**STRONA TYTUŁOWA PRACY DYPLOMOWEJ**

**OŚWIADCZENIE AUTORA PRACY**

**STRESZCZENIE**

Słowa kluczowe::

**ABSTRACT**

Keywords:

SPIS TREŚCI

[WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ 7](#_Toc523351829)

[1. WSTĘP I CEL PRACY 8](#_Toc523351830)

[2. BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW STEROWANIA 9](#_Toc523351831)

[*2.1* *Podstawowe pojęcia bezpieczeństwa systemów sterowania* 9](#_Toc523351832)

[*2.2* *Safety case – definicja i struktura* 9](#_Toc523351833)

[*2.3* *Wnioskowanie o bezpieczeństwie w cyklu życia systemu* 9](#_Toc523351834)

[*2.4* *Stosowanie dowodów w safety case* 9](#_Toc523351835)

[3. SYSTEM ABS W SAMOCHODACH OSOBOWYCH 10](#_Toc523351836)

[*3.1* *Charakterystyka systemu* 10](#_Toc523351837)

[*3.2* *Budowa i działanie* 10](#_Toc523351838)

[*3.2.1* *Obwód elektroniczny* 10](#_Toc523351839)

[*3.2.2* *Obwód hydrauliczny* 10](#_Toc523351840)

[*3.3* *Wymagania* 10](#_Toc523351841)

[*3.4* *Analiza bezpieczeństwa* 10](#_Toc523351842)

[*3.5* *Proces wytwórczy ABS* 10](#_Toc523351843)

[4. ZARZĄDZANIE DOWODAMI W SAFETY CASE DLA ABS 11](#_Toc523351844)

[*4.1* *Opis podejścia* 11](#_Toc523351845)

[*4.2* *Klasyfikacja dowodów* 11](#_Toc523351846)

[*4.3* *Zbiór dowodów dla ABS w cyklu życia* 11](#_Toc523351847)

[*4.4* *Etapy zarzadzania dowodami w rozwoju safety case* 11](#_Toc523351848)

[*4.5* *Zarządzanie zmianami* 11](#_Toc523351849)

[5. Analiza procesu 12](#_Toc523351850)

[*5.1* *Skuteczność i kompletność podejścia* 12](#_Toc523351851)

[*5.2* *Korzyści – wsparcie w zarządzaniu zakresem zmian* 12](#_Toc523351852)

[*5.3* *Napotkane problemy i propozycje doskonalenia podejścia* 12](#_Toc523351853)

[*5.4* *Skalowalność* 12](#_Toc523351854)

[*5.5* *‘Ile zajęło to czasu – efektywność procesu – automatyczne / ręczne* 12](#_Toc523351855)

[6. Podsumowanie 13](#_Toc523351856)

[WYKAZ LITERATURY 14](#_Toc523351857)

[WYKAZ RYSUNKÓW 15](#_Toc523351858)

[WYKAZ TABEL 16](#_Toc523351859)

# WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ

AC – Assurance Case

SC – Safety Case

# WSTĘP I CEL PRACY

# BEZPIECZEŃSTWO SYSTEMÓW STEROWANIA

## *Podstawowe pojęcia bezpieczeństwa systemów sterowania*

Bezpieczeństwo to ograniczenie do akceptowalnego poziomu ryzyka zagrożeń, które mogą spowodować śmierć, zranienie, chorobę zawodową, uszkodzenie lub utratę sprzętu, mienia lub szkody dla środowiska. W każdym konkretnym przypadku dokładny poziom i zakres bezpieczeństwa musi być jasno określony przez interesariuszy projektu. Ważne jest także określenie konsekwencji wystąpienia potencjalnych zagrożeń i ich wpływu na projekt [1] .

## *Safety case – definicja i struktura*

Najważniejszym zadaniem, które ma spełniać Safety Case jest dostarczenie graficznej prezentacji logicznego wnioskowania podpartego dowodami, że system jest bezpieczny w określonym kontekście użycia [2] .

## *Wnioskowanie o bezpieczeństwie w cyklu życia systemu*

## *Stosowanie dowodów w safety case*

# SYSTEM ABS W SAMOCHODACH OSOBOWYCH

## *Charakterystyka systemu*

Jednym z najstarszych systemów elektronicznych, stosowanych w pojazdach osobowych jest system Anti-Lock Breaking System (ABS). Układ ten należy się do grupy systemów typu Advanced Vehical Control Systems (AVCS) lub Automated Highway Systems (AHS). Współczesne systemy ABS są mniejsze, lżejsze i bardziej skuteczne od swoich poprzedników. Pierwsze generacje systemu działały jednokanałowo, tzn. regulacja ciśnienia w zaciskach hamulcowych odbywała się dla czterech koła jednocześnie, co obniżało efektywność układu i wydłużało drogę hamowania pojazdu. Obecnie system jest w stanie obsługiwać każde z kół osobno, dzięki czemu wsparcie układu hamulcowego przez system ABS jest dużo lepsze [3]. Rosnące wymagania w zakresie wsparcia kierowcy podczas prowadzenia pojazdu, zmieniająca się dynamika ruchu drogowego, stan dróg, zmienne warunki pogodowe wzmogły konieczność permanentnego rozwijania wielu innych elektronicznych systemów bezpieczeństwa. Układ ABS jest podstawą dla rozwoju innych systemów stosowanych dziś powszechnie w pojazdach drogowych, m.in. ESP – elektroniczny układ stabilizacji toru jazdy, czy ASR – system zapobiegający poślizgowi kół podczas ruszania w warunkach o zróżnicowanej przyczepności podłoża [4]. Głównym zadaniami systemu ABS są:

* zapobieganie blokowaniu kół, w przypadku konieczności wykonania nagłego manewru hamowania, spowodowanego niebezpieczną sytuacja na drodze,
* wspomaganie działania hamulców, poprzez możliwość precyzyjnej symulacji hamownia „pulsacyjnego” [5].

Zapewnienie obrotu kół podczas hamowania, eliminuje zagrożenie utraty kontroli przez kierowcę nad pojazdem. Prowadzący pojazd może w ten sposób bezpiecznie ominąć przeszkodę, której nagłe pojawienie na drodze zmusiło go do gwałtownego hamowania. System ABS nie jest w stanie sam bezpośrednio skrócić drogi hamowania pojazdu, ponieważ jest to zależne m.in. od czynników takich jak: umiejętności kierowcy, oraz warunki zewnętrzne. Niemniej jednak samochód wyposażony w system ABS podczas hamowania nie jest narażony na zjawiska występujące bezpośrednio po zablokowaniu kół takie jak wirowanie lub ściąganie w bok. Nagłe, ale w pełni kontrolowane hamowanie zwiększa szanse na uniknięcie kolizji w ruchu drogowym pomimo krótkiej odległości od przeszkody.

Utrzymanie stabilności toru jazdy poprzez wyeliminowanie niekontrolowanego poślizgu kół ma duże znaczenie w przypadku hamowania zespołu pojazdów np. samochodu ciężarowego z naczepą. Drugi człon pojazdu, gdy utraci sterowność zaczyna poruszać się w kierunku poprzecznym do osi jazdy i może spowodować przewrócenie się całego zespołu.

Hamowanie w sytuacji zagrożenia jest skuteczniejsze, jeśli pod wpływem mocnego naciśnięcia pedału hamulca uzyskana została jak największa siła hamowania dla wszystkich kół. Maksymalne skrócenie czasu do momentu aktywacji ABS jest wspierane przez system Hydraulic Break Assist (HBA), który gwałtowne naciskanie pedału hamulca interpretuje jako konieczność użycia maksymalnej siły hamowania dla wszystkich kół. System ten zwiększa ciśnienie w układzie hamulcowym co przyspiesza moment włączenia układu ABS [6].

Zastosowanie systemu ABS w samochodach osobowych zmniejszyło liczbę zderzeń czołowych o 35% na mokrej nawierzchni i 9% na nawierzchni suchej. Tylko 24% kierowców samochodów, wyposażonych w system ABS i aż 58% kierowców samochodów bez tego systemu, nie było w stanie utrzymać toru jazdy po zahamowaniu [7].

Samochody bez ABS po rozpoczęciu hamowania kontynuują jazdę w kierunku zależnym od ich osi wzdłużnej. Wszelkie próby zmiany toru jazdy mogą okazać się nieskuteczne ze względu na to iż zablokowane koła ulegają poślizgowi przez co samochód porusza się w niekontrolowany sposób. Pojazd narażony jest na wypadnięcie z drogi lub uderzenie w przeszkodę, która spowodowała zapoczątkowanie manewru hamowania przez kierowcę [8]. Na rysunku 2.1 zaprezentowane drogę hamowania pojazdu bez ABS oraz przy użyciu systemu.



Rys. 3.1 Droga hamowania pojazdu bez / z ABS

Kierujący pojazdem bez ABS w sytuacji konieczności wykonania hamowania awaryjnego jest w wielu wypadkach w zdecydowanie trudniejszym położeniu. Bez wsparcia elektroniki jest zdany wyłącznie na własne umiejętności „czucia” samochodu i opanowanie. Technika hamowania awaryjnego bez wsparcia ABS polega na gwałtownym maksymalnym dociśnięciu pedałów hamulca i sprzęgła. Rozpędzone auto wpada w poślizg wzdłużny koła tracą swoją przyczepność. Samochód nie reaguje na ruchy kierownicą. Mimo to zbliżając się do przeszkody należy wykonać lekki skręt kierownicy w kierunku toru jazdy który pozwoli nam ominąć przeszkodę i jednocześnie zwolnić pedał hamulca. Spadek siły hamowania pozwoli na odzyskanie sterowności. Skręcone wcześniej koła przedniej osi spowodują szarpnięcie i zmianę toru jazdy we wskazanym przez kierowcę kierunku. Należy pamiętać o prawidłowym ułożeniu rąk na kierownicy, tak aby nie zostać zaskoczonym przez dynamiczne szarpnięcie kierownicy podczas nagłego odzyskania przyczepności. Jeśli powyższe czynności zostaną wykonane w sposób zdecydowany i odpowiednio wcześniej, istnieje duża szansa na unikniecie kolizji w ruchu drogowym [9].

Podczas hamowania pojazdem wyposażonym w ABS następuje podniesienie poziomu ciśnienia płynu hydraulicznego, co powoduje wzrost siły hamowania na zaciskach hamulcowych. Algorytm sterujący systemu na postawie prędkości obrotowej kół oblicza oczekiwaną prędkość pojazdu. Mając dane dotyczące prędkości poruszania się pojazdu i prędkość obrotowej kół, logika obliczeniowa systemu jest w stanie obliczyć poślizg każdego z kół lub kontrolować aktualne opóźnienie kątowe koła. Przekroczenie zakładanego poziomu poślizgu powoduje rozpoczęcie regulacji siły hamowania poprzez zmniejszenie momentu tarcia mechanizmu hamującego. Zwiększenie prędkości koła, po przekroczeniu wartości oczekiwanej, rozpoczyna ponowny proces regulacji siły hamowania [10].

Jakkolwiek ABS to system elektroniczny, włączający się samoczynnie podczas hamowania, to jednak kierowca ma kluczowy wpływ na efektywność jego pracy. Pewnym problemem dla skuteczności działania ABS jest błędne zachowanie kierowcy, który w panice, oznaki poprawnego działania systemu może intepretować jako zagrożenie, myślnie sądząc że „coś się zepsuło pod pedałem hamulca”. Efektywność działania systemu ABS podczas hamowania jest najwyższa, jeśli kierowca jak najmocniej dociska pedały hamulca i sprzęgła. Docisk pedału hamulca ma na celu jak najszybsze zwiększenie siły hamowania a przez to zatrzymanie pojazdu zanim dojdzie do kolizji z przeszkodą. Utrzymanie wciśniętego „sprzęgła” zaś, zapobiega wyłączeniu się silnika i w efekcie eliminuje możliwość wyłączenia elektronicznych systemów bezpieczeństwa samochodu. Podczas gwałtownego hamowania, kiedy ABS jest aktywny, prowadzący pojazd czuje wibracje lub szybkie pulsowanie pedału hamulca. Kierowca może odnieść wrażenie, że większy nacisk na pedał hamulca powoduje większy opór a wręcz zawracanie pedału w kierunku przeciwnym do siły nacisku. Towarzyszy temu słyszalny odgłos brzęczenia lub szlifowania. Wszystkie te sygnały świadczą o tym, że system ABS działa prawidłowo. Kierowca powinien skoncentrować swoją uwagę na utrzymaniu siły docisku pedałów hamulca i sprzęgła a także być gotowym na wykonanie manewru kierownicą w celu ominięcia przeszkody. Samochód nadal będzie w ruchu ponieważ potrzebny jest czas i odległość aby wytracił prędkość, jednak dzięki działaniu ABS, zachowa sterowność co pozwoli kierowcy utrzymać bezpieczny tor jazdy i omijać przeszkody na drodze [11]. Niestety, jak pokazują wyniki badania opublikowane przez Szkołę Jazdy Renualt, ponad połowa kierowców posiadających w swoich samochodach systemy ABS nie potrafi prawidłowo zahamować pojazdu w sytuacji zagrożenia. Decydujący jest tu brak doświadczenia i niewiedza zwłaszcza młodych kierowców, których poprawne działanie systemu ABS może wystraszyć i doprowadzić do zmniejszenia przez nich nacisku na pedał hamulca a tym samym obniżenia skuteczności hamowania [12]. Kierowcy bardziej doświadczeni, którzy także nie znają poprawnej techniki hamowania pojazdem z systemem ABS często także sami popełniają błąd próbując wykonywać wyuczone na starszej generacji samochodach hamowanie „pulsacyjne”. Niestety w takich warunkach system ABS także nie może poprawnie wykonywać swoich funkcji. Następuje „dezorientacja” systemu i w efekcie czego wydłużenie drogi hamowania. Często tez kierowcy wciskają pedał hamulca do momentu wystąpienia pierwszych sygnału poprawnego działania systemu ABS (charakterystyczne stukanie). Tymczasem może to oznaczać jedynie osiągnięcie granicy przyczepności kół na tylnej osi, podczas gdy dobrze obciążone przednie koła, maja jeszcze duże rezerwy przyczepności do podłoża.

Coraz trudniej znaleźć na drodze samochody niewyposażone fabrycznie w system ABS. To dobra informacja dla bezpieczeństwa kierowców. Negatywnym następstwem wzrostu liczby samochodów z ABS jest zwiększona liczba przypadków awarii tego systemu. Niestety, fakt, iż usterka ABS nie oddziałuje na sprawność układu hamulcowego powoduje, że wielu kierowców ją lekceważy. Problem potęgują kierowcy „starej szkoły” z długim stażem za kierownicą, aut bez ABS, którzy mylnie sądzą, iż w sytuacji krytycznej poradzą sobie wykonując hamowanie awaryjne bez wsparcia elektroniki. Niestety, fakt jest taki, że hamowanie samochodem bez systemu przeciwblokującego koła to nie jest, to samo, co awaryjne zatrzymanie pojazdu z uszkodzonym układem ABS. Brak korektora siły hamowania tylnych kół adekwatnie do intensywności wytracania prędkości może spowodować obrócenie się auta, wypadnięcie z toru jazdy i zatrzymanie na najbliższej przeszkodzie. Sytuacja kierującego pojazdem z uszkodzonym systemem ABS pogorszy się jeszcze bardziej jeśli do hamowania awaryjnego doszłoby w zakręcie. Wówczas uślizg tylnej osi spowoduję „zarzucenie” samochodu w wyniku działania siły odśrodkowej.

Warto udać się do serwisu i naprawić niesprawny system ABS ze względu na to iż nie są to wysokie koszty. Konsekwencje uderzenia w przeszkodę wynikające z nieskutecznego manewru hamowania awaryjnego są zdecydowanie wyższe, ponieważ do ceny naprawy pojazdu o ile w ogóle będzie możliwe, należy doliczyć wysokie ryzyko utraty zdrowia lub życia podczas wypadku drogowego [13].

Szczególnie „wrażliwe” w układzie ABS są czujniki pomiaru prędkości obrotowej kół. Objawem widocznym dla kierowcy, który może wskazywać na uszkodzenie czujnika pomiarowego jest zapalona podczas jazdy kontrolka ABS, lub innych systemów z którymi system przeciwblokujący się komunikuje jak np. ESP lub ASR. Często na panelu kierowcy widoczna jest także zapalona kontrolka „check engine” co może oznaczać zapisanie informacji o awarii czujników pomiarowych w sterowniku silnika. Podobne objawy mogą także występować jeśli uszkodzeniu uległ jeden z przewodów łączących czujnik z elektryczną jednostką sterującą. Częstymi przyczynami zakłóceń w pracy czujników układu ABS są m.in. luzy powstające na zużytym łożysku koła, zbyt niskie ciśnienie w jednym z kół lub zużyte tarcze hamulcowe generujące nadmierne wibracje, przez co czujniki mogą przesyłać niepoprawne dane pomiarowe. Zimą należy zwrócić uwagę na zabrudzenia czujników lub tarczy zębatej, zalegającą na ulicach solą lub błotem śniegowym. Włączanie się systemu ABS nawet przy najmniejszym hamowaniu w ruchu miejskim może świadczyć o uszkodzeniu koła zębatego z którym ściśle współpracuje czujnik pomiarowy. Koło zębate, narażone jest na korozję, w skutek pracy w trudnych warunkach, może utracić część zębów lub całkowicie zostać zerwane. W takiej sytuacji czujnik nie będzie w stanie prawidłowo wysyłać sygnałów pomiarowych do jednostki sterującej. Uszkodzone koło zębate należy wymienić korzystając z pomocy serwisu. Wprawny diagnosta jest w stanie zidentyfikować usterkę układu ABS odczytując kod błędu zapisany w systemie co pozwala na szybsze i skuteczniejsze rozwiązanie problemu [14].

Skuteczność awaryjnego hamowania często decyduje czy kierowca uniknie bezpośredniego uderzenia w przeszkodę, czy nie. Sprawnie działający układ ABS znacznie podnosi prawdopodobieństwo uniknięcia poważnych następstw wypadków drogowych. Możliwe, że będzie wydawać się to dziwne ale istnieją cztery sytuacje na drodze w których sprawnie działający układ przeciwblokujący koła wydłuży drogę hamowania.

Przykładem jest tu hamowanie awaryjne na drodze o „luźnej nawierzchni” np. liście na drodze. Brak bezpośredniego kontaktu z podłożem utrudnia systemowi ABS poprawne zmierzenie przyczepności kół i w efekcie poprawne dostosowanie siły hamowania. Znacznie lepszym rozwiązaniem w tej sytuacji byłoby zablokowanie kół, które w skutek wysokiej siły tarcia o podłoże mogłyby przepalić liście, aż do uzyskania pełnego kontaktu opony z drogą. Umożliwiłoby to poprawne określenie przyczepności kół przez system ABS i w efekcie jego skuteczne działanie.

Kolejną sytuacją w której ABS raczej utrudni hamowanie jest poruszania się pojazdu po kopanym piachu np. na plaży. Zablokowane koła zadziałaby jak pług wytwarzając „bandę piachu” która pomogłaby zatrzymać poruszający się pojazd. Działający układ ABS uniemożliwi zablokowanie kół przez co droga hamowania znacznie się wydłuży.

Innym przykładem, kiedy system przeciwblokujący może wydłużyć drogę zatrzymania pojazdu jest hamowanie na nawierzchni o zerowym poziomie przyczepności np. gładki lód. Niestety przy włączonym systemie ABS ze względu na brak jakiejkolwiek siły hamowania odległość do zatrzymania pojazdu wydłuża się. Zablokowane koła zdecydowanie przyspieszyłyby wytracanie prędkości samochodu i w efekcie jego zatrzymanie na lodzie. Utrudnienie pomiaru przyczepności koła, przez co zaburzenia pomiaru prędkości sprawia że hamowanie na „wyboistej” drodze należy traktować jako kolejny przykład „negatywnego” działania systemu. W tej sytuacji ważny będzie dobry stan amortyzatorów, które mogą znacząco ograniczyć momenty braku kontaktu opony z nawierzchnią a przez to wspomóc ABS w lepszym pomiarze poziomu przyczepności kół [15].

Wskazane wyżej sytuacje to jednak tylko nieliczne przykłady, gdy elektronika nie stoi po stronie kierowcy. Zdecydowana większość przypadków hamowania awaryjnego pozwala na pełne wykorzystanie systemu ABS zapewniając krótszą drogę hamowania, stabilność toru jazdy i sterowność samochodu umożliwiającą bezpieczne ominięcie przeszkody. Korzyści działania systemu ABS najłatwiej dostrzec podczas testów hamowania awaryjnego na suchej i mokrej nawierzchni z udziałem wykwalifikowanego kierowcy testowego i typowego kierowcy jakiego często spotkamy uczestnicząc w ruchu drogowym. Elektroniczny system przeciwblokujący jest w stanie różnicować siłę hamowania na krawędzi maksymalnej przyczepności z częstotliwością kilkunastu razy na sekundę. Nawet najbardziej doświadczony kierowca nie jest w stanie robić tego tak często i równie dokładnie.

Wyższość elektroniki nad człowiekiem dokumentują testy opublikowane przez serwis motoryzacyjny Interii oraz magazynów „Motor” i „Auto Moto”. Na rysunku 3.2 przedstawiono długość drogi hamowania ze 100 km/h na suchej nawierzchni samochodu wyposażonego w ABS a także bez tego systemu gdy za kierownicą siedzi „typowy” kierowca oraz kierowca testowy [16].



Rys. 3.2 Droga hamowania ze 100 km/h na suchej nawierzchni

Najlepszy wynik podczas testu hamowania ze 100 km/h na suchej nawierzchni uzyskał typowy kierowca samochodu ze sprawnym systemem ABS. Jego droga hamowania była aż o 14 m krótsza od samochodu z wyłączonym systemem przeciwblokującym koła. Gdyby to była realna sytuacja na drodze kierowca samochodu hamując z zablokowanymi kołami uderzyłby w przeszkodę z prędkością ok 54 km/h.. Zaledwie przy nieco wyższej prędkości wykonuje się testy zderzeniowe Euro NCAP dla samochodów osobowych. Siła uderzenia przy tej prędkości powoduje nieodwracalne zniszczenia samochodu oraz groźne dla życia obrażenia pasażerów.

Przewaga w skuteczności hamowania z ABS rośnie jeszcze bardziej w sytuacji gdy kierowca musi zatrzymać pojazd na mokrej nawierzchni [17].



Rys. 3.3 Droga hamowania ze 100 km/h na mokrej nawierzchni

Porównanie długości drogi hamowania samochodu na mokrej nawierzchni w różnych przypadkach prezentuje rysunek 3.3. Bez systemu ABS samochód prowadzony przez typowego kierowcę przejechał prawie dwa razy dłuższy dystans niż pojazd z tym systemem. W chwili gdy pojazd z ABS zatrzymał się, samochód typowego kierowcy hamujący z zablokowaniem kół poruszał się jeszcze z prędkością 69 km/h. Kierowca testowy z doświadczeniem sportowym był w stanie zahamować znacznie wcześniej, ale wynik 58,1 m uzyskany został po kilku próbach na „wyczucie” przyczepności kół. Podczas prawdziwej sytuacji na drodze hamowanie awaryjne odbywa się w stresie i jest całkowitym zaskoczeniem dla kierującego pojazdem. Typowy kierowca nie ma szans powtórzyć wyniku kierowcy testowego. Wszelkie próby chaotycznego hamowania pulsacyjnego będą tylko wydłużać drogę hamowania o kolejne metry. Mając zablokowane koła samochód nie reaguje na ruchy kierownicą przez co kierowca uderzy w przeszkodę z przy dużej prędkości [18].

## *Budowa i działanie*

Współczesne urządzenia elektroniczne prawie zawsze przechodziły długą drogę rozwoju i optymalizacji. Prototypowe konstrukcje ustępowały miejsca swoim nowszym generacyjnie następcom. Część urządzeń starszej generacji zniknęła zupełnie ponieważ w toku ewolucji technologicznej uznano je za zbyt przestarzałe i nie nadające się do rozwoju lub też ich funkcje przejęły inne urządzenia działające bardzie kompaktowo. Niektóre z tych urządzeń lub układów złożonych z poszczególnych urządzeń przetrwała ścieżkę ewolucji technologicznej osiągając postać i stopień złożoności jaki znamy dzisiaj. Podobną drogę technologicznego rozwoju przeszedł układ ABS, stając się dziś mniejszym, lżejszym bardziej skutecznym układem od swoich poprzedników.

Jak zapobiegać blokowaniu kół podczas hamowania pojazdów szynowych, samochodów i samolotów? To pytanie które konstruktorzy zadawali sobie już na początku XX w. Wśród pomysłów różnych rozwiązań pojawił się układ zaprojektowany przez firmę Bosh, który w 1936 został zgłoszony do patentu jako „urządzenie zapobiegające blokowaniu kół pojazdu mechanicznego w trakcie hamowania”. Niestety, wszystkie projekty układów przeciwblokujących produkowanych w tamtym czasie, okazały się zbyt skomplikowane a przez to zbyt awaryjne i za wolne, aby można było myśleć o ich seryjnej produkcji. Pewien sukces odniosła firma Teldix (później przejęta przez Bosha) , której system „ABS 1”, realnie skracał drogę hamowania i dawał stabilność toru jazdy na zakrętach. Postęp potwierdziły testy przeprowadzone przez tą firmę w 1966r. Niestety jednak nie udało się osiągnąć satysfakcjonującego poziomu trwałości sterownika elektronicznego systemu co spowodowało że układ ten nie trafił do seryjnej produkcji. Problemem była zbyt duża (licząca ok 1000 elementów) liczba części analogowych sterownika oraz nadmiar przewodów bezpieczeństwa. Konstrukcja okazała się zbyt awaryjna by pozytywnie przejść testy bezpieczeństwa i otrzymać zgodę na rozpoczęcie seryjnej produkcji. Przy wsparciu inżynierów Bosha i zastosowaniu układów scalonych i technologii cyfrowej udało się uprościć sterownik, który od tej pory składał się z ok 140 części [19]. Pierwsze próby produkcyjnego zastosowania systemu ABS datuje się na rok 1966, kiedy to brytyjska firma Jensen wypuściła na rynek model samochodu Jensen FF wyposażony seryjnie w system ABS *Maxret* firmy Dunlop, działający na tylną oś. [20]. Konstrukcja ABS firmy Bosh do seryjnej produkcji weszła 14 lat później kiedy to system „ABS 2”, zadebiutował jako wyposażenie dodatkowe w S-klasie Mercedesa z 1978r. oraz BMW serii 7. Pierwsze sukcesy nie zahamowały rozwoju systemu ABS. Rosnące wymagania w zakresie bezpieczeństwa powodowały że nadal pracowano nad optymalizacją układu. Znaczący sukces przyniósł rok 1989, w którym inżynierowie Bosha, zamontowali sterownik elektroniczny o budowie hybrydowej bezpośrednio przy układzie hydraulicznym. Zabieg ten pozwolił na rezygnację z części zbędnych kabli łączących sterownik z jednostką hydrauliczną oraz złączy wtykowych. Nowa generacja systemu ukazała się na rynku jako ABS 2E. Okazała się zdecydowanie lżejsza od swoich poprzedników. Pojawienie się nowych zaworów magnetycznych pozwoliło na powstanie w 1993 r układu ABS w wersji 5.0. Kolejne wersje układu ABS (wersje 5.3 oraz 5.7) wprowadzono na rynek w kolejnych latach. Nowe rozwiązania pozwoliły na kolejne obniżenia masy układu oraz wprowadzenie funkcji dodatkowych takich jak rozdział siły hamowania na cztery koła, który zastąpił używany do tej pory reduktor ciśnienia osi tylnej [21].

Wersja ABS 5.7 była pierwszą generacją układu, która działała znacznie ciszej od swoich poprzedników ale przede wszystkim umożliwiała integracje z systemem ESP [22].

W 2001 r zaprezentowano ABS w wersji 8.0. Modułowa konstrukcja tej generacji układu przetrwała do czasów dzisiejszych. Umożliwiała ona wytworzenie wielu wersji zaawansowania systemu obejmującego nie tylko ABS ale także ASR i ESP w dość podobny sposób. Wszystkie produkowane przez firmę Bosh systemy są produkowane przy zachowaniu jednolitego standardu obowiązującego we wszystkich zakładach produkcyjnych na świecie [23].

Polska również wniosła pewien wkład w rozwój układu ABS. Na początku lat osiemdziesiątych w warszawskiej Fabryce Samochodów Osobowych (FSO) powstał Hamulcowy Układ Antypoślizgowy (HUAP), Układ ten uważa się za prototyp polskiego układu przeciwblokującego koła samochodu podczas hamowania [24].

### *Obwód elektroniczny*

### *Obwód hydrauliczny*

## *Wymagania*

## *Analiza bezpieczeństwa*

## *Proces wytwórczy ABS*

# ZARZĄDZANIE DOWODAMI W SAFETY CASE DLA ABS

## *Opis podejścia*

## *Klasyfikacja dowodów*

## *Zbiór dowodów dla ABS w cyklu życia*

## *Etapy zarzadzania dowodami w rozwoju safety case*

## *Zarządzanie zmianami*

# Analiza procesu

## *Skuteczność i kompletność podejścia*

## *Korzyści – wsparcie w zarządzaniu zakresem zmian*

## *Napotkane problemy i propozycje doskonalenia podejścia*

## *Skalowalność*

## *‘Ile zajęło to czasu – efektywność procesu – automatyczne / ręczne*

# Podsumowanie

# WYKAZ LITERATURY

1. **Dezfuli H. Benjamin A. , Everett Ch. , Smith C. , Stamatelatos M. , Youngblood R.** *NASA System Safety Handbook.* Washington : National Aeronautics and Space Administration, 2011. str. 3.

2. **B.M Łuczak.** *Ocena narzędzi do budowy Assurance case.* Gdańsk : Politechnika Gdańska, 2014. str. 8.

3. **D. Smigielski.** System ABS. Co warto o nim wiedzieć? [Online] [Zacytowano: 30 Październik 2017.] http://antymoto.com.

4. Systemy elektroniczne ABS, ESP, ASR: poznaj alfabet bezpieczeństwa. *Akademia Auto Świat.* [Online] [Zacytowano: 30 Październik 2017.] http://akademia.autoswiat.pl.

5. **Właśniak R i Zamiatowski K.** *Agregat hudrauliczny Tevez MK II.* Bydgoszcz : Zespół Szkół Samochodowych, 2000. str. Rozdz. 2.1 Opis ogólny.

6. ABS (motoryzacja). *Wikipedia.* [Online] [Zacytowano: 30 Październik 2017.] https://pl.wikipedia.org.

7. How effective is ABS at reducing crashes. *Brainonboard.* [Online] [Zacytowano: 30 Październik 2017.] http://www.brainonboard.ca.

8. ABS (Anti-Blockier-System, Anti-look Break System, Anti Bloking System). [Online] [Zacytowano: 30 Październik 2017.] http://www.opony.com.pl/informacje/technologie.

# WYKAZ RYSUNKÓW

[Rys. 3.1 Droga hamowania pojazdu bez / z ABS 11](#_Toc523519926)

[Rys. 3.2 Droga hamowania ze 100 km/h na suchej nawierzchni 15](#_Toc523519927)

[Rys. 3.3 Droga hamowania ze 100 km/h na mokrej nawierzchni 15](#_Toc523519928)

# WYKAZ TABEL