

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

**„Przemysł i systemy transportowe”
I Konferencja Koła Naukowego VEHICULUM
Tęgoborze, 19-21.IV.2017 roku**

pod redakcją
Sławomira Kowalskiego

Nowy Sącz 2017

Redaktor Naukowy
dr inż. Sławomir Kowalski

Redaktor Wydania
prof. dr hab. inż. Jarosław Frączek

Recenzja
dr hab. inż. Jacek Salamon

Redaktor Techniczny
dr Tamara Bolanowska-Bobrek

© Copyright by Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu
Nowy Sącz 2017

ISBN 978-83-65575-07-4

Wydawca
Wydawnictwo Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu
ul. Staszica 1, 33-300 Nowy Sącz
tel. 18 443 45 45, e-mail: briw@pwsz-ns.edu.pl

Adres Redakcji
Nowy Sącz 33-300, ul. Staszica 1
tel. +48 18 443 45 45, e-mail: tbolanowska@pwsz-ns.edu.pl

Druk
Wydawnictwo i drukarnia NOVA SANDEC s.c.
Mariusz Kałyniuk, Roman Kałyniuk
33-300 Nowy Sącz, ul. Lwowska 143
tel. 18 547 45 45, e-mail: biuro@novasandec.pl

Spis treści

Wprowadzenie	5
Michał BANACH, Dastin ŚWIGUT Analiza usterek w układach DPF i układach turbodoładowania silników ZS	7
Tomasz BOCHEŃSKI, Tomasz JASIEWICZ, Piotr WIELEK Projekt tempomatu dla samochodu osobowego	15
Daniel DĄBROWSKI, Tomasz GRZYB Ocena stanu wtryskiwaczy w układzie Common Rail na podstawie próby przelewowej.....	29
Paweł DUDEK Wskaźniki niezawodności Weibulla w szacowaniu niezawodności wybranych elementów układu hamulcowego pojazdów samochodowych	37
Dominik KLAG Projekt instalacji automatyki budynkowej domu jednorodzinnego z wykorzystaniem sterownika Arduino Uno.....	51
Rafał KROK Przykładowe stanowisko diagnostyczne dla silnika spalinowego małej mocy	67
Dawid MICHALAK, Michał STĘPIEŃ, Andrzej WAŃCZYK Koncepcja systemu monitoringu dla stacji diagnostyki samochodów	80
Przemysław PIETRUCH, Wojciech SOBCZAK Sterowniki PLC a układy stycznikowo-przełącznikowe w produkcji.....	90
Grzegorz PRZYDATEK, Aldona K. WOTA, Roman SIEROTOWICZ Wybrane zagadnienia zagospodarowania pojazdów wycofanych z eksploatacji	98
Mikołaj R. RADZIK Koncepcja urządzenia służącego do zmniejszania objętości worków wypełnionych odpadami.....	110
Andrzej SŁOMKA, Maciej LIS, Dawid SUMECKI Lokalizacja uszkodzeń sieci wodociągowej z wykorzystaniem przyrządów mechatronicznych ...	119
Grzegorz WNEKOWICZ Diagnostyka systemów generowania i magazynowania energii w pojazdach samochodowych....	130
Michał ZALAS Dynamika i kinematyka układu holonomicznego	148

Wprowadzenie

Niniejsza publikacja jest zbiorem wybranych artykułów, prezentowanych podczas I Konferencji Koła Naukowego VEHICULUM pt. „Przemysł i systemy transportowe”, która odbyła się w dniach 19-21 kwietnia 2017 roku.

Konferencja, zorganizowana w hotelu „Litwiński”, zgromadziła ponad 30 uczestników. Uroczystego otwarcia dokonali: JM Rektor dr hab. inż. Mariusz Cygnar, prof. nadzw.; dyrektor Instytutu Technicznego – prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj; a także delegat Prezydenta Miasta – Grzegorz Dobosz, Pełnomocnik Prezydenta ds. Inwestycyjnych.

Patronat honorowy nad konferencją objęli: JM Rektor PWSZ w Nowym Sączu – dr hab. inż. Mariusz Cygnar, prof. nadzw., jak również Prezydent Miasta Nowego Sącza – Ryszard Nowak.

Referaty zaprezentowali studenci I i II stopnia studiów. W konferencji wzięli udział również wykładowcy prowadzący na co dzień zajęcia w Instytucie Technicznym PWSZ w Nowym Sączu. Swoje wykłady wygłosili:

- dr Aldona K. Wota oraz dr inż. Grzegorz Przydatek – *Wybrane zagadnienia zagospodarowania pojazdów wycofanych z eksploatacji;*
- dr inż. Tomasz Kądziołka – *Wybrane aspekty bezpieczeństwa w ruchu drogowym;*
- dr hab. inż. Jerzy Langman – *Diagnostyka i jej miejsce w eksploatacji;*
- prof. dr hab. inż. Bogdan Cieślukowski – *Nowoczesne źródła napędów samochodów;*
- prof. dr hab. inż. Piotr Cyklis – *Wybrane aspekty energetyczne w przemyśle.*

Gościem specjalnym konferencji był mgr inż. Kazimierz Opoka, rzeczoznawca samochodowy i biegły sądowy, który wygłosił referat pt. *Problem zabezpieczenia śladów rzeczowych na miejscu zdarzeń drogowych w kontekście ich dalszego wykorzystania na etapie technicznej rekonstrukcji ich przebiegu.*

dr inż. Sławomir Kowalski



Źródło: Archiwum I Konferencji Koła Naukowego VEHICULUM.

Michał BANACH, Dastin ŚWIGUT

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

ANALIZA USTEREK W UKŁADACH DPF I UKŁADACH TURBODOŁADOWANIA SILNIKÓW ZS

Wstęp

W otaczającej nas aktualnie rzeczywistości dominującym środkiem transportu stał się samochód. Stale zwiększająca się liczba samochodów powoduje coraz większą emisję szkodliwych gazów do środowiska. W celu jej ograniczenia wprowadzono uregulowania prawne w postaci norm czystości spalin Euro. Dotyczą one wszystkich samochodów sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej. Zadaniem norm Euro jest ograniczanie emisji szkodliwych składników spalin, do których zalicza się przede wszystkim: dwutlenek węgla, współodpowiedzialny za zjawisko ocieplenia klimatu, węglowodory (HC), tlenki azotu (NO), cząstki stałe (PM) i tlenek węgla (CO).

W odpowiedzi na coraz bardziej wyśrubowane normy Euro, producenci samochodów muszą stosować nowoczesne technologie, pozwalające zmniejszyć emisję szkodliwych gazów spalinowych do atmosfery.

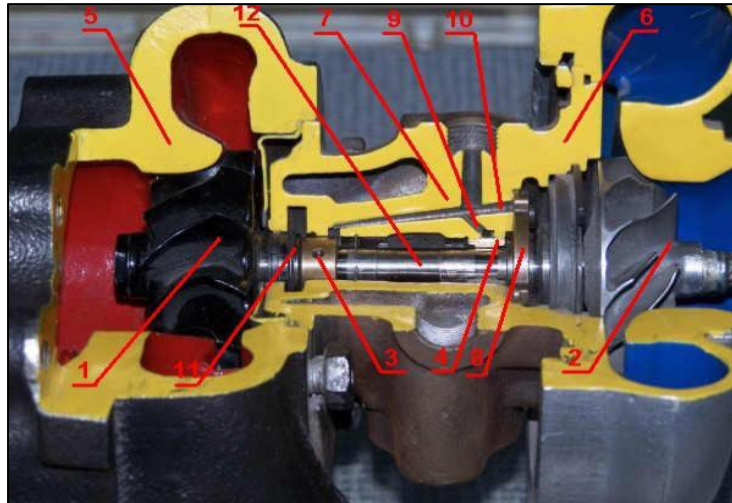
Jedną z tych technologii jest downsizing, który polega na zwiększeniu mocy silnika przy jednoczesnym zmniejszeniu pojemności skokowej. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych systemów wtryskowych, a także głównie dzięki doładowaniu silnika najczęściej za pomocą turbosprężarki. Jest to połączenie turbiny napędzanej spalinami z wirową sprężarką. Na początku rozwiązanie to stosowane było tylko w silnikach z zapłonem samoczynnym, a obecnie również w silnikach ZI.

Kolejną technologią pozwalającą na dostosowanie emisji spalin do najnowszych norm jest filtr DPF, który został wynaleziony, by ograniczyć w pewnym stopniu emisję szkodliwych spalin, jakie wytwarza silnik podczas spalania mieszanki paliwowo-powietrznej. Coraz większe wymagania stawiane przez Europejski Standard Emisji Spalin zmusiły producentów pojazdów samochodowych do stosowania tego filtra do każdego nowo wyprodukowanego pojazdu, zwłaszcza z jednostką napędową z zapłonem samoczynnym.

W niniejszej publikacji opisane zostały najczęściej spotykane usterki turbosprężarki układu DPF, ich objawy, skutki i możliwe przyczyny.

1. Budowa i zasada działania turbosprężarki

Budowę i przekrój podstawowego typu turbosprężarki pokazuje rysunek 1, a elementy na nim zaznaczone oraz zależności zachodzące pomiędzy nimi przedstawione są w poniższym opisie działania turbosprężarki.



Rysunek 1. Budowa turbosprężarki.

Źródło: <http://zssplus.pl/publikacje/publikacje49.htm> (dostęp: 10.01.2017).

W procesie turbodoładowania wykorzystywana jest energia spalin (zawierają one ok. 30% energii powstającej w wyniku spalania paliwa w komorze spalania) do napędzania wirnika turbiny (1) (osiąga on prędkość obrotową 100-200 tys. obr./min lub w niektórych przypadkach nawet większą). Wirnik turbiny napędza wirnik sprężarki (2). Oba wirniki są osadzone sztywno na jednym wałku (12). Wałek (12) w połączeniu z wirnikiem turbiny (1) (wirnik napędowy) umieszczonym po stronie spalin i wirnikiem sprężarki (2) umieszczonym po stronie sprężanego powietrza tworzą główny element turbosprężarki, noszący nazwę zespołu wirującego. Wymienione wyżej wirniki obracają się w 2 kadłubach (5 i 6), a całość zespołu wirującego osadzona jest w centralnym korpusie (7) na łożyskach ślizgowych (łożyska hydrodynamiczne) (3 i 4) i łożysku oporowym (8). Wewnątrz korpusu doprowadzany jest kanałami (9 i 10) olej pod ciśnieniem z układu smarowania silnika. Zadaniem oleju jest utrzymywanie filmu olejowego w systemie łożyskowania, a także odprowadzanie ciepła. Na obu końcach wałka turbosprężarki umieszczone są olejowe pierścienie uszczelniające (11), tworzące labiryntowe uszczelnienie, które jest zabezpieczeniem przed przedostawaniem się oleju do komór wirników. Na rysunku 4 widoczne są komory w kolorze niebieskim oraz czerwonym, co jest odniesieniem do podziału turbosprężarki na 2 części: część gorącą – oznaczoną czerwonym kolorem, nazwaną tak ze względu na fakt, że nagrzewa się ona od przepływających przez nią spalin, a także część zimną – oznaczoną kolorem niebieskim, przez którą przepływa powietrze.

1.1. Przeznaczenie turbosprężarek

Turbosprężarki przeznaczone są do współczesnych silników o zapłonie iskrowym, a także samoczynnym. Muszą znosić wysokie temperatury, więc tym samym wymagają znacznie wytrzymalszych materiałów użytych do ich budowy.

Do produkcji kadłubów turbin wykorzystywany jest rodzaj żeliwa o nazwie Niresist, którego skład przedstawia się następująco: 11÷16% Ni, do 8% Cu, do 4% Cr, 2,5% Si, do 2% Mn – jest ono stosowane, ponieważ cechuje je wysoka żaroodporność (odporność na wysokie temperatury) oraz wysoka odporność na ścieranie i korozję.

Do produkcji kadłubów sprężarek wykorzystywane są stopy aluminium o specjalnych parametrach.

Wirniki turbin powstają ze stopów: Inconel, MarM247, a także z tytanu. Inconel to specjalny stop niklu, chromu, kobaltu i żelaza o zawartości niklu 46÷65%. Stop MarM247 zawiera: 19% Cr, 9% Fe, 5% Nb, 3% Mo, 0,9% Ti, 0,6% Al i 0,05% C. Wymienione wyżej stopy charakteryzuje bardzo dobra odporność na korozję, nawet w wysokich temperaturach, a także duża żarowytrzymałość.

Wałki turbosprężarek produkuje się ze stali chromowo-niklowo-wolframowych – to stale stopowe konstrukcyjne do ulepszania cieplnego 25H2NWA, które zawierają 4,2% Ni, 1,5% Cr, 1%W, 0,25%C oraz 0,4%Mn. Materiałami stosowanymi na łożyska ślizgowe turbosprężarek są stopy odlewnicze brązu B102 (CuSnZn2), które charakteryzuje odporność na wysokie temperatury i ścieranie (Witkowski, 2011).

Turbosprężarki są urządzeniami pracującymi w bardzo ciężkich warunkach, do których należą wysokie prędkości obrotowe ruchomych elementów, osiągające do 200 tys. obr./min lub więcej. Kolejnym niekorzystnym warunkiem jest wysoka temperatura gazów spalinowych na wylocie kolektora wydechowego, dochodząca do 700°C w silnikach o zapłonie samoczynnym, a w przypadku silników o zapłonie iskrowym przekraczająca nawet 1 000°C.

2. Przyczyny niesprawności turbosprężarek

2.1. Uszkodzenia mechaniczne

Zanieczyszczenia w powietrzu zasysanym (w układzie dolotowym silnika) to np. piasek, ciała obce, brud, dostające się przez uszkodzony filtr powietrza. Takie sytuacje są powodem zatarć, wygięć lub pęknięć łopatek wirnika sprężarki. Powodem tych uszkodzeń mogą też być śruby, podkładki, które wpadną do układu dolotowego przy nieuważnej pracy mechanika (Tylus, Winiarski, 2006).

Zanieczyszczenia znajdujące się w spalinach (ciała obce w gazach spalinowych) to drobne fragmenty zaworów, gniazd zaworowych, prowadnic zaworowych, pierścieni tłokowych, tłoków, świecy żarowych oraz cząstek nagaru oderwanych z komory spalania. Sytuacje te powodują zniszczenie łopatek wirnika turbiny (Witkowski, 2011).

2.2. Zanieczyszczenia w oleju

Niska jakość (lepkość) oleju spowodowana może być zużyciem filtra oleju, a także rozcieńczeniem oleju paliwem czy płynem chłodniczym. Są to powody utraty przez olej właściwości smarnych. W oleju mogą się ponadto znajdować cząstki metali czy nagaru, będące efektem zużycia silnika lub jego niedbałej naprawy, powodujące uszkodzenia łożysk ślizgowych i czopów wałka (rysy i bruzdy na powierzchni) (Madera, 2012).

2.3. Niewystarczający poziom oleju lub zbyt niskie ciśnienie oleju

Niedostateczna ilość oleju wpływa na opóźnienie w doprowadzaniu oleju do najbardziej oddalonych punktów smarnych, co powoduje najczęściej wytarcie i przypalenie łożysk ślizgowych (można to rozpoznać po charakterystycznych przebarwieniach) lub pęknięcie wałka (Ibidem).

2.4. Osad węglowy

Zbyt wysoka temperatura spalin i gwałtowne wyłączenie silnika po zakończeniu podróży to czynniki powodujące przeciążenie cieplne działające na turbosprężarkę, a także przyczyniające się do zwęglania oleju smarnego oraz niepełnego smarowania, co w efekcie doprowadza do uszkodzenia łożysk ślizgowych i tworzenia się na wałku osadu węglowego.

Ponadto wysoka temperatura powoduje erozję kadłuba turbiny, powstawanie wżerów oraz osadów na tarczy, wirniku, zatykanie kanałów olejowych i uszkodzenia uszczelnień.

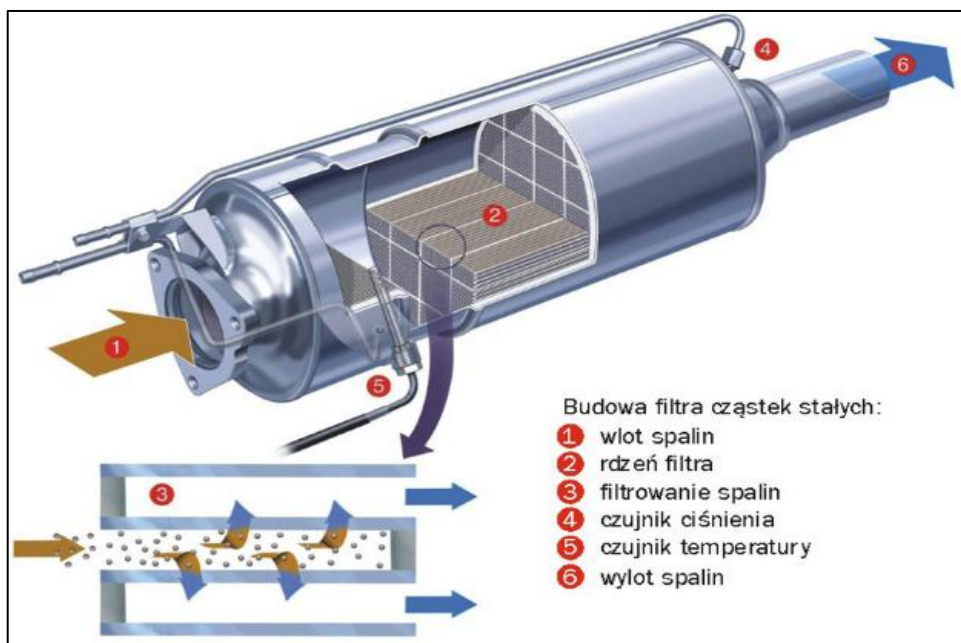
2.5. Eksploatacja silnika doładowanego i zapobieganie usterkom

Eksploatacja silnika doładowanego wymaga od użytkowników większej troski niż eksploatacja zwykłego silnika. Przede wszystkim należy skupić się na normalnych czynnościach obsługowych, czyli przestrzeganiu częstotliwości wymiany oleju, zalecanej przez producenta, a w przypadku rzadkiej eksploatacji samochodu konieczna jest wymiana oleju co pewien czas bez względu na przebieg, ponadto zalecane jest stosowanie oryginalnych filtrów oleju wysokiej jakości. Kolejnym elementem mającym duży wpływ na pracę turbosprężarki jest filtr powietrza oraz konieczność okresowej wymiany zgodnej z zaleceniami producenta lub częstszej, jeśli samochód jest eksploatowany w wyjątkowo niesprzyjających warunkach (Tylus, Winiarski, 2006)

Bardzo ważne dla eksploatacji turbosprężarki jest jej odpowiednie schłodzenie, co oznacza, że po zakończeniu podróży nie można silnika wyłączyć natychmiast, ale należy odczekać przynajmniej ok. 30 s, aby łożyska turbosprężarki zostały schłodzone olejem, co zapobiega ich przegrzaniu i zwęglaniu oleju.

3. Budowa układu DPF

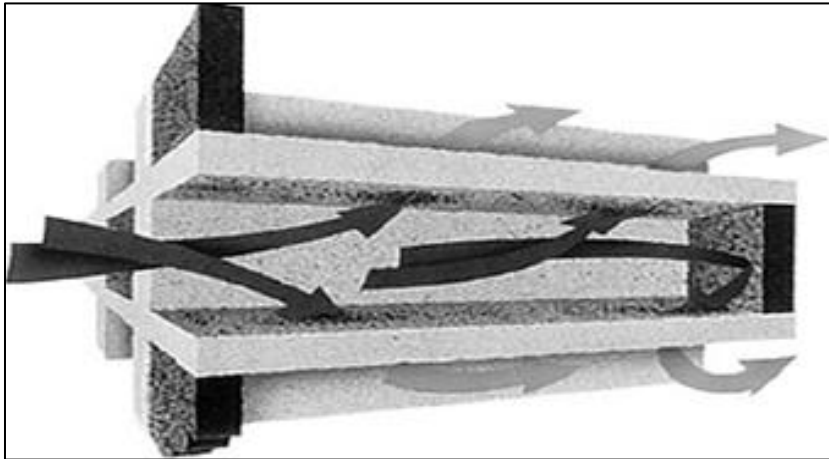
Filtr cząstek stałych jest zbudowany z ceramicznego korpusu, który umieszczony jest w okrągłej metalowej obudowie, gdyż wynika to z potrzeby równomiernego rozłożenia pochłanianych cząstek stałych. Materiał filtrujący jest wykonany z ceramiki kordierytowej – jest to węglan krzemu o porowatej strukturze. Struktura filtra oparta jest na odpowiednio zagęszczonych kanałach o przekroju kwadratowym naprzemiennie zaślepionych, przez które przepływają spaliny, a cząstki stałe osadzają się na porowatych ściankach.



Rysunek 2. Budowa filtra DPF.

Źródło: www.kdk.pl/archi/kr_269_filtry_czastek_stalych.html (dostęp: 10.01.2017).

Istota działania filtra jest dosyć prosta oraz nieskomplikowana, a jest on zbudowany z tysięcy specjalnych kanałków, które są podzielone na otwarte i zamknięte. Kanałki te odgrywają ważną rolę. Podczas działania silnika spaliny przepływają przez otwarte kanałki i tam mniejsze cząsteczki przedostają się przez pory i zostają wyprowadzone drogą układu wydechowego, a większe (cząstki sadzy) zostają zatrzymane wewnątrz filtra.



Rysunek 3. Kanałki filtra DPF.

Źródło: <http://tuneforce.pl/jak-dziala-dpf> (dostęp: 11.01.2017).

Gdy kanałki zostają wypełnione przez cząsteczki sadzy, dochodzi do zapełnienia filtra. Czujniki ciśnienia natychmiast reagują na zróżnicowane dane i wysyłają informacje do sterownika, który je przetwarza i analizuje. Im sadzy jest więcej, tym przelot spalin jest bardziej utrudniony. Powoduje to zwiększenie różnicy pomiędzy ciśnieniami – w wyniku zatkania filtra ciśnienie przed filtrem jest wyższe od ciśnienia za filtrem. W zależności od tego, jak duża jest ta różnica zmienia się rezystancja czujnika.

Proces regeneracji/wypalania jest sposobem, aby usunąć nagromadzone cząsteczki sadzy, które filtr zachował. Regeneracja układu DPF polega głównie na podniesieniu temperatury spalin i wypaleniu wszystkich cząsteczek zachowanych we filtrze.

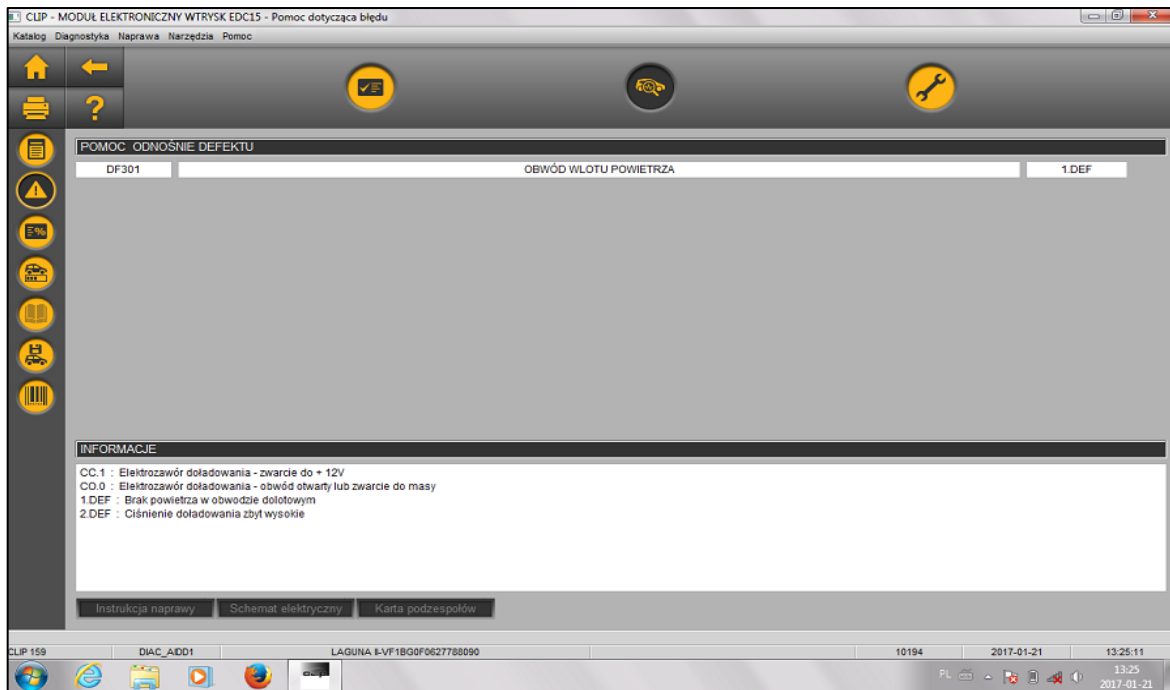
Czujnik różnicy ciśnień nie jest jednak jedynym wyznacznikiem aktywującym procedurę wypalania filtra. Co pewien czas FAP/DPF zostaje profilaktycznie regenerowany. Decyduje o tym sterownik główny, który wylicza, kiedy ma nastąpić kolejna regeneracja. Bierze on pod uwagę parametry czujnika różnicy ciśnień, czujników temperatur czy nawet czujników pedału przyspieszenia i pedału sprzęgła. Informacje te wykorzystywane są do określenia, w jakich warunkach porusza się pojazd, czy były to krótkie odcinki w ruchu miejskim czy może pokonywał długie trasy poza miastem, czy silnik pracował na wysokich czy niskich obrotach. Komputer na podstawie wielu zapamiętywanych i analizowanych parametrów potrafi obliczyć, jaka ilość sadzy mogła się zgromadzić w konkretnych warunkach eksploatacyjnych. Ważną rolę odgrywa też czujnik temperatury spalin. Dzięki informacji o temperaturze spalin sterownik wybiera jeden z procesów regeneracji filtra DPF.

Usterki układu DPF:

- zatkanie filtra cząsteczek stałych;
- uszkodzenie czujnika ciśnienia różnicowego;
- uszkodzenie czujnika temperatury.

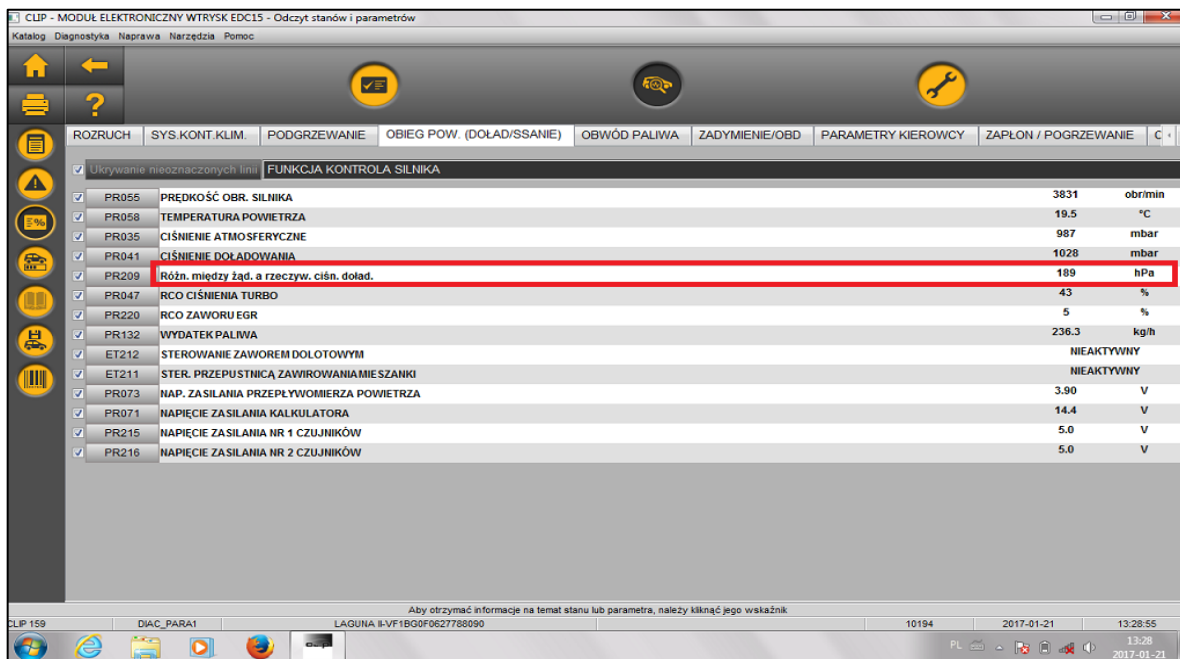
4. Badania układu DPF i turbosprężarki

Podstawowym objawem usterek któregośkolwiek z powyższych układów jest spadek mocy silnika, objawiający się zwłaszcza przy gwałtownym przyspieszeniu – w takiej sytuacji sterownik silnika wykrywa usterki i informuje użytkownika o jej wystąpieniu za pomocą specjalnego komunikatu na desce rozdzielczej.



Rysunek 4. Wykaz błędu turbosprężarki.

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 5. Wykaz parametrów turbosprężarki.

Źródło: opracowanie własne.

Podczas badań zasymulowano usterkę układu sterującego pracą turbosprężarki. Objawy zasymulowanej usterki odpowiadały zatarciu kierownic zmiennej geometrii turbosprężarki, co w praktyce spowodowało wyłączenie turbosprężarki i spadek ciśnienia doładowania.

Pozostałe usterki układu doładowania mogą dotyczyć awarii układu elektrycznego (uszkodzenie przewodów elektrozaworu podciśnienia bądź samego elektrozaworu), co objawia się zwarcieniem przewodów bądź niewłaściwym oporem elektrycznym uzwojenia elektrozaworu.

Uszkodzenie mechanicznych części elektrozaworu może spowodować zbyt dużą wartość ciśnienia doładowania, co grozi uszkodzeniem samej turbosprężarki.

Uszkodzenie układu turbosprężarki jest możliwe do zdiagnozowania na podstawie parametrów pracy silnika.

Uszkodzenie turbosprężarki powoduje spadek ciśnienia doładowania, a co za tym idzie – rozbieżność między rzeczywistym a żądanym ciśnieniem doładowania oraz niskim napięciem zasilania przepływomierza. Różnica między ciśnieniem rzeczywistym a oczekiwanym może być również spowodowana nieszczelnościami układu dolotowego, jednak w takiej sytuacji napięcie zasilania przepływomierza będzie wysokie, a ciśnienie doładowania niskie.

Zatarcie kierownic zmiennej geometrii spalin to dosyć często spotykana usterka układu turbosprężarki i jest najczęściej spowodowana niewłaściwą eksploatacją pojazdu (bez wykorzystania pełnej mocy silnika, np. częsta jazda w korkach). Kolejną przyczyną takiej usterki jest niewłaściwy stan silnika (duża konsumpcja oleju silnikowego, która powoduje powstanie sadzy w układzie dolotowym), co może również spowodować uszkodzenie filtra cząsteczek stałych. Do takiej usterki może także doprowadzić uszkodzenie układu wtryskowego, które powoduje zwiększoną konsumpcję oleju napędowego i nadmierne powstawanie sadzy w układzie wydechowym.

Następna symulacja polegała na przerwaniu przewodu podciśnienia czujnika różnicowego, którego główną rolą jest nadzorowanie stanu filtra cząsteczek stałych. Efektem tego była utrata mocy podczas jazdy pojazdem i komunikat na komputerze diagnostycznym, który ukazywał usterkę związaną z filtrem DPF.

The screenshot shows a diagnostic software interface with the following elements:

- Header: UŁ. ELEKTRONIC.WTRYSK EDC16 CP33
- Table of error codes:

DTC200262	FILTR CZĄSTEK STAŁYCH	1.DEF	Red circle icon	Book icon	Search icon
DTC1525F3	ZGODNOŚĆ INF. MULTIPL. DLA REG./OGR. PRĘDK.	DEF	Red circle icon	Book icon	Search icon
- Buttons: ODŚWIEŻYĆ DTC
- Section: KONTEKST POJAWIENIA SIĘ BŁĘDU DTC200262
- Table of parameters:

PR015	MOMENT OBR. SILNIKA	28	Nm
PR055	PRĘDKOŚĆ OBR. SILNIKA	1580	obr/min
PR064	TEMPERATURA PŁYNU	83	°C
PR071	NAPIĘCIE ZASILANIA KALKULATORA	14.66	V
PR089	PRĘDKOŚĆ SAMOCHODU	70	km/h
PR017	WYDATEK PALIWA	7.6	mg/cp
PR385	WYDATEK UKŁADU WYDECHOWEGO	145.3	m3/h
PR414	CIŚNIENIE RÓŻNICOWE FILTR CZĄSTEK STAŁYCH	3	mbar
PR382	TEMPERATURA PRZED FILTREM CZĄSTEK STAŁYCH	195	°C
- Footer: LAGUNA III | VF1DTB10643365391 | 67 | 10779 | Renault.net OK | 2017-01-16 13:12:13

Rysunek 6. Wykaz błędu układu DPF.

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Zastosowanie turbosprężarki i filtra cząsteczek stałych w silnikach o samoczynnym zapłonie niesie wiele korzyści: poprawia znacznie dynamikę jazdy, pozwala na uzyskanie większej mocy przez silnik, a także poprawia czystość spalin. Należy jednak pamiętać, że silnik wyposażony w układy DPF oraz turbodoładowania wymaga od użytkownika prawidłowej eksploatacji (np. pozostawienie silnika na biegu jałowym na ok. 1 min po zakończeniu jazdy w celu schłodzenia turbosprężarki). Układy DPF oraz turbosprężarki wymagają także od użytkownika specjalistycznego serwisowania, co w połączeniu z prawidłową eksploatacją zapewni długotrwałą i bezawaryjną pracę pojazdu. Podczas serwisowania pojazdu należy zawsze kłaść nacisk nie tylko na usunięcie usterki, ale także na znalezienie i wyeliminowanie jej przyczyn, dzięki czemu można uniknąć ponownej awarii.

Streszczenie

Artykuł został poświęcony tematowi układów DPF i turbodoładowania stosowanych w silnikach ZS oraz ich powiązań. Zaprezentowano w nim również badania, jakie zostały wykonane na pojeździe wyposażonym w te układy, dzięki którym została przeprowadzona analiza głównych usterek tych układów.

Abstract

The article was dedicated on DPF systems and turbo used in the ZS engines and their relationships. Article also studies that have been done on a vehicle fitted with these systems, so it has been carried out analysis of the main defects of these systems.

Bibliografia

- Madera, J. (2012). *Poradnik serwisowy. Systemy filtrów cząsteczek stałych i katalizatorów NOx*, 5, 14-22.
- Merkisz, J. (1998). *Ekologiczne problemy silników spalinowych (t. I)*. Poznań: Politechnika Poznańska.
- Merkisz, J., Mazurek, S. (2006). *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Merkisz, J., Pielecha, J., Radzimirski, S. (2012). *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Tylus, W., Winiarski, J. (2006). *Filtry DPF w autobusach miejskich o dużej emisji cząsteczek*. Pobrane z: www.pzits.not.pl/docs/ksiazki/Pol_%202012/Tylus%20311-317.pdf.
- Witkowski, S. (2011). *Filtry cząsteczek stałych DPF/FAP*. Pobrane z: <http://autokult.pl/13793,filtry-czastek-stalych-dpffap-czesc-1>.

<http://tuneforce.pl/jak-dziala-dpf>.

<http://zssplus.pl/publikacje/publikacje49.htm>.

www.kdk.pl/archi/kr_269_filtry_czastek_stalych.html.

PROJEKT TEMPOMATU DLA SAMOCHODU OSOBOWEGO

Wstęp

Pierwsze konstrukcje samochodów cechowała przede wszystkim prostota. Działanie zarówno silnika, jak i układów bezpieczeństwa czy komfortu polegało początkowo tylko na działaniu układów mechanicznych. Obecnie samochód składa się w znacznej mierze z elementów pomiarowych i wykonawczych, działających z udziałem energii elektrycznej. Zastosowanie elementów elektrycznych i elektronicznych znacznie poszerzyło możliwości kontroli oraz sterowania procesami zachodzącymi w pojazdach. Zastąpienie klasycznych rozwiązań układami elektrycznymi pozwoliło w wielu przypadkach zmniejszyć zużycie energii potrzebnej do ich działania. Przykładem takiej sytuacji może być zastosowanie elektrycznego wspomaganie kierowania. Wspomaganie elektryczne – w przeciwieństwie do hydraulicznego – zużywa energię tylko w czasie, w którym jest rzeczywiście wykorzystywane, łatwiejsze jest sterowanie siłą wspomaganie, która nie może być zbyt duża, aby kierowca nie utracił wyczucia w prowadzeniu pojazdu.

Początkowo samochody były uważane za przedmioty luksusowe, na które mogli sobie pozwolić tylko zamożni ludzie. Rozwój technologii produkcji, malejące koszty wyprodukowania samochodu, duża niezawodność i jego dostępność spowodowały, że jest on w użyciu większości ludzi. Co więcej, w wielu przypadkach samochód stał się narzędziem pracy i człowiek spędza za kołem kierownicy coraz więcej czasu. Wymienione czynniki znacząco wpłynęły na liczbę urządzeń elektrycznych w pojazdach, których zastosowanie poprawia zarówno bezpieczeństwo użytkowania pojazdów, jak i przyczynia się do poprawy komfortu podróży, co szczególnie odczuwalne jest przy pokonywaniu dużych odległości.

Pragniemy zwrócić uwagę na systemy, których działanie obejmuje automatyczne sterowanie prędkością samochodu. Sterowanie prędkością poprzez układ tempomatu znacznie odciąża kierowcę przy długotrwałej jeździe oraz przyczynia się do korzyści ekonomicznych przez zmniejszenie zużycia paliwa. Istotną zaletą automatycznego sterowania prędkością pojazdu jest możliwość wykorzystania tej funkcji w miejscach, gdzie występują ograniczenia prędkości jazdy. Po ustawieniu prędkości w zadanym zakresie samochód będzie utrzymywał ją automatycznie, a kierowca może skupić całą swoją uwagę na prowadzeniu pojazdu i obserwacji sytuacji na drodze, co może mieć istotny wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa.

1. Przegląd układów pojazdów samochodowych

1.1. Układ tempomatu CCS

Urządzenie do utrzymywania stałej prędkości jazdy CCS (ang. *Cruising Control System*) jest układem poprawiającym komfort użytkowania samochodu. Zazwyczaj ma ograniczenia minimalnej i maksymalnej prędkości, przy których może działać, a często stosowaną minimalną prędkością jest $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Producenci układów CCS stosują też górne graniczne prędkości działania tempomatu, wynoszące przykładowo $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Działanie układu CCS polega przede wszystkim na oddziaływaniu na układ sterowania silnika w celu dostosowania mocy wyjściowej silnika do chwilowego obciążenia układu napędowego. Układ CCS w samochodach z automatyczną skrzynią biegów działa sprawniej dzięki współdziałaniu z urządzeniem sterującym skrzyni biegów. Przy automatycznej zmianie przełożenia układu napędowego możliwe jest utrzymywanie optymalnej prędkości obrotowej silnika.

Obecnie produkowane samochody mają elektroniczne pedały przyspieszenia, w których sygnałem wyjściowym jest sygnał elektryczny, zmieniający się adekwatnie do zmiany położenia pedału. Przepustnica, nastawnik oraz potencjometr położenia stanowią jeden zespół, zamontowany w pobliżu kolektora dolotowego silnika.

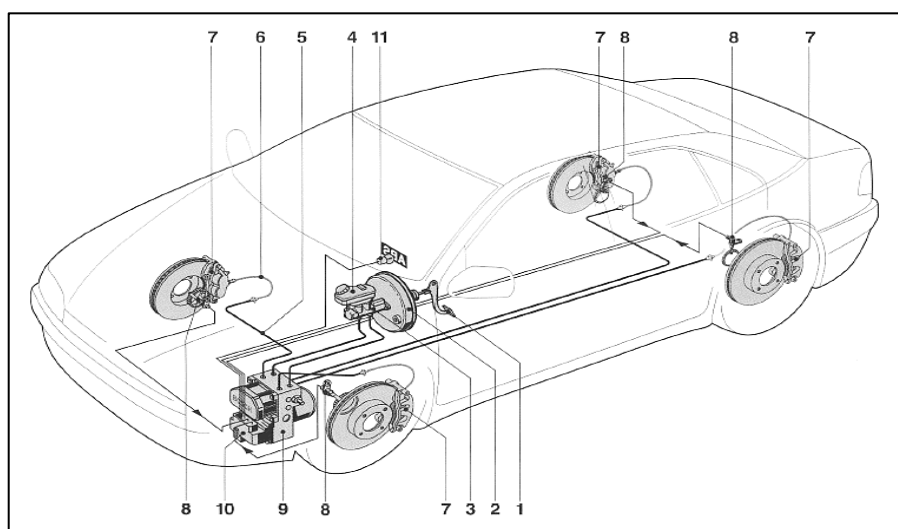
W układzie CCS sygnałami wejściowymi są:

- sygnał czujnika prędkości koła;
- sygnały z przełącznika sterowania;
- sygnał położenia pedału hamulca;
- sygnał położenia pedału sprzęgła,
- sygnał z potencjometru położenia przepustnicy.

Sygnałem wyjściowym układu tempomatu jest sygnał sterujący działaniem silnika prądu stałego, który zmienia położenie przepustnicy. Informacją zwrotną o rzeczywistym kącie otwarcia przepustnicy jest sygnał z potencjometru przepustnicy.

1.2. Układ zapobiegający blokowaniu się kół (ABS)

Wraz z rozwojem motoryzacji zaczęto przywiązywać większą uwagę do bezpieczeństwa podróżowania samochodem. Jednym z pierwszych systemów, które powstały w celu poprawy bezpieczeństwa użytkowania samochodów był układ ABS (ang. *Anti-Lock Braking System*). Na rysunku 1 w sposób uproszczony przedstawiona została budowa układu hamulcowego samochodu z układem ABS.



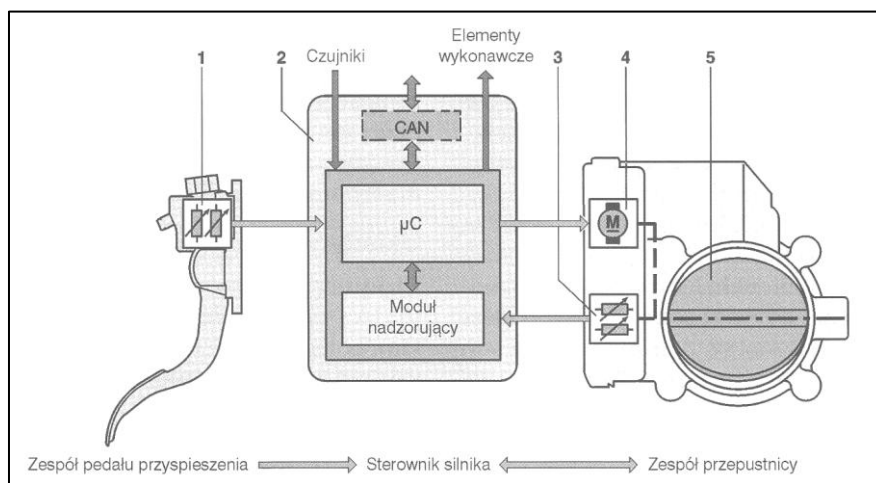
1. pedał hamulca, 2. urządzenie wspomagające, 3. pompa hamulcowa, 4. zbiornik wyrównawczy, 5. przewód hamulcowy sztywny, 6. przewód hamulcowy elastyczny, 7. hamulec koła, 8. czujnik prędkości obrotowej kół, 9. zespół hydrauliczny, 10. sterownik układu ABS, 11. lampka kontrolna układu ABS.

Rysunek 1. Schemat układu hamulcowego z układem ABS.

Źródło: *Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe*, BOSCH, 2006b, Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.

1.3. Układ sterujący działaniem silnika

Silnik spalinowy, niezależnie od rodzaju paliwa, potrzebuje do swojego działania dostarczania do komory spalania powietrza. Głównie od ilości powietrza znajdującego się w komorze spalania i ilości paliwa mogącej ulec spaleniu zależy moc wyjściowa silnika. Dlatego do sterowania działaniem silnika w układach zasilania powietrzem silników o zapłonie iskrowym stosuje się układy mające przepustnicę. W pierwszych układach zasilania powietrzem stosowane były układy czysto mechaniczne, ale zostały one zastąpione układem z elektronicznym pedałem przyspieszenia oraz przepustnicą sterowaną elektronicznym silnikiem prądu stałego. Uchylenie przepustnicy w takim układzie nie jest ściśle związane z położeniem pedału przyspieszenia, lecz jest zależne od działania urządzenia sterującego. Urządzenie sterujące zmienia położenie przepustnicy, aby zapewnić optymalne działanie silnika spalinowego dla danych warunków obciążenia. Zasadę działania takiego układu opisuje rysunek 2.



Rysunek 2. Układ sterowania silnikiem z elektronicznym pedałem przyspieszenia (EGAS).

Źródło: Sterowanie silników o zapłonie iskrowym, BOSCH, 2008, Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.

2. Cel i zakres projektu

Celem projektu było wykonanie urządzenia utrzymującego stałą prędkość jazdy (tempomatu) do samochodu osobowego Fiat Punto II, którego działaniem będzie sterować mikroprocesor.

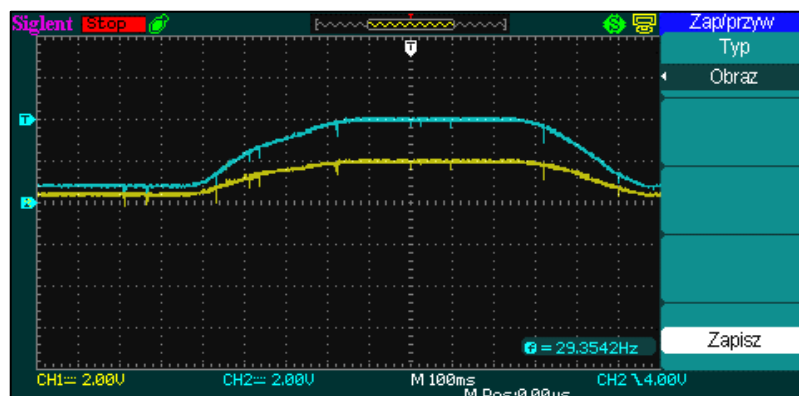
Do określenia prędkości jazdy wykorzystano pomiar częstotliwości sygnału jednego z czujników układu ABS. Obliczona wartość prędkości będzie porównywana z wartością zadaną i w zależności od wyniku porównania układ będzie oddziaływał na układ sterowania silnika w celu wyrównania wartości tych prędkości. Oddziaływanie układu tempomatu na układ sterowania silnika polega przede wszystkim na generowaniu sygnału zastępującego sygnał elektronicznego pedału przyspieszenia w trakcie działania tempomatu. Ze względów bezpieczeństwa użytkownika projektowany układ będzie natychmiast wyłączany po użyciu pedału hamulca bądź pedału sprzęgła. Co więcej, zasilanie przekaźnika łączącego tempomat z układem sterującym silnika będzie połączone z obwodem świateł hamowania, po naciśnięciu pedału hamulca obwód jest zwierany do bieguna ujemnego instalacji samochodowej. Dzięki temu, niezależnie od działań mikroprocesora, w przypadku hamowania urządzenie zostaje odłączone, a do układu sterowania silnika wysyłany jest sygnał pedału przyspieszenia.

Włączenie tempomatu będzie możliwe po przekroczeniu ustalonej minimalnej prędkości jazdy, wynoszącej ok. $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, poprzez naciśnięcie przycisku. Za pomocą dźwigni przełącznika możliwe będzie również wyłączenie tempomatu i zmiana wartości prędkości zadanej. Stan urządzenia będzie sygnalizowany przez lampkę kontrolną i wydawanie krótkich sygnałów dźwiękowych.

3. Badania

3.1. Badanie charakterystyki sygnałów wyjściowych potencjometrów pedału przyspieszenia

Badanie sygnałów potencjometru pedału przyspieszenia przeprowadzone zostało z użyciem 2 sond pomiarowych dokonujących jednocześnie pomiaru napięcia. Pedał przyspieszenia został naciśnięty i znalazł się w obydwóch skrajnych położeniach. Wyzwalanie sygnału rozpoczęło się poprzez zbocze opadające kanału drugiego CH2 przy napięciu 4 V. Sondy pomiarowe zostały podłączone do wspólnej masy, a końcówki pomiarowe odpowiednio do obwodów sygnałów pedału przyspieszenia (styk B37 oraz B54 złącza sterownika silnika). Rezultatem przeprowadzonego badania jest wykres oscyloskopowy, zaprezentowany na rysunku 3. Z otrzymanych przebiegów sygnałów można wywnioskować, że ich wartości są proporcjonalne. Wartość napięcia sygnału zarówno przy zwolnionym pedale przyspieszenia, jak i maksymalnie naciśniętym nie przyjmuje skrajnych wartości z przedziału 0-5 V.



Rysunek 3. Wykres oscyloskopowy obrazujący zmiany napięcia wyjściowego potencjometrów pedału przyspieszenia.

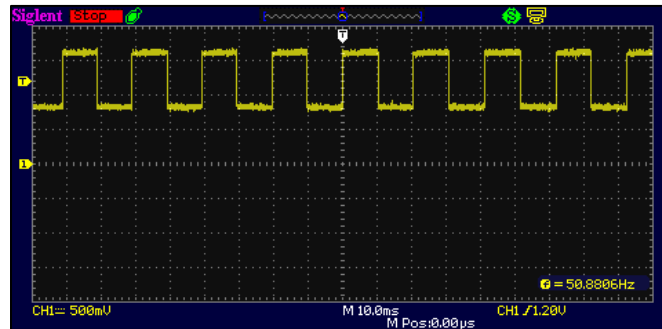
Źródło: opracowanie własne.

Zmierzone wartości napięcia w skrajnych położeniach:

- napięcie potencjometru 1 (kolor żółty):
 - pedał zwolniony $U = 0,37 \text{ V}$,
 - pedał maksymalnie wciśnięty $U = 2,05 \text{ V}$;
- napięcie potencjometru 2 (kolor niebieski):
 - pedał zwolniony $U = 0,72 \text{ V}$,
 - pedał maksymalnie wciśnięty $U = 4,08 \text{ V}$.

3.2. Badanie charakterystyki sygnału czujnika prędkości obrotowej koła

Do badania przebiegu sygnału prędkości obrotowej koła użyto jednej sondy pomiarowej podłączonej do bieguna ujemnego i obwodu sygnału czujnika prędkości obrotowej koła przedniego prawego (złącze nr 5 urządzenia sterującego działaniem układu ABS). Koło pojazdu obracało się z prędkością odpowiadającą prędkości jazdy samochodu rzędu kilku kilometrów na godzinę. Otrzymany przebieg (rysunek 4) jest sygnałem prostokątnym, zmieniającym się w zakresie od 0,8 V do 1,2 V. Aby była możliwa obsługa tego sygnału przez mikroprocesor, trzeba ten sygnał przekształcić w sygnał o większej amplitudzie (5 V) z zachowaniem jego pierwotnej częstotliwości.



Rysunek 4. Wykres oscyloskopowy obrazujący zmiany napięcia wyjściowego sygnału czujnika prędkości.
Źródło: opracowanie własne.

3.3. Pomiar częstotliwości sygnału czujnika prędkości koła w funkcji prędkości jazdy

Do określenia częstotliwości sygnału prędkości koła podczas jazdy został użyty układ mikroprocesora ATmega8A-PU połączony z wyświetlaczem LCD. Mikroprocesor działał z programem testowym, będącym częścią programu docelowego dla układu tempomatu, a poprawność jego działania została zweryfikowana przez podłączenie do sygnału wzorcowego o częstotliwości 1000 Hz.

W tabeli 1 zostały przedstawione wyniki pomiarów częstotliwości sygnału prędkości dla przykładowych prędkości jazdy oraz różnice częstotliwości pomiędzy każdym z pomiarów.

Tabela 1

Zmierzona częstotliwość sygnału czujnika prędkości obrotowej koła

Wskazanie prędkościomierza [km·h ⁻¹]	Częstotliwość sygnału obliczona przez układ mikroprocesora [Hz]	Różnica częstotliwości pomiędzy kolejnymi pomiarami [Hz]
40	279	bd.
50	346	67
60	417	71
70	488	71
80	561	73
90	634	73
100	705	71
Średnia zmiana wartości częstotliwości dla zmiany prędkości o 10 km·h ⁻¹ :		71

Źródło: opracowanie własne.

Określenie tych wartości umożliwi utworzenie w programie mikroprocesora następujących parametrów:

- minimalna prędkość jazdy, przy której jest możliwe działanie tempomatu;
- maksymalna prędkość jazdy, przy której jest możliwe działanie tempomatu;
- ustawienie prędkości, przy której tempomat zostaje wyłączony;
- ustawienie wartości zmiany prędkości przy zmianie prędkości zadanej przełącznikiem tempomatu.

4. Projekt

W tym rozdziale zostały opisane kolejne etapy projektowania układu tempomatu. Pierwszym z nich jest projekt układu przekształcającego 2 sygnały PWM na 2 proporcjonalne sygnały napięciowe.

4.1. Generowanie sygnałów zastępujących sygnały potencjometru pedału przyspieszenia

Do wygenerowania sygnałów odpowiadających za przyspieszenie samochodu została wykorzystana funkcja mikroprocesora PWM (ang. *Pulse With Modulation* – modulacja szerokości impulsu). Metoda ta polega na wytwarzaniu sygnału prostokątnego o zmiennym współczynniku wypełnienia i zazwyczaj stałej częstotliwości. Połączenie sygnału PWM z filtrem dolnoprzepustowym, składającym się z rezystora i kondensatora, pozwala uzyskać napięcie, którego wartość opisuje prosta zależność:

$$U_{sr} = k_w \cdot U_w$$

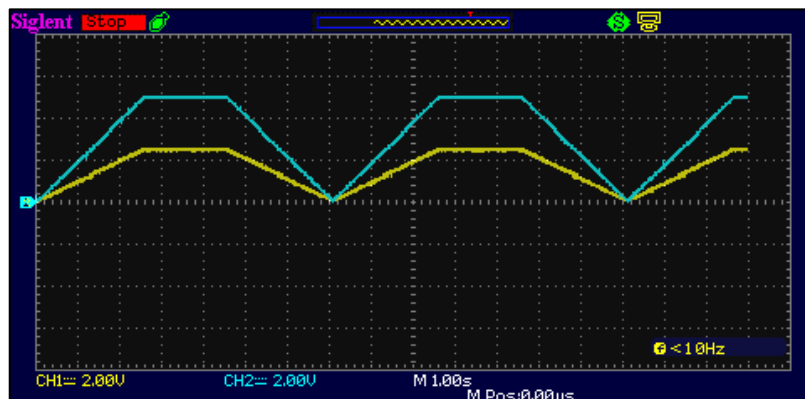
gdzie:

U_{sr} – średnie napięcie [V]

k_w – współczynnik wypełnienia sygnału PWM

U_w – maksymalne napięcie wyjściowe [V].

Rysunek 5 przedstawia wykres oscyloskopowy napięcia średniego 2 generowanych sygnałów PWM.



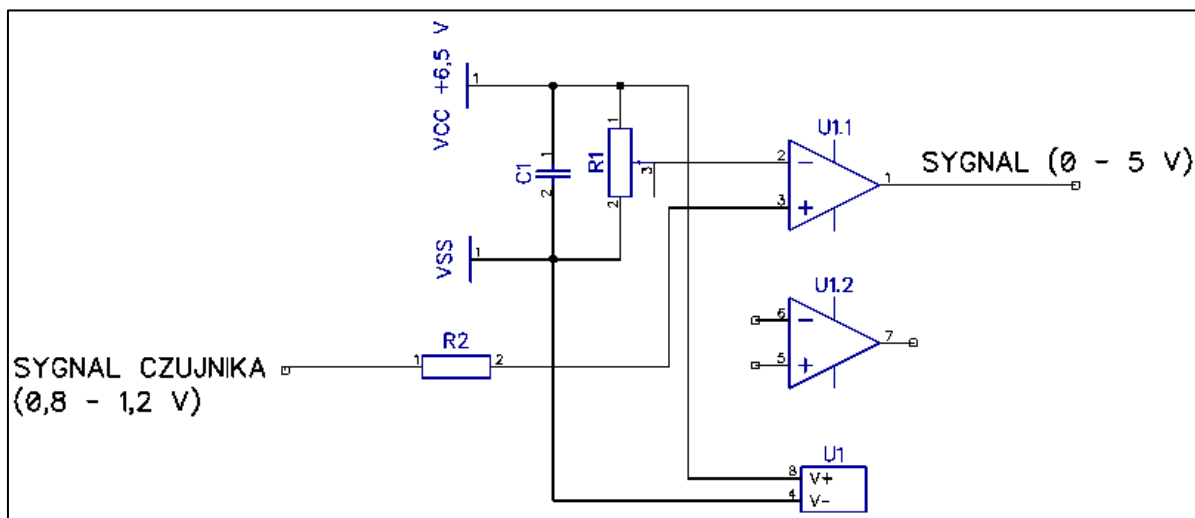
Rysunek 5. Wykres zmiany napięcia średniego podczas ciągłej zmiany współczynnika wypełnienia sygnału PWM.

Źródło: opracowanie własne.

Badanie to miało na celu zobrazowanie zmian napięcia podczas zwiększania oraz zmniejszania napięcia generowanych sygnałów. Wszelkie zniekształcenia sygnałów mogłyby powodować problemy w działaniu tempomatu i objawiać się zaburzeniami działania silnika (szarpanie podczas przyspieszania w celu utrzymania zadanej prędkości jazdy, wykrycie zaburzenia jako uszkodzenie czujnika położenia pedału przyspieszenia).

4.2. Wzmocnienie sygnału prędkości obrotowej koła

Na podstawie przeprowadzonych badań sygnał prędkości obrotowej koła został określony jako sygnał o przebiegu prostokątnym i napięciu zmieniającym się od 0,8 V do 1,2 V. Do jego wzmocnienia użyty został układ scalony LM358N. Zawiera on 2 wzmacniacze operacyjne o oddzielnych wejściach i wyjściach. Do projektu został użyty 1 ze wzmacniaczy, co przedstawia schemat na rysunku 6. Układ LM358 podłączony został do stabilizowanego źródła zasilania o wartości napięcia 6,5 V.



Rysunek 6. Schemat ideowy układu wzmacniającego sygnał czujnika prędkości obrotowej koła.
Źródło: opracowanie własne.

Do wejścia nieodwracającego poprzez rezystor R2 doprowadzony jest sygnał prostokątny o zmieniającym się napięciu w zakresie od 0,8 V do 1,2 V. Na wejście odwracające dochodzi napięcie wyjściowe z potencjometru R1, którego wartość ustawiono na 1,0 V. Jeżeli na wejściu nieodwracającym wartość napięcia jest niższa niż wartość napięcia na wejściu odwracającym to na wyjściu wzmacniacza występuje napięcie bliskie 0 V (stan niski). Analogicznie w sytuacji odwrotnej napięcie wyjściowe będzie równe ok. 5 V (napięcie wyjściowe jest niższe o ok. 1,4 V od napięcia zasilania wzmacniacza). Tym sposobem napięcie z czujnika prędkości obrotowej koła zostało wzmocnione do wartości napięcia zasilania mikroprocesora.

4.3. Przełącznik sterujący

Zastosowanym przełącznikiem jest przełącznik tempomatu przedstawiony na rysunku 7, przełącznik stosowany w modelach samochodów marki BMW z funkcją tempomatu.



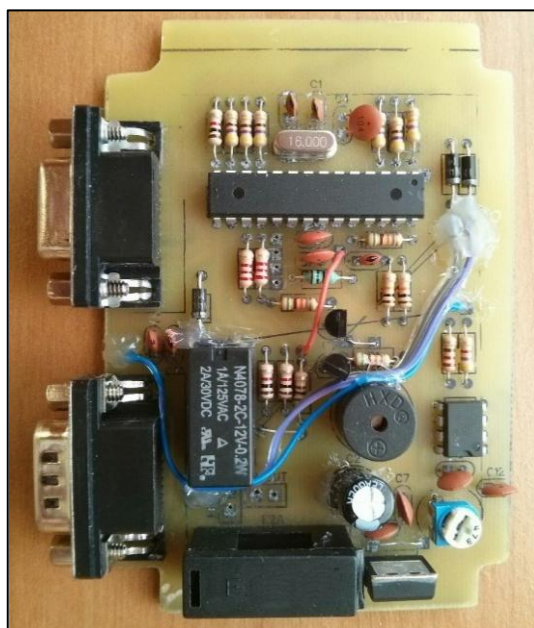
Rysunek 7. Przełącznik tempomatu.
Źródło: opracowanie własne.

Funkcje przełącznika to:

- włączenie tempomatu poprzez naciśnięcie przycisku ze znakiem tempomatu;
- wyłączenie tempomatu poprzez ruchy dźwigni w górę lub w dół;
- zmiana prędkości jazdy o mniejszą lub większą wartość przez pociągnięcie dźwigni ku sobie lub w kierunku przeciwnym.

4.4. Opis wykonanego urządzenia

Zaprojektowany układ został zrealizowany z użyciem elementów elektronicznych przeznaczonych do montażu przewlekane na płytce o jednej warstwie przewodzącej. Widok układu i rozmieszczenie poszczególnych elementów zaprezentowano na rysunku 8.



Rysunek 8. Widok wykonanego urządzenia.
Źródło: opracowanie własne.

Połączenia gniazda męskiego:

- biegun dodatni zasilania;
- biegun ujemny zasilania;
- sygnał czujnika prędkości koła;
- sygnały wyjściowe do sterownika silnika;
- sygnały wejściowe z potencjometrów pedału przyspieszenia;
- sygnał położenia pedału hamulca;
- sygnał położenia pedału sprzęgła.

Połączenia gniazda żeńskiego:

- biegun dodatni zasilania lampki kontrolnej;
- biegun ujemny zasilania lampki kontrolnej;
- biegun ujemny do przełącznika sterującego;
- 5 złącz przełącznika sterującego.

Elementy układu zostały zamknięte w obudowie z tworzywa sztucznego (rysunek 9).

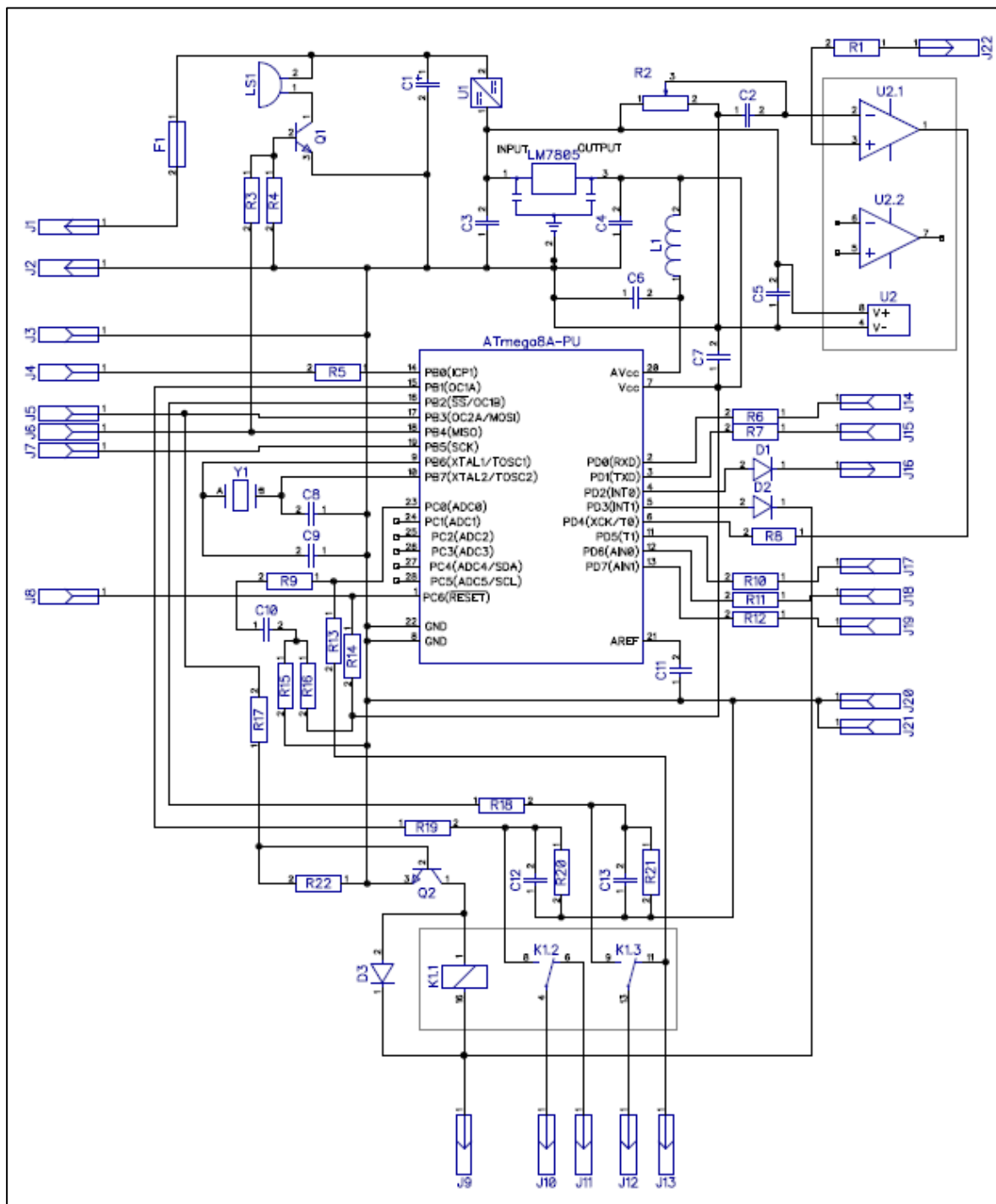


Rysunek 9. Widok obudowy urządzenia i złącz.

Źródło: opracowanie własne.

4.5. Schemat elektryczny układu tempomatu


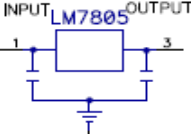



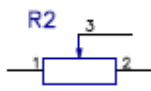

Na rysunku 10 przedstawiony jest schemat ideowy tempomatu, zawierający opis wszystkich elementów układu oraz połączenia pomiędzy nimi. Lista użytych symboli została zawarta w tabeli 2.



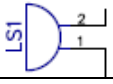



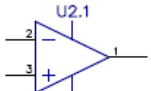
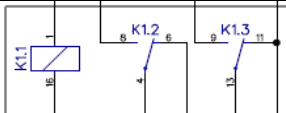


Rysunek 10. Schemat ideowy układu tempomatu z mikroprocesorem Atmel ATmega8A-PU.
 Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Wykaz elementów użytych na schemacie

Symbol elementu	Opis elementu	Wartość elementu /oznaczenie
	U1 – przetwornica napięcia stałego instalacji samochodowej na napięcie wyjściowe 6,5 V	-
	LM7805 – stabilizator napięcia 5 V	5 V
	F1 – bezpiecznik szybki	2 A
	C1 – kondensator elektrolityczny	$100 \cdot 10^{-6} \text{ F}$
	C2, C3, C4, C5, C6, C7, C11, C12, C13 – kondensatory ceramiczne	$100 \cdot 10^{-9} \text{ F}$
	C8, C9, C10 – kondensatory ceramiczne	$22 \cdot 10^{-12} \text{ F}$
	R2 – potencjometr obrotowy	$47 \cdot 10^3 \Omega$
	R1 – rezystor 0,25 W	$4,7 \cdot 10^3 \Omega$
	R3 – rezystor 0,25 W	$2,2 \cdot 10^3 \Omega$
	R4 – rezystor 0,25 W	$51 \cdot 10^3 \Omega$
	R5 – rezystor 0,25 W	$1 \cdot 10^3 \Omega$
	R6 – rezystor 0,25 W	470Ω
	R7 – rezystor 0,25 W	470Ω
	R8 – rezystor 0,25 W	100Ω
	R9 – rezystor 0,25 W	$51 \cdot 10^3 \Omega$
	R10 – rezystor 0,25 W	470Ω
	R11 – rezystor 0,25 W	470Ω
	R12 – rezystor 0,25 W	470Ω
	R13 – rezystor 0,25 W	100Ω
	R14 – rezystor 0,25 W	$47 \cdot 10^3 \Omega$
	R15 – rezystor 0,25 W	$10 \cdot 10^3 \Omega$
	R16 – rezystor 0,25 W	$10 \cdot 10^3 \Omega$
	R17 – rezystor 0,25 W	$2,2 \cdot 10^3 \Omega$
	R18 – rezystor 0,25 W	$1 \cdot 10^3 \Omega$
	R19 – rezystor 0,25 W	$1 \cdot 10^3 \Omega$
	R20 – rezystor 0,25 W	$51 \cdot 10^3 \Omega$
	R21 – rezystor 0,25 W	$51 \cdot 10^3 \Omega$
	R22 – rezystor 0,25 W	$51 \cdot 10^3 \Omega$
		J1, J2 – złącze typu męskiego, złącza zasilania 12 V
	J9 – złącze typu męskiego, złącze sygnału pozycji pedału hamulca	-
	J10, J12 – złącze typu męskiego, złącza łączące ze sterownikiem silnika	-
	J11, J13 – złącze typu męskiego, złącza łączące z potencjometrem pedału przyspieszenia	-
	J16 – złącze typu męskiego, złącze sygnału pozycji pedału sprzęgła	-
	J22 – złącze typu męskiego, złącze sygnału czujnika ABS	-

	J3, J5, J6, J7, J8 – złącze typu żeńskiego, złącza zasilania programowania J4, J21 – złącze typu żeńskiego, zasilanie lampki kontrolnej J20 – złącze typu żeńskiego, połączenie przełącznika sterującego z biegunem ujemnym J14, J15, J17, J18, J19 – złącze typu żeńskiego, złącza sygnałów przełącznika sterującego	- - - - -
	Q1, Q2, Q3 – tranzystory typu NPN	BC337-25
	LS1 – sygnał dźwiękowy (z generatorem)	12 V
	L1 – dławik osiowy	$10 \cdot 10^{-6}$ H
	Y1 – rezonator kwarcowy	$16 \cdot 10^6$ Hz
	D1, D2, D3 – diody prostownicze	1N4007
	U2.1, U2.2 – wzmacniacze operacyjne układu scalonego LM358	LM358
	K1.1 – cewka przekaźnika K1.2 – styki 1 przekaźnika K1.3 – styki 2 przekaźnika	12V 0,2 W 2 A 30 V DC

4.6. Wytyczne i obliczenia do opracowania kodu programu

Kod programu zawiera zmienne, których wartości są wykorzystywane do działania mikroprocesora i wykonywania obliczeń. Wartości tych zmiennych mogą mieć przypisaną wartość domyślną, która może być zamieniana na inną wartość w wyniku obliczeń i pomiarów.

Obliczenie wartości minimalnej i maksymalnej rejestru OCR1B pozwoli na generowanie sygnałów, których średnia wartość napięcia będzie się zmieniała w zbliżonym zakresie jak w przypadku sygnału z potencjometru położenia pedału przyspieszenia.

$$k_{wmin} = U_{srmin} \div U_w = 0,72 \div 5,0 = 0,144$$

$$k_{wmax} = U_{srmax} \div U_w = 4,08 \div 5,0 = 0,816$$

Maksymalna wartość rejestru OCR1B wynosi 255 i odpowiada ona sygnałowi PWM o największym współczynniku wypełnienia.

$$OCR1B_{min} = k_{wmin} \cdot 255 = 0,144 \cdot 255 = 36,72 \approx 37$$

$$OCR1B_{max} = k_{wmax} \cdot 255 = 0,816 \cdot 255 = 208,08 \approx 208$$

gdzie:

U_{srmin} – minimalne średnie napięcie [V]

U_{srmax} – maksymalne średnie napięcie [V]

k_{wmin} – minimalny współczynnik wypełnienia sygnału PWM

k_{wmax} – maksymalny współczynnik wypełnienia sygnału PWM

U_w – napięcie wyjściowe [V]

$OCR1B_{min}$ – minimalna wartość wpisywana do rejestru OCR1B

$OCR1B_{max}$

– maksymalna wartość wpisywana do rejestru OCR1B.

Do odmierzenia stałych odstępów została użyta zmienna „time”, której wartość jest cyklicznie zwiększana podczas wystąpienia przerwania przy przepelnieniu układu czasowo-licznikowego. Częstotliwość, z jaką nastąpi przepelnienie układu Timer/Counter2, opisuje równanie:

$$f = f_{osc}/N/256 = 16\,000\,000/1024/256 = 61,035 \text{ Hz}$$

gdzie:

f – częstotliwość przepelnienia i wystąpienia przerwania [Hz]

f_{osc} – częstotliwość rezonatora [Hz]

N – wartość ustawionego wewnętrznego dzielnika częstotliwości

256 – liczba zależna od pojemności licznika, dla ośmiobitowego licznika przepelnienie będzie następowało co 256 impulsów.

Podsumowanie

Zaprojektowany układ został wykonany, zaprogramowany i przetestowany w samochodzie podczas jazdy. Zrealizowano połączenia elektryczne z obwodami: pomiarowym układu ABS, zasilania, układu sterowania silnika, przełączników położenia pedałów hamulca i sprzęgła, pedału przyspieszenia, lampką kontrolną i przełącznika sterującego tempomatem. Urządzenie zostało przystosowane do interpretacji sygnałów wejściowych i generowania sygnałów wyjściowych o odpowiedniej charakterystyce.

Najważniejsze zaobserwowane aspekty działania układu to:

- układ tempomatu włącza się prawidłowo i zostaje aktywowany po naciśnięciu przycisku;
- wyłączenie tempomatu następuje poprzez użycie dźwigni przełącznika, przy użyciu pedału hamulca lub pedału sprzęgła – nie powodując przy tym nieoczekiwanego wzrostu prędkości obrotowej silnika;
- układ nie wywołuje gwałtownych zmian prędkości obrotowej silnika przy aktywowaniu funkcji utrzymywania stałej prędkości jazdy – mierzona jest wartość napięcia sygnału pedału przyspieszenia i ustawiany jest proporcjonalny do niej współczynnik wypełnienia sygnału PWM;
- działanie urządzenia najlepiej sprawdza się dla jazdy na czwartym i piątym biegu;
- włączenie tempomatu jest możliwe po uzyskaniu prędkości co najmniej $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- przy spadku prędkości do $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ układ wyłącza się samoczynnie;
- włączenie tempomatu sygnalizowane jest podwójnym krótkim sygnałem dźwiękowym a wyłączenie lub brak możliwości aktywacji jednym dłuższym sygnałem.

Streszczenie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono propozycję projektu elektronicznego urządzenia sterującego, pełniącego zadania tempomatu. Głównym elementem urządzenia jest ośmiobitowy mikroprocesor AVR Atmel AT-mega 8. Najważniejsze elementy projektu to: część opisowa, w której przedstawiono wybrane układy samochodów, część badawcza, przedstawiająca pomiary wielkości elektrycznych, a także część projektowa, w której zawarte zostały propozycje rozwiązań dla uzyskania oczekiwanych sygnałów wyjściowych.

Abstract

This study is presenting the project proposal of electronic cruise controll device. The main element of the device is 8-bit microprocessor AVR Atmel ATmega 8. This project consists of: the descriptive part which presents cars systems, the research part which presents measurements of electric sizes and the design part which presents proposals of solutions for getting expected output signals.

Bibliografia

- Atmel. (2015, 09). Pobrano z: www.atmel.com/Images/Atmel-8159-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8A_datasheet.pdf.
- BOSCH. (2001). *Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- BOSCH. (2006a). *Adaptacyjna regulacja prędkości jazdy ACC*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- BOSCH. (2006b). *Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- BOSCH. (2008). *Sterowanie silników o zapłonie iskrowym*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- BOSCH. (2010). *Czujniki w pojazdach samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Burdka, M. (2004). *Oscyloskop w diagnostyce samochodowej (cz. 1)*. Warszawa: INSTALATOR POLSKI.
- Górecki, P. (2006). *Mikrokontrolery dla początkujących*. Warszawa: BTC.
- Hemer, A., Riehl, H.J. (2014). *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Kardaś, M. (2013). *Mikrokontrolery AVR. Język C – podstawy programowania*. Szczecin: Wydawnictwo ATNEL.
- Pawluczuk, A. (2006). *Sztuka programowania mikrokontrolerów AVR*. Warszawa: BTC.
- Ratyńska, J. (2002). *Zarys miernictwa elektrycznego i elektronicznego*. Radom: Wydawnictwo Politechniki Radomskiej.
- Wiązania, M. (2008). *Bascom AVR w przykładach*. Legionowo: BTC.
- Williams, E. (2014). *Programowanie układów AVR dla praktyków*. Gliwice: Helion.

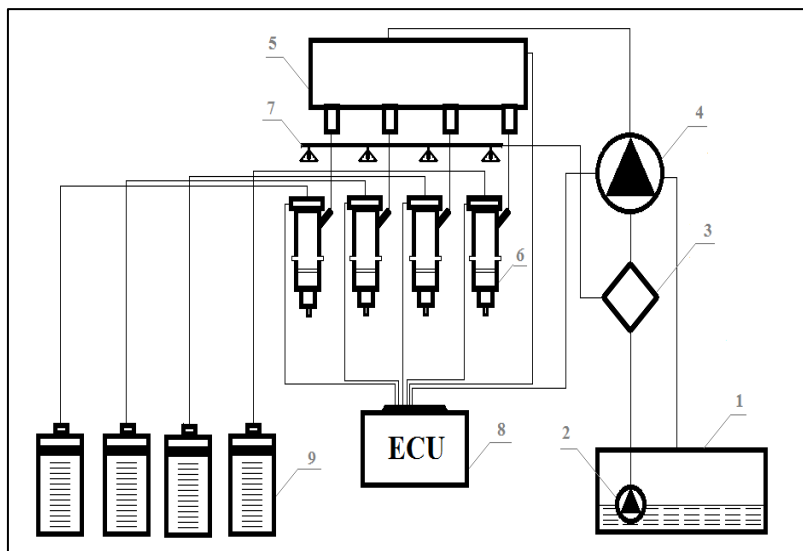
OCENA STANU WTRYSKIWACZY W UKŁADZIE COMMON RAIL NA PODSTAWIE PRÓBY PRZELEWOWEJ

Wstęp

Z uwagi na stosunkowo dużą różnicę cen paliw na stacjach benzynowych, coraz więcej osób decyduje się na zakup pojazdu z silnikiem o zapłonie samoczynnym. Dzięki szybko rozwijającej się technologii, na rynku dostępne są różne rozwiązania, a wśród nich obiekt badań – Common Rail. System ten został opatentowany oraz wdrożony do produkcji w 1997 roku przez koncern FIAT. Do dziś jest stosowany w wielu markach nowych pojazdów, a zainteresowanych nim na rynku wtórnym nie brakuje. Jest to zasobnik wspólnej bazy. Oznacza to, że paliwo, które trafia do wtryskiwaczy, jest dostarczane z akumulatora ciśnienia, gdzie utrzymywane ciśnienie wynosi ok. 135 MPa. Technologia ta umożliwia zastąpienie sekwencyjnej pompy paliwa, która kolejno dostarcza dawki do konkretnych wtryskiwaczy, jedną wysokociśnieniową, która zaopatruje wszystkie cylindry akumulatora zasilającego (Common Rail).

1. Zasada działania układu wspólnej bazy

W zbiorniku paliwa umieszczona jest pompa paliwa. Zasysany olej napędowy trafia poprzez filtr paliwa do pompy wysokiego ciśnienia. Wartość ciśnienia w tym układzie (niskiego ciśnienia) za filtrem wynosi ok. 0,4 MPa, które pompa spręża maksymalnie do wartości 180 MPa. Następnie olej napędowy jest przekazywany do akumulatora ciśnienia. Z niego paliwo jest przekazywane do każdego z wtryskiwaczy osobnym przewodem. Czas otwarcia każdego z wtryskiwaczy jest na poziomie milisekund. Bez odpowiedniego ciśnienia, które jest stale utrzymywane i kontrolowane w zasobniku paliwa, przekazanie precyzyjnie odmierzonej dawki nie byłoby możliwe. Nadmiar oleju napędowego (w postaci dawki przelewowej) zostaje przesłany do filtra paliwa, skąd ponownie zostaje przekazany do układu w następnych cyklach.



1. Zbiornik paliwa
2. Pompa paliwa
3. Filtr paliwa
4. Pompa wysokiego ciśnienia
5. Szyna Common Rail
6. Wtryskiwacz
7. Przewód odpływowy
8. Sterownik elektroniczny
9. Menzurka

Rysunek 1. Przykładowy schemat podpięcia menzurerek w układzie Common Rail.

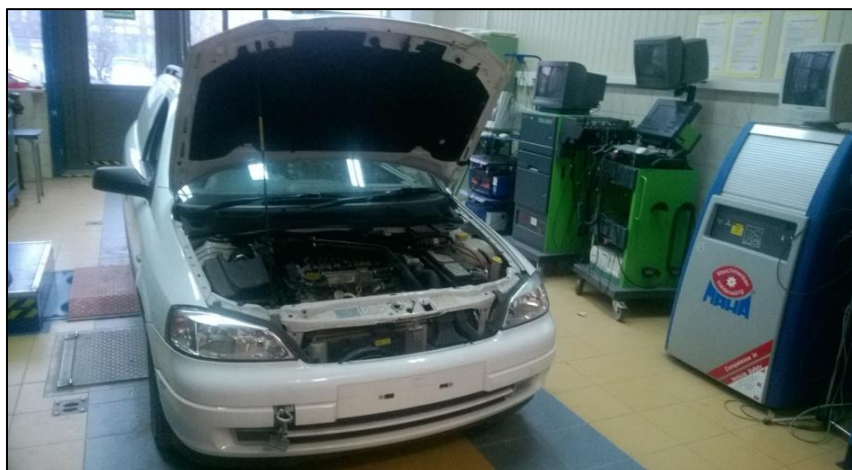
Źródło: *Silniki pojazdów samochodowych 2*, P. Zajac, 2014, Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.

2. Diagnostyka

Wtryskiwacz paliwa jest odpowiedzialny za rozpylenie dawki paliwa w komorze spalania. Panujące tam warunki nie sprzyjają utrzymaniu wzorowego stanu elementów. To jednak nie zwalnia wtryskiwaczy z dokładnego odmierzania dawki paliwa. Poprawne wykonywanie tej funkcji ma wpływ na kulturę pracy silnika. Jeśli choć jeden z wtryskiwaczy będzie działał w sposób nieodpowiedni, wtedy w silniku występować mogą takie zjawiska jak zanik mocy bądź nadmierne drgania. To tylko 2 z wielu możliwych objawów. Gdy zacznie się dzieć coś niepokojącego, warto w pierwszej kolejności zbadać właśnie te elementy układu. Jest kilka metod, dzięki którym można dokonać weryfikacji, m.in. sprawdzenie dymomierzem spalin wydobywających się z układu bądź poprzez technikę opisywaną w artykule. Szybka diagnostyka możliwa jest dzięki odkręceniu przewodów paliwowych z wtryskiwaczy, a następnie ich zaślepieniu. W miejsce odłączonych podłącza się przewody, które będą kierować przelewana dawkę paliwową do menzurerek. Paliwo z każdego cylindra trafia do osobnego naczynia pomiarowego. W ten sposób w przypadku zwiększonych różnic płynu można wskazać konkretny wtryskiwacz, który wymaga wymiany, regeneracji bądź konieczności weryfikacji jego stanu na specjalistycznym urządzeniu do diagnostyki wtryskiwaczy wymontowanych z pojazdu. Za wynik poprawny przyjmuje się wartości, które mieszczą się w przedziale 0-30%. Maksymalną wartością, jaką powinna wskazywać podziałka po próbie trwającej 1 min, jest 150 cm³.

3. Obiekt badań

Pojazd, który był wykorzystywany do prowadzonych badań, to Vauxhall Astra G z roku 2004. Samochód ten wyposażono w silnik o zapłonie samoczynnym, którego pojemność skokowa wynosi 1686 cm³, a maksymalna moc efektywna, którą deklaruje producent, 59 kW. Przedstawiana wersja pojazdu jest wyposażona w układ Common Rail. Seryjnie montowanymi wtryskiwaczami do tego pojazdu są elektromagnetyczne firmy Bosch o oznaczeniu CRIP2. Z uwagi na cieszący się dużą popularnością model pojazdu oraz wersje silnikowe, wyniki są odniesieniem dla dużej liczby kierowców w Polsce.



Rysunek 2. Vauxhall Astra G.
Źródło: opracowanie własne.

4. Aparatura pomiarowa

Przedstawione pomiary wykonywane były na zestawie umożliwiającym pomiar maksymalnie sześciu wtryskiwaczy. Do każdego z osobnych naczyń prowadzą przewody równej długości. Jeden z końców został zainstalowany w miejscu, skąd nadmierna dawka oleju napędowego trafia do filtra paliwa. Aby uniknąć dostania się zanieczyszczeń do obiegu po przywróceniu pierwotnego połączenia, przewody przelewowe zaślepiono specjalistycznymi zatyczkami, które znajdują się w tego typu zestawach.



Rysunek 3. Zestaw do badania dawek przelewowych wtryskiwaczy Common Rail.
Źródło: www.wszystkodlawarsztatu.pl (dostęp: 13.02.2017).

5. Przebieg badań

Pierwszą czynnością, jaką wykonano, było przygotowanie pojazdu do przeprowadzenia pomiarów. Polegała ona na demontażu górnej osłony silnika oraz odłączeniu przewodów przelewowych. Zostały one zaślepione, aby do wewnątrz nie dostały się nieczystości. Następnie do otworów przelewowych wtryskiwaczy dołączono aparaturę pomiarową, składającą się z wężyków z odpowiednimi końcówkami oraz menzurki, służących do pomiaru ilości przelewanego paliwa przez wtryskiwacze przy określonych warunkach pomiarowych. Menzurki posiadały podziałkę z dokładnością do 10 cm^3 . Pomiarów dokonywano przy określonych założeniach, które zostały przedstawione w tabeli 1.

Pierwszego pomiaru dokonano na zimnej jednostce napędowej, na biegu jałowym w czasie 1 min. Miało to na celu weryfikację, czy każdy z badanych wtryskiwaczy jest sprawny. W przypadku wystąpienia niepowodzenia, dalsza diagnostyka byłaby bezcelowa. Z uwagi na fakt, że wszystkie 4 wtryskiwacze okazały się sprawne (nominalna wielkość dawki przelewowej to 150 ml) rozpoczęto dalszą analizę. Pomiary 1, 5, 6, 7, 8 były wykonywane przez 1 min, natomiast pomiary 2, 3, 4 wykonywano przez 5 min każdy. Wyniki tych pomiarów zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 1

Parametry, przy których dokonywane były pomiary

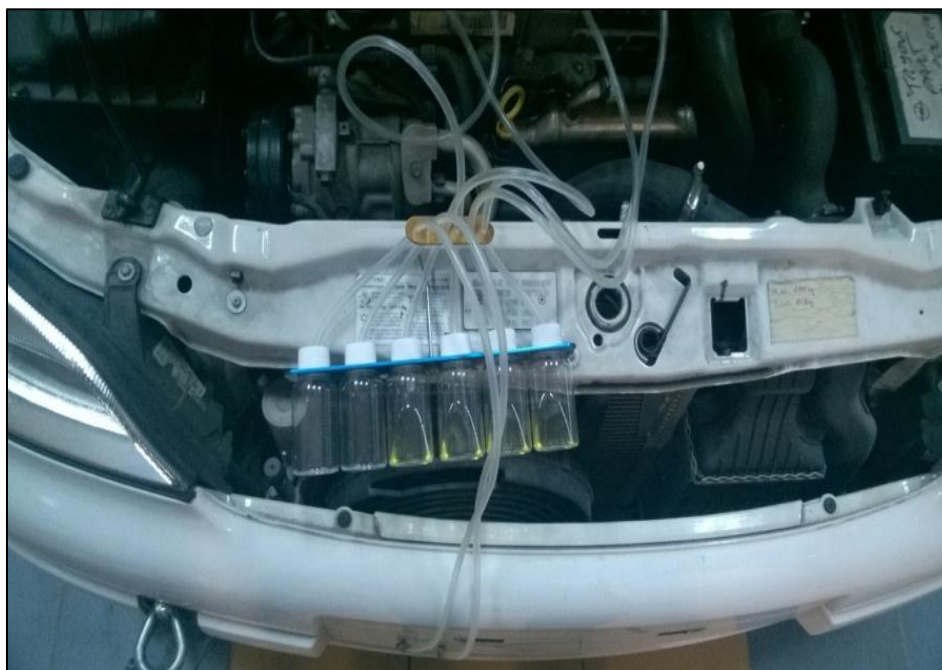
Pomiar	Silnik zimny/ciepły	Prędkość obrotowa silnika	Obciążenie	Uwagi
1.	zimny	≈1000 obr./min	NIE	BRAK
2.	ciepły	≈950 obr./min	TAK	BRAK
3.	ciepły	≈1000 obr./min	TAK	Uruchomiono wszystkie odbiorniki elektryczne w pojeździe
4.	ciepły	≈1000 obr./min	TAK	Uruchomiono wszystkie odbiorniki elektryczne w pojeździe, podłączono przetwornice z 12 V na 230 V z podłączonym do niej odbiornikiem o mocy 40 Watt
5.	ciepły	~2000 obr./min	TAK	BRAK
6.	ciepły	≈2000...≈3000 obr./min	TAK	BRAK
7.	ciepły	≈3000 obr./min	TAK	BRAK
8.	ciepły	≈3000 obr./min	TAK	Silnik został maksymalnie obciążony (uruchomiono wszystkie odbiorniki elektryczne), podłączono przetwornicę z 12 V na 230 V z podłączonym do niej odbiornikiem o mocy 195 Watt.

Tabela 2

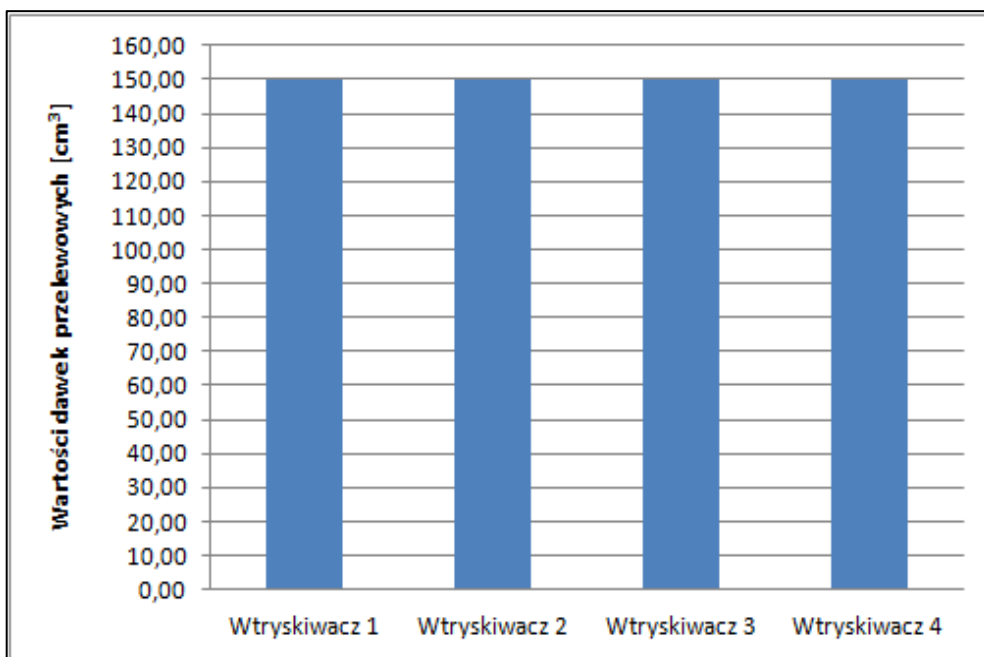
Dawki przelewowe wtryskiwaczy

Pomiar	Dawki przelewów dla poszczególnych wtryskiwaczy [cm ³]				
	Wtryskiwacz 1	Wtryskiwacz 2	Wtryskiwacz 3	Wtryskiwacz 4	czas [min]
1.	150	150	150	150	1
2.	350	350	330	375	5
3.	590	550	540	560	5
4.	550	480	520	540	5
5.	250	240	250	250	1
6.	250	270	250	250	1
7.	300	300	350	300	1
8.	350	390	330	350	1

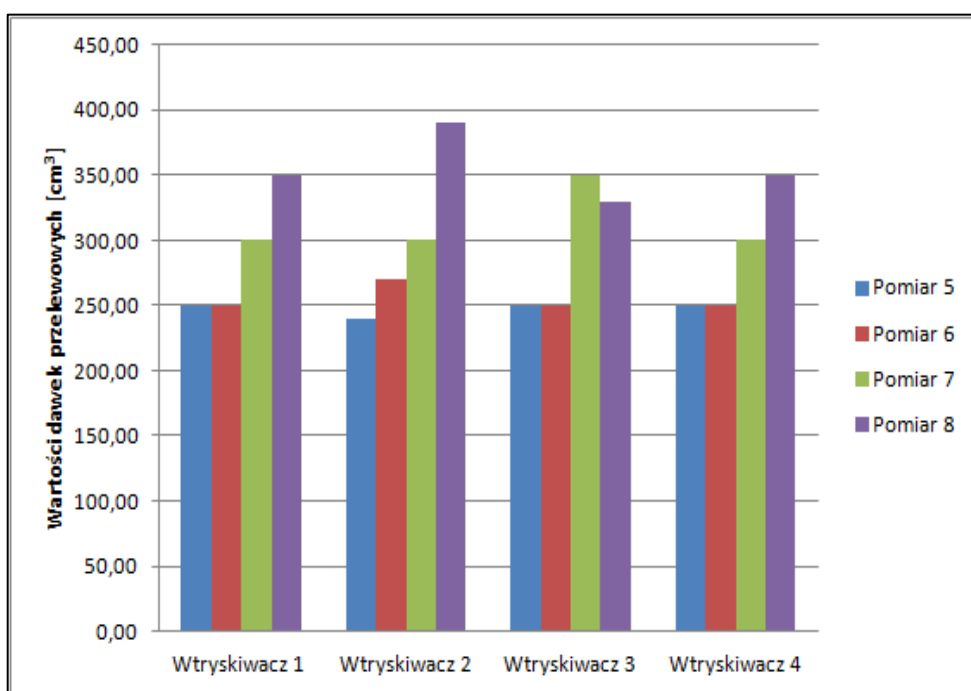
Dla dokładniejszego zobrazowania różnic w wartościach dawek przelewowych wyniki pomiarów z tabeli 1 przedstawiono na 3 wykresach (rysunki: 5, 6, 7). Na pierwszym wykresie przedstawiono wartości dawek przelewowych, uzyskane w pierwszym pomiarze przy zimnej i nieobciążonej jednostce napędowej, a pomiar wykonywany był przez 1 min. Na wykresie 2 porównano ze sobą dawki przelewowe dla jednostki napędowej pracującej z prędkościami obrotowymi ok. 2000 obr./min, 3000 obr./min, w zakresie od 2000 obr./min do 3000 obr./min oraz dla jednostki pracującej z prędkością obrotową ok. 3000 obr./min, obciążonej dodatkowo odbiornikami elektrycznymi pojazdu oraz przetwornicę z podłączonym do niej odbiornikiem o mocy 195 Watt. Pomiarów dokonywano w czasie 1 min. Na wykresie 3 zestawiono ze sobą wartości dawek przelewowych zmierzonych przy rozgrzanej jednostce napędowej nieobciążonej oraz obciążonej na 2 sposoby. Porównano ze sobą dawki przelewowe dla jednostki nieobciążonej, obciążonej wszystkimi możliwymi odbiornikami elektrycznymi pojazdu oraz obciążonej odbiornikami pojazdu i dodatkowo przetwornicą z podłączonym do niej odbiornikiem o mocy 40 Watt. Pomiarów dokonywano w czasie 5 min.



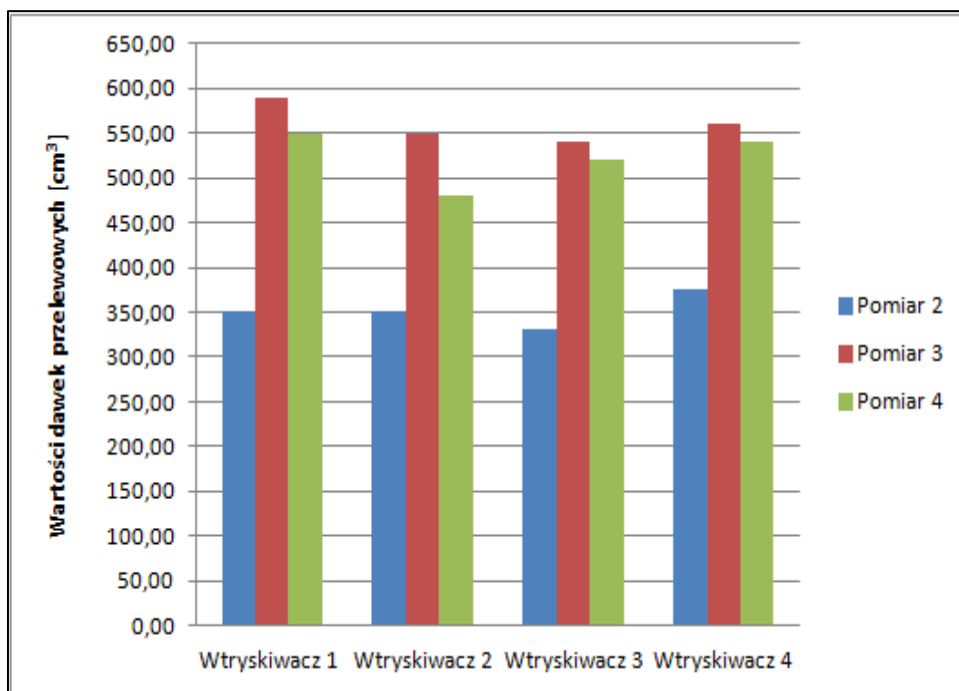
Rysunek 4. Zestaw diagnostyczny podczas pomiarów.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 5. Pomiar dawek przelewowych przy zimnej i nieobciążonej jednostce napędowej na biegu jałowym w czasie 1 min.
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 6. Zestawienie wartości dawek przelewowych wtryskiwaczy dla pomiarów: 5, 6, 7 i 8.
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 7. Zestawienie wartości dawek przelewowych wtryskiwaczy dla pomiarów: 2, 3 i 4.
Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Stan wtryskiwaczy w pojeździe ma znaczny wpływ na poprawną pracę silnika. Za pośrednictwem metody przedstawionej w referacie niniejszej pracy, można w stosunkowo prosty i szybki sposób dokonać wstępnej weryfikacji stanu wtryskiwaczy. Przedstawione wyniki jednoznacznie wskazują, że dzięki wydłużonemu czasowi badania jesteśmy w stanie określić dokładniej różnice pomiędzy poszczególnymi wtryskiwaczami. Nie jest jednak to konieczne, gdyż do wykrycia wadliwego elementu w układzie czas 1 min w zupełności wystarcza.

Metoda nie jest bezpośrednia, co może mieć wpływ na otrzymany wynik. Należy jednak pamiętać, że dokładne sprawdzenie wymaga demontażu badanych elementów z pojazdu oraz generuje potrzebę posiadania specjalistycznego urządzenia. W przypadku zlecenia tych czynności firmie specjalizującej się w tego typu naprawach, należy mieć na uwadze dodatkowe koszty.

Dużym atutem jest czas, w którym można wykonać test. Pojedynczy pomiar (wraz z podłączeniem i rozłączeniem zestawu wykorzystanego w teście) zajmuje ok. 10-15 min.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wpływ obciążenia silnika na wielkość dawek przelewowych wtryskiwaczy w układzie Common Rail. Obiektem badań był pojazd marki Vauxhall – model Astra G. Pojazd ten wyposażono w silnik o pojemności skokowej 1686 cm³ (59 kW). Diagnostyka obejmuje bezdemontażowe badanie wtryskiwaczy elektromagnetycznych. Osprzęt, w który fabrycznie wyposażono ten pojazd to Bosch CRIP2.

Pomiary wykazały, jak zmienia się wartość dawki przelewowej z danego wtryskiwacza podczas obciążania silnika w różny sposób. Badanie wykonano dla ośmiu różnych prób, aby ukazać występujące różnice pomiarowe. Artykuł przedstawia zalety tej metody i sposób wykonania tego typu testu.

Abstract

The article presents the influence of engine load on injector's overflow dose size in the common rail system. Research object was the vehicle Vauxhall – Astra G. The vehicle had been equipped with an engine with displacement of 1686 cm³ (59kW). Diagnosis includes the study of electromagnetic injectors installed on the first assembly. Factory equipment of this car was Bosch CRIP2. M

Measurements have shown how the size of the overflow dose changes when engine is being loaded in various levels. The test was performed eight times to show the differences between measures. The article presents the advantages of this method and how to perform this type of test.

Bibliografia

- Lozia, Z. (red.). (2015). *Diagnostyka samochodowa: Laboratorium*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Zajac, P. (2014). *Silniki pojazdów samochodowych 2*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.

www.wszystkodlawarsztatu.pl.

Paweł DUDEK

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

WSKAŹNIKI NIEZAWODNOŚCI WEIBULLA W SZACOWANIU NIEZAWODNOŚCI WYBRANYCH ELEMENTÓW UKŁADU HAMULCOWEGO POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Wstęp

Teoria niezawodności jest dziedziną skupiającą uwagę na przyczynach powstawania błędów, uszkodzeń oraz innych nieprawidłowości. Niezawodność można określić przy pomocy wskaźników niezawodności lub oszacować, używając metod eksperckich i eksperymentalnych.

Wśród metod eksperymentalnych znajdują się badania eksploatacyjne i doświadczenia. Stosuje się je w przypadkach, gdy jawne są wszystkie dane opisujące obiekt. W innym wypadku stosuje się metody eksperckie, które są oparte na opiniach ekspertów. Do metod eksperckich zaliczamy kilka sposobów szacowania niezawodności, lecz najczęściej używanymi metodami są metoda bezpośredniego szacowania oraz metoda rankingowa.

Do głównych wskaźników niezawodności zalicza się: funkcja zawodności (dystrybuanta zmiennej losowej) $F(t)$, funkcja niezawodności $R(t)$, funkcja gęstości prawdopodobieństwa $f(t)$, funkcja intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ i skumulowana funkcja intensywności uszkodzeń $\Lambda(t)$. Elementem odzwierciedlającym przebieg funkcji intensywności jest tzw. „krzywa wannowa”, która ukazuje 3 okresy funkcjonowania konkretnego obiektu. Wśród podstawowych struktur niezawodnościowych znajdują się struktury: równoległa, szeregową, równoległo-szeregową oraz szeregowo-równoległą. W zależności od rodzaju obiektu oraz jego struktury sposób liczenia niezawodności będzie różny, lecz opis niezawodnościowy w każdym przypadku obejmować będzie zdatność, niezdatność oraz trwałość obiektu. Wyznaczenie wskaźników niezawodności jest pomocne przy udoskonalaniu konstrukcji oraz pomaga usprawnić proces wytwarzania elementów.

Do najczęściej używanych rozkładów zmiennych losowych zalicza się m.in. rozkład normalny, gamma, logarytmiczno-normalny, wykładniczy oraz rozkład Weibulla. Ostatnia z wymienionych metod jest jedną z najskuteczniejszych, gdyż pozwala obliczyć niezawodność obiektów bez względu na przebieg funkcji intensywności uszkodzeń. Daje to możliwość obliczenia niezawodności urządzenia bez względu na zmianę liczby występowania uszkodzeń w czasie. Zastosowanie metody rozkładu Weibulla charakteryzuje duża uniwersalność, dzięki czemu można ją stosować w wielu dziedzinach, np. elektronice, mechanice czy biologii.

Teoria niezawodności powiązana jest z zagadnieniami:

Niezawodność obiektu – zdolność do wykonywania ustalonych funkcji w sposób prawidłowy, w określonym czasie, bez występowania niesprawności (Szopa, 2009).

Niesprawność obiektu – każdorazowe zdarzenie, które uniemożliwia fizyczne lub umowne prawidłowe realizowanie przewidzianych dla niego funkcji (Ibidem).

Niesprawność fizyczna występuje na skutek zdarzeń, które uniemożliwiają w trybie natychmiastowym działanie obiektów technicznych, np. przerwanie przewodu zasilającego – występują nagle. Niesprawność umowna natomiast charakteryzuje się tym, że nie przerywa ona działania obiektu w trybie natychmiastowym, lecz może prowadzić do pogorszenia sprawności oraz wydajności obiektu, jak również do powstania obszerniejszych uszkodzeń, co z kolei generuje straty materialne. Teoria niezawodności

niesie ze sobą także pojęcie awarii, czyli swego rodzaju niesprawności (Ibidem). Usunięcie awarii niesie ze sobą poniesienie pewnych kosztów.

Trwałość obiektu – jest to upływający czas, mierzony od początku eksploatacji do wystąpienia ostatniej niesprawności, po której obiekt nie jest przywracany do stanu zdatności, gdyż jest to nieopłacalne lub niemożliwe z przyczyn technicznych (Ibidem).

Gotowość obiektu – zdolność do trwania w stanie zdatności w każdej dowolnej chwili eksploatacji (Ibidem).

Odnawianie – czynność polegająca na przywróceniu stanu zdatności poprzez naprawę, wymianę lub regulację niesprawnego elementu. W przypadku urządzeń technicznych czas odnawiania jest sumą czasu oczekiwania na pozbycie się niesprawności oraz czasu, w którym niesprawność jest usuwana (Ibidem).

Sprawność – stan obiektu, w którym działa zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumentacji technicznej. Aby można było mówić o sprawności obiektu, musi on dotrzymać parametry podstawowe i drugorzędne (Piec, 2004).

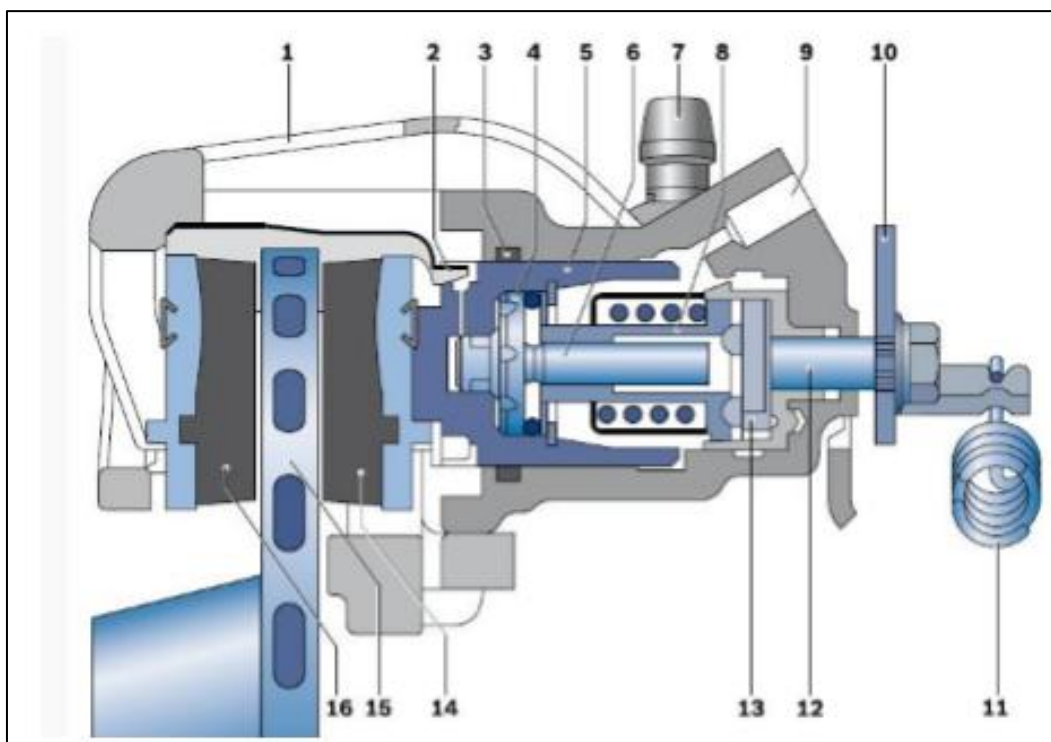
Uszkodzenie – stan, w którym obiekt traci zdolność do pracy oraz następuje utrata jego sprawności (Ibidem).

Naprawialność – prawdopodobieństwo odzyskania sprawności przez obiekt w określonym czasie $(0,t)$. Jest ona zależna od właściwości obiektu, rodzaju uszkodzenia oraz warunków, w których przywraca się sprawność (Macha, 2001).

Obiekt naprawialny – jest to taki obiekt, któremu przywraca się sprawność w przypadku jej utraty (Ibidem).

Obiekt nienaprawialny – jest to obiekt, któremu nie przywraca się utraconej sprawności (Ibidem).

Zadaniem układu hamulcowego jest zatrzymanie pojazdu lub zmniejszenie jego prędkości w możliwie jak najkrótszym czasie tak, aby podczas wykonywania tej czynności zapewnić bezpieczeństwo użytkownikom pojazdu oraz osobom znajdującym się w najbliższym otoczeniu. Skuteczność oraz niezawodność elementów układu hamulcowego pełni bardzo ważną rolę, gdyż w skutek awarii może dojść do zagrożenia zdrowia i życia uczestników ruchu. Obecnie stosowane układy hamulcowe mają do spełnienia szereg funkcji wynikających z roli, jaką pełnią w samochodzie. Układy te powinny charakteryzować się m.in. wysoką niezawodnością działania, dużą skutecznością oraz krótkim czasem zadziałania. Powinny też zapewnić płynną regulację mocy hamowania oraz niwelować niepożądane zjawiska, takie jak np. znoszenie pojazdu z toru jazdy. Na rysunku 1 przedstawiono budowę hamulca tarczowego.



1 – obudowa zacisku, 2 – osłona przeciwpylowa, 3 – uszczelniacz tłoka, 4 – sprężęło, 5 – tłok, 6 – trzpień gwintowany, 7 – odpowietrznik, 8 – mechanizm hamulca postojowego, 9 – króciec łączący z pompą, 10 – dźwignia hamulca postojowego, 11 – sprężyna.

Rysunek 1. Budowa hamulca tarczowego.

Źródło: <http://pl.bosch-automotive.com/pl/> (dostęp: 22.12.2016).

1. Uszkodzenie tarczy hamulcowej

Tarcza hamulcowa ze względu na materiał, z jakiego jest produkowana często poddaje się korozji. Wilgotne powietrze, deszczowa pogoda oraz dłuższe nieużytkowanie pojazdu skutecznie przyczyniają się do jej powstawania (Myszkowski, 2007). Pojawienie się korozji na tarczy obniża skuteczność działania hamulców, co jest wywołane zmianą wartości momentu hamującego. Do typowej usterki tarczy hamulcowej należy również jej przegrzanie, co może skutkować pęknięciem tarczy. Na rysunkach 2 i 3 zaprezentowano przykładowe uszkodzenia tarcz hamulcowych.



Rysunek 2. Korozja oraz przegrzanie tarczy hamulcowej.

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 3. Pęknięcie tarczy hamulcowej
 Źródło: www.warsztatowiec.info (dostęp: 22.12.2016).

2. Wyznaczenie wskaźników niezawodności dla tarczy hamulcowych za pomocą rozkładu Weibulla

Tabela 1 zawiera dane, które są niezbędne do wyznaczenia parametrów rozkładu Weibulla, tzn. parametr kształtu α oraz parametr skali β . W tabeli został również zawarty czas trwania eksploatacji tarcz hamulcowych do momentu wystąpienia uszkodzenia. Dane wejściowe do dalszych obliczeń pozyskano z warsztatów napraw samochodów. Obserwowano pewną grupę pojazdów pod kątem wystąpienia usterek układu hamulcowego, które następnie odnotowywano w tabeli 1. Spośród wielu spotykanych usterek odnotowywano tylko te, które uniemożliwiają dalszą jazdę samochodem.

Tabela 1

Dane potrzebne do wyznaczenia parametrów α i β , a także czasy trwania eksploatacji do momentu wystąpienia uszkodzenia

i	t[km]	ln t	h (t)	1/{1-h(t)}	ln(1/{1-h(t)})	ln(ln(1/{1-h(t)}))	$\Sigma \ln(\ln(1/{1-h(t)}))$	$\Sigma \ln t$
1	7100	8,8679	0,005	1,0050	0,0050	-5,296	-76,536	507,7635
2	8000	8,9872	0,0150	1,0152	0,0151	-4,192		
3	8900	9,0938	0,0250	1,0256	0,0253	-3,676		
4	9800	9,1901	0,0350	1,0363	0,0356	-3,335		
5	10700	9,2780	0,0450	1,0471	0,0460	-3,078		
6	11600	9,3588	0,0550	1,0582	0,0566	-2,872		
7	12500	9,4335	0,0650	1,0695	0,0672	-2,700		
8	13400	9,5030	0,0750	1,0811	0,0780	-2,552		
9	14300	9,5680	0,0850	1,0929	0,0888	-2,421		
10	15200	9,6291	0,0950	1,1050	0,0998	-2,304		
11	16100	9,6866	0,1050	1,1173	0,1109	-2,199		
12	17000	9,7410	0,1150	1,1299	0,1222	-2,102		
13	17900	9,7926	0,1250	1,1429	0,1335	-2,013		
14	18800	9,8416	0,1350	1,1561	0,1450	-1,931		
15	19700	9,8884	0,1450	1,1696	0,1567	-1,854		
16	20600	9,9330	0,1550	1,1834	0,1684	-1,781		

17	21500	9,9758	0,1650	1,1976	0,1803	-1,713		
18	22400	10,0168	0,1750	1,2121	0,1924	-1,648		
19	23300	10,0562	0,1850	1,2270	0,2046	-1,587		
20	24200	10,0941	0,1950	1,2422	0,2169	-1,528		
21	25100	10,1306	0,2050	1,2579	0,2294	-1,472		
22	26000	10,1659	0,2150	1,2739	0,2421	-1,419		
23	26900	10,1999	0,2250	1,2903	0,2549	-1,367		
24	27800	10,2328	0,2350	1,3072	0,2679	-1,317		
25	28700	10,2647	0,2450	1,3245	0,2810	-1,269		
26	29600	10,2955	0,2550	1,3423	0,2944	-1,223		
27	30500	10,3255	0,2650	1,3605	0,3079	-1,178		
28	31400	10,3546	0,2750	1,3793	0,3216	-1,134		
29	32300	10,3828	0,2850	1,3986	0,3355	-1,092		
30	33200	10,4103	0,2950	1,4184	0,3496	-1,051		
31	34100	10,4371	0,3050	1,4388	0,3638	-1,011		
32	35000	10,4631	0,3150	1,4599	0,3783	-0,972		
33	35900	10,4885	0,3250	1,4815	0,3930	-0,934		
34	36800	10,5133	0,3350	1,5038	0,4080	-0,897		
35	37700	10,5374	0,3450	1,5267	0,4231	-0,860		
36	38600	10,5610	0,3550	1,5504	0,4385	-0,824		
37	39500	10,5841	0,3650	1,5748	0,4541	-0,789		
38	40400	10,6066	0,3750	1,6000	0,4700	-0,755		
39	41300	10,6286	0,3850	1,6260	0,4861	-0,721		
40	42200	10,6502	0,3950	1,6529	0,5025	-0,688		
41	43100	10,6713	0,4050	1,6807	0,5192	-0,655		
42	44000	10,6919	0,4150	1,7094	0,5361	-0,623		
43	44900	10,7122	0,4250	1,7391	0,5534	-0,592		
44	45800	10,7320	0,4350	1,7699	0,5709	-0,560		
45	46700	10,7515	0,4450	1,8018	0,5888	-0,530		
46	47600	10,7706	0,4550	1,8349	0,6070	-0,499		
47	48500	10,7893	0,4650	1,8692	0,6255	-0,469		
48	49400	10,8077	0,4750	1,9048	0,6444	-0,440		
49	50300	10,8258	0,4850	1,9417	0,6636	-0,410		
50	51200	10,8435	0,4950	1,9802	0,6832	-0,381		
51	52100	10,8609	0,5050	2,0202	0,7032	-0,352		
52	53000	10,8780	0,5150	2,0619	0,7236	-0,324		
53	53900	10,8949	0,5250	2,1053	0,7444	-0,295		
54	54800	10,9114	0,5350	2,1505	0,7657	-0,267		
55	55700	10,9277	0,5450	2,1978	0,7875	-0,239	19,491	559,9031
56	56600	10,9438	0,5550	2,2472	0,8097	-0,211		
57	57500	10,9595	0,5650	2,2989	0,8324	-0,183		
58	58400	10,9751	0,5750	2,3529	0,8557	-0,156		
59	59300	10,9904	0,5850	2,4096	0,8795	-0,128		

60	60200	11,0054	0,5950	2,4691	0,9039	-0,101		
61	61100	11,0203	0,6050	2,5316	0,9289	-0,074		
62	62000	11,0349	0,6150	2,5974	0,9545	-0,047		
63	62900	11,0493	0,6250	2,6667	0,9808	-0,019		
64	63800	11,0635	0,6350	2,7397	1,0079	0,008		
65	64700	11,0775	0,6450	2,8169	1,0356	0,035		
66	65600	11,0913	0,6550	2,8986	1,0642	0,062		
67	66500	11,1050	0,6650	2,9851	1,0936	0,089		
68	67400	11,1184	0,6750	3,0769	1,1239	0,117		
69	68300	11,1317	0,6850	3,1746	1,1552	0,144		
70	69200	11,1448	0,6950	3,2787	1,1874	0,172		
71	70100	11,1577	0,7050	3,3898	1,2208	0,199		
72	71000	11,1704	0,7150	3,5088	1,2553	0,227		
73	71900	11,1830	0,7250	3,6364	1,2910	0,255		
74	72800	11,1955	0,7350	3,7736	1,3280	0,284		
75	73700	11,2078	0,7450	3,9216	1,3665	0,312		
76	74600	11,2199	0,7550	4,0816	1,4065	0,341		
77	75500	11,2319	0,7650	4,2553	1,4482	0,370		
78	76400	11,2437	0,7750	4,4444	1,4917	0,400		
79	77300	11,2554	0,7850	4,6512	1,5371	0,430		
80	78200	11,2670	0,7950	4,8780	1,5847	0,460		
81	79100	11,2785	0,8050	5,1282	1,6348	0,491		
82	80000	11,2898	0,8150	5,4054	1,6874	0,523		
83	80900	11,3010	0,8250	5,7143	1,7430	0,556		
84	81800	11,3120	0,8350	6,0606	1,8018	0,589		
85	82700	11,3230	0,8450	6,4516	1,8643	0,623		
86	83600	11,3338	0,8550	6,8966	1,9310	0,658		
87	84500	11,3445	0,8650	7,4074	2,0025	0,694		
88	85400	11,3551	0,8750	8,0000	2,0794	0,732		
89	86300	11,3656	0,8850	8,6957	2,1628	0,771		
90	87200	11,3760	0,8950	9,5238	2,2538	0,813		
91	88100	11,3862	0,9050	10,5263	2,3539	0,856		
92	89000	11,3964	0,9150	11,7647	2,4651	0,902		
93	89900	11,4065	0,9250	13,3333	2,5903	0,952		
94	90800	11,4164	0,9350	15,3846	2,7334	1,006		
95	91700	11,4263	0,9450	18,1818	2,9004	1,065		
96	92600	11,4360	0,9550	22,2222	3,1011	1,132		
97	93500	11,4457	0,9650	28,5714	3,3524	1,210		
98	94400	11,4553	0,9750	40,0000	3,6889	1,305		
99	95300	11,4648	0,9850	66,6667	4,1997	1,435		
100	96200	11,4742	0,9950	200,0000	5,2983	1,667		

Wyznaczenie wartości parametrów kształtu α oraz skali β , koniecznych do wyznaczenia funkcji niezawodności.

$$\begin{cases} \alpha \cdot 507,764 - 50 \ln \beta = -76,536 / (-50) \\ \alpha \cdot 559,903 - 50 \ln \beta = 19,491 / 50 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -10,155 \cdot \alpha + \ln \beta = 1,531 \\ 11,198 \cdot \alpha - \ln \beta = 0,390 \end{cases}$$

$$1,043 \cdot \alpha = 1,921$$

$$\alpha = 1,84$$

$$-10,155 \cdot 1,84 + \ln \beta = 1,531$$

$$\ln \beta = 20,237$$

$$\beta = 6,14 \cdot 10^8$$

Wyznaczone parametry kształtu α oraz skali β posiadają wartości: $\alpha = 1,84$ $\beta = 6,14 \cdot 10^8$.

W tabeli 2 zawarte zostały wyliczenia dla wskaźników niezawodności tarczy hamulcowych w zależności od czasu, w jakim były eksploatowane.

Tabela 2

Wyliczenia dla wskaźników niezawodności

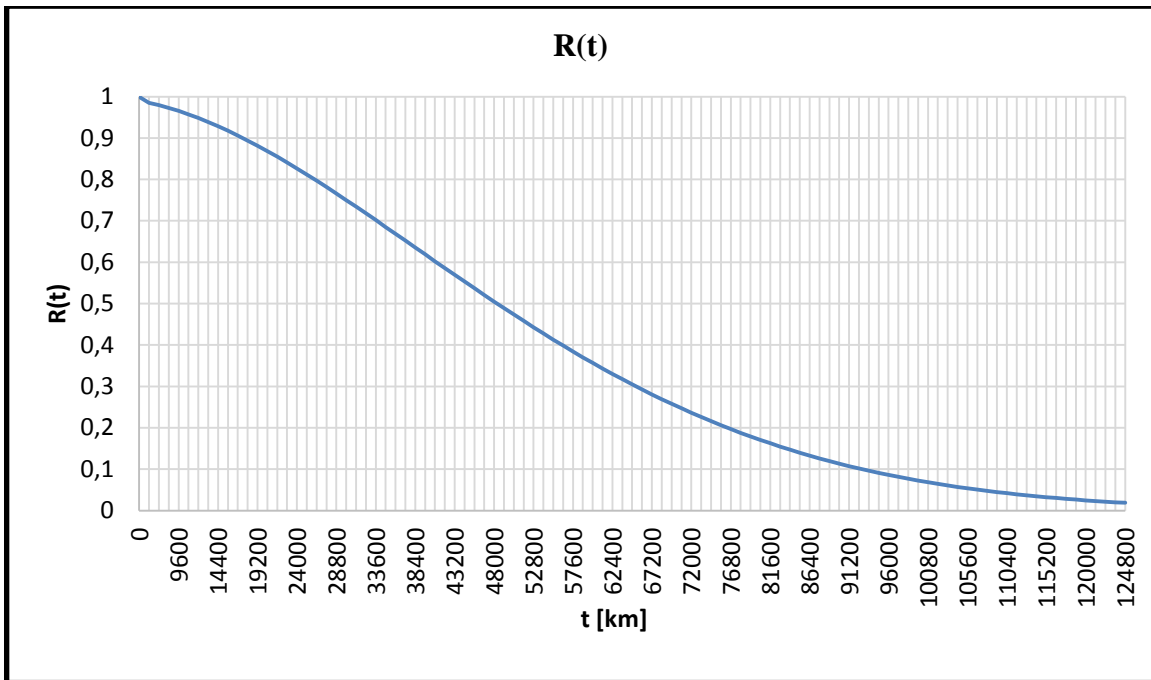
i	t km	$\lambda(t) \cdot 10^{-5}$	$f(t) \cdot 10^{-5}$	R(t)	F(t)
1	6000	0,4470	0,4486	0,9853	0,0145
2	7200	0,5210	0,5200	0,9795	0,0202
3	8400	0,5930	0,5880	0,9728	0,0267
4	9600	0,6634	0,6530	0,9654	0,0340
5	10800	0,7324	0,7149	0,9572	0,0421
6	12000	0,8001	0,7739	0,9482	0,0508
7	13200	0,8668	0,8301	0,9386	0,0603
8	14400	0,9326	0,8834	0,9283	0,0704
9	15600	0,9974	0,9339	0,9174	0,0811
10	16800	1,0615	0,9816	0,9059	0,0924
11	18000	1,1248	1,0264	0,8939	0,1042
12	19200	1,1875	1,0685	0,8813	0,1165
13	20400	1,2495	1,1078	0,8682	0,1294
14	21600	1,3110	1,1443	0,8547	0,1426
15	22800	1,3719	1,1781	0,8408	0,1563
16	24000	1,4323	1,2091	0,8264	0,1704
17	25200	1,4922	1,2375	0,8118	0,1848
18	26400	1,5517	1,2631	0,7968	0,1996
19	27600	1,6107	1,2861	0,7815	0,2146
20	28800	1,6693	1,3065	0,7659	0,2299
21	30000	1,7276	1,3243	0,7501	0,2455
22	31200	1,7854	1,3396	0,7341	0,2612
23	32400	1,8429	1,3524	0,7180	0,2771
24	33600	1,9001	1,3628	0,7017	0,2932
25	34800	1,9569	1,3709	0,6853	0,3093

26	36000	2,0135	1,3766	0,6688	0,3256
27	37200	2,0697	1,3802	0,6522	0,3419
28	38400	2,1256	1,3815	0,6357	0,3583
29	39600	2,1813	1,3808	0,6191	0,3747
30	40800	2,2367	1,3781	0,6025	0,3910
31	42000	2,2918	1,3735	0,5860	0,4073
32	43200	2,3467	1,3670	0,5696	0,4236
33	44400	2,4013	1,3587	0,5532	0,4398
34	45600	2,4557	1,3487	0,5370	0,4559
35	46800	2,5099	1,3372	0,5209	0,4719
36	48000	2,5638	1,3241	0,5049	0,4877
37	49200	2,6176	1,3096	0,4891	0,5034
38	50400	2,6711	1,2938	0,4735	0,5189
39	51600	2,7244	1,2767	0,4580	0,5342
40	52800	2,7776	1,2584	0,4428	0,5493
41	54000	2,8305	1,2390	0,4278	0,5642
42	55200	2,8832	1,2187	0,4131	0,5789
43	56400	2,9358	1,1974	0,3986	0,5934
44	57600	2,9882	1,1753	0,3844	0,6076
45	58800	3,0404	1,1524	0,3704	0,6215
46	60000	3,0924	1,1289	0,3567	0,6352
47	61200	3,1443	1,1047	0,3433	0,6486
48	62400	3,1960	1,0801	0,3302	0,6617
49	63600	3,2475	1,0549	0,3174	0,6745
50	64800	3,2989	1,0294	0,3049	0,6871
51	66000	3,3502	1,0036	0,2927	0,6993
52	67200	3,4013	0,9776	0,2808	0,7113
53	68400	3,4522	0,9514	0,2692	0,7229
54	69600	3,5030	0,9250	0,2580	0,7342
55	70800	3,5537	0,8986	0,2470	0,7452
56	72000	3,6042	0,8722	0,2364	0,7559
57	73200	3,6546	0,8459	0,2261	0,7663
58	74400	3,7049	0,8197	0,2161	0,7764
59	75600	3,7550	0,7936	0,2064	0,7862
60	76800	3,8050	0,7677	0,1970	0,7957
61	78000	3,8549	0,7420	0,1880	0,8049
62	79200	3,9046	0,7166	0,1792	0,8138
63	80400	3,9543	0,6915	0,1708	0,8223
64	81600	4,0038	0,6668	0,1626	0,8306
65	82800	4,0532	0,6424	0,1548	0,8386
66	84000	4,1025	0,6185	0,1472	0,8463
67	85200	4,1516	0,5950	0,1399	0,8537
68	86400	4,2007	0,5719	0,1329	0,8609
69	87600	4,2496	0,5493	0,1262	0,8678
70	88800	4,2985	0,5272	0,1198	0,8744

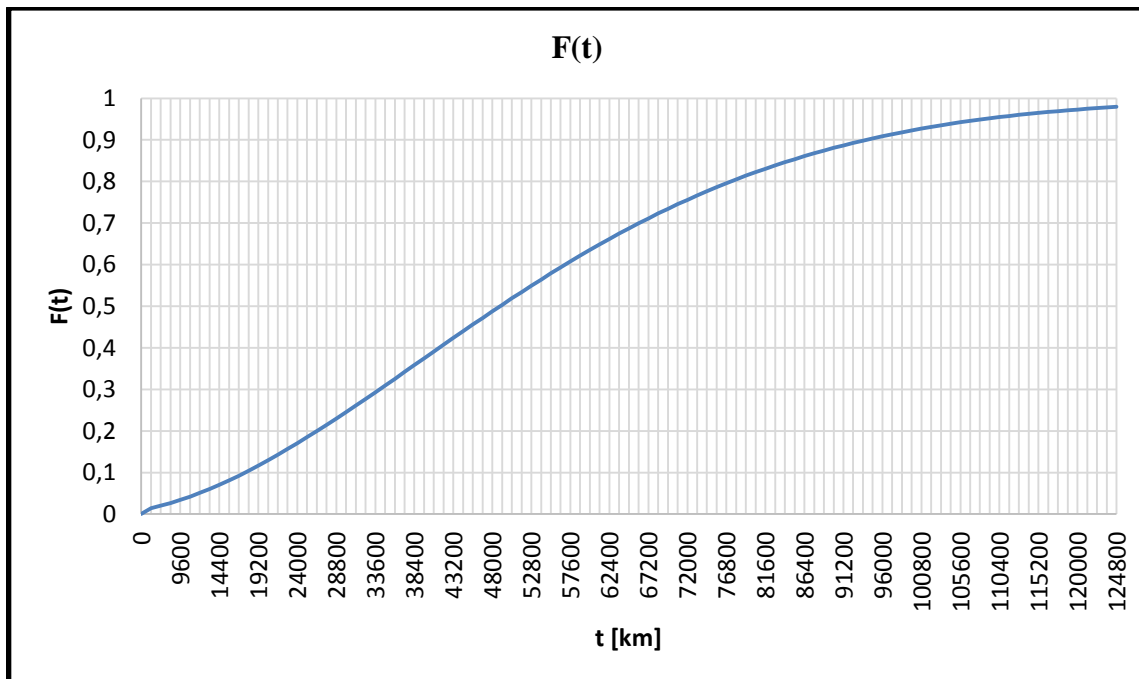
71	90000	4,3472	0,5056	0,1136	0,8807
72	91200	4,3959	0,4845	0,1076	0,8868
73	92400	4,4444	0,4640	0,1019	0,8927
74	93600	4,4928	0,4440	0,0965	0,8983
75	94800	4,5412	0,4245	0,0913	0,9036
76	96000	4,5894	0,4056	0,0863	0,9088
77	97200	4,6376	0,3873	0,0815	0,9137
78	98400	4,6856	0,3695	0,0770	0,9184
79	99600	4,7336	0,3523	0,0727	0,9229
80	100800	4,7814	0,3357	0,0685	0,9272
81	102000	4,8292	0,3196	0,0646	0,9312
82	103200	4,8769	0,3041	0,0609	0,9351
83	104400	4,9245	0,2891	0,0573	0,9388
84	105600	4,9720	0,2747	0,0539	0,9424
85	106800	5,0194	0,2608	0,0507	0,9457
86	108000	5,0667	0,2474	0,0477	0,9489
87	109200	5,1139	0,2346	0,0448	0,9519
88	110400	5,1611	0,2222	0,0420	0,9548
89	111600	5,2082	0,2104	0,0394	0,9575
90	112800	5,2552	0,1991	0,0370	0,9601
91	114000	5,3021	0,1883	0,0347	0,9626
92	115200	5,3490	0,1779	0,0325	0,9649
93	116400	5,3957	0,1680	0,0304	0,9671
94	117600	5,4424	0,1585	0,0284	0,9691
95	118800	5,4890	0,1495	0,0266	0,9711
96	120000	5,5356	0,1409	0,0248	0,9730
97	121200	5,5820	0,1327	0,0232	0,9747
98	122400	5,6284	0,1249	0,0216	0,9763
99	123600	5,6747	0,1174	0,0202	0,9779
100	124800	5,7210	0,1104	0,0188	0,9794

Źródło: opracowanie własne.

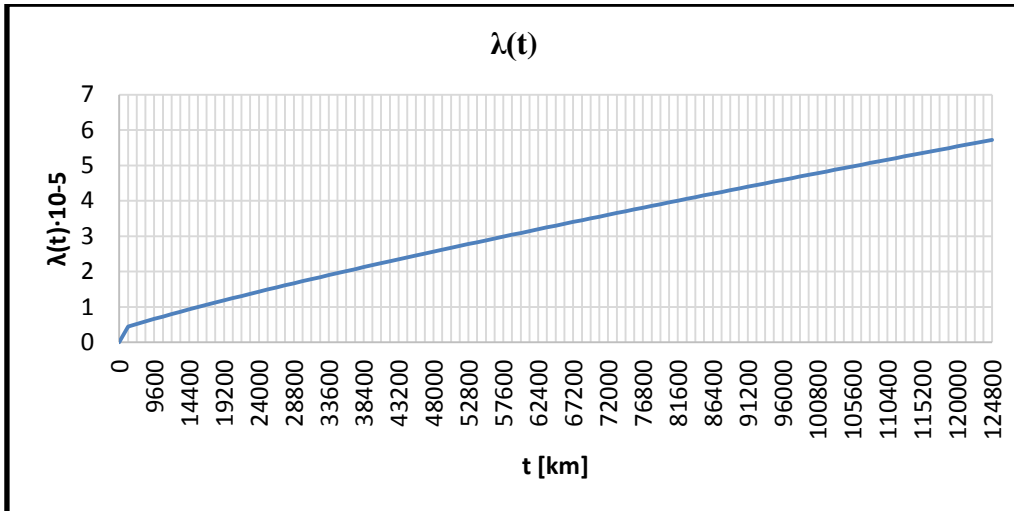
Na rysunkach 4-8 zaprezentowano wskaźniki funkcji niezawodności, wykreślone na podstawie danych w tabeli 2.



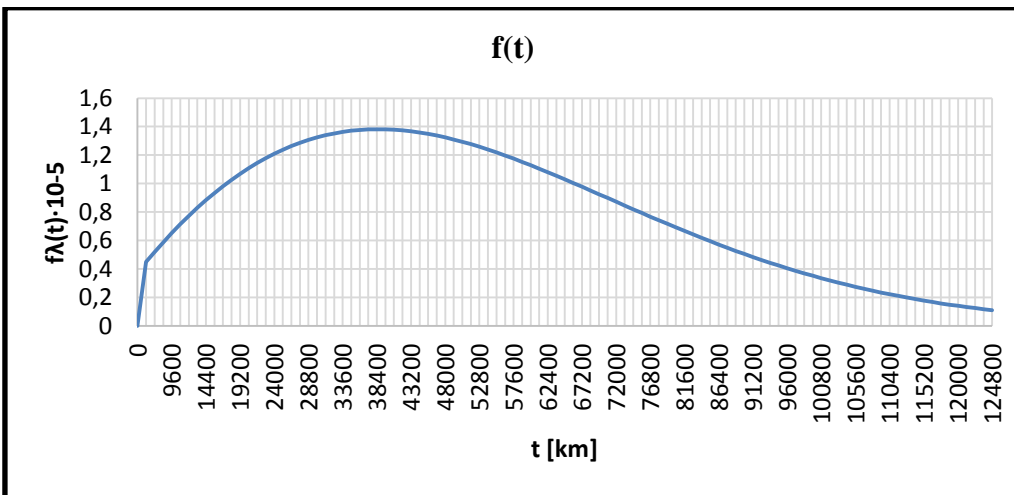
Rysunek 4. Wykres funkcji niezawodności $R(t)$ dla tarcz hamulcowych.
 Źródło: opracowanie własne.



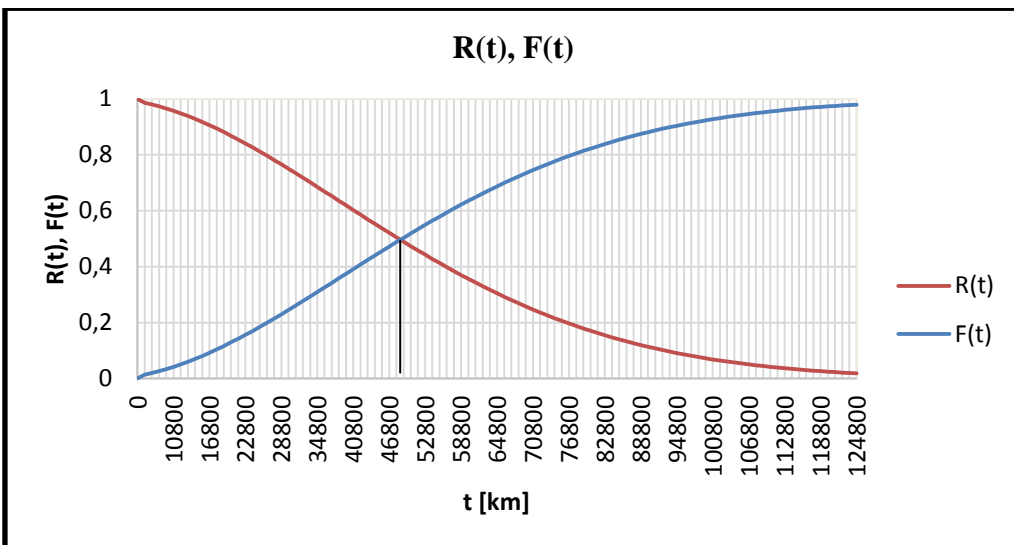
Rysunek 5. Wykres dystrybuanty zmiennej losowej $F(t)$ dla tarcz hamulcowych.
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 6. Wykres funkcji intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ dla tarcz hamulowych.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 7. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa $f(t)$ dla tarcz hamulowych.
Źródło: opracowanie własne.

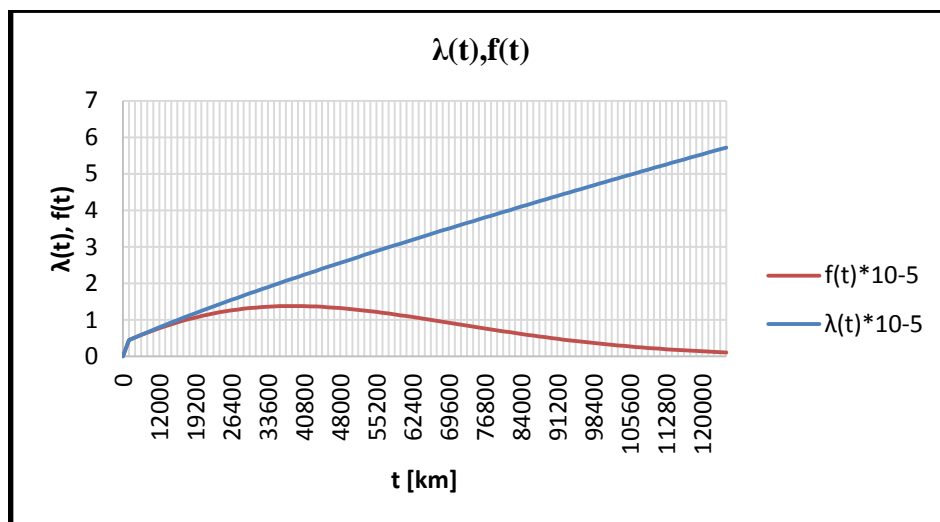


Rysunek 8. Wykres funkcji niezawodności $R(t)$ oraz dystrybuanty zmiennej losowej $F(t)$ dla tarcz hamulowych.
Źródło: opracowanie własne.

Rysunki 4-8 dowodzą, że niezawodność tarcz hamulcowych należy do funkcji malejących w czasie. Niezawodność tarcz hamulcowych po przejechaniu 91 200 km oscyluje na poziomie 0,1076.

Powyższy rysunek zawiera również wykres dystrybuanty zmiennej losowej. Funkcja ta jest rosnąca w czasie. Zawodność badanego elementu wzrasta wraz z ilością przejechanych kilometrów. Najmniejsza zawodność występuje w początkowej fazie eksploatacji, np. przy 6 000 km wynosi 0,0145. Po przejechaniu 91 200 km zawodność wynosi 0,8868, co oznacza konieczność wymiany klocków hamulcowych.

Punkt, w którym wykres dystrybuanty zmiennej losowej przecina się z wykresem funkcji niezawodności określa medianę czasu pracy tarcz hamulcowych do chwili ich uszkodzenia. Jest to 49 200 km. Oznacza to, że pojazd do osiągnięcia tego wyniku nie powinien mieć problemów z poprawnym działaniem tarcz hamulcowych. Na rysunku 9 przedstawiono porównanie wykresów funkcji intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ oraz gęstości prawdopodobieństwa $f(t)$ dla tarcz hamulcowych.



Rysunek 9. Wykres funkcji intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ oraz gęstości prawdopodobieństwa $f(t)$ dla tarcz hamulcowych.

Źródło: opracowanie własne.

Z rysunku 9 wynika, że intensywność uszkodzeń tarcz hamulcowych jest funkcją rosnącą w czasie. W początkowej fazie eksploatacji jest nieduża. Po przejechaniu 6 000 km wynosi 0,4470. Wraz ze zwiększającym się przebiegiem narasta intensywność uszkodzeń i po przejechaniu 88 800 km wynosi 4,2985. Powyższy rysunek przedstawia również wykres funkcji gęstości rozkładu prawdopodobieństwa. Wynika z niego, że na początku okresu eksploatacji po przebyciu drogi 6 000 km prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia jest równe 0,4486. Po przejechaniu 38 400 km jest największe i wynosi 1,3815. Po osiągnięciu tego wyniku maleje, osiągając 0,5272 przy przebiegu 88 800 km.

Podsumowanie

Wskaźniki niezawodności dają możliwość szacowania przybliżonego czasu poprawnej pracy wybranego elementu pojazdu. W tym przypadku jest to szczególnie istotne, ponieważ od układu hamulcowego zależy bezpieczeństwo uczestników ruchu.

Wskaźniki niezawodności stanowią wskazówkę dla właścicieli pojazdu z zakresu napraw i konserwacji. Wiedza na temat żywotności poszczególnych elementów składowych pojazdu ułatwia utrzymanie go w stanie ciągłej zdatności.

Wskaźniki niezawodności są pomocne podczas projektowania samochodowych, podzespołów dając inżynierom możliwość przewidywania czasu poprawnej eksploatacji.

Wraz ze wzrostem przejechanych kilometrów wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia danego elementu. Z wykresu funkcji gęstości prawdopodobieństwa dowiadujemy się, że największe prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia występuje podczas okresu normalnej pracy.

Niezawodność układu hamulcowego zależna jest od liczby przebytych kilometrów – wraz z powiększającym się przebiegiem maleje niezawodność. W początkowej fazie eksploatacji jest bliska 100% i sukcesywnie maleje, dążąc do 0.

Jakość wykonania i materiały, z których produkowane są elementy układu hamulcowego, mają wpływ na poprawność działania. Zastosowanie materiałów wysokiej jakości pozytywnie wpływa na niezawodność, dzięki czemu dane elementy są w stanie dłużej nam służyć i skuteczniej wykonywać przeznaczone dla nich zadania.

Użytkownik samochodu odgrywa ważną rolę w utrzymaniu pojazdu w odpowiednim stanie technicznym. Dokonywanie przeglądów, konserwacja oraz dopilnowanie, by naprawy/ wymiany elementów były wykonywane na czas, zwiększa bezpieczeństwo użytkowników oraz wydłuża żywotność układu hamulcowego. Ważny jest też sposób, w jaki kierowca korzysta z samochodu. Dynamiczna i agresywna jazda prowadzi do szybszego zużycia się elementów układu hamulcowego.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki szacowania niezawodności wybranego elementu układu hamulcowego pojazdów samochodowych, wykorzystując metodę Weibulla. W ramach analizy wyznaczono wykresy: funkcji niezawodności, dystrybuanty zmiennej losowej, funkcji intensywności uszkodzeń, funkcji gęstości prawdopodobieństwa układu hamulcowego.

Abstract

The article presents the results of the estimation of the reliability of selected brake system components of motor vehicles using the Weibull method. The graphs provide the following functions: reliability functions, random variable distributions, damage intensity functions, probability density functions of the braking system.

Bibliografia

- BOSCH. (2006). *Konwencjonalne układy hamulcowe*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Gabrysiewicz, M. (2011). *Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych. Część 2. Układ hamulcowy i kierowniczy, zawieszenie oraz nadwozie*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Kądziołka, T., Kowalski, S. (2014). *Analiza przyczyn i skutków wypadków oraz kolizji drogowych na wybranych skrzyżowaniach w Nowym Sączu*. Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska.
- Kądziołka, T., Kochanek, A., Kowalski, S. (2016). *Cost analysis of fuel consumption by motor vehicles*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. *Transport*, 112, 175-183.
- Kowalski, K., Młyńczak, M. (2009). *Problematyka gotowości systemów uzbrojenia we wczesnej fazie eksploatacji*. Lublin: MOTROL.
- Lenkiewicz, W., Szybka, J.F. (2010). *Problemy badawcze w eksploatacji wybranych obiektów technicznych*. Monografie ZSE PAN nr 3. Warszawa: PNTTE.
- Macha, E. (2001). *Niezawodność maszyn*. Opole: Wydawnictwo Politechniki Opolskiej.
- Macha, E., Niesłony, A. (2010). *Niezawodność systemów mechatronicznych: podręcznik akademicki*. Opole: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
- Myszkowski, S. (2007). *Obsługa układów hamulcowych. Kompendium praktycznej wiedzy (cz. 1)*. Pobrane z: https://intercars.com.pl/pliki/PLK/wiadomosci24_dodatek.pdf.
- Szopa, T. (2009). *Niezawodność i bezpieczeństwo*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mech.-Trans.*, 18, 293-297.
- Zamojski, W. (1976). *Teoria i technika niezawodności*. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej.
- <http://intercars.com.pl/pl/Nierownomierne-zuzycie-klocka-hamulcowego/>.
- <http://intercars.com.pl/pl/Typowe-uszkodzenia-okladzin-ciernych-hamulcow-bebnowych/>.
- <http://intercars.com.pl/pl/Wtracenia-metaliczne-w-materiale-ciernym/>.
- <http://intercars.com.pl/pl/Zanieczyszczenie-materialu-ciernego-klocka-hamulcowego/>.
- <http://magazynauto.interia.pl/porady/eksploatacja/news-plaga-pekajacych-przewodow-hamulcowych, nId,1890172>.
- <http://warsztatowiec.info/tarcze-hamulcowe/>.
- https://pl.bosch-automotive.com/pl/parts_and_accessories/service_parts_1/brakes_1/drum_brakes_1/drum_break_shoes_and_kits/break_shoes_and_kits.
- https://pl.bosch-automotive.com/pl/parts_and_accessories/service_parts_1/brakes_1/disk_brakes/brake_disks/brake_disks_1.
- www.hamujbezpiecznie.pl/uszkodzenia-klockow-hamulcowych-przegrzanie-spalenie-klockow/.
- www.motofakty.pl/artykul/przewody-hamulcowe.html.

Dominik KLAG

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu

PROJEKT INSTALACJI AUTOMATYKI BUDYNKOWEJ DOMU JEDNORODZINNEGO Z WYKORZYSTANIEM STEROWNIKA ARDUINO UNO

Wstęp

Automatyka budynkowa to stosunkowo młoda dziedzina techniki. W niniejszej publikacji opisane zostały wybrane rozwiązania automatyki budynkowej domów jednorodzinnych z wykorzystaniem sterownika firmy Arduino. Jest to platforma programistyczna, która posiada szeroki wachlarz możliwości realizacji różnych systemów, począwszy od lokalnych układów po całościowy projekt automatyzacji budynkowej. Temat podjęto ze względu na coraz częstsze instalowanie systemów automatycznych w domach mieszkalnych. Inteligentne rozwiązania domów zawsze towarzyszyły rozwojowi budownictwa. Początek realizacji planu instalacji budynkowej zapoczątkował w latach 70. ubiegłego wieku sektor przemysłowy w Stanach Zjednoczonych. Ma on korzenie w systemach kontroli produkcji i zautomatyzowanych rozwiązaniach przemysłu. Warto zwrócić uwagę na tę dziedzinę, ponieważ następuje szybkie udoskonalanie i rozbudowa inteligentnych systemów na coraz nowsze elementy budynku i wszystko wskazuje na to, że ta branża dalej będzie się rozwijać.

1. Charakterystyka techniczna sterownika Arduino Uno

Firma Arduino posiada różne wersje mikrokontrolera. Najpopularniejszą jest wersja Arduino Uno przedstawiona na rysunku 1.



Rysunek 1. Mikrokontroler Arduino Uno.

Źródło: www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno (dostęp: 12.04.2016).

Mikrokontroler Arduino jest także dostępny pod nazwą Genuino. Zawiera ona mikroprocesor ATmega328. Ma 14 cyfrowych pinów wejścia lub wyjścia, w tym 6 z możliwością wyjścia, jako PWM, oraz 6 wejść analogowych. Urządzenie taktowane jest sygnałem zegarowym z częstotliwością 16 MHz. Wyposażony jest także w złącze zasilające, przez które można niezależnie zasiląć układ przez zasilacz sieciowy lub za pomocą baterii. Pozwala to na dowolne umiejscowienie układu. Dysponuje pamięcią Flash 32 kB do przechowywania programu, a także pamięcią operacyjną 2 kB typu SRAM.

2. System sterowania oświetleniem

Do realizacji układu będzie potrzebny oprócz płytki Arduino moduł Wi-Fi oraz moduły przekaźnikowe. Przekażniki będą bezpośrednio służyć do załączania lamp. Sterowanie nimi odbywa się z obwodu niskonapięciowego, w tym przypadku 5V z Arduino. Moduł przekaźnika ma powodować zmianę stanu obwodu wysokonapięciowego, w tym przypadku napięcie sieciowe 230V. Do komunikacji sterownika z siecią lokalną użyty zostanie moduł Wi-Fi z chipem CC3000, który będzie załączać przekaźnik pakietem TCP. Jest to płytka drukowana PCB, pracująca na zasilaniu 5V. Będzie, więc kompatybilna z zastosowanym sterownikiem Arduino Uno. Zastosowanie modułu Wi-Fi pozwoli na załączanie oświetlenia z poziomu komputera lub smartfona, za pośrednictwem lokalnej sieci internetowej.

2.1. Elementy potrzebne do realizacji układu

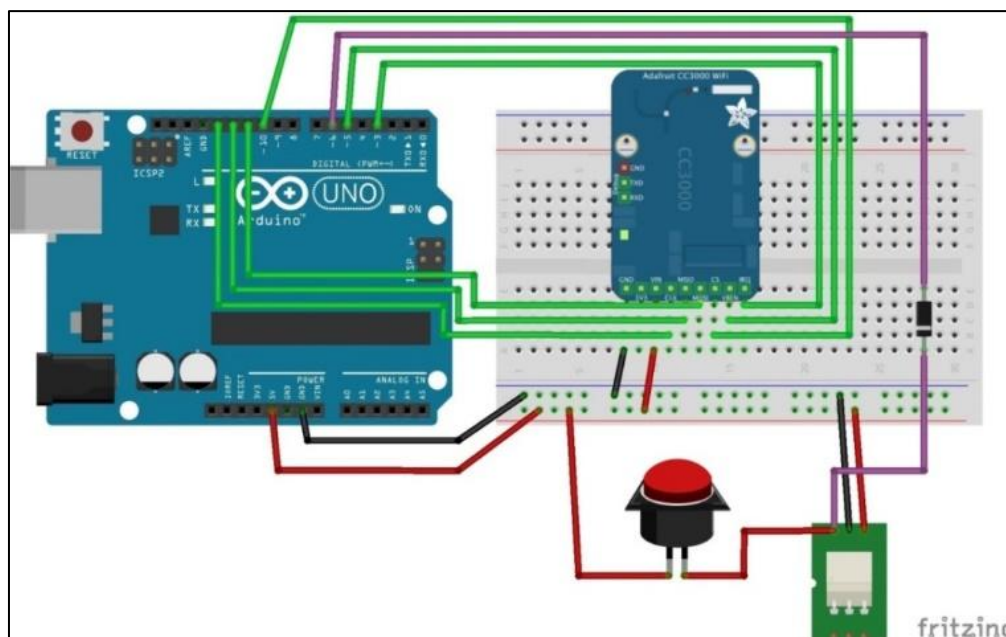
Układ będzie się opierał na wykorzystaniu możliwości sterowania mikrokontrolera Arduino przez moduł Wi-Fi. Elementy potrzebne do realizacji układu sterowania oświetleniem to:

- Arduino Uno R3;
- moduł Wi-Fi z chipem CC3000;
- przekaźnik Songle 5V;
- przewody połączeniowe YTDY 6 x 0,5 mm²;
- włącznik bistabilny;
- zasilacz 12 V.

2.2. Schemat połączenia systemu oświetlenia

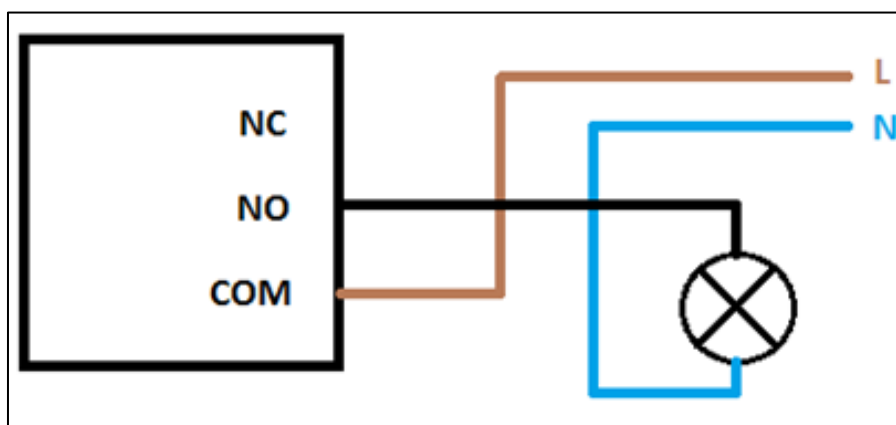
Na schemacie przedstawiono połączenie elementów z jednym przekaźnikiem. Najpierw wykonane zostaną połączenia zasilające. Pin 5V płytki Arduino należy połączyć z zaciskiem VIN modułu Wi-Fi. Masę GND Arduino łączy się z pinem masy modułu CC3000.

W dalszej części należy połączyć Moduł Wi-Fi z odpowiednimi pinami Arduino. Linie interfejsu szeregowego SPI, w którego skład wchodzi wyjścia modułu oznaczone: MOSI, MICO i CLK, łączy się kolejno z pinami 11, 12 i 13 mikrokontrolera Arduino. Następnie wykonuje się połączenia CS z pinem 10, VBEN z pinem 5 i IRQ z pinem 3 Arduino. Przycisk monostabilny montuje się na przewodzie łączącym napięcie 5 V Arduino z pinem sygnałowym przekaźnika. Na rysunku 2 przedstawiono schemat połączenia Arduino z modułem Wi-Fi oraz jednym przekaźnikiem. W celu połączenia większej ilości przekaźników, należy połączyć jego pin sygnałowy z kolejnymi wolnymi pinami na sterowniku Arduino.



Rysunek 2. Schemat połączenia Arduino z modulem Wi-Fi oraz jednym przekaźnikiem.
Źródło: opracowanie własne.

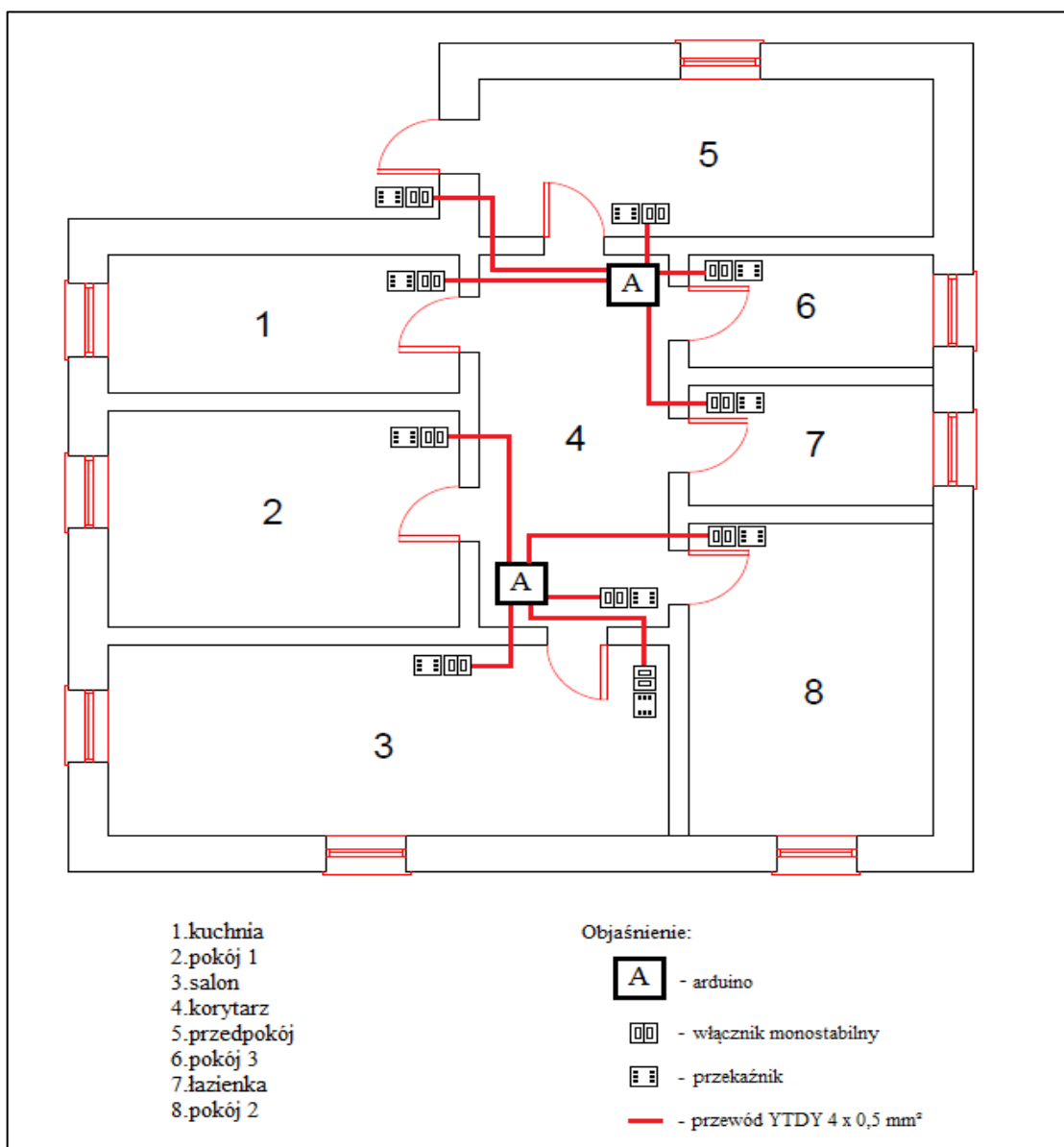
Następnie, w module przekaźnika, należy połączyć 3 piny wejściowe: VCC z pinem 5V na płytce Arduino, GND z masą oraz pin sygnałowy SIG z pinem 6 w mikrokontrolerze. Na połączeniu pinu 6 z przekaźnikiem zastosowano diodę półprzewodnikową MUR120 o parametrach 200V, 1A, 35 ns. Zostanie ona ustawiona w kierunku zaporowym, w celu ochrony przed prądem zwrotnym. W zaciskach wyjściowych przekaźnika, COM (wspólny) łączy się z przewodem fazowym L, NO (normalnie otwarty) łączy się z lampą, natomiast przewód wychodzący z lampy należy połączyć z przewodem neutralnym zasilania N. Na rysunku 3 przedstawiono schemat połączenia wyjść przekaźnika z siecią elektryczną oraz odbiornikiem.



Rysunek 3. Schemat połączenia wyjść przekaźnika z siecią elektryczną i odbiornikiem.
Źródło: opracowanie własne.

Zastosowano też włącznik bistabilny załączający przekaźnik. Będzie on montowany w ścianie jako tradycyjny włącznik światła. Umożliwi to użytkownikowi włączanie oświetlenia w dowolnym czasie.

System oświetlenia w mieszkaniu jednorodzinym będzie się składał z 2 mikrokontrolerów Arduino. 1 sterownik będzie obsługiwał pracę 5 przełączników. Na rysunku 4 przedstawiono schemat elektryczny systemu, wraz z umiejscowieniem elementów. Włącznik monostabilny oraz przełącznik będą połączone z mikrokontrolerem za pośrednictwem czterożyłowego przewodu YTDY 4 x 0,5 mm².



Rysunek 4. Schemat elektryczny systemu oświetlenia wraz z umiejscowieniem elementów.
Źródło: opracowanie własne.

Do tego systemu zostaną użyte 2 zestawy Arduino oraz 2 moduły Wi-Fi z chipem CC3000, do komunikacji sterownika z siecią lokalną. Użytych zostanie 10 włączników monostabilnych, które w razie konieczności załączać będą 10 przełączników. Przełączniki będą umieszczone w puszkach elektrycznych włączników oświetlenia. Do przełączników będzie odpowiednio połączone zasilanie sieciowe oraz zasilanie oświetlenia. Sterowniki będą zasilane 2 zasilaczami sieciowymi, z napięciem zasilania od 110 V do 250 V i napięciem wyjściowym 12 V oraz prądem wyjściowy 2 A. Zasilacze będą podłączone do gniazd instalacji sieciowej 230V.

2.3. Programowanie układu w środowisku programistycznym Arduino IDE

W systemie Arduino program jest zbudowany z 2 części: funkcji `setup()` i `loop()`. Pierwsza część programu, funkcja `setup()`, zawiera w sobie zbiór wszystkich danych niezbędnych do działania programu. Definiuje się w niej wszystkie piny, które będą działały jako wejścia i wyjścia w transmisji danych. Sekcja ta odpowiada również za konfigurację sposobu przesyłu danych. Należy wskazać, czy transmisja będzie wykonywana poprzez port szeregowy, port Ethernet lub inne medium. Druga, najważniejsza część programu zawarta w funkcji `loop()` informuje system Arduino, jaka jest korelacja między danymi wejściowymi a wyjściowymi. To tutaj jest mózg całego programu. Zawarte są tu komendy, sekwencje postępowania i pętle. Kod do sterowania układem został sporządzony na podstawie ogólnie dostępnych danych udostępnionych przez producenta modułu CC3000. Program do obsługi oświetlenia za pośrednictwem lokalnej sieci Wi-Fi:

```
#include <Adafruit_CC3000.h> // włączenie przydatnych bibliotek
#include <SPI.h>
#include <aREST.h>
#include <CC3000_MDNS.h>
#define ADAFRUIT_CC3000_IRQ 3 // definiowanie pinów połączenia CC3000
z Arduino
#define ADAFRUIT_CC3000_VBAT 5
#define ADAFRUIT_CC3000_CS 10
// Utwórz instancję CC3000
Adafruit_CC3000 cc3000 = Adafruit_CC3000(ADAFRUIT_CC3000_CS,
ADAFRUIT_CC3000_IRQ, ADAFRUIT_CC3000_VBAT, SPI_CLOCK_DIV2);
// Utwórz instancję Arduino aREST
aREST rest = aREST();
#define WLAN_SSID "twojeSSID" // Nasze SSID i hasło do sieci WiFi
#define WLAN_PASS "twojeHaslo"
#define WLAN_SECURITY WLAN_SEC_WPA2
MDNSResponder mdns; // Instancja respondera DNS, dostęp do płytki bez
jej adresu IP
#define LISTEN_PORT 80 // Definiowanie portu do obsługi przychodzących
połączeń TCP
Adafruit_CC3000_Server restServer(LISTEN_PORT); // Instancja serwera

void setup(void)
{ // Wznow połączenie szeregowe
  Serial.begin(115200);
  // Ustaw i połącz z siecią bezprzewodową moduł CC3000
  if (!cc3000.begin())
  { while(1);
  }
  if (!cc3000.connectToAP(WLAN_SSID, WLAN_PASS, WLAN_SECURITY)) {
  while(1);
  }
  while (!cc3000.checkDHCP())
  { delay(100);
  }
  Serial.println();
  // Uzyskaj adres IP modułu CC3000
  while (!displayConnectionDetails()) {
  delay(1000);
  }
  // Uruchom responder DNS, przypisano nazwę płytki "arduino" druga
  płytke należy zmienić na "arduino2"
  if (!mdns.begin("arduino", cc3000)) {
  while(1);
  }
}
```

```

    }
    // Uruchom serwer na płytce Arduino
    restServer.begin();
    Serial.println(F("Wyszukiwanie polonczen..."));
}
void loop() {
    // Zaktualizuj usługę mDNS
    mdns.update();

    // W przypadku połączenia klienta obsługa za pomocą biblioteki aREST
    Adafruit_CC3000_ClientRef client = restServer.available();
    rest.handle(client);
} // Wyświetl szczegóły połączenia chipu CC3000
bool displayConnectionDetails(void)
{ uint32_t ipAddress, netmask, gateway, dhcpserv, dnsserv;
  if(!cc3000.getIPAddress(&ipAddress, &netmask, &gateway, &dhcpserv,
&dnsserv))
  { Serial.println(F("Nie można pobrać adresu IP!"));
    return false;
  }
  else
  {
    Serial.print(F("\nIP Adres: ")); cc3000.printIPdotsRev(ipAddress);
    Serial.print(F("\nMaska sieci: ")); cc3000.printIPdotsRev(netmask);
    Serial.print(F("\nBramka: ")); cc3000.printIPdotsRev(gateway);
    Serial.print(F("\nDHCPserwer: ")); cc3000.printIPdotsRev(dhcpserv);
    Serial.print(F("\nDNSSerwer: ")); cc3000.printIPdotsRev(dnsserv);
    Serial.println();
    return true;
  }
}

```

Po wgraniu programu na płytkę Arduino, na ekranie portu szeregowego powinien się pojawić komunikat: *Wyszukiwanie polonczen...* Aby zdefiniować określone piny Arduino jako piny wyjściowe załączające przekaźniki, należy otworzyć przeglądarkę internetową. W polu adresowym zostaje wpisany tekst: *http://arduino.local/mode/6/o*. Spowoduje to ustawienie pinu, 6 jako pin wyjściowy w programie Arduino. Jeśli konfiguracja zostanie sporządzona pomyślnie, zostanie wyświetlony komunikat *Setting pin D6 to output*. Analogicznie zostają skonfigurowane pozostałe piny obsługujące przekaźniki w budynku:

```

http://arduino.local/mode/9/o
http://arduino.local/mode/8/o
http://arduino.local/mode/7/o
http://arduino.local/mode/4/o

```

Na tym poziomie istnieje możliwość sterowania pracą przekaźników z poziomu przeglądarki internetowej po wpisaniu odpowiednich komend w pasku adresowym. Aby ułatwić obsługę pracy przekaźników, w rozdziale 6.4 zostanie zaprojektowany specjalny interfejs do sterowania oświetleniem.

2.4. Tworzenie interfejsu graficznego do sterowania oświetleniem

Aby w wygodny sposób sterować pracą przełączników za pomocą sieci, zostanie zbudowany specjalny interfejs graficzny. Umożliwi on włączanie i wyłączanie odbiorników przez zwyczajne naciśnięcie ikony. Interfejs będzie działał na lokalnej sieci Wi-Fi, co umożliwi sterowanie odbiornikami z innych urządzeń mobilnych, takich jak tablet lub smartfon. W znacznym stopniu ułatwi to użytkownikowi obsługę tych urządzeń, ponieważ będzie możliwość sterowania nimi z każdego miejsca w domu.

Do opracowania interfejsu zostaną zastosowane języki HTML, JavaScript, PHP i CSS. Za pomocą kodu HTML odpowiednie przełączniki zostaną przypisane do 2 przycisków, jeden do załączania, a drugi do wyłączania. Za pomocą następującej części kodu zostaną utworzone 2 przyciski do obsługi oświetlenia w łazience:

```
<div class="relayBlock"><span class="relayTitle">Łazienka</span>
  <button class="btn btn-block btn-lg btn-primary" type="button"
    id="3" onClick="relayClick(this.id)">Wł,</button>
  <button class="btn btn-block btn-lg btn-danger" type="button"
    id="4" onClick="relayClick(this.id)">Wył</button>
</div>
```

Analogicznie zostały sporządzony kod programu dla pozostałych pomieszczeń, z uwzględnieniem zmian nazwy pomieszczenia. Na rysunku 5 przedstawiono graficzny interfejs zaprojektowany z wykorzystaniem języka HTML.



Rysunek 5. Graficzny interfejs zaprojektowany z wykorzystaniem języka HTML.

Źródło: opracowanie własne

Za pomocą kodu w języku programowania JavaScript należy powiązać przyciski z określoną czynnością, jaka ma się wykonać po kliknięciu w ikonę. Przypisany w kodzie HTML identyfikator przycisku (id) po kliknięciu wysyła informację do układu sterującego w celu wykonania określonej czynności. Jeżeli przycisk o identyfikatorze równym 1 obsługuje przełącznik podłączony do pinu 6 w Arduino, to przycisk będzie odpowiedzialny za zmianę stanu na wyjściu pinu i w konsekwencji załączenie lub wyłączenie lampy w łazience. Kod odpowiedzialny za realizację tego zadania jest następujący:

```

{
  if (clicked_id == "1") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/6/1" } );}
  if (clicked_id == "2") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/6/0" } ); }
  if (clicked_id == "3") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/7/1" } ); }
  if (clicked_id == "4") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/7/0" } ); }
  if (clicked_id == "5") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/4/1" } ); }
  if (clicked_id == "6") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/4/0" } ); }
  if (clicked_id == "7") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/8/1" } ); }
  if (clicked_id == "8") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/8/0" } ); }
  if (clicked_id == "9") {      $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/9/1" } ); }
  if (clicked_id == "10") {     $.get( "update_relay.php", {
command: "/digital/9/0" } ); } }

```

Skrypt PHP będzie przywoływany podczas każdorazowego kliknięcia w ikonę przycisku. Wysłana zostaje również do skryptu zmienna o nazwie command. Należy odczytać jej wartość:

```
$command = $_GET['command'];
```

Następnie należy utworzyć łańcuch znakowy, czyli odpowiedni adres URL. W przypadku, gdy usługa mDNS nie jest dostępna na komputerze, należy w łańcuchu zamieścić adres IP modułu Wi-Fi CC3000. Poniższy kod programu obrazuje, jak sporządzić zmienną zawierającą adres URL i odpowiednie polecenie:

```
$service_url = 'http://arduino.local'. $command;
```

Kolejnym krokiem jest inicjalizacja usługi cURL. Poniższe wiersze kodu programu obrazują kolejno inicjalizację cURL, zlecenie realizacji polecenia i przerwanie usługi cURL:

```

$curl = curl_init($service_url);
$curl_response = curl_exec($curl);
curl_close($curl);

```

Wszystkie pliki interfejsu konfigurowane są tak, aby obsługiwały 2 mikrokontrolery Arduino użyte w projekcie sterowania oświetleniem.

Tak stworzony interfejs posłuży do obsługi oświetlenia w poszczególnych pomieszczeniach w domu. Z danego interfejsu można korzystać również za pomocą smartfona albo tabletu. Należy połączyć urządzenie z lokalną siecią Wi-Fi i znaleźć w sieci nazwę swojego komputera. Zależnie od systemu operacyjnego odbywa się to w różny sposób. Posługując się Linuksem, wystarczy wpisać nazwę hosta w terminalu. W systemie Windows komputer można zlokalizować za pomocą wejścia w *Panel sterowania/Sieć i Internet/Wyświetl stan sieci i zadania*. Po zlokalizowaniu nazwy komputera w smartfonie lub tablecie, wyświetlony zostaje podgląd folderu ze wszystkimi plikami interfejsu. Korzystanie z niego będzie wyglądało podobnie jak na komputerze. Pozwoli to użytkownikowi sterować oświetleniem w poszczególnych pomieszczeniach z dowolnego miejsca w zasięgu lokalnej sieci Wi-Fi.

3. System sterowania roletami

W tym projekcie skonstruowany zostanie system podnoszenia i opuszczania rolet w zależności od temperatury oraz natężenia światła. W wyniku wzrostu temperatury rolety będą podnoszone, a w efekcie wykrycia światła słonecznego nastąpi opuszczanie do wyznaczonego momentu.

Jako element wykonawczy systemu zostanie zastosowany silnik krokowy. Ten element będzie wykonywał określoną liczbę obrotów, w zależności od kierunku ruchu rolet. To urządzenie wykonawcze będzie sterowane przez płytke Arduino za pośrednictwem specjalnego modułu silnika. Za pomocą przekładni wał silnika będzie połączony z linką systemu podnoszenia i opuszczania rolet. Na podstawie sygnałów otrzymanych od czujników mikrokontroler Arduino będzie sterował pracą układu.

3.1. Elementy zastosowane do realizacji układu

Do realizacji tego układu oprócz płytki Arduino potrzebne są czujniki, dzięki którym sterownik otrzyma informacje o aktualnych warunkach astrologicznych. W projekcie będzie to czujnik światła i temperatury. Ważne jest również odpowiednie zamontowanie silników krokowych. W projekcie zostaną użyte następujące elementy:

- Arduino UNO;
- moduł silnika platformy Arduino;
- dwubiegunowy silnik krokowy pracujący na napięciu 12 V;
- fotokomórka;
- analogowy czujnik temperatury TMP36,
- rezystor 10 k Ω ;
- przewody połączeniowe, przewód alarmowy YTDY 4 x 0,5 mm²;
- koło pasowe;
- zasilacz 12 V.

3.2. Budowa i schemat działania układu sterowania roletami

Układ działa na podstawie sygnału otrzymanego od czujnika światła. Gdy fotokomórka wykryje natężenie światła, przekraczające ustalony poziom, załączany jest silnik, który wykonuje odpowiednią liczbę obrotów zgodnie z ruchem wskazówek zegara. W przypadku, gdy natężenie światła obniży się poniżej poziomu minimalnego, ustalonego przez sterownik, zostanie wykonany ruch obrotowy w przeciwnym kierunku z taką samą liczbą obrotów. Ruch obrotowy silnika krokowego napędza koło pasowe, które podnosi i opuszcza rolety. Równorzędnie sterownik będzie odbierał sygnały od czujnika temperatury w pomieszczeniu. Gdy w pokoju temperatura wzrośnie ponad wyznaczoną wartość, ruch obrotowy silnika krokowego spowoduje opuszczenie rolet pomimo tego, że za oknem będzie jasno. Po powrocie temperatury do odpowiedniej dla człowieka, zbliżonej do 21°C, silnik wykona odpowiednią liczbę obrotów zgodnie z ruchem wskazówek zegara tak, aby roleta się podniosła.

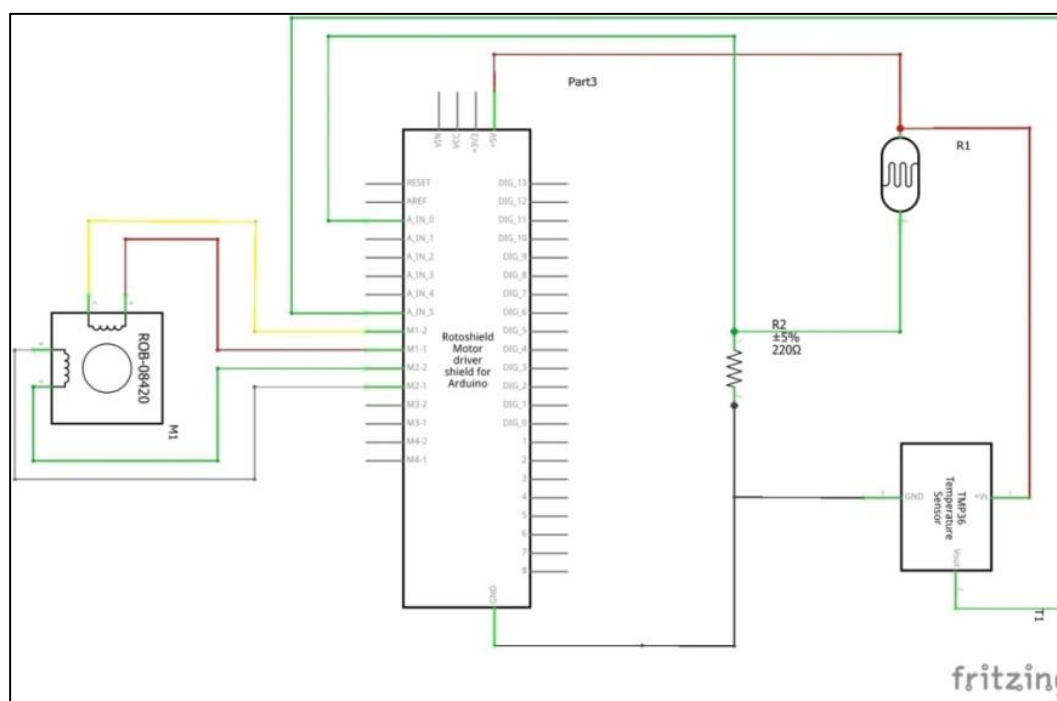
Silnik elektryczny działa poprzez wprawienie w ruch centralnego wału przez pole elektromagnetyczne. W silnikach krokowych dodatkowo jest zastosowane pojęcie kroku. Dzięki temu można nimi precyzyjnie sterować i uzyskać obrót o dokładnie określony kąt. W danym projekcie zostanie użyty dwubiegunowy silnik krokowy, pracujący na prądzie 12 V, 330 mA. Całkowity obrót wału silnika składa się z 200 kroków. Moduł silnika krokowego jest pewnego rodzaju nakładką na mikrokontroler Arduino. Należy umieścić moduł na mikrokontrolerze Arduino. Dwubiegunowy silnik krokowy ma 4 wyprowadzone przewody,

które należy połączyć z modułem silnika krokowego. Wbudowany system płytki Arduino umożliwi zasilanie jej napięciem 12V.

3.3. Schemat połączenia systemu automatycznych rolet

Do układu należy dołączyć czujnik światła i temperatury. Sterownik będzie czytywał informacje z fotokomórki co 1 s. Zależnie od warunków panujących na zewnątrz budynku, czujnik będzie powodował ruch rolet. Zostanie zastosowany również czujnik temperatury, by nie doprowadzić do sytuacji, w której następuje podnoszenie rolet, gdy w pomieszczeniu panuje wysoka temperatura.

W połączeniu czujników do mikrokontrolera Arduino posłużą piny analogowe. Czujnik światła, czyli fotokomórka, ma 2 wyprowadzenia. Jedno należy podpiąć pod zasilanie 5 V, a drugie do pinu analogowego 0. Niezbędne jest zmostkowanie pinu analogowego 0 z GND za pośrednictwem rezystora 10 k Ω . Czujnik temperatury ma 3 wyprowadzenia. Jego obsługa odbywa się przez środkową końcówkę, czyli wyprowadzenie sygnałowe, które zostanie podłączone pod analogowy pin 5. Jego lewą końcówkę należy połączyć z pinem zasilania 5 V, natomiast prawą z pinem GND Arduino. Rysunek 6 przedstawia schemat połączenia modułu silnika krokowego z czujnikami i jednym silnikiem krokowym, zaprojektowany w programie Fritzing.

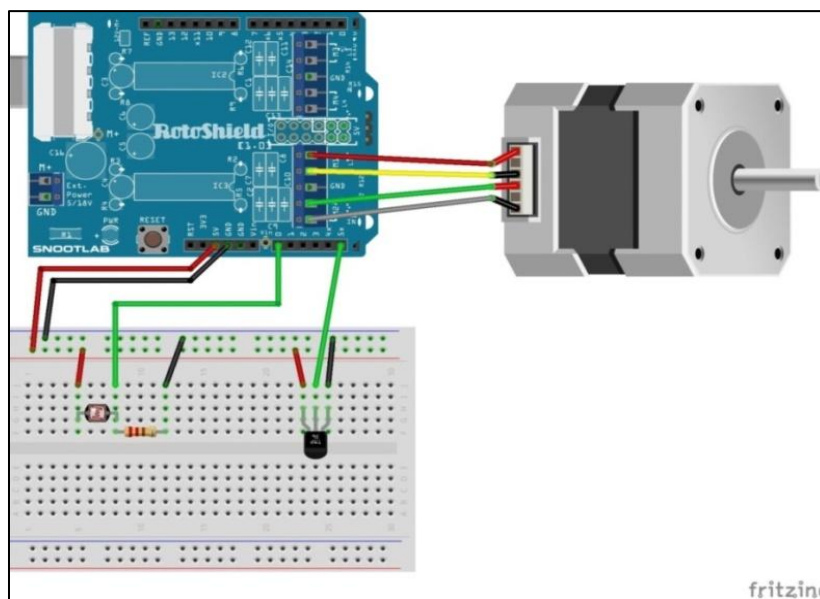


Rysunek 6. Schemat elektryczny połączenia modułu silnika krokowego z czujnikami i jednym silnikiem krokowym.

Źródło: opracowanie własne.

Połączenie drugiego silnika krokowego odbywa się w analogiczny sposób. Do drugiego gniazda modułu silnika zostaną połączone 4 przewody silnika.

Na rysunku 7 przedstawiono połączenie montażowe modułu silnika krokowego z czujnikami światła oraz temperatury. Został on zaprojektowany za pomocą programu Fritzing.



Rysunek 7. Schemat montażowy połączenia modułu silnika krokowego z czujnikami.
Źródło: opracowanie własne.

Arduino będzie odczytywało wartości z czujnika światła i temperatury co 1 s. Zmiana stanu rolet będzie się odbywała tylko w przypadku zmiany warunków fizycznych, których odczyt przekroczy określone wartości progowe. Moduł silnika umożliwia obsługę 2 silników krokowych. Dla optymalizacji kosztów zakupu elementów, 1 moduł będzie sterował pracą rolet w 2 pomieszczeniach.

3.4. Montaż systemu sterowania roletami

Przy montażu całościowego układu istotna jest prostota oraz łatwość instalacji podzespołów. Pozwoli to na szybsze i łatwiejsze montowanie układu w poszczególnych oknach. Na silnik krokowy zostanie założona przekładnia w postaci koła pasowego. Średnice koła pasowego należy tak dobrać, aby jak najlepiej pasowało do konfiguracji rolet. W tym przypadku użyto koła o średnicy 2,38 cm. Silnik z zainstalowanym rowkowym kołem pasowym umieszczony zostanie w wysokości 10 cm nad parapetem tak, aby linka prowadząca do rolet była wystarczająco naciągnięta. Za pomocą dwustronnej taśmy piankowej połączony zostanie silnik z 4 kątownikami. Pianka przyczyni się do częściowego wytłumienia drgań i zmniejszy hałas podczas pracy silnika. Po przykręceniu układu do ściany na wyznaczonej wysokości, należy upewnić się, czy linka jest wystarczająco naciągnięta. Naprężenie musi być na takim poziomie, aby nie występowało samoistne ześlizgiwanie się linki na kole pasowym, zaś tarcie między linką a rowkiem koła było na tyle duże, by wystarczyło na energiczne podnoszenie i opuszczanie rolet.

Należy teraz skalibrować szybkość i liczbę obrotów silnika krokowego, którą musi wykonać, aby w pełni opuszczać i podnosić rolety. Liczba obrotów powinna być taka sama dla ruchu zgodnie ze wskazówkami zegara, jak i w drugim kierunku. Aby dowiedzieć się, ile obrotów silnika krokowego potrzebne jest do przebycia całej drogi przez roletę, należy ustalić, jaką odległość wykonała linka podczas jednego obrotu silnika. W tym przypadku podczas jednego pełnego obrotu wału silnika linka pokonuje odległość 7,5 cm. Roleta ma pracować na długości 150 cm. Dzieląc całkowitą odległość, jaką roleta musi pokonać przy podnoszeniu i opuszczaniu, przez odległość jednego obrotu, zostaje otrzymana całkowita liczba obrotów, czyli 20. Wartość ta została obliczona na podstawie wzoru numer 1:

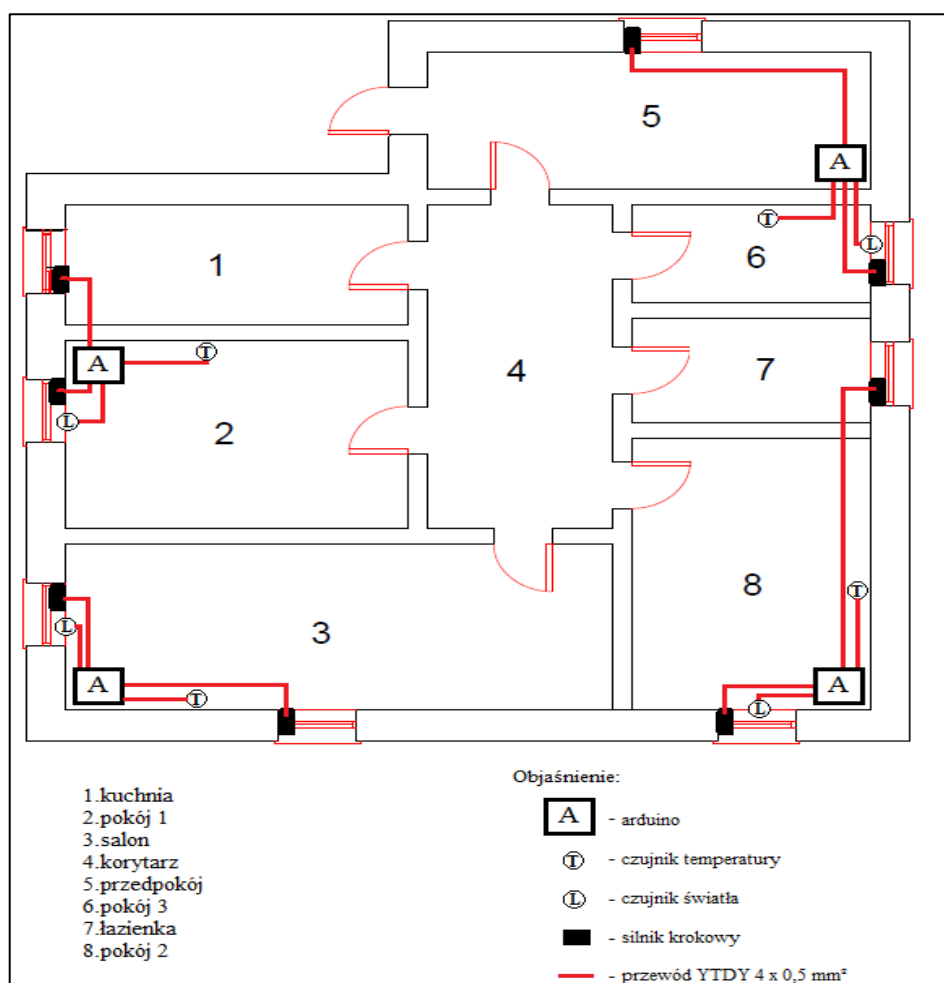
$$\frac{S}{O} = L_o$$

gdzie:

L_o – całkowita liczba obrotów wału silnika

S – odległość, na której ma pracować roleta [cm]

O – odległość, jaką pokonuje linka podczas jednego pełnego obrotu wału silnika [cm].



Rysunek 8. Schemat elektryczny systemu automatycznych rolet, umiejscowienie elementów.

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymaną wartość należy uwzględnić w tworzeniu kodu programu. Ze względu na możliwość zmiany długości linki podczas jej eksploatacji oraz dokładności elementów układu został przewidziany zapas miejsca poniżej opuszczonej rolety i powyżej, aby nie nastąpiła kolizja. Czujnik temperatury należy zamontować na ścianie na wysokości 150 cm. Umieszczenie to jest optymalne, gdyż jest to wysokość, na której temperatura oddziałuje na człowieka. Czujnik światła zostanie natomiast zamontowany na środku okna i zwrócony na zewnątrz. Aby zminimalizować ryzyko zakłócenia pracy fotokomórki przez zmieniające się światło lampy wewnątrz pomieszczenia, należy zasłonić czujnik od wewnętrznej strony za pomocą czarnej taśmy izolacyjnej. Zespół sterownika Arduino oraz modułu silnika umieszczony zostanie w hermetycznej puszcze natynkowej, w rogu okna.

System automatycznych rolet w mieszkaniu jednorodzinym będzie się składał z 4 mikrokontrolerów Arduino. 1 sterownik będzie obsługiwał pracę 2 silników. Schemat elektryczny systemu, wraz z umiejscowieniem czujników, przedstawiono na rysunku 8.

System będzie się składał z czterech czujników światła i czterech czujników temperatury. Będą one połączone z mikrokontrolerem za pośrednictwem czterożyłowego przewodu YTDY 4 x 0,5 mm². Sterowniki będą zasilane czterema zasilaczami sieciowymi, z napięciem zasilania od 110 V do 250 V i napięciem wyjściowym 12 V oraz prądem wyjściowy 2 A. Zasilacze będą podłączone do gniazd instalacji sieciowej 230V.

3.5. Programowanie układu w środowisku programistycznym Arduino IDE

W celu prawidłowego funkcjonowania silnika niezbędne jest dodanie odpowiednich bibliotek. W tym przypadku przydatna będzie biblioteka *AFMotor* firmy Adafruit, odpowiedzialna za sterowanie przyrostowym obracaniem wału silnika w odpowiednim kierunku i z określoną szybkością. Kod programu do sterowania roletami:

```
#include <AFMotor.h> // referencja do biblioteki
#define SWIATLO_PIN 0 // definiuje wartości i progi uruchamiania silnika
#define SWIATLO_PROG 800
#define TEMP_PIN 5
#define TEMP_PROG 28
#define TEMP_NAPIECIE 5.0
#define ONBOARD_LED 13

int stan_rolety = 1; // definiuje zmienne stanu rolety i wartosci
otrzymane przez czujniki
int stan_swiatla = 0;
double stan_temp = 0;
boolean swiatlodzienne = true;
boolean cieplo = false;
AF_Stepper motor(100, 1); // liczba krokow w kazdym obrocie, port modulu
podlaczenia silnika
AF_Stepper motor2(100, 2);

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //inicjalizacja portu szeregowego
  Serial.println("Weryfikowanie ukkladu automatycznej rolety...");
  motor.setSpeed(100); // ustawia szybkoosc obrotow silnika, 100 obr na min.
  delay(1000);
  motor2.setSpeed(100);
  delay(1000);
}
void Roleta(boolean stan_rolety) //funkcja roleta zostanie wywolana po
przekroczeniu wartosci progowej
{
  digitalWrite(ONBOARD_LED, stan_rolety ? HIGH : LOW);
  if (stan_rolety) {
    Serial.println("Podnoszenie rolety...");
    motor.step(2000, FORWARD, SINGLE);
    motor2.step(2000, FORWARD, SINGLE);
  } else {
    Serial.println("Opuszczanie rolety...");
    motor.step(2000, BACKWARD, SINGLE);
    motor2.step(2000, BACKWARD, SINGLE);
  }
}
void loop() { // główna petla programu
```

```

    stan_swiatla = analogRead(SWIATLO_PIN); //odczytywanie wart. fotokomorki
    delay(500);

    Serial.print("Wartosc fotokomorki = "); // przekazuje wartosc zmiennej
    stan_swiatla do portu szeregowego
    Serial.println(stan_swiatla);
    Serial.println("");
    Int odczyt_temp = analogRead(TEMP_PIN); // odczytywanie wartosci temp.
    delay(500);
    // przelicza odczytane napiecie na stopnie Celsjusza
    float voltage = odczyt_temp * TEMP_NAPIECIE / 1024.0;
    float temp_Celsius = (voltage - 0.5) * 100 ;
    Serial.print("Temperatura (w stopniach Celsjusza) = "); // przekazuje
    wartosc zmiennej stan_temp do portu szeregowego
    Serial.println(temp_Celsius);
    Serial.println("");

    if (stan_swiatla > SWIATLO_PROG)
    swiatlodzienne = true;
    else
    swiatlodzienne = false;

    if (temp_Celsius > TEMP_PROG)
    cieplo = true;
    else
    cieplo = false;

    switch (stan_rolety)
    { case 0:
    if (swiatlodzienne && !cieplo) // podnoszenie rolet
    {
        stan_rolety = 1;
        Roleta(stan_rolety);
    }
    break;
    case 1:
    if (!swiatlodzienne || cieplo) // opuszczanie rolet
    { stan_rolety = 0;
      Roleta(stan_rolety);
    }
    break;
    }
}

```


Podsumowanie

W danym projekcie zostały opisane inteligentne rozwiązania automatyki budynkowej. Zaprezentowano charakterystykę platformy programistycznej Arduino. Omówione zostały systemy sterowania oświetleniem oraz automatyczne rozwiązania kontroli rolet okiennych. Został sporządzony projekt systemu mobilnego oświetlenia, sterowanego za pośrednictwem lokalnej sieci Wi-Fi, z poziomu laptopa lub smartfona. Zrealizowano system automatycznych rolet, opierający się na działaniu czujników światła i temperatury. W projekcie omówione zostały także różne aspekty i rozwiązania automatyki budynkowej. Na podstawie danej pracy można wywnioskować, że stosowanie inteligentnych rozwiązań w mieszkaniu przyczynia się do podniesienia jakości życia człowieka, zwiększenia bezpieczeństwa oraz zapewnienia komfortu mieszkalnego użytkownikom.

Streszczenie

W publikacji zostały opisane inteligentne rozwiązania automatyki budynkowej. Zaprezentowano charakterystykę platformy programistycznej Arduino. Jest to platforma programistyczna, która posiada szeroki wachlarz możliwości realizacji różnych systemów, począwszy od lokalnych układów po całościowy projekt automatyzacji budynkowej. Temat podjęto ze względu na coraz częstsze instalowanie systemów automatycznych w domach mieszkalnych. Omówione zostały systemy sterowania oświetleniem i automatyczne rozwiązania kontroli rolet okiennych. Został sporządzony projekt systemu mobilnego oświetlenia, sterowanego za pośrednictwem lokalnej sieci Wi-Fi, z poziomu laptopa lub smartfona. Do sterowania pracą odbiorników świetlnych użyto przekaźników pracujących na napięciu 5 V. Zmiana stanu przekaźnika będzie powodowana przy użyciu mobilnego interfejsu. Pozwoli to na wygodę w użytkowaniu. Zrealizowano również system automatycznych rolet, opierający się na działaniu czujników światła i temperatury. Jako element roboczy wykorzystano dwubiegunowy silnik krokowy. Odpowiednia liczba kroków silnika będzie podnosić i opuszczać rolety. Sterownik Arduino będzie programowany w specjalnym środowisku programistycznym Arduino IDE. Na podstawie danej pracy można wywnioskować, że stosowanie inteligentnych rozwiązań w mieszkaniu przyczynia się do podniesienia jakości życia człowieka, zwiększenia bezpieczeństwa i zapewnienia komfortu mieszkalnego użytkownikom.

Abstract

The publication described intelligent building automation. We present the characteristics of the development platform Arduino. It is a development platform that has a wide range of possibilities for the implementation of various systems, ranging from local systems the overall design of the building automation. Subject was taken due to the increasing installation of automated systems in residential homes. Were discussed lighting controls and automated control solutions for roller blinds. System design has been drawn up mobile lighting controlled via the local Wi-Fi network, from a laptop or smartphone. To control the light receivers used relays working voltage of 5 V. Change in the relay will be caused by using the mobile interface. This will allow for convenience of use. They produced as an automated shutters, based on the action of light and temperature sensors. Used as operating element a bipolar stepper motor. Adequate steps of the motor will raise and lower the blinds. Arduino controller is programmed in a special development environment Arduino IDE. On the basis of the work can be concluded that the use of intelligent solutions in the house contributes to improving the quality of human life, enhance security and to ensure the comfort of residential users.

Bibliografia

- Gertez, E., Di Justo, P. (2014). *Monitorowanie otoczenia z Arduino*. Tłum. M. Szczepaniak. Gliwice: Helion.
- Kwaśniewski, J. (2011). *Inteligentny dom i inne systemy sterowania w 100 przykładach*. Legionowo: BTC.
- Riley, M. (2013). *Inteligentny dom. Automatyzacja mieszkania za pomocą platformy Arduino, systemu Android i zwykłego komputera*. Tłum. M. Szczepaniak. Gliwice: Helion.
- Schwartz, M. (2015). *Arduino. Automatyzacja domowa dla każdego*. Tłum. Z. Waśko. Gliwice: Helion.
- Smalec, Z. (2010). *Wstęp do mechatroniki*. Wrocław: Politechnika Wrocławska.
- Węglarz, R. (1998). *Inteligentny budynek. Integracja systemów*. Wrocław: Politechnika Śląska.

<http://botland.com.pl/raspberry-pi-hat-komunikacja/5404-a-gsm-shield-gsmgprssmsdtmf-v2064-do-arduino-i-raspberry-pi.html>.

http://gotronik.pl/img/uno_r3_starter_kit.pdf.

www.adafruit.com/products/1469.

www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno.

www.chip.pl/artykuly/trendy/2013/10/sprytny-dom-sterowany-smartfonem.

www.sparkfun.com/products/11215.

PRZYKŁADOWE STANOWISKO DIAGNOSTYCZNE DLA SILNIKA SPALINOWEGO MAŁEJ MOCY

Wstęp

Wzrastająca liczba pojazdów samochodowych wyposażonych w silniki spalinowe prowadzi do rozwoju jednostek napędowych. Dzieje się to poprzez zmniejszanie masy pojazdów oraz zużycia paliwa. Wyniki uzyskane na hamowni pozwalają stworzyć systemy sterujące kontrolą trakcji, aby w jak najbardziej efektywny sposób wykorzystać moc oraz moment obrotowy silnika, eliminując uślizg kół napędowych podczas przyspieszania lub ruszania na nawierzchniach o różnym współczynniku przyczepności. Prace te prowadzone są w ośrodkach badawczych, potrzebnych do uzyskania homologacji niezbędnej do sprzedaży samochodu na danym terenie, np. w Europie (Dyszy, 2016; Ubysz, 2003).

Stanowiska hamowniane służą do badań silników spalinowych w laboratoryjnych warunkach. Dają one możliwość dowolnego obciążenia silnika poprzez odbieranie momentu obrotowego z wału jednostki napędowej, pozyskanie charakterystyki z jednostki napędowej czy stały pomiar momentu obrotowego. Na hamowni silnikowej uzyskuje się charakterystykę zewnętrzną silnika, czyli graficzne przedstawienie z pomocą charakterystyki prędkościowej zależności dla najważniejszych parametrów silnika spalinowego, takich jak: moment obrotowy [Mo], moc użyteczna [Ne], zużycie paliwa z podziałem na godzinowe [Ge] oraz jednostkowego zużycia paliwa [ge] (*Moc i sprawność silnika spalinowego*, dostęp: 20.01.2017). Testy tego rodzaju wykonują producenci silników, sprawdzając np. zastosowanie nowych materiałów w produkcji silnika. Wykresy dotyczące charakterystyki zewnętrznej silnika wykorzystuje się do wyznaczenia elastyczności silnika tłokowego (Mysłowski, Kołtun, 2000). Poza tym hamownia silnikowa używana jest przy pojazdach prototypowych, gdzie nie zawsze w początkowym etapie istnieje karoseria i punkty mocowania silnika do ramy. Podczas takiego badania sprawdzana jest niezawodność oraz model obliczeń przyjęty dla konkretnego silnika (Niewczas, Koszałka, 2003). Zjawisko downsizingu też jest związane z hamownią. Zmniejszanie wagi silnika przy zachowaniu własności eksploatacyjnych to główny powód stosowania hamowni silnikowych przy testach eksploatacyjnych (długości pracy) silnika (Ibidem). Poza producentami silników oraz miejscami, gdzie są tworzone prototypy, hamownie znajdują zastosowanie u osób zajmujących się tuningiem – sprawdzają efekty swojej pracy na wykresach charakterystyki prędkościowej. Każdy użytkownik pojazdu podczas użytkowania samochodu musi wykonać badania na stacji diagnostycznej. Tam z kolei wykorzystywana jest hamownia podwoziowa.

1. Hamownia podwoziowa

Hamownia podwoziowa jest zespołem urządzeń, dzięki któremu można zadawać warunki rzeczywiste ruchu pojazdu na drodze w procesie symulacji i regulacji obciążenia w warunkach laboratoryjnych. Przykładowa hamownia podwoziowa przeznaczona dla pojazdów z napędem na 4 koła przedstawiona jest na rysunku 1. Występują też hamownie zaprojektowane z myślą o motocyklach. Przykład takiej hamowni przedstawiono na rysunku 2. Dane pozyskane z pomiaru są niezwykle przydatne dla producentów zespołów, podzespołów i pojazdów. Ponadto na hamowniach można wykonać badania:

- przyspieszone, służące do porównania wyrobu w warunkach szczególnego wysilenia, zazwyczaj niewystępujące podczas eksploatacji produktu;
- trwałościowe, umożliwiające dobranie ściśle określonych warunków, w których będzie użytkowany produkt. Po ich zakończeniu można ocenić trwałość wyrobu, a badając wiele produktów, można powiedzieć, czy seria nie jest wadliwa oraz czy spełnia normy (*Pomiar parametrów pracy silnika i trakcyjnych samochodu osobowego przy badaniu elementów tuningu elektronicznego na hamowni podwoziowej*, 2016).



Rysunek 1. Hamownia podwoziowa rolkowa 4x4.
Źródło: www.kreatormocy.pl (dostęp: 23.01.2017).

Hamownia jest przyrządem używanym podczas diagnostyki na stacji badania pojazdów, lecz znacznie bardziej jest ceniona przez osoby zajmujące się badaniem doświadczalnym pojazdów. Pomiar z użyciem jednoślada (rysunek 2) wymaga zastosowania specjalnego mocowania na koło, aby motocykl się nie przewrócił. Konieczne to jest również ze względu na unoszenie się przodu motocykla przy osiągnięciu znacznego momentu na kole tylnym – w Suzuki GSX-R 750 przednie koło unosi się przy prędkości 9 000 obr./min (Walasek, 2012).



Rysunek 2. Hamownia podwoziowa motocyklowa.
Źródło: www.motosport7.blogspot.com (dostęp: 23.01.2017).

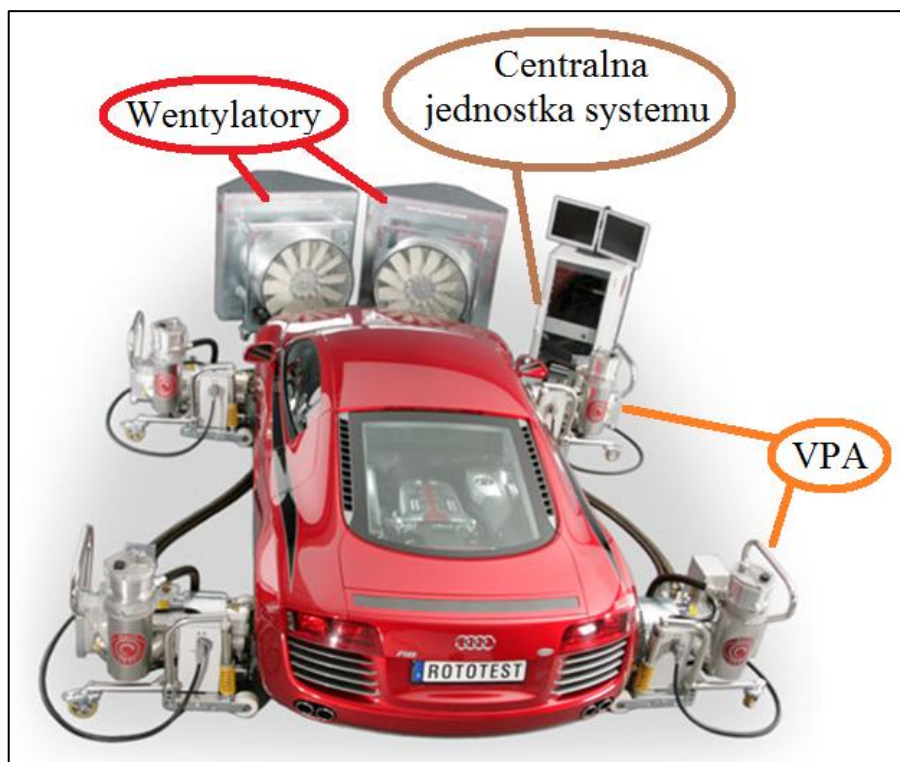
Hamownie podwoziowe wykorzystuje się do przeprowadzania badań homologacyjnych dla pojazdów, dotyczących norm emisji spalin Euro 5, Euro 6 silnika spalinowego. Realizuje się pomiar dla cyklu miejskiego ECE, dla którego prędkość nie przekracza 50 [km/h] oraz cykl pozamiejski tzw. EDUC, gdzie prędkość wynosi do 90 lub 120 [km/h] w zależności od masy pojazdu, a czas badania wynosi 400 [s] (Dyszy, 2016; Ubysz, 2003).

2. Hamownia ROTOTEST

Ciekawe rozwiązanie do pomiarów na hamowni stworzyła firma ROTOTEST, wytwarzając model VPA-RX63e. Jest to hamownia, która łączy w sobie cechy pozwalające na wykonanie testu drogowego, z jednoczesnym uzyskaniem wysokiej dokładności pomiarowej, dzięki wyeliminowaniu rolek, co skutkuje brakiem oporu występującego między kołem a rolką. Idealnie nadaje się do sprawdzania układu napędowego – jego działania i określania sprawności.

Ten rodzaj hamowni jest wykorzystywany przez ośrodki badawczo-rozwojowe producentów samochodowych (Renault, General Motors, Volkswagen), uniwersytety lub uczelnie techniczne, zespoły wyścigowe oraz osoby zajmujące się polepszaniem osiągnięć samochodów biorących udział w rajdach lub wyścigach.

Brak rolek sprawia, że nie występuje zagrożenie, że jakaś osoba – mająca długie luźne spodnie lub niezawiązane sznurowadła butów – zostanie w jakiś sposób wciągnięta i wydarzy się wypadek, pomimo iż podczas pomiaru nie zaleca się poruszania z tego właśnie względu.



Rysunek 3. Stanowisko hamowniane ROTOTEST.

Źródło: www.rototest.com (dostęp: 23.01.2017).

Hamownia ROTOTEST VPA-RX jest znacznie lepsza w porównaniu do tradycyjnej hamowni podwoziowej. Posiada większe możliwości badawcze, precyzję i bezpieczeństwo, ponieważ nie ma poślizgu między oponami i rolkami (rolki nie występują w tej hamowni). Dzięki bezpośredniemu połączeniu piasty występuje niemal zerowa bezwładność systemu. Niezwykle dokładnie zamontowany czołowy przetwornik momentu obrotowego odczytuje w czasie rzeczywistym wartość momentu obrotowego. Kolejną wielką zaletą hamowni ROTOTEST jest jej mobilność. Cały układ pomiarowy może być łatwo transportowany do nowej stacji badawczej i skonfigurowany w kilka minut. Jedynym wymogiem jest płaska powierzchnia.

Główne części systemu ROTOTEST VPA-RX składają się z: hamowni hydraulicznych, urządzeń chłodzących i systemu centralnego. Wszystkie elementy są zaprezentowane na rysunku 3. Jedynym wymóg podczas pomiaru to unieruchomienie pojazdu na czas badania. Spełniając powyższy warunek, otrzymuje się stabilność i niski (o ile nie zerowy) poziom wibracji podczas badania.

Jednostka chłodnicza jest zintegrowaną częścią systemu ROTOTEST VPA-RX.

Energia oleju krążącego wewnątrz przewodów hydraulicznych wykorzystywana jest do napędu wentylatorów. Ich zadaniem jest chłodzić pojazd podczas badania. Prędkość wiatru wytwarzanego w ten sposób mieści się w przedziale 30-120 [km/h]. Ciągły przepływ powietrza sprawia, że samochód jest chłodzony, ciepło wytwarzane przez silnik jest odprowadzane i ryzyko jego uszkodzenia poprzez zatarcie znacznie się zmniejsza. Wentylator dostosowuje przepływ powietrza do wartości obciążenia hamowania.

Centralna jednostka systemu (SCU) opiera się na przemysłowym 19” stojaku, który zawiera: Master Control Unit (MCU) z wbudowanym kontrolerem, możliwością pomiaru i nadzoru, zasilacz z baterią zapasową, pomiarowy interfejs użytkownika (UIM) komputer przemysłowy.

Podstawą hamowni ROTOTEST VPA-RX 2WD są 2 jednostki VPA (hamowni), 1 lub 2 urządzenia chłodzące Hurricane i 1 system centralny. System 4WD (potrzebny do hamowania pojazdu o napędzie na wszystkie koła) składa się z 2 dodatkowych jednostek zasilania i 1 lub 2 dodatkowych urządzeń chłodzących.

Kluczowe elementy zestawu to:

1. Adaptery kołowe.
2. Moment obrotowy pręt do kalibracji.
3. Monitor komputerowy/telewizor.
4. Klawiatura i mysz.
5. Węże hydrauliczne.
6. Kable elektryczne.
7. Nakrętki i śruby.
8. Olej wewnątrz węży hydraulicznych.
9. Licencja na oprogramowanie.
10. Instrukcja obsługi.

Elementy ważne dla hamowni ROTOTEST są przedstawione na rysunku 4.



Rysunek 4. Przedstawienie elementów wchodzących w skład hamowni ROTOTEST.
Źródło: www.kingsoft.com.pl (dostęp: 23.01.2017).

3. Hamownia silnikowa

Hamownia silnikowa daje duże możliwości, jeśli chodzi o pomiar, gdyż można badać bardzo wiele parametrów pracy silnika, zaczynając od jego niezawodności poprzez elastyczność, a kończąc na momencie obrotowym oraz mocy użytecznej silnika, lecz konieczne jest wymontowanie silnika z pojazdu. Takie stanowiska posiadają laboratoria, producenci silników czy też niektóre uczelnie. Wysoki koszt oraz możliwość testowania silników po ich uprzednim zamontowaniu stwarzają pewne utrudnienie (montaż silnika na takim stanowisku często trwa kilka godzin, więc często montaż silnika i przeprowadzenie kilku testów/badań zajmuje cały dzień roboczy). Brak podwozia ma również swoje dobre strony, gdyż ten rodzaj hamowni jest chętnie wykorzystywany do projektów prototypowych pojazdów, gdzie rama powstaje na późniejszym etapie przygotowań całości pojazdu. W późniejszym czasie otrzymane wyniki można porównać z danymi uzyskanymi na hamowni podwoziowej i określić poziom strat generowanych przez układ napędowy, gdyż hamownia silnikowa podaje parametry uzyskiwane tylko przez silnik, a pomiar mocy użytecznej czy momentu obrotowego odbywa się z wału korbowego silnika.

Na stanowiskach laboratoryjnych czy u producentów silników są sprawdzane modele matematyczne, uzyskane podczas symulacji komputerowych i porównywane z wartościami rzeczywistymi.

Stawia się przed nim następujące wymagania (Zajac, Kołodziejczyk, 2001):

- jego sprawność musi być maksymalnie duża;
- wszelkie zanieczyszczenia wynikające ze spalania dostarczonego paliwa muszą być jak najmniejsze – aktualnie obowiązuje norma EURO 6 (od 1 września 2016 roku, a samochody wprowadzone do sprzedaży przez producentów muszą ją spełniać od dnia 1 stycznia 2015 roku). Oznacza to, że silniki niespełniające tej normy nie uzyskają homologacji i nie będą mogły zostać sprzedane na terenie UE.

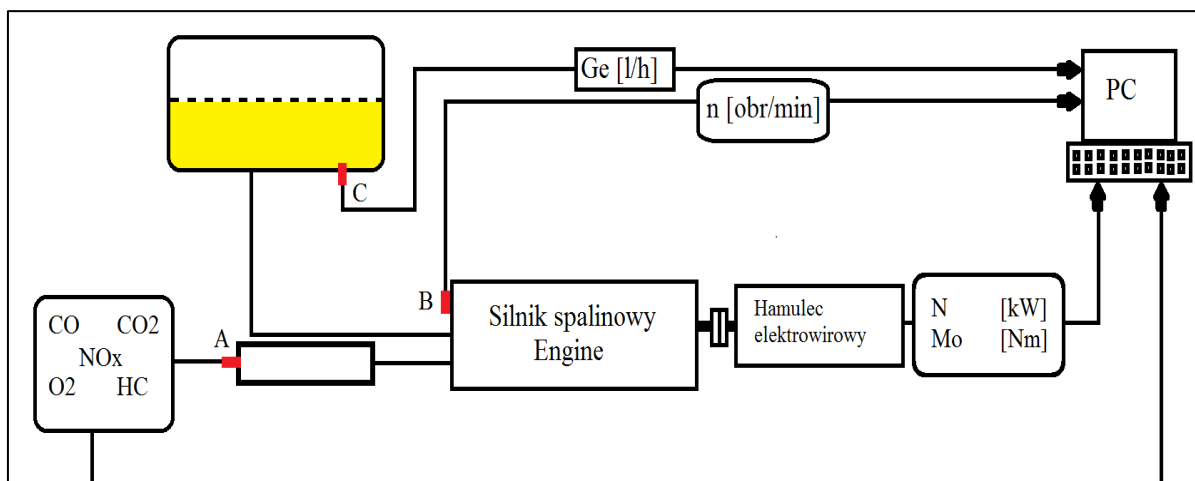
4. Przykładowe stanowisko diagnostyczne dla silnika spalinowego małej mocy

Niniejszy projekt stanowi jedynie koncepcję/propozycję połączenia elementów wchodzących w skład hamowni silnikowej. Znajdzie się tutaj opis schematu wraz z przykładowym przeprowadzeniem badania.

Przedstawiona w projekcie hamownia silnikowa ma na celu badanie momentu obrotowego oraz mocy silnika wraz z pomiarem prędkości obrotowej wału korbowego, analizą składników toksycznych i zużyciem paliwa.

4.1. Schemat blokowy

Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy projekt hamowni dla silnika motocykla Yamaha YBR 125.



A – Pomiar analizatorem spalin; B – Pomiar prędkości obrotowej silnika spalinowego n [obr./min];
C – Pomiar zużycia paliwa Ge [l/h].

Rysunek 5. Schemat hamowni silnikowej dla silnika pochodzącego z Yamahy YBR 125.

Źródło: opracowanie własne.

Pomiar zużycia paliwa odbywa się za pomocą aparatury, która wykorzystuje sondę typu pojemnościowego, oznaczoną na rysunku 5 literą C. Daje ona możliwość odczytu zużycia paliwa. Dzięki zastosowaniu hamulca elektrowirowego jest możliwy pomiar momentu obrotowego wraz z mocą silnika. Czujnik położenia wału korbowego mierzy obroty silnika (litera B), a analizator spalin przesyła dane o szkodliwych substancjach bezpośrednio do komputera. Na rysunku 5 ten pomiar przedstawia litera A.

4.2. Stanowisko pomiarowe

Elementy wymienione w kolejnych podpunktach stanowią przykładowe stanowisko hamowniane dla silnika małej mocy. Jego modułowa budowa sprawia, że poszczególne elementy można wymieniać w dowolny sposób, zastępując je nowymi. Hamulec elektrowirowy można zastąpić alternatorem. Sterowanie może odbywać się poprzez zmianę prądu wzbudzenia doprowadzonego do wirnika. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby zastosować inny silnik czy inny analizator spalin.

4.3. Silnik

Silnik użyty w projekcie to jednostka napędowa używana w motocyklu Yamaha YBR 125. Rysunek 6 przedstawia ogólny wygląd tego silnika, a tabela 1 prezentuje jego parametry.



Rysunek 6. Widok silnika z Yamaha YBR 125.

Źródło: www.imged.pl (dostęp: 20.01.2017).

Tabela 1

Parametry silnika spalinowego

Nazwa parametru	Informacja/jednostka
Typ silnika	4- suwowy, SOHC, jednocylindrowy, 2-zaworowy, chłodzony powietrzem
Pojemność	124 [cm ³]
Średnica x skok tłoka	54 x 54 [mm]
Stopień sprężania	10:1
Moc maksymalna	7,5 [kW]/ 7 800 [obr./min]
Maksymalny moment obrotowy	9,6 [Nm]/ 6 000 [obr./min]
Układ smarowania	Mokra miska olejowa
Typ sprzęgła	Mokre, wielotarczowe ze sprężyną śrubową
Układ zasilania	Wtrysk paliwa
Układ zapłonu	TCI
Układ rozrusznika	Elektryczny

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.yamaha-motor.eu/pl (dostęp: 20.01.2017).

4.4. Hamulec elektrowirowy

Jego maksymalna moc i moment obrotowy muszą być niewiele większe niż moc i moment obrotowy badanego silnika. Wtedy jest pewność, że uzyskane wyniki będą wystarczająco dokładne i badanie będzie miało sens. Dodatkową zaletą jest dowolność obrotów tego hamulca. Przykładowe parametry hamulca (rysunek 7) przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Parametry hamulca elektrowirowego

Lp.	Wartość	Jednostka
Typ hamulca	EMX-10/18 000	-
Maksymalna prędkość obrotowa	18 000	[obr./min]
Maksymalna moc	10	[kW]
Maksymalny moment obrotowy	25	[Nm]
Kierunek obrotów	Dowolny	-
Masa hamulca	100	[kg]

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.elektromex.arg.pl (dostęp: 20.01.2017).



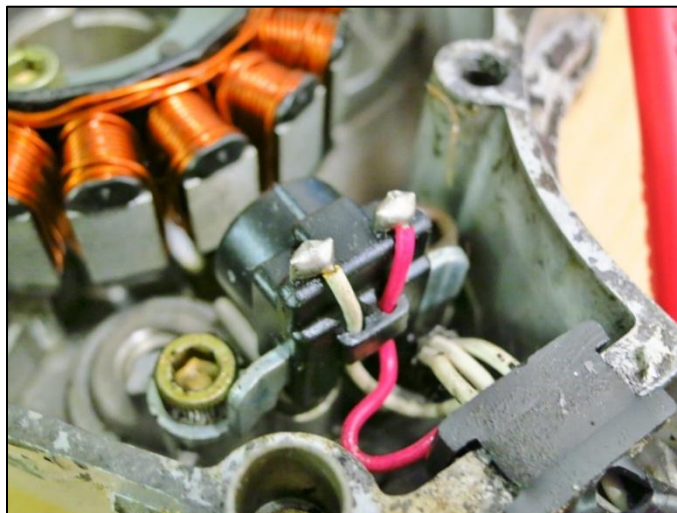
Rysunek 7. Hamulec elektrowirowy EMX-10/18000.
Źródło: www.elektromex.arg.pl (dostęp: 20.01.2017)

Alternatywą dla hamulca jest zastosowanie alternatora samochodowego. Określenie obciążenia następuje za pomocą wartości prądu wzbudzenia.

Wartość prądu wzbudzenia określa obciążenie badanego pojazdu na stanowisku pomiarowym.

4.5. Pomiar prędkości obrotowej silnika

Pomiar prędkości obrotowej silnika odbywa się z użyciem czujnika położenia wału korbowego (rysunek 8).



Rysunek 8. Widok czujnika położenia wału korbowego Yamaha YBR 125i.
Źródło: www.ybr125owner.blogspot.com (dostęp: 20.01.2017).

Zmiana prędkości obrotowej wału korbowego skutkuje zmianą przebiegu sygnału pomiarowego czujnika położenia wału korbowego. Na podstawie tych danych można wykreślić wykres napięcia w funkcji czasu.

4.6. Pomiar składników toksycznych

Badanie ilości toksycznych składników w spalinach odbywa się z użyciem analizatora spalin. Jego szczegółowe dane znajdują się w tabeli 3, a przedstawienie graficzne ilustruje rysunek 9. Dodatkową zaletą tego urządzenia jest przesyłanie danych w technologii BLUETOOTH. Zasilenie sprzętu odbywa się poprzez zasilacz 100 – 240 V AC/6,3 V.

Tabela 3

Dane dotyczące analizatora spalin Testo 350

Analizator składników toksycznych w spalinach firmy Testo w specyfikacji Testo 350	
Sposób połączenia	Z pomocą sondy aplikowanej do układu wydechowego na głębokość
Składniki toksyczne	
CO	Tak
CO2	Tak
O2	Tak
HC	Tak
Współczynnik nadmiaru powietrza λ	Tak

Źródło: opracowanie własne na podstawie broszury firmy Testo.



Rysunek 9. Analizator spalin Testo 350.

Źródło: www.directindustry.com (dostęp: 20.01.2017).

4.7. Zbiornik paliwa

Zbiornik paliwa (rysunek 10) nie musi być duży, jak ma to miejsce w przypadku pojazdów samochodowych. Do potrzeb hamowni wystarczy zbiornik o pojemności kilku litrów. W tym przypadku to zbiornik występujący w gokartach o pojemności 7,5 l.



Rysunek 10. Zbiornik paliwa.

Źródło: www.sklep.gokartfl.pl (dostęp: 20.01.2017).

4.8. Pomiar zużycia paliwa

Do pomiaru zużycia paliwa zdecydowano się wybrać sondę paliwową (pojemnościową) (rysunek 11), z racji na dokładność $\pm 1\%$. Dodatkowo, zależnie od głębokości zbiornika, można wybrać odpowiednią długość sondy. Temperaturowy zakres jej pracy mieści się w granicach $-40^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$.



Rysunek 11. Sonda cyfrowa.

Źródło: www.gps-polska.pl (dostęp: 20.01.2017).

Istnieje też możliwość odczytu zużycia paliwa poprzez magistrale danych CAN (ang. *Controller Area Network*). Niestety nie zawsze jest możliwość zbierania danych tą drogą, ponieważ transmisja danych wymaga użycia elektroniki, a ta nie zawsze jest w starszych silnikach. Pojazd spełniający standard ISO 11898 będzie miał możliwość pozyskiwania danych z wykorzystaniem magistrali danych CAN.

Podsumowanie

W części teoretycznej zostały zaprezentowane rodzaje hamowni wraz ze schematami. Przybliżyła ona wiedzę dotyczącą zagadnienia hamowni (podwoziowa rolkowa, silnikowa oraz ROTOTEST).

Korzyścią wynikającą z użycia hamowni jest zdobycie wiedzy na temat własności trakcyjnych pojazdu i możliwość rozwoju pracy nad systemami trakcji stosowanymi w pojazdach samochodowych. Stosowane również są do prac nad prototypami, w celu obniżenia kosztów. Badania są wykorzystywane do ciągłego rozwoju nie tylko urządzeń kontrolujących oddawanie momentu i mocy, lecz również prac nad nowymi paliwami lub konstrukcjami silników. Uzyskane w ten sposób wyniki badań wskazują naukowcom przyszły kierunek rozwoju silników spalinowych.

Część praktyczna przedstawiła koncepcję stanowiska do badań hamownianych. Budowa modułowa sprawia, że istnieje możliwość wymiany wszystkich elementów na inne, np. w nowszej specyfikacji. Projekt stanowiska zakłada pomiar mocy wraz z momentem obrotowym badanego silnika, zużycie paliwa oraz składników toksycznych z użyciem analizatora spalin. Do zalet budowy stanowiska można zaliczyć prostą konstrukcję i łatwość pozyskiwania parametrów. Może także posłużyć jako kolejne stanowisko badawcze dla studentów.

Streszczenie

W artykule przedstawiono poglądowe rodzaje hamowni służących do badania silników spalinowych. W dalszej części artykułu znajduje się projekt stanowiska diagnostycznego dla silnika spalinowego małej mocy. Budowa modułowa sprawia, że istnieje możliwość wymiany wszystkich elementów na inne, np. w nowszej specyfikacji. Projekt stanowiska zakłada pomiar mocy wraz z momentem obrotowym badanego silnika, zużycie paliwa oraz składników toksycznych z użyciem analizatora spalin. Do zalet budowy stanowiska można zaliczyć prostą konstrukcję oraz łatwość pozyskiwania parametrów. Może także posłużyć jako kolejne stanowisko badawcze dla studentów.

Abstract

The article presents illustrative types of dynamometer used to test internal combustion engines. In the remainder of this article is a design of a diagnostic stand for a low power internal combustion engine. Modular construction makes it possible to replace all components into another eg in a newer specification. The design of the station assumes a power measurement with the engine torque, fuel consumption and toxic components using the exhaust gas analyzer. The advantage of the construction site is the simplicity of the construction and ease of obtaining parameters. It can serve as another research stand for students.

Bibliografia

Dyszy, J. (2016). Największa sensacja sezonu. *Auto Moto Technika*, 4, 26-32.

Moc i sprawność silnika spalinowego. (2017). Pobrano z: http://autowiedza.republika.pl/moc_i_sprawnosc.html.

Mysłowski, J., Kołtun, J. (2000). *Elastyczność tłokowych silników spalinowych*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

Niewczas, A., Koszałka, G. (2003). *Niezawodność silników spalinowych – wybrane zagadnienia*. Lublin: Wydawnictwa Uczelniane.

Pomiar parametrów pracy silnika i trakcyjnych samochodu osobowego przy badaniu elementów tuningu elektronicznego na hamowni podwoziowej. (2016). Pobrano z: sam.po.opole.pl.

Ubysz, A. (2003). *Energochłonność samochodu a zużycie paliwa w złożonych warunkach ruchu*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

Walasek, J. (2012). *Hamownia, moc, moment obrotowy – fakty i mity*. Pobrano z: <http://motormania.com.pl/porady/warsztat/hamownia-moc-moment-obrotowy-fakty-i-mity>.

Zajac, P., Kołodziejczyk, L.M. (2001). *Silniki spalinowe*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.

http://autowiedza.republika.pl/moc_i_sprawnosc.html.

<https://imged.pl>.

<http://motosport7.blogspot.com>.

<http://ybr125owner.blogspot.com>.

www.directindustry.com.

www.elektromex.arg.pl/.

www.gps-polska.pl/.

www.kingsoft.com.pl.

www.kreatormocy.pl.

www.rototest.com.

www.sklep.gokartf1.pl.

www.yamahamotorsports.com.

www.yamaha-motor.eu/pl.

KONCEPCJA SYSTEMU MONITORINGU DLA STACJI DIAGNOSTYKI SAMOCHODÓW

Wstęp

System monitoringu jest obecny w naszym życiu. Jest to fakt, który coraz trudniej podważyć. Podczas przemieszczenia się od punktu A do punktu B jesteśmy obserwowani. Taki zabieg pozwala nam na zwiększenie poczucia „komfortu” poprzez zmianę odczucia większego bezpieczeństwa.

Możliwość podglądu oraz archiwizacji pozwala na szybki rozwój ochrony osób i mienia. Dzięki wysoko rozwiniętej technologii monitoringu dany podmiot czy firma ma możliwość sprawowania kontroli nad podległymi pracownikami, robotami, maszynami oraz klientami. Podgląd z monitoringu pozwala niezauważenie wykryć oraz zgromadzić dowód w sprawie kradzieży itd.

Aby w pełni zrozumieć koncepcję systemu monitoringu, konieczne jest poznanie odpowiedzi na kilka znaczących pytań:

- co to jest monitoring?
- jakie jest zastosowanie monitoringu?
- czy konieczne jest założenie instalacji monitoringu w mojej firmie/domu?
- z czego zbudowany jest system monitoringu?
- jakie są możliwości systemu monitoringu?
- jakie są koszty systemu monitoringu?

Odpowiedź na pierwsze pytanie wydaje się bardzo prosta. CCTV (ang. *Closed Circuit TeleVision*) to inaczej telewizyjne systemy dozоровe. Telewizyjny system monitoringu to integralny zespół telewizyjnych środków technicznych, zdolnych do zaprogramowania, przeznaczony do wykrywania, obserwacji, archiwizacji i sygnalizowania warunków, które wskazują na możliwość zaistnienia niebezpieczeństwa powstania zaistniałej szkody bądź zagrożenia mienia i osób (Kałużny, 2008).

Odpowiedź na drugie pytanie, znając odpowiedź na pierwsze, nasuwa się sama. Czujniki i detektory ruchu wykrywają tylko przemieszczenie punktu względem ich pozycji, dopiero kamera, jako urządzenie odbioru wizji, pozwala nam zobaczyć faktyczny stan zagrożenia, z jakim należy nam się zmierzyć.

Do popularyzacji systemów dozоровych w ostatnich latach przyczyniły się takie czynniki jak:

- wzrost liczby budownictwa – zakładów pracy;
- wzrost liczby zagrożeń;
- rozwój i modernizacja urządzeń elektronicznych – kamer, monitorów itd.;
- spadek cen i konkurencja rynkowa w systemie sprzedaży poszczególnych elementów systemu;
- możliwość stworzenia i połączenia z innymi dostępnymi systemami, np. alarmowym;
- nowoczesne i przyjazne interfejsy dla użytkownika;
- świadomość społeczna.

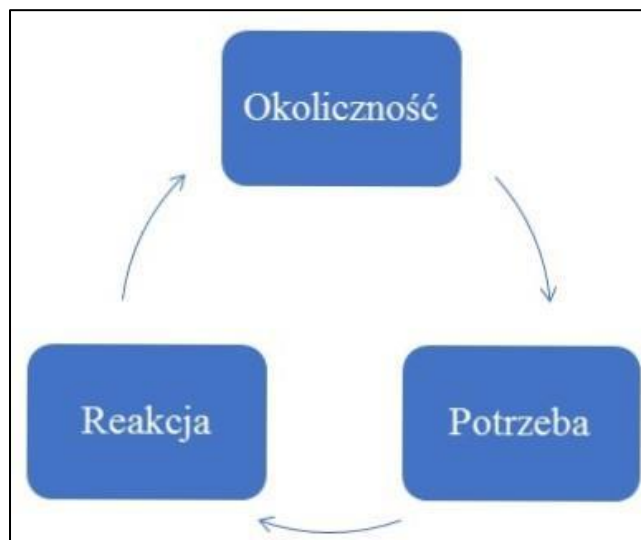
Aby przedstawić rejony zastosowania systemów dozorowych, trzeba najpierw wspomnieć o świadomości i odpowiedzialności właścicieli danych obiektów. To właśnie oni kierują się odpowiednimi argumentami i decydują o instalacji systemu monitoringu.

Obserwuje się stały wzrost liczby zainstalowanych systemów monitoringu w takich obszarach jak:

- przemysł, np. monitorowanie procesu produkcyjnego (hale produkcyjne, praca podwładnych), zapobieganie wypadkom, zwalczanie kradzieży;
- bankowość i finanse: punkt obsługi klienta, skarbiec, sejf;
- muzealnictwo i instytucje państwowe: ochrona eksponatów, obserwacja wycieczek i petentów;
- miejsce użyteczności osób publicznych: szkoły, boiska, dyskoteki, dworce;
- handel: ochrona towarów, identyfikacja i rozpoznawanie osób, kontrola kas oraz pracowników.

Mając przed sobą dylemat, czy instalacja systemu monitoringu jest konieczna, należy sobie odpowiedzieć na kluczowe pytania. Odpowiednie pytania i odpowiedzi muszą dać jednoznaczną odpowiedź, że konieczność instalacji systemu monitoringu jest uzasadniona.

Podstawą decyzji o projektowaniu i wykonaniu instalacji jest ustalenie konieczności, potrzeb i reakcji. Jest to, więc zamknięty krąg wspólnie uzupełniających i wynikających z siebie wniosków (rysunek 1).



Rysunek 1. Krąg wspólnie uzupełniających się i wynikających z siebie wniosków.

Źródło: opracowanie własne na podstawie karty demograficznego zastosowania monitoringu wizyjnego.

Okoliczność: identyfikacja problemów związanych z bezpieczeństwem i zapobieganiem wystąpienia niebezpieczeństwa na danym obszarze.

Potrzeba: identyfikacja potrzeb wskazanych za pomocą rozpoznania oraz analizy lokalnych warunków. Potrzeby powinny zostać określone bardzo przejrzyście i precyzyjnie.

Reakcja: określenie celów systemu, mając pod uwagę oczekiwania i korzyści spełniające potrzeby klienta. Ustalenie rodzaju systemu wizyjnego. Ciągłe doskonalenie i modernizacja dostępnego układu w ramach zmieniających się okoliczności i potrzeb.

1. Podział, budowa, koszt i założenia projektowe systemu monitoringu

Aby przedstawić budowę systemu monitoringu, należy najpierw zaprezentować podstawowe rodzaje systemów monitoringu, które można podzielić m.in. ze względu na budowę systemu:

- system analogowy – jest to najstarszy rodzaj systemu nadzoru wideo; oferuje obraz w niskiej rozdzielczości, nagranie obrazu wykonuje się na niedostępnych już magnetowidach i kasetach taśmowych;
- system cyfrowy – jest bardzo elastyczny, uważany za jeden z najefektywniejszych rozwiązań monitoringu;
- system IP – transmisja danych w systemie opartym o protokół IP odbywa się przy wykorzystaniu sieci komputerowych oraz łączy teleinformatycznych;
- system hybrydowy – jego podstawową cechą jest to, że pozwala na zastosowanie zarówno kamer analogowych, jak i kamer cyfrowych, co umożliwia stopniową przebudowę instalacji monitoringu z analogowej na cyfrową, można również dowolnie rozbudowywać system o kolejne kamery.

Każdą instalację monitoringu można podzielić bez względu na budowę według kilku znaczących grup:

- kamery i urządzenia dodatkowe;
- urządzenia przełączające, zasilające, sterujące i rejestrujące;
- monitory;
- media transmisji sygnałów wizji.

Porównanie kosztów systemów monitoringu analogowych i systemów IP przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Porównanie kosztów analogowego systemu monitoringu i systemu IP

Kategoria	Element	Koszt
Wyroby	Hardware	System IP droższy niż analogowy
	Software	
Montaż	Przewody	System IP tańszy niż analogowy
	Robocizna	
Działanie	Konfiguracja	System IP tańszy niż analogowy
	Nadzór	
	Skuteczność	
Utrzymanie	Powiększanie systemu	System IP tańszy niż analogowy
	Awarie i remont	
Koszt całkowity		System IP tańszy niż analogowy

System nadzoru wideo oparty o protokół IP charakteryzuje się następującymi zaletami, jeśli porównamy go z systemami analogowymi:

- mniejszy całkowity koszt instalacji;
- mniejsza ilość pracy podczas instalacji i mniejsza ilość materiałów potrzebnych na jej wykonanie;
- znacznie prostszy montaż kolejnych kamer do istniejącego już układu;
- precyzyjna identyfikacja i odszukanie przewodu;
- najczęściej przewody są od razu gotowe do użytku.

Jedną z najważniejszych zalet systemów IP jest to, że najczęściej nie wymagają one rozbudowanego serwisu, ponieważ większość czynności można wykonać z jednego miejsca. Odległość nie ma znaczenia w przypadku pracy nad oprogramowaniem, jednak kamery należy ustawić standardowo jak w każdym innym przypadku.

Projektując instalację monitorującą halę diagnostyki samochodowej, powinno bazować się na Rozporządzeniu Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 10 lutego 2006 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów. Dz.U. z 2006 r., Nr 40, poz. 275 szczegółowo opisuje wymiary hali diagnostycznej. Znormalizowanie wymiarów hali diagnostycznych daje możliwość zaprojektowania jednego modelu systemu monitoringu, dającego możliwość łatwej adaptacji w stacjach kontroli pojazdów obsługujących samochody o dopuszczalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 3,5 t.

Zgodnie z ww. ustawą, obiekt powinien posiadać następujące wymiary:

- a) Kanał przeglądowy:
 - 1) długość - $6\text{ m} + 2\text{ m} = 8\text{ m}$,
 - 2) szerokość - $0,7\text{ m}$,
 - 3) głębokość - $1,3\text{ m} - 1,8\text{ m}$.
- b) Powierzchnia robocza obok ławy pomiarowej - $0,7\text{ m}$.
- c) Ława pomiarowa:
 - 1) szerokość - $2,4\text{ m}$,
 - 2) długość - 5 m .
- d) Powierzchnia pomocnicza - 1 m .
- e) Wysokość pomieszczenia - $3,3\text{ m}$.
- f) Wymiar bramy wjazdowej:
 - 1) wysokość - $3,1\text{ m}$,
 - 2) szerokość - $3,4\text{ m}$.

2. Projekt hali diagnostycznej

Obiekt, który zostaje objęty ochroną systemu CCTV jest to stacja kontroli pojazdów zaprojektowana na potrzeby obsługi pojazdów DMC do 3,5 t (rysunek 2). Główna część hali, oznaczona numerem 6 na schemacie obiektu, wyposażona jest w drzwi przesuwne, potrzebną aparaturę kontrolną - pomiarową i kanał. Na tej części hali znajdują się 4 kamery wewnętrzne. Kamery na tej części hali wzajemnie się uzupełniają.

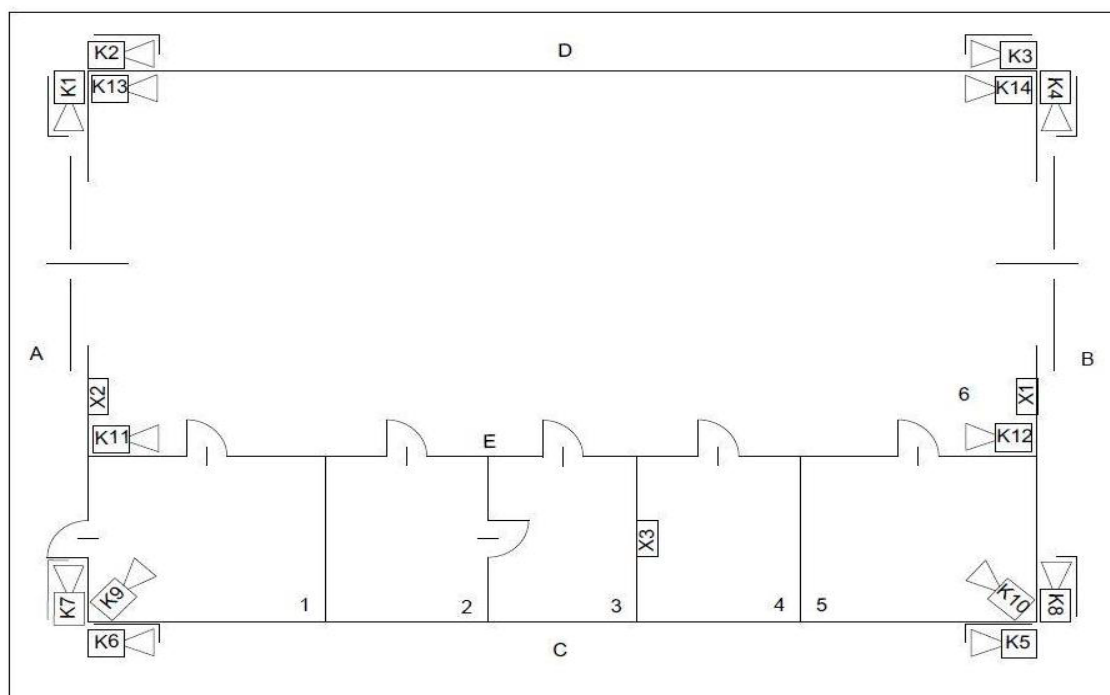
Na ścianach oznaczonych symbolem „A” i „B” znajdują się również 2 punkty dystrybucyjne - „X1” oraz „X2”.

Pomieszczenie oznaczone numerem 5 jest to część magazynowa, w której znajdują się konieczne części zamienne oraz płyny eksploatacyjne przeznaczone dla pojazdów, które są obsługiwane. W tej przestrzeni została zainstalowana kamera wewnętrzna.

Pomieszczenie numer 4 to pomieszczenie techniczne. W nim zostaną umieszczone i zainstalowane zabezpieczenia instalacji elektrycznej systemu monitoringu. Pomieszczenie numer 3 jest pomieszczeniem sanitarnym WC, w trosce o poszanowanie intymności korzystających pozbawionym systemu monitoringu.

Pomieszczenie numer 2 jest to szatnia. Z racji rezygnacji właściciela z podglądu tego pomieszczenia podgląd nie zostaje tam zainstalowany.

Pomieszczenie numer 1 charakteryzuje się dużą wartością strategiczną – jest to punkt obsługi klienta, kasa oraz poczekalnia.



Rysunek 2. Projekt hali diagnostycznej.

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 10 lutego 2006 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów, czytamy w rozdziale 1 – wymagania ogólne dla stacji kontroli pojazdów. Autor ustawy w § 5.1 oraz § 5.2 przewiduje dodatkowo przed obiektem parking dla pojazdów oczekujących na badanie kontrolne w liczbie:

- 4 miejsca dla pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej 3,5 t;
- 2 miejsca dla pozostałych pojazdów.

Parking ten przewidziany jest wzdłuż ściany „C” – przestrzeń ta obserwowana jest przez kamery zewnętrzne.

Wjazd na halę diagnostyki odbywa się przez drzwi przesuwne zamontowane na ciągu ściany „A”.

Wyjazd z hali diagnostyki samochodowej odbywa się przez drzwi przesuwne zamontowane w ciągu ściany „B”.

Ostatnim punktem obserwacyjnym jest zewnętrzny teren stacji, biegnący wzdłuż ciągu ściany hali „D”.

3. Projekt instalacji monitoringu hali diagnostycznej

W instalacji systemu monitoringu, spełniającym wymagania stawiane przez projekt obiektu, należy uwzględnić główne elementy instalacji monitoringu zawarte w tabeli 2.

Tabela 2

Spis głównych elementów instalacji monitoringu

Lp.	Element instalacji
1.	Kamery wewnętrzne i zewnętrzne D/N
2.	Rejestrator monitoringu
3.	Router
4.	Monitor
5.	Zasilacz kamer
6.	Switch
7.	Zasilacz UPS
8.	Przewody elektroinstalacyjne

Podczas fazy koncepcji, planowania i projektowania oraz wykonywania montażu instalacji monitoringu powyższe elementy należy podzielić na części aktywne instalacji (które mają wpływ na aktualny stan sieci i wprowadzają zmiany w sieci) oraz na pasywne części instalacji (które są bierną częścią instalacji).

Ze względu na specyfikację budowy system IP monitoringu możemy podzielić na 2 składowe zasilania urządzeń elektrycznych. Pierwszą składową jest zasilanie urządzeń z napięcia przemiennego 230V AC, takich jak zasilacz kamer, monitory podglądowe czy router itd. Drugą składową to transmisja LAN, odpowiedzialna za przesył transmisji danych pomiędzy urządzeniami.

Zasilanie jest bardzo często niedostrzeganym i pomijanym problemem. W praktyce prawidłowy dobór i sprawność zasilania ma bardzo duży wpływ na poprawne działanie całego układu systemu monitoringu. Złej jakości i mała sprawność urządzeń zasilających oraz nieprawidłowy dobór przewodów zasilających i transmisyjnych mogą powodować różne zakłócenia oraz awarie systemu monitoringu.

Aby prawidłowo wybrać zasilacz oraz przekrój przewodów zasilających, należy wykonać odpowiedni bilans mocy do projektowanego systemu.

Do zasilania urządzeń wizji najczęściej służą zasilacze. Można je pogrupować według odpowiedniego kryterium:

- zasilacze wtyczkowe – zaletą tego urządzenia jest dostatecznie krótka, a także nieskomplikowana instalacja elektryczna i szeroki wachlarz urządzeń wtyczkowo-końcowych. Do wad urządzenia można zaliczyć zasilanie wyłącznie jednej kamery z danego urządzenia oraz brak możliwości regulacji napięcia wyjściowego i wejściowego;
- zasilacze modułowe – zaletą zasilaczy modułowych jest najczęściej możliwość regulacji napięcia wyjściowego oraz wysoka sprawność zasilacza. Najczęściej takiego typu zasilacze posiadają większą moc. Zostają wyposażone też w szereg wewnętrznych zabezpieczeń, takich jak: przeciwzwarceniowe (SCP), przepięciowego (OVR) oraz przeciążeniowe (OLP). Dodatkową cechą zasilacza modułowego może być wbudowana dioda LED, sygnalizująca stan pracy urządzenia zasilającego. Do wad zasilaczy modułowych można zaliczyć stosunkowo wysoką cenę urządzenia

oraz konieczność wyposażenia w dodatkowe złącza, wtyki, końcówki i przewody wejść/wyjść;

- zasilanie PoE (ang. *Power over Ethernet*) – jest to nazwa zestawów metod, za pomocą, których można zasilić sprzęt sieciowy poprzez użycie skrętki komputerowej i przy jednoczesnym zachowaniu przesyłu danych. Do najważniejszych cech metod zasilania PoE można zaliczyć: transmisję zasilania i danych przez jeden przewód, która zmniejsza koszty wykonania instalacji; gwarantowany minimalny zasięg 100 m, wysokie bezpieczeństwo oraz łatwość wykonania instalacji.

Rejestrator monitoringu jest sercem całego układu instalacji. Urządzenie to daje możliwość nagrywania w cyfrowym formacie obrazu przesłanego przez kamery. Dane archiwizowane są na dysku HDD albo innym nośniku danych, który jest przeznaczony do współpracy z rejestratorem.

Nowoczesne rejestratory cyfrowe w pełni wyposażone są w najnowsze funkcje, takie jak detekcja ruchu czy obsługa rejestratora przez sieć – z komputera albo tabletu.

Switch, router. W *Słowniku pojęć technicznych* słowo „przełącznik” (ang. *Switch*) jest określane jako urządzenie sterujące, łączące segmenty sieci komputerowej. Switch jest urządzeniem, za pomocą, którego przełącza się pakiety danych pomiędzy poszczególnymi portami, a nie przesyła ich do wszystkich portów jednocześnie. Ta cecha odróżnia urządzenie od koncentratora (ang. *Hub*).

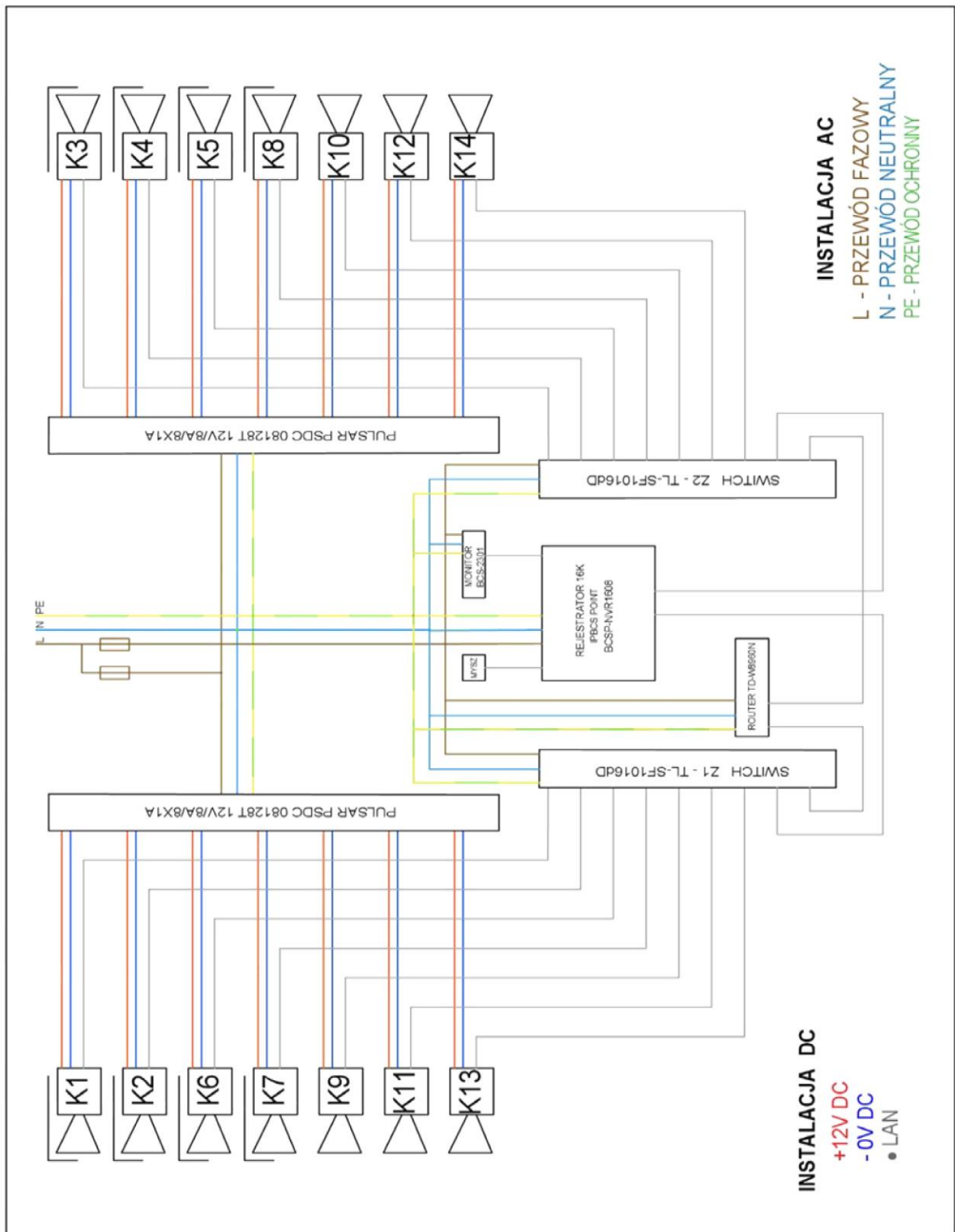
Router – sieciowe urządzenie trasujące (przełącznik). Urządzenie to odpowiedzialne jest za przesyłanie pakietów informacji, tzw. kierowanie ich do kolejnego punktu w sieci w oparciu o zawarty w nagłówku adres IP docelowego urządzenia sieciowego. Router z wbudowanym modemem ADSL wytwarza sieć Ethernet.

Mając na uwadze 2 składowe elektryczne, opis urządzeń sterujących oraz zasilających, na rysunku 3 przedstawiono przykładowy schemat instalacji monitoringu.

Aby ułatwić grupowanie instalacji monitoringu złożonej z X – ilości kamer oraz urządzeń sterujących, należy wprowadzić punkty dystrybucji, stanowiące miejsce, do którego wchodzi i wychodzą pionowe oraz poziome okablowania instalacji; zamieszczone są też w nim urządzenia sterujące.

Stworzenie punktów dystrybucji potwierdza szereg następujących cech:

- grupowanie instalacji;
- łatwiejsza identyfikacja usterek;
- uszkodzenie jednego punktu dystrybucji nie pozbawia nas podglądu na resztę obiektu;
- mniejszy koszt wykonania instalacji – krótsza ilość przewodów instalacyjnych.



Rysunek 3. Schemat systemu monitoringu.
 Źródło: opracowanie własne.

4. Perspektywy rozwoju technologii systemu monitoringu

Na przestrzeni lat systemy monitoringu znacznie się rozwinęły, przechodząc od systemu analogowego po coraz nowsze rozwiązania oparte o technologie cyfrowe oraz inne, takie jak technologie IP oraz systemy hybrydowe.

Analizując bieżącą sytuację na rynku systemów nadzoru monitoringu oraz biorąc pod uwagę bardzo dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii, można zauważyć, że sieciowe systemy telewizji przemysłowej stają się coraz powszechniejsze oraz znacznie częściej zastępują one tradycyjne instalacje analogowe monitoringu. Instalacje analogowe mimo, że jeszcze do niedawna były numerem jeden na rynku, teraz odchodzą w zapomnienie, wypierane przez coraz nowocześniejsze technologie.

Zainteresowaniem klientów cieszą się obecnie głównie systemy z kamerami IP. Zwłaszcza w przypadku średnich i dużych firm oraz tam, gdzie wymagana jest możliwość bardzo dokładnej identyfikacji obiektów oraz ludzi obserwowanych. System oparty o technologię kamer IP ma wiele zalet, które znacznie wpłynęły na ich ekspansję na rynku. Mowa tutaj o znacznie łatwiejszej obsłudze tych systemów oraz głównie bardzo wysokiej jakości obrazu, nawet jakości HD. Monitoring IP daje możliwość obserwacji oraz stałej kontroli obszaru strzeżonego z jakiegokolwiek miejsca na ziemi przy pomocy komputera czy nawet telefonu komórkowego. Oprócz tego systemy CCTV IP umożliwiają zastosowanie wielu nowoczesnych rozwiązań, np. użycie kamer sieciowych czy systemów inteligentnej analizy obrazów. Tego rodzaju rozwiązania pozwalają znacznie podnieść sprawność działania całego systemu monitoringu.

Systemy nadzoru wideo tworzone na podstawie sieci IP są opłacalne. Nie wymagają takiej ilości okablowania jak w przypadku systemów analogowych, a jakość nagranych obrazów wideo jest na wysokim poziomie. Dane nagranie można łatwo zarchiwizować oraz przeprowadzić jego analizę. Kamery stosowane w tym systemie mają znaczne możliwości technologiczne, które są nieosiągalne dla kamer w systemach analogowych. Dostępnych na rynku jest też wiele kamer, które mają zaimplementowane systemy inteligentnej analizy nagrywanego obrazu. Daje to możliwość zautomatyzowania wielu prac obserwatorów. Znaczna część sytuacji zaprogramowanych jako niebezpieczne nie przejdzie niezauważona przez operatorów systemu. Dodatkowo, systemy cyfrowe dużo lepiej radzą sobie ze zmianami klimatycznymi, takimi jak np. zmiana oświetlenia czy skoki temperatury.

Jak widać, branża systemów nadzoru wideo zmienia się bardzo dynamicznie. Niedługo po systemach analogowych może nie być śladu, gdyż stopniowo zostają zastępowane przez nowsze rozwiązania, które również stają się coraz tańsze i bardziej opłacalne pod wieloma względami. Nowocześniejsze rozwiązania zapewnią większe bezpieczeństwo, szczególnie tam, gdzie nie sprawdzały się systemy analogowe. Dzięki dynamicznemu rozwojowi technologii, obniżaniu kosztów oraz opłacalności ekonomicznej zwiększy się bezpieczeństwo nie tylko w firmach, ale również w całych miastach.

Podsumowanie

Dzięki przedstawionemu przykładowemu projektowi instalacji monitoringu na hali diagnostyki samochodowej można wtajemniczyć się w procedurę doboru poszczególnych elementów i tworzenia od podstaw rzeczywistej instalacji systemu monitoringu. W szczegółowym omówieniu tematu pomaga przejrzysty i należycie sprecyzowany schemat zawierający rozkład kamer w poszczególnych pomieszczeniach stacji diagnostycznej.

Po dokonaniu analizy budowy oraz kosztów poszczególnych rodzajów systemów monitoringu można śmiało stwierdzić, że najbardziej opłacalnym obecnie systemem jest system nadzoru wideo oparty o protokół IP. Jest on najtańszy zarówno w montażu, jak również w późniejszym codziennym użytkowaniu.

W obecnych czasach nie sposób już uniknąć bycia poza zasięgiem kamer. Dzięki tym systemom możemy czuć się bezpieczniej chociażby podczas codziennej drogi do pracy, gdyż mamy świadomość, że zawsze ktoś czuwa przy monitorze, pilnując bieżącej sytuacji widzianej w zasięgu kamer. Dzięki coraz sprawniejszym systemom charakteryzującym się wysoką jakością obrazu, śledzenie aktualnych zagrożeń i odpowiednia reakcja stają się precyzyjniejsze oraz sprawniejsze. Z drugiej strony należy także pamiętać o zachowaniu bezpiecznej granicy, aby podczas wdrażania coraz to liczniejszych systemów monitoringu nie naruszać niczyjej prywatności.

Streszczenie

Artykuł odpowiada na typowe pytania osób, które nie mogą się zdecydować na system monitoringu swojego obiektu. Pytania te nękają każdego inwestora, a dotyczą m.in. kosztów, budowy, funkcjonalności, założeń i możliwości rozwoju systemu. Artykuł wprowadza w techniczną wiedzę budowy monitoringu i możliwości rozwoju systemu. Pozwala również wybrać odpowiedni system dla wybranego obiektu inwestycyjnego.

Abstract

Article responds us to a typical questions asked by people who cannot decide on a type of monitoring system for their property. These questions have been keeping after every investor and it concerns: costs, construction, functionality, assumptions and opportunities for development of the system. Article introduces us to the technical knowledge about construction of different types of monitoring systems and possibilities of developments the systems. Article also allows us to choose the right system for the selected object of the investment.

Bibliografia

Kałużny, P. (2008). *Telewizyjne systemy dozorowe*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. *Karta demograficznego zastosowania monitoringu wizyjnego*. Pobrane z: https://efus.eu/files/2011/05/PL_CCTV-Web.pdf.

STEROWNIKI PLC A UKŁADY STYCZNIKOWO-PRZEKAŹNIKOWE W PRODUKCJI

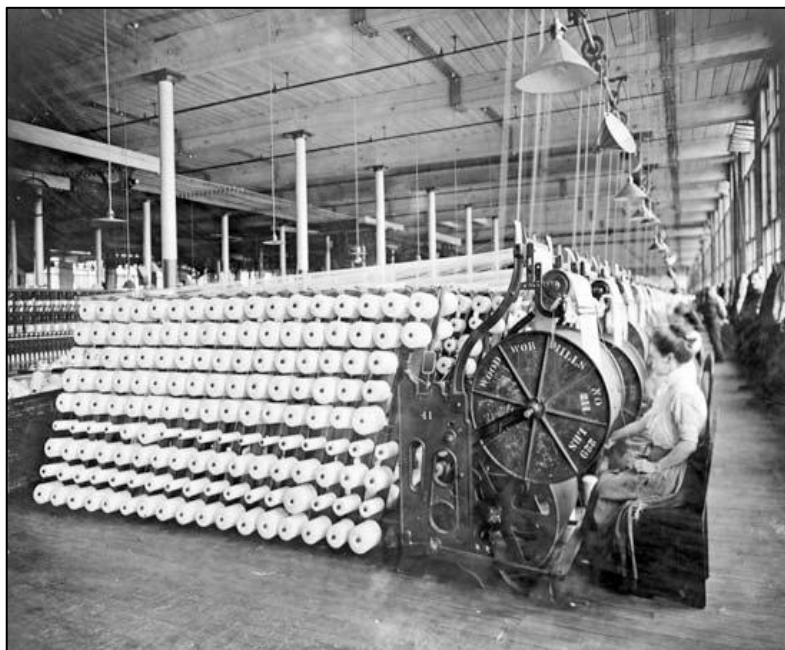
Wstęp

W działalność człowieka od samego początku wpisane były czynności związane z konstruowaniem, tworzeniem wynalazków, które miały mu ułatwić codzienne czynności.

Na początku były to prymitywne narzędzia czy nieskomplikowane urządzenia. Już w czasach antycznych ludzie tworzyli mechanizmy czy urządzenia, które do dzisiejszego dnia sprawnie mogą spełniać swoją funkcję. Wtedy też wytwarzanie zaczęło przyjmować różne formy. Każdy specjalizował się w danej mu dziedzinie, wytwarzając dany produkt. Warto nadmienić, że ta produkcja miała charakter rzemieślniczy bądź manufakturowy i dotyczyła przeważnie danej społeczności.

W XVIII wieku nastąpiła tzw. rewolucja przemysłowa. Według *Encyklopedii Britannica* oraz *Historii Powszechnej XIX wieku A. Chwalby*, jest to proces zmian technologicznych, gospodarczych i społecznych, związanych z przejściem od ekonomii opartej na produkcji manufakturowej czy rzemieślniczej do opierającej się na mechanicznej, fabrycznej, masowej przemysłowej produkcji.

Idąc tym tropem, przemysł zgodnie z *Encyklopedią PWN*, można zdefiniować jako dział produkcji materialnej, wydobywanie i przetwarzanie zasobów naturalnych przyrody. Odbywa się to na dużą skalę na zasadzie podziału pracy, wykorzystując maszyny. Przemysł uległ wielu podziałom, m.in. na przemysł elektromaszynowy, lekki czy chemiczny. Każdy z nich spełnia swą kluczową, główną rolę produkcyjną, ale prowadzi również badania nad nowymi rozwiązaniami, czego przykładem może być przemysł medyczny.



Rysunek 1. Kobiety pracujące w amerykańskiej fabryce wełny, Boston 1912.
Źródło: www.britannica.com (dostęp: 12.04.2017).

1. Produkcja

Kluczowym zagadnieniem w przemyśle jest produkcja, która w pojęciu masowym oznacza tworzenie dużej ilości danego elementu wedle tej samej technologii. Każda produkcja wymusza zastosowanie dużej ilości maszyn i dużego nakładu finansowego. Duży nakład finansowy przy dużej ilości finalnego produktu oznacza przeważnie szybki zwrot inwestycji. Wymusza to jednak zastosowanie dużej ilości maszyn i nakładów kapitału ludzkiego w produkcję, a jak wiadomo – wywiera to ogromny wpływ na koszt produktu.

Na początku XIX wieku konieczna była ogromna liczba robotników do wykonania danego przedmiotu. Z czasem jednak zaczęto się zastanawiać nad sposobem, jak ograniczyć koszty produkcyjne. Wynalezienie elektryczności znacznie przyczyniło się do zwiększenia produktywności. Pozwalała ona uprościć pewne maszyny oraz umożliwiła nowe rozwiązania technologiczne. Wciąż jednak do obsługi maszyn czy prymitywnych systemów produkcyjnych istniała potrzeba dużej liczby robotników.

2. Sterowanie

Z czasem rozpoczęto prace nad modyfikacjami sterowania maszynami ciągu produkcyjnego, które docelowo miały zminimalizować udział człowieka w procesie produkcji. Zaczęto budować stycznikowo-przełącznikowe układy logiczne, które realizowały pewne funkcje podczas ciągu produkcyjnego. Rozwiązanie to pozwoliło tworzyć algorytmy działań, przekładające się na usprawnienie ciągu produkcyjnego. Maszyny konstruowano i oprzyrządowano w odpowiednie włączniki krańcowe bądź prymitywne czujniki, mające na celu usprawnienie czy umożliwienie transportu obrabianego materiału bądź przedmiotu na hali produkcyjnej.



Rysunek 2. Przykładowa szafa sterownicza, zbudowana w oparciu o układy stycznikowo-przełącznikowe. Źródło: www.bipal.pl (dostęp: 12.04.2017).

Umożliwiło to ograniczenie zasobów ludzkich, ale również podniosło bezpieczeństwo pracy na halach. Układy te montowano w szafach sterowniczych, które umieszczano przeważnie przy maszynie. Przykładową szafę sterowniczą przedstawia rysunek 2. Wraz z postępem produkcji konkretne maszyny zaczęto łączyć w zespoły produkcyjne. Posiadając względnie rozbudowane sterowanie, maszyna nie wykonywała jednej danej czynności, ale 2 i więcej.

Zastanawiano się, jak jeszcze bardziej usprawnić ciąg produkcyjny. Zespoły produkcyjne zaczęto łączyć w systemy produkcyjne. Wskutek tego obrabiany przedmiot automatycznie przemieszczany był pomiędzy kolejnymi zespołami produkcyjnymi, a pojęcie to nazywano gniazdami produkcyjnymi. Pozwoliło to na znaczną redukcję zatrudnienia i lepsze wykorzystanie potencjału parku maszynowego.

Rozwiązanie sterowania przekaźnikowo-stycznikowe sprawiało jednak wiele problemów. Głównym było samo zastosowanie algorytmu działań, przeniesienie niejednokrotnie zaawansowanych działań logicznych na układy wykorzystujące styczniki i przekaźniki. Wymagało to grupy specjalistów, którzy przez długi czas żmudnie zabudowywali odpowiednie układy. Umieszczano je w dużych szafach sterowniczych, które niejednokrotnie zajmowały dużo miejsca na halach. Warto nadmienić, że taka szafa sterownicza oprócz gabarytów samej szafy musiała posiadać pewne zaplecze logistyczne, uwzględniające koryta kablowe i dostęp do nich. Następnym napotkanym problemem była trudna modyfikacja czy w razie awarii naprawa wykonanego układu stycznikowo-przekaźnikowego. Konieczność modyfikacji wiązała się ze zmianami połączeń elektrycznych, które niejednokrotnie powodowały zakłócenia w pracy całości. Pojęcie naprawy też sprawiało duże problemy. Samo zlokalizowanie uszkodzonego komponentu czy niewłaściwego połączenia wymagało dużych nakładów czasowych, co sprawiało przestoje w produkcji. Kolejnym problemem były przewody. Duża ilość przewodów o względnie dużych średnicach (rzędu 1-2,5 mm², uwzględniając przewody sygnałowe, lub 4 mm² i więcej dla przewodów zasilających zespoły czy konkretne maszyny) generowała koszt samych przewodów i wymuszała stosowanie dużych, masywnych koryt kablowych, które wytrzymywałyby te obciążenia. Stosowano więc sterowanie rozproszone, które jednak znacząco komplikowało cały system, nie wspominając o modernizacji czy naprawie usterek. Ważnym aspektem były też czasy reakcji tych układów (w zależności od skomplikowania układu dochodzące do nawet 3-4 s), co wydłużało kolejne operacje w procesie produkcyjnym.

3. Rozwój technologii informacyjnej

Sterowania przekaźnikowo-stycznikowe przez dziesięciolecia dominowały we wszelkich systemach sterowania przemysłu. Opracowano pewne schematy sterowania, gotowe zespoły, które znacznie przyspieszały proces projektowania i tworzenia tych układów. Rozwój technologii mikroprocesorowych umożliwił poszukiwanie alternatywnych rozwiązań. W 1968 roku amerykańscy inżynierowie zajmujący się przemysłem samochodowym wyszli z inicjatywą sterowania nowego typu, gdzie algorytm nie będzie zapisywany w „odrutowaniu”, lecz w pamięci, co zaowocowało przedstawieniem w 1970 roku pierwszego systemu sterowania działającego na podstawie cyklicznych obiegów pamięci programu.

Sterowniki PLC znacząco rozwinęły się 40 lat temu, podobnie jak mikroprocesorowe układy. W pierwszych latach rozwoju sterowniki te zastępowały układy przekaźnikowe stosowane w urządzeniach sterowanych sekwencyjnie. Pierwsze kontrolery realizowały system sterowania logicznego, gdzie sygnały wyjściowe są funkcjami sygnałów wejściowych przy zastosowaniu algebry Boole’a.

Ewolucja sterowania przy użyciu urządzeń PLC zawsze rozwijała się równolegle z technologią komputerową i układami mikroprocesorowymi. Współczesny programowalny kontroler logiczny powinien zapewniać m.in. niezawodną pracę w warunkach przemysłowych. Dotyczy to zarówno części sprzętowej i samego oprogramowania. Wymaga się także, aby nowoczesne sterowniki były odporne na błędy i wypadki losowe. Źle podłączone okablowanie bądź jego uszkodzenie może doprowadzić do zwarcia i uszkodzenia urządzenia. Wydaje się, że stworzenie zabezpieczeń, które pozwolą uniknąć takich sytuacji, jest warunkiem koniecznym przy tworzeniu sterownika PLC.

Aktualnie programowanie sterownika odbywa się przy użyciu specjalnych języków programowania z poziomu komputera PC. Użytkownik (programista) ma do dyspozycji kilka układów funkcjonalnych. Niepotrzebna jest znajomość rzeczywistej budowy kontrolera, takiej jak typ procesora czy lista rozkazów, gdyż program w procesie kompilacji tłumaczony jest na język maszynowy. Program w języku maszynowym ma zapisane w odpowiedniej kolejności instrukcje przetwarzania sygnałów sterowniczych, które są wykonywane pod kontrolą systemu operacyjnego czasu rzeczywistego. Dzięki prostej obsłudze oraz dużej funkcjonalności programowalny kontroler logiczny jest popularnym urządzeniem, stosowanym obecnie prawie w każdym większym zakładzie produkcyjnym (Olszewski, 2009; Kwaśniewski, 2008).

Ze względu na rozwiązania układowe kontrolery można podzielić na:

- sterowniki o budowie zwartej, gdzie w jednej obudowie zamknięto wszystkie główne elementy układu;
- sterowniki o budowie rozproszonej, w których elementy kontrolerów są od siebie oddalone, przy czym bardziej odległe podzespoły wyposaża się we własne mikroprocesory, komunikują się one z rozproszonymi układami za pomocą sieci przemysłowej; ta technologia stosowana jest od niedawna;
- sterowniki o budowie modułowej, czyli układy, których podzespoły posiadają specjalne złącza służące do łączenia ich w odpowiednie zestawy (Sałat, Korpysz, Obstawski, 2014).

Kolejnym kryterium, według którego można podzielić sterowniki PLC, jest wielkość, czyli liczba wejść i wyjść oraz typ architektury danego kontrolera. Podział ten przedstawia tabela 1.

Tabela 1
Podział sterowników

Typ sterownika	Liczba wej./wyj.	Typ architektury
Nano	do 32	sztynny
mały(kompaktowy)	kilkadziesiąt (do 128)	przeważnie sztywny
średni	kilkaset (do 512)	modułowy
duży	powyżej	modułowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*, J. Kwaśniewski, 2008, Legionowo: Wydawnictwo BTC.

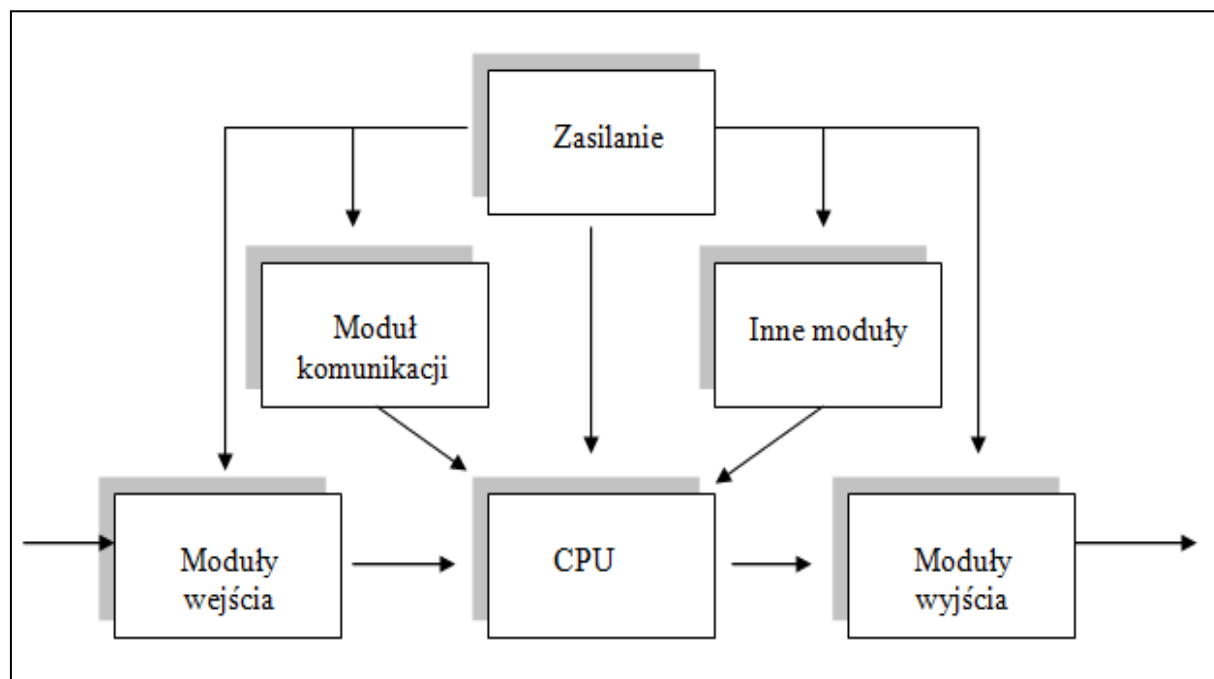
Przedstawione w tabeli 1 rodzaje kontrolerów programowalnych, z wyjątkiem nanosterowników, są wykonywane w technologii modułowej. Przez to istnieje późniejsza możliwość rozbudowy tych sterowników o kolejne moduły, w zależności od potrzeb użytkownika (Sałat, Korpysz, Obstawski, 2014).

W takich rodzajach konstrukcji można wyróżnić 4 rodzaje rozbudowy sterownika o dodatkowe moduły. Pierwszy polega na umieszczaniu modułów na sztywnej podstawie posiadającej gniazda łączeniowe. Daje to możliwość umieszczenia tam również jednostki centralnej. W drugim rodzaju dodatkowe elementy zatrzaskuje się na standardowej szynie aparaturowej typu DIN. Następnie dociska się ją do siebie w celu ich połączenia. Trzeci typ odnosi się do budowy rozproszonej, gdzie odległości między modułami sięgają setek metrów. Czwarty rodzaj polega z kolei na zastosowaniu sterowania programowego.

Sterowniki PLC zbudowane są z kilku elementów funkcjonalnych, do których należą (Kwaśniewski, 2008):

- zasilacz (dostarcza napięcie do podzespołów sterownika);
- jednostka centralna (podejmuje decyzje i wykonuje funkcje sterowania, bazując na instrukcjach programowych);
- moduł wejść cyfrowych i analogowych (przetwarza sygnały logiczne na takie, które są zrozumiałe dla CPU);
- moduł wyjść cyfrowych i analogowych (przetwarza funkcje sterowania z CPU do postaci cyfrowej lub analogowej użytecznej do sterowania różnymi urządzeniami);
- moduł komunikacji (pozwala na podłączenie do sterownika innych urządzeń, np. programatora);
- moduły specjalne (pozwalają podłączyć moduły szybkich liczników czy moduły pozycjonowania osi).

Poszczególne moduły kontrolera oraz pozostałe elementy obrazuje schemat strukturalny na rysunku trzecim (Sałat, Korpysz, Obstawski, 2014).



Rysunek 3. Schemat strukturalny sterownika PLC.

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*, J. Kwaśniewski, 2008, Legionowo: Wydawnictwo BTC.

Kryteria doboru sterownika to (Sałat, Korpysz, Obstawski, 2014):

- rodzaj obiektu;
- wielkość obiektu, czyli przybliżona liczba wejść i wyjść;
- warunki eksploatacyjne;
- główne zadania;
- informacje dotyczące obiektu/funkcji sterowania.

Kryteria te są konieczne dla odpowiedniego doboru sterownika przeznaczonego do obsługiwanego systemu. Warunkują one cenę koniecznego osprzętu, kosztu montażu i rozruchu sterowania czy czas realizacji. Ważnym aspektem jest też wcześniejsze uwzględnienie możliwości rozwoju systemu w przyszłości (Kwaśniewski, 2008).

4. Sterowniki PLC w przemyśle

Sterowniki PLC z czasem wykluczyły układy stycznikowo-przełącznikowe z procesów produkcyjnych. Pierwszą zaletą sterowników PLC jest ich pobór energii dostarczanej z sieci elektrycznej. Dla popularnego sterownika marki Siemens S7-1200 jest to maksymalnie 14 W, co w porównaniu z układami stycznikowo-przełącznikowymi daje z perspektywy czasu duże oszczędności. Algorytm w sterownikach ma formę programu, który w dowolnej chwili można modyfikować zależnie od potrzeb, niejednokrotnie bez konieczności zmian w połączeniach elektrycznych. Kolejną cechą wyróżniającą sterowniki PLC jest łatwość zlokalizowania usterki, gdyż decyzje sterownicze podejmowane są w jednym punkcie (przy układzie gwiazdy) lub w kilku (przy systemie rozproszonym). Możliwość podglądu online daje możliwości nadzorowania przebiegu produkcji czy lokalizowania usterek, co w przypadku wcześniejszych rozwiązań było pracochłonne i trudno wykonalne. Sterowniki pozwalają również na symulację działania danego algorytmu, co pozwala na wczesne wykrywanie nieprawidłowości już na poziomie projektowania czy programowania kontrolerów logicznych. Zastosowanie sterowników swobodnie programowalnych umożliwi również projektowanie o wiele bardziej złożonych systemów czy wprowadzać poprawki we własnym działaniu dla lepszej optymalizacji procesów obróbkowych.



Rysunek 4. Sterownik PLC firmy ABB.

Źródło: <http://automatykab2b.pl/> (dostęp: 12.04.2017).

Okablowanie sterowników PLC wymaga znacznie mniejszych przekrojów, jednak muszą być one odporne na zakłócenia elektromagnetyczne, które mogą powodować fałszywe odczyty z różnego rodzaju sensorów. Gabaryty samego systemu sterowniczego w porównaniu do szaf sterowniczych znanych z układów stycznikowo-przełącznikowych ulegają znacznemu zmniejszeniu ze względu na kompaktowość sterowników. Zmniejszenie gabarytów jest dobrze widoczne na rysunku 4. Ważnym aspektem jest też kadra. Wymagają one bardzo dobrze wykwalifikowanych specjalistów z zakresu programowania i obsługi, jednak nie w takiej liczbie jak w układach stosowanych poprzednio. Same zaś aplikacje o wiele łatwiej się dokumentuje i co najważniejsze dla techników – nieporównywalnie łatwiej je powielać i przenosić na inne systemy. Przekłada się to na oszczędności. Wydajność produkcji ulega znacznemu zwiększeniu, gdyż odczytanie sygnału i ewentualna reakcja wynoszą kilka milisekund czy nawet kilka nanosekund, czyli można otrzymać niemal natychmiastową reakcję układu na zachodzące zmiany. W razie potrzeby powiększenia systemu większość sterowników posiada budowę modułową, przez co można w łatwy i komfortowy sposób dodać kolejne moduły sterownicze i rozwinąć system zarządzający. Dzięki sterownikom możliwe jest również otrzymanie bardziej dokładnych czy skomplikowanych produktów. Pozwalają one na stosowanie inteligentnych, wieloparametrowych sensorów czy dużej ilości aktuatorów, przez co kontrola parametrów obróbki czy wymiarów może być prowadzona teoretycznie po każdym procesie obróbczym.

Podsumowanie

Przemysł produkcyjny na przestrzeni wieków przeszedł wiele rewolucyjnych zmian. Zmieniały się sposoby produkcji, organizacja pracy czy park maszynowy. XIX wiek i era informatyzacji pozwoliły nam w dużo większym stopniu wykorzystywać potencjał ludzki czy możliwości maszyn. Aktualnie w pełni zautomatyzowany proces produkcyjny jest podstawą produkcji masowej, która generuje duże zyski dla wytwórcy. Zakłady produkcyjne, inwestując w dość kosztowną modernizację sterowania, myślą w sposób przyszłościowy. Będzie im łatwiej zaadaptować się do wytwarzania coraz to nowszych, bardziej wymagających konstrukcji. Rozbudowa systemu opartego na sterownikach PLC jest o wiele łatwiejsza niż w klasycznym, co umożliwi dalszy rozwój przedsiębiorstw. Obniżając koszty produkcji, stają się one bardziej konkurencyjne na rynkach, pozwalając na zdobywanie nowych krajowych bądź zagranicznych rynków zbytu.

„Firmy, które rosną dzięki rozwojowi i ulepszeniom, nie zginą.
Ale kiedy firma przestaje być twórcza, kiedy uważa, że osiągnęła doskonałość
i teraz musi tylko produkować – już po niej”.

Henry Ford¹

¹ www.cytatybiznesu.pl/ (dostęp: 12.04.2017).

Streszczenie

W artykule została omówiona możliwość wykorzystania sterowników PLC w przemyśle. Zwrócono uwagę na sposoby, w jakich realizowano funkcje sterowania procesem produkcyjnym przed wprowadzeniem sterowników PLC, a także jak programowalne kontrolery logiczne uprościły to sterowanie, co doprowadziło do dużego zwiększenia wydajności zakładów produkcyjnych. W ogólnym ujęciu przedstawiona została również architektura sterowników PLC oraz ich podział.

Abstract

The article discussed the possibility of using Programmable Logic Controllers in the industry. Attention was paid to the ways of controlling the process of production before the introduction of the PLC controllers. Attention was drawn to it as programmable logic controllers simplify this control, which led to a large increase of efficiency of production facilities. It was also presented architecture of programmable logic controllers and their types.

Bibliografia

Kwaśniewski, J. (2008). *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*. Legionowo: Wydawnictwo BTC.
Olszewski, M. (2009). *Urządzenia i systemy mechatroniczne (część 1)*. Warszawa: Wydawnictwo REA.
Sałat, R., Korpysz, K., Obstawski, P. (2014). *Wstęp do programowania sterowników PLC*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.

<http://automatykab2b.pl/>.

www.bipal.pl.

www.cytatybiznesu.pl.

WYBRANE ZAGADNIENIA ZAGOSPODAROWANIA POJAZDÓW WYCOFANYCH Z EKSPLOATACJI

Wstęp

Obserwowany szybki przyrost liczby nowych samochodów na świecie i w Polsce, jak również wiekowa struktura pojazdów, przyczyniają się do ciągłego wzrostu liczby pojazdów wycofanych z eksploatacji (tzw. pojazdów złomowanych). W roku 2015 światowa produkcja samochodów wynosiła ok. 90 mln sztuk (KPMG, 2015). Należy zaznaczyć, że po zakończeniu ich cyklu życia, ilość odpadów wyniesie ok. 127 mln Mg. W Polsce każdego roku rejestrowanych jest ok. 1,5 mln pojazdów. Z bazy CEPiK (Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców) wynika, że w roku 2015 ok. 460 tys. pojazdów zostało wycofanych z eksploatacji. Zjawiskiem niekorzystnym, obserwowanym od momentu wejścia Polski do Unii Europejskiej, jest masowe sprowadzanie używanych samochodów – w latach 2014-2016 było to ponad 2,5 mln pojazdów, często wyeksploatowanych, mających ponad 10 lat.

Pojazdy wycofane z eksploatacji (PWE) stanowią źródło odpadów, które ze względu na swoją charakterystykę czy zawartość substancji i elementów takich jak m.in.: oleje, paliwo, płyny hamulcowe, chłodnicze, ze spryskiwaczy, katalizatory, baterie i akumulatory, filtry, okładziny hamulcowe, elementy wybuchowe, elementy zawierające rtęć należą do odpadów niebezpiecznych i powinny zostać zagospodarowane w bezpieczny dla człowieka oraz środowiska sposób. Jednym ze sposobów ograniczających negatywne oddziaływanie samochodów wycofanych z eksploatacji na środowisko jest recykling samochodów. Jest to proces przetwarzania pojazdów wyeksploatowanych, polegający na bezpiecznym dla środowiska demontażu oraz ponownym wykorzystaniu gospodarczym podzespołów, części, materiałów, jak również unieszkodliwieniu tych części, które nie nadają się do dalszego wykorzystania (Ustawa z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji). Istotą recyklingu, oprócz ochrony zasobów naturalnych, jest oszczędność energii oraz zmniejszenie składowania odpadów na składowiskach. W Polsce zagadnienia dotyczące zagospodarowania pojazdów wycofanych z eksploatacji, w tym ich demontaż i recykling w sposób przyjazny dla środowiska, zostały uregulowane przepisami wspomnianej ustawy z dnia 20 stycznia 2005 r. Zgodnie z jej zapisami, demontaż pojazdów wycofanych z eksploatacji ma się odbywać w obiektach do tego celu specjalnie stworzonych, czyli w stacjach demontażu pojazdów. Dobrze zorganizowana sieć zbierania pojazdów na terenie kraju w połączeniu z odpowiednio liczną, dobrze wyposażoną oraz zarządzaną grupą firm zajmujących się demontażem powinna zapewniać przerób wszystkich pojazdów wycofanych z eksploatacji. Ważne jest, aby szczególnie nowo powstające stacje demontażu były właściwie projektowane, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

1. Stan ilościowy i jakościowy pojazdów zarejestrowanych w Polsce

W Polsce od 2008 roku liczba pojazdów rejestrowanych i użytkowanych sukcesywnie wzrasta. W 2008 roku zarejestrowanych było 21 337 tys. sztuk pojazdów, a w 2015 – 27 409 tys. sztuk (www.cepik.gov.pl, dostęp: 20.03.2017). Na przestrzeni 8 lat park samochodowy powiększył się o 6 072 tys. pojazdów. Generalnie tendencja wzrostowa parku pojazdów samochodowych jest zgodna ze wzrostem liczby aut osobowych, które w strukturze parku stanowią ok. 75% (*Raport branży motoryzacyjnej 2016*, 2016). W tabeli 1 zestawiono liczbę pojazdów zarejestrowanych na terytorium Polski oraz pojazdów zarejestrowanych po raz pierwszy w latach 2008-2015.

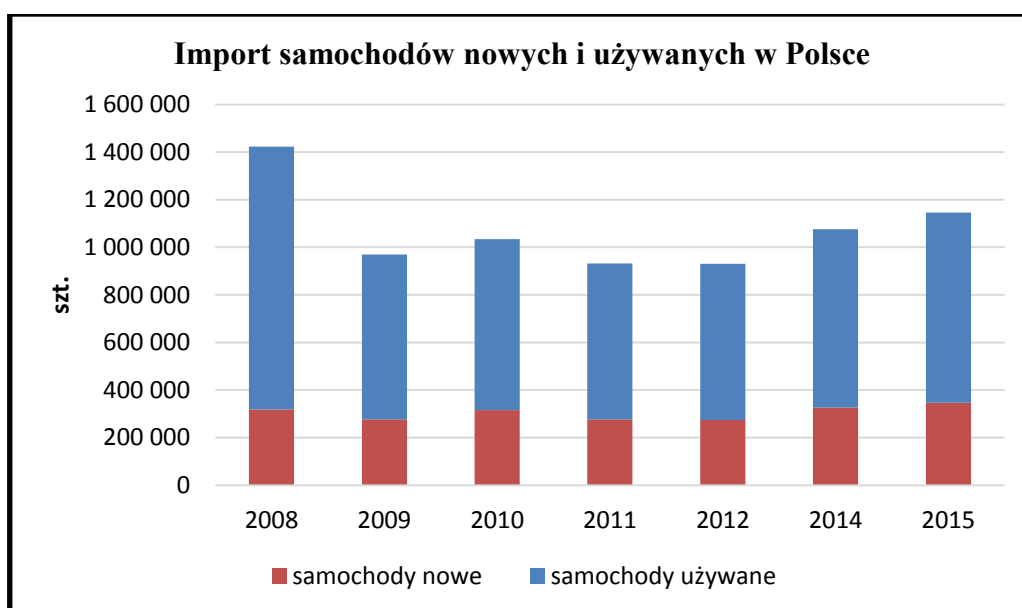
Tabela 1

Liczba rejestrowanych pojazdów w Polsce w latach 2008-2015

Pojazdy zarejestrowane w Polsce w latach 2008-2015 [tys. sztuk]								
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Liczba pojazdów zarejestrowanych	21 337	22 025	23 037	24 189	24 876	25 684	26 472	27 409
Liczba pojazdów rejestrowanych po raz pierwszy	1 982,5	1 437,5	1 466,4	1 368,1	1 314,5	1 379,5	1 457,3	1 584,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych www.cepik.gov.pl (dostęp: 20.03.2017).

Według danych CEPIK, w kraju corocznie rejestrowanych jest ponad milion pojazdów nowych i używanych. W 2015 roku liczba tych pojazdów wynosiła 1 584 tys. Do powiększania parku samochodowego przyczynia się przede wszystkim import używanych samochodów z zagranicy (głównie krajów Unii Europejskiej). Na rysunku 1 przedstawiono dane statystyczne dotyczące nowych oraz sprowadzanych do Polski używanych samochodów osobowych w latach 2008-2015 (*Raport branży motoryzacyjnej 2016*, 2016).



Rysunek 1. Import samochodów nowych i używanych w Polsce w latach 2008-2015.

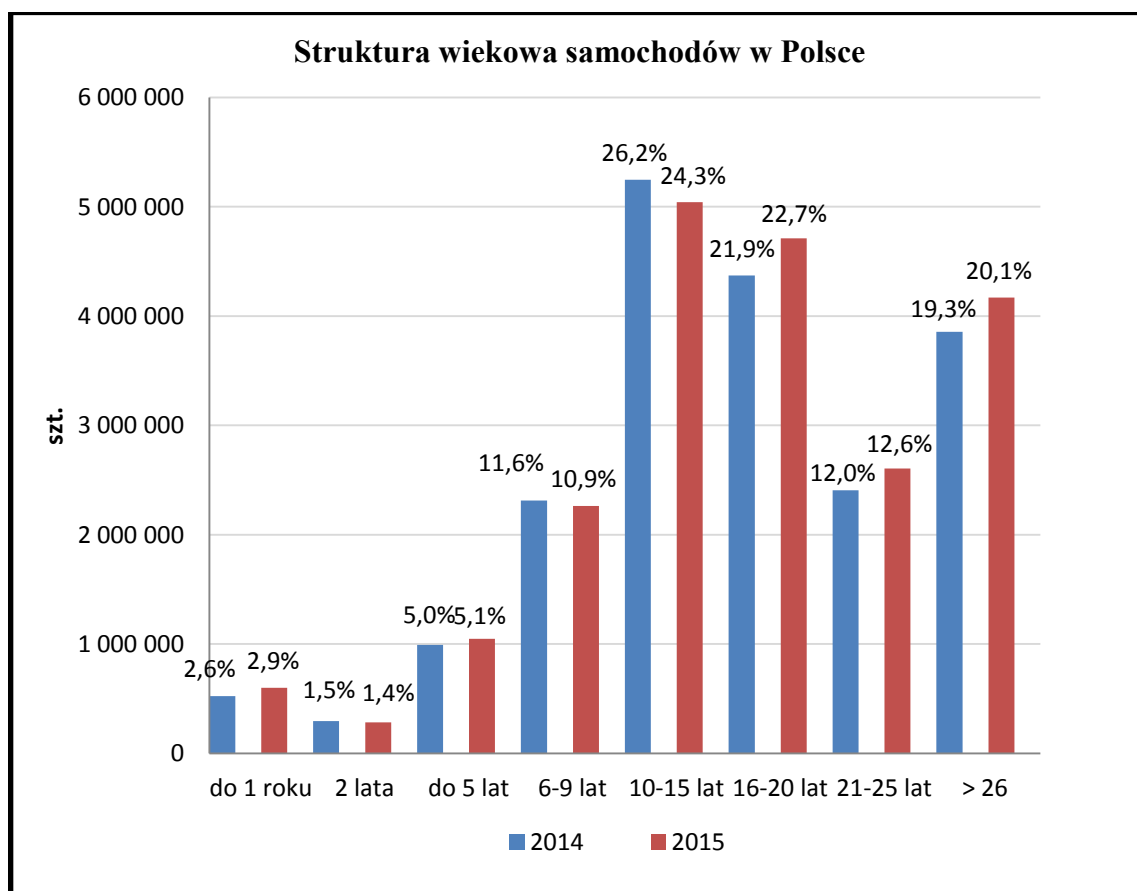
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych *Raport branży motoryzacyjnej 2016*, 2016, Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego.

Należy zauważyć, że średnio każdego roku na rynek wprowadzano ok. 750 tys. samochodów używanych, podczas gdy aut nowych ok. 300 tys. Sprowadzane samochody używane w głównej mierze stanowią pojazdy mające ponad 4 lata i często powypadkowe. W roku 2015 auta poniżej 4 lat stanowiły zaledwie 8% wszystkich importowanych samochodów osobowych. Samochody w wieku od 4 do 10 lat stanowiły ok. 39%. Niestety, aż ok. 53% importowanych samochodów stanowiły samochody powyżej 10 lat.

Łatwość masowego sprowadzania samochodów do Polski wpływa bardzo niekorzystnie na strukturę wiekową parku samochodowego, powodując jego starzenie. Należy zauważyć, że średni cykl życia pojazdu wynosi od 12 do 15 lat. Samochody, które uzyskały ten pułap wiekowy, potencjalnie aspirują do recyklingu (Małuszyńska i in., 2011).

Na rysunku 2 przedstawiono strukturę wiekową pojazdów zarejestrowanych w Polsce w latach 2014 i 2015 (*Transport. Wyniki działalności w 2015 r.*, 2016). Największą grupę samochodów stanowiły auta w wieku od 10 do 15 lat (24,4% udziału w całym rynku). Kolejną grupę stanowiły auta o okresie eksploatacji od 16 do 20 lat (ok. 11%). Auta mające ponad 11 lat stanowiły ponad 72% wszystkich samochodów zarejestrowanych w roku 2015. Należy zauważyć, że samochodów, które miały powyżej 25 lat było prawie 5-krotnie więcej niż aut do 2 lat eksploatacji. Interesujące dane dotyczą grupy aut w wieku przekraczającym 25 lat. Grupa ta stanowi blisko 20%.

W dłuższej perspektywie czasowej, zgodnie z przedstawionymi danymi, utrzymujący się trend musi zaowocować zwiększeniem liczby pojazdów wycofywanych z użytkowania i przeznaczaniem ich do recyklingu.



Rysunek 2. Struktura wiekowa samochodów osobowych w Polsce w latach 2014 i 2015.

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Transport. Wyniki działalności w 2015 r.*, 2016, Warszawa: GUS.

Dane dotyczące ilości PWE przekazanych do stacji demontażu pojazdów w Polsce w latach 2008-2015 przedstawiono w tabeli 2. Należy odnotować, że liczba przekazanych do demontażu pojazdów sukcesywnie wzrasta. Dane te nie odzwierciedlają jednak stanu faktycznego, ponieważ ok. 60% pojazdów wycofanych z eksploatacji przejmują tzw. „szara strefa”. W roku 2015 zdemontowano w szarej strefie ok. 13 mln pojazdów. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest m.in. brak skutecznego systemu zbierania pojazdów czy brak nadzoru nad systemem rejestracji i wyrejestrowania pojazdów. Rozwiązaniem zapobiegającym nielegalnej rozbiórce samochodów może być np. wprowadzenie systemu zachęt, dopłat dla ostatniego właściciela pojazdu wycofanego z eksploatacji (Misiejuk, Małyszko, 2017). „Szara strefa” odbiera nie tylko wpływy legalnym zakładom demontażu, ale przez niewłaściwy demontaż samochodów przyczynia się też do zanieczyszczenia środowiska.

Tabela 2

Liczba przekazanych do demontażu pojazdów w Polsce w latach 2008-2014

Pojazdy wyrejestrowane w latach 2008-2014 [tys. szt.]								
Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Liczba	194,6	218,2	232,7	306,0	350,0	398,8	442,8	460,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych www.cepik.gov.pl (dostęp: 20.03.2017).

2. Aspekty prawne dotyczące pojazdów wycofanych z eksploatacji w Polsce

Podstawowym dokumentem regulującym problemem zagospodarowania pojazdów wycofanych z eksploatacji w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa 2000/53/EC o pojazdach wycofanych z eksploatacji (Dyrektywa PE, 2000/53/EC). Dyrektywa ta została transponowana do prawa polskiego Ustawą z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r., Nr 25, poz. 202 z późn. zm.). Ustawa określa zasady postępowania z pojazdami wycofanymi z eksploatacji w sposób bezpieczny dla środowiska i człowieka zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Reguluje m.in. działania sieci zbierania pojazdów i stacji demontażu.

Stacja demontażu, zgodnie z ww. ustawą, to zakład, w którym prowadzone są czynności przetwarzania, w tym demontaż obejmujący:

- usunięcie z PWE elementów i substancji niebezpiecznych, w tym płynów;
- wymontowanie z PWE przedmiotów wyposażenia oraz części nadających się do ponownego użycia;
- wymontowanie z PWE elementów nadających się do odzysku lub recyklingu.

Należy zaznaczyć, że przedsiębiorca prowadzący stację demontażu jest zobowiązany osiągać poziom odzysku i recyklingu PWE odpowiednio od 2015 roku 95% i 85% łącznej masy pojazdów przyjętych do złomowania. Maksymalnie 5% masy pojazdu złomowanego wycofanego z eksploatacji może być umieszczone na składowisku odpadów jako odpad. Pozostała część musi zostać poddana odzyskowi.

Zasadniczym procesem odzysku jest recykling produktowy – ponowne wykorzystanie części i zespołów, będących w dobrym stanie technicznym do ponownego użycia jako części zamienne. Kolejną formą jest recykling materiałowy (surowcowy), polegający na przetwarzaniu na surowce tych części, które nie mogą być użyte bezpośrednio w recyklingu produktowym. W przypadku materiałów takich jak zużyte opony czy przepracowane oleje można przeprowadzić odzysk energetyczny np. przez spalanie (Gola-Sienkiewicz, 2008).

W związku z problemami dotyczącymi niedostosowania polskiego prawa do dyrektywy UE nr 2000/53/EC, ustawę o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji znowelizowano. Nowa Ustawa z dnia 27 maja 2015 r. (Dz.U. z 2015 r., poz. 933) wprowadziła takie zmiany jak:

- zniesienie opłaty recyklingowej pobieranej od sprowadzonego samochodu do Polski z obszaru UE;
- wprowadzenie kar dla importerów samochodów za brak sieci recyklingu;
- wprowadzenie kar dla stacji demontażu (SD) za nieosiągnięcie założonych poziomów odzysku i recyklingu

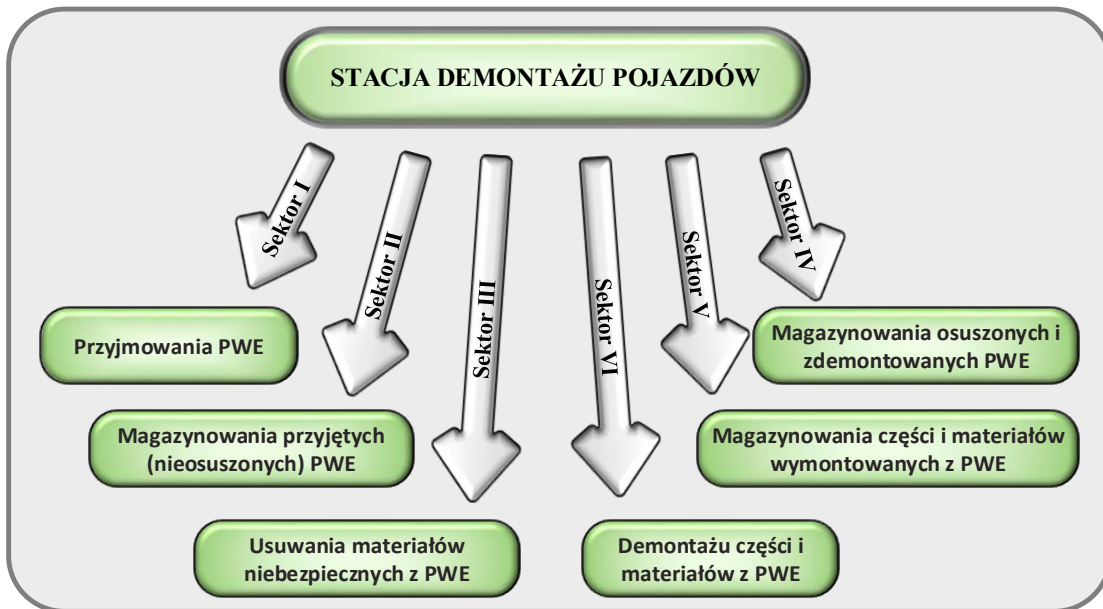
Dla przedsiębiorców sprowadzających poniżej 1 000 pojazdów sieć zbierania pojazdów musi składać się z 3 punktów w Polsce, działających w różnych miejscowościach, a dla sprowadzających pojazdy w ilości ponad 1 000 sztuk rocznie, 3 w każdym z województw, czyli łącznie 48 SD. Po wprowadzeniu ustawy to producenci i importerzy pojazdów ponoszą koszty budowy sieci zbierania i recyklingu pojazdów, a kwoty wynikające z zawartych umów podpisywanych z SD mają trafiać bezpośrednio do stacji demontażu, podnosząc ich zyskowność.

Ustawę o recyklingu uzupełnia szereg rozporządzeń. Jednym z ważniejszych, związanym bezpośrednio z organizacją i działalnością stacji demontażu, jest Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 24 marca 2006 r. w sprawie listy istotnych elementów pojazdu kompletnego (Dz.U. z 2006 r., Nr 58, poz. 407). Rozporządzenie doprecyzowuje istotne elementy wchodzące w skład pojazdu, co nie jest zabiegiem przypadkowym. Analiza kompletności pojazdu przyjmowanego do złomowania jest podstawą dla pobierania opłaty za oddanie pojazdu niekompletnego.

Równie istotnym aktem prawnym jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 września 2005 r. w sprawie wykazu przedmiotów wyposażenia i części wymontowanych z pojazdów, których ponowne użycie zagraża bezpieczeństwu ruchu drogowego lub negatywnie wpływa na środowisko (Dz.U. z 2005 r., Nr 201, poz. 1666). W tekście dokumentu szczegółowo wymienione są wszystkie elementy demontowane z pojazdów, których dalsza odsprzedaż, regeneracja lub bezpośrednio użycie w innych pojazdach jest zabronione. Elementy, co do których obowiązuje zakaz ponownego użycia lub odsprzedaży, to:

- poduszki powietrzne z aktywatorami pirotechnicznymi, jednostkami kontroli, elektronicznej i czujnikami;
- klocki, szczęki hamulcowe oraz przewody i uszczelnienie układu hamulcowego;
- tłumki układu wydechowego, przeguby układu kierowniczego i zawieszenia;
- fotele zintegrowane z pasami bezpieczeństwa lub poduszkami powietrznymi, układ blokady kierownicy;
- immobilisery wraz z transponderami sterowania elektrycznego;
- urządzenia przeciwwłamaniowe i alarmowe, elementy elektryczne i elektroniczne układów bezpieczeństwa jazdy (ABS, ASR);
- przewody paliwowe, filtry jednorazowe i wkłady filtra, zawory recyrkulacji spalin, instalacje zasilania gazem silników;
- pióra wycieraczek szyb, konwertory katalityczne (katalizatory), kondensatory zawierające PCB;
- automatyczne i nieautomatyczne zestawy pasów bezpieczeństwa;
- płyny eksploatacyjne, w szczególności: olej silnikowy, olej przekładniowy, olej do przekładni hydraulicznych, płyn chłodzący, płyn odmrażający, płyn hamulcowy, płyn do układów klimatyzacyjnych.

Kolejnym ważnym aktem jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 28 lipca 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla stacji demontażu oraz sposobu demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r., Nr 143, poz. 1206), zawierające wytyczne do podziału terenu stacji na 6 sektorów z wyszczególnieniem czynności w nich wykonywanych (rysunek 3).



Rysunek 3. Podział stacji demontażu na sektory zgodnie z RMGiP z dnia 28 lipca 2005 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 28 lipca 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla stacji demontażu oraz sposobu demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r., Nr 143, poz. 1206).

Bardzo istotnym dokumentem regulującym postępowanie z odpadami jest Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21) oraz wprowadzone na jej podstawie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2014 r., poz. 1923). Szczegółowe zastawienie odpadów powstających podczas rozbiórki zamieszczono w rozdziale 4.2 – „Fracje odpadów występujące w procesie demontażu PWE”.

Kwestie obliczania poziomów recyklingu i odzysku reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2010 r. w sprawie sposobu obliczania poziomów odzysku i recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2010 r., Nr 202, poz. 1340). Podkreślić należy, że brak wypełnienia założonych poziomów odzysku i recyklingu skutkuje nałożeniem kar na stacje demontażu.

3. Organizacja i technika demontażu pojazdów

Wyróżnia się 2 rodzaje demontażu pojazdów:

- demontaż gniazdowy;
- demontaż taśmowy.

W specyficznych warunkach możliwe jest stosowanie ich kombinacji. Demontaż gniazdowy polega na rozkładaniu pojazdu w jednym miejscu przez jeden zespół pracowników. System stosowany jest zazwyczaj w małych przedsiębiorstwach, cechuje się elastycznością, czyli pozwala na zmianę zakresu demontażu i jego tempa w zależności od typu samochodu. Wadą systemu jest zaangażowanie większej liczby pracowników w stosunku do demontażu taśmowego, w którym proces częściowo oparty jest na automatyzacji linii rozbiórki. W demontażu taśmowym proces przebiega płynnie, niezależnie od typu i marki samochodu. Najczęściej stosowany jest w dużych stacjach (Oprędkiewicz, Stolarski, 2003).

W odniesieniu do typów sieci recyklingu można wyróżnić 3 jego typy (Merkisz-Guranowska, 2007):

- jednostopniowy;
- dwustopniowy;
- trzystopniowy.

Polskie ustawodawstwo przewiduje system trzystopniowy, nastawiony w jak największym stopniu na odzysk i recykling.

System jednostopniowy polega na bezpośrednim poddawaniu osuszonych pojazdów strzępieniu w strzępiarkach. System ten nie jest stosowany w UE ze względu na swoją małą efektywność w wyodrębnianiu poszczególnych frakcji materiałowych.

System dwustopniowy pozwala na wyodrębnienie większej masy materiałów i części do dalszego przerobu niż system jednostopniowy. Pojazdy poddawane są demontażowi w wyspecjalizowanych SD i dopiero później strzępione.

System trzystopniowy przewiduje równoczesne występowanie 3 jego elementów – stacji demontażu, strzępiarek oraz punktów zbierania pojazdów. Punkty zbierania przejmują główny ciężar zbiórki pojazdów. Ich działalność ogranicza się do przyjęcia pojazdu, wystawienia zaświadczenia o złomowaniu dla właściciela i przechowania pojazdu do momentu transportu do SD. Po rozbiórce w stacji demontażu karoserie zostają najczęściej sprasowane, a następnie przetransportowane do zakładu strzępienia.

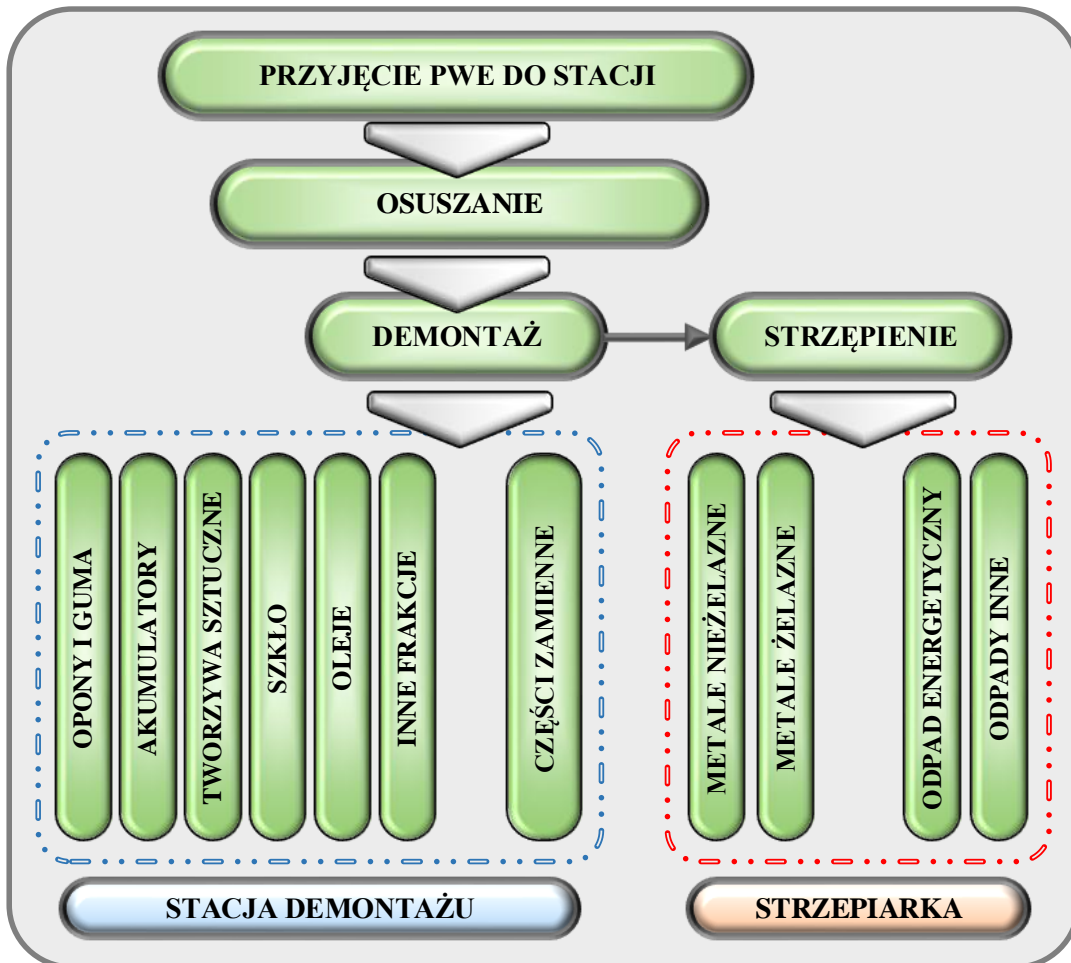
Odzyskane w wyniku demontażu części i produkty mogą stanowić ok. 80% wartości PWE przyjętego do stacji demontażu, zależnie od „głębokości” demontażu. Wskaźnik ten jest jednak realny do osiągnięcia przy założeniu, że demontowane pojazdy nie są wyeksploatowane w stopniu uniemożliwiającym ponowne użycie wymontowanych z nich części (Oprędkiewicz, Stolarski, 2003).

3.1. Schemat procesu recyklingu

Czynnością poprzedzającą jakiegokolwiek prace rozbiórkowe przeprowadzane w stacji demontażu jest osuszenie pojazdu z płynów eksploatacyjnych (olejów, resztek paliwa, płynu chłodniczego, hamulcowego, płynu do spryskiwaczy itd.), demontaż akumulatorów oraz usunięcie gazu z systemu klimatyzacji. Wynika to bezpośrednio z obowiązujących ustaw.

Z osuszonego już pojazdu usuwane są w pierwszej kolejności takie elementy jak poduszki powietrzne oraz pirotechniczne napinacze pasów bezpieczeństwa. Podczas następnego etapu z pojazdu wymontowuje się podzespoły i części, które nadają się do powtórnego wykorzystania czy regeneracji (recykling produktowy), a także późniejszej odsprzedaży.

Rysunek 4 przedstawia schemat procesu recyklingu i powstające frakcje z uwzględnieniem strzępiarek będących na wyposażeniu oddzielnych firm zewnętrznych.



Rysunek 4. Schemat procesu recyklingu PWE i uzyskiwane frakcje z uwzględnieniem strzępienia. Źródło: opracowanie własne.

4. Organizacja zakładu stacji demontażu PWE

Stacja demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji to firma, w której przeprowadzane są następujące operacje technologiczne:

- dostawa i wyładunek PWE;
- magazynowanie przyjętych do demontażu pojazdów;
- usuwanie substancji niebezpiecznych,
- oczyszczenie wstępne elementów i przygotowanie do demontażu;
- demontaż części i ich późniejsza weryfikacja i segregacja;
- przygotowanie materiałów do transportu;
- magazynowanie;
- odsprzedaż zdemontowanych, sprawnych części zamiennych.

Cały teren SD podzielony na 6 sektorów (rysunek 3) musi być odpowiednio zabezpieczony ekologicznie i wyposażony w niezbędne wyposażenie techniczne oraz być ogrodzony.

Konieczność spełnienia wymagań ekologicznych wymusza zastosowanie takich elementów jak szczelne nawierzchnie oraz szczelne krawężniki dla zabezpieczenia przed wyciekami substancji niebezpiecznych, oczyszczalni ścieków, separator koalescencyjny, zasobniki sorbentów. Specjalistyczne wyposażenie SD musi zawierać przynajmniej takie elementy jak: waga samochodowa, obrotnica, śrubowy podnośnik samochodowy, wózek widłowy o odpowiednim udźwigu, urządzenia do osuszania pojazdów, urządzenia do gromadzenia płynów eksploatacyjnych, przecinaki i nożyce do blachy, urządzenia do testowania podzespołów przeznaczonych do odsprzedaży, urządzenia do demontażu opon z felg samochodów, ekologiczne myjki części przeznaczonych do odsprzedaży, butle gazowe i osprzęt do cięcia tlenowego, inny, drobny sprzęt warsztatowy (komplety kluczy, klucze pneumatyczne, komplety wkrętaaków, szczypec, szlifierki kątowe itp.) (Osiński i Zach, 2009).

Istotnym elementem przy projektowaniu infrastruktury SD jest właściwe rozplanowanie i zorganizowanie magazynów części oraz materiałów niebezpiecznych. Podręczne pojemniki są umieszczane bezpośrednio na stanowiskach demontażu, następnie transportowane do magazynów, opróżniane i ponownie podstawiane na swoje miejsce.

Identyfikowalność wymontowanych części wymusza wprowadzenie systemu wspomagającego pracę magazynu. Oznakowanie za pomocą kodów kreskowych pozwala na szybszą obsługę klientów SD. Części powinny być zabezpieczone przed przypadkowym strąceniem z półki, drobne elementy powinny być przechowywane w pojemnikach, a większe, tj. silniki, skrzynie biegów itp., na paletach. Elementy, z których możliwy jest wyciek płynów powinny być przechowywane na paletach wyposażonych w kuwety umieszczone pod regałami. Powierzchnia magazynowa powinna przewidywać poruszanie się wózków widłowych ułatwiających dostęp do wyżej położonych części.

Osobne pomieszczenie powinno zostać przeznaczone dla odpadów niebezpiecznych. Materiały te muszą być posegregowane i przechowywane w szczelnych pojemnikach pod zadaszeniem. Magazynowanie akumulatorów również wymaga osobnego pomieszczenia, dodatkowo zabezpieczonego przed działaniem kwasów.

Powierzchnia magazynowa to również plac składowania PWE oczekujących na osuszenie. Powinna być podłączona za pomocą kanałów z separatorem koalescencyjnym.

Należy pamiętać też o właściwym zabezpieczeniu przeciwpożarowym – wymusza to oddzielenie magazynu płynów łatwopalnych od magazynu części oraz innych budynków.

Systemy komputerowe pozwalają na integrację w ogólnopolskiej sieci stacji demontażu, oferującej części zamiennie na terenie całego kraju. Przykładem takiego systemu jest ARES firmy AMBIT, skupiający wiele stacji demontażu i oferujący sprzedaż części za pomocą platformy internetowej. Na rynku polskim dostępnych jest kilka innych systemów wspomagających obsługę SD – warto wspomnieć o systemie SIRS stworzonym przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie. Zawiera on 5 modułów, których nazewnictwo odpowiada ich przeznaczeniu: przyjmowanie samochodów, strategia demontażu, magazyn i sprzedaż części, gospodarka odpadami oraz fakturowanie.

Kolejnym systemem jest IDIS, współtworzony przez wielu europejskich producentów samochodów, zawierający bazy: modelową z informacjami o wykorzystywanych materiałach, katalogi części, właściwych sposobów demontażu ujętych w zestawieniu pojazdów.

System komputerowej obsługi SD jest elementem niezbędnym do jej właściwego funkcjonowania, zapewnienia płynności przepływu części i materiałów (Nader, Jakowlewa, 2009).

Do transportu w SD używa się ręcznych lub elektrycznych wózków paletowych bądź na większe odległości, wózków widłowych spalinowych. Transport wewnętrzny przy demontażu gniazdowym nie wymaga stosowania automatyki, urządzenia transportowe takie jak dźwigi, wózki widłowe, suwnice mogą być obsługiwane ręcznie. Tylko duża ilość PWE, ponad 20 tys./rok, wymusza stosowanie elementów automatyki. Do transportu stanowiskowego zastosować można przenośniki rolkowe, dźwigniki itp. Ze względów bezpieczeństwa wstęp na teren stacji dla osób postronnych powinien być zakazany, z wyłączeniem strefy dla klientów. Przy projektowaniu dróg, wewnątrz hal rozbiórkowych, na zewnątrz budynków, dla ruchu pieszych i środków transportu, obowiązuje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r., Nr 169, poz. 1650 z późn. zm).

Przy wyborze lokalizacji stacji należy mieć na względzie fakt, że stacje demontażu zakwalifikowane są jako przedsięwzięcia mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko. Stąd przed wystąpieniem o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach powinien zostać opracowany „Raport o Oddziaływaniu Przedsięwzięcia na Środowisko”. Lokalizacja planowanej inwestycji musi być zgodna z planem zagospodarowania przestrzennego. Stacje demontażu nie mogą się znajdować na terenach objętych ochroną, tj. terenach parków narodowych, rezerwatów przyrody, na obszarach Natura 2000 oraz innych obszarach ochrony ścisłej (Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody).

Od strony infrastrukturalnej SD powinna mieć zapewnione dogodne drogi dojazdowe z dopuszczeniem dla ruchu samochodów ciężarowych. Inwestycja wymaga dostępu do zasilania w prąd, wodę, gaz oraz instalacji kanalizacyjnej. Nie powinna być również zlokalizowana na terenach mieszkalnych ze względu na hałas i możliwe zanieczyszczenia powietrza, szczególnie pyłami.

Podsumowanie

Pojazdy wycofane z eksploatacji stanowią bardzo istotny problem tak dla ludzi, jaki i środowiska naturalnego. O ile zagadnienie to nie należy do nowych, to zwiększająca się liczba samochodów i postępująca liczba pojazdów wycofanych z eksploatacji przy niewłaściwym ich systemie zagospodarowania mogą stanowić istotne zagrożenie dla środowiska. Dodatkowo, wzrastające wymogi związane z uzyskiwaniem odpowiednich poziomów odzysku i recyklingu sprawiają, że należy z jednej strony poszukiwać skutecznych rozwiązań, zaś z drugiej przestrzegać i egzekwować przepisy prawa. Właściwe zagospodarowanie odpadów z samochodów wycofanych z eksploatacji może tylko przebiegać w przystosowanych do tego celu zakładach, czyli stacjach demontażu. Stacja demontażu przynosi korzyści gospodarcze i środowiskowe. Daje możliwość m.in. przetwarzania odpadów w miejscach do tego przystosowanych zgodnie z wymogami środowiskowymi. Umożliwia odzyskanie cennych surowców, co przyczynia się do zmniejszenia wykorzystania zasobów naturalnych poprzez włączenie surowców i materiałów do powtórnego obiegu. Dodatkowo, zakup części zamiennych z demontażu z udokumentowanego źródła przyczynia się do obniżenia kosztów eksploatacji pojazdu. W związku z powyższym bardzo istotnym jest dalsze rozwijanie w Polsce sieci stacji demontażu działających legalnie, jak również poprzez egzekwowanie przepisów prawa w celu zmniejszania szarej strefy – czyli samochodów demontowanych nielegalnie.

Streszczenie

Pojazdy wycofane z eksploatacji stanowią znaczące źródło odpadów obciążającym środowisko. Zawierają oprócz metali także inne substancje niebezpieczne i materiały uciążliwe dla środowiska, np.: tworzywa sztuczne, opony, oleje, akumulatory czy też płyny chłodnicze. Niezbędne jest więc zagospodarowanie i przetworzenie tych odpadów w sposób bezpieczny dla człowieka i środowiska. W artykule przedstawiono najważniejsze zagadnienia związane z problematyką zagospodarowania pojazdów wycofanych z eksploatacji. Przeanalizowano informacje dotyczące stanu ilościowego i struktury wiekowej pojazdów w Polsce. Przedstawiono najważniejsze obowiązujące uregulowania prawne dotyczące postępowania z pojazdami wycofanymi z eksploatacji. Omówiono sposób organizowania zakładu stacji demontażu pojazdów – stanowiącego główne ogniwo w systemie zagospodarowania odpadów z branży motoryzacyjnej. W artykule wskazano na najistotniejsze problemy związane z demontażem pojazdów.

Abstract

End-of-life vehicles are a significant source of environmental waste. They contain metals also other dangerous substances and materials, such as: plastics, tires, oils, accumulators, refrigerants. It is therefore necessary to manage and recycle these waste in a way that is safe for man and the environment. The article presents the most important issues related to the development of end-of-life vehicles. Information on the quantitative status and age structure of vehicles in Poland was analyzed. The most important legal regulations dealing with the handling of end-of life vehicles are presented. It discusses how to organize a vehicle dismantling plant – the main link in the automotive waste management system. The article highlights the most important issues related to the disassembly of vehicles.

Bibliografia

- Dyrektywa PE. (2000/53/EC). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/53/WE z dnia 18 września 2000 r. w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.Urz. WE L 269 z 21.10.2000, str. 34, z późn. zm.).
- Gola-Sienkiewicz, R. (2008). Recykling odpadów – demontaż pojazdów samochodowych. *Recykling*, 12 (95), 19-21.
- KPMG. (styczeń 2015). KPMG's Global Automotive Executive Survey. Haymarket Pre-press.
- Matuszyńska, I., Bielecki, B., Wiktorowicz, A., Małuszyński, M. (2011). Recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji jako metoda ograniczająca ilość odpadów niebezpiecznych w środowisku. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 48, 362-371.
- Misiejuk, A., Małyszko, A. (2017). *System pojazdów wycofanych z eksploatacji w Polsce. Stan aktualny, identyfikacja problemów*. Warszawa: Stowarzyszenie FORS.
- Merkisz-Guranowska, A. (2007). *Recykling samochodów w Polsce*. Poznań-Radom: Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji.
- Nader, M., Jakowlewa, I. (2009). Wybrane zagadnienia organizacji zakładu recyklingu samochodów osobowych. *Prace naukowe Politechniki Warszawskiej*, 70. Warszawa: Politechnika Warszawska.
- Oprzędkiewicz, J., Stolarski, B. (2003). *Technologia i systemy recyklingu samochodów*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Fundacja „Książka Naukowo-Techniczna”.
- Osiński, J., Żach, P. (2009). *Wybrane zagadnienia recyklingu samochodów*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ.
- Raport branży motoryzacyjnej 2016*. (2016). Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego.
- Transport. Wyniki działalności w 2015 r.* (2016). Warszawa: GUS.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r., Nr 169, poz. 1650 z późn. zm).
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 24 marca 2006 r. w sprawie listy istotnych elementów pojazdu kompletnego (Dz.U. z 2006 r., Nr 58, poz. 407).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 28 lipca 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla stacji demontażu oraz sposobu demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r., Nr 143, poz.1206).

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 września 2005 r. w sprawie wykazu przedmiotów wyposażenia i części wymontowanych z pojazdów, których ponowne użycie zagraża bezpieczeństwu ruchu drogowego lub negatywnie wpływa na środowisko (Dz.U. z 2005 r., Nr 201, poz. 1666).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2010 r. w sprawie sposobu obliczania poziomów odzysku i recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2010 r., Nr 202, poz. 1340).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2014 r., poz. 1923).

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. z 2016 r., poz. 2134 – tekst jedn.).

Ustawa z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r., Nr 25, poz. 202 z późn. zm.).

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21)

Ustawa z dnia 27 maja 2015 r. o zmianie ustawy o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2015 r., poz. 933).

www.cepik.gov.pl.

KONCEPCJA URZĄDZENIA SŁUŻĄCEGO DO ZMNIEJSZANIA OBJĘTOŚCI WORKÓW WYPEŁNIONYCH ODPADAMI

Wstęp

Odpady są to wszystkie niezagospodarowane i niemające określonego przeznaczenia substancje lub przedmioty, stanowiące bardzo duże zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, będące efektem funkcjonowania biologicznego człowieka oraz prowadzonej przez niego działalności. Według dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 roku, odpadem są wszystkie substancje lub przedmioty, których posiadacz się pozbywa, zamierza to zrobić lub został do tego zobowiązany (Dz.U. L 312 z 22.11.2008, art. 3).

Odpady oraz związane z nimi zagrożenia stanowią w dzisiejszym świecie coraz bardziej znaczący problem. Wynika on z ciągłego wzrostu ilości powstających odpadów, spowodowanego wzrostem liczby ludności oraz postępowaniem cywilizacyjnym. Problem ten dotyczy zarówno zbiórki, transportu czy unieszkodliwiania, jak i negatywnego oddziaływania odpadów na środowisko naturalne. Wiąże się on niestety z koniecznością zwiększania nakładów finansowych, związanych z gospodarką odpadami.

Jeszcze do niedawna w naszym kraju znacząca część powstających nieustannie odpadów gromadzona była na różnego rodzaju składowiskach. Tylko niewielka ich część była ponownie wykorzystywana. Działo się tak dlatego, że przez wiele lat była to podstawowa forma unieszkodliwiania odpadów. Dopiero ustawa o odpadach z dnia 27 czerwca 1997 r. wraz z nowelizacjami, zaowocowała ukazaniem się wielu bardzo istotnych rozporządzeń, które to zapoczątkowały duże zmiany w gospodarce odpadami. Ustawa ta przedstawia m.in. zasady: postępowania z odpadami, zapobiegania ich powstawaniu lub minimalizacji ich ilości oraz usuwania i unieszkodliwiania odpadów, w sposób niezagrażający ludziom i środowisku (Dz.U. z 1997 r., Nr 96, poz. 592 z późn. zm.).

Bardzo często wysokie koszty związane z usuwaniem i unieszkodliwianiem odpadów wynikają z dużej ilości powietrza w odpadzie. Chcąc zwiększyć efektywność, jednocześnie ograniczając koszty, odpady warto zgniatać. Dlatego bardzo istotne jest stosowanie urządzeń służących do zmniejszania objętości odpadów. Pozwala to w pełni wykorzystać objętość większych pojemników na odpady oraz ładowność samochodów służących do ich transportu.

1. Problem odpadów

Niestety odpady towarzyszą człowiekowi i jego działalności od zawsze, a wraz ze wzrostem poziomu życia i rozwojem techniki, ich ilość systematycznie rośnie. W 2015 roku w Polsce wytworzono 142 mln t odpadów, z czego 10,9 mln t (8%) stanowiły odpady komunalne. Oznacza to, że na jednego mieszkańca Polski w 2015 roku przypadło 282 kg wyprodukowanych odpadów komunalnych. Jest to o 5% więcej niż w roku ubiegłym (*Ochrona środowiska 2016*, 2016).

W tabeli 1 przedstawiono ilość zebranych odpadów komunalnych w poszczególnych województwach w latach 2005 i 2015.

W 2014 roku w Unii Europejskiej średnia ilość wytworzonych odpadów komunalnych na jednego mieszkańca wyniosła 474 kg. Z ogólnej ilości odpadów komunalnych wytworzonych w UE 28% unieszkodliwiono poprzez składowanie, 28% poddano recyklingowi, 27% unieszkodliwiono termicznie, a 16% poddano kompostowaniu (Ibidem).

Tabela 1

Odpady komunalne zebrane w poszczególnych województwach w latach 2005 i 2015

Województwa	2005 [w tys. t]	2015 [w tys. t]
Dolnośląskie	893	987
Kujawsko-pomorskie	448	593
Lubelskie	338	385
Lubuskie	280	334
Łódzkie	639	658
Małopolskie	630	796
Mazowieckie	1500	1660
Opolskie	255	278
Podkarpackie	346	418
Podlaskie	268	286
Pomorskie	587	703
Śląskie	1307	1520
Świętokrzyskie	185	209
Warmińsko-mazurskie	313	390
Wielkopolskie	862	1070
Zachodniopomorskie	502	577

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Ochrona środowiska 2016* (s. 333), 2016, Warszawa: GUS.

Odpady przyczyniają się do:

- zachwiania obiegu materii w przyrodzie;
- zmniejszenia rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej;
- degradacji środowiska poprzez:
 - zanieczyszczenie gleb, wód i powietrza,
 - inwazję owadów, ptactwa i gryzoni,
 - zagrożenia epidemiologiczne,
 - pogorszenie walorów estetycznych krajobrazu.

W tabeli 2 przedstawiono wykorzystanie gospodarcze wybranych grup odpadów komunalnych w Europie (średnia z lat 2010-2012).

Najskuteczniejszym i najlepszym sposobem ograniczania ilości odpadów trafiających na składowisko jest selektywna zbiórka. Zmniejsza ona znacząco koszty segregacji w sortowni, lecz wymaga dostatecznej edukacji społeczeństwa. Przy słabo rozwiniętej zbiórce selektywnej w sortowni należy poddać segregacji również odpady zmieszane. Dopiero po procesie segregacji otrzymane frakcje odpadów można kierować do recyklingu.

Tabela 2

Wykorzystanie gospodarcze wybranych grup odpadów komunalnych w Europie

Rodzaj	Recykling surowca [%]
Aluminium	>48
Papier	27-52
Szkło	26-65
Metale (stal, żelazo)	15-40
Tworzywa sztuczne	>55

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Podstawy gospodarki odpadami* (s. 42), Cz. Rosik-Dulewska, 2015, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

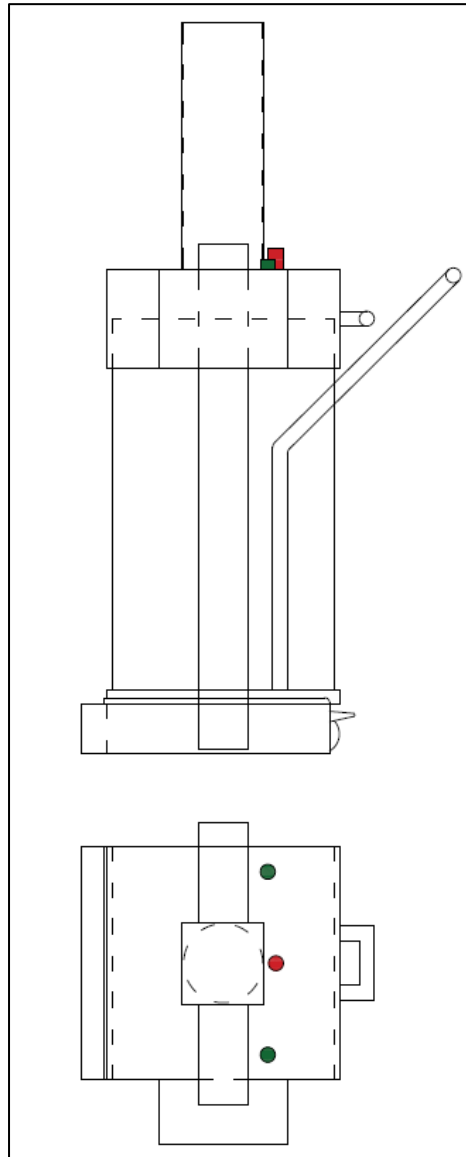
2. Koncepcja urządzenia wraz z opisem działania

Urządzenie służy do zmniejszania objętości worków 120-litrowych wypełnionych odpadami. Zasilane jest napięciem 24V DC oraz sprężonym powietrzem, pochodzącym z zespołu przygotowania sprężonego powietrza. Proces zgniatania odpadów realizuje siłownik pneumatyczny. Urządzenie jest bezpieczne dla użytkownika. Jego uruchomienie następuje po wciśnięciu 2 przycisków, umieszczonych w sposób wymuszający na użytkowniku użycie 2 rąk. Urządzenie posiada czujnik załadowania worka i wyłącznik bezpieczeństwa. Możliwa jest także regulacja siły zgniatania dzięki zastosowaniu przetwornika ciśnienia. Sterowanie urządzenia zaprojektowano, stosując szereg zabezpieczeń zapewniających bezpieczeństwo pracy. Niemożliwe jest m.in. zainicjowanie procesu zgniatania jednym przyciskiem mimo np. „zablokowania” drugiego przycisku na stałe, a także uruchomienie urządzenia w przypadku, gdy siłownik nie będzie do końca cofnięty czy zgniecione odpady nie zostaną usunięte.

Proces zgniatania odpadów realizuje siłownik pneumatyczny, sterowany zaworem elektropneumatycznym 5/2 monostabilnym. Siłownik wyposażony jest w kontaktronowy czujnik obecności tłoka w pozycji B2 – siłownik cofnięty. Uruchomienie urządzenia następuje w przypadku jednoczesnego wciśnięcia przycisków S1 i S2 oraz spełnienia następujących warunków:

- w urządzeniu musi znajdować się worek z odpadami (czujnik pojemnościowy załadowania worka – B1);
- tłok siłownika musi znajdować się w pozycji B2 – siłownik cofnięty;
- wyłącznik bezpieczeństwa – S3 nie może być wciśnięty.

Na rysunku 1 przedstawiono koncepcję konstrukcji urządzenia.

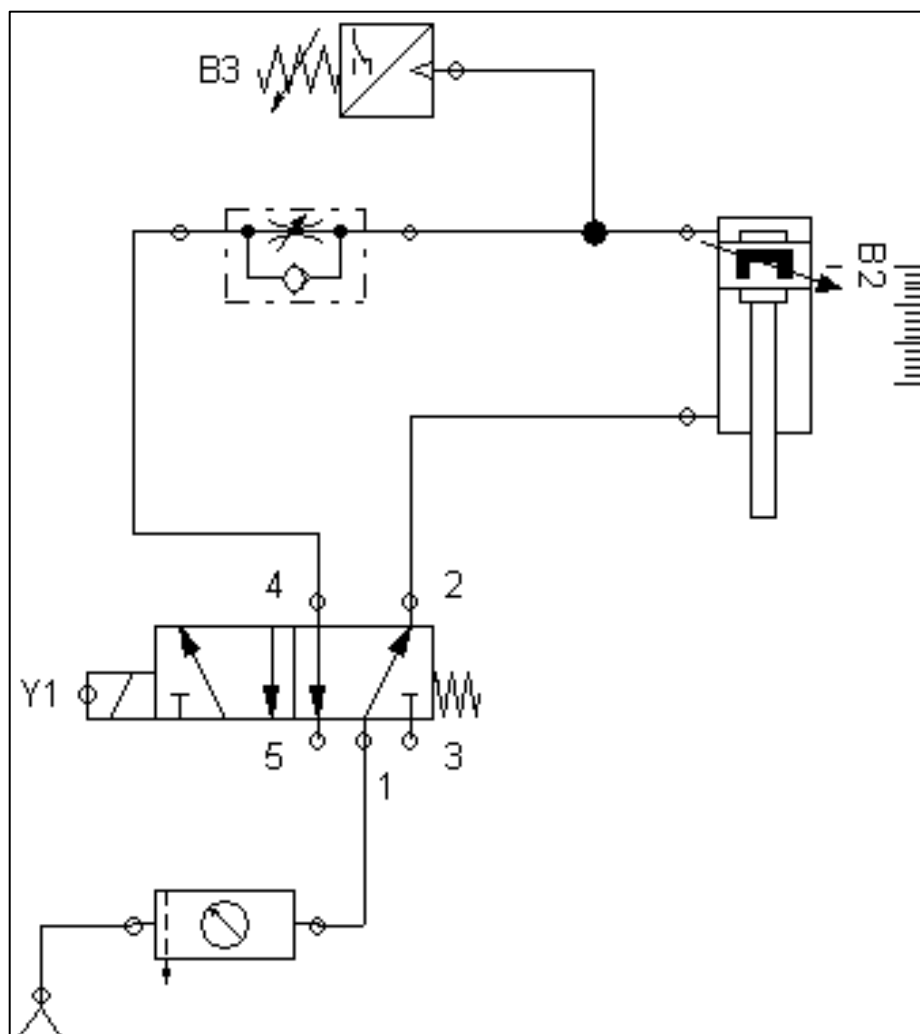


Rysunek 1. Koncepcja konstrukcji urządzenia.
Źródło: opracowanie własne.

Konieczność jednoczesnego wciśnięcia przycisków realizuje zastosowanie programowego przekaźnika czasowego ustawionego na odmierzenie 1 s. Niemożliwe jest ponowne zginięcie tego samego worka. Urządzenie musi zostać opróżnione, a następnie ponownie załadowane. Po uruchomieniu urządzenia następuje proces zginięcia śmieci (przesterowanie zaworu elektropneumatycznego 5/2 – Y1 powoduje wysuw siłownika). Po osiągnięciu w układzie ustawionego ciśnienia – przetwornik ciśnienia B3, siłownik wraca do początkowego położenia (pozycji B2). Wciśnięcie wyłącznika bezpieczeństwa S3 w dowolnym momencie pracy urządzenia również powoduje powrót siłownika do położenia początkowego B2.

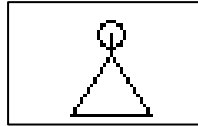
3. Projekt układu sterowania urządzeniem

Na rysunku 2 przedstawiono schemat pneumatyczny układu sterowania, wykonany w programie FluidSIM.

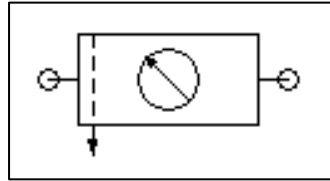


Rysunek 2. Schemat pneumatyczny układu sterowania, wykonany w programie FluidSIM.
Źródło: opracowanie własne.

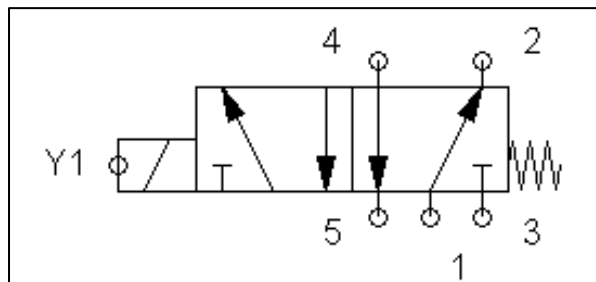
- W schemacie pneumatycznym zastosowano następujące symbole graficzne:
- sprężarki (rysunek 3);
 - zespołu przygotowania sprężonego powietrza (rysunek 4);
 - zaworu rozdzielającego pięciodrogowego dwupołożeniowego (5/2), monostabilnego, sterowanego elektrycznie (rysunek 5);
 - zaworu dławiąco-zwrotnego z nastawnym dławieniem (rysunek 6);
 - przetwornika ciśnienia (rysunek 7);
 - elementu dystansowego (rysunek 8);
 - siłownika dwustronnego działania z 2 nastawnymi tłumikami (rysunek 9).



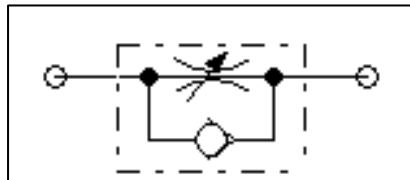
Rysunek 3. Symbol graficzny sprężarki.
Źródło: opracowanie własne.



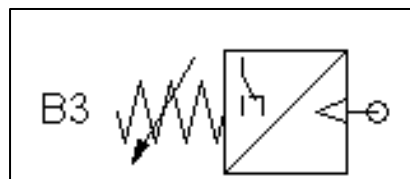
Rysunek 4. Symbol graficzny zespołu przygotowania sprężonego powietrza.
Źródło: opracowanie własne.



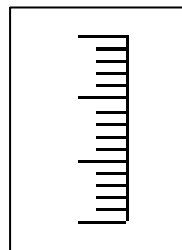
Rysunek 5. Symbol graficzny zaworu rozdzielającego pięciodrogowego dwupołożeniowego (5/2), monostabilnego, sterowanego elektrycznie.
Źródło: opracowanie własne.



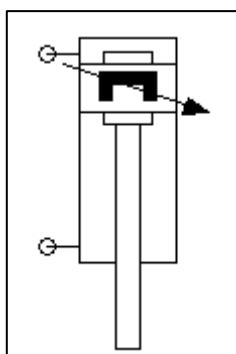
Rysunek 6. Symbol graficzny zaworu dławiąco-zwrotnego z nastawnym dławieniem.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 7. Symbol graficzny przetwornika ciśnienia.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 8. Symbol graficzny elementu dystansowego.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 9. Symbol graficzny siłownika dwustronnego działania z 2 nastawnymi tłumikami.
Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 3 ukazano listę przyporządkowania elementów do wybranego sterownika PLC.

Typ sterownika PLC: Siemens LOGO! 12/24RCEo.

Liczba wejść cyfrowych: 8.

Liczba wyjść cyfrowych: 4.

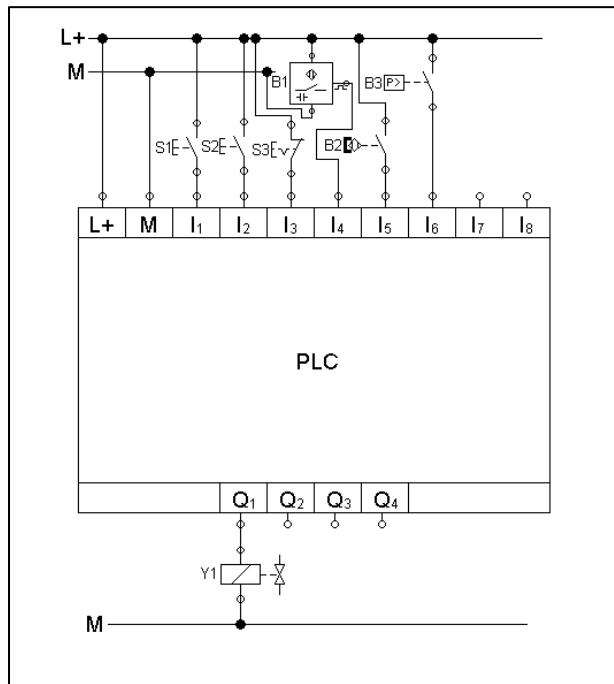
Tabela 3

Lista przyporządkowania elementów do wybranego sterownika PLC

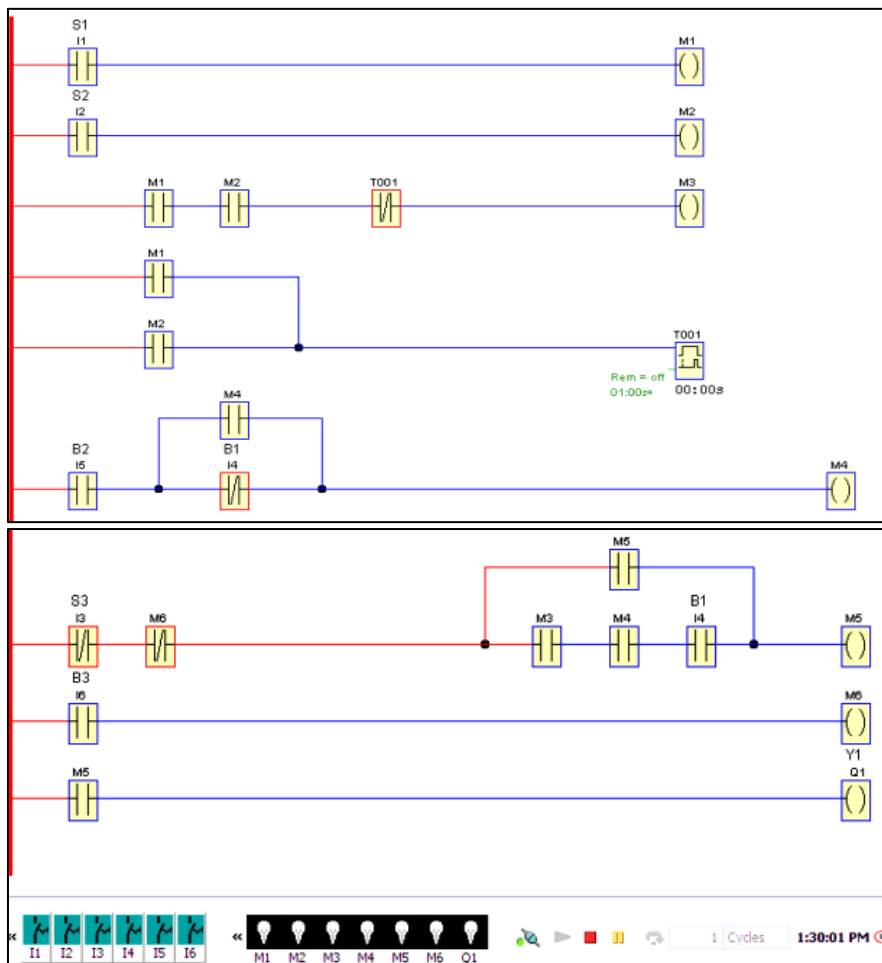
Lp.	Operand absolutny	Operand symboliczny	Komentarz
1.	I ₁	S1	Przyciski uruchamiające urządzenie (normalnie otwarte, monostabilne)
2.	I ₂	S2	
3.	I ₃	S3	Wyłącznik bezpieczeństwa (normalnie zamknięty, bistabilny)
4.	I ₄	B1	Czujnik pojemnościowy – worek załadowany (styk normalnie otwarty)
5.	I ₅	B2	Czujnik kontaktronowy – siłownik cofnięty (styk normalnie otwarty)
6.	I ₆	B3	Przetwornik ciśnienia – osiągnięto ustawione ciśnienie (styk normalnie otwarty)
7.	Q ₁	Y1	Cewka elektrozaworu 5/2 otwierającego dopływ powietrza do siłownika

Na rysunku 10 przedstawiono schemat połączeń elementów z wybranym sterownikiem PLC.

Na rysunku 11 przedstawiono program dla sterownika PLC, do sterowania urządzeniem, napisany w języku LD (Ladder Diagram) przy użyciu programu LOGO! Soft Comfort.



Rysunek 10. Schemat połączeń elementów z wybranym sterownikiem PLC.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 11. Program dla sterownika PLC, napisany w języku LD (Ladder Diagram) przy użyciu programu LOGO! Soft Comfort.
Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Ciągły wzrost ilości powstających odpadów, spowodowany wzrostem liczby ludności oraz postępowaniem cywilizacyjnym, stanowi w dzisiejszych czasach poważny problem. Wiąże się on niestety z koniecznością zwiększania nakładów finansowych, związanych z gospodarką odpadami. Część tych kosztów da się jednak ograniczyć, zmniejszając objętość odpadów. Pozwala to zwiększyć efektywność transportu. Bardzo istotne jest więc powszechne stosowanie urządzeń służących do zmniejszania objętości odpadów.

Streszczenie

Artykuł przedstawia koncepcję urządzenia, służącego do zmniejszania objętości worków 120-litrowych wypełnionych odpadami. Sterowanie urządzenia realizowane jest przy użyciu sterownika PLC Siemens LOGO! 12/24RCEo. Artykuł zawiera koncepcję konstrukcji urządzenia, opis działania oraz projekt układu sterowania (schemat pneumatyczny, listę przyporządkowania wraz ze schematem połączeń z wybranym sterownikiem PLC oraz program sterowniczy napisany w języku LD).

Urządzenie zasilane jest napięciem 24V DC oraz sprężonym powietrzem, pochodzącym z zespołu przygotowania sprężonego powietrza. Proces zgniatania odpadów realizuje siłownik pneumatyczny. Urządzenie jest bezpieczne dla użytkownika, posiada czujnik załadowania worka oraz wyłącznik bezpieczeństwa, którego wciśnięcie, w dowolnym momencie pracy urządzenia, powoduje wycofanie się siłownika. Ponadto urządzenie umożliwia regulację siły zgniatania poprzez zastosowanie przetwornika ciśnienia. Sterowanie zaprojektowano, stosując szereg zabezpieczeń zapewniających bezpieczeństwo pracy urządzenia.

Abstract

The article presents the conception of the device which is used to decrease the volume of the 120-litre bags filled with waste. Controlling of the device is realized by the use of PLC Siemens LOGO! 12/24RCEo driver. The article contains the conception of the device construction, the description of working and the project of control system (pneumatic scheme, the order list including the connection scheme with a particular controller PLC and the control programme written in the LD language).

The device is powered with the tension of 24V DC and the compressed air coming from the unit of forming the compressed air. The process of squashing the waste is realized by the pneumatic actuator. The device is safe to users since it incorporates the sensor of bag loading and the safety cut-out which, in case of being pressed whenever it works, causes withdrawing of the cut-out. Moreover, the device enables the user to adjust the squashing strength by the use of the pressure transducer. Controlling was designed with a great deal of security ensuring work safety.

Bibliografia

Dyrektywa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy (Dz.U. L 312 z 22.11.2008, art. 3.).

Ochrona środowiska 2016. (2016). Warszawa: GUS.

Rosik-Dulewska, Cz. (2015). *Podstawy gospodarki odpadami.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach (Dz.U. z 1997 r., Nr 96, poz. 592 z późn. zm.).

LOKALIZACJA USZKODZEŃ SIECI WODOCIĄGOWEJ Z WYKORZYSTANIEM PRZYRZĄDÓW MECHATRONICZNYCH

Wstęp

Woda jest podstawą do życia wszystkich organizmów żywych. Wykorzystywana jest w gospodarstwach domowych i przemyśle. Zasoby wody w gruncie nie zawsze występują w miejscach pożądanym, jak również nie zawsze dostępna woda ma odpowiednie parametry biologiczne, stąd potrzeba jej dostarczania. Gospodarowanie zasobami wody spoczywa na właścicielach wodociągów, którzy rygorystycznie przeprowadzają jej badania oraz proces uzdatniania.

Zasoby wodny pitnej zarówno w Polsce, jak i na całym świecie stają się coraz mniejsze. Deficyt wody jest coraz poważniejszym problemem. W Polsce problem deficytu wody przez wiele lat był niezauważany bądź ignorowano go. Głównym zadaniem wodociągów jest dbałość o jakość dostarczanej w odpowiedniej ilości wody, przy zachowaniu stabilności dostawy wody do odbiorcy. W związku z tym istotną rzeczą jest niezawodność dostawy oraz dystrybucji wody. Dzięki komputerowym modelom sieci wodociągowej można w warunkach laboratoryjnych przeanalizować wszystkie aspekty, dzięki którym praca całego układu dystrybucji wody będzie najbardziej efektywna. Możliwe jest również przeanalizowanie skutków i zasięgu ewentualnych awarii zaistniałych na sieci w obszarze, na którym będą odczuwalne skutki awarii w postaci niedoboru lub braku wody u odbiorców. Szybkie oraz sprawne usunięcie awarii skutkuje zmniejszeniem strat na sieci wodociągowej, co pociąga za sobą zmniejszenie kosztów ponoszonych przez wodociągi w procesie produkcyjno-usługowym.

Urządzenia mechatroniczne znacznie ułatwiają proces lokalizacji uszkodzenia w sieciach wodociągowych. Jedną z najbardziej popularnych metod jest lokalizacja uszkodzenia z wykorzystaniem metody akustycznej.

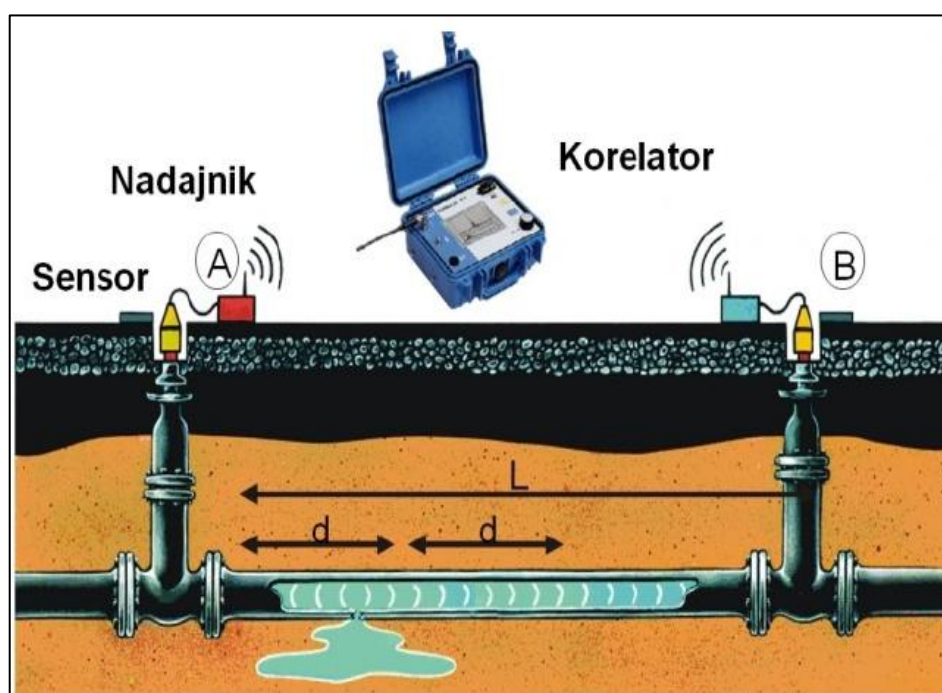
1. Sposoby lokalizacji uszkodzeń w sieciach wodociągowych

Celem lokalizacji uszkodzenia wodociągu jest ograniczenie strat i skrócenie czasu przerwy w dostawie wody do odbiorców. W związku z zastosowaniem różnego rodzaju materiałów, z których wykonany jest rurociąg, metody odnalezienia uszkodzenia nie zawsze są takie same. Metody lokalizacji usterki można podzielić na metody mało inwazyjne oraz takie, które wymagają większej ingerencji w strukturę sieci wodociągowej. Oprócz aspektów związanych z ingerencją w istniejącą sieć wodociągową należy też wziąć pod uwagę koszty ponoszone w związku z metodyką działań w przypadku poszczególnych sposobów lokalizacji. Metod wykrywania wycieku jest wiele, a do najważniejszych możemy zaliczyć:

- Korelacja z wykorzystaniem metody akustycznej.
- Korelacja z wykorzystaniem hydrofonów.
- Metoda manualnego nasłuchiwanie stetoskopem.
- Metoda gazów znacznikowych.
- Urządzenia do inspekcji In-Line.

1.1. Korelacja z wykorzystaniem metody akustycznej

Do najbardziej popularnych sposobów wykrywania uszkodzenia zaliczana jest metoda akustyczna. Jest to proces, w którym można wykorzystać propagację fali dźwiękowej rozchodzącej się po rurociągu. Fala generowana jest przez przepływ wody oraz przez wypływ wody w miejscu awarii. W metodzie akustycznej za nośnik rozchodzenia się fali odpowiada przewód, z jakiego wykonany jest rurociąg. Prędkość fali dźwiękowej zależy od materiału, z jakiego jest wykonany rurociąg oraz od relacji pomiędzy grubością a średnicą przewodu. Urządzenia wykorzystywane w tej metodzie nazywa się korelatorami, geofonami czy loggerami szumu (Kilian, 2015). Efektywność metody akustycznej jest znacznie lepsza dla przewodów wykonanych z materiałów o dużej prędkości dźwięku. Przykładem tego są rurociągi metaliczne. W przypadku armatury wykonanej z tworzyw sztucznych znalezienie uszkodzenia na danym odcinku jest znacznie trudniejsze do wykonania. Związane jest to z prędkością dźwięku rzędu (300m/s÷600m/s), co niejednokrotnie wyklucza możliwość jakichkolwiek prób diagnostyki sieci.



Rysunek 1. Korelator wraz z nadajnikami i sensorami wykorzystujący rozchodzenie się fali dźwiękowej po rurze.

Źródło: *Awarie w systemie dystrybucji wody cz. 1*, F. Piechurski, 2014a, Inżynier Budownictwa, Gliwice: Politechnika Śląska.

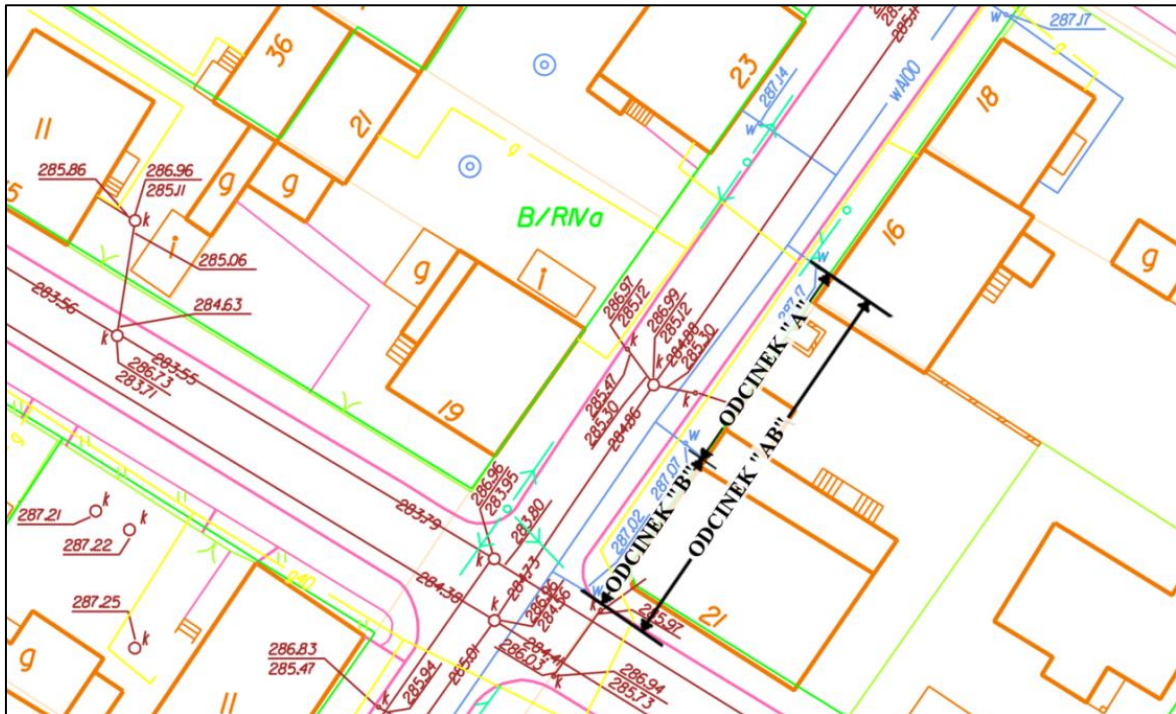
$$d = \frac{L - (L - 2 * d)}{2} = \frac{L - V * \Delta t}{2}$$

gdzie:

- L – długość odcinka wodociągu [m]
- d – odległość uszkodzenia od czujnika [m]
- V – prędkość szumu sieci [m*s⁻²]
- Δt – opóźnienie szumu [s].

1.2. Korelacja na przykładzie rzeczywistej usterki

W momencie, gdy znany jest dokładny przebieg trasy rurociągu można rozpocząć jego korelację. Urządzeniem wykorzystanym do lokalizacji uszkodzenia jest korelator MicroCorr firmy Palmer. Do wykonania pomiaru operator musi posiadać informację o długości, średnicy oraz rodzaju materiału badanego odcinka. Rysunek 2 przedstawia odcinki poddane korelacji, oznaczone literami „A”, „B” oraz „AB”.



Rysunek 2. Mapa sytuacyjna badanego obszaru z wyznaczonymi odcinkami korelacji.

Źródło: opracowanie własne.

Jako pierwszy badaniu został poddany odcinek „A”. Proces korelacji składa się z następujących etapów:

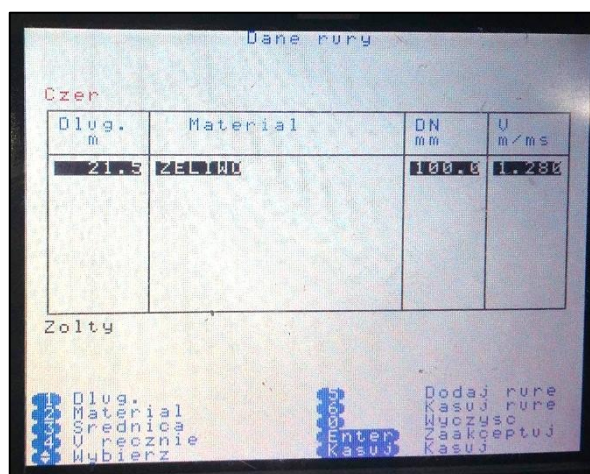
Rozmieszczenie nadajników w miejscach wydzielających badany odcinek przedstawia rysunek 3.



Rysunek 3. Rozmieszczenie nadajnika korelatora MicroCorr firmy Palmer.

Źródło: opracowanie własne.

Wprowadzenie danych materiału, z jakiego wykonany jest rurociąg i średnicy: Żeliwo DN100 [mm] oraz długości badanego odcinka: Odcinek „A” 21,5 [m] (rysunek 4).



Rysunek 4. Wprowadzanie wartości badanego odcinka „A” potrzebne do wykonania korelacji.
Źródło: opracowanie własne.

Po wpisaniu wszystkich danych urządzenie wymusza na operatorze powtórne sprawdzenie zaznaczonych parametrów, a następnie ich potwierdzenie. Czas korelacji jest uzależniony od materiału, stopnia zaszumienia oraz odległości wodociągu. W przypadku rurociągu z żeliwa czas pomiaru wynosi ok. 5 min. Wynik korelacji wskazał obszar poza nadajnikami. Doświadczenie pracy z korelatorem nauczyło, że dobrą praktyką jest wykonanie pomiaru dla odcinka dłuższego niż poprzednio badany tak, aby wcześniejszy odcinek zawierał się w nowo wprowadzonym.

Odcinek „AB” był obszarem poddanym korelacji jako drugi. Zawiera w sobie odcinek już badany (Odcinek „A”) oraz obszar niewprowadzany jeszcze do urządzenia badawczego.

Wprowadzono następujące dane nastawcze odcinka „AB”:

Materiał: Żeliwo

Średnica DN: 100 [mm]

Długość odcinka: 46,5 [m].



Rysunek 5. Wykres korelacji odcinka „AB”.
Źródło: opracowanie własne.

Urządzenie MicroCorr dla odcinka „AB” wskazało punkt oddalony na długość 22,7 [m] od nadajnika niebieskiego oraz 23,8 [m] od żółtego. Wykres korelacji (rysunek 5) wskazał stosunek prawdopodobieństwa występowania awarii na poziomie 25:1 dla czasu pomiaru równego 3 minuty. Istotnym elementem w procesie lokalizacji jest potwierdzenie danego wyniku. Pomiar korelacji dla odcinka AB wskazał miejsce z bardzo wyrazistym wykresem, jednakże warto potwierdzić miejsce dla innych wartości nastaw.

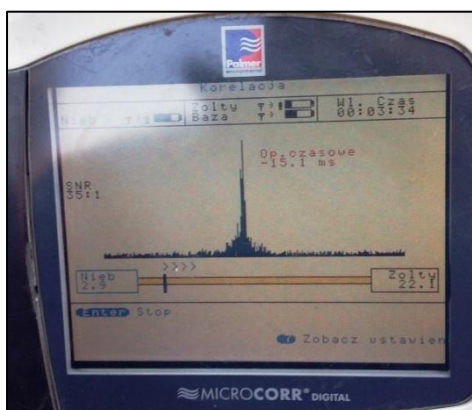
Ostatnim pomiarem, mający charakter potwierdzenia jest odcinek „B”

Dane nastawcze dla odcinka „B” to:

Materiał: Żeliwo

Średnica DN: 100 [mm]

Długość odcinka: 46,5 [m].



Rysunek 6. Wykres korelacji odcinka „B”.

Źródło: opracowanie własne.

Pomiar odcinka „B” (rysunek 6) wskazał 2,9 [m] od nadajnika niebieskiego, a 22,1 [m] od nadajnika żółtego. Stosunek prawdopodobieństwa występowania awarii wynosi 35:1, co stanowi bardzo dobry wynik. Odchyłki między 2 pomiarami wynoszą: 22,7 [m]-22,1 [m]=0,6 [m]. Jest to wynik bardzo precyzyjny ze względu na szerokość wykopu podczas procesu naprawy wodociągu.

Poszczególne obszary wydzielone są przez zamknięcie wytypowanych w tym celu zasuw i przez zamontowane na sieci przepływomierze „Hydrlns” z modułami telemetrycznymi „Cello”, przesyłającymi dane do stacji monitoringu.



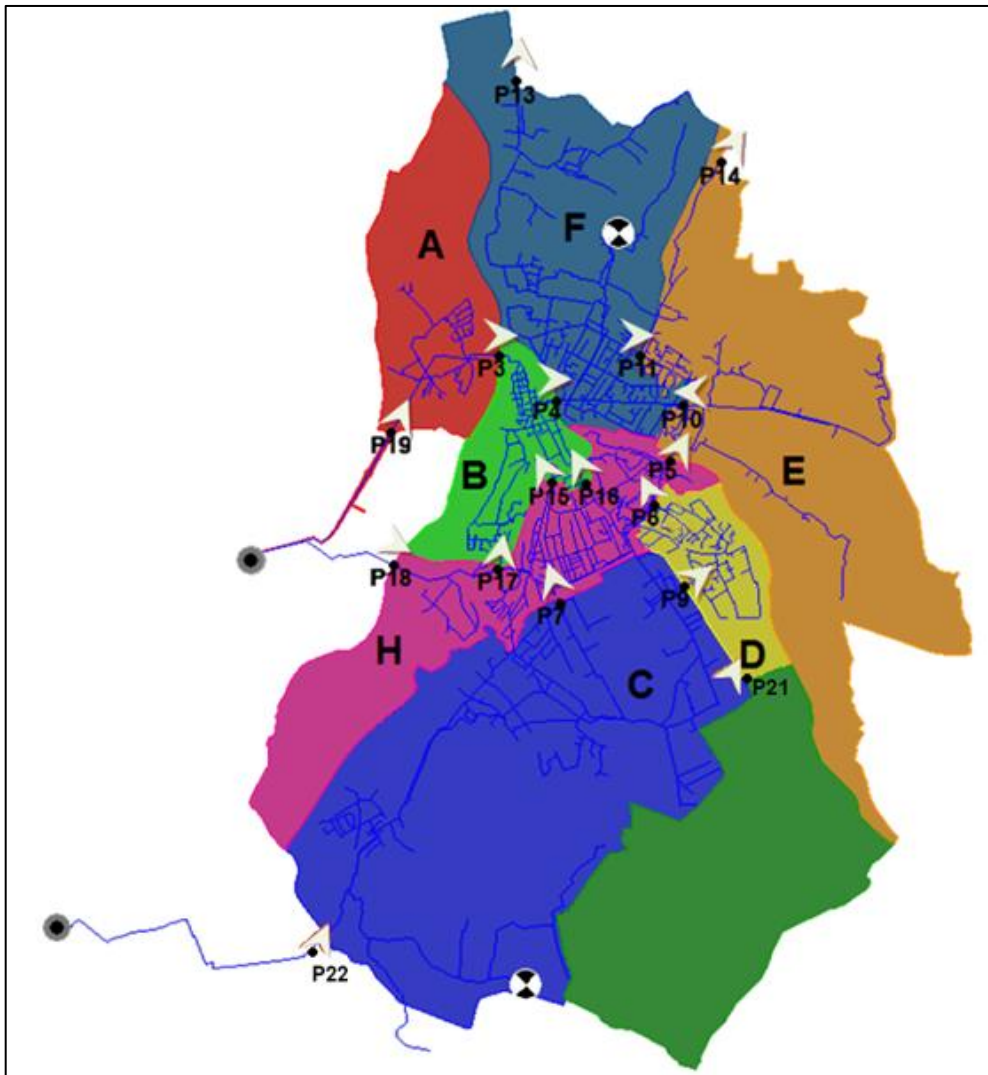
Rysunek 7. Złamanie wodociągu żeliwnego o średnicy 100 mm.

Źródło: opracowanie własne.

Wskazanie urządzenia przyniosło pożądany rezultat. Proces lokalizacji zakończył się sukcesem, którego wynikiem jest odkrycie złamania rurociągu żeliwnego o średnicy 100 [mm] (rysunek 7). Usterka została usunięta poprzez zastosowanie opaski naprawczej w miejscu uszkodzenia. Wodociąg został obsypany piaskiem, a następnie gruntem rodzimym.

1.3. Strefowy podział sieci wodociągowej

Sieć wodociągowa w firmie Sąddeckie Wodociągi dla ułatwienia analiz pracy, a także umożliwienia efektywnej diagnostyki, jest podzielona na 7 stref, oznaczonych literami alfabetu: A, B, C, D, E, F i H (rysunek 8).

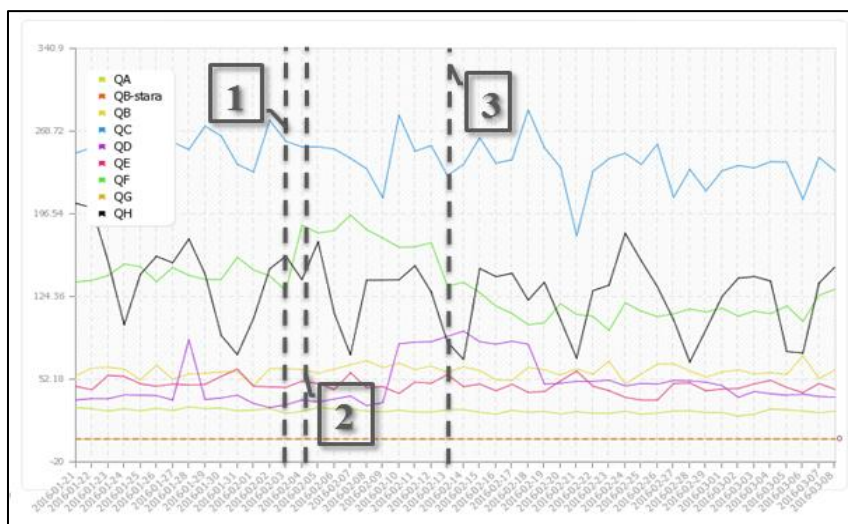


Rysunek 8. Strefowy podział sieci wodociągowej miasta Nowy Sącz.

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Spółki Sąddeckie Wodociągi.

1.4. Zyski i straty związane z awarią wodociągu

Prowadzenie bilansu zużycia wody w firmie Sąddeckie Wodociągi umożliwia analizę zysków oraz strat związanych z uszkodzeniem rurociągu. Rysunek 9 przedstawia wykres schematyczny poziomu zużycia wody we wszystkich siedmiu strefach.



Rysunek 9. Wykres przepływów nocnych wspomagający analizę zużycia wody w strefach.
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem systemu Intranet firmy Sąddeckie Wodociągi.

Numerami zaznaczono kolejno: bilans przed, w trakcie oraz po usunięciu awarii wodociągu. Zużycie godzinowe z dnia przed powstaniem awarii (26 marca 2016 roku) w strefie „F” przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Bilans godzinowy zużycia wody w strefach z dnia 23 marca 2016 roku

Godzina	QA	QB	QH	QC	QD	QE	QF	Magistrala PN	Magistrala PD	Magistrala SS
00.00-01.00	9,5	24,9	65,1	95,5	15,0	15,8	46,2	5,1	6,2	24,5
01.00-02.00	7,6	23,3	58,9	92,0	9,9	13,9	40,7	5,1	9,4	23,3
02.00-03.00	8,2	20,9	52,0	86,9	10,0	15,9	35,0	5,5	6,4	28,0
03.00-04.00	6,4	17,2	48,7	81,0	10,0	15,2	44,0	3,1	2,1	22,7
04.00-05.00	7,1	19,7	48,2	92,4	11,4	17,8	48,2	5,3	6,3	25,8
05.00-06.00	8,2	27,4	69,0	122,8	21,4	27,4	69,4	4,2	6,1	21,8
06.00-07.00	11,2	40,0	108,0	146,9	38,4	48,0	103,0	4,1	10,2	13,9
07.00-08.00	13,7	54,2	136,3	151,5	45,4	54,5	135,0	5,6	7,7	21,4
08.00-09.00	12,6	58,1	148,6	138,8	43,9	55,4	141,1	4,2	8,3	23,8
09.00-10.00	13,0	70,7	149,5	148,3	41,9	58,0	151,6	3,8	8,1	22,0
10.00-11.00	12,2	56,8	136,7	133,1	39,3	55,4	148,1	4,2	7,9	21,6
11.00-12.00	12,1	55,7	138,6	128,8	36,0	46,7	146,4	4,8	7,3	22,8
12.00-13.00	12,7	63,5	141,0	132,2	36,0	50,4	150,2	4,9	9,2	24,8
13.00-14.00	12,4	57,3	145,8	143,0	36,9	47,8	151,1	4,3	10,2	22,6
14.00-15.00	13,1	58,0	144,6	148,0	35,9	47,6	147,8	4,1	8,8	22,4
15.00-16.00	12,8	55,7	132,9	144,7	38,8	50,0	145,0	3,7	9,5	21,8
16.00-17.00	12,3	48,2	127,1	142,6	40,7	52,9	142,5	3,7	8,1	18,4
17.00-18.00	12,6	50,0	131,8	147,9	40,9	55,4	140,2	5,1	8,9	23,1
18.00-19.00	13,4	45,6	129,0	153,4	46,9	55,8	144,6	4,3	7,0	22,6
19.00-20.00	14,7	51,3	132,6	156,9	52,7	63,5	154,7	5,9	11,6	19,0
20.00-21.00	12,6	50,2	136,0	156,7	50,4	69,1	145,8	3,9	6,3	28,0
21.00-22.00	17,2	47,1	130,9	154,7	46,7	86,7	134,1	8,9	21,3	27,5
22.00-23.00	13,1	45,7	105,3	125,4	42,9	66,5	109,2	5,6	6,1	28,6
23.00-00.00	12,2	31,7	74,9	106,0	24,0	34,7	88,2	6,4	8,8	27,8
Suma	280,9	1073,1	2691,6	3129,5	815,2	1104,5	2771,9	116,0	201,7	558,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu firmy Sąddeckie Wodociągi.

Na podstawie tabeli 1 określono godzinową wartość zużycia wody. Do porównywania wartości poboru wody wyznacza się okres 3 h określonych jako „ciska na sieci”, tj. okres godzinowy 1.00-4.00. Algorytm tworzący wykres przepływów nocnych wprowadza sumę godzin nocnych. Przepływ w godzinach nocnych oscyluje w granicach 35÷45 [m³/h]. Tabela 2 przedstawia bilans wody w dniu podwyższonego poziomu zużycia, spowodowany uszkodzeniem w strefie „F”. Zauważono, że zużycie wody w strefie „F” wzrosło do wartości ok. 60÷63 [m³/h].

Tabela 2

Bilans godzinowy zużycia wody w strefach z dnia 4 lutego 2016 roku

Godzina	QA	QB	QH	QC	QD	QE	QF	Magistrala PN	Magistrala PD	Magistrala SS
00.00-01.00	9,1	26,2	62,5	93,1	14,6	19,3	68,2	6,5	7,1	26,3
01.00-02.00	8,8	20,9	59,3	88,1	10,6	16,4	62,9	5,3	7,2	20,9
02.00-03.00	8,1	19,0	41,0	83,9	11,8	17,9	62,9	4,8	6,5	27,9
03.00-04.00	7,3	20,9	38,7	83,0	11,6	16,2	60,8	5,8	8,0	22,1
04.00-05.00	8,3	21,3	51,8	89,0	11,0	16,3	62,6	6,1	10,5	19,0
05.00-06.00	12,4	29,8	65,2	104,1	20,3	27,2	73,1	8,3	17,1	25,8
06.00-07.00	11,1	41,3	99,9	132,5	37,2	47,8	112,1	3,9	3,3	14,6
07.00-08.00	14,0	55,4	136,6	140,6	43,5	55,2	143,6	4,1	9,5	21,1
08.00-09.00	13,1	60,8	148,2	156,0	41,5	55,2	152,8	5,3	11,2	20,0
09.00-10.00	13,3	60,1	147,3	144,2	41,1	55,5	150,6	5,4	7,9	20,3
10.00-11.00	11,2	57,4	137,0	166,2	39,0	57,7	149,1	4,1	7,9	21,1
11.00-12.00	12,5	61,8	148,2	220,3	38,1	52,3	141,1	4,3	10,1	20,6
12.00-13.00	30,0	59,0	139,0	172,0	36,1	50,8	142,2	4,7	9,0	21,2
13.00-14.00	16,2	56,2	141,1	171,6	36,5	48,1	149,9	4,1	9,3	20,9
14.00-15.00	13,2	56,5	145,6	192,9	38,3	48,7	144,8	4,4	10,1	21,6
15.00-16.00	13,2	59,9	138,9	196,5	37,9	54,2	145,1	4,8	10,2	20,7
16.00-17.00	12,8	51,0	142,5	184,0	39,6	53,8	144,2	3,8	11,1	23,5
17.00-18.00	11,7	49,1	136,1	173,7	43,0	51,8	142,0	4,7	9,6	24,2
18.00-19.00	12,9	46,9	134,5	172,5	44,8	55,7	144,8	4,3	10,7	24,2
19.00-20.00	13,7	48,0	145,0	179,4	49,3	61,8	148,2	6,0	14,0	24,3
20.00-21.00	13,3	45,7	140,7	202,7	48,8	64,8	146,4	5,0	11,0	28,2
21.00-22.00	13,0	44,3	139,5	176,2	45,4	87,1	136,4	5,3	12,5	25,6
22.00-23.00	13,8	45,7	110,2	136,5	38,7	70,7	104,7	7,2	15,3	22,6
23.00-00.00	10,0	35,1	73,8	123,7	24,9	38,3	79,0	6,6	12,5	26,2
Suma	302,9	1072,1	2722,8	3582,6	803,7	1122,8	2867,4	124,9	241,7	542,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu firmy Sąddeckie Wodociągi.

Tabela 3 przedstawia bilans wody z pierwszej doby po usunięciu nieszczelności. Zużycie wody wróciło do stanu sprzed wystąpienia uszkodzenia. Często dochodzi do sytuacji, gdzie usunięcie uszkodzenia nie spowoduje powrotu ilości przepływu do stanu przed podniesieniem się zużycia. Świadczy to o wystąpieniu większej ilości uszkodzeń w tym samym okresie czasu. Takie zjawisko spotykane jest głównie w okresie zimowym, w którym częściej dochodzi do awarii wodociągu.

Tabela 3

Bilans godzinowy zużycia wody w strefach z dnia 13 lutego 2016 roku

Godzina	QA	QB	QH	QC	QD	QE	QF	Magistrala PN	Magistrala PD	Magistrala SS
00.00-01.00	9,0	25,6	41,4	95,2	35,4	24,7	52,7	5,6	6,4	27,5
01.00-02.00	8,9	20,7	30,6	82,0	31,6	19,9	49,6	4,4	7,2	28,2
02.00-03.00	8,1	19,5	26,7	73,9	29,9	18,0	41,6	3,9	6,6	21,8
03.00-04.00	8,6	18,0	27,2	73,8	28,1	18,3	42,3	4,8	7,3	28,1
04.00-05.00	7,3	19,5	27,1	89,0	29,1	18,7	43,7	6,4	7,9	26,3
05.00-06.00	8,0	24,1	38,7	94,7	32,2	20,7	47,7	7,1	8,6	25,5
06.00-07.00	8,7	27,1	60,5	87,1	40,5	33,6	78,5	4,3	5,8	15,2
07.00-08.00	11,6	39,3	99,7	100,9	54,5	53,2	113,4	4,6	8,4	15,2
08.00-09.00	14,3	51,2	126,3	123,2	69,3	68,6	140,6	4,3	8,3	17,4
09.00-10.00	16,1	53,6	144,9	132,4	80,6	75,3	154,4	4,0	10,0	14,8
10.00-11.00	15,2	59,3	147,0	133,9	79,8	77,6	156,5	4,5	8,2	15,6
11.00-12.00	15,0	55,4	138,6	133,6	77,8	74,0	157,8	4,4	9,4	17,3
12.00-13.00	15,3	55,9	133,4	131,8	77,5	70,5	154,4	3,3	7,9	21,6
13.00-14.00	15,7	52,4	138,3	147,2	75,0	72,9	147,9	4,1	8,3	22,6
14.00-15.00	14,3	47,4	122,1	152,0	72,3	70,8	144,1	3,5	7,4	20,4
15.00-16.00	14,1	46,7	116,1	145,4	70,1	72,2	139,5	4,5	7,9	21,5
16.00-17.00	14,3	44,2	109,1	150,5	66,1	67,8	134,0	5,1	6,5	18,8
17.00-18.00	14,4	45,3	108,6	142,5	62,7	60,7	129,7	4,3	10,4	23,0
18.00-19.00	12,6	46,1	107,9	132,7	65,7	59,7	127,2	5,1	7,0	23,6
19.00-20.00	14,3	47,2	112,8	128,3	72,0	66,5	137,0	4,3	10,3	24,8
20.00-21.00	14,9	46,0	108,0	138,9	70,0	73,4	128,2	4,1	5,1	28,0
21.00-22.00	13,5	41,5	93,0	131,2	63,4	61,4	110,3	5,2	8,0	27,5
22.00-23.00	14,0	39,7	82,3	121,9	58,2	49,2	93,3	5,8	11,8	19,3
23.00-00.00	12,6	34,6	53,9	103,6	45,5	35,5	68,4	5,2	6,2	30,2
Suma	300,8	960,1	2194,2	2845,7	1387,2	1263,3	2592,9	113,0	190,8	534,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu firmy Sąddeckie Wodociągi.

Dla przybliżenia potrzeby ciągłego udoskonalania systemu lokalizacji i diagnostyki sieci wodociągowej przedstawiono koszt rzeczywistej usterki. Poniższy wzór przedstawia straty poniesione przez spółkę za okres występowania awarii. Wzór określa stratę wody, która nie została sprzedana odbiorcom.

$$Uszk = P * O * doba * S$$

gdzie:

P – przepływ wody [m³/h]

O – czas lokalizacji i usunięcia uszkodzenia, wyrażony w dniach

S – kwota wody sprzedawanej [zł].

Na podstawie bilansu stref i raportów spółki Sąddeckie Wodociągi określono, że:

- przepływ wody w czasie uszkodzenia wzrósł o około 20[m³/h];
- czas lokalizacji uszkodzenia, który wyniósł 10 dni;
- kwota sprzedaży wody wynosiła 5,65zł brutto.

W oparciu o obliczenia stwierdzono, że koszt wody straconej z powodu uszkodzenia wynosi w przybliżeniu ok. 27 tys. zł. Jest to kwota, za jaką spółka sprzedałaby wodę odbiorcom w przypadku, gdyby usterka nie wystąpiła.

Podsumowanie

Proces lokalizowania wycieku w systemie wodociągowym składa się z wielu czynników, wśród których najważniejsze to: świadomość wystąpienia usterki, lokalizacja uszkodzenia, naprawa nieszczelności rurociągu. Precyzyjne lokalizowanie wycieku, wprowadzanie danych i znajomość materiału przekłada się na dokładność pomiaru. Metoda korelacji wodociągu z wykorzystaniem metody akustycznej umożliwiła zlokalizowanie wycieku z dokładnością do 0,6 [m]. Archiwizacja danych przepływu wody w strefach umożliwiła obliczenie kosztu rzeczywistej usterki i strat z tego tytułu poniesionych. Przekłada się to na prosty wniosek sensu inwestowania w korelatory rurociągu i wyspecjalizowany personel. Szybka reakcja na wyciek i prawidłowe metody korelacji umożliwiają najlepsze efekty w diagnostyce sieci wodociągowej.

Streszczenie

Artykuł zawiera szczegółowy opis procesu lokalizacji uszkodzenia w systemie wodociągowym na terenie miasta Nowy Sącz. Na podstawie rzeczywistej usterki omówiono szczegółowo tok postępowania w procesie lokalizacji wycieku. Przedstawiono 3 najważniejsze etapy diagnostyki sieci wodociągowej – świadomość wystąpienia usterki, lokalizacja uszkodzenia, naprawa nieszczelności rurociągu. Przeprowadzono badania odcinka rurociągu o podwyższonym zaszumieniu. Następnie dokonano korelacji odcinka z wykorzystaniem metody akustycznej.

System archiwizacji danych umożliwił analizę przepływu z okresu przed oraz po wystąpieniu wycieku wodociągu. W oparciu o czas występowania wycieku i wartość przepływu określono koszt wycieku rzeczywistej usterki w strefie „F”.

Analiza kosztów wycieku pozwoliła wyciągnąć wnioski, które określają opłacalność inwestowania w innowacyjne rozwiązania diagnostyczne. Szybka lokalizacja miejsca uszkodzenia obecnie jest możliwa jedynie przy użyciu zaawansowanych przyrządów mechatronicznych, do obsługi, których wymagany jest wysoko wykwalifikowany personel.

Abstract

The article contains a detailed description of the location of damage in the water supply system in the town of Nowy Sącz. On the basis of the actual fault, the process of locating the leak was discussed in detail. Three most important stages of water supply diagnostics are presented – fault rectification, fault location, pipeline leaks. An investigation of the pipeline section with increased noises was carried out. The section was then correlated using an acoustic method.

The data archiving system made it possible to analyze the flow before and after the leakage of the water pipe. Based on leakage time and flow value, the actual leakage cost in zone „F” was determined.

The leakage cost analysis has allowed us to draw conclusions that determine the cost-effectiveness of investing in innovative diagnostic solutions. Rapid location of damaged area is currently only possible with advanced mechatronic devices that require highly qualified personnel.

Bibliografia

- Baza danych spółki Sądectkie Wodociągi wygenerowane z programu HistorianProficy. (2016).
- Dohnalik, P., Jędrzejewski, Z. (2004). *Efektywna eksploatacja wodociągów*. Kraków: LEMTECH Konsulting.
- Gabryszewski, T. (1973). *Wodociągi*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Hamilton, S., Charalambous, B. (2013). *Leak Detection*. IWA Publishing.
- Harasymowicz, E., Dymaczewski, Z., Bylka, H., Jaroszyński, T., Sozański, M. (2002). *Wodociągi i kanalizacja w Polsce – tradycja i współczesność*. Poznań: Polska Fundacja Zasobów Wodnych.
- Hotłoś, H. (2003). Analiza strat wody w systemach wodociągowych. *Ochrona środowiska, 1*, 17-24.
- Kilian, E. (2015). *Nowe technologie w diagnostyce sieci wodociągowej*. Gliwice: Politechnika Śląska w Gliwicach.
- Knapik, K., Bajer, J. (2010). *Wodociągi*. Kraków: Politechnika Krakowska.
- Piechurski, F. (2010). *Ograniczenie strat wody w systemach wodociągowych*. Wodociągi – Kanalizacja. Politechnika Śląska.
- Piechurski, F. (2011a). *Sposoby zmniejszania strat wody (cz. 2)*. Warszawa: Rynek Instalacyjny.
- Piechurski, F. (2011b). *Woda zbilansowana*. Gdańsk: Magazyn Instalatora.
- Piechurski, F. (2014a). *Awarie w systemie dystrybucji wody (cz. 1)*. Inżynier Budownictwa. Gliwice: Politechnika Śląska.
- Piechurski, F. (2014b). *Urządzenia do wyszukiwania wycieków systemach wodociągowych*. Gdańsk: Magazyn Instalatora, 52.
- Sewerin Sp. z o.o. (2012, 07). VARIOTEC® 460 Tracergas. Materiały szkoleniowe. Warszawa.
- Żuchowicki, A.W. i in. (2002). *Wodociągi i kanalizacja: projektowanie, montaż, eksploatacja, modernizacja*. Warszawa: Wydawnictwo Verlag Dashofer.

DIAGNOSTYKA SYSTEMÓW GENEROWANIA I MAGAZYNOWANIA ENERGII W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Wstęp

Powszechność alternatorów obecnych w układach generowania energii zawdzięcza się faktowi, że wyparte już z obiegu prądnice prądu stałego są niewystarczające w zakresie dostępnej mocy dla prędkości obrotowej biegu jałowego, jak również posiadają problemy z komutacją dla dużych prędkości obrotowych (powyżej 8000 obr./min) oraz wysokiego zużycia miedzi. Przewagą alternatora są także mniejsze jego wymiary i większa dostępna moc. Jeśli chodzi o akumulatory, dominują wciąż powszechne kwasowo-ołowiowe, zaś w układach Start-Stop i hybrydowych także EFB (powłoka poliestrowa płyt) oraz AGM (wyposażone we włókno szklane wchłaniające elektrolit), jak również spiralne (włókno szklane oraz kształt spiralny płyt z dostępną większą ilością energii).

1. Diagnostyka akumulatora

Ocena stanu technicznego akumulatora może odbywać się 2 bezpośrednimi metodami: organoleptyczną i przyrządową. Ocena metodą organoleptyczną akumulatorów bezobsługowych polega na kontroli stanu i czystości zacisków pod kątem występujących na nich osadów, wypaleń i wykruszeń materiału oraz szczelności obudowy. Należy dokonać również oceny podłączenia i stanu przewodów, kontroli zamocowania akumulatora, a także, o ile jest dostępność do korków wlewowych, sprawdzenia poziomu elektrolitu. W akumulatorach bezobsługowych poziom elektrolitu weryfikuje się poprzez wskazanie koloru na okienku wziernikowym.

Wskaźnik ten składa się z okienka wziernikowego, sondy optycznej z przewężeniem oraz koszyka z tworzywa sztucznego z umieszczonym wewnątrz pływakiem. Kolor zielony wskazuje powyżej 65% naładowania (pływak w górnej części koszyka), kolor żółty i biały – konieczność ładowania (pływak w dolnej części koszyka, uniknięcie zasiarczenia płyt), a kolor czarny świadczy o rozładowanym akumulatorze – konieczność natychmiastowego ładowania. Wziernik informuje o naładowaniu tylko jednej celi, na innych poziom naładowania może być różny. Kolejną metodą jest pomiar areometrem lub refraktometrem po 30 min od zakończenia pracy, ładowania akumulatora lub 24 h od uzupełnienia elektrolitu. Aby przeprowadzić pomiar, należy wykręcić korki wlewowe, ustawić areometr pionowo, z pływakiem w pozycji pionowej i zassać przez otwór wlewowy elektrolit w takiej ilości, aby pływak nie zablokował się w gruszce, odczytać wynik, uwzględniając menisk wklęsły, wlać z powrotem elektrolit i powtórzyć pomiary dla pozostałych cel oraz zmierzyć temperaturę elektrolitu. Przy pomiarze w temperatury 20-30°C nie jest konieczne określenie stopnia korekcji, w innych przypadkach dokonuje się go według wzoru (1) i rysunku 1:

$$\rho_{25^{\circ}C} = \rho_{pom} - 0,0007 * (25^{\circ}C - t) \quad (1)$$

gdzie:

ρ_{pom} – wartość mierzona gęstości elektrolitu [g/cm³]

t – temperatura elektrolitu [°C].

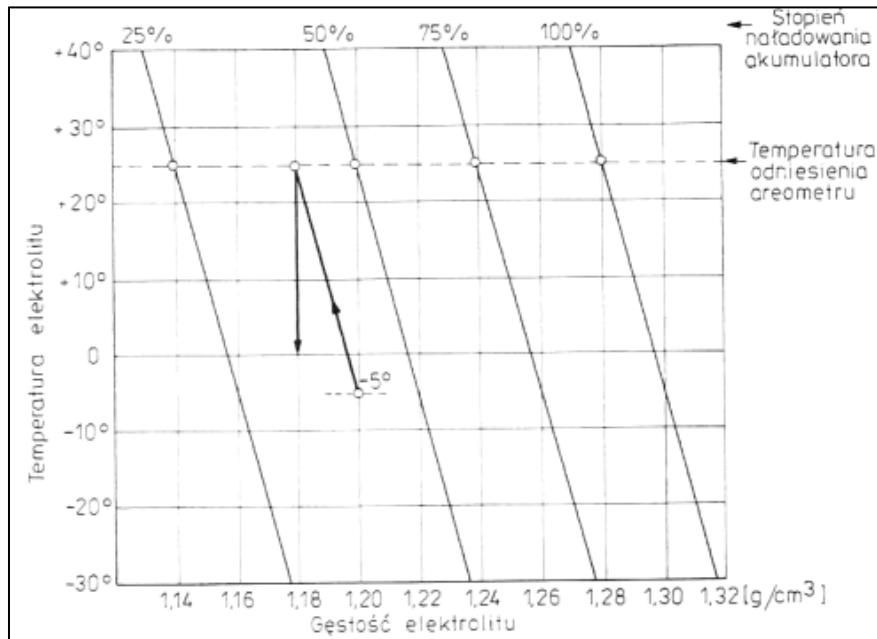
Poziom naładowania w zależności od gęstości ilustruje tabela 1.

Tabela 1

Zależność stopnia naładowania akumulatora od gęstości elektrolitu

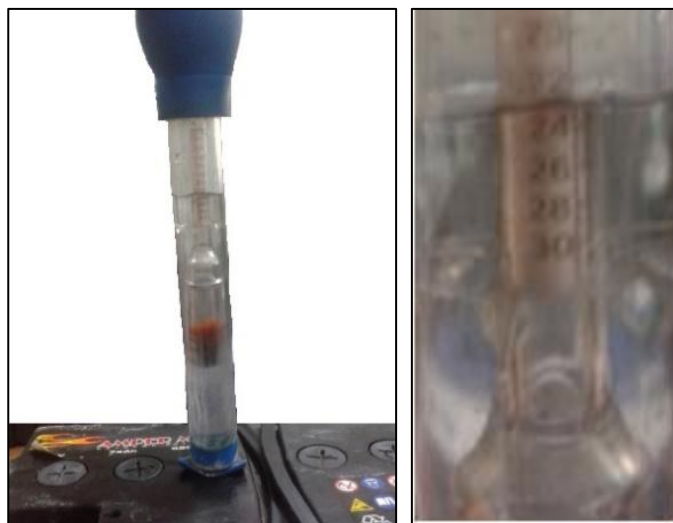
Stopień naładowania [%]	0	25	50	75	100
Gęstość elektrolitu [g/cm ³]	1,10	1,15	1,20	1,24	1,28

Przeprowadzone zostały też pomiary stanu technicznego akumulatorów kwasowych – napięcia (tester obciążeniowy, przy rozruchu, w spoczynku) oraz gęstości elektrolitu dla akumulatora kwasowo-ołowiowego typu Ca-Ca.



Rysunek 1. Diagram określający stan naładowania akumulatora poprzez pomiar gęstości elektrolitu w dowolnej temp.

Źródło: *Diagnostyka samochodów osobowych*, K. Trzeciak, 2002, Warszawa: WKŁ.



Rysunek 2. Pomiar gęstości elektrolitu w akumulatorze Ca-Ca.

Źródło: opracowanie własne.

Wskazanie areometru na trzeciej celi (rysunek 2) jest najwyższe spośród badanych i wynosi $1,22 \text{ g/cm}^3$ (60%). Wyniki pozostałych cel zawierały się w granicach $1,12\text{-}1,15 \text{ g/cm}^3$ (15-25%) i wystąpiło charakterystyczne zabarwienie na brunatny kolor. Oprócz nierównomiernego rozładowania poszczególnych cel dodatkowo może istnieć zwarcie między niektórymi celami, wynikające z powstałego osadu i zabarwienia elektrolitu, stąd tak duży spadek napięcia na testerze obciążeniowym. Konieczna będzie raczej utylizacja akumulatora.

Pomiar gęstości dla akumulatora z kratką ołowiową typu Powerframe z domieszką antymonu:



Rysunek 3. Pomiar gęstości akumulatora z kratką typu Powerframe.
Źródło: opracowanie własne.

Wynik pomiaru (trzecia celda, rysunek 3) wynosi $1,22 \text{ g/cm}^3$. Wyniki dla pozostałych cel wynosiły $1,1 \div 1,12 \text{ g/cm}^3$. Zabarwienie brunatne świadczy o zwarciu cel, zaś zabarwienie w kolorze mleka o zaszaczeniu. Dowodzi to, że w najbliższym czasie konieczna będzie utylizacja.

Pomiar napięcia pod obciążeniem z użyciem automatycznego testera obciążeniowego:

Akumulator 1: $Q = 74 \text{ Ah}$, $I_r = 680 \text{ A}$, $U_N = 12,25 \text{ V}$



Rysunek 4. Pomiar napięcia pod obciążeniem automatycznym testerem obciążeniowym.
Źródło: opracowanie własne.

Wynik pomiaru (rysunek 4) wskazuje na rozładowanie części cel (niska gęstość elektrolitu).

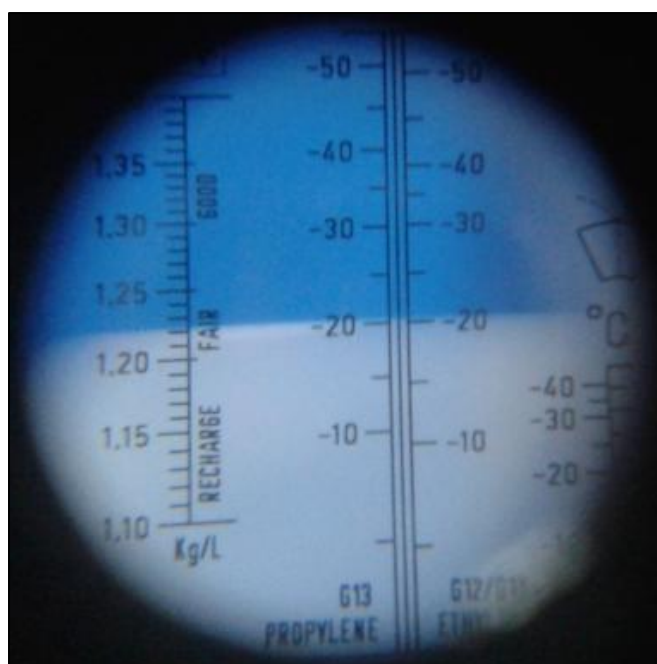
Akumulator 2: $Q = 74 \text{ Ah}$, $I_r = 680 \text{ A}$, $U_N = 12,44 \text{ V}$.



Rysunek 5. Pomiar testerem obciążenia.
Źródło: opracowanie własne.

Wynik pomiaru (11,63 V) świadczy o bardzo dobrej kondycji akumulatora i jego stopniu naładowania ok. 90% (rysunek 5). Jest to akumulator typu bezobsługowego, stąd brak możliwości pomiaru gęstości elektrolitu.

Pomiar refraktometrem odbywa się po wcześniejszej kalibracji (granica strefy ciemnej i jasnej na linii WATERLINE po umieszczeniu na pryzmacie kropli wody destylowanej, ustalona wkrętem kalibracyjnym). Należy pobrać kroplę elektrolitu z celi i nanieść pipetą na pryzmat, zamknąć pokrywę i odczytać gęstość na skali. Pomiar wykonany został dla akumulatora z kratką Powerframe i wyniósł $1,22 \text{ g/cm}^3$ (rysunek 6).



Rysunek 6. Pomiar gęstości elektrolitu akumulatora Ca-Ca refraktometrem.
Źródło: opracowanie własne.

Wyznaczenie przybliżonej gęstości elektrolitu może się odbywać poprzez pomiar napięcia akumulatora nieobciążonego po kilku godzinach od zakończenia ładowania według wzoru:

$$\rho_{sr} = \frac{E}{6} - 0,84 \quad (2)$$

gdzie:

E – zmierzona wartość siły elektromotorycznej [V]

ρ_{sr} – przybliżona gęstość elektrolitu [g/cm³].

Powyższy pomiar nie jest w pełni wiarygodnym sposobem stwierdzenia stanu technicznego akumulatora, ze względu na dużą rezystancję wewnętrzną multimetru, niepozwalającą na wykrycie niesprawności połączeń wewnętrznych przy poborze dużego prądu np. przez rozrusznik. Nie jest możliwe również stwierdzenie ilości energii zgromadzonej w akumulatorze.

Następną metodą jest pomiar napięcia pod obciążeniem przy pomocy multimetru podczas uruchamiania silnika. Wartość prądu rozruchowego zależy od temperatury otoczenia i stanu cieplnego silnika. Testery napięcia akumulatora pod obciążeniem stosowane w technice warsztatowej umożliwiają obciążenie go prądem o wartości 100 A na czas t = 10 s w celu ochrony przed nadmiernym rozładowaniem. Do testera podłącza się akumulator, wciska przycisk inicjujący start pomiaru i odczytuje wskazanie diod sygnalizacyjnych, wskazówki na tarczy alternatora lub alternatywnie z tabelą (tabela 2):

Tabela 2

Zależność napięcia akumulatora obciążonego od stopnia jego naładowania

Stopień naładowania [%]	0-25	25-50	50-75	75-100
Napięcie akumulatora obciążonego [V]	<9,3	9,3-10,2	10,2-11,1	>11,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Diagnostyka układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych*, G. Dyga, G. Trawiński, 2014, Warszawa: WSiP.

Aby określić właściwości rozruchowe akumulatora, stosuje się 2 metody pomiarowe, mające zastosowanie do pojazdów ze skrzynią manualną – pomiar napięcia rozruchu oraz pomiar dynamicznego obciążenia akumulatora. W przypadku pomiaru napięcia rozruchu należy odłączyć przewód dodatni od cewki zapłonowej i ewentualne zwarcie do masy zacisku cewki, podłączyć woltmierz do akumulatora, przełożyć dźwignię biegów w pozycję N, włączyć zapłon i odczytać napięcie (pow. 9 V).

Wynik pomiaru:

Napięcie przed obciążeniem: $U = 13,24 \text{ V}$

Napięcie w trakcie rozruchu: $U = 9,05 \text{ V}$

Napięcie po rozruchu: $U = 14,04 \text{ V}$

Ocena stanu techn. – akumulator dobry, zakres obciążenia przekroczył wartość 9V.

Podczas pomiaru napięcia przy dynamicznym obciążeniu akumulatora należy podłączyć woltmierz do akumulatora, przełożyć dźwignię biegów na 3 lub 4 bieg, zabezpieczyć koła klinami, zaciągnąć hamulec ręczny, wcisnąć główny, odłączyć przewód dodatni od cewki, uruchomić rozrusznik na czas 3 s i odczytać wynik (pow. 7 V).

Wyniki pomiaru:

Napięcie przed obciążeniem: $U = 12,41V$

Napięcie w trakcie obciążenia: $U = 7,71 V$

Napięcie po pomiarze: $U = 12,26 V$

Ocena stanu techn. – akumulator w bardzo dobrym stanie, napięcie obciążenia wyniosło powyżej 7 V. Akumulator 45 Ah silnik benzynowy.

2. Diagnostyka alternatora i regulatora napięcia

O niesprawności alternatora świadczy fakt, że w momencie wystąpienia usterki zapala się lampka kontrolna ładowania podczas pracy silnika. Oznacza to, że napięcie wytwarzane przez alternator znajduje się poniżej zakresu typowego dla jego pracy, tj. 13,5-14,6 V. Istotnym odnotowaniem jest również fakt, że akumulator posiada niski stopień naładowania w wyniku jego ciągłego niedoładowania. Powyższe fakty stają się przyczyną do wszczęcia diagnozy w celu ustalenia dokładnej przyczyny zaistniałej sytuacji.

Do metod diagnozy stanu alternatora należą: sprawdzenie organoleptyczne i ocena stanu technicznego metodami pomiarowymi. Metoda sprawdzenia organoleptycznego polega na określeniu stopnia zużycia paska napędu alternatora. Należy sprawdzić, czy nie jest on postrzępiony, pęknięty, czy nie występują uszkodzone zęby, rozwarstwienia na powierzchni bocznej i zewnętrznej. Określany jest także stan kół pasowych, zamocowanie wentylatora i naciąg paska klinowego. Należy dokonać również sprawdzenia pod kątem wystąpienia odgłosów, które mogą wskazywać na uszkodzenie łożysk wirnika (stuki, grzechotanie).

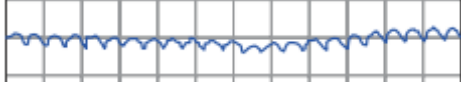
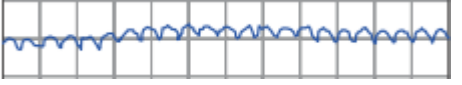
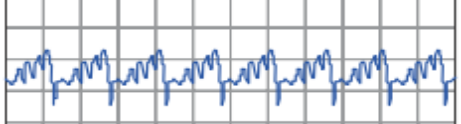
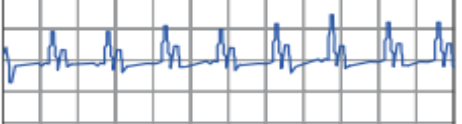
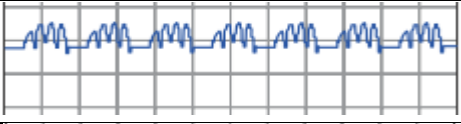
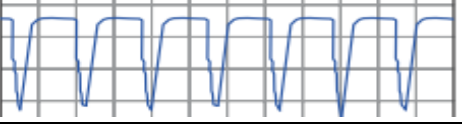
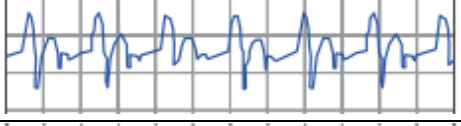
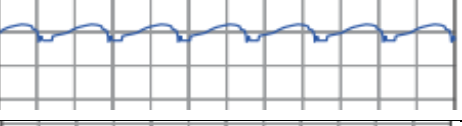
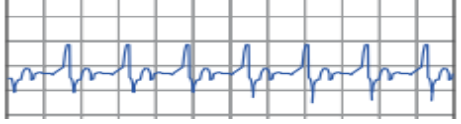
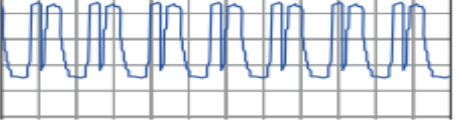
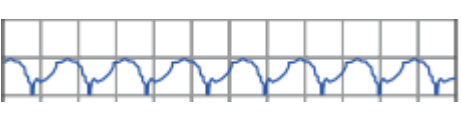
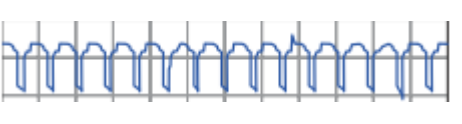
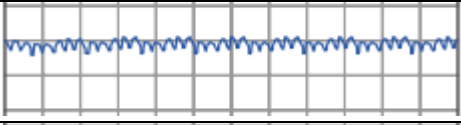
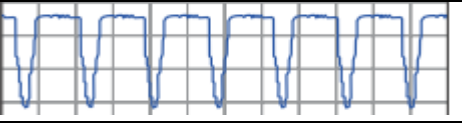

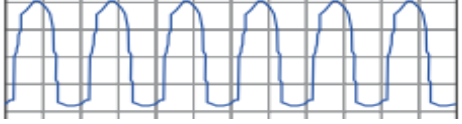
Do podstawowych metod diagnozowania stanu alternatora metodami pomiarowymi należy pomiar napięcia w instalacji elektrycznej za pomocą testerów elektronicznych lub oscyloskopu. Podczas przygotowania i realizacji pomiarów należy postępować ze szczególną ostrożnością, ze względu na ryzyko uszkodzenia regulatora napięcia lub diod prostownika. Należy przestrzegać następujących zasad:

- Prawidłowe podłączenie akumulatora do wyjść alternatora, zmiana biegunowości skutkuje przepływem dużego prądu przez diody i ich uszkodzeniem.
- Praca alternatora tylko z podłączonym co najmniej jednym odbiornikiem, np. akumulatorem – w przeciwnym wypadku nastąpi niebezpieczny wzrost napięcia i uszkodzenie diod.
- Niedopuszczalne sprawdzanie alternatora „na iskrę” i łączenie zacisku B+ z masą lub zaciskiem DF – zniszczenie diod prostowniczych.
- Wymiana przewodów alternatora na takie o co najmniej identycznym przekroju przewodu.

Do oscyloskopu należy podłączyć przewód dodatni do zacisku B+ alternatora/ klemy dodatniej, przewód ujemny do masy/klemy ujemnej, uruchomić silnik, dokonać pomiarów dla różnych prędkości obrotowych i obciążenia (dla 2000 obr./min bez obciążenia wynosi 13,8-14,6 V, przy maksymalnym obciążeniu 13,3-13,5 V, przy maksymalnej prędkości obrotowej do 14,8 V – regulator napięcia). Sprawność alternatora wyznacza też wartość tętnienia napięcia za mostkiem prostowniczym (tabela 3). Nie może ono wynosić więcej niż 0,5 V, większa wartość świadczy o uszkodzeniu diod mostka prostowniczego, diod wzbudzenia, połączeń elektrycznych uzwojenia twornika lub mostka prostowniczego. Pomiar z wyznaczeniem wartości tętnienia wykonywane są przy obciążonym alternatorze na zacisku B+ lub D+ (uzwojenie wzbudzenia).

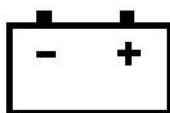
Tabela 3

Oscylogramy napięcia na zaciskach B+ i D+

	Oscylogramy napięcia	
	Zacisk B+	Zacisk D+
Alternator sprawny		
Przerwa w jednej dodatniej diodzie prostowniczej		
Przerwa w jednej ujemnej diodzie prostowniczej		
Zwarcie w dodatniej diodzie prostowniczej		
Zwarcie w jednej ujemnej diodzie prostowniczej		
Zwarcie międzyfazowe uzwojeń twornika		
Przerwa w jednej diodzie wzbudzenia		
Zwarcie w jednej diodzie wzbudzenia		

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Diagnostyka układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych*, G. Dyga, G. Trawiński, 2014, Warszawa: WSiP.

W przypadku alternatorów sterowanych cyfrowo ocena stanu obejmuje dodatkowo sprawdzenie komunikacji ze sterownikiem oraz reakcji alternatora na zmianę zadanego sygnału sterującego. Przy unieruchomionym silniku prąd nie może przepływać z akumulatora do alternatora, a jeśli następuje przepływ, to jedna z diod jest uszkodzona. Należy podłączyć multimetr testera szeregowo pomiędzy przewodem B+ i zaciskiem. Po przyłączeniu multimetru i uruchomieniu silnika mierzone napięcie nie powinno być wyższe niż 0,7 V. Kolejne pomiary diagnostyczne wykonywane są po wymontowaniu alternatora z samochodu. Dotyczą one kontroli poszczególnych diod prostowniczych, sprawdzenia przebicia izolacji pod kątem zwarcień międzyfazowych i międzyzwojowych, a także ciągłości uzwojeń fazowych. Zestaw wskaźników w samochodzie w panelu deski rozdzielczej informuje kierującego o aktualnym stanie pojazdu, czyli parametrach podzespołów, a wyposażony jest w świetlne lampki kontrolne oraz ostrzegawcze, informujące o usterkach. Jednym ze wskaźników jest woltomierz lub lampka kontrolna ładowania (rysunek 7).



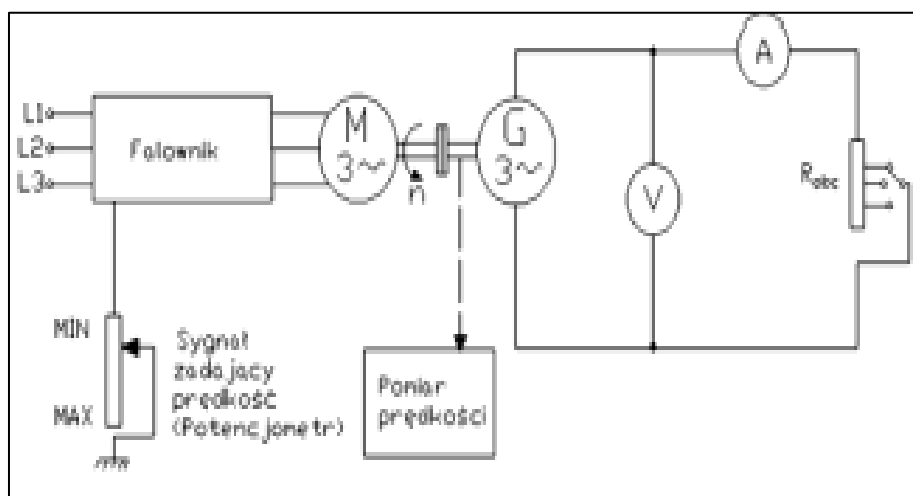
Rysunek 7. Symbol lampki kontrolnej ładowania akumulatora.
Źródło: opracowanie własne.

Świecenie lampki kontrolnej ładowania świadczy o niesprawnościach typu:

- zanik prądu ładowania;
- uszkodzony napęd alternatora – pasek lub sprzęgło jednokierunkowe w kole pasowym alternatora;
- uszkodzony regulator napięcia;
- zbyt duże napięcie ładowania z regulatora napięcia powoduje uszkodzenie sterowników elektronicznych i akumulatora;
- uszkodzenia diod prostowniczych;
- zwarcia, przerwy w połączeniach wewnętrznych alternatora;
- starcie, zużycie szczotek alternatora;
- uszkodzenia instalacji elektrycznej obwodu ładowania.

Podczas pomiarów układu do wyznaczania charakterystyk alternatora (rysunek 8) można zebrać następujące charakterystyki:

- charakterystyka elektromechaniczna $U = f(n)$, gdzie $I_{obc} = \text{const}$, $R_f = \text{const}$ (rez. wzbudzenia). Charakterystyki elektromechaniczne pozwalają określić, w jaki sposób prędkość obrotowa wpływa na napięcie alternatora, gdy jest stały prąd wzbudzenia;
- charakterystyka biegu jałowego $U = f(I_w)$ oznacza, w jaki sposób prąd wzbudzenia wpływa na napięcie alternatora na biegu jałowym, gdy jest stała prędkość wirnika alternatora;
- charakterystyka regulacyjna $I_w = f(n)$, gdzie $I_{obc} = \text{const}$, $U = U_n = \text{const}$. Określa ona relację prądu wzbudzenia i prędkości pracy alternatora;
- charakterystyka zewnętrzna $U = f(I_{obc})$, gdzie $I_f = \text{const}$. Określa ona relację prądu obciążenia alternatora i napięcia wyjściowego;
- charakterystyka obciążenia $I_{obc} = f(n)$, gdzie $U = \text{const}$, $I_f = \text{const}$.



Rysunek 8. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyk alternatora.
Źródło: opracowanie własne.

Najczęstsze nieprawidłowości w działaniu alternatora obrazuje tabela 4:

Tabela 4

Rodzaje usterek i ich diagnoza w alternatorze

Objawy uszkodzenia	Diagnoza
Podczas zwiększania prędkości obrotowej lampka kontrolna nadal świeci	<ul style="list-style-type: none"> – zużycie szczotek, – uszkodzenie diod, – zwarcie uzwojenia wirnika z masą, – zwarcie uzwojenia stojana z masą, – zerwanie paska klinowego alternatora.
Lampka kontrolna miga, gdy silnik $v = \text{const}$	<ul style="list-style-type: none"> – zużycie szczotek, – mało naciągnięty pasek klinowy, – uszkodzenie regulatora napięcia, – uszkodzenie kondensatora przeciwwzłóceninowy.
Alternator głośno pracuje	<ul style="list-style-type: none"> – złe zamontowanie, – luz koła pasowego, – uszkodzenie łożyska, – luźne osadzenie szczotki, – zwarcie/przerwa w prostowaniu, – zwarcie/przerwa w uzwojeniu stojana.

Zródło: opracowanie własne.

W przypadku uszkodzeń samego regulatora napięcia daje on następujące objawy przedstawione w tabeli 5.

Objawami uszkodzenia mogą być także:

- brak prądu ładowania – ciągłe świecenie lampki kontrolnej, wskazania znaku ujemnego amperomierza bez względu na prędkość obrotową silnika – alternator albo regulator;
- niedoładowanie akumulatora – gaśnięcie lampki lub wskazania znaku dodatniego amperomierza podczas dużych prędkości obrotowych silnika. Ewentualne trudności z rozruchem silnika poprzez niedoładowanie akumulatora – alternator albo regulator.
- przeładowanie akumulatora – maksymalne, ciągłe wychylenie wskazówki amperomierza na znak dodatni, silne gazowanie i szybkie obniżenie jego poziomu – regulator;
- słabe świecenie lub migotanie lampki podczas dużych prędkości obrotowych silnika.

Tabela 5

Rodzaje usterek regulatora napięcia i ich diagnoza

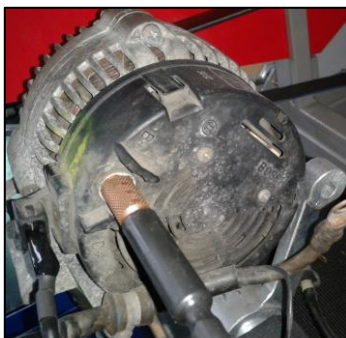
Objawy	Przyczyna
Rozładowanie akumulatora w trakcie zwykłej eksploatacji	<ul style="list-style-type: none"> – nieprawidłowa regulacja regulatora, – częsty rozruch, – zbyt duża liczba włączonych odbiorników w samochodzie.
Miganie lampki przy stałej prędkości obrotowej silnika	<ul style="list-style-type: none"> – zaśniedzone styki, – rezystor uszkodzony, – zwarcie w kondensatorze przeciwzakłóceń.
Lampka kontrolna świeci mimo wzrostu prędkości obrotowej silnika	<ul style="list-style-type: none"> – nadpalone styki, – przerwa w połączeniach, obwodzie.
Lampka kontrolna świeci po włączeniu stacyjki	<ul style="list-style-type: none"> – brak styku zacisku regulatora z masą, – zaśniedzone styki, – przerwa w uzwojeniu cewki.

Źródło: opracowanie własne.

Przedmiotem niniejszej analizy jest ocena stanu technicznego 2 wybranych alternatorów na stanowisku do testowania alternatorów STA-2. Stanowisko do testowania alternatorów przeznaczone jest do pomiaru i obserwacji zmian w czasie parametrów alternatorów o napięciu nominalnym 12 V lub 24 V w funkcji obrotów i obciążenia. Umożliwia ono zamocowanie i badanie większości typów alternatorów oraz przeniesienie napędu za pomocą 2 typów pasków – wąskiego klinowego i szerokiego wielorowkowego. Napęd alternatora odbywa się za pomocą trójfazowego silnika elektrycznego o mocy 3 kW, przekładnią pasową o przełożeniu 2,5:1 oraz falownik z nastawą 100 Hz i regulacją prądu obciążenia w zakresie 0-150 A (15 poziomów). Stanowisko umożliwia testowanie większości typów alternatorów, regulatorów napięcia oraz wykrywanie usterek w obwodzie wzbudzenia i prostownika. Obwód dodatni z akumulatora poprowadzony jest przez przełącznik i rezystor na zacisk uniwersalny przewodu zasilania B+. Rezystor ogranicza prąd zwarciovowy przy zwarciu przewodu głównego do masy alternatora. Aby rezystor nie ograniczał prądu ładowania akumulatora płynącego w przeciwnym kierunku, zastosowano diodę, wywołującą jednocześnie różnicę napięcia akumulatora i alternatora, wynoszącą 0,4 V. Stan zwarcia zacisków lub zwarcia i przeciążenia obwodu wzbudzenia sygnalizują kreski na wyświetlaczu, zerowy prąd zaś same zera. Po podłączeniu alternatora do zacisków B+, D+ oraz wyregulowaniu naciągu paska klinowego (odchylenie do 15 cm wysokości paska pociągając w górę) następuje obciążenie wstępne 30 A i wskazanie powinno wynieść ok. 14 V alternator i 13 V akumulator. Przy wskazaniu napięcia powyżej 15,5 V nastąpiło zwarcie obwodu wzbudzenia, w przypadku świecenia kontrolki D+ następuje brak ładowania akumulatora. Kolejnym etapem diagnozy jest sprawdzenie stabilności napięcia wyjściowego w funkcji obciążenia – napięcie powinno utrzymywać stałą wartość przy zadanym obciążeniu, przy gwałtownym spadku napięcia powyżej obciążenia 40 A świadczy o niewydolności w zakresie wytwarzanej mocy.

Gdy zachodzi konieczność testowania samego regulatora napięcia – następuje podłączenie przewodu wzbudzenia do zacisku DF i wybór typu regulatora (dodatni lub ujemny). Prąd wzbudzenia powinien wynosić 1,4-3,5 A.

Pomiar alternatora 1 – Bosch 0123315001 KC 14 V 70 A 028903025G (samochody VW Golf 3/Toledo/Passat 1993-1997 1.9D/TD/TDI).



Rysunek 9. Podłączenie przewodów do zacisków B+ i D+ w alternatorze.
Źródło: opracowanie własne.

Alternator zamocowany w uchwycie z podłączonymi przewodami B+, B-, D+, założonym paskiem klinowym na koło pasowe i spuszczoną osłoną gotowy do pracy (rysunek 9). Stanowisko STA-2 podłączone z akumulatorem i z zasilaniem sieciowym 3x400 V.

Pomiar prądu ładowania sondą hallotronową na przewodzie B+.

Do kolejnej grupy pomiarów należy pomiar wydajności prądowej, wykonywany sondą prądową. Należy wyzerować wskazania sondy, cęgi założyć na przewód B+ alternatora (strzałka sondy zgodna z kierunkiem przepływu prądu przewodu, akumulator naładowany), wykonać pomiar dla prędkości 3 000 obr./min silnika, odczytać prąd ładowania (różnica 5A od poboru prądu ładowania lub naprawa).



Rysunek 10. Pomiar prądu ładowania (po lewej) i prądu wzbudzenia (po prawej).
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6

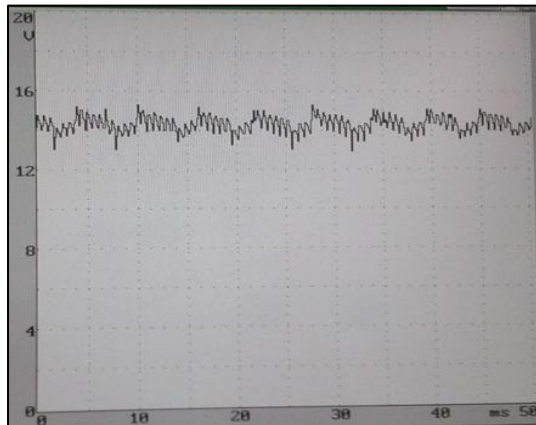
Parametry pomiaru prądu ładowania i wzbudzenia

Parametry (prąd ładowania I_l)	Parametry (prąd wzbudzenia I_{wzb})
$V_{alt} = 14,41 V$	$V_{alt} = 13,93 V$
$V_{aku} = 13,24 V$	$V_{aku} = 13,11 V$
$I_{obc} = 23,3 A$	$I_{obc} = 65 A$
$n = 3000 obr./min$	$n = 3000 obr./min$

Źródło: opracowanie własne.

Następnym pomiarem jest sprawdzenie wartości prądu wzbudzenia w celu wykrycia zużytych szczotek i dużych oporów uzwojenia wzbudzenia. Należy maksymalnie obciążyć alternator przy prędkości 3000 obr./min silnika i założyć sondę hallotronową na przewód D+ alternatora (wskazanie 3-7 A lub wymiana szczotek).

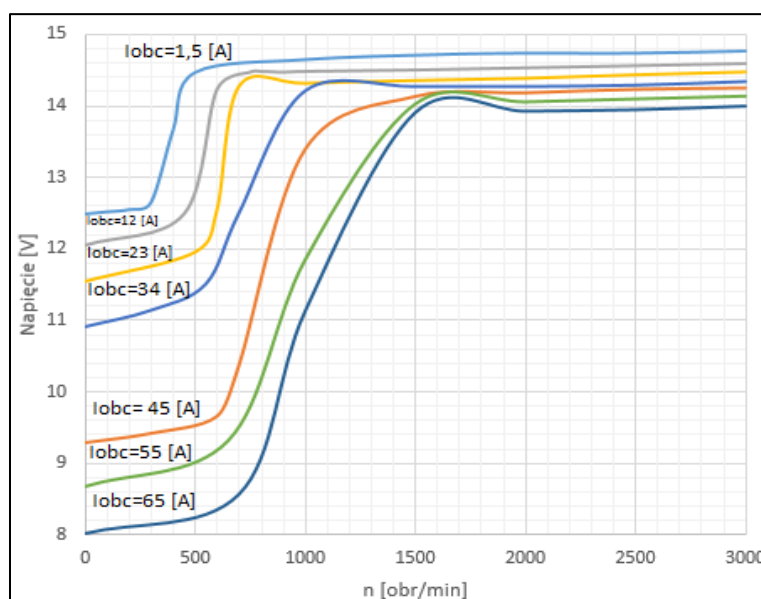
Wynik pomiaru $I_t = 23,24$ A (rysunek 11) mieści się w zakresie $0 \div 5$ A różnicy prądu obciążenia (tj. 0,06 A), co świadczy o braku konieczności gruntownej naprawy. Wynik pomiaru $I_{wzb} = 0,52$ A nie zawiera się w przedziale $3 \div 7$ A, co świadczy o znacznym zużyciu i konieczności wymiany szczotek.



Rysunek 11. Przebieg napięcia na zacisku B+ alternatora – test diod prostowniczych.
Źródło: opracowanie własne.

Przebieg napięcia diod (rysunek 12) przekracza dopuszczalny zakres tętnienia napięcia $0 \div 0,5$ V. Charakter wykresu wskazuje na wystąpienie przerwy w jednej dodatniej diodzie prostowniczej (możliwa przerwa na linii uzwojenie twornika – dioda, brak połączenia).

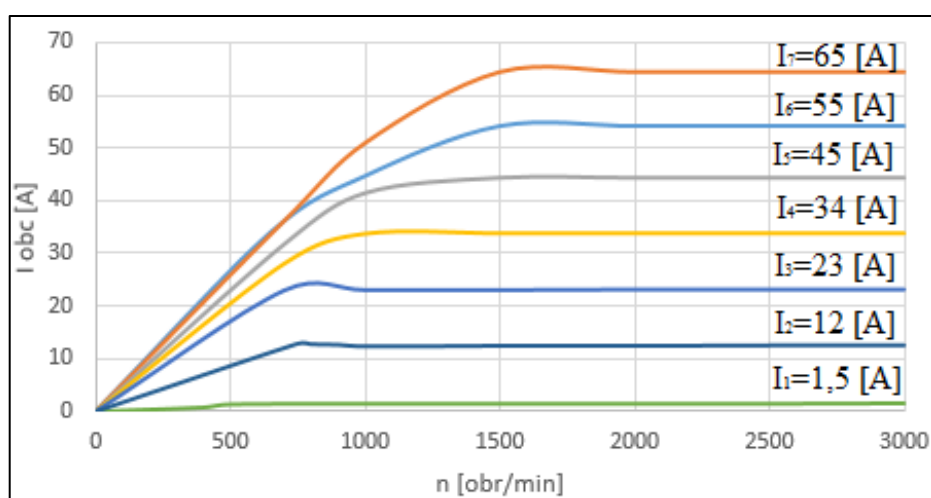
Wyznaczenie charakterystyki elektromechanicznej i prądowo-prędkościowej alternatora Bosch 0123315001 KC 14 [V] 70 [A] 028903025G.



Rysunek 12. Wyznaczenie charakterystyki elektromechanicznej dla różnych zakresów obciążeń.
Źródło: opracowanie własne.

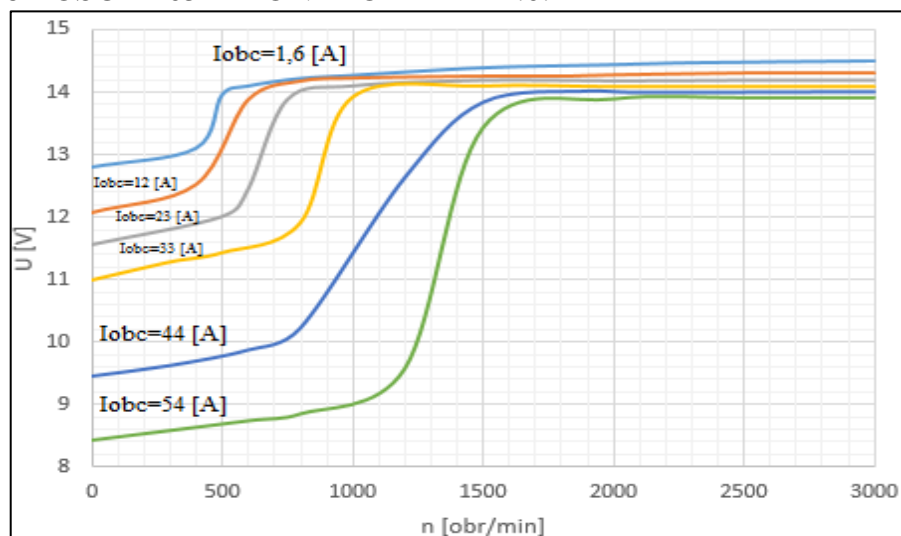
Z analizy wykresu charakterystyki elektromechanicznej wynika, że alternator dla $I_{obc} > 40 \text{ A}$ wykazuje znaczny spadek napięcia U_{wy} dla prędkości obrotowej $n < 1500$ [obr./min]. Powyżej tego zakresu charakter jest stabilny, co świadczy o dobrej wydolności prądowej i mocy urządzenia. W niskim zakresie prędkości (1000-1500 obr./min) przy obciążeniu powyżej 40 A jest on jednak niewystarczający, na co wskazuje także poprzedni pomiar diod i prostowania napięcia. Alternator dla każdego zakresu obciążenia napięcie nominalne powinien osiągnąć przynajmniej przy $n=1000$ obr./min.

Obserwując także przebieg prądu obciążenia (rysunek 13), wyraźnie widać, że prąd obciążenia osiąga wartość maksymalną danego zakresu obciążenia przy 700-800 obr./min. Jednakże przy większym obciążeniu osiągnięte jest to dopiero przy 1500 obr./min. Oznacza to, że regulator napięcia dostosowuje tutaj napięcie do danego obciążenia, zdolność do mniejszego przenoszenia prądu obciążenia w niższych prędkościach obrotowych determinuje także idący z tym spadek napięcia wyjściowego alternatora i mocy wyjściowej.



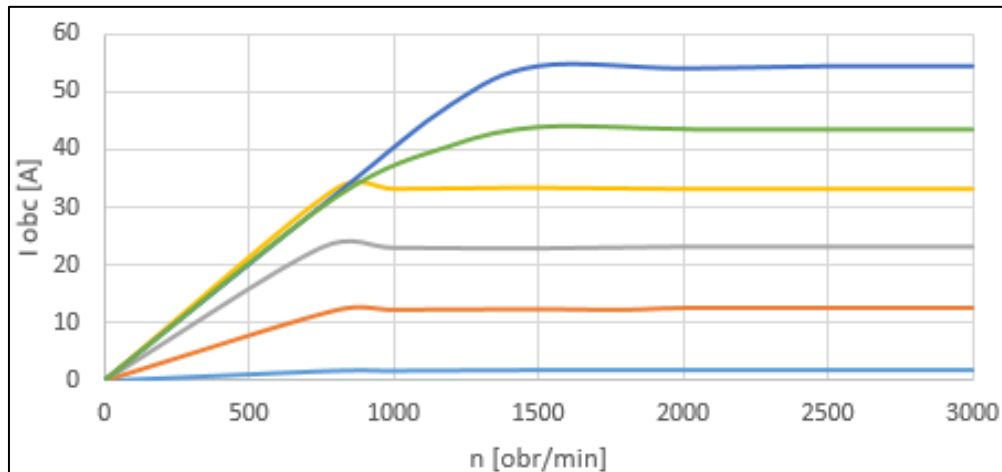
Rysunek 13. Wyznaczenie charakterystyki prądowo-prędkościowej dla różnego zadanego obciążenia alternatora.
Źródło: opracowanie własne.

Wyznaczenie charakterystyki elektromechanicznej i prądowo-prędkościowej alternatora 0124415006 BOSCH 105A MONDEO II MK2 2.0.



Rysunek 14. Wyznaczenie charakterystyki elektromechanicznej.
Źródło: opracowanie własne.

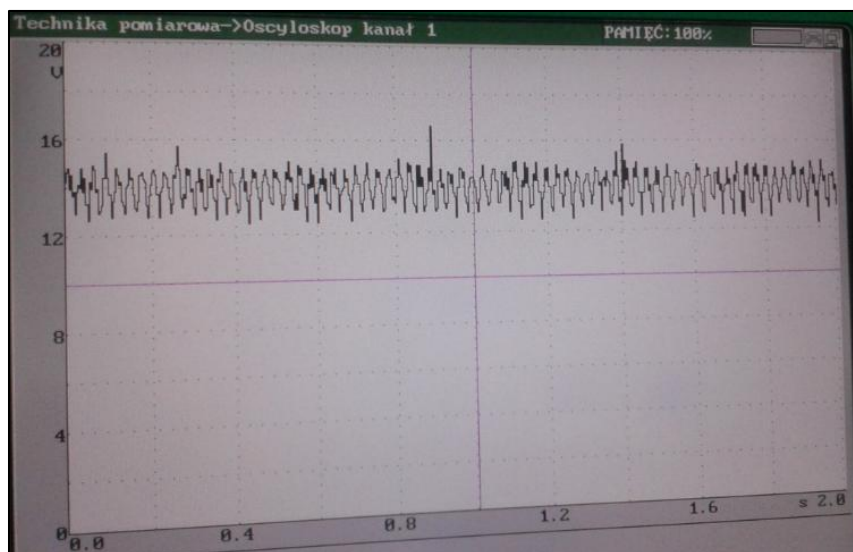
Analizując charakterystykę elektromechaniczną alternatora Bosch Ford (rysunek 14) następuje gwałtowny spadek napięcia i mocy dla $I_{obc} > 40 A$ już dla prędkości 1700 obr./min. Alternator osiąga tutaj mniejszą moc przy jeszcze większej prędkości obrotowej niż w badanym poprzednio. Wyznaczenie charakterystyk dla większych prędkości obrotowych nie jest konieczne, ponieważ przy obciążeniu w połowie tego alternatora następują ogromne spadki napięcia, co świadczy o konieczności jego naprawy (uszkodzenie diod, nierównoważności wałka wirnika, uzwojenie etc.). Ponadto pomiary wykonano dla połowy zakresu ze względu na niestabilną pracę alternatora przy większym obciążeniu.



Rysunek 15. Wyznaczenie charakterystyki prądowo-prędkościowej.
Źródło: opracowanie własne.

Przy ok. 800 obr./min prąd obciążenia osiąga swoją wartość maksymalną dla danego zakresu. Przy $I_{obc} > 40 A$ zakres ten ulega zmianie i przesunięciu do wartości 1400 obr./min (rysunek 15).

Przebieg napięcia wyjściowego z zacisku B+ alternatora ($U_{alt} = 14,00 V$, $U_{aku} = 13,00 V$, $I_{obc} = 43,6 V$, $n = 2000 obr./min$):

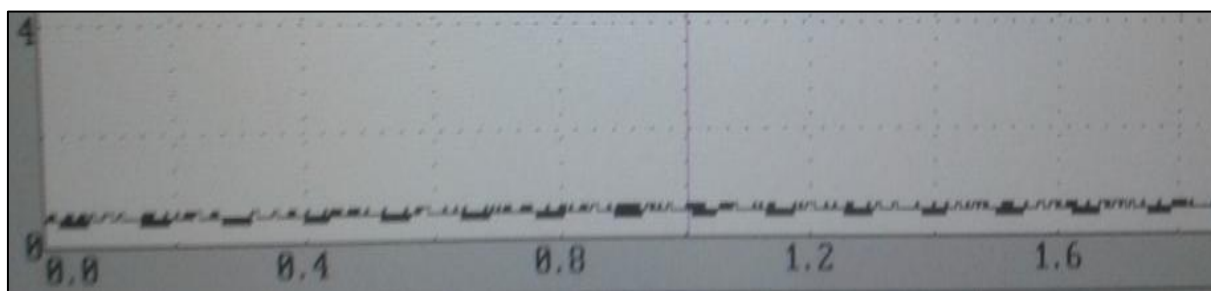


Rysunek 16. Przebieg napięcia wyjściowego z zacisku B+ przy obciążeniu 44 A alternatora Bosch Ford.
Źródło: opracowanie własne.

Kształt wykresu przebiegu napięcia wyjściowego (rysunek 16) wskazuje na uszkodzenie jednej diody wzbudzenia (zwarcie diody). Amplituda oscylacji (tętnienie napięcia) przekracza 0,5 V. Konieczna wymiana uszkodzonej diody wzbudzenia.

Przy pomocy oscyloskopu możliwe jest także przeprowadzenie pomiaru sygnału sterującego na zacisku DFM/DF alternatora. Należy podłączyć dodatni przewód pomiarowy do zacisku DFM, a drugi do masy samochodu. Na ekranie oscyloskopu (rysunek 17) obserwuje się sygnał prostokątny o stałej amplitudzie napięcia instalacji elektrycznej i zmiennej wartości współczynnika wypełnienia PWM w zależności od obciążenia alternatora.

Jak widać na poniższym wykresie, jest to sygnał prostokątny o stałej amplitudzie typu PWM – w tym przypadku 0,4 V (dolny próg 0,29 V, górny 0,59 V). Szerokość impulsu (współczynnik wypełnienia PWM) zmienia się w zależności od obciążenia alternatora (dynamicznego).



Rysunek 17. Sygnał PWM z zacisku PWM alternatora Bosch Ford.
Źródło: opracowanie własne.

Badanie prądu ładowania akumulatora w pojeździe może odbywać się z użyciem miernika uniwersalnego poprzez wpięcie go szeregowo między zacisk + a biegun dodatni + akumulatora. Możliwe jest wykonanie tej operacji przy włączonym silniku dopiero po wykonaniu rozruchu (ze względu na konieczność posiadania miernika z zakresem powyżej 60 A najlepiej rzędu 300-500 A, uwzględniając fakt, że będzie to początkowo prąd rozruchu, a następnie chwilowy prąd ładowania rzędu 10-60 A). W przypadku pracującego silnika prąd ładowania powinien wynosić $0,05-0,01Q_{20}$, czyli typowo ok. 3-4 A, co uzależnione jest oczywiście od stopnia naładowania. W przypadku prawie pełnego naładowania prąd ten wyniesie poniżej 2 A. W samochodach wyposażonych w sterownik ECU odłączenie klemy należy uczynić z zachowaniem ciągłości obwodu, tj. najpierw podłączyć miernik do bieguna akumulatora, odblokować klemę, podłączyć drugi krokodylek miernika do klemy i szybko odpiąć klemę od bieguna (uniknięcie przepięć i uszkodzeń dla układów elektronicznych pojazdu). W przypadku wyłączanego silnika również trzeba zachować ciągłość obwodu pomiarze poboru prądu przez układy ECU – w zależności od modelu pojazdu mogą wynosić (ryzyko skasowania ustawień radia fabrycznego, niektórych parametrów ECU) przy 0,01-0,2 A po kilkudziesięciu sekundach od wyłączenia silnika (stopniowy spadek poboru prądu od 1,5 A do 0,01-0,2 A).

Wyniki pomiaru prądu ładowania (tabela 7) (alternator Valeo 516037B 14 V / 60 A, akumulator 40 Ah, powyżej 90% naładowania). $U_{aku} = 12,85$ V, $U_{alt} = 14,33$ V.

Tabela 7

Pomiar prądu ładowania

Pomiar	Prąd ładowania [A]
Akumulator nieobciążony	1,76
Światła pozycyjne	1,39
Światła mijania	1,04
Światła mijania + wentylatory w kabinie	0,80

Źródło: opracowanie własne.

Prąd rozładowania przy wyłączonym silniku – 0,03 A. Uzyskane pomiary wskazują na dobrą kondycję układu ładowania. Napięcie alternatora przy włączonym silniku nie powinno raczej przekraczać 14,4 V, co wskazują powyższe wyniki. Alternatory mogą wytworzyć prąd od 25 A do 180 A

Pomiar napięcia ładowania służy wstępnej ocenie, czy następuje prawidłowe ładowanie akumulatora w pojeździe.

$$U_{aku} = 12,85 V$$

$$U_{alt} = 14,33 V$$

Wskazanie napięcia alternatora jest prawidłowe (alternator wytwarza napięcie w zakresie 14,00-14,40 V).

3. Diagnostyka układów hybrydowych, z systemem Start-Stop i odzyskiem hamowania

Oprócz akumulatorów kwasowo-ołowiowych istnieją także akumulatory EFB oraz AGM. Akumulatory EFB posiadają płyty dodatnie, pokryte powłoką z poliestru, zwiększającą odporność ogniów na cykliczną pracę, związane z częstym rozładowaniem i ładowaniem prądem o dużym natężeniu. Akumulatory AGM wyposażone są między płytami we włókno szklane o dużej porowatości, całkowicie wchłaniające elektrolit. Gazy odprowadzane są do elektrody ujemnej i zamieniane w wodę, w ten sposób prawie nie ma ubytków elektrolitu, są odporniejsze na rozładowanie oraz ze względu na mniejszą rezystancję wewnętrzną napięcie na zaciskach jest nieco wyższe. Akumulatory EFB stosowane są we współczesnych samochodach z klasycznym systemem Start-Stop, natomiast AGM w pojazdach z systemem Start-Stop i odzyskiem hamowania. Trzecim alternatywnym rozwiązaniem jest implementacja włókna szklanego i cienkich płyt ołowiowych zwiniętych w rulon – spiralę. Posiadają one mniejszą rezystancję wewnętrzną, dzięki czemu oddają znacznie większe ilości prądu i gromadzą więcej ładunku przy niemal jednakowych wymiarach jak akumulatory standardowe. W przypadku napędów hybrydowych i zaawansowanych w pojazdach z silnikiem spalinowym funkcjonuje czujnik naładowania akumulatora, umieszczony na klemie ujemnej, będący również sterownikiem zarządzania akumulatorem. Do jego zadań należy precyzyjny odczyt napięcia akumulatora, pobieranie prądu i temperatury otoczenia. W wariantcie alternatywnym pomiar napięcia następuje na zacisku dodatnim, a prąd i temperatura w sterowniku zarządzania akumulatorem. Analiza tych parametrów służy w głównej mierze do określenia stopnia naładowania akumulatora. Komunikacja sterownika systemu zarządzania energią z innymi czujnikami odbywa się za pośrednictwem interfejsu komunikacyjnego pojazdu CAN lub LIN. Sterownik ten pobiera informacje z czujnika temperatury silnika, otoczenia, prędkości obrotowej wału korbowego silnika, informacje o czasie postoju pojazdu. Na podstawie tych informacji system ten reguluje moment oraz obciążenie alternatora poprzez czasowe opóźnianie załączania alternatora do pracy (rozruch

silnika) oraz ograniczanie energii produkowanej przez alternator – obniżenie napięcia, ograniczenie pobieranej mocy, wyłączanie niektórych odbiorników np. ogrzewanie foteli przy przyspieszaniu w celu zmniejszenia zużycia paliwa. Redukuje on także rozładowanie akumulatora do wartości progowej poprzez odłączenie części odbiorników energii – informacji, rozrywki oraz komfortu oraz posiada funkcje diagnostyczne.

W alternatorach sterowanych cyfrowo stosowane są regulatory wielofunkcyjne, które optymalnie dopasowują parametry pracy prądnicy do warunków pracy silnika, umożliwiając realizację funkcji diagnostycznych:

- odłączenie prądu wzbudzenia podczas rozruchu silnika – obniżenie oporów przy rozruchu;
- powiększenie obrotów silnika w przypadku niższego napięcia akumulatora lub zwiększonego obciążenia;
- zwiększony czas zwłoki w odpowiedzi alternatora na zmienność obciążenia – zmniejszenie oporów przy przyspieszaniu;
- ochrona alternatora przed przepaleniem lampki kontrolnej ładowania, przerwaniem obwodu elektrycznego, zwarcie wirnika, uszkodzeniem termicznym;
- regulacja napięcia ładowania akumulatora uwzględniająca realne wartości mierzone na zaciskach akumulatora;
- czasowe odłączenie niektórych odbiorników energii i samodiagnostyka alternatora.

Podsumowanie

Przeprowadzone badanie alternatora wykonano pod kątem jego wydajności prądowej i napięciowej. Pomiar dokonywano dla prędkości obrotowych do 3000 obr./min silnika (do 7500 obr./min alternatora), co okazuje się wartością wystarczającą do wykreślenia charakterystyk zarówno prądowo-prędkościowych, jak i elektromechanicznych. W niniejszym artykule położono nacisk na wykreślenie 2 spośród dostępnych 5 charakterystyk ze względu na fakt, iż w największym stopniu pozwalają ocenić i wykryć niesprawności funkcjonowania alternatora, głównie w zakresie wytwarzanej mocy. W obu przypadkach charakterystyki elektromechaniczne okazały się niemal wzorcowe dla niskich zakresów obciążeń, a przy obciążeniu powyżej 40 A dało się zaobserwować niewydolność wytwarzanej mocy, co pokazały przebiegi napięcia otrzymane na oscyloskopie, detekcja uszkodzonej diody prostowniczej i zużyte znacznie szczotki. Obserwowanie sygnału PWM pozwoliło na ocenę, czy sterowanie napięciem dokonuje się w sposób właściwy, podobnie w przypadku pomiaru prądu i napięcia ładowania. W przypadku pomiarów akumulatorów pomiar areometrem i refraktometrem umożliwiły one ocenę stopnia zużycia ogniw (brunatne zabarwienie), a więc konieczność recyklingu zużytych akumulatorów, natomiast pomiar obciążenia testerem dodatkowo wskazał informację czy opadnięcie powłoki płyty jest znaczne (duży spadek napięcia podczas obciążenia i znacznie szybsze rozładowanie akumulatora). Ostatnie badanie akumulatora pod obciążeniem w warunkach rzeczywistych jest swoistym uzupełnieniem wcześniej przeprowadzonych. Na podstawie wskazanych objawów możliwa jest detekcja i diagnoza usterek alternatora oraz regulatora, w głównej mierze oparta na podstawie obserwacji zachowania lampki kontrolnej i samego układu, a w przypadku nowszych rozwiązań także odczytu stanów ze sterownika CAN i czujnika naładowania.

W niniejszym artykule nacisk położono na sam proces diagnostyki układu. W przypadku zdiagnozowania usterki elementu układu w większości przypadków następuje ich wymiana, rzadziej naprawa i regulacja (np. regulatorów wibracyjnych i elektronicznych).

Streszczenie

Dokonano przeglądu dotychczasowych systemów generowania energii. Zaprezentowano sposoby diagnozowania alternatora, regulatora napięcia, akumulatora. Nawiązano też do rozwiązań w systemach hybrydowych i Start-Stop. Dokonano pomiarów diagnostycznych alternatorów na stanowisku do testowania alternatorów, pomiar napięcia rozruchu oraz oceny stanu technicznego akumulatorów i alternatorów. Badanie polega na pomiarze wielkości elektrycznych alternatora i na tej podstawie wykreślane są charakterystyki eksploatacyjne alternatora. Analiza charakterystyk oraz porównanie ich z charakterystykami wzorcowymi jest podstawą do podjęcia decyzji o stanie alternatora. W przypadku akumulatora analiza obejmuje pomiar gęstości, wielkości elektrycznych, w tym podczas rozruchu pojazdu.

Abstract

The article includes overview of power generation systems in the cars. It was showed diagnosis methods of alternator, voltage regulator and battery implemented in the automobiles. Some part of the article refers also to the solutions of power generation elements and its implementation in hybrid and Start-Stop systems. It was made diagnostics measurements of two alternators to compare its results based on its electromechanical and current-speed characteristics, measurement of starting voltage and assessment of technical condition alternators and batteries. Analysis of characteristics and comparing them with the calibrated characteristics is the basis for the decision on the status of the alternator. In the case of battery analysis involves the measurement of density, electrical quantities, including when the vehicle is started.

Bibliografia

- Dąbrowski, M., Kowalczyk, S., Trawiński, G. (2011). *Pracownia diagnostyki pojazdów samochodowych*. Warszawa: WSiP.
- Dyga, G., Trawiński, G. (2014). *Diagnostyka układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów samochodowych*. Warszawa: WSiP.
- Dziubiński, M. (1996). *Laboratorium elektrotechniki i elektroniki samochodowej*. Lublin: Politechnika Lubelska.
- Herner, A., Riehl, H. (2013). *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Kubiak, P., Zalewski, M. (2012). *Pracownia diagnostyki pojazdów samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Orzełowski, S. (2008). *Naprawa i obsługa pojazdów samochodowych*. Warszawa: WSiP.
- Pacholski, K. (2011). *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Potrykus, J. (2010). *Poradnik techniki samochodowej*. Warszawa: REA.
- Trzeciak, K. (2002). *Diagnostyka samochodów osobowych*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Wrzask, L. (2009). *Elektrotechnika i elektronika w samochodach*. Krosno: Kabe.
- Żółtowski, B., Tylicki, H. (1999). *Osprzęt elektryczny pojazdów mechanicznych*. Bydgoszcz: ATH Bydgoszcz.

DYNAMIKA I KINEMATYKA UKŁADU HOLOMOMICZNEGO

Wstęp

Żyjemy w czasie ciągłego rozwoju techniki oraz specyfiki pracy nastawionej na coraz większą i szybszą produkcję. Produkcję, która dąży do zmniejszania kosztów oraz czasów wytwarzania, zarazem chcąc wyeliminować jak najwięcej błędów i produktów wadliwych. Produkcję, która wspomaga pracę ludzką różnego rodzaju automatami, cobotami, a także innymi robotami przemysłowymi. Produkcję, która chce wdrażania i ewoluowania systemów Przemysłu 4.0, szybkich dostaw towarów do klienta i jak najmniejszych stanów magazynowych. Wraz z rozwojem przemysłu oraz technik wytwarzania, naturalny jest postęp w zakresie branży TSL (Transport-Spedycja-Logistyka). Dla logistyków ważne jest, aby produkt dostarczany był w sposób najbardziej elastyczny. Oznacza to, że surowce, komponenty oraz wszystkie inne elementy składowe procesu technologicznego muszą być dostępny nie tylko w odpowiedniej ilości, ale również w określonym dokładnie miejscu i jeszcze dokładniej określonym czasie. Zasada ta nie dotyczy jedynie dalekiego transportu multimodalnego, ale przede wszystkim tego najbliższego – wewnątrzzakładowego.

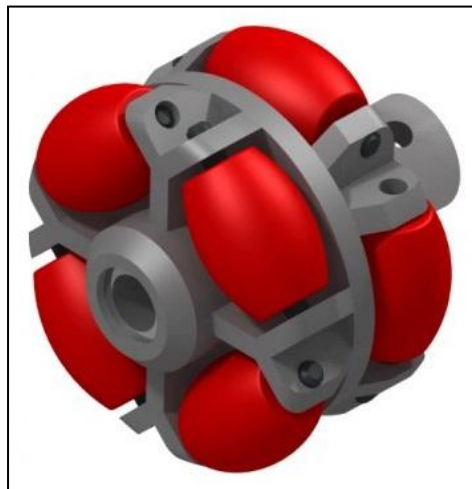
W dzisiejszych czasach fabryki wypełnione są kilometrami taśmociągów, rurociągów, podajników oraz wózków transportowych. Biorąc pod uwagę wymagania oraz dążenia dzisiejszego przemysłu, nasuwa się pytanie – a gdyby tak pomóc ludziom i pośród tych wszystkich ciasnych uliczek i korytarzy, w miejscach gdzie nie można użyć konwencjonalnych środków transportu bliskiego, wdrożyć do pracy roboty? W tym konkretnym przypadku roboty mobilne takie, które mogły poruszać się po całej fabryce, które nie tylko komunikowałyby się ze sobą, ale również wiedziałyby, gdzie dokładnie mają być, w jakim czasie mają tam być i ile sztuk danego produktu dostarczyć na dane stanowisko pracy. Racja, ktoś już na pewno takie pytanie sobie zadał i pewnie gdzieś na świecie już trwają prace nad takim rozwiązaniem, tudzież zostało już ono wprowadzone do użytku. Tę samą myśl przewodnią mieli m.in. inżynierowie z KUKA AG – niemieckiego giganta z zakresu automatyki przemysłowej. Jednym ich najnowszych wytworów (rysunek 1) jest autonomiczny robot transportowy, przystosowany do pracy z człowiekiem – KMR iiwa.



Rysunek 1. KMR iiwa – mobilny robot przemysłowy przystosowany do pracy z ludźmi.

Źródło: www.kuka.com/pl-pl/produkty-i-uslugi/mobilność/roboty-mobilne/kmr-iiwa (dostęp: 01.03.2017).

Urządzenie nie tylko wyróżnia się wysoką mobilnością oraz ruchowością, ale jest też w stanie przystosowywać się do zmiennych warunków swojej pracy (www.kuka.com/pl-pl/produkty-i-uslugi/mobilnosc/roboty-mobilne/kmr-iiwa, dostęp: 01.03.2017). KMR iiwa swoją mobilność zawdzięcza specjalnemu układowi jezdnemu, zbudowanemu z czterech osobno napędzanych kół Mecanum. Dzięki nim cała konstrukcja jest holonomiczna, a więc posiada zdolność do przemieszczania się w dowolnym kierunku przestrzeni, w której się znajduje (Van Haendel, 2005). Odpowiednio zaprojektowany układ jezdny stanowi bazę holonomiczną – inaczej nazywaną omnikierunkową. Platforma mobilna wyposażona w co najmniej 3 symetrycznie ułożone koła szwedzkie (rysunek 2), z których każde posiada niezależne źródło napędu, jest zdolna do wykonywania dowolnego ruchu. W konsekwencji tego rozwiązania, urządzenie może być traktowane jako punkt materialny w przestrzeni, w której się znajduje (Ibidem).



Rysunek 2. Konstrukcja koła szwedzkiego.

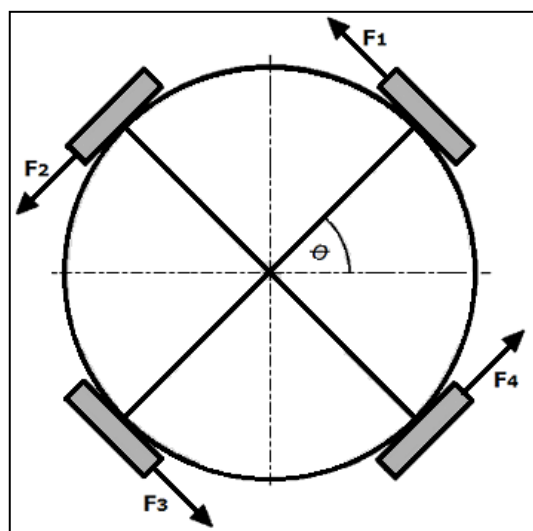
Źródło: Omni Wheel Double Row – Robosoftsystems. Pobrane z: www.robosoftsystems.co.in/roboshop/index.php/omni-wheel-double-row.html (dostęp: 01.03.2017).

Koła omnikierunkowe zbudowane są ze specjalnie ukształtowanego rdzenia. Rolki położone na obwodzie koła normalnego są ruchome, a ich osie muszą być prostopadłe do osi koła. Dzięki temu koło takie może poruszać się jak tradycyjne koło, ale również wykonywać ruch na boki i po przekątnych. Budowa koła szwedzkiego została opatentowana w 1919 roku przez amerykańskiego inżyniera Josepha Grabowieckiego (Van Haendel, 2005; Omni Wheel).

1. Opis dynamiki bazy holonomicznej

Istotnym elementem każdego pojazdu mobilnego jest jego napęd. Tylko odpowiednio dobrane motoreduktory oraz poprawna konstrukcja mechaniczna zapewniają właściwe osiągi oraz mobilność urządzenia. W układach holonomicznych ma to jeszcze większe znaczenie, a sam dobór źródła napędu jest stosunkowo trudniejszy niż w zwykłych platformach kołowych. Kluczowym elementem takiego doboru stanie się, zatem opis dynamiki i kinematyki w modelu teoretycznym urządzenia. Przykładem będzie baza holonomiczna, w której zastosowano 4 koła omnikierunkowe. Dzięki temu posiada ona zdolność do poruszania robota naprzód, do tyłu, na boki oraz po przekątnych. Po zastosowaniu 4 kół znajdują się na obrzeżach robota, umożliwiony jest także obrót wokół własnej osi (Rojas, Förster, 2006).

W celu uzyskania związków pomiędzy momentem obrotowym silników oraz ruchem robota, należy dokonać odpowiedniej analizy, która polega na rozkładzie geometrycznym składowych sił występujących w układzie. Przyjęty zostaje schemat ich ułożenia względem układu głównych osi współrzędnych konstrukcji (rysunek 3). Wszystkie kąty linii położenia silników zostały zmierzone w stosunku do osi x układu współrzędnych platformy i wynoszą odpowiednio $\theta_1 = \pi/4$ oraz $\theta_i + \pi/2$ dla każdej kolejnej pozycji. Kiedy wszystkie silniki są aktywne, można uzyskać rozkład sił trakcji, w którym wartości składowych sił F_1 , F_2 , F_3 i F_4 sumują się do translacyjnej siły oraz momentu obrotowego. Każda otrzymana siła składa się na wartość momentu obrotowego silników pomnożonego o promień koła. Suma sił zależy od ułożenia silników względem siebie.



Rysunek 3. Schemat ułożenia kół oraz rozkładu sił.
Źródło: opracowanie własne.

Mając na uwadze poruszanie się robota wzdłuż osi x i y oraz po zastosowaniu odpowiednich uproszczeń, można określić wartości przyspieszeń:

$$a = \frac{1}{M} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{R}{I} (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \quad (2)$$

gdzie:

- a – przyspieszenie liniowe
- F_i – składowe siły trakcji
- ε – przyspieszenie kątowe środka masy platformy
- R – promień koła wpisanego w obrys platformy
- I – moment bezwładności układu
- f_i – długość wektora siły przyłożonej do poszczególnego koła.

Biorąc pod uwagę fakt, że siły umiejscowione są stycznie do powierzchni ramy platformy oraz skierowane są w tym samym kierunku, można przyjąć, że obliczenia są możliwe do wykonania. Dzięki temu założeniu, do obliczeń wykorzystane zostają jedynie wektorowe wielkości przyłożonych sił. Korzystając z tego, można wyznaczyć składowe wartości przyspieszenia robota na kierunku wzdłużnym do osi x oraz y:

$$Ma_x = -f_1 \sin \theta_1 - f_2 \sin \theta_2 - f_3 \sin \theta_3 - f_4 \sin \theta_4 \quad (3)$$

$$Ma_y = f_1 \cos \theta_1 + f_2 \cos \theta_2 + f_3 \cos \theta_3 + f_4 \cos \theta_4 \quad (4)$$

gdzie:

a_x – przyspieszenie na kierunku x

a_y – przyspieszenie na kierunku y

θ_1 – kąt osi koła względem osi x układu współrzędnych platformy.

Powyższe równania przyspieszenia można wyrazić w postaci iloczynu macierzowego:

$$\begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \frac{1}{M} \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 & -\sin \theta_2 & -\sin \theta_3 & -\sin \theta_4 \\ \cos \theta_1 & \cos \theta_2 & \cos \theta_3 & \cos \theta_4 \\ \frac{MR}{I} & \frac{MR}{I} & \frac{MR}{I} & \frac{MR}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Wartość momentu bezwładności dla układu, w którym środek masy zawiera się pomiędzy wartością jednolitego cylindra ($I = \frac{1}{2} MR^2$) a koncentracją na jego obrzeżach ($I = MR^2$), wyrażany jest jako iloczyn:

$$I = \alpha MR^2 \quad (6)$$

gdzie:

α – wartość parametru położenia środka masy dla układu cylindrycznego; $0 \leq \alpha \leq 1$.

Dzięki temu podstawieniu otrzymany został iloczyn macierzowy o następującej postaci:

$$\begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ R\varepsilon \end{bmatrix} = \frac{1}{M} \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 & -\sin \theta_2 & -\sin \theta_3 & -\sin \theta_4 \\ \cos \theta_1 & \cos \theta_2 & \cos \theta_3 & \cos \theta_4 \\ \frac{I}{\alpha} & \frac{I}{\alpha} & \frac{I}{\alpha} & \frac{I}{\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Za pomocą równania (7) oraz przy założeniach, że koła obracają się bez poślizgu, a więc cały moment obrotowy przekazywany jest z silnika na podłoże, to łatwo można wyznaczyć nie tylko przyspieszenia na kierunkach X i Y. Poprzez całkowanie równań ruchu w odniesieniu do czasu można obliczyć ostateczną wartość prędkości liniowej robota oraz wyznaczyć nominalną wartość momentu obrotowego i prędkość obrotową pojedynczego motoreduktora, który mógłby posłużyć do napędu urządzenia. Przyjmując, że platforma porusza się z pełną mocą w kierunku x, to po wymnożeniu przez siebie macierzy otrzymuje się równanie, które określa wartość przyspieszenia liniowego w danym kierunku:

$$\vec{a}_x = \frac{1}{M} (-\sin\theta_1 \vec{f}_1 - \sin\theta_2 \vec{f}_2 - \sin\theta_3 \vec{f}_3 - \sin\theta_4 \vec{f}_4) \quad (8)$$

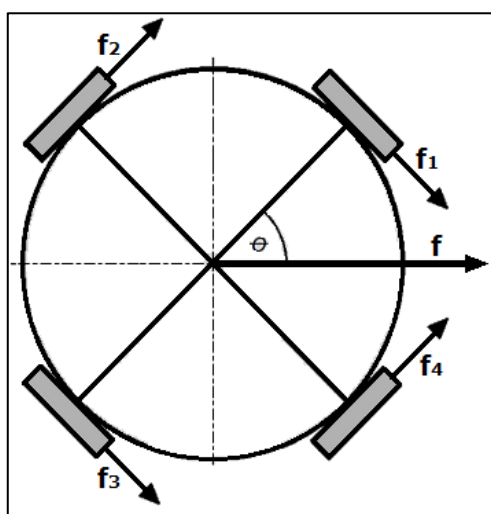
$$a_y = 0, R\varepsilon = 0$$

Uwzględniając, że wszystkie 4 silniki są identyczne, to poszczególne wartości wektorów sił przyłożonych do każdego z kół można przyjąć za równe sobie. Składają się one na jedną siłę, która wywołuje ruch robota w kierunku osi x (rysunek 4).

$$\vec{f}_1 \neq \vec{f}_2 \neq \vec{f}_3 \neq \vec{f}_4 \quad (9)$$

$$f_1 = f_2 = f_3 = f_4 \quad (10)$$

$$f = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 \quad (11)$$



Rysunek 4. Siły generowane przez poszczególne koła bazy składające się na ruch po osi x.
Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę założenie o tym, że w bazie omnikierunkowej wszystkie koła są ułożone symetrycznie, wyznaczyć można zależności pomiędzy kątami ułożenia osi kół szwedzkich względem siebie. Po zastosowaniu wzorów redukcyjnych i podstawieniu do wyznaczonego wcześniej równania, można otrzymać uproszczoną zależność na przyspieszenie liniowe platformy.

Przykład:

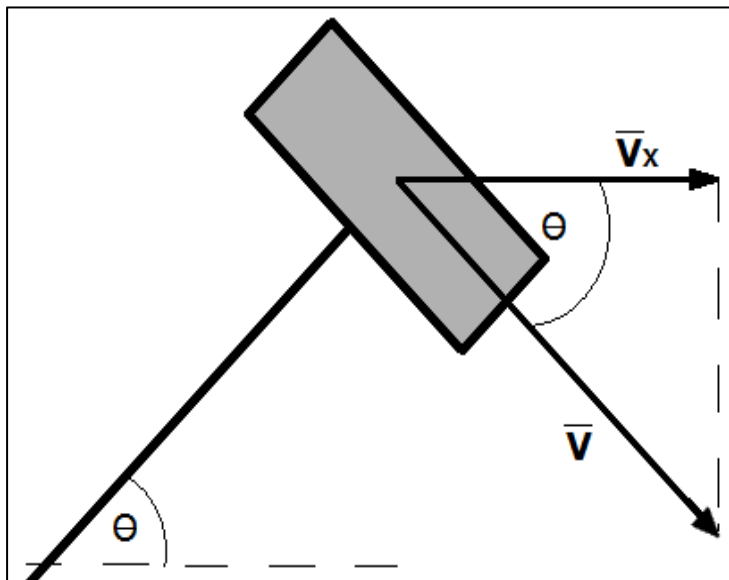
$$\begin{aligned}
 \theta_1 &= 45^\circ & \sin\theta_1 &= \frac{\sqrt{2}}{2} \\
 \theta_2 &= 90^\circ + 45^\circ & \sin\theta_2 &= \cos\theta_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \\
 \theta_3 &= 180^\circ + 45^\circ & \sin\theta_3 &= -\sin\theta_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2} \\
 \theta_4 &= 270^\circ + 45^\circ & \sin\theta_4 &= -\cos\theta_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2}
 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\vec{a}_x = \frac{1}{M} (-\sin\theta_1 \cdot \vec{f}_1 - \cos\theta_2 \cdot \vec{f}_2 + \sin\theta_3 \cdot \vec{f}_3 + \cos\theta_4 \cdot \vec{f}_4) \tag{13}$$

Przyjmując odpowiednie założenia dotyczące minimalnego przyspieszenia oraz budowy platformy, to po przekształceniu, uproszczeniu równania i przejściu na wartości skalarnie, można oszacować, jaki moment obrotowy muszą generować jej silniki.

2. Opis kinematyki bazy holonomicznej

Celem wyznaczenia minimalnej wymaganej liczb obrotów na minutę wału wyjściowego przekładni, należy przeliczyć wartość założonej prędkości liniowej, z jaką poruszać ma się urządzenie, w odniesieniu do prędkości obrotowej koła jezdnego. Rozkład prędkości generowany za pomocą koła szwedzkiego w bazie holonomicznej przedstawiony jest na schemacie (rysunek 5).



Rysunek 5. Rozkład prędkości na kole szwedzkim.
Źródło: opracowanie własne.

Ich wartości można określić, bazując na poniższych relacjach:

$$\cos\theta = \frac{V_x}{V} \quad (14)$$

$$v_x = V \cdot \cos\theta \quad (15)$$

$$n = \frac{30 \cdot V_x}{\cos\theta \cdot \pi \cdot R} \quad (16)$$

gdzie:

V – prędkość liniowa

V_x – założona prędkość liniowa odniesiona do kierunku x

n – wymagana prędkość obrotowa motoreduktora [RPM]

R – promień koła szwedzkiego

θ – kąt osi koła względem osi x układu współrzędnych platformy.

Na podstawie powyższych analiz wyznaczone mogą zostać minimalne wartości parametrów technicznych, jakie musi spełniać wymagany motoreduktor. Należy mieć na uwadze, że pominięto negatywny wpływ działania oporów toczenia, tarcia statycznego i innych strat, powodowanych m.in. przez współczynnik tarcia powierzchni. Trzeba pamiętać, aby ostatecznie dobrane silniki wraz z przekładnią mogły wytworzyć odpowiednio większą moc. Biorąc pod uwagę wszystkie zalety badanego napędu, można przyjąć, że w ciągu najbliższych lat zyskają one na popularności. Jest szansa, że już za niedługo roboty mobilne zbudowane na bazie holonomicznej staną się obowiązkowym wyposażeniem inteligentnych fabryk.

3. Kierunek działań rewolucji przemysłowej

Warto zauważyć, że postęp techniki oraz rewolucja przemysłowa niosą za sobą wiele zmian. Niektórzy twierdzą, że wprowadzanie szerokiego rodzaju automatyki przemysłowej oraz zastępowanie stanowiska pracy ludzi robotami odbiera im etat. Nic bardziej mylnego – przemysł dąży do jak najlepszej interakcji maszyny z człowiekiem i wspomaganie jego działań, a nie zastępowania go. Rozwój techniki znacznie wpływa na polepszenie komfortu pracy człowieka oraz jego bezpieczeństwo. Rewolucja przemysłowa zmienia jedynie rolę ludzi, którzy czynnie uczestniczą w procesach technologicznych.

Streszczenie

W czasach bieżącej rewolucji przemysłowej nad poprawnym działaniem inteligentnych linii produkcyjnych stoi cały sztab specjalistów, komputerów, sterowników, czujników i przewodów. W autonomicznych fabrykach powinny odnaleźć się również technologie szybkiego a zarazem inteligentnego transportowania wewnątrzzakładowego. Pomocą mogą służyć roboty mobilne zbudowane w sposób zapewniający im holonomiczność, przez co znakomicie sprawdzą się w ciasnych korytarzach i uliczkach. Niniejszy artykuł prezentuje specyfikę bazy omnikierunkowej platformy mobilnej oraz sposób dobru napędu poprzez analizę jej dynamiki i kinematyki.

Abstract

In the current times of the industrial revolution, there are a whole team of specialists, computers, controllers, sensors and wires that are taking care of the correct operations in intelligent production lines. In stand-alone factories you should also find technologies of quick and smart transportation. Holonomic mobile robots can be used for narrow hallways and streets. This article presents the specificity of holonomic mobile platform base and analyzing its dynamics and kinematics.

Bibliografia

- KMR iiwa KUKA AG. Pobrane z: www.kuka.com/pl-pl/produkty-i-uslugi/mobilnosc/roboty-mobilne/kmr-iiwa.
- Omni Wheel – Wikipedia, the free encyclopedia. Pobrane z: https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel.
- Omni Wheel Double Row – Robosoftsystems. Pobrane z: www.robosoftsystems.co.in/roboshop/index.php/omni-wheel-double-row.html.
- Rojas, R, Förster, A.G. (2006). *Holonomic Control of a robot with an omnidirectional drive, Künstliche Intelligenz*. BöttcherIT Verlag.
- Van Haendel, R.P.A. (2005). *Design of an omnidirectional universal mobile platform*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.