopniu, potrzebna będzie innowacja, rewolucjonizująca proces produkcji lub konsumpcji.

## LITERATURA

- [1] Durlik I., *Inżynieria Zarządzania. Strategia i Projektowanie Systemów Produkcyjnych*, Placet, Warszawa 1995
- [2] Banaszak Z., Kłos S., Mleczek J., *Zintegrowane systemy zarządzania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2011
- [3] Grębosz M., *Wykorzystanie wspomagania komputerowego w procesie projektowania silników elektrycznych*, Materiały Konferencji Naukowej „Problemy mechatroniki, uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa”, 06.11.2017
- [4] Kamiński A., *Kastomizacja systemów klasy ERP. Podstawowe problemy metodyczne, technologiczne i wdrożeniowe*, Materiały Konferencji Naukowej „Komputerowo zintegrowane zarządzanie”, Zakopane 15–17.01.2007
- [5] Piątkowski A., *Masowa kastomizacja jako strategia uzyskania przewagi konkurencyjnej w XXI wieku*, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 2017
- [6] Dziembek D., *System ERP w modelu SaaS w działalności przedsiębiorstw*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014.

# **METODY LEAN MANAGEMENT I LEAN MANUFACTURING W KOMPUTEROWYM WSPOMAGANIU PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE**

## **1. WPROWADZENIE**

Metody *Lean Management* i *Lean Manufacturing* pozwalają na wydajniejsze zarządzanie wieloma procesami zachodzącymi w przedsiębiorstwie. Jednym z wielu takich działań jest proces wytwórczy mający miejsce na hali produkcyjnej. Współczesne otoczenie wymaga wdrożenia dostępnych i dopasowanych dla danego działania metod pozwalających na usprawnienie tak skomplikowanego procesu, jakim jest produkcja. Szczupłe zarządzanie (*Lean Management*) pozwala udoskonalać procesy zarządzania firmą, a koncepcja wyszczuplonej produkcji (*Lean Manufacturing*) optymalizuje procesy produkcyjne, skupiając się na planowaniu przebiegu mechanizmu wytwarzania. Wyszczuplona produkcja opiera się na dostarczaniu klientom produktów, które spełniają ich oczekiwania w najprostszy z możliwych sposobów. Ważnym jej aspektem jest skupienie się na ustalaniu przebiegu powstawania produktów, uwzględniając potrzeby i wymagania klienta, co pozwala na stopniowe wykluczanie marnotrawstwa.

Marnotrawstwo rozumiemy jako każde postępowanie, które zużywa dostępne zasoby, a nie przynosi korzyści i nie nadaje produktowi żadnej wartości. Celem koncepcji *Lean* jest redukcja kosztów, zmniejszenie włożonego wysiłku i skrócenie *Lead Time*, czyli czasu wymaganego do wytworzenia danego produktu, przy jednoczesnym zwiększeniu generowanego zysku.

Geneza koncepcji szczupłej produkcji wywodzi się z *Toyota Production System* (TPS), a jej prekursorem jest światowy specjalista w dziedzinie zarządzania - James Womack. Termin *Lean Production* został wprowadzony w celu opisania

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zarządzania i Ekonomii, kierunek Zarządzanie i Inżynieria Produkcji



nowego systemu produkcyjnego Toyoty, ale obecnie jego założenia są stosowane nie tylko w przemyśle motoryzacyjnym. Koncepcja ze względu na swoje uniwersalne metody działania została wdrożona do każdej dziedziny gospodarki.

## 2. LEAN THINKING W PROCESIE PRODUKCYJNYM

Szczupłość w wytwarzaniu polega na ograniczeniu wszystkich wewnętrznych działań do czynności absolutnie niezbędnych. Ich celem ma być doprowadzenie do redukcji poczynań i przyzwyczajęń skłaniających do marnotrawstwa, a zarazem ustalenie sposobu działania obowiązującego w danym przedsiębiorstwie najkorzystniejszego zarówno dla właściciela firmy, pracowników, jak i klienta.

*Lean Thinking* wprowadza racjonalne podejście do ulepszania procesu produkcji. Jest ono na tyle uniwersalne, że można je dopasować do każdego typu produkcji. Wyróżniająca go elastyczność daje możliwość swobodnego modyfikowania, które pozwala wprowadzać rozwiązania pasujące do strategii wielu firm, przy respektowaniu przyjętych zasad szczupłego myślenia.

Kierowanie się zasadami szczupłego wytwarzania stało się standardem postępowania wielu nowoczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych. System ten opiera się na zasadach *Lean Thinking*. Opracowano 5 zasad obowiązujących w jego zakresie.



Rys. 1. Kroki szczupłego myślenia [1]

Krok pierwszy szczupłego myślenia mówi o określeniu wartości, która ma odnosić się do konkretnego produktu, odpowiadającego na wymagania klienta w danym czasie.

Krok drugi ma za zadanie zdefiniowanie wszystkich poczynań koniecznych do uzyskania przewidywalnych i powtarzalnych wyników

Trzeci krok obejmuje organizowanie strumienia wartości. Strumień wartości możemy zdefiniować jako wszystkie działania, które nadają wyrobom wartość i które pozwalają na pokonanie drogi od zaprojektowania przez wprowadzenie produktu na rynek, po wyprodukowanie i dostawę towaru do klienta. Krok ten obejmuje mapowanie strumienia wartości, którego tworzenie często ułatwiają dostępne aplikacje komputerowe.

Krok czwarty ma wprowadzać kontrolę przepływu zasobów, biorąc pod uwagę wymagania klienta, dlatego uwzględnia on konsumpcję i bieżące zapotrzebowanie.

Ostatni – piąty krok wprowadzany jest po zastosowaniu poprzednich zasad. Ciągłe ich polepszanie i modyfikowanie uwzględniające zmienne warunki otoczenia pozwala na zbliżanie się do perfekcji.

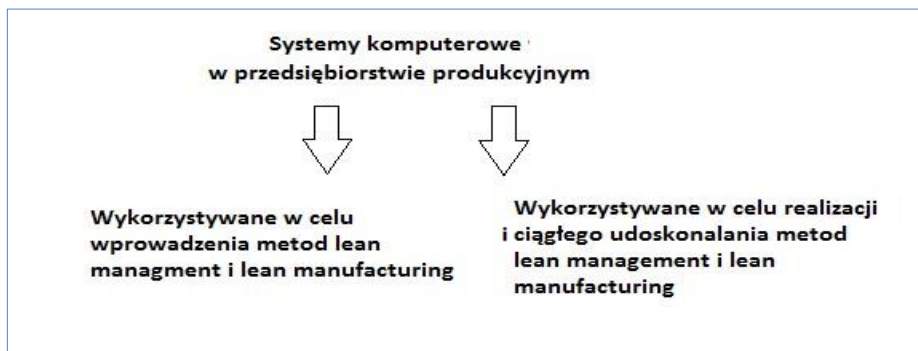
### **3. KOMPUTEROWE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE**

Czasy wszechobecnej globalizacji i szybkiego rozwoju wymuszają wprowadzenie rozwiązań informatycznych w procesach wytwórczych. Pozwala to na optymalizację działań, skrócenie czasu produkcji, co ma doprowadzić do udoskonalenia całego procesu. Systemy komputerowe są przydatnym narzędziem podczas wdrażania i późniejszego stosowania metod *Lean Management* i *Lean Manufacturing*.

Przedsiębiorstwa coraz częściej decydują się na korzystanie z zasobów komputerowych i informatycznych. Takie rozwiązania usprawniają przepływ informacji, pozwalają na monitorowanie i kontrolowanie wszystkich procesów w zakresie wytwarzania produktu.

Obecnie istnieje wiele powszechnych i ogólnodostępnych programów komputerowych oraz aplikacji ułatwiających wprowadzenie, utrzymanie i ciągłe doskonalenie zasad szczupłego zarządzania i produkcji. Systemy komputerowe pozwalają na stworzenie systemu opierającego się na zasadach *Lean Management* i *Lean Manufacturing*.

Udział systemów komputerowych wykorzystujących zasady wyszczupłego zarządzania i produkcji w procesach wytwórczych ze względu na cel zastosowania podzielony został na dwie kategorie, co przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Podział systemów komputerowych wykorzystywanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym

Pierwsza kategoria obejmuje wszelkie programy komputerowe, aplikacje ułatwiające wprowadzenie zasad szczupłego zarządzania i marketingu. W tym kręgu znajdują się między innymi systemy umożliwiające ustalenie potrzeb klientów oraz kompleksową realizację całościowego mapowania strumienia wartości. Druga kategoria skupia się na utrzymaniu i doskonaleniu efektów transformacji wprowadzonej przez narzędzia użyte w kategorii pierwszej.

#### **4. SYSTEMY KOMPUTEROWE UŻYWANE PODCZAS WPROWADZANIA ZMIAN**

W rozdziale drugim wymienione zostały kroki szczupłego myślenia. Rozwiązania te wykorzystywane są do realizacji czterech z pięciu wymienionych wcześniej kroków.

Zdefiniowanie potrzeb klienta to pierwszy stopień wprowadzenia szeroko pojętego szczupłego myślenia. W produkcji ma to szczególnie istotne znaczenie. Pozwala to na wyprodukowanie odpowiedniej ilości produktów, dopasowanych do potrzeb klienta, co pozwala na zmniejszenie marnotrawstwa i osiągnięcie możliwie najwyższego zysku.

Realizację tego kroku może ułatwić informatyczny system CRM (ang. *Customer Relationship Management*). Ma on za zadanie ustalenie wyma-

gań klientów, wzbudzenie ich zaufania i zwiększenie lojalności, co może w znacznym stopniu zwiększyć osiągnięty zysk. Doskonałym tego przykładem jest firma Audi AG która w 2001 r. korzyści płynące ze zwiększenia odsetku lojalnych klientów na pięciu największych rynkach europejskich zaledwie o 1%, oceniała na dodatkowe 44 mln € obrotu lub też 2 tys. więcej sprzedanych samochodów [2]. Wprowadzenie tego systemu jest szczególnie przydatne w firmach średnich i dużych, gdyż im większa organizacja, tym trudniej zapanować nad interakcjami i transakcjami z klientami.

Innowacja systemu polega na tym, że pomaga on stworzyć idealny produkt dla zróżnicowanej grupy klientów, zamiast poszukiwać właściwych klientów dla jednorodnych produktów, co jest często popełnianym błędem. Ta nowoczesna technologia sprawia, że na podstawie badań, najczęściej ankietowych można określić zapotrzebowanie na dany produkt. Ułatwia ona również zbieranie informacji na temat preferencji klientów, które wynikają z dokonywanych zakupów, późniejszą ich analizę i stworzenie bazy dostępnych produktów, będącej odzwierciedleniem potrzeb konsumentów.

Jedno z wielu dostępnych rozwiązań wykorzystujących system CRM jest *Lean* - CRM, czyli oprogramowanie wspierające procesy na linii firma – klienci.

Zakres funkcjonalny tego narzędzia jest bardzo szeroki, większość z dostępnych opcji może być wykorzystywana w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Pozwala on m.in na:

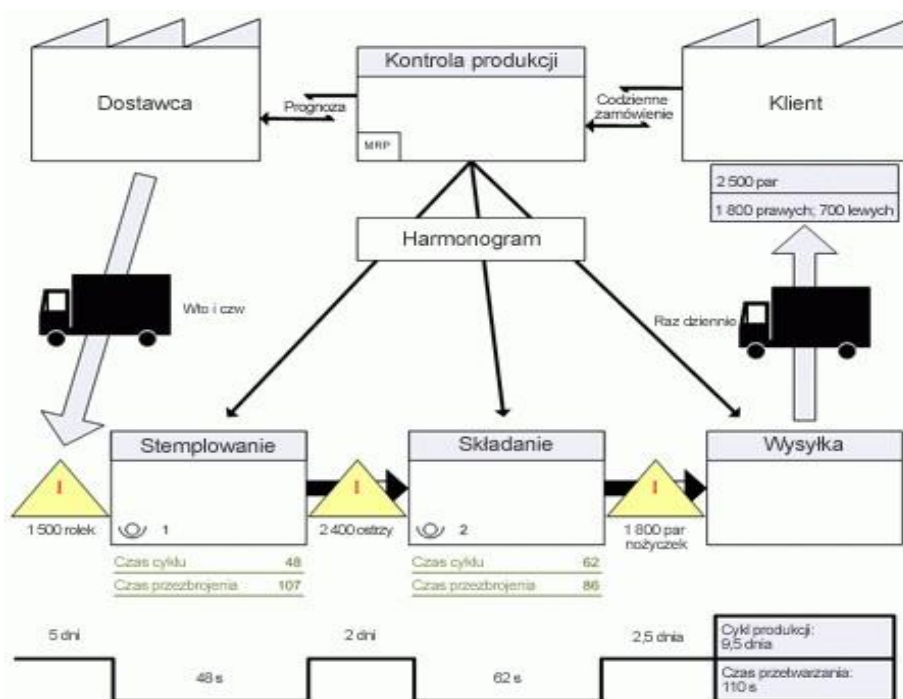
- zarządzanie bazą klientów,
- realizowanie kampanii, dzięki którym możliwe jest utrzymanie stałego kontaktu z klientami,
- rejestrację zamówień klientów,
- tworzenie zadań dla pracowników firmy,
- tworzenie bazy produktów i materiałów (surowców),
- tworzenie zamówień materiałowych (surowców zakupowych).

Program posiada możliwość wykonywania kalkulacji wytworzenia produktów i usług dla firm z obszarów (rzemiosło, handel, produkcja, usługi). Odpowiednio wykorzystany może być naprawdę przydatny zarówno podczas wprowadzania metod *Lean*, jak i w późniejszym procesie ciągłego udoskonalania.

## 5. MAPOWANIE STRUMIENIA WARTOŚCI

Jednym z kolejnych kroków wiodących do wprowadzenia zasad Lean w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest stworzenie strumienia wartości dopasowanego do działalności danej firmy. Przydatnym narzędziem podczas wprowadzania tej metodologii jest mapowanie strumienia wartości. Przedsiębiorstwa tworzą je, aby odkryć i zlokalizować etapy produkcji, na których dochodzi do największych strat i podjąć działania służące wyeliminowaniu tych ubytków.

Mapowanie ma zapewnić ciągłość i stabilny przepływ w całym systemie. Polega on zarówno na przepływie materiałów, jak i na przepływie informacji. Efekt przedstawia wszystkie działania, które składają się na produkt końcowy.

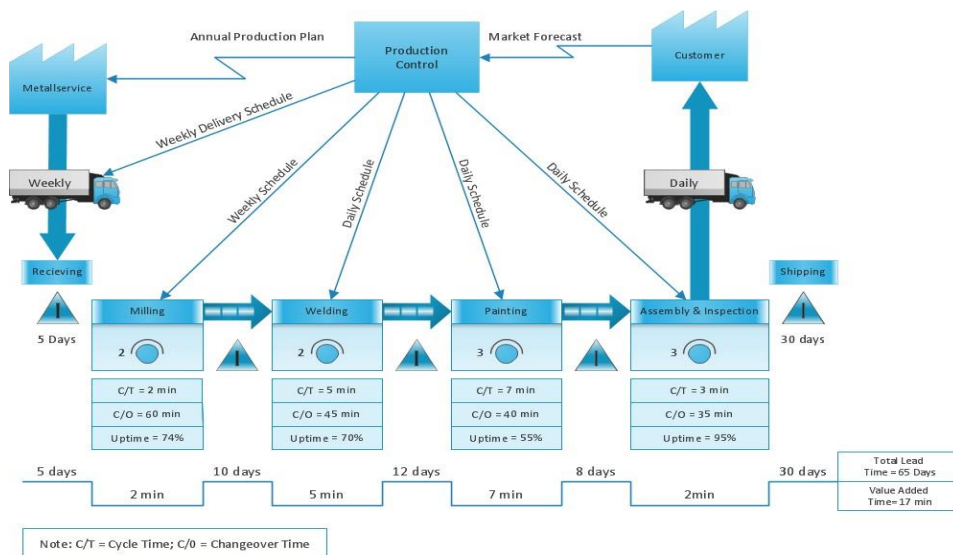


Rys. 3. Mapa strumienia wartości Lean [3]

Mapa strumienia wartości może wskazać miejsca, w których dochodzi do nadmiernego nagromadzenia materiałów. Najkorzystniej jest wtedy, gdy materiały dostarczone do firmy są od razu włączane do procesu produkcyjnego, następnie sprawnie przechodzą przez następne etapy, aż do uzyskania gotowego

produktu. Płynność ta pozwala na dostarczenie gotowego produktu do klienta bez opóźnień, co w konsekwencji pozwala zaoszczędzić czas, wysiłek i oczywiście pieniądze. Popularność wykorzystania metod *Lean Manufacturing* podczas planowania i udoskonalania procesów spowodowała, że na rynku dostępnych jest wiele aplikacji ułatwiających to działanie. Większość dostępnych oprogramowań umożliwiających tworzenie map strumienia wartości pozwala zobaczyć i przeanalizować szczegóły procesów na etapie stanu bieżącego, ale na podstawie diagnozy problemów pozwala również pokazać stan przyszły, ułatwiający określenie sposobów wprowadzenia zmian w procesie.

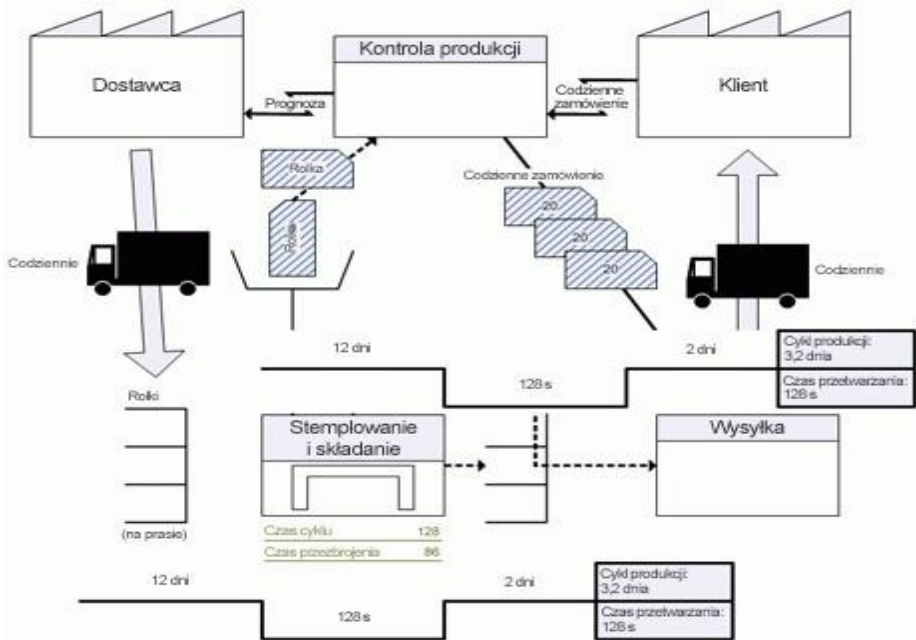
Jednym z popularniejszych dostępnych narzędzi jest oprogramowanie ConceptDraw PRO. Na rysunku 4 znajduje się jeden z dostępnych w aplikacji szablonów zestawiający stan analizy obecnego strumienia wartości (VSA). Aplikacja proponuje wybór wielu wstępnie zaprojektowanych szablonów, które można modyfikować, a dodatkowo uniemożliwia kreowanie map niezgodnych z podstawowymi regułami wizualizacji strumienia wartości, co znacznie ułatwia pracę, szczególnie początkującym użytkownikom.



Rys. 4. Przebieg analizy aktualnego stanu strumienia wartości w przedsiębiorstwie produkcyjnym (ConceptDraw PRO) [4]

Na przedstawionej mapie znajdują się informacje o poszczególnych etapach procesu. Widoczny jest tam czas pojedynczej operacji, czas przebrojenia, proponowane sposoby komunikacji z klientem, wcześniej ustalone wymagania i zapotrzebowanie konsumentów. Wyszczególnione są również formy i czas przepływu informacji w firmie, szczegóły na temat procesu produkcji, informacje o zapasach i o czasie koniecznym do uzyskania gotówki od klienta, czyli informacja na temat płynności finansowej firmy. Takie przedstawienie uwzględniające wszystkie etapy procesu, pozwala dostrzec ewentualne błędy na poszczególnych poziomach i usunąć je, a tym samym udoskonalić proces.

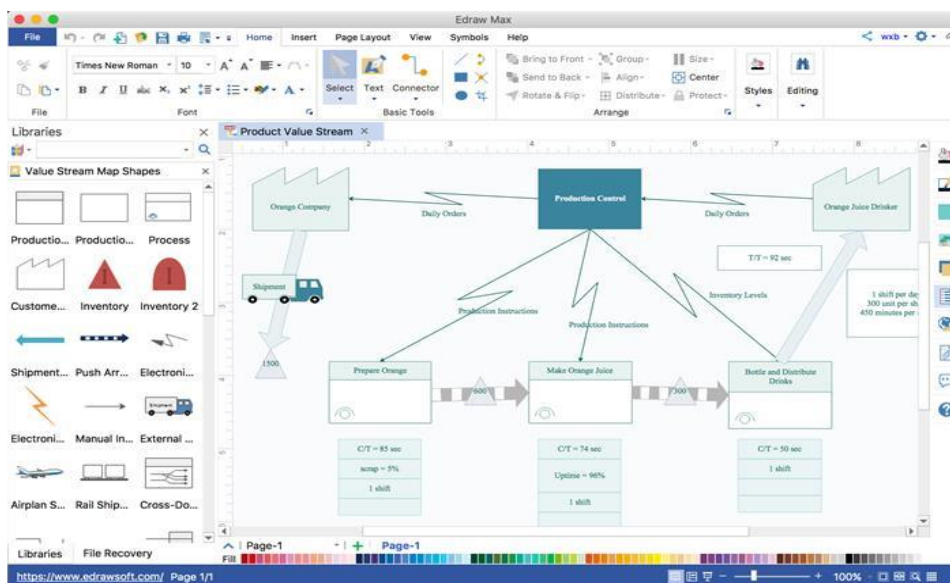
Kolejny program – Visio Professional, oferuje możliwości podobne do aplikacji ConceptDraw Pro. Jego funkcja skupia się na ukazaniu przepływu materiału i informacji w procesie Szczupłej produkcji za pomocą mapy strumienia wartości. Firmy wykorzystują ten program do tworzenia map w celu ustalenia miejsca strat. Wielką zaletą tego programu jest możliwość tworzenia zarówno map procesu bieżącego, jak i tworzenie diagramów procesów przyszłych.



Rys. 5. Mapa wartości stanu przyszłego [5]

Powyższy diagram stanu przyszłego bierze pod uwagę problemy ukazane na mapie stanu bieżącego pokazanego na rysunku 3. Możliwa ukazania bardzo prawdopodobnych lub gwarantowanych trudności stanu bieżącego pozwala zapobiegać ich powstawaniu w przyszłości, co w perspektywie ograniczania marnotrawstwa może okazać się bardzo korzystne dla działalności firmy.

Mapowanie strumienia wartości jest również możliwe w aplikacji Edraw Max. Jest to kompleksowe narzędzie wykorzystywane do tworzenia różnego rodzaju schematów, diagramów, umożliwiających graficzne przedstawienie funkcji, działań i czynności zachodzących w procesie. Przykład wykorzystania tej aplikacji do analizy konkretnego procesu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 6.



Rys.6. Analiza procesu produkcyjnego w programie Concept Draw Prof[6]

Oferuje ona zastosowanie podobne do omawianego wcześniej programu ConceptDraw PRO, jednak dodatkowo pozwala ona na działanie w chmurze i posiada szeroki zakres dostosowania proponowanych rozwiązań. Daje możliwość umieszczenia na mapie wielu metod kierowania procesem, uwzględniając jego wielopoziomowość. Obszerny wybór szablonów jest dodatkowym atutem i dużym ułatwieniem, przyspieszającym czas powstawania map wartości.



## **6. SYSTEMY KOMPUTEROWE UŻYWANE PODCZAS UTRZYMANIA I DOSKONALENIA METOD *LEAN***

Po wprowadzeniu koncepcji Lean istnieje wiele możliwości jej ciągłego ulepszania i modyfikowania. Chęć ciągłego rozwoju odpowiadającego na zmienne zapotrzebowania klientów i poszerzającą się dostępność nowych technologii może być zaspokajana przez wprowadzanie nowocześniejszych rozwiązań i ulepszenie systemów dotychczas wprowadzonych. Ostatnim i najważniejszym krokiem strategii Lean jest właśnie ciągle doskonalenie systemu poprzez rozpoznawanie i eliminację marnotrawstw oraz rozwiązywanie powstających problemów. Doskonalenie powinno być częścią codziennej aktywności, angażującej wszystkie komórki przedsiębiorstwa do działania.

Naprzeciw potrzebie ciągłego ulepszania wychodzi aplikacja Sherlock Waste. W każdym procesie wytwarzania mamy do czynienia z czynnościami prowadzącymi do wytworzenia wartości końcowej, które przeplatane są marnotrawstwem. Metody lean opierają się na ograniczeniu wszystkich działań do czynności koniecznych. Aplikacja jest sposobem na zaangażowanie wszystkich pracowników w rozpoznawanie i usuwanie marnotrawstwa. Pracownicy korzystający z aplikacji wcielają się w rolę detektywów – każdy z nich może zgłaszać zauważone przez siebie marnotrawstwa, sugerować rozwiązania problemów, a tym samym wspinać się na szczyt rankingu najlepszego Sherlocka organizacji.

Sposób działania programu zwiększa prawdopodobieństwo wykrycia błędów i wprowadzenie trwałych zmian. Angażowanie wszystkich pracowników pozwala na utrzymanie metodologii lean na wszystkich szczeblach pracowniczych. Pracownik jako czynny obserwator może w najtrafniejszy sposób określić problemy, które dotyczą jego otoczenia, a często również jego własnego działania. Proces zgłaszania wątpliwości daje pracownikom poczucie wpływu na działanie firmy.



Rys. 7. Marnotrawstwa wyszczególnione w aplikacji Sherlock Waste [7]

Kolejną aplikacją przydatną w doskonaleniu koncepcji Lean w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest program o nazwie eKANBAN, dostępny w wersji online. Jego zadaniem jest znaczne usprawnienie transportu materiałów, Półproduktów oraz Wyrobów Gotowych w zakładzie produkcyjnym. Stawia on na celu rozwiązanie problemów związanych z:

- opóźnieniami dostaw,
- brakiem komunikacji,
- brakiem danych do analiz.

Aplikacja eKANBAN dostarcza narzędzia wykorzystywane do analizowania danych korzystając z zestawień oraz wykresów kluczowych wskaźników.

System eKANBAN jest dostępny jako usługa eliminująca większość problemów związanych z wdrożeniem oraz przysypiająca rozpoczęcie produkcji.

Średni czas włączenia w pełni skonfigurowanej aplikacji w działalność firmy to 10 dni. Etapy wprowadzania zasad aplikacji ukazane są na rysunku 8.



Rys. 8. Dziesięciodniowe wprowadzenie programu eKANBAN [8]

## LITERATURA

- [1] Womack J. P., Jones D. T., *Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*, op. cit., 18–31
- [2] *W kolejności wg wielkości sprzedaży samochodów tej marki: Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Włochy, Hiszpania*. Faszination Kunde, CRM – Customer Relationship Management – materiały wewnętrzne Audi AG, Inglostadt 2002, 8–9
- [3] <https://support.office.com> (dostęp: 13.03.2019)
- [4] <https://www.conceptdraw.com> (dostęp: 15.03.2019)
- [5] <https://support.office.com> (dostęp: 18.03.2019)
- [6] <https://www.edrawsoft.com> (dostęp: 18.03.2019)
- [7] <http://strategialean.pl> (dostęp: 18.03.2019)
- [8] <http://lean-management.pl/> (dostęp: 18.03.2019)
- [9] Womack J.P., Jones D.T., *Lean thinking – szczupłe myślenie. Eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie*, ProdPress, Wrocław 2008
- [10] Moroz E., *Komputerowe wspomaganie procesów produkcyjnych z zastosowaniem metod Lean Management i Lean Manufacturing*, MECHANIK, NR 7/2018
- [11] Locher D., *Lean w biurze i usługach. Przewodnik po zasadach szczupłego zarządzania w środowisku pozaprodukcyjnym*, Warszawa 2012
- [12] Womack J.P., Jones D.T., Roos D., *Maszyna, która zmieniła świat*, ProdPress, Wrocław 2008
- [13] Kozioł.P., Wielki.J., *Przegląd nauk stosowanych nr 11 – Implementacja technologii informatycznych do optymalizacji procesów biznesowych opartych na koncepcji management*, Opole 2016.

## **PERSPEKTYWA ROZWOJU DLA RYNKU SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH W POLSCE**

### **1. WPROWADZENIE**

Obecnie żyjemy w czasach, gdzie postęp technologiczny jest szybszy niż kiedykolwiek. Powstaje coraz więcej koncepcji, które mają na celu rozwiązanie problemów, będące jeszcze do niedawna ciężkie do rozwiązania. Jedną z prężnie rozwijających się dziedzin jest motoryzacja, która z roku na rok przechodzi coraz większy rozkwit. Mimo, że proponowane obecnie rozwiązania istnieją niekiedy nawet od ponad 150 lat, obecnie udoskonalane już odmieniają transport ludzi na całym świecie. W tym wypadku mowa będzie o samochodach z napędem elektrycznym, które można już obserwować na naszych drogach.

Od początków powstania branży motoryzacyjnej istnieje koncepcja samochodu z napędem elektrycznym. Pierwsza tego typu konstrukcja została zaprezentowana już na początku XIX w. Na przestrzeni lat pojawiały się inne, doskonalsze modele pierwszego prototypu [1]. Mimo, że obecnie nadal bardziej popularne są pojazdy z napędem spalinowym, te o elektrycznym napędzie zyskują coraz większą popularność. Rośnie presja spowodowana aspektem środowiskowym, a także rosnącymi cenami paliw, wynikającymi z wyczerpujących się zasobów ropy naftowej jako głównego składnika paliw. Dlatego właśnie podjęto kroki, aby zastąpić silniki spalinowe elektrycznymi, które wykazują trzykrotnie większą sprawność od silników spalania wewnętrznego [5].

### **2. KIERUNKI ROZWOJU NAPĘDÓW SAMOCHODOWYCH**

Przez wiele lat rozwoju motoryzacji możemy obserwować, że w tej branży istnieje swego rodzaju hierarchia producentów samochodów. Stoją jednak przed nimi nowe wyzwania, aby sprostać współczesnym trendom, do których zaliczyć

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Zarządzania i Ekonomii, kierunek Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

można: poszukiwanie nowych źródeł energii, rozwój tzw. samochodów inteligentnych, a także działania w zakresie autonomizacji jazdy.

### **2.1. Koncepcja smartcar – autonomizacja samochodów**

Zaawansowane systemy czujników instalowane w najnowocześniejszych pojazdach oraz możliwość połączenia samochodu z Internetem sprawia, że przyszłe samochody będą mogły być częścią sieci zależnych od siebie czynników. Będzie można dzięki temu uzyskać informację o pozycji, prędkości, kierunku jazdy czy innych parametrach opisujących obszar występujący pomiędzy więcej niż dwoma samochodami inteligentnymi. Rozwój autonomizacji działań w zakresie motoryzacji jest możliwy dzięki wzrostowi inteligencji samochodów. Koncepcja samochodu inteligentnego (smartcar) wykracza poza wewnętrzne systemy elektroniczne. Jest czymś nowym, rozwijającym się i jeszcze nie tak popularnym. Jest to jeszcze dość nowa idea, jej założenia są już stosowane w kilku firmach motoryzacyjnych jakimi są: Audi, BMW czy Mercedes [1]. Zanim jednak samochód inteligentny, dużo wcześniej na świecie pojawiła się propozycja samochodu elektrycznego.

### **2.2. Cechy samochodów elektrycznych**

Ideą oraz cechą główną samochodów elektrycznych jest zastąpienie silnika spalinowego silnikiem elektrycznym (jednym lub kilkoma), a zbiornika z paliwem – baterią akumulatorów. Dzięki temu są to mobilne, magazynujące energię jednostki. Brak im skrzyni biegów, są to samochody automatyczne. Tak jak już wcześniej zostało to wspomniane wykazują trzykrotnie większą sprawność od silników spalania wewnętrznego [5]. Są o wiele cichsze od samochodów z napędem spalinowym. Możemy je ładować poprzez podłączenie do zwykłego gniazdka [7]. Podczas postojów może być wyłączony, a także jest tak skonstruowany, że odzyskuje dużą część energii podczas zwalniania i hamowania.

## **3. RYNEK SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH W POLSCE**

W pierwszej połowie ubiegłego roku zarejestrowano w Polsce 273 045 nowych samochodów, z czego 294 sztuki stanowiły pojazdy elektryczne [4]. Prognozy na najbliższe sześć lat wskazują, że po polskich drogach ma jeździć nawet do miliona samochodów elektrycznych. Są to jednak bardzo optymistyczne prognozy, gdyż w obecnej chwili jest ich zarejestrowanych tylko 2,1 tysiąca [7]. Coraz więcej klientów indywidualnych, a także instytucje państwowe wykazują

zainteresowanie tym tematem. Z dniem 11 stycznia 2018 r. weszła w życie ustawa o elektromobilności, jednak nie wyjaśnia ona kwestii dofinansowań do nowej infrastruktury dla pojazdów elektrycznych. Wiele osób chciałoby przyczynić się do wzrostu zachowań proekologicznych jakim jest, niewątpliwie na pierwszym miejscu, zamiana samochodu z silnikiem spalinowym na samochód elektryczny. Niestety nie każdy może pozwolić sobie na wydatek.

*Tabela 1. Ceny pojazdów z napędem elektrycznym (opracowanie na podst. Maciejczyk A., Samochody z napędem elektrycznym. Mity i Rzeczywistość. Politechnika Łódzka, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, Eksploatacja i testy 12/2017)*

Marka/ model	Cena od	Ilość energii w akumulatorach [kWh]	Szacunkowy koszt pakietu baterii [zł]	Uwagi
BMW i3	162 100 zł	22	18000	Podane ceny dotyczą modeli podstawowych
Opel Ampera	33000 Euro/ 138200 zł	60	40000	
Renault ZOE	89 900 zł	24	20000	
Nissan Leaf	133 000 zł	30	25000	
Tesla 3	35000 USD/ 122500 zł	55	40000	
VW Golf E	35900 Euro/ 150780 zł	35,8	28000	

#### 4. DOSTĘPNOŚĆ SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH

Na rynku samochodowym mamy kilka wiodących marek aut, których modele cieszą się największą popularnością. W chwili obecnej najważniejszym aspektem o który walczą firmy motoryzacyjne produkujące samochody elektryczne jest jak największa liczba kilometrów przejechanych na jednym ładowaniu akumulatora. Niewątpliwie jest to wyzwaniem dla obecnej światowej branży motoryzacyjnej. Z roku na rok udaje się podnieść zasięgi chociażby o kolejne kilkadziesiąt kilometrów.

##### 4.1. Nissan Leaf

Zdobywca tytułu Car of the year (COTY) za rok 2011. Najlepiej sprzedający się samochód na świecie o napędzie elektrycznym. Prąd niezbędny do napędu Nissana Leaf dostarczany jest z akumulatora składającego się ze 192 ogniw

o napięciu 380 V i łącznej masie 250 kg. Akumulator umieszczony jest pod podłogą samochodu, tak aby obniżyć jego środek ciężkości. Nowy hamulec przekazuje około 94% energii do akumulatora [8]. Mimo, że wygląd tego pojazdu nie przypadłby na pierwszy rzut oka potencjalnemu klientowi, po zastanowieniu estetyka przegrywa w tym wypadku z funkcjonalnością i nowatorskim rozwiązaniem. Na jednym ładowaniu akumulatora może przejechać nawet do 200 km.



*Rys. 1. Nissan Leaf (źródło: [www.mojafirma.infor.pl](http://www.mojafirma.infor.pl))*

#### **4.2. BMW i3**

Swoją premierę miał w 2013 r. Zdobywca tytułu Car of the year za 2014 r. Osiąga nawet do 152 km/h. Silnik o mocy 125 kW, ok.170 KM [9]. Taka moc silnika pozwala na przyspieszenie do 100 km/h w ciągu niespełna 7,2 sekundy. Akumulator na jednym ładowaniu może przejechać ok. 150 km. Ponowne naładowanie baterii trwa ok. 8 godzin [6]. Zwrotny, dobrze radzi sobie z manewrami w ciasnych przestrzeniach, co sprawia, że jest bardzo funkcjonalny.



Rys. 2. BMW i3 (źródło: [www.auto-swiat.pl](http://www.auto-swiat.pl))

### **4.3. Tesla model S**

Samochód ten może osiągnąć nawet do 250 km/h. Posiada największy w pełni elektryczny zasięg do 632 km, zaś naładowanie baterii wystarcza na przejeżdżanie do 272 km. Posiada baterię o mocy 100 kWh (rys. 3) [10].

Ponieważ samochody elektryczne mają niemal zerowy udział w zanieczyszczeniu środowiska to właśnie chęć ograniczenia tych skutków spowodowała, że produkcja, a następnie sprzedaż aut z silnikiem elektrycznym odrodziła się. Takim przykładem jest firma Tesla, która jest jedną z nielicznych firm w branży motoryzacyjnej, której udało się osiągnąć niemały sukces w tej dziedzinie. Misją tej marki nie było zostanie największą firmą motoryzacyjną na świecie, lecz rozwiązanie podstawowych problemów związanych z silnikiem elektrycznym, jakimi są zasięg, osiągi oraz cena, a następnie wyprodukowanie pojazdu, który sprawi, że również inni producenci będą zmuszeni do pójścia w tym kierunku. To właśnie Tesla z powodzeniem zastosowała silnik elektryczny oraz wzmocniła trendy proekologiczne. W swojej oficjalnej misji firmy stwierdza, że „chce przyspieszyć nadejście zrównoważonego transportu”, a samochód elektryczny z pewnością będzie dużym graczem w transporcie przyszłości [1].





Rys. 3. Tesla model S (źródło: [www.tesla.com/models](http://www.tesla.com/models))

## 5. WADY SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH

Wysokie ceny samochodów elektrycznych nie pozwalają przeciętnemu obywatelowi naszego kraju na zakup auta z napędem elektrycznym. Jest to jedna z przeszkód, dla której nadal mamy tak niewielki procent aut na polskich drogach. Kolejnym problemem jest słabo rozwinięta infrastruktura ładowania tych aut. W większych miastach znajdziemy do kilkunastu stacji szybkiego ładowania, ale wyruszając np. w trasę po Polsce im dalej od miast tym ciężiej o taki punkt.

W zależności od modelu, jednorazowe naładowanie auta wystarczy nam na mniej więcej godzinę lub dwie jazdy z prędkością ok. 90 km/h. Warunki atmosferyczne również mają ogromne znaczenie w użytkowaniu silników elektrycznych. Ma to ścisły związek z dodatkowym użytkowaniem systemów pokładowych (np. klimatyzacji) co obniża zasięg pojazdów elektrycznych. Jednak, jak się wydaje ich największą wadą jest wysoka cena kupna, a później ewentualna naprawa, przede wszystkim koszt wymiany pakietu baterii.

## 6. ALTERNATYWA DLA SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH

Wysokie ceny samochodów elektrycznych, a także mało rozwinięta infrastruktura ładowania, skłania do poszukiwania innych rozwiązań. Samochód o napędzie hybrydowym jest na pewno właśnie taką alternatywą. Jest on wypo-

sażony w silnik spalinowy i jeden lub kilka elektrycznych. Obecność napędu elektrycznego zmniejsza zużycie paliwa oraz zwiększa moc samochodu.

W zależności od rodzaju napędu samochody te albo używają energii zmagazynowanej, a następnie jest uruchamiany silnik spalinowy (układ szeregowy) albo silnik elektryczny jest włączany w razie potrzeby, występuje strategia tzw. równoległej asysty mocy (układ równoległy). Nie jest jednak aż tak dobrym rozwiązaniem co napęd elektryczny przez obecność silnika spalinowego. Całkowita sprawność energetyczna jest o 4 razy mniejsza niż silnika elektrycznego [5]. Cena natomiast jest nawet do kilkudziesięciu tysięcy niższa.

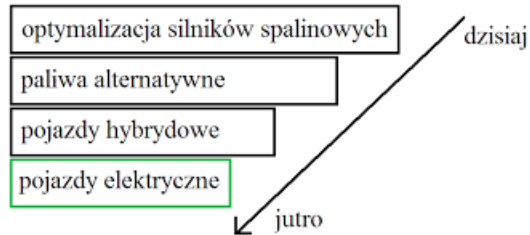
W układach hybrydowych równoległych można wyróżnić: micro-hybrid, mild hybrid oraz typowy napęd równoległy. Pierwszy polega tylko na zastosowaniu układu start-stop, drugi na wspomaganiu silnika spalinowego silnikiem elektrycznym. Stosunkowo niedawno powstał też tzw. napęd uniwersalny mieszany, czyli szeregowo-równoległy stosowany w pojazdach Range extended [5].

Mimo tych rozwiązań pojazd hybrydowy nie jest rozwiązaniem w pełni zadowalającym.

## **7. WPŁYW SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH NA ŚRODOWISKO**

Jednym z powodów dla którego na nowo wzrosło zainteresowanie samochodami elektrycznymi są wyczerpujące się zasoby płynnych paliw kopalnych. Prognozy wskazują, że do 2020 roku ponad 100 mln sztuk aut rocznie będzie produkowane przez firmy motoryzacyjne, ale nadal są to głównie pojazdy o napędzie spalinowym, co niestety nie przyczynia się poprawy tej sytuacji [5]. Wyczerpujące się zasoby paliw, pociągają za sobą wzrost ich cen, co jest kolejnym problemem. Następnym aspektem, z którym firmy motoryzacyjne zaczęły się mierzyć już wiele lat temu jest wzrost emisji toksycznych spalin, a w nich tlenków, które w negatywny sposób oddziałują na nasz organizm. Na chwilę obecną na terenie Unii Europejskiej 54% całkowitej emisji toksycznych gazów pochodzi z transportu drogowego oraz aż 90% emisji gazów cieplarnianych [5].

Kontrola procesu nagrzewania silnika, a także system start-stop przyczyniają się do obniżenia zużycia paliwa o kilka dodatkowych procent [5]. Jest to jednak mało w skali całkowitego zużycia energii. Jedynie samochód elektryczny ma niemal zerowy udział w zanieczyszczeniu atmosfery.



Rys. 4. Kierunki rozwoju napędów samochodowych (źródło: Strojny J., *Elektryczne pojazdy przyszłości*, *Biuletyn Techniczny* Nr 2 (68) 2017, Stowarzyszenie Elektryków Polskich – Oddział Krakowski)

## 8. PODSUMOWANIE

Perspektywa zastosowania samochodów elektrycznych w najbliższej przyszłości wydaje się być olbrzymia, natomiast sam rozwój tej koncepcji jest nieunikniony. Czynnikiem niekorzystnym jest nadal nie do końca rozwiązany problem ze źródłem energii elektrycznej w pojeździe i z możliwościami szybkiego jej uzupełniania, mocy w funkcji prędkości idealnie pasujące do wymogów wynikających z napędu pojazdu oraz wciąż wysoka cena pojazdów [5]. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności, wyjaśnia w sposób prawny znaczenie obiektów jakie wchodzi w skład tej koncepcji oraz wyznacza warunki dla przyszłego rozwoju tej strefy. Nie wyjaśnia ona kwestii dofinansowań do nowej infrastruktury dla pojazdów elektrycznych, ani też dofinansowań do kupna tego typu obiektów.

Na rynku motoryzacyjnym mówi się dziś niewątpliwie o dużej rewolucji. Stosowanych jest wiele różnorodnych rozwiązań technicznych oraz alternatywnych napędów w pojazdach. Coraz więcej firm dąży także do wprowadzenia samochodów najskuteczniejszych pod względem rozwiązań ekologicznych. Głównym jest oczywiście samochód elektryczny. I choć już dziś wiadomym jest, że sprzedaż tego typu pojazdów w Polsce będzie rosła, to z pewnością tempo tego wzrostu nie jest wcale takie oczywiste.

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych oraz firma doradcza Frost&Sullivan opracowały raport Polish EV Outlook 2019, z którego wynika, że wsparcie w ramach Funduszu Niskoemisyjnego Transportu, które zamierza wprowadzić rząd (proponując m.in. 36 tysięcy złotych dopłaty do zakupu pojazdu elektrycznego i 150 tysięcy złotych do infrastruktury ładowania), miałyby zdynamizować wzrost liczby samochodów zero i niskoemisyjnych na polskich

drogach. Autorzy raportu podają, że w 2030 roku co dziesiąty rejestrowany samochód byłby wyposażony w napęd elektryczny. Przy optymalnym wykorzystaniu pieniędzy z funduszu całkowity park EV w Polsce wyniesie w 2025 roku ok. 300 tysięcy pojazdów (tyle co dzisiejszy lider elektromobilności w Europie – czyli Norwegia), poziom 700 tysięcy osiągnięty zostałby w 2030 roku, natomiast 10 lat później liczba ta miałaby wynosić nawet 2,5 mln [2, 3]. Rzeczywistość wydaje się wyglądać jednak nieco inaczej. Opublikowane 3 maja dane Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Pojazdów (ACEA) o rejestracji nowych samochodów osobowych są dużo mniej optymistyczne. Wynika z nich, że w pierwszym kwartale 2018 roku w Polsce zarejestrowano po raz pierwszy zaledwie 152 całkowicie elektryczne samochody (plus 188 hybryd plug-in, umożliwiających ładowanie z gniazdka).

Dlatego koncepcja samochodów elektrycznych ma przyszłość, jako kraj mamy również zobowiązania względem Unii Europejskiej, by do końca 2020 r. w naszym kraju była już określona liczba samochodów elektrycznych. Wszystko to za sprawą nowych, wyższych limitów na emisję gazów toksycznych powstających na skutek spalania paliwa. Jest wiele powodów, dla których perspektywa większego zastosowania będzie bliższa, ale niewątpliwie będzie to długi proces. Dlatego też choć koncepcja rozwoju rynku samochodów elektrycznych jest ważna i potrzebna to na jej efekty z pewnością będziemy musieli jeszcze trochę poczekać.

## LITERATURA

- [1] Łuczak M. Małys Ł., *Współczesne koncepcje i trendy w branży motoryzacyjnej*, Redakcja Naukowa, Poznań 2016, 19, 21–24.
- [2] Mazur M., *W pogoni za liderami elektromobilności*, Raport, Harvard Business Review Polska, kwiecień 2019, 104–109.
- [3] *Raport PSPA i Frost&Sullivan*, <http://pspa.com.pl/infografika/ekspertci-nadchodzi-przelom-w-elektromobilnosci> (dostęp: 25.04.2019).
- [4] Słomski K., [www.auto-swiat.pl](http://www.auto-swiat.pl), *Oto najpopularniejszy obecnie samochód elektryczny w Polsce i Europie* (dostęp: 24.07.2018).
- [5] Strojny J., *Elektryczne pojazdy przyszłości*, Biuletyn Techniczny Nr 2 (68) 2017, Stowarzyszenie Elektryków Polskich – Oddział Krakowski, s. 1-3, 6–8.
- [6] *Katalog samochodów, BMW i3*, [www.auto-swiat.pl](http://www.auto-swiat.pl) (dostęp: 31.05.2019).
- [7] *Ma być milion, a jest 2,1 tys. – auta elektryczne w Polsce*, [www.auto-swiat.pl](http://www.auto-swiat.pl) (dostęp: 07.09.2018).

- [8] *Nissan Leaf – opis modelu*, [www.mojafirma.infor.pl](http://www.mojafirma.infor.pl) (dostęp: 29.05.2019).
- [9] *Czy warto już dziś kupić samochód elektryczny? Sprawdzamy BMW i3 w praktyce*, [www.spidersweb.pl](http://www.spidersweb.pl) (dostęp: 03.08.2016).
- [10] [www.tesla.com/models](http://www.tesla.com/models) (dostęp: 29.05.2019)

# **PROJEKTOWANIE INSTALACJI OZE DLA GOSPODARSTWA ROLNEGO WSPOMAGANE PROFESJONALNYM I OGÓLNODOSTĘPNYM OPROGRAMOWANIEM**

## **1. WSTĘP**

Rozwój odnawialnych źródeł energii w ostatnich dziesięcioleciach odgrywa coraz większe znaczenie. Wpływ na to mają postępujące zanieczyszczenie środowiska, zmiany klimatyczne, nieuchronne wyczerpywanie się klasycznych źródeł energii oraz coraz większa świadomość społeczeństw. Do najbardziej zaangażowanych państw w rozwój energetyki opartej na OZE należą kraje będące członkami Unii Europejskiej. Jednym z założeń polityki klimatycznej Unii Europejskiej jest pakiet energetyczno-klimatyczny, stanowiący zbiór wiążących ustaw, mających na celu zapewnienie realizacji założeń, dotyczących przeciwdziałania zmianom klimatycznym i emisji dwutlenku węgla. Pakiet ten został przedstawiony po raz pierwszy w marcu 2007 i po miesiącach negocjacji między państwami członkowskimi, został przyjęty przez Parlament Europejski w grudniu 2008. Dokumenty, wchodzące w skład pakietu, skupiają się na trzech kluczowych celach: ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych, promowaniu stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz podnoszeniu sprawności energetycznej. Ważną gałęzią OZE jest pozyskiwanie energii bezpośrednio z promieniowania słonecznego. Instalacje fotowoltaiczne zamieniają energię promieniowania elektromagnetycznego bezpośrednio na prąd elektryczny.

Mimo relatywnie wysokich kosztów, w porównaniu ze źródłami konwencjonalnymi, instalacje fotowoltaiczne znajdują coraz szersze grono nabywców również w Polsce.

---

<sup>1</sup> Studenckie Koło Naukowe „Odnawialni”, WKŚiR, ZUT w Szczecinie, Katedra Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii WKŚiR, ZUT w Szczecinie

Niniejsze opracowanie ma na celu przybliżenie zagadnienia projektowania instalacji fotowoltaicznych, ich wydajności energetycznej oraz możliwości uzyskania dofinansowania inwestycji OZE, ze szczególnym uwzględnieniem gospodarstw rolnych, mogących korzystać z programów wsparcia na preferencyjnych warunkach, zwiększając przy tym ich atrakcyjność ekologiczną.

## **2. CEL PROJEKTU**

Celem analizy było wykonanie projektu ideowego instalacji fotowoltaicznej dla wybranego gospodarstwa rolnego znajdującego się w Komarowie. Analiza zapotrzebowania na energię elektryczną z ostatnich 3 lat wykazała, że zapotrzebowanie energetyczne gospodarstwa wynosi 6 MWh, dlatego też zakładana moc projektowanej instalacji powinna wynosić 5 kWp. Na podstawie tych danych dokonano wymiarowania instalacji, wykonano projekt oraz kosztorys. Cały proces projektowania instalacji wspomagany był oprogramowaniem profesjonalnym - PV Sol (<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/>) oraz półprofesjonalnym - SMA (<https://www.valentinsoftware.com>).

## **3. CEL INSTALACJI**

Celem projektowanej instalacji fotowoltaicznej będzie przede wszystkim zmniejszenie kosztów wynikających ze zużycia energii elektrycznej. Kolejnym ważnym czynnikiem przemawiającym za wykonaniem inwestycji OZE może być zysk z odsprzedanej energii – właściciel instalacji staje się wtedy prosumentem, czyli osobą, która przy nadprodukcji energii ze swojej instalacji sprzedaje ją do sieci. Instalacja PV może w ograniczonym zakresie zapewnić również niezależność od dostawcy prądu. Poprzez wkład w ochronę środowiska oraz promowanie odnawialnych źródeł energii gospodarstwo rolne może stać się bardziej konkurencyjne dla niektórych grup konsumentów.

## **4. KONSTRUKCJA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ ORAZ CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA JEJ PRACĘ**

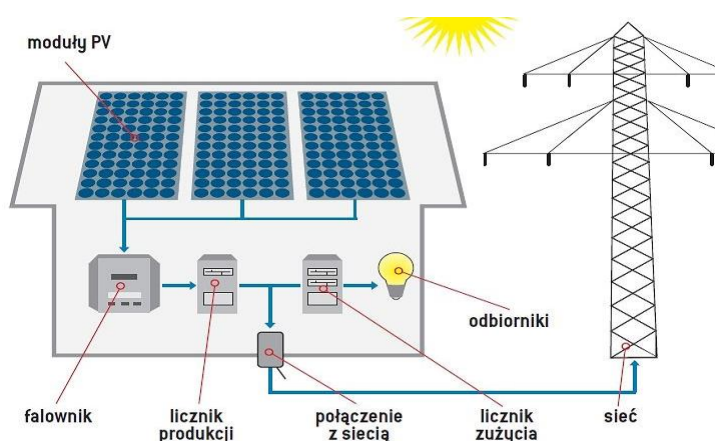
Typowa instalacja pozyskiwania energii składa się z modułów fotowoltaicznych, falownika, licznika dwukierunkowego, połączenia z siecią energetyczną oraz samych odbiorników.

Ilość energii produkowana przez instalację fotowoltaiczną nie jest stała – zależy od pory roku i warunków atmosferycznych. Najwięcej energii wytwarzane jest w miesiącach wiosennych i letnich, kiedy to panele pracują najbardziej wydajnie, choć w letni bardzo ciepły i bezwietrzny dzień ich sprawność spada, gdyż panele się za bardzo nagrzewają. System działa najsprawniej, gdy jest słoneczny, lekko wietrzny dzień. Projektując instalację fotowoltaiczną należy pamiętać również o optymalnym ustawieniu paneli fotowoltaicznych – najlepiej w kierunku południowym i pochyleniu ich pod kątem 30–45° od poziomu.

## 5. PARAMETRY INSTALACJI ORAZ JEJ ZABEZPIECZENIE

Dla większości osób parametrem wyjściowym do zakupu paneli PV jest ich moc maksymalna wyrażona w watach. Czym jest ta moc maksymalna panelu PV i jak się ją określa? Co oznaczają na panelach wskaźniki STC i NOCT? Panele fotowoltaiczne pracują na dachach w różnych warunkach nasłonecznienia. Ilość energii docierająca do paneli w zależności od pory roku, szerokości geograficznej, stopnia czystości atmosfery, zachmurzenia, itp. jest bardzo różna. Dla ułatwienia moc nominalną paneli podaje się więc dla standardowych warunków atmosferycznych **STC** (*Standard Test Conditions*), które zakładają:

- nasłonecznienie 1000 W/m<sup>2</sup>,
- temperaturę ogniów oświetlanego panelu +25°C,
- spektrum promieniowania dla gęstości atmosfery 1,5 (AM 1,5).



Rys. 1. Przykładowa instalacja on - grind (<http://ladnydom.pl>)



Uzyskanie takich warunków w Polsce jest trudne, dlatego bardziej obiektywne i realne do uzyskania będą parametry paneli dla warunków **NOCT** (*Normal Operating Cell Temperature*). Warunki te są następujące:

- nasłonecznienie  $800 \text{ W/m}^2$ ,
- temperatura otoczenia oświetlanego panelu  $+20^\circ\text{C}$ ,
- spektrum promieniowania dla gęstości atmosfery 1,5 (AM 1,5),
- prędkość wiatru  $1 \text{ m/s}$ .

#### Electrical Properties (STC\*)

	LG270S1C-A3	LG265S1C-A3	LG260S1C-A3
Maximum power at STC (P <sub>mpp</sub> )	270	265	260
MPP voltage (V <sub>mpp</sub> )	31.5	31.3	31.1
MPP current (I <sub>mpp</sub> )	8.58	8.49	8.38
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	38.5	38.3	38.1
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	9.17	9.11	9.05
Module efficiency (%)	16.5	16.2	15.9
Operating temperature (°C)	-40 ~ +90		
Maximum system voltage (V)	1000 (IEC), 600 (UL)		
Maximum series fuse rating (A)	15		
Power tolerance (%)	0 ~ +3		

\* STC (Standard Test Condition): Irradiance  $1000 \text{ W/m}^2$ , module temperature  $25^\circ\text{C}$ , AM 1.5

\* The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

#### Electrical Properties (NOCT\*)

	LG270S1C-A3	LG265S1C-A3	LG260S1C-A3
Maximum power (P <sub>mpp</sub> )	198	195	191
MPP voltage (V <sub>mpp</sub> )	29.0	28.8	28.6
MPP current (I <sub>mpp</sub> )	6.84	6.77	6.68
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	35.7	35.5	35.3
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	7.39	7.34	7.29
Efficiency reduction (from $1000 \text{ W/m}^2$ to $200 \text{ W/m}^2$ )	< 4.5 %		

\* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance  $800 \text{ W/m}^2$ , ambient temperature  $20^\circ\text{C}$ , wind speed  $1 \text{ m/s}$

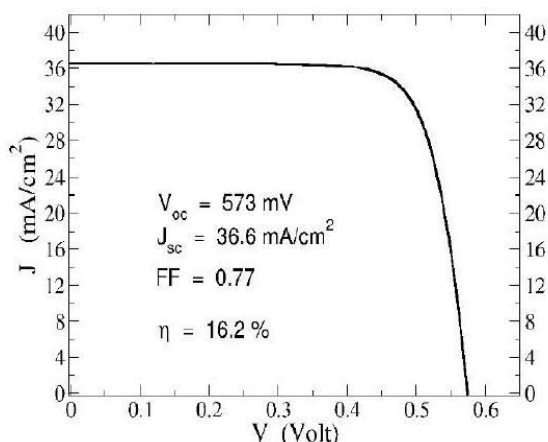
Rys. 2. Charakterystyka panelu fotowoltaicznego LG270S1C-A3 :  
(<http://www.instsani.pl/513/parametry-pracy-paneli-pv>)

Na rysunku 2. znajduje się przykładowa charakterystyka paneli fotowoltaicznych firmy LG. Dla panelu LG270S1C-A3 moc nominalna w warunkach STC wynosi  $270 \text{ W}$ , natomiast dla NOCT tylko  $198 \text{ W}$ .

Widać też, że wraz ze zmianą warunków pracy zmienia się charakterystyka prądowo-napięciowa panelu, która określa najważniejsze parametry pracy ogniwa takie, jak:

- prąd zwarciaowy  $I_{sc}$ ,
- napięcie obwodu otwartego  $V_{oc}$ .

Z charakterystyki tej można też wyznaczyć wartości prądu  $I_m$  i napięcia  $V_m$  dla maksymalnej mocy ogniwa. Posiadając takie dane można wyznaczyć sprawność ogniwa. Dla idealnego ogniwa charakterystyka prądowo-napięciowa powinna mieć kształt prostokąta o bokach równych  $I_{sc}$  i  $V_{oc}$ .



Rys. 3. Charakterystyka napięciowo-prądowa ogniwa fotowoltaicznego (<http://www.instsani.pl/513/parametry-pracy-paneli-pv>)

W praktyce takie ogniwa nie istnieją, dlatego maksymalna moc ogniwa wyznaczana jest ze wzoru:

$$P_{max} = I_m V_m, \quad (1)$$

gdzie:  $I_m$  i  $V_m$  oznaczają wartości natężenia i napięcia, dla których pole prostokąta na wykresie charakterystyki przyjmuje wartość maksymalną moc maksymalną  $P_{max}$  czy tzw. współczynnik wypełnienia FF.

Instalacja fotowoltaiczna powinna zostać zabezpieczona przed wpływem przepięć, wyładowań atmosferycznych, zwarć i być bezpieczna dla użytkowników, dlatego też stosuje się kilka rodzajów zabezpieczeń.

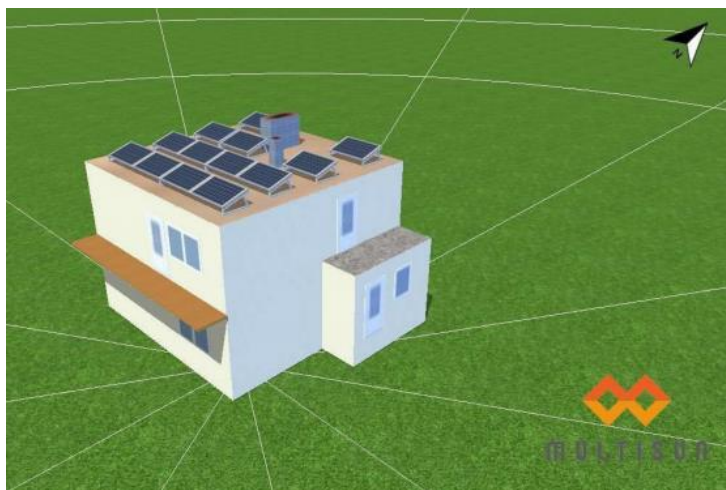
Na zabezpieczenia instalacji składają się:

- instalacja odgromowa,
- ogranicznik przepięć,
- zabezpieczenie nadprądowe,
- zabezpieczenia różnicowo-prądowe,
- diody bocznikujące.

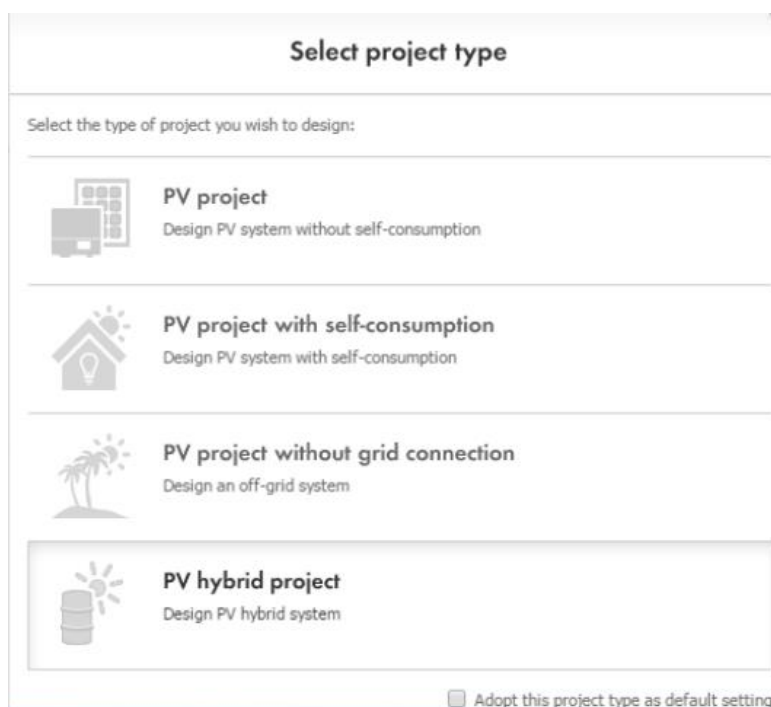
Najważniejszymi parametrami, którymi należy się kierować się przy wyborze sprzętu do instalacji są:

- moc znamionowa,
- tolerancja mocy 0/+5%,
- charakterystyka prądowo- napięciowa,
- prąd zwarciovowy,
- napięcie obwodu otwartego,
- temperaturowy współczynnik mocy,
- roczny spadek mocy,
- LID procentowa utrata mocy,
- punkt mocy maksymalnej,
- sprawność modułów.

Programy, które wspomagają projektowanie systemów fotowoltaicznych to PV Sol – profesjonalny i płatny oraz półprofesjonalny SMA – darmowy i ogólnodostępny. Program SMA jest bardzo intuicyjny, nie wymaga specjalistycznej wiedzy z zakresu projektowania, jego przejrzystość pozwala na zaprojektowanie instalacji uwzględniającą orientację paneli fotowoltaicznych. Zasadniczą różnicę między wykorzystywanymi przez nas programami stanowi możliwość wizualizacji 3D projektu. PV Sol stwarza możliwość modelowania obiektów i otoczenia oraz analizy zacienienia, zaś SMA nie. Mimo wszystko, SMA jest równie dobrym programem, choćby ze względu na rozbudowaną bazę danych, dotyczącą nasłonecznienia danego obszaru, w którym mogłyby się znaleźć nasze instalacje, i zaktualizowaną bazę danych technicznych sprzętu wraz z cennikiem.



Rys. 4. Wizualizacja 3D w programie PV Sol



Rys. 5. Wybór typu instalacji PV w programie SMA

Wyniki 

Zestawienie zawiera wprowadzone dane, wyniki oraz wskaźniki dotyczące projektu instalacji fotowoltaicznej. Prosimy sprawdzić wprowadzone dane.

Informacje o projekcie			
Łączna liczba modułów fotowoltaicznych	22	Współczynnik efektywności	86,6 %
Moc szczytowa	5,28 kWp	Uzysk właściwy energii	1032 kWh/kWp
Liczba falowników fotowoltaicznych	1	Straty przewodzenia (określone w % energii fotowoltaicznej)	---
Moc znamionowa AC falowników fotowoltaicznych	5,00 kW	Obciążenie asymetryczne	5,00 kVA
Moc czynna AC	5,00 kW	Roczne zużycie energii	6 000 kWh
Współczynnik mocy czynnej	94,7 %	Zużycie energii na potrzeby własne	1 933,94 kWh
Roczny uzysk energii	5 450,23 kWh	Udział procentowy zużycia energii na potrzeby własne	35,5 %
Współczynnik wykorzystania energii	100 %	Współczynnik samowystarczalności	32,2 %

Rys. 6. Zestawienie osiągnięć instalacji przykładowej

Anuluj

Zmiana ustawienia / sposobu montażu

OK

W tym miejscu możesz zmienić azymut i pochylenie modułów fotowoltaicznych oraz określić, czy położenie modułów fotowoltaicznych będzie regulowane. Sposób montażu ma wpływ na wzrost temperatury ogniw fotowoltaicznych względem temperatury otoczenia.

Zmień wszystkie generatory fotowoltaiczne

**Sposób montażu**

  
Wolnostojące

  
Dach

  
Fasada

  
Zintegrowane

**Azymut**



<

0

>
°

Z regulacją położenia

**Pochylenie**



<

50

>
°

Z regulacją położenia

Rys. 7. Możliwość modyfikacji ustawienia i kąta nachylenia paneli oraz wyboru ich usadowienia

Określenie profilu zużycia energii ?

W tym miejscu możesz określić profil zużycia i ewentualnie dodać specjalne odbiorniki energii elektrycznej. Pola oznaczone gwiazdką (\*) są obowiązkowe.

**Dane dotyczące profilu zużycia energii**

Rodzaj profilu zużycia energii\*

Gospodarstwo domowe
  Indywidualny profil zużycia energii
 + Nowy profil zużycia energii

Profil zużycia energii Roczne zużycie energii

3 osoby dorosłe (2 pracują zawodowo)
4000 kWh
 Edytuj profil zużycia energii

Opis

Gospodarstwo domowe, w którym dwie osoby pracują zawodowo, a jedna jest na emeryturze.

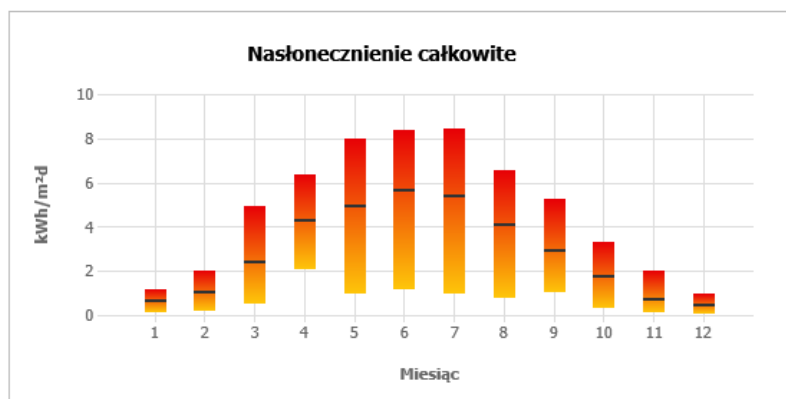
Informacje dotyczące profilu

Rys. 8. Profile zużycia energii

Dane pogodowe

Miejscem lokalizacji jest **Szczecin, Poland (Eastern Europe)**

Roczne nasłonecznienie całkowite wynosi **1 018,70 kWh/m<sup>2</sup>a**



Rys. 9. Dane pogodowe

Korzystając z wyżej wymienionego oprogramowania zaprojektowano instalację fotowoltaiczną składającą się z 22 modułów o mocy 250 W każdy, falownika SB 5000TL-21, licznika dwukierunkowego 3 fazowy 100a sdm72bi -mid-.

W celu maksymalnego wykorzystania promieniowania słonecznego panele fotowoltaiczne umieszczone zostaną na stelażu pod kątem 36 stopni do poziomu. Instalacja zapewni wymaganą ilość mocy, jednakże energia ta dostarczona będzie w różnych ilościach w danym miesiącu.



*Rys. 10. Uzysk energii w miesiącu*

## 6. SCHEMAT INSTALACJI

Możliwości finansowania projektu.

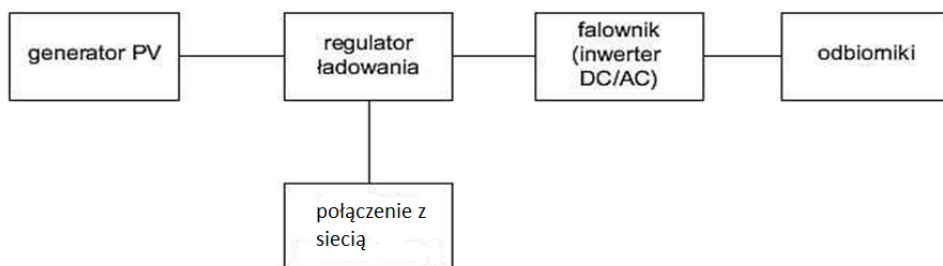
Nakłady finansowe projektowanej instalacji obejmują:

- moduły fotowoltaiczne (SV60P, 22, 250 W) (1045,50 zł/sztuka),
- inwertery SB 5000TL-21 (8122,67 zł/sztuka),
- przewody oraz akcesoria elektryczne (ok. 2000 zł),
- konstrukcje do umocowania modułów fotowoltaicznych REMOR (1127,91 zł),
- transport (400 zł),
- montaż z przyłączeniem do sieci inwestora (3000 zł),
- koszt projektowania (700-1000 zł).

Koszt całkowity: 39 650,00 PLN.

Dofinansowanie do rozwoju OZE dla rolników (program PROW 2014-2020) jest na poziomie 40%. Inwestor pozyskuje środki z dofinansowania oraz korzysta z 60% wkładu własnego. Dofinansowanie wynosi więc 15 860,00 PLN, a wkład własny 23 790, 00 PLN. Roczne zużycie prądu to 6 MWh, roczne opłaty za prąd z sieci elektroenergetycznej wynoszą 4200 PLN.

Zaproponowana instalacja o mocy 5,5 kW pokrywa całe zapotrzebowanie na energię elektryczną. Porównując wkład własny z roczną sumą rachunków można łatwo policzyć, że zwrot instalacji nastąpi już po 6 latach użytkowania.



Rys. 11. Schemat instalacji

## 7. PODSUMOWANIE

Pomimo dość wysokich kosztów inwestycyjnych projektowana instalacja fotowoltaiczna zacznie na siebie zarabiać już po 6 latach. Tak korzystny czas zwrotu inwestycji możliwy jest dzięki programom wsparcia dla rolnictwa. Zakładając, że bezawaryjna praca instalacji PV przekracza 20 lat (producenci mówią o 25 latach) każda złotówka zainwestowana w instalację fotowoltaiczną przyniesie 4 zł. Wstępny projekt systemu fotowoltaiczny może być wspierany przez programy takie jak PV Sol, SMA. Przyszli inwestorzy mogą w dość łatwy sposób wykonać projekt koncepcyjny i oszacować koszty inwestycji, jeżeli tylko dysponują wiedzą na temat zapotrzebowania energetycznego odbiorcy i lokalizacji przyszłej instalacji PV. Oprogramowanie wspierające projektowanie jest na tyle proste, że nawet nie mając fachowej wiedzy użytkownicy są w stanie zaprojektować swoją instalację fotowoltaiczną i policzyć opłacalność inwestycji w ten rodzaj OZE.

## LITERATURA

- [1] Tytko R., *Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej*, wydanie 2016
- [2] Góralczyk I., Tytko R., *Fotowoltaika- urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne*



- [3] <http://solgen.pl/jak-dobrac-moc-instalacji-pv/>  
<http://www.instalacjebudowlane.pl/8429-77-12394-montaz-paneli-fotowoltaicznych.html> <http://www.instalacjebudowlane.pl/7785-77-12394-fotowoltaika-w-teorii-i-praktyce.html> (dostęp: 14.05.2019)
- [4] [http://ladnydom.pl/budowa/1,106578,15570961,instalacja\\_fotowoltaiczna\\_\\_\\_jakie\\_koszty\\_\\_a\\_jakie.html](http://ladnydom.pl/budowa/1,106578,15570961,instalacja_fotowoltaiczna___jakie_koszty__a_jakie.html) (dostęp: 14.05.2019)
- [5] <http://www.instsani.pl/513/parametry-pracy-paneli-pv> (dostęp: 14.05.2019)
- [6] <https://solsum.pl/zestaw/solsum-bipv-2/> (dostęp: 14.05.2019)
- [7] <http://solaris18.blogspot.com/2012/01/dioda-bypass-w-panelach.html> (dostęp: 14.05.2019)
- [8] <https://www.instalator.pl/2016/02/fotowoltaika-bez-tajemnic-2/> (dostęp: 14.05.2019)
- [9] <http://www.fachowyelektryk.pl/technologie/odnawialne-zrodla-energii/1573-jak-zabezpieczyc-instalacje-fotowoltaiczna.html> (dostęp: 14.05.2019)
- [10] <http://www.instsani.pl/511/zabezpieczenia-instalacji-pv>  
<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/> (dostęp: 14.05.2019)
- [11] <http://oze-shop.pl/formalnosci-prawno-administracyjne/9-projekt-pv-sol.html> (dostęp: 14.05.2019)
- [12] [http://home.agh.edu.pl/~romus/oze/laboratorium%20czyste%20energii/instrukcja%20do%20%20sunny%20design%20v1.1.pdf?fbclid=iwar2-mns1i4ebh50x8xud8wz1orl0fjjstozuiwacuiwxrpag\\_xnthfwxc](http://home.agh.edu.pl/~romus/oze/laboratorium%20czyste%20energii/instrukcja%20do%20%20sunny%20design%20v1.1.pdf?fbclid=iwar2-mns1i4ebh50x8xud8wz1orl0fjjstozuiwacuiwxrpag_xnthfwxc) (dostęp 14.05.2019)

## **ELEKTRONICZNY SYSTEM WIZUALIZACJI Z UKŁADEM AUTONOMICZNEGO ZASILANIA**

### **1. WPROWADZENIE**

W globalnym świecie informacje stają się coraz bardziej cenne. Rozwijane są nowe typy sieci internetowych – Internet of Things (IoT) i Internet of Everything (IoE). Tego typu sieci pozwalają na komunikację miliardów urządzeń ze sobą na całym świecie. Bardzo często takie urządzenia muszą być przenośne, co oznacza, że zasilanie i komunikacja muszą być realizowane bezprzewodowo. O ile komunikacja bezprzewodowa jest dobrze rozwinięta i nie wymaga obsługi to prawdziwym wyzwaniem jest realizacja zasilania.

Zasilanie bezprzewodowe może być realizowane przez normalne baterie [1], akumulatory lub wbudowane generatory [2, 3], które wytwarzają energię elektryczną. Takie generatory można uznać za alternatywne systemy zasilania. Ponieważ liczba urządzeń podłączonych do Internetu rośnie bardzo szybko, obsługa tych urządzeń powinna zostać ograniczona do minimum. W związku z tym monitorowanie i wymiana baterii staje się bardzo ważnym problemem. Dlatego też alternatywne metody zasilania stają się coraz bardziej popularne pomimo ich stosunkowo dużych kosztów. Energia elektryczna może być przekształcona z energii cieplnej [4], energii elektromagnetycznej [5] lub energii kinetycznej [6]. Wszystkie trzy grupy przetworników mają swoje zalety i wady. W tej pracy zostanie poruszona aplikacja przetwornika, w którym ciepło jest przekształcane na energię elektryczną. Główną przyczyną tego wyboru jest fakt, że źródła ciepła są powszechnie dostępne, a energia cieplna jest często uznawana za marnowaną energię. W odróżnieniu od energii elektromagnetycznej ciepło jest dostępne przez całą dobę, a same przetworniki są trwałe, bowiem nie zawierają mechanicznych elementów.

---

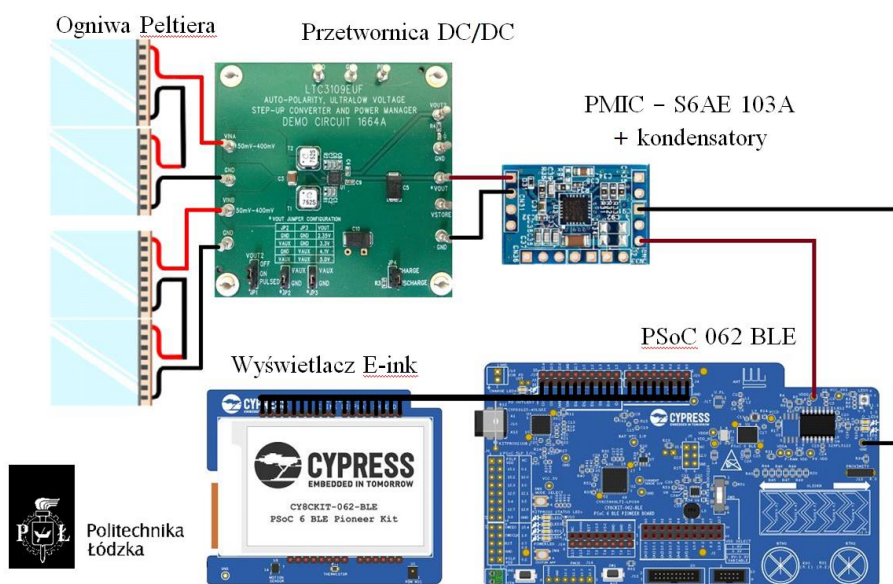
<sup>1</sup> Politechnika Łódzka, Studenckie Koło Naukowe Młodych Mikroelektroników

## 2. OPIS PROJEKTU

Głównym celem projektu było stworzenie urządzenia informacyjnego, które nie wymaga zasilania bateryjnego ani sieciowego. Źródłem jego energii w założeniu ma być gradient temperatury występujący w pomieszczeniach pomiędzy ścianą, do którego będzie zamontowany, a powietrzem otaczającym dookoła.

## 3. DOBÓR ELEMENTÓW ELEKTRONICZNYCH NIEZBĘDNYCH DO WYKONANIA PROJEKTU

W związku z tym, że w tak specyficznym zastosowaniu rozmiary zewnętrzne urządzenia ograniczają powierzchnię na której można zamontować przekształtniki termoelektryczne gromadzona energia również jest ograniczona. Narzuca więc to używanie elementów elektronicznych cechujących się najwyższą sprawnością. Ich połączenie przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia

#### 4. ZASADA DZIAŁANIA

Sercem konstrukcji jest wyświetlacz typu E-ink, który pozwala wyświetlać treść, nie zużywając żadnej energii. Ekran pobiera moc ze źródła jedynie podczas zmiany wyświetlanego obrazu. Źródłem zasilania takiego wyświetlacza są układy termogeneratorów (TEG), które wytwarzają energię elektryczną z rozpraszanej energii cieplnej. Jako źródło energii cieplnej jest wykorzystywany niewielki gradient temperatury pomiędzy stroną ciepłą ogniwa, a temperaturą otoczenia. Dodatkowymi układami pośredniczącymi jest przetwornica podwyższająca napięcie oraz układ zarządzania energią. Przy niskich deltach temperatur (rzędu 3°C) TEGi wytwarzają napięcie rzędu 200 mV, co nie jest użyteczne w układach zasilania. Przetwornica podwyższa je do poziomu 5 V, a układ zarządzania energią dba, by przez cały czas utrzymywania się różnicy temperatur, energia elektryczna była gromadzona w układzie kondensatorów. Następnie wykorzystuje się ją do komunikacji wyświetlacza z jednostką nadrzędną oraz innych wymaganych operacji.

#### 5. WYKONANIE BUDŻETU MOCY

Ważnym zagadnieniem w konstrukcjach przekształtnikowych jest wykonanie budżetu mocy. Każdy użyty w projekcie moduł do swojej poprawnej pracy wymaga zasilania. Elementy składowe, wymagane do działania urządzenia są w rezultacie relatywnie dużym obciążeniem dla użytego źródła zasilania. W związku z tym zostało opracowane zestawienie ilości energii wykorzystywanej przez wszystkie podzespoły wykorzystane w urządzeniu. Wyliczenie tych wartości pozwoliło ustalić minimalną moc ogniw Peltiera jaka jest potrzebna aby urządzenie się uruchomiło. Obliczenia zostały wykonane szacunkowo na podstawie not katalogowych poszczególnych elementów składowych.

Elementami, które wymagają ciągłego zasilania jest przetwornica podwyższająca napięcie, układ zarządzający energią – PMIC (ang. Power Management Integrated Circuit) oraz procesor odpowiadający za komunikację. Ten ostatni przez większość czasu pozostaje w trybie uśpienia przez co zużywa minimalną ilość zgromadzonej energii. Z trybu uśpienia (ang. deepsleep) wybudza się jedynie na czas przełączania zawartości wyświetlacza i komunikacji ze sterownikiem oraz ze światem zewnętrznym.

W tabelach poniżej zestawione są moce chwilowe elementów składowych. Na ich podstawie wyliczono energię zużywaną przez elementy w ciągu doby, pozwalających na stabilną pracę urządzenia.

*Tabela 1. Zużycie energii przez poszczególne elementy w ciągu jednej doby*

	LTC3109	PMIC	PSoC 63	Suma	Ogniwo Peltiera
Moc – W	3,50E-05	1,40E-06	2,64E-06	9,61E-05	-7,42E-03
Energia dla 24h – J	3,02	0,121	0,228	-638,715	-641

Znak „-“ przy ogniwie oznacza, że nie zużywa ono energii, lecz ją wytwarza. Z powyższej tabeli jasno wynika, że za pomocą jednego ogniwa da się zasilić układ będący przez całą dobę w trybie bezczynności. Nadwyżka energii może być wykorzystywana do zmiany wyświetlanej treści, co jest procesem bardziej energochłonnym.

*Tabela 2. Zużycie energii podczas pojedynczej komunikacji i zmiany wyświetlanego obrazu*

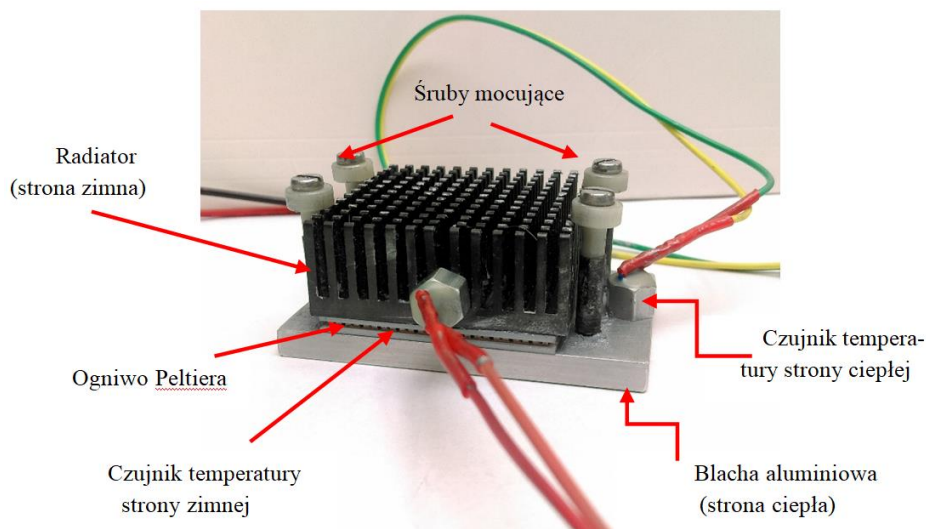
	Transmisja Bluetooth Low Energy (10s)	Przełączanie wyświetlacza (2s)
Moc – W	0,052	0,025
Energia – J	0,520	0,050

W szacunkach nie została uwzględniona upływność kondensatorów. Może ona znacząco wpłynąć na ilość energii jaka może zostać wykorzystana do działania urządzenia. Zakładając upływność na poziomie od 10 do 15%, również o tyle może zmniejszyć się ilość możliwych przełączeń układu.

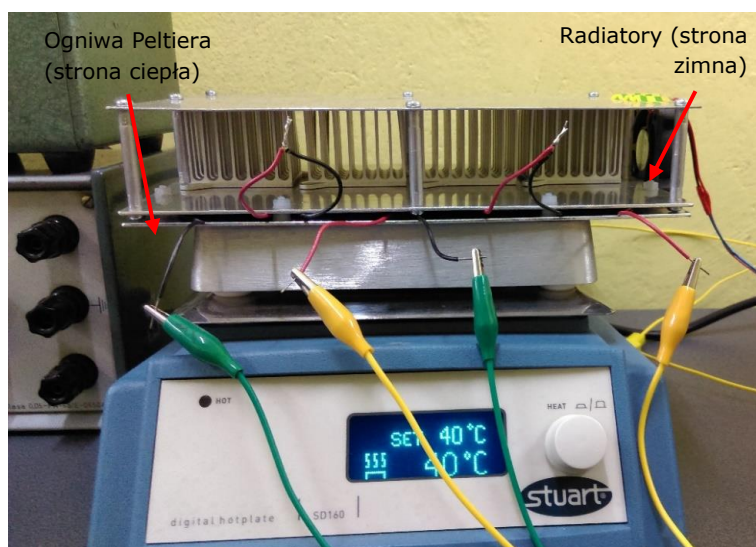
## 6. PROJEKT I REALIZACJA ŹRÓDŁA ZASILANIA

Autonomiczne źródło zasilania składa się z trzech części: ogniwa TEG, przetwornicy DC-DC oraz układu zarządzającego energią wraz z baterią kondensatorów. Do stworzenia najwydajniejszego źródła było konieczne znalezienie odpowiedniego ogniwa Peltiera. Do tego celu zostało stworzone stanowisko pomiarowe. Składało się ono z badanego modułu zasilania, mierników prądu i napięcia, płyty grzejnej, dwóch termometrów oraz regulowanego obciążenia. Badany moduł Peltiera montowany jest w uchwyt składający się z blachy aluminiowej o grubości 5 mm dla strony ciepłej ogniwa oraz radiatora dla strony zimnej.

W miejsca styku dwóch powierzchni nakłada się pastę termoprzewodzącą dla zmniejszenia rezystancji cieplnej połączenia. Całość jest skręcona za pomocą śrub. Zarówno w blasze jak i radiatorze zamontowane są czujniki NTC mierzące realne temperatury stron ogniwa. Poniżej znajduje się realizacja uchwytu, w którym dokonywane były pomiary poszczególnych ogniw.



Rys. 2. Moduł zasilania zbudowany z jednego ogniwa



Rys. 3. Moduł zasilania zbudowany z czterech ogniw na płycie grzejnej

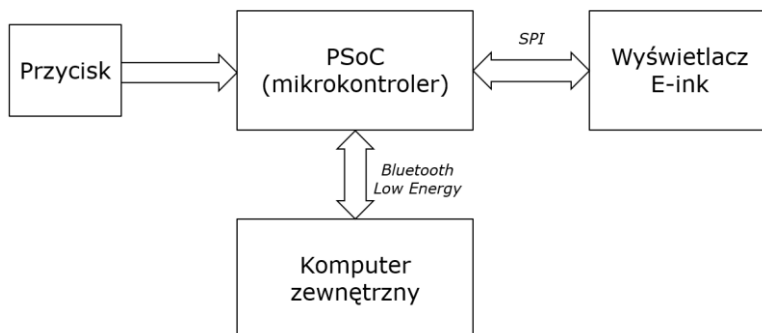
W finalnym urządzeniu układ zasilania składa się z czterech termogeneratorów połączonych z przetwornicą w sposób szeregowo-równoległy. Taki układ został wypracowany metodą empiryczną. Liczba czterech ogniw jest nieprzypadkowa. Łączenie szeregowe ogniw powoduje sumowanie ich napięć wyjściowych. Z tego względu w jednym kanale wejściowym są dołączone dwa ogniwa. Większa ich ilość przekroczyła by maksymalne napięcie wejściowe przetwornicy powodując jej nasycenie. Łączenie równoległe teoretycznie powinno zwiększać moc wyjściową. Jest to prawdziwe przy założeniu, że termogeneratory pracowały by z tymi samymi napięciami. W rzeczywistych aplikacjach ten warunek nie jest spełniony, gdyż ogniwa o tych samych oznaczeniach nie są idealnie takie same. W rezultacie zamiast oddawać moc do obciążenia, jeden termogenerator zasila drugi. Biorąc pod uwagę, że przetwornica ma dwa równoległe wejścia (dwa kanały) najbardziej optymalnym połączeniem było użycie dwóch najlepszych modułów szeregowo w jednym kanale (stąd połączenie szeregowo-równoległe). Wyjścia termogeneratorów dołączone są do przetwornicy, gdzie napięcie jest podwyższane, a następnie energia jest przekazywana do układu PMIC. Całość zmontowana jest za pomocą blach aluminiowych. W części dolnej zostały użyte śruby nylonowe, aby nie tworzyć mostków cieplnych pomiędzy dwoma blachami mocującymi ogniwa.

## **7. INTEGRACJA EKRAŃ I ELEMENTÓW ELEKTRONICZNYCH Z ALTERNATYWNYM ŹRÓDŁEM ZASILANIA**



*Rys. 4. Wizualizacja frontu obudowy*

## 8. BUDOWA SYSTEMU KOMUNIKACJI Z WYŚWIETLACZEM



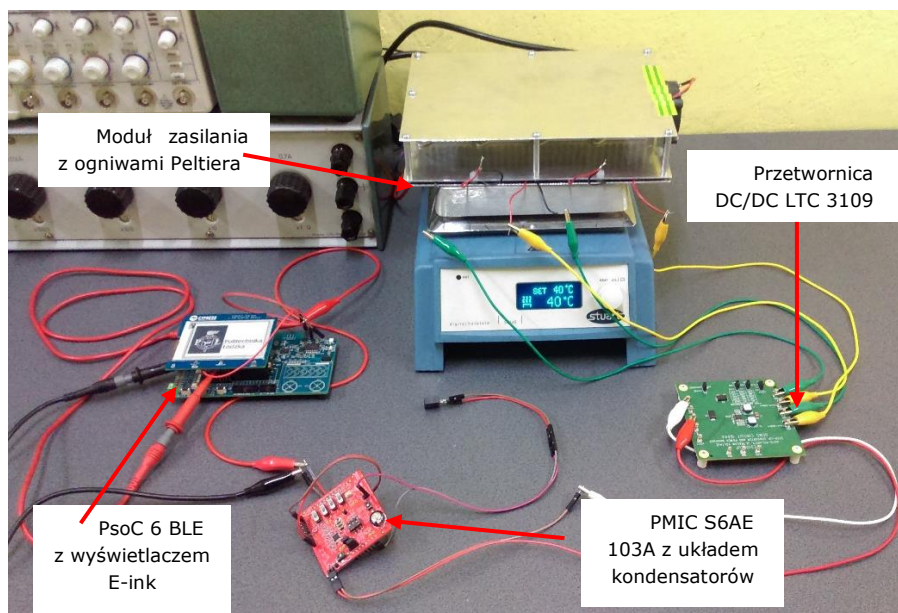
Rys. 5. Schemat blokowy komunikacji

Z założenia treści do wyświetlenia miały być wysyłane do urządzenia bezprzewodowo. Udało się wstępnie nawiązać komunikację z urządzeniem za pomocą Bluetooth Low Energy. Komunikacja ta jest w fazie testów, gdyż podczas przesyłu danych odbiornik zużywa stukrotnie większą ilość energii niż zapewniał producent. Z uwagi na tak duży pobór energii, w finalnej wersji nie da się komunikować z urządzeniem, gdyż powoduje on ujemny bilans mocy. W aktualnym prototypie obrazki, które mają być wyświetlane znajdują się w pamięci mikrokontrolera, zmiana zawartości jest wykonywana w określonej sekwencji po naciśnięciu przycisku. Po wyzwoleniu, zarówno przyciskiem, czy przez urządzenie zewnętrzne mikrokontroler komunikuje się ze sterownikiem wyświetlacza za pomocą interfejsu SPI.

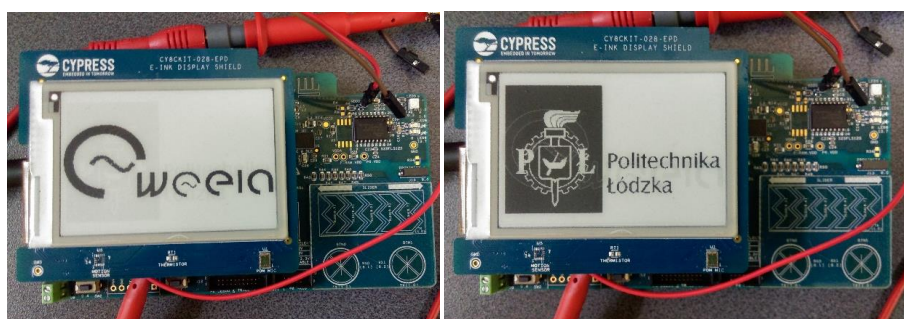
## 9. BUDOWA DEMONSTRATORA WYŚWIETLACZA

Efektom końcowym działań przy projekcie jest działające urządzenie, które przy skutecznej różnicy temperatur rzędu 4°C jest w stanie pracować w trybie ciągłym oraz zmieniać treść wyświetlanego komunikatu na wyświetlaczu do 10 razy na dobę. Wartości te nie są wartościami granicznymi – możliwa jest dalsza optymalizacja układu.





Rys. 6. Działający prototyp



Rys. 7. Wyświetlana treść

## LITERATURA

- [1] Krupanek B., Bogacz R., *Węzły końcowe systemów internetu rzeczy*
- [2] Pniewski R., Kowalik R., Sadowski E., *Ogniwo Peltiera w zastosowaniach praktycznych*, 2017
- [3] Gawali S. K., Deshmukh M. K., *Energy Autonomy in IoT Technologies*, Energy Procedia, 2019, 156, 222–226

- [4] Guzowski B., Gozdur R., Bernacki L., Lakomski M., *Investigations of DC power supplies with optoelectronic transducers and RF energy converters*, J. Phys.: Conf. Ser., 2016, 709, 012008,
- [5] Prus K., *Układy zarządzania zasilaniem Maxim Integrated i Austria Micro Systems*, Elektronika praktyczna 9/2016
- [6] Gomez C., Bosch J. O., Paradells J., *Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology*
- [7] Alghisi D., Ferrari V., Ferrari M., Touati F., Crescini D., Mnaouer A. B., *A new nano-power trigger circuit for battery-less power management electronics in energy harvesting systems*, Sensors and Actuators A: Physical, 2017, 263, 305–316

## **OGNIWA PALIWOWE – GENERATORY ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPLNEJ**

### **1. WSTĘP**

Efekt cieplarniany, odpowiedzialny za globalne ocieplenie jest jednym z problemów wszystkich mieszkańców Ziemi. Podwyższone temperatury doprowadzają do topnienia lodowców, susz, huraganów aż w końcu przyczyniają się do wyginięcia różnych gatunków zwierząt i roślin. Istnieje wiele czynników wpływających na zwiększanie się efektu cieplarnianego, tak samo istnieje wiele rozwiązań by go zmniejszać. Jednym z tych czynników jest spalanie paliw kopalnych np. ropy, której infrastruktura jest na tyle rozwinięta, że naprawdę ciężko będzie ją zastąpić. Jest stosunkowo tania w wydobyciu i transporcie, a podczas spalania wydziela dużo ciepła i energii. Jednak jej masowe zastosowanie w postaci benzyny bądź oleju napędowego w różnego rodzaju środkach transportu może nieść za sobą niewyobrażalne skutki. Dlatego jednym z rozwiązań jest wykorzystanie na skale światową tzw. ogniw paliwowych.

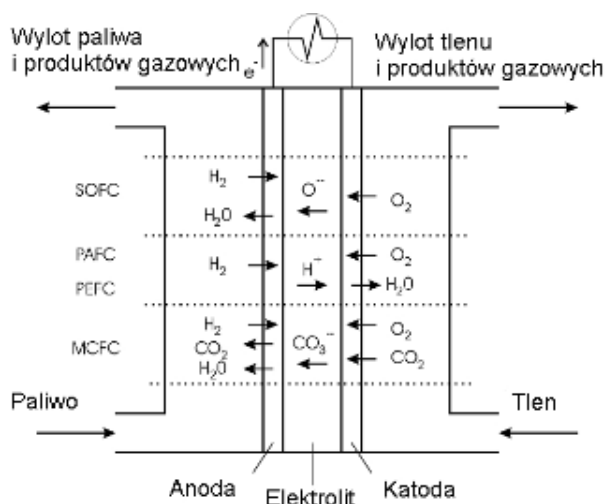
### **2. OGNIWA PALIWOWE**

Ogniwa paliwowe są to urządzenia elektrochemiczne, łączące paliwo, którym może być wodór i utleniacz np. tlen do generacji energii elektrycznej. Produktami takiej reakcji jest również energia cieplna oraz woda. Występuje kilka typów ogniw paliwowych które różnią się od siebie paliwem, utleniaczem, temperaturą pracy, elementami z których są zbudowane, jednak ich zasada działania jest bardzo podobna. Opiera się na procesie elektrochemicznym, w którym wodór doprowadzany jest do anody, a tlen do katody. Katalizator, którego obecność wywołuje przyspieszenie reakcji chemicznej, znajdujący się na anodzie powoduje rozbitcie wodoru na protony i elektrony. Elektrolit, który ma świetne właściwości przewodności jonowej, przepuszcza do katody jedynie protony, a elektro-

---

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

ny przemieszczają się do niej zewnętrznym obwodem tworząc prąd elektryczny. Na katodzie protony i elektrony łączą się z dostarczanym tlenem tworząc wodę, która wydostaje się z ogniwa. Omówioną zasadę działania przedstawia rysunek 1.



Rys.1. Zasada działania różnych typów ogniw paliwowych [1]

### 3. KLASYFIKACJA OGNIW PALIWOWYCH

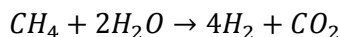
Ogniwa paliwowe można podzielić ze względu na:

- elektrolit: membrana polimerowa, roztwór wodorotlenku potasu, kwas fosforowy, stopione węglany, ceramika tlenkowa.
- temperaturę pracy:
- niskotemperaturowe  $25^{\circ}C - 100^{\circ}C$ ,
- średnitemperaturowe  $100^{\circ}C - 500^{\circ}C$ ,
- wysokotemperaturowe  $500^{\circ}C - 1000^{\circ}C$ .
- paliwo: ciekłe, gazowe
- utleniacz: tlen, powietrze, powietrze +  $CO_2$
- zastosowanie: motoryzacja, urządzenia przenośne, kosmonautyka, energetyka

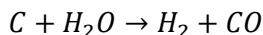
#### 4. METODY WYTWARZANIA WODORU

Dzięki różnym metodom wytwarzania wodoru oraz jego nieokreślonej dostępności jest on najbardziej powszechnym paliwem stosowanym w ogniach paliwowych. Choć niektóre z nich jak np. elektroliza wody, pozwalają otrzymać wodór w bardzo czystej postaci, wymagają jednak dużych nakładów energii, stąd taka metoda jest mało praktyczna. Najczęściej spotykane metody występują w warunkach przemysłowych, a wodór można uzyskać poprzez:

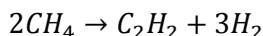
- konwersję realizowaną podczas przepuszczania metanu nad parą wodną:



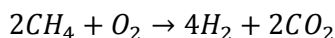
- reakcję pary wodnej z rozgrzany koksem do 1200°C, reakcja Bosh'a:



- termiczny rozpad metanu w temperaturze 2000°C:



- reakcje metanu z tlenem:



#### 5. METODY MAGAZYNOWANIA WODORU

Wodór można magazynować w postaci sprężonego gazu, który wymaga dużych nakładów energii, a jego mała gęstość sprawia, że nawet pod dużymi ciśnieniami magazynujemy małą ilość energii użytecznej. Powoduje to wykorzystywanie bardzo dużych zbiorników, a co za tym idzie wysokich kosztów materiałów oraz problemów z jego transportem. Wartości ciśnienia przechowywanego wodoru są zależne od ich wykorzystywania. Dla urządzeń mobilnych i małej mocy ciśnienia są najniższe, natomiast dla zastosowań motoryzacyjnych stosuje się zbiorniki o ciśnieniu 300–400 barów. Największe ciśnienia stosuje się dla urządzeń stacjonarnych i gabarytowych.

Drugą metodą magazynowania wodoru jest przechowywanie go w postaci ciekłej, która wymaga jeszcze większych nakładów energii niż w przypadku jego sprężania. Taka metoda wymaga osiągnięcia temperatury 20 K, czyli temperatury krytycznej wodoru.

Innymi metodami mogą być tzw. fizyczne bądź chemiczne wodorki metali. W pierwszej metodzie wodór jest zaadsorbowany na powierzchni stopów niklu bądź chromu. Natomiast w drugiej metodzie wodór może być magazynowany

w postaci związków chemicznych tj.  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{KH}$ ,  $\text{LiH}$ ,  $\text{NaBH}_4$ . Reakcja uwalniania wodoru ze związku jest łatwa i korzystna. Należy dostarczyć tylko wody i jakiegokolwiek katalizator, a otrzymamy dwa razy więcej wodoru niż było zmagazynowane, ponieważ występuje rozbitcie cząstki wody.

## 6. PORÓWNANIE WODORU I BENZYNY JAKO PALIWA

Wodór jest najbardziej energetyczny wśród wszystkich paliw, ponieważ ma największą wartość opałową (33,3 kWh/kg) oraz ciepło spalania w odniesieniu do mas. Następną jego zaletą jest jego nieograniczona ilość i dostępność. Produktami ubocznymi spalania jest wytwarzanie się ciepła i wody. Brak jakiegokolwiek zapachów czy zanieczyszczeń atmosfery. Jednak jest najłżejszym gazem występującym w przyrodzie i pomimo łatwości, i szybkości napełniania zbiorników, wymaga on sprężania bądź skraplania w celu zmniejszania objętości. Głównym problemem jest jego magazynowanie w dużych i kosztownych zbiornikach oraz brak rozwiniętej infrastruktury. W przypadku benzyny jej proces otrzymywania, transportu oraz magazynowania, zdecydowanie przechodzi na jej korzyść. Ma mniejszą wartość opałową w stosunku do masy i jest dostępna na każdej stacji benzynowej. Jednak jej masowe wykorzystanie i spalanie znacznie wpływa na środowisko, a co za tym idzie globalne ocieplenie. W obecnej chwili samochody z silnikami spalinowymi są wspomagane silnikami hybrydowymi co potrafi zmniejszyć spalanie benzyny w nawet o połowę.

## 7. OGNIWA PALIWOWE

### *Ogniwo paliwowe typu PEM*

PEM (ang. *Proton Exchange Membrane*) – jest ogniwem niskotemperaturowym zasilanym przez czysty wodór bądź reformat. Jako elektrolit występuje membrana polimerowa np. nafion. Jest to materiał o bardzo dobrych właściwościach chemicznych oraz termicznych oraz najczęściej występuje w postaci cienkiej folii. Ma doskonałą przewodność jonową, a brak przewodności elektronej, dlatego właśnie znalazł zastosowanie w tym ogniwie jako elektrolit. Charakterystyczną cechą ogniwa PEM jest duża sprawność, sięgająca aż 65% w produkcji energii elektrycznej, a tym samym mała ilość wydzielanego ciepła. Ten typ ogniwa jest głównie stosowany do napędzania pojazdów, ponieważ ma dobrą nadążność w urządzeniach przy zmiennych obciążeniach.

### ***Ogniwo paliwowe typu DMFC***

DMFC (ang. *Direct Methanol Fuel Cell*) – ogniwa bardzo zbliżone do ogniwa typu PEM, również posiadają membranę polimerową. Różnica pomiędzy nimi występuje w konstrukcji anody, która pozwala na zajście wewnętrznego reformingu metanolu, a w efekcie na otrzymanie wodoru do zasilania ogniwa. Taka budowa mówi nam o tym, że można zasilać go metanolem, dokładniej roztworem metanolu i wody. Również należy do grupy niskotemperaturowych jednak posiada niższą sprawność (ok. 40%) niż ogniwo typu PEM. Ogniwa paliwowe typu DMFC, wykorzystane do budowy baterii przenośnych są bezkonkurencyjne dla zwykłych baterii. Dla przykładu laptop, który zasilany jest 250 ml zbiornikiem metanolu, może pracować nawet do 12 godzin. W przypadku standardowych baterii o przybliżonej masie bądź objętości jest nieosiągalne.

### ***Ogniwo paliwowe typu AFC***

AFC(ang. *Alkaline Fuel Cell*) – alkaliczne ogniwa paliwowe, które jego pierwsze poleciały w kosmos. Do kogeneracji energii elektrycznej i ciepła zostały wykorzystane w promie kosmicznym Apollo. Ich elektrolitem jest roztwór KOH, a reakcja zachodzi w temperaturach od 80 do 250°C. Im wyższa temperatura reakcji tym sprawność ogniwa w produkcji generacji energii elektrycznej i cieplnej jest większa. Przeszkodę w komercjalizacji stanowi wrażliwość na zanieczyszczenia, stąd wymagają paliwa o dużej czystości. Woda jako produkt reakcji jest usuwana z systemu w procesie parowania.



Rys. 2. Ogniwo paliwowe typu AFC wykorzystane w promie kosmicznym[2]

### ***Ogniwo paliwowe typu PAFC***

PAFC (ang. Phosphoric Acid) – ogniwo paliwowe z kwasem fosforowym. Przy stosunkowo niskich temperaturach ok. 210°C mogą wytwarzać moc do 1 MW, przy sprawności ok. 40%. Dużą zaletą PAFC jest wysoka tolerancja na zanieczyszczenia paliwa przez tlenki węgla co pozwala na zastosowanie wielu paliw, jednak ważne jest ich wcześniejsze odsiarczenie. Ten typ ogniw występuje komercyjnie i stosowany jest w systemach zasilania budynków, małych elektrowniach bądź w portach lotniczych.



Rys. 3. Wykorzystanie ogniwa typu PAFC w Fuji-Electric o mocy 100 kW [2]

### ***Ogniwo paliwowe typu MCFC***

MCFC (ang. Molten Carbonate Fuel Cell) – ogniwo paliwowe wykorzystujące stopiony węglan litu bądź potasu jako elektrolit. Należy do grupy wysokotemperaturowych, stąd możliwe jest stosowanie innych paliw poza wodorem, np. takich jak gaz ziemny, benzyna czy propan. Ogniwa typu MCFC używane są do produkcji energii elektrycznej w elektrowniach małej i średniej mocy.





Rys. 4. Zastosowanie komercyjne ogniw typu MCFC [2]

### ***Ogniwo paliwowe typu SOFC***

SOFC (ang. *Solid Oxide*) – jako elektrolit wykorzystują membranę z ceramiki tlenkowej. Podobnie jak MCFC należą do ogniw wysokotemperaturowych jednak mogą pracować w temperaturze nawet do 1000°C. Oczywiście również w tym przypadku wysoka temperatura daje możliwości stosowania szerokiego wachlarza paliw. Natomiast skutkiem procesów zachodzących w wysokich temperaturach jest wysoka sprawność w produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Temperatura pracy oraz brak podatności na zmianę obciążenia, zdecydowało o tym, że stosowane są głównie w stacjonarnych dużych generatorach energii, a ich moc sięgać nawet 10 MW.

## **8. PODSUMOWANIE OGNIW PALIWOWYCH**

Wysokie sprawności oraz membrana zbudowana z materiałów stałych spowodowało, że najbardziej powszechnymi ogniwami paliwowymi są ogniwa typu PEM, DMFC oraz SOFC. Brak ruchomych części zdecydowanie jest zaletą dla zastosowań przemysłowych.

Ogniwa typu PEM i DMFC ze względu na niskie temperatury reakcji oraz wysokie sprawności pozwalają na wykorzystanie ich w urządzeniach codziennego użytku. Dodatkowo ogniwa DMFC wykorzystują metanol, który jest stosunkowo łatwy w składowaniu i idealnie nadaje się do zastosowania jako bateria.

Ogniwa typu SOFC ze względu na wysokie sprawności, szeroki wachlarz paliw oraz brak podatności na obciążenie idealnie znajduje swoje zastosowanie jako stacjonarne generatory energii elektrycznej i ciepłej.

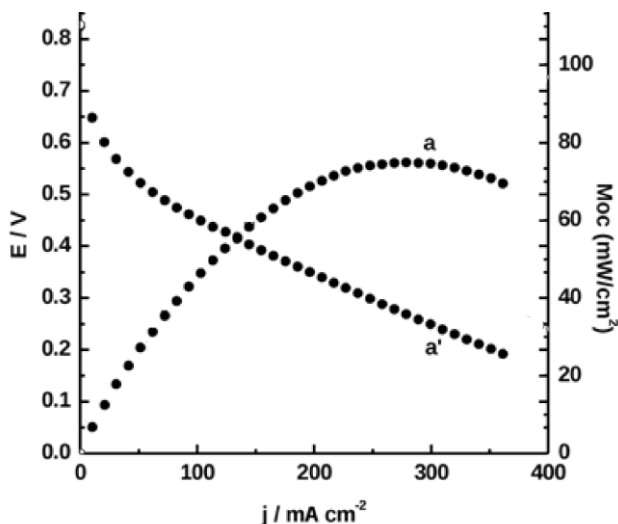
Tabela 1. Zestawienie najważniejszych cech ogniw paliwowych [3]

Typ ogniwa	Elektrolit	Temperatura pracy [°C]	Sprawność (generacja energii elektrycznej / kogeneracja)	Zastosowania	Paliwo
PEM	Polimer w stanie stałym	80	40–65%	- baterie przenośne - elektrownie małej mocy i generatory energii i ciepła - przemysł motoryzacyjny	Wodór
AFC	Roztwór KOH	80–250	50–70%	- militarne - kosmonautyka	Wodór
DMFC	Polimer w stanie stałym	75	35–40%	- urządzenia przenośne - baterie	Metanol Roztwór metanolu i wody
PAFC	Kwas fosforowy	210	35–50%	- generatory stacjonarne	Wodór
MCFC	Stopiony węgiel Li/K	650	40–50%	- Duże elektrownie i generatory - urządzenia CHP (Combined Heat & Power)	Wodór, metanol, metan, biogaz, gaz LPG i inne gazy hydrokarbonowe Reforming wewnętrzny
SOFC	Ceramika tlenkowa	650–1000	45–60% / 85%	- Duże elektrownie i generatory - urządzenia CHP (Combined Heat & Power)	Wodór, metanol, metan, biogaz, gaz LPG i inne gazy hydrokarbonowe Reforming wewnętrzny

## 9. NAPIĘCIE I MOC OGNIW PALIWOWYCH

Wartość napięcia pojedynczej celi w ogniwie paliwowym wynosi około 1 V. Wykresy i ich otrzymywane wyniki zależne są od zastosowanego katalizatora. Na rysunku 4 przedstawiono charakterystykę gęstości mocy oznaczoną literką ‘a’ oraz charakterystykę prądowo-napięciową oznaczoną literką ‘a’’. Z wykresu można odczytać, że dla dużych gęstości prądu występuje nagły spadek napięcia,

który jest spowodowany zużyciem wodoru i tlenu oraz ograniczoną prędkością dyfuzji gazów. Taki proces określa się jako nadnapięcie dyfuzyjne. Na charakterystykę prądowo-napięciową ogniwa paliwowego typu PEM ma wpływ także przepuszczalność wodoru przez membranę polimerową oraz pojawienie się przewodnictwa elektronowego w elektrolicie.

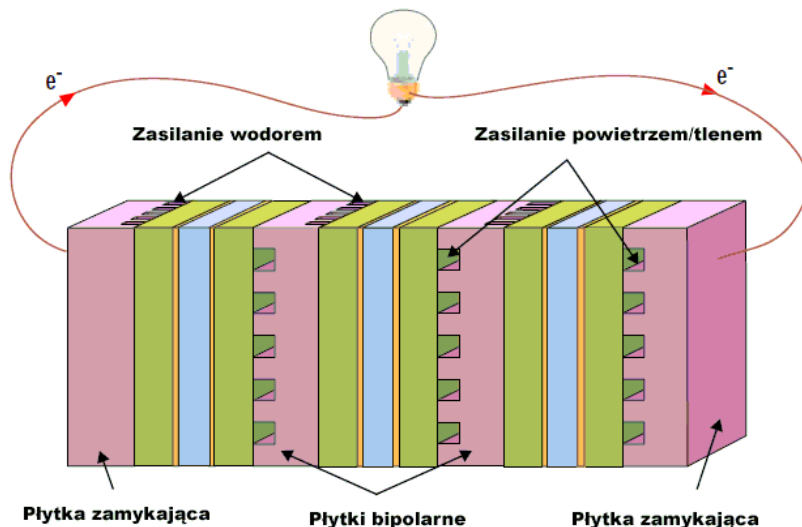


Rys. 4. Wykres gęstości mocy  $a$  i napięcia  $a'$  ogniwa paliwowego [4]

## 10. BATERIE OGNIW PALIWOWYCH

Problem związany z niskim napięciem pojedynczego ogniwa można rozwiązać poprzez łączenie ze sobą kilku bądź kilkudziesięciu takich ogniw. Najczęściej łączy się je szeregowo wykorzystując do tego tzw. płyty bipolarne. Ich głównym zadaniem jest równomierne rozprowadzenie utleniacza i paliwa po całej powierzchni każdej z elektrod. Powinny być wykonane z materiałów, które posiadają bardzo dobre właściwości przewodnictwa prądu i ciepła. Mają w sobie odpowiednie wyżłobienia, którymi doprowadzane są gazy reakcyjne. Jedna strona płyty zasila katodę ogniwa, a druga anodę ogniwa sąsiedniego, stąd nazwa bipolarne. Po naprzemiennym zestawieniu ze sobą płyt łączących i pojedynczych ogniw, na krańcach takiego zbioru stosuje się tzw. płyty końcowe. Ich zadaniem jest zasilenie ogniwa w paliwo oraz wyprowadzenie z niego energii. Cały taki kompleks nazywany jest stosem lub baterią ogniw paliwowych i został

przedstawiony na rysunku 5. Dodatkowo w takich bateriach stosuje się urządzenia pomocnicze służące np. do magazynowania paliwa, magazynowania wytworzonej energii przez ogniwo czy przetwarzania prądu stałego na przemienny.



Rys. 5. Poglądowy rysunek baterii ogniw paliwowych [3]

## 11. PODSUMOWANIE

Urządzenia jakimi są ogniwa paliwowe wymagają jeszcze badań i rozwoju technologii by wprowadzić je jako częściowe zastąpienie generatorów prądu czy energii cieplnej. Jeżeli znalazłoby się sposób na łatwe magazynowanie i transport wodoru, ich drogie materiały, składanie wielu elementów w całość oraz zapewnienie ciągłego dostarczania paliwa i utleniacza są dodatkowym utrudnieniem. Mimo to, biorąc pod uwagę dostępność substratów potrzebnych do prawidłowego działania ogniw paliwowych oraz wysokie sprawności w produkcji prądu elektrycznego ta technologia stoi bardzo wysoko jako alternatywne źródło energii.

## LITERATURA

- [1] Małek A., Wendeker M., *Ogniwa paliwowe typu PEM teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechnika Lubelska
- [2] <http://www.ogniwa-paliwowe.com/> październik 2019

- [3] <http://www.ogniwa-paliwowe.info/> październik 2019
- [4] <https://snauka.pl/> październik 2019
- [5] Włodarczyk R., *Badania właściwości użytkowych materiałów stosowanych na interkonektory ogniw paliwowych typu PEMFC*, Wyd. Politechnika Częstochowska
- [6] Chmielniak T., *Technologie Energetyczne*, Wyd. WNT
- [7] Lewandowski W.M., *Proekologiczne Odnawialne Źródła Energii*, Wyd. WNT.

## INFORMACJE O IX SYMPOZJUM NAUKOWYM ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

### **ORGANIZATORZY SYMPOZJUM**

*Koło Naukowe Elektryków „NAPĘD i AUTOMATYKA”*

*K.N. Elektroekologów „ELMECOL”*

*K.N. Materialoznawstwa Elektrycznego i Techniki Wysokich Napięć „MELJON”*

*K.N. Informatyki „PENTAGON”*

*K.N. SEP przy Politechnice Lubelskiej*

*K.N. Elektroników i Mechatroników „SEMICON”*

*Koło Zakładowe SEP przy Politechnice Lubelskiej*

### **KOMITET NAUKOWY SYMPOZJUM**

*prof. dr hab. inż. Henryka Stryczewska – przewodnicząca*

*prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko, JM Rektor Politechniki Lubelskiej*

*dr hab. inż. Dariusz Czerwiński, prof. PL*

*dr hab. inż. Ryszard Goleman, prof. PL*

*dr hab. Stanisław Grzegórski, prof. PL*

*dr hab. inż. Wojciech Jarzyna, prof. PL*

*dr hab. inż. Piotr Kisała, prof. PL*

*dr hab. inż. Tomasz Klepka, prof. PL*

*dr hab. inż. Jan Kolano, prof. PL*

*dr hab. inż. Grzegorz Komarzyniec, prof. PL*

*dr hab. inż. Andrzej Kotyra, prof. PL*

*dr hab. inż. Michał Majka*

*dr hab. inż. Jerzy Montusiewicz, prof. PL*

*dr hab. inż. Joanna Pawlat, prof. PL*

*dr hab. inż. Jarosław Sikora, prof. PL*

*dr hab. inż. Andrzej Smolarz, prof. PL*

*dr hab. inż. Paweł Surdacki, prof. PL*

*prof. dr hab. inż. Andrzej Wac-Włodarczyk*

*prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik*

*dr hab. Tomasz Zientarski, prof. PL*

*dr hab. Paweł Żukowski, prof. PL*

## **KOMITET ORGANIZACYJNY SYMPOZJUM**

*dr inż. Paweł Mazurek – p.mazurek@pollub.pl*

*dr inż. Andrzej Kociubiński – a.kociubinski@pollub.pl*

*dr inż. Piotr Filipek – piotr.filipek@pollub.pl*

*dr hab. inż. Tomasz N. Koltunowicz, prof. PL – t.koltunowicz@pollub.pl*

*dr inż. Sebastian Styła – s.styla@pollub.pl*

*dr inż. Zbigniew Polecki – z.polecki@pollub.pl*

SPONSORZY I INSTYTUCJE WSPIERAJĄCE  
IX SYMPOZJUM NAUKOWE  
ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW



**SAMSUNG**  
**Inkubator**

**Weidmüller** 



NOWOCZESNE TECHNOLOGIE KOMPUTEROWE

*Dziękujemy !*



# PATRONI IX SYMPOZJUM NAUKOWEGO ELEKTRYKÓW I INFORMATYKÓW

Patronat Lubelskiego Oddziału Stowarzyszenia Elektryków Polskich



Patronat Jego Magnificencji Rektora Politechniki Lubelskiej



Patronat Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Informatyki



Patronat Lubelskiego Koła Polskiego Towarzystwa Informatycznego





**POLITECHNIKA LUBELSKA**

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI**

20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38A

tel. (+48) 815384287, tel./fax (+48) 815384646 <http://www.weii.pollub.pl> e-mail: [we.sekretariat@pollub.pl](mailto:we.sekretariat@pollub.pl)



## OFERTA DYDAKTYCZNA WYDZIAŁU

STUDIA W SYSTEMIE STACJONARNYM I NIESTACJONARNYM

### I stopień (studia inżynierskie, bez specjalności)

**ELEKTROTECHNIKA**

**INFORMATYKA**

**MECHATRONIKA** (z Wydz. Mechanicznym)

**INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA** (z Wydz. Mechanicznym)

Elektrotechnologie OZE

Inteligentne technologie w elektrotechnice

Elektroenergetyka

Projektowanie urządzeń elektrycznych

Napędy elektryczne w automatyce przemysłowej

Elektronika stosowana

Elektrotechnika w pojazdach samochodowych

Power and Measurement (studia w jęz. ang.)

### II stopień (studia magisterskie)

**ELEKTROTECHNIKA**

**INFORMATYKA**

**MECHATRONIKA**

**INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA**

specjalności

Aplikacje internetowe

Technologie wytwarzania oprogramowania

Grafika i gry komputerowe

Sieci informatyczne

Rozproszone systemy informatyczne - Internet Rzeczy

Mobile application development (studia stacjonarne w jęz. ang.)

IT Networks (studia stacjonarne w jęz. ang.)

Elektroniczna aparatura i informatyka medyczna  
Technologie wytwarzania w inżynierii biomedycznej

Systemy mobilne w mechatronice  
Mechatronika samochodowa

**WIĘCEJ O REKRUTACJI NA**

<http://rekrutacja.weii.pollub.pl>

tel. 81 5384742





ISBN: 978-83-7947-394-6



9 788379 473946