

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Ойнарбекова Адеми Бисенбаевна

«Көлікте мехатронды құрылғыларды қолдану»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғам



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматика және ақпараттық технологиялар

Кафедра Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары



Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Көлікте мехатронды құрылғыларды қолдану»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

Ойнарбекова А.Б.

Рецензент

Ғылыми жетекшісі

Т.Ғ.Қ., КР ҰИА корреспондент - мүшесі

PhD, қауымдастырылған профессор

Джомартов А.А.
колы аты-жөні

Бектилезов А.Ю.
колы аты-жөні

«26» мамыр 2023 ж.

«26» мамыр 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

6B07111 – Робототехника және мехатроника



**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушыға Ойнарбекова Адеми Бисенбаевна
Тақырыбы: Көлікте мехатронды құрылғыларды қолдану
Университет ректорының 2022 жылғы «23» қараша №408-П/Ө бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» мамыр 2023 ж.
Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Arduino UNO, INVENTER
Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:
а) ABS жүйесінің көліктерде қоланысын зерттеу
б) Жүйенің жұмыс принципін талдау
в) Әр түрлі фирма шығарған ABS жүйесіне анализ жасау
г) Ең тиімді бұғаттауға қарсы жүйенің еліктеу көрінісін құрастыру
Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
Жұмыс презентациясы слайдта 16 слайд көрсетілген
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: әдебиеттер тізімі


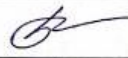
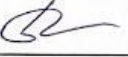
Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01.23 – 12.02.2023 ж.	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	13.02.23 – 20.03.2023 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	21.03.23 – 17.04.2023 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	18.04.23 - 15.05.2023 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А., техника ғылымдарының оқытушы магистрі,	26.05.23	
Негізгі бөлім	Бектилезов А.Ю. қауымдастырылған профессор	22.04.23	
Есептеу бөлім	Бектилезов А.Ю. қауымдастырылған профессор	20.02.23	

Ғылыми жетекшісі



Бектилезов А.Ю.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ойнарбекова А.Б.

Күні

«26» мамыр 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жоба тақырыбы – «Көлікте мехатронды құрылғыларды қолдану».

Жобаның негізгі мақсаты тақырып төңірегінде мехатронды құрылғының көлікте қолданысын зерттеу. Соның ішінде бұғаттауға қарсы тежеу жүйесіне тоқталып, анализ жасау. Басқару жүйесін дайындау, конструкциясын құрастыру.

Бұғаттауға қарсы тежеу конструкциясы сервожетек пен Arduino көмегімен жасалынды. Жоба барысында Inventor бағдарламалары қолданылды. Бұғаттауға қарсы жүйенің еліктеу макеті тежеу жүйесіне көрініс ретінде құрастырылды. Арнайы программа құрастырылды.

Университет зертханасында құрастырылған электркөлігіне, электржетектері арқылы басқарылатын бұғаттауға қарсы жүйенің үлгі механизм идеясы ұсынылды. Сынақ бақылаулары өткізілді.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта «Применение мехатронных устройств в транспорте».

Основной целью проекта является изучение использования мехатронных устройств в транспортных средствах. В том числе анализ антиблокировочной системы тормозов. Подготовка системы управления, строительный проект.

Конструкция антиблокировочной системы была сделана с использованием сервопривода и Arduino. В ходе проекта использовались программы Inventor. Макет антиблокировочной тормозной системы был построен как представление тормозной системы. Создана специальная программа.

Идея антиблокировочной системы, управляемой электроприводами, была предложена для электромобиля, построенного в университетской лаборатории. Были проведены тест-контроли.

ABSTRACT

Topic of the diploma project "Application of mechatronic devices in transport".

The main goal of the project is to study the use of mechatronic devices in vehicles. Including the analysis of the anti-lock brake system. Preparation of control system, construction project.

The design of the anti-blocking system was made using a servo drive and Arduino. Inventor software was used during the project. The layout of the anti-lock braking system was built as a representation of the braking system. A special program was created.

The idea of an anti-blocking system controlled by electric drives was proposed for an electric car built in a university laboratory. Test-control conducted this year.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Теориялық бөлім	8
1.1 Автомобильдің ABS мақсаты	8
1.2 Автомобильдің ABS құрылғысы	9
2 Негізгі бөлім	13
2.1 ABS негізгі схемалары	13
3 Жеңіл автомобильдердің бұғаттауға қарсы жүйелері	18
3.1 ABS жұмыс принципі	18
4 ABS шығаратын фирмаларды салыстыру	22
4.1 Bosch шығарған ABS	22
4.2 Bendix шығарған ABS	25
5 Есептеу бөлімі	28
6 Құрастыру бөлімі	32
7 Бағдарламалық бөлім	39
Қорытынды	
Қысқартылған сөздер тізімі	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	

КІРІСПЕ

Мехатроникалық құрылғыларды талдау және синтездеумен айналысатын ғылым мехатроника деп аталады. Мехатроника – ғылыми және технологиялық бағыттың қосындысы. «Мехатроника» терминін осы бағыттардың «механика» және «электроника» атауларынан түсінуге болады. Жапондық дереккөздерге сәйкес, бұл терминді алғаш рет 1969 жылы Yasukawa Electric компаниясының бас инженері Тецуро Мори қолданған.

2000 жылдардың басынан бастап бізді көптеген мехатрондық жүйелер қоршап алды: шаңсорғыштар, кір жуғыш машиналар, компьютерлер, роботтар, станоктар және құлыптауға қарсы жүйелері бар автомобильдердің тежегіш жүйелері. Тізім ұзақ уақытқа созылуы мүмкін. "Мехатрондық жүйе" ұғымы біртіндеп бұлыңғыр болып келеді, өйткені қазіргі заманғы машиналардың көпшілігі электроникамен басқарылады, сондықтан "Мехатрондық жүйе" анықтамасына жатады. Екінші жағынан, кез-келген мехатрондық жүйе техникалық ойдың соңғы жетістіктерін бейнелейтін мехатрондық модульдерден тұрады.

Мехатроника дәстүрлі түрде ғылыми және білім беру салаларының тізімдерінде ресми түрде тіркелген робототехникамен ортақ ғылыми-техникалық бағыттың бөлігі ретінде қабылданады. Дегенмен, мехатрониканы жобалаудың принциптері мен әдістерін пайдалана отырып, роботты жүйелер және олардың құрамдас бөліктері түріндегі кейбір ортақ ішкі өрісі бар ғылым мен техниканың дербес салалары ретінде мехатроника мен робототехниканы қарастыру әлі де дұрысырақ.

Жалпы мехатроникада техникалық жүйелердің мехатроникалық компоненттерін құрудан мехатроникалық жүйелерге көшу оның дамуының сапалы жаңа кезеңін білдіреді. Шынында да, мехатроникалық компоненттерден жасалған техникалық жүйелер өздері мехатроникалық жүйелер емес, өйткені олар жалпы жүйелік оңтайландыруға емес, ыдырауға негізделген – мехатрониканың негізгі принципі.

Бұл дипломдық жобада біз көлікте қолданылған мехатроникалық құрылғыларды қарастырамыз. Қауіпсіз қозғалыстан бастап, адамның қатысуынсыз көлік тұрағына дейін.

1 Теориялық бөлім

Бір қызығы, көптеген апаттар тежегіштердің жоғары тиімділігіне байланысты. Тайғақ жолдарда - дымқыл немесе мұзды қабықпен жабылған - көлікті тез тоқтату немесе оның жылдамдығын күрт төмендету үшін тежегіштерді шұғыл іске қосу әдетте керісінше нәтижеге әкеледі. Дөңгелектер құлыпталып, жол төсеміне тартылуын жоғалтады, ал автомобиль жылдамдықты мүлдем төмендетпейді, сонымен қатар рульге мойынсұнуды мүлдем тоқтатады. Статистика кешірілмейді - апаттардың 10% - ы мұздағы, қардағы және дымқыл асфальттағы құлыпталған алдыңғы дөңгелектер көліктің бағытын өзгерте алмайтындықтан орын алады. Сондықтан автокөлікте құлыпқа қарсы жүйені қолдану қажет.

Мүмкін, автомобиль жасауда заманауи электронды технологияларды қолданудың ең жарқын дәлелдерінің бірі тежегіштердің құлыпқа қарсы жүйелері (anti-lock braking system) болып табылады. Айта кету керек, АҚШ пен Канадада ABS көліктерінің төрттен үш бөлігі бар, ал Еуропа мен Жапония бұл көрсеткіш бойынша көшбасшыларға қарай біртіндеп тартылуда.

"Доңғалақтардың қатты тежелуіне жол бермейтін құрылғы" неміс фирмасы Bosch 1936 жылы патенттелген. ABS-тің қазіргі тарихының басталуы 1964 жылы, сол кезде гейдельбергтен (Heidelberg) TELDIX GmbH компаниясында жұмыс істеген инженер Гейнц Либер (Heinz Leiber) осындай жүйелердің іргелі негіздерін жасаған кезде басталды. Кейінірек ол Штуттгарт-Унтертуркхаймдағы (Штуттгарт-Унтертуркхайм) Mercedes-Benz фирмасында (Daimler-Benz холдингінің бөлігі) электрик және автомобиль электроникасы бөлімін басқарды. 1970 жылдың 9 желтоқсанында Daimler-Benz-тің жоғары менеджерлерінің бірі, профессор Ханс Шеренберг (Hans Scherenberg) құлыпқа қарсы жүйенің алғашқы жұмыс істейтін үлгілерін жасағанын жариялады. Әрине, өткен ғасырдың 70-ші жылдарының басында ешқандай күрделі электроника туралы сөз бола алмады, электронды басқарылатын ABS сәл кейінірек пайда болды және алғашқы осындай жүйені 1978 жылы Bosch компаниясы жасады.

Daimler-Benz компаниясы 1978 жылдан бастап ABS-ті өндірістік автомобильдерге алғаш рет орнатқаны табиғи нәрсе. Бұл Mercedes-Benz S-класты көліктер болды. 1992 жылдың 1 қазанынан бастап құлыпқа қарсы жүйелер барлық Mercedes көліктерінде стандартты болып табылады.

Сонымен қатар, бұл жүйе стандартты жабдық ретінде көбірек қолданылады және оның кейбір функциялары ASR, ESP және т.б. сияқты автомобильдің белсенді қауіпсіздік кешенінің басқа жүйелерінің жұмысын қамтамасыз ету үшін белсенді қолданылады.

1.1 Автомобильдегі ABS мақсаты

Құлыпқа қарсы жүйе (ABS) тежеу кезінде автомобиль дөңгелектерінің бітелуін жоюға қызмет етеді. Ол тежеу моментін автоматты түрде реттейді және

автомобильдің барлық дөңгелектерін бір уақытта тежеуді, сондай-ақ тежеудің оңтайлы тиімділігін (минималды тежеу жолы) қамтамасыз етеді, автомобильдің тұрақтылығын арттырады.

ABS қолданудың ең үлкен әсері тайғақ жолда, автомобильдің тежеу жолы 10... 15% төмендеген кезде алынады. Құрғақ асфальтбетон жолында тежеу жолының мұндай қысқаруы болмауы мүмкін. Құлыпқа қарсы жүйелер тежеу моментін реттеу әдісімен ерекшеленеді. Ең тиімдісі -дөңгелектердің сырғып кетуіне байланысты тежеу моментін реттейтін ABS. Жүйе доңғалақтардың тартылуы максималды болатын сырғуды қамтамасыз етеді.

Тежеу моментін реттеу әдісі бойынша құлыпқа қарсы жүйелердің әртүрлі түрлері бар. Олардың ішіндегі ең тиімдісі - дөңгелектердің сырғып кетуіне байланысты тежеу моментін реттейтін ABS. Бұл жүйелер доңғалақтардың сырғып кетуін қамтамасыз етеді, олардың тартылуы максималды болады.

1.2 Автомобильдің ABS құрылғысы

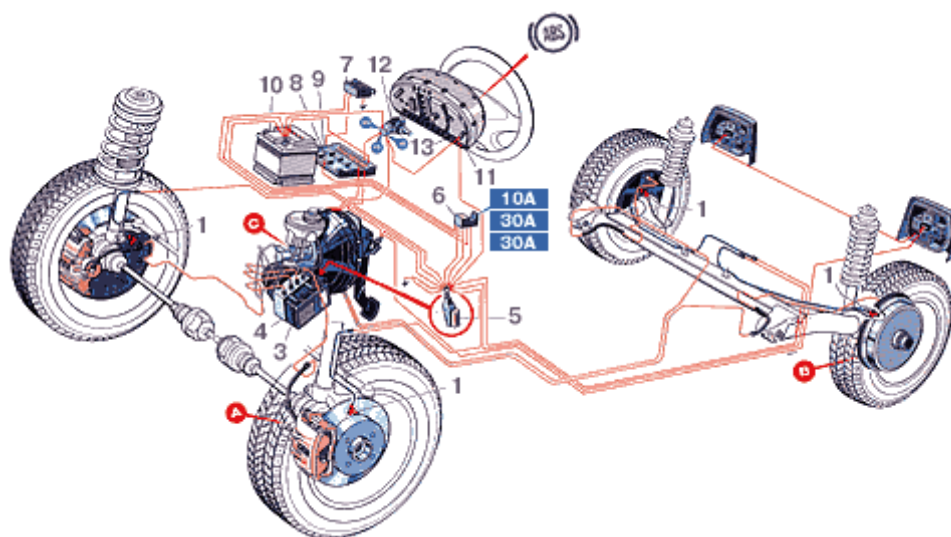
Құлыпқа қарсы жүйелер күрделі және дизайны бойынша әртүрлі, қымбат, электрониканы қолдануды қажет етеді. Ең қарапайымдары механикалық және электромеханикалық ABS. Дизайнға қарамастан ABS келесі элементтерді қамтиды:

Датчиктер (1,2) - функциясы қабылданған реттеу жүйесіне байланысты дөңгелектің бұрыштық жылдамдығы, тежегіш жетегіндегі жұмыс денесінің қысымы, автомобильдің баяулауы және т. б. туралы ақпарат беру болып табылады;

Басқару блогы (4) - әдетте электронды болып табылады, онда датчиктерден ақпарат келеді, ол келіп түскен ақпаратты логикалық өңдеуден кейін атқарушы механизмдерге команда береді;

Атқарушы механизмдер (қысым модуляторлары) (3) - басқару блогынан шыққан командаларға байланысты доңғалақтардың тежегіш жетегіндегі қысымды төмендетеді, жоғарылатады немесе тұрақты деңгейде ұстайды.

ABS көмегімен дөңгелектердің тежелуін реттеу процесі бірнеше фазаларды қамтиды және циклдік түрде жүреді.



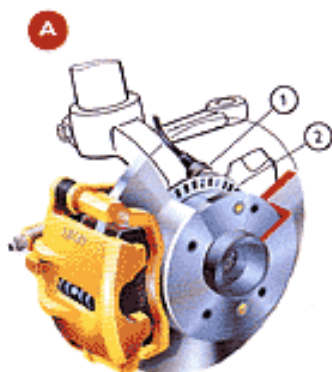
1.1 - сурет – ABS бар тежеу жүйесінің жалпы құрылғысы

1.2.1 Датчиктар

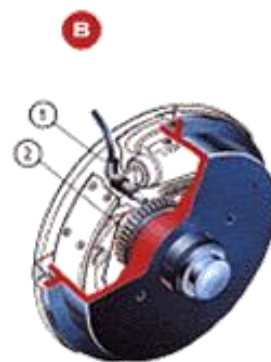
ABS-те доңғалақтың бұрыштық жылдамдығын өлшеу үшін индуктивті жиілік датчиктер пайдаланылады. Бұл датчиктер, ротордың және дисктің (немесе перфорацияланған сақинаның) тістерімен бекітілген индуктордан ортақ сақиналары арқылы ойыншық істеу арқылы тұрады. Индуктивті жиілік датчиктер енгізуі тиісті электромагниттің принципіне негізделген.

Датчик дөңгелектен өтетін тісті диск (немесе перфорацияланған сақина) роторы мен диск тістері арасында орналасқан. Диск ротордың бір бөлігі болып табылады. Индуктор датчиктің бекітілген тістерімен бекітілген ортақ сақиналарынан аударылады. Диск дөңгелекке қол жеткізілген уақытта, дисктің перфорацияланған бөлігі индуктордан аударылған алып кетеді. Дисктің басқа бөлігінде, сақинасының жарығын аудару мүмкін болмайды, сондықтан индуктордан түзетілген саңылу болмайды. Диск ротордың бір рет ауыстырылуында, датчиктің бекітілген тістеріне көбейтілген саңылу аталады.

Индуктивті жиілік датчиктер ABS-те доңғалақтың бұрыштық жылдамдығын өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл ақпарат ABS жүйесіне жіберіледі, осылайша тормозтар жүрісін басқаруға жол ашады.



А – алдыңғы дөңгелектердегі жүйенің элементтері



В – артқы дөңгелектердегі жүйенің элементтері

1.2 - сурет – Доңғалақтардағы ABS жүйесінің элементтері.

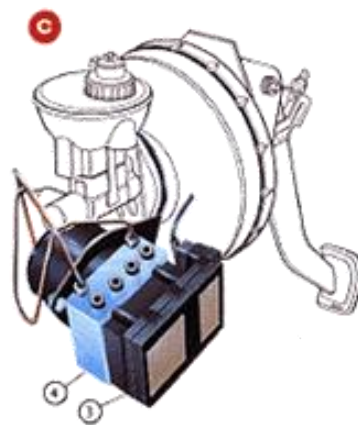
1 - бұрыштық жылдамдық датчигі; 2 - ойықтар мен шығыңқы жерлері бар айналмалы элемент.

1.2.2 Электрондық басқару блогы (ECU)

ECU блок – қасының кіріс каскадтары дөңгелектердің айналу жылдамдығының датчиктерінен сигналдарды меандр тәрізді сигналаларға түрлендіреді. Дөңгелектердің айналу жылдамдығы сигнал жиілігіне негізделген микропроцессормен есептеледі. Белгілі қозғалыс жылдамдығымен және дөңгелектердің жеке айналу жылдамдығымен әр дөңгелектің сырғуын есептеуге болады. Егер доңғалақ құлыптауға бейім болса, онда мұндай мән "дөңгелектің үдеуі" және "дөңгелектің сырғуы" көрсеткіштері негізінде есептеледі.

1.2.3 Модулятор

Бұл пәрменді әдетте екі электромагниттік клапаны бар модуляторлар орындайды. Біріншісі негізгі цилиндрден дөңгелекке өтетін магистральға сұйықтықтың кіруін тоқтатады, екіншісі - артық қысым кезінде тежегіш сұйықтығының аккумулятор резервуарына өтуіне жол ашады.



1.3 - сурет – Модулятор

3 – электронды басқару блогы (ЭБУ); 4 – модулятор, монтаждау коннекторы.

2 Негізгі бөлім

2.1 ABS негізгі схемалары

Қазіргі уақытта Жеңіл автомобильдерде тежегіштерді құлыптауға қарсы жүйелердің көптеген нұсқалары қолданылады. Барлық ABS үшін ортақ нәрсе - олар автомобильдің гидравликалық тежеу жүйесінің жұмыс функцияларын түбегейлі жаңа сапамен толықтырады-дөңгелектерді құлыптамай қарқынды тежеу мүмкіндігі.

ABS жүйесінің түрлерін төрт белгі, ерекшелік бойынша жіктеуге болады (кесте 2.1): жүйенің дизайн ерекшеліктері, жүйе функциялары және операциялық сипаттамалары

2.1 - кесте – Жүйелердің жіктелуі

	Тежегішке қарсы жүйелердің жіктелуі	
Жүйенің құрылымдық ерекшеліктері	Жүйенің функционалдық белгілері	Артықшылықтары мен кемшіліктері
1) гидравликалық сорғы жоқ клапан негізгі тежегіш цилиндрінің қысымымен	Үш арналы, шарикті клапандар электр қозғалтқышымен басқарылатын құрт итергіштерімен басқарылады	Функционалды қарапайымдылық, дизайн күрделілігі, инерция, төмен сенімділік
2) клапан, қысыммен рульдік басқару	Бір арналы (артқы дөңгелектер үшін, шарикті клапан гидравликалық рульден басқарылады	Бір арналы, конструктивті күрделілік, жеткіліксіз сенімділік төмен тиімділік
3) поршенді гидравликалық сорғысы бар электр клапаны төмен қысымды	3 немесе 4 арналы, электрмен басқарылатын, 3 позициялы гидроклапандары бар	Орташа өнімділік, құрылымдық сенімділік, үш позициялы гидроклапандардың жеткілікті жоғары емес функционалдық сенімділігі
4) гидравликалық сорғы және жоғары қысымды гидравликалық аккумуляторы бар гидравликалық поршень	3 немесе 4 арна, жоғары қысымды электр басқарылатын 3 клапанды поршенді реттегіштермен	Жоғары өнімділік, тежеу тиімділігі, функционалдық күрделілік

ABS төрт доңғалақты көлікте пайдаланылған кезде жүйеде арнайы инерциялық датчик орнатылады (2.2 - кесте), жүйе баяулау датчигі бар ABS деп аталады және бір, үш арналы немесе төрт арналы болуы мүмкін және деп ерекшеленбейді.

2.2 - кесте – ABS жүйесінің инерциялық датчиг (баяулау датчигі)

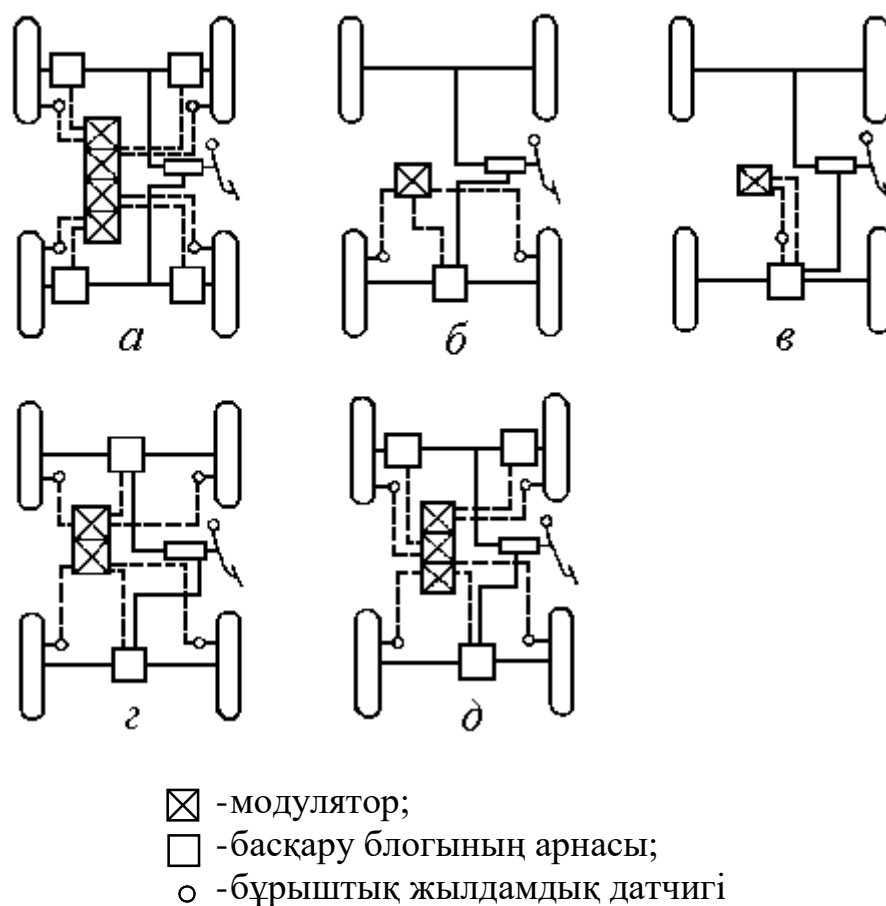
Баяулау дәрежесі	Төмен-1	Төмен-2	Орташа	Жоғарғы
№1 Фототранзистор	Ашық	Жабық	Жабық	Ашық
№2 Фототранзистор	Ашық	Ашық	Жабық	Жабық
Электрондық басқару блогына арналған сандық сигнал.	1-1	0-1	0-0	1-0
				

Автокөліктің тежегіш динамикасы көбінесе автомобильде ABS элементтерін орнату схемасына байланысты. Бұл жағдайда доңғалақтардың осьтер бойымен сырғуын реттеудің келесі принциптерін қолдануға болады:

- әр дөңгелекті жеке-жеке реттеу (In - dividual Regelung) - IR;
- "Төмен шекті" реттеу, яғни ілінісу жағдайы нашар доңғалақ датчигінің сигналы бойынша осьтің екі дөңгелегін бір уақытта тежеуге және тежеуге командаларды беруді көздейтін реттеу - "әлсіз" доңғалақ (select Low) - SL;
- "Күшті" доңғалақ датчигі сигнал берген кезде бір осьтің дөңгелектерін "жоғары шекті" реттеу, яғни ілінісу бойынша ең жақсы жағдайда (select High) - SH;

— өзгертілген жеке реттеу - Modifizierte Individual Regelung (MIR) SL және IR арасындағы ымыраға келетін реттеу болып табылады. МИР мәні мынада: алдымен реттеу «төменгі шек» бойынша жүзеге асырылады, содан кейін бірте-бірте жеке реттеуге көшу жүреді. MIR «аралас» тежеу кезінде қолданған жөн.

Жеке бақылау ең жақсы тежеу өнімділігін (ең аз тежеу қашықтығы) қамтамасыз ету тұрғысынан оңтайлы болып табылады. Осы мақсатта әрбір дөңгелек бұрыштық жылдамдық датчигімен, қысым модуляторымен жабдықталған және электронды блокта жеке басқару арнасы бар (сурет 2.1 а). Жеке реттеу жергілікті ұстау жағдайларына сәйкес әрбір дөңгелекте оңтайлы тежеу моментін және нәтижесінде ең аз тежеу қашықтығын алуға мүмкіндік береді. Алайда, осьтің дөңгелектері тең емес ілінісу жағдайында болса, онда олардағы тежеу күштері де тең емес болады. Бұл жағдайда тұрақтылықтың жоғалуына әкелетін бұрылыс сәті пайда болады. Сонымен қатар, автомобильдің басқару мүмкіндігі сақталады, өйткені дөңгелектер бітеліп қалмайды және бүйірлік тұрақтылық шегі жеткілікті болып қалады. Жеке реттелуі бар схема ең күрделі және қымбат.



2.1 - сурет – Автокөліктегі ABS орнату схемасы

ABS схемасын жеңілдету үшін жүйе элементтерін орнатудың әртүрлі нұсқалары ұсынылады.

Ең қарапайымдардың бірі 2.1 б – суретте көрсетілген схема болып табылады. Ол екі дөңгелек датчигін, бір (екі дөңгелек үшін ортақ) модуляторды және басқару блогының бір арнасын пайдаланады. Екі доңғалақтағы ортақ модуляторы бар схемаларда не «төмен шекті» не «жоғары шекті» реттеу қолданылады.

«Төмен шекті» реттеу кезінде адгезияның жоғары коэффициенті бар бетінде орналасқан доңғалақтың тежеу мүмкіндіктері жеткіліксіз пайдаланылады және тежеу тиімділігі біршама төмендейді. Бұл ретте екі доңғалақта бірдей тежеу күштері пайда болады, бұл көлік құралының бағыты тұрақтылығын сақтауға ықпал етеді.

«Жоғары шекті» басқару арқылы тежеу өнімділігі жақсарады, бірақ тұрақтылық біршама төмендеуі мүмкін. Мұндай реттеу «әлсіз» доңғалақтың циклді түрде бітелуіне әкеледі.

Одан да қарапайым схема 2.1 в – суретте көрсетілген. Бұл схемада тек бір бұрыштық жылдамдық датчигі пайдаланылады, ол негізгі берілістің жетек тетігінде немесе кардан білігінде немесе беріліс қорабының шығыс білігінде орналасқан. Артқы дөңгелектерге ортақ бір модулятор және бір арнасы бар басқару блогы бар. Кардан білігінің бұрыштық жылдамдығының күрт төмендеуі

арқылы датчик ең нашар ілінісу жағдайында болған доңғалақ блоктауға бейім болған жағдайды анықтайды. Осылайша, мұнда «төмен шекті» реттеу орын алады. Алдыңғымен салыстырғанда бұл схеманың сезімталдығы айтарлықтай төмен.

2.1 г – суретте бұрыштық жылдамдық датчиктері әрбір дөңгелекте, екі модуляторда және екі басқару арнасында қолданылатын жалпы схема көрсетілген. Мұндай схемада «төмен шекті» және «жоғары шекті» реттеуді де қолдануға болады. Көп жағдайда аралас реттеу қолданылады (артқы ось үшін SL және алдыңғы ось үшін SH). Күрделілігі мен құны бойынша бұл схема аралық орынды алады.

2.1 д – суретте көрсетілген схемада төрт доңғалақ жылдамдығының датчигі, үш модулятор және үш басқару арнасы қолданылады. Диаграммадан көрініп тұрғандай, алдыңғы дөңгелектер жеке реттеледі, ал артқы дөңгелектер «төменгі шек» немесе «жоғары шек» принципі бойынша реттеледі. Алдыңғымен салыстырғанда бұл схема біршама күрделірек, дегенмен ол тиімділік пен тұрақтылықта белгілі бір пайда береді.

Схеманы таңдаған кезде олар әдетте техникалық және экономикалық негізділікке негізделеді. Негізінде, тежеудің жоғары тиімділігін де, жақсы тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін ABS орнатуға болады.

«Кіріктірілген» және «біріктірілген» схемалар бойынша жасалған ABS бар. «Кіріктірілген» схемамен ABS элементтері негізгі тежеу жүйесіне қосылады, олар өзгеріссіз қалады. «Кіріктірілген» схемамен ABS-тің кейбір элементтері автомобильдің жұмыс тежеу жүйесінің элементтерімен құрылымдық түрде біріктірілген. ABS қолдану схемаларын бағалау ABS тежеу тиімділігін, тұрақтылығын, басқарылуын, күрделілігін, құны мен сенімділігін ескере отырып, кешенді түрде жүргізілуі керек. «Кіріктірілген» және «біріктірілген» схемалар бойынша жасалған ABS бар. «Кіріктірілген» схемамен ABS элементтері негізгі тежеу жүйесіне қосылады, олар өзгеріссіз қалады. «Кіріктірілген» схемамен ABS-тің кейбір элементтері автомобильдің жұмыс тежеу жүйесінің элементтерімен құрылымдық түрде біріктірілген. ABS қолдану схемасын бағалау тежеу тиімділігін, тұрақтылығын, басқарылуын, күрделілігін, құны мен сенімділігін ABS ескере отырып, кешенді түрде және алдыңғы дөңгелектерді реттеу принципі бойынша бөлгіште жүргізілуі керек. реттеу принципін көрсету үшін бөлгіштегі ось. Қысқартылған белгілеуі бөлгіш-артқы жағына берілген бөлшек алынады. Мысалы, ABS – SH / SL алдыңғы осьте «жоғарғы шек» (SH) доңғалақпен басқару және «төменгі шек» (SL) артқы дөңгелекті басқару.

Жұмыс сұйықтығының қысымының өзгеруін бақылау принципі бойынша ABS келесі түрлері бөлінеді: плунжерлі-поршеньді, қысымды тікелей тасымалдайтын және сұйықтықты кері айдайтын. Плунжер-поршеньді принципі (жабық жүйе) доңғалақ цилиндрлеріндегі қысымды төмендету үшін модулятор плунжері қозғалған кезде пайда болатын қосымша көлем пайдаланылады. Тікелей қысымды беру принципі (ашық жүйе) қысым төмендеген кезде тежегіш сұйықтығын кеңейту цистернасына ағызуды, содан кейін оны тежегіш

күшейткіш арқылы айдауды қарастырады. Сұйықтық контур бойымен айналады: жұмыс цилиндрі – кеңейту цистернасы – гидравликалық сорғы – күшейткіш – жұмыс цилиндрі. Кері айдау принципі: ABS жұмысы кезінде сұйықтық жұмыс цилиндрлерінен арнайы камераға ағызылады, содан кейін ол гидравликалық сорғы арқылы негізгі тежегіш цилиндрге қайта айдалады. Айналымдағы сұйықтықтың көлемі өзгермейді.

3 Жеңіл автомобильдердің бұғаттауға қарсы жүйелері

3.1 ABS жұмыс принципі

Тежегіштерді автоматты түрде бұғаттауға қарсы жүйенің жұмыс істеу принципін түсіну үшін төмен қысымды гидравликалық сорғысы бар үш арналы үш позициялы электр клапанының ABS жұмысын қарастырамыз.

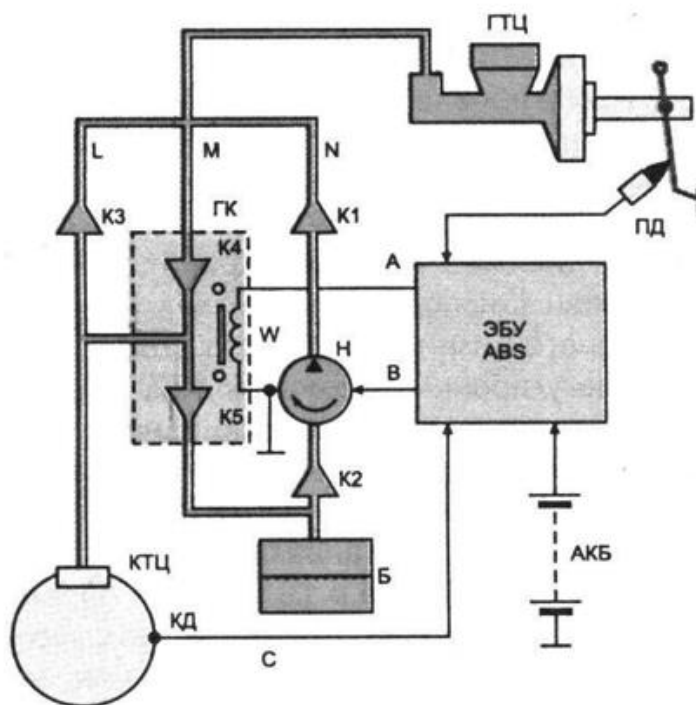
Мұндай ABS жүйесінің құрамдас бөліктері:

- Дөңгелектердің айналу датчиктері;
- Доңғалақты тежегіш цилиндрлері;
- АБС жүйесінің орталық гидравликалық торабы;
- Негізгі тежегіш цилиндрі;
- Электрондық басқару блогы;
- ABS бақылау шамы;
- Инерциялық типтегі баяулау датчигі.

ABS жүйесінің негізгі функционалды түйіні орталық атқарушы механизм болып табылады. Ол мыналардан тұрады:

- Электр гидравликалық сорғы;
- K1, K2, K3 кері әсер ететін үш редукциялық гидроклапан;
- K4 және K5 екі өшіру клапандарын қамтитын үш позициялы электромагниттік гидроклапан.

3.1 – суретте бір алдыңғы дөңгелекке арналған ABS жүйесінің функционалды моделі келтірілген.



3.1 - сурет – ABS жүйесінің функционалды үлгісі (бір дөңгелек үшін)

Тежеу режиміне байланысты схема бес күйде болуы мүмкін:

"ABS жоқ тежеу" режимі.

Бірінші жағдайда:

а) $V_{K1} = V_{K2} = V_{K3} = V_{K4} = V_a$, мұндағы $V_a = (V_{K1} + V_{K2} + V_{K3} + V_{K4}) / 4$;

б) ABS педаль датчигімен қосылады, бірақ жұмыс істемейді, өйткені дөңгелектердің айналу жылдамдығының сәйкес келмейді;

в) негізгі тежегіш цилиндрінен тежегіш сұйықтығы М арнасына және одан әрі К4 клапаны арқылы доңғалақты тежегіш цилиндріне түседі. К1 және К3 клапандары жабық және L және N арналарымен қабаттасады. Қалыпты тежеу ABS қатысуынсыз жүреді;

г) тежегіш педаль босатылған кезде, доңғалақты тежегіш цилиндріндегі сұйықтықтың кері қысымымен К3 клапаны ашылып, тежегіш сұйықтығын негізгі тежегіш цилиндріне қайта жібереді.

"Қысымды төмендету" режимі

Бұл режим берілген доңғалақтың доңғалақ датчигінен электронды басқару блогына айналуы баяулауы туралы "С" сигналы келгенде пайда болады (доңғалақты құлыптауға жақын күй). Бұл ретте:

а) $V_a = (V_{K1} + V_{K2} + V_{K3} + V_{K4})/4 > V_{ki}$, өйткені $V_{ki} < (V_{K2} + V_{K3} + V_{K4}) / 3$;

б) электронды блок "С" сигналы бойынша ABS басқару контактіге $U_K = 10$ В кернеу береді, ал негізгі гидроклапанның W электромагниті арқылы 5 А ток ағады ($R_W = 2$ Ом кедергісі). Сонымен қатар, $U_H = 12$ В кернеуі с электронды басқару блогындағы байланысқа түседі, одан Н гидравликалық сорғы айналады;

в) Н гидравликалық сорғының қысымымен К1 және К2 тексеру клапандары ашылады, негізгі электр гидроклапанының К5 клапаны да ашылады, ал К4 клапаны W электромагниттік зәкірдің әсерінен жабылады;

г) көрсетілген клапан ауыстырғыштары доңғалақты тежегіш цилиндрлерінен негізгі тежегіш цилиндріне тежегіш сұйықтығының кері арнасын ашады: К5 клапаны арқылы, содан кейін К2 және К1 клапандары арқылы негізгі тежегіш цилиндріне қайта оралады. Бұл жағдайда тежегіш сұйықтықтың бір бөлігі ABS жүйесінің Б резервуарына жіберіледі.

"Қысымды ұстап тұру" режимі

Бұл режим ABS жүйесі "қысымды төмендету" режимінен автоматты түрде шыққан кезде пайда болады. Бұл V_{K1} қайтадан V_a -ға тең болған кезде доңғалақ датчигінен "С" сигналы бойынша пайда болады:

а) ABS электронды басқару блогы А контактісіне 4 В кернеу береді, ал W электромагнитіндегі ток 2 А дейін төмендейді, Н Гидравликалық сорғы жұмысын жалғастыруда, өйткені В контактісіне әлі де 12 В кернеу беріледі;

б) 2 А ток кезінде (W электромагниттік) электромагниттік клапан К4 және К5 жұмыс клапандарының екеуін де жабады және доңғалақты тежегіш цилиндріндегі тежегіш сұйықтығының қысымын тұрақтандыруды қамтамасыз етеді, өйткені бұл клапан күйінде тежегіш сұйықтығы доңғалақ цилиндріндегі К3, К4 және К5 клапандарымен құлыпталады. Электр гидравликалық сорғы негізгі тежегіш цилиндрінде кері қысым жасау және К3 клапанын жабық ұстау арқылы жұмысын жалғастырады.

"Қысымды арттыру" режимі.

Бұл режим доңғалақ датчигінен берілген доңғалақтың жоғары айналу жылдамдығының "С" сигналы келгенде пайда болады, яғни $V_{k1} > V_a$ (V_{k2} , V_{k3} , V_{k4} айналу жылдамдығы бар дөңгелектер — тежеледі, ал V_{k1} жылдамдығымен еркін айналады):

а) электронды блок "С" сигналы бойынша ABS басқару А ($LW = 0$) контактісіндегі кернеуді өшіреді, бірақ гидравликалық сорғыдағы $U_H = 12$ В кернеуі В контактісінен шығуды жалғастырады, бұл ретте гидроклапан өшеді, бастапқы орнын алады, К4 клапаны ашылады, ал К5 жабылады;

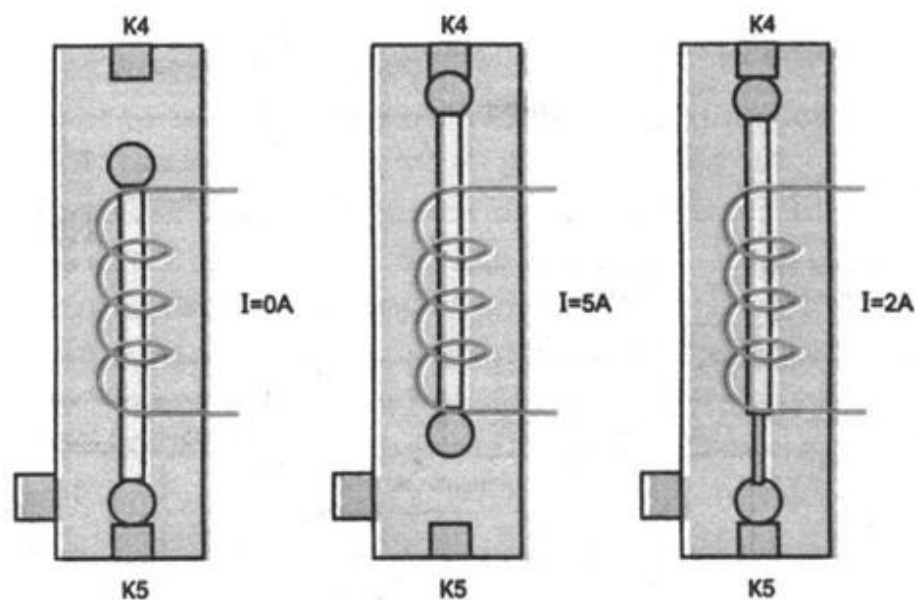
б) доңғалақты тежегіш цилиндрінде сұйықтық қысымы жоғарылайды, өйткені гидравликалық сорғы Н сұйықтықты В цистернасынан доңғалақты тежегіш цилиндрге К1, К2 және К4 клапандары арқылы жеткізеді, олар ашық.

Тежегіш педальды қайтару

Барлық төрт жағдайда тежегіш педальдың кері соққысы кезінде функционалды схема тежегіш сұйықтығын К3 тексеру клапаны арқылы негізгі тежегіш цилиндріне қайтару үшін жұмыс істейді.

Тежегіш педаль істен шыққанға дейін көтерілгенде, шекті қосқыш педаль датчигі электронды басқару блогын өшіреді және ABS жүйесі жұмысын тоқтатады. Осылайша, педаль датчигінің қосқышы ABS жүйесін қосу және өшіру датчигі болып табылады.

Жүйенің сипатталған бес күйі электромагниттік басқарылатын үш позициялы гидроклапан арқылы жүзеге асырылады. Гидроклапанның жұмысын 3.2 – суретте көрсетілген модель арқылы түсіндіруге болады.



3.2 - сурет – Электромагниттік басқарылатын үш позициялы гидроклапан моделі

3.1 - кесте – ABS жүйесінің жұмыс істеуінің әртүрлі режимдері үшін гидроклапандар мен басқару электр сигналдарының әртүрлі жұмыс күйлерінің белгілері келтірілген.

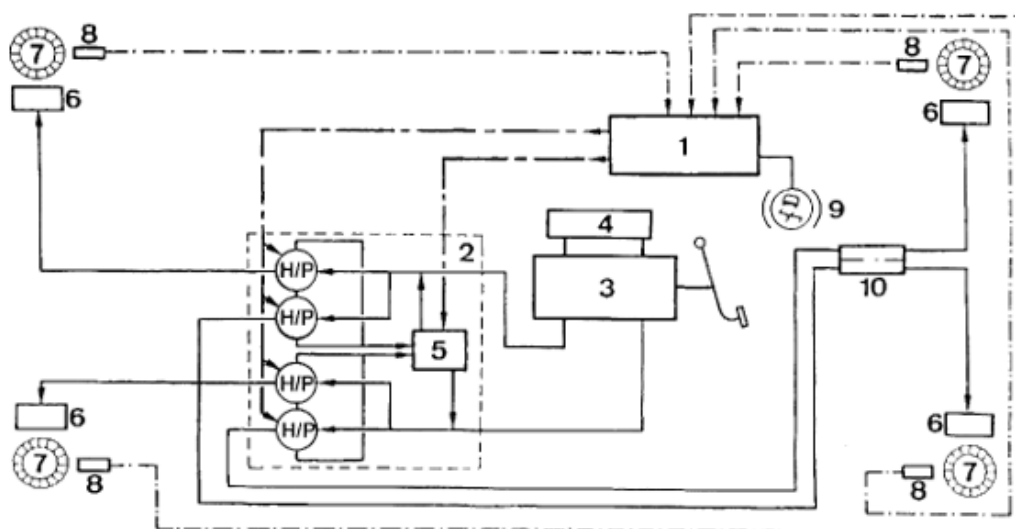
ABS режимі	Гидравликалық клапандардың ЖОЖ					Электр күйі сигналдар		
	K1	K2	K3	K4	K5	A	B	C
1. "ABS жоқ тежеу" режимі	-	-	-	+	-	0В	0В	$F_k = F_a$
2. "Қысымды төмендету" режимі	+	+	-	-	+	10В	12В	$F_k > F_a$
3. "Қысымды ұстап тұру" режимі	-	-	-	-	-	4В	12В	$F_k = F_a$
4. "Қысымды арттыру" режимі	+	+	-	+	-	0В	12В	$F_k < F_a$
5. Тежегіш педальды қайтару	-	-	+	+	-	-	-	-

"+"—клапандардың ашық күйі; "-" — клапан - новтардың жабық күйі; F_k — V_k дөңгелегінің жылдамдығына сәйкес келетін С сигналының жиілігі; F_a — V_a жылдамдығына сәйкес келетін "С" сигналының жиілігі.

4 ABS шығаратын фирмаларды салыстыру

4.1 Bosch фирмасы шығарған ABS

Бұл жүйе (4.1 – сурет) қолданыстағы тежеу жүйесіне қосымша болып табылады. Доңғалақ жетегі немесе контурындағы қысымды белгілі бір деңгейге дейін ұстап тұру немесе төмендету үшін негізгі тежеу цилиндрі мен доңғалақ цилиндрі арасында электромагниттік клапан орнатылады. Соленоидты клапан 4 доңғалақ сенсорынан келетін ақпаратты өңдейтін басқару блогымен бірге жұмыс істейді.



4.1 - сурет – Bosch 2S ABS функционалды схемасы

1 – Басқару блогы; 2 – модулятор; 3 – негізгі цилиндр; 4 – қоректендіру цистернасы; 5 – электр гидравликалық сорғы; 6 – доңғалақты цилиндр; 7 – доңғалақ датчигінің роторы; 8 – доңғалақ датчигі; 9 – аспаптар комбинациясындағы сигналдық лампа; 10 – тежегіш күштерін реттегіш; Н/Р – айдау және түсіру электромагниттік клапандар

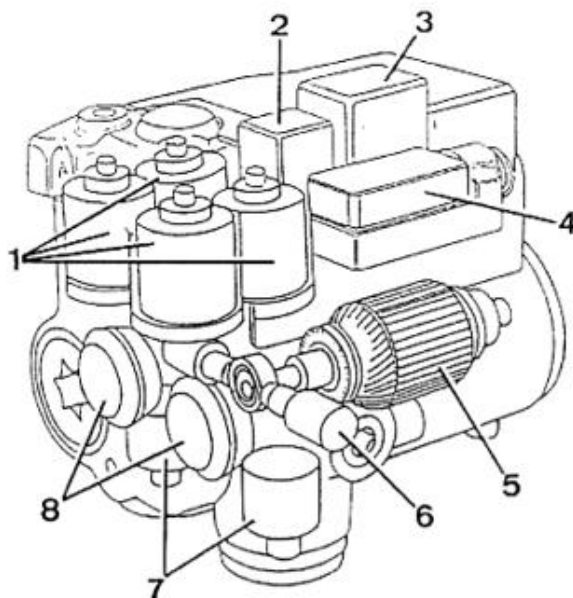
- · — · — — ECU кіріс сигналдары
- ECU шығыс сигналдары
- тежегіш құбыры

Әрбір доңғалақтың айналу жылдамдығы және оның өзгеруі туралы деректерді үнемі қабылдайтын электронды басқару блогы бітелу сәтін анықтайды, содан кейін қажет болған жағдайда қысымды босатады және тежегіш сұйықтықтың бір бөлігін мастерге қайтару үшін гидравликалық сорғыны ашады. ABS модуляторы (4.2 – сурет) электромагниттік клапанмен, сұйықтық қысымының аккумуляторы бар гидравликалық сорғымен, электромагниттік клапанның релесімен және гидравликалық сорғы релесімен жинақталған. Жүйе үш кезеңге бөлінген бағдарлама бойынша жұмыс істейді: 1 – қалыпты немесе

қалыпты тежеу, 2 – белгілі бір деңгейде қысымды ұстап тұру және 3 – қысымды төмендету.

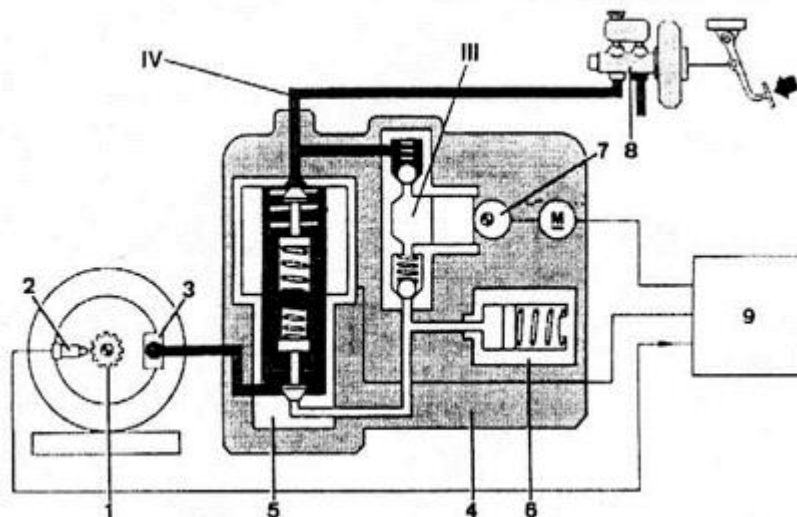
Қалыпты тежеу фазасы (4.3 – сурет). Қалыпты тежеу кезінде электромагниттік клапанда кернеу болмайды және қысым астында тежеу сұйықтығы дөңгелектің тежеу механизмін іске қосу үшін ашық электромагниттік клапан арқылы негізгі цилиндрден еркін өтеді. Гидравликалық сорғы жұмыс істемейді.

Қысым белгілі бір уақыт аралығында тұрақты деңгейде ұсталады (4.4 – сурет). Егер доңғалақтардың біреуінде бітелу белгілері болса, басқару блогы доңғалақ датчиктерінен тиісті сигнал алғаннан кейін қысымды күту циклдарының бағдарламасын тұрақты деңгейде орындау үшін негізгі және сәйкес дөңгелек цилиндрлерін ажыратады. Соленоидты клапанның орамдарына 2 А ток беріледі. Клапан поршені қозғалады және негізгі цилиндрден тежеу сұйықтығының ағынын блоктайды. Жүргізуші тежеу педальын басуды жалғастыра бергенде, доңғалақты іске қосу цилиндрлеріндегі қысым тұрақты болып қалады.



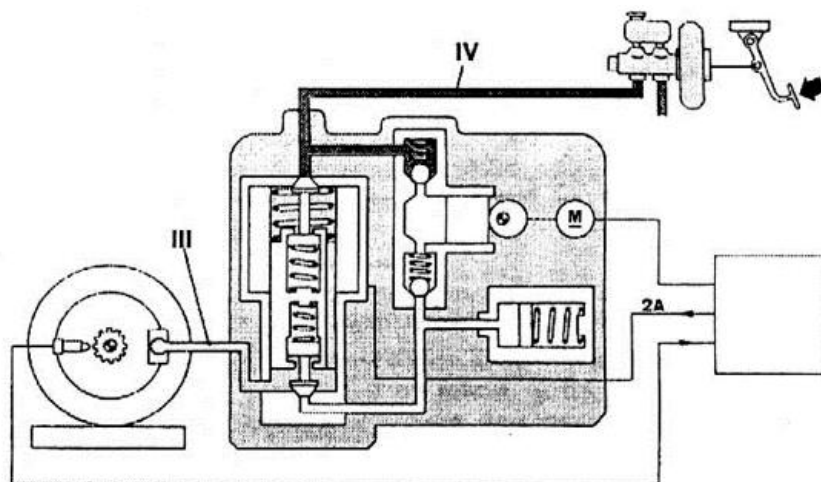
4.2 - сурет – Модулятор схемасы

1 – электромагниттік клапан; 2 – екі гидравликалық сорғы релесі; 3 – электромагниттік клапан релесі; 4 – электр қосқышы; 5 – гидравликалық сорғыға арналған қозғалтқыш; 6 – радиалды поршеньді сорғы элементі; 7 – қысым ұяшығы; 8 – дыбыс өшіргіш.



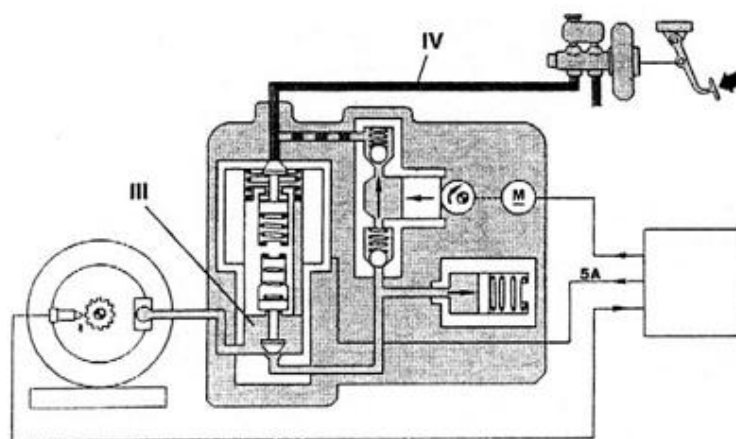
4.3 - сурет – Қалыпты тежеу кезеңі

1 – доңғалақ датчигінің роторы; 2 – доңғалақ датчигі; 3 – доңғалақ (жұмыс) цилиндрі; 4 – модулятор; 5 – электромагниттік клапан; 6 – қысым батареясы; 7 – айдау сорғысы; 8 – коаксиалды поршеньдері бар негізгі цилиндр; 9 – басқару блогы.



4.4 - сурет – Қысымды тұрақты деңгейде ұстау фазасы

Қысымды босату фазасы (4.5 – сурет). Егер доңғалақты құлыптау қаупі сақталса, ECU электромагниттік клапанның орамасына ауырсыну күшінің тогын береді: 5 А. клапан поршенінің қосымша қозғалысы нәтижесінде тежегіш сұйықтық сұйықтық қысымының аккумуляторына жіберілетін арна ашылады. Доңғалақ цилиндріндегі қысым төмендейді. ECU гидравликалық сорғыны қосуға бұйрық береді, ол сұйықтықтың бір бөлігін қысым батареясынан шығарады. Тежегіш Педаль көтеріледі.

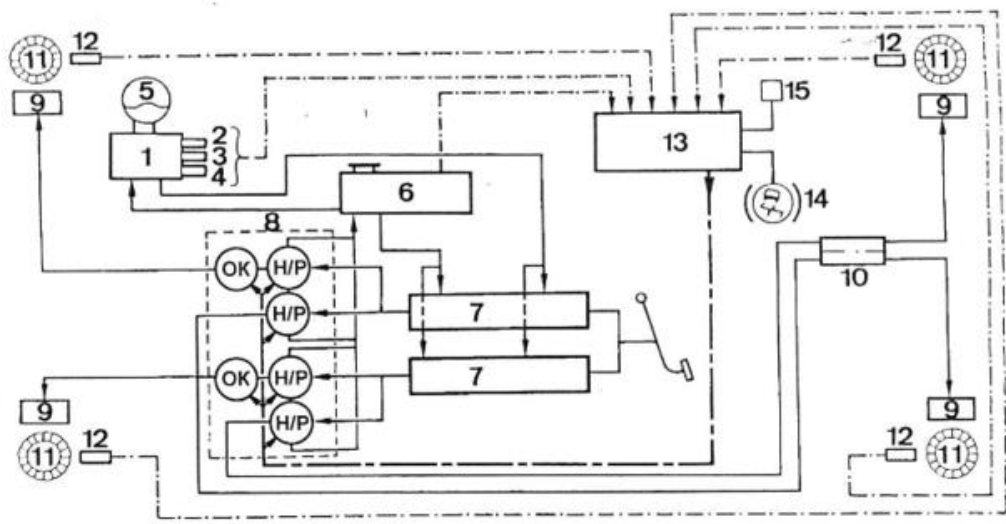


4.5 - сурет – Қысымды босату фазасы

Жүргізуші сезінетін тежегіш педальдың «соғуы» мүлдем қалыпты құбылыс. Бұл гидравликалық сорғымен тежегіш сұйықтықты мезгіл-мезгіл айдау нәтижесінде пайда болады. Жүргізуші үшін бұл ABS-ті жұмысқа қосу туралы нұсқаулық ретінде қызмет етеді.

4.2 Bendix шығарған ABS

Бұл жүйе басқа ABS жүйелерінен ерекшеленеді (4.6 – сурет), ол тежегіш сұйықтығының қысым көзі ретінде негізгі тежегіш цилиндрін емес, жоғары қысымды гидравликалық сорғыдан, сұйықтық қысымының аккумуляторынан және қысым қосқышының жиынтығынан тұратын электр гидроагрегатын пайдаланады. Тежегіш қысымын мөлшерлеу тежегіш педальына түсетін күшке байланысты жұптастырылған гидравликалық дистрибьютормен жүзеге асырылады. Қысымды тежегіш сұйықтығы алдыңғы дөңгелектердің тежегіш механизмдеріне екі электромагниттік клапан арқылы, ал артқы дөңгелектердің тежегіш механизмдеріне бір арқылы келеді. Электромагниттік клапандарды ашу және жабу ECU доңғалақты импульстік датчиктерден келетін доңғалақты құлыптаудың басталуы туралы сигналдар арқылы жүзеге асырылады.



4.6 - сурет – Bendix ABS жұмыс істеу схемасы

1 – жоғары қысымды сорғы; 2,3,4 – қысым датчигі; 5 – қысым аккумуляторы; 6 – қоректендіру цистернасы; 7 – гидравликалық таратқыш; 8 – электромагниттік клапан блогы; 9 – жұмыс цилиндрі; 10 – қысым реттегіші; 11 – доңғалақты сенсор роторы; 12 – доңғалақты сенсор; 13 – басқару құрылғысы; 14 – сигнал ABS шамы; 15 – диагностикалық құрылғыларды қосуға арналған қосқыш; Н/Р – разряд және шығару электромагниттік клапандары; ОК – шектеуіш электромагниттік клапан.

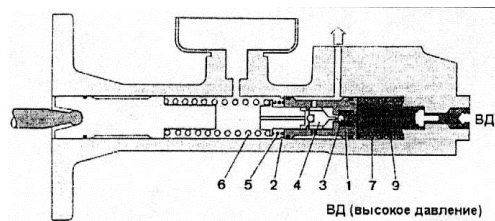
- . — . — — ECU кіріс сигналдары
- — — — ECU шығыс сигналдары
- — тежегіш құбыры

Бастапқы күйде (4.7 – сурет) поршень 1 9 қуыстағы жоғары қысыммен және серіппенің 7 күшімен 2 тоқтауға қарсы басылады. 3 клапан серіппе арқылы отырғышта ұсталады. Тежеу педальының 6 жаңарту серіппесі және құлыптау поршенінің 8 қалпына келтіру серіппесі 5 жүксіз күйде. Клапан 4) ашылады және қоректендіру бағы тежегіш жетек тізбегіне қосылады.

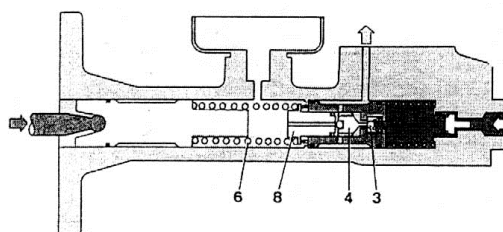
Қалыпты тежеу кезінде (4.8 – сурет) жүргізуші тежеу педальын басқанда, серіппе 6 тығын поршенін 8 жылжытады, клапан 4 жабылады және клапан 3 ашылады. Жоғары қысым жоғары қысымды сорғыдан дөңгелектердің тежеу механизміне беріледі.

Егер тежеу қысымы тұрақты деңгейде сақталса (4.9 – сурет), поршеньдің 8 қуысындағы қысым күші А серіппенің 6 күшінен үлкен болады. тежеу педальының белгілі бір уақыт аралығындағы күйінде. Поршень 8 сұйықтық қысымының күші серіппе күшіне тең болғанша қозғалады. 3 клапан жоғары қысымды жауып, өшіреді. Тежегіш жетектегі қысым тұрақты деңгейде сақталады. Драйвер тежеу педальын қайтадан басқанда, барлық поршеньдер мен серіппелер тежеу күштері теңестірілген және контурдағы қысым жаңа тұрақты деңгейге орнатылатын жаңа күйге ауысады. Тежегіш педаль босатылған кезде (4.10 – сурет), поршень 8 солға жылжиды, клапан 4 ашылады, доңғалақ цилиндрі

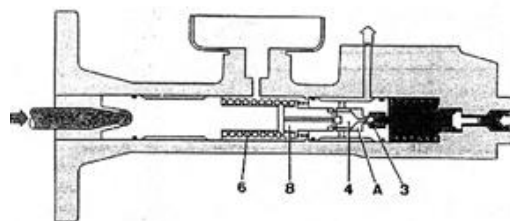
мен қоректендіру цистернасы арасындағы байланыс қалпына келтіріліп, жүйедегі қысым төмендейді. Жоғары қысымды жүйе істен шыққан кезде поршеньдер 8 және 1 тежегіш педаль итергішінің әрекетімен оңға жылжиды. Жылжымалы поршень 1 9 қуыстың көлемін азайтады, кері клапанды жабады, ал 9 қуыстағы тежегіш сұйықтығы дөңгелек тежегіш цилиндріне түседі.



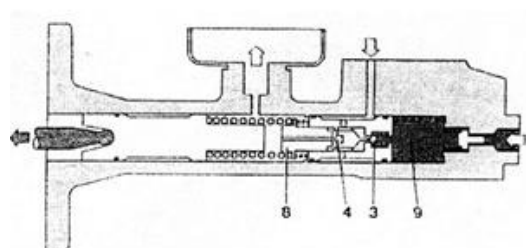
4.7 - сурет – Тежеу күйіндегі жоғары қысымды тежегіш агрегатының гидравликалық таратқыш схемасы



4.8 - сурет – Тежеу кезінде бөлшектердің орналасуы



4.9 - сурет – Қысымды тұрақты деңгейде ұстаған кезде бөлшектердің орналасуы



4.10 - сурет – Тежеу кезінде бөлшектердің орналасуы

5 Есептеу бөлімі

Автокөліктің тежегіш динамикасын есептеуде көп жағдайда ілінісу коэффициенттерінің кестелік мәндері қолданылады, олар құлыпталған доңғалақ қозғалған кезде эксперименталды түрде анықталады, яғни доңғалақ жол бетіне қатысты 100% сырғанау кезінде. Сонымен қатар, серпімді доңғалақтың ілінісу коэффициенті тек жол бетінің күйіне ғана емес, сонымен қатар тежеу процесінде осы бетке қатысты доңғалақтың сырғанау дәрежесіне, сондай-ақ басқа факторларға байланысты екені белгілі.

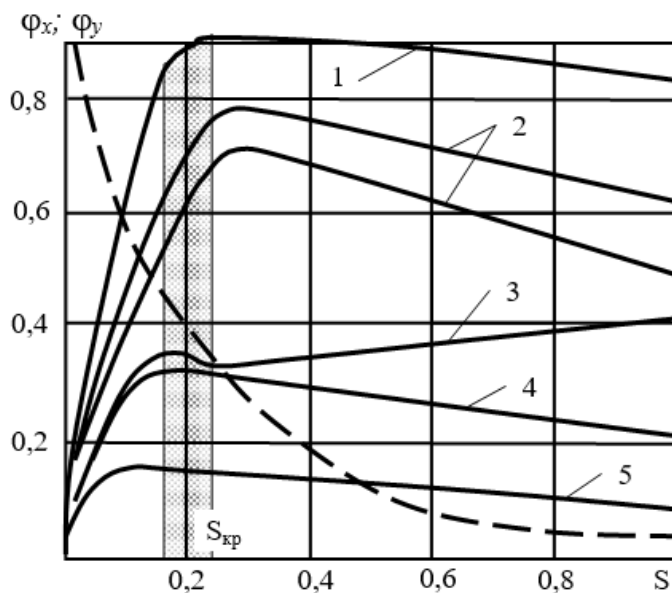
ABS міндеті тежегіш немесе жетек дөңгелектерін оңтайлы салыстырмалы сырғанау режимінде ұстау болып табылады, онда тірек беті бар шинаның бойлық ілінісу коэффициенті (φ_x шкаласы) максималды болады. Бұл 5.1 – суретте көрсетілген, доңғалақтың ілінісу коэффициенттерінің тірек бетіне тәуелділігін көрсететін диаграммамен суреттелген φ_x (қатты қисықтар) және φ_y (штрих қисығы) сәйкесінше бойлық және көлденең бағытта S әр түрлі жолдарда тежеу кезінде.

Салыстырмалы сырғанау:

$$S = (v - \omega_{T.K} r_0) / v \quad (1)$$

мұндағы, v – көлік жылдамдығы; $\omega_{T.K}$ – тежегіш дөңгелектің бұрыштық жылдамдығы; r_0 – доңғалақтың бос радиусы.

Іліністің бойлық коэффициенті тежегіш күштің дөңгелекке қалыпты реакцияға қатынасымен сипатталады $\varphi_x = P_{\text{тор}} / R_z$. Бұл қатынас тежегіш күші деп те аталады.



5.1 - сурет – Ілінісу коэффициенттерінің салыстырмалы сырғанау коэффициентіне тәуелділігі

1 – құрғақ асфальт, 2 – дымқыл асфальт; 3 – жаңадан шайнаған қар; 4 – оралған қар; 5 – мұз.

Графиктен салыстырмалы сырғанаудың белгілі бір мәні кезінде ілінісудің бойлық коэффициенті φ_x массасы максимумға ие болатындығын көруге болады. Максимумға сәйкес келетін салыстырмалы сырғанау шамасы критикалық деп аталады және $S_{кр}$ деп белгіленеді, көптеген жол беттері үшін $S_{кр}=0,1...0,3$. Осы шектерде және көлденең ілінісу коэффициенті φ_y жеткілікті жоғары мәнге ие, бұл көлік құралына бүйірлік күш әсер етсе, тежеу кезінде автомобильдің тұрақты қозғалысын қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, графиктен тежегіш доңғалақтарды юзға ($S=1$) жеткізген кезде φ_x және φ_y айтарлықтай төмендейді, демек, тежеу кезінде автомобильдің тежеу тиімділігі, тұрақтылығы және басқарылуы. Зерттеулер көрсеткендей, бастапқы тежеу жылдамдығы мен бүйірлік тарту коэффициенті жоғарылаған сайын φ_x және φ_y , ілінісу коэффициенттері төмендейді.

ABS-тің негізгі міндеті – тежеу процесінде $S_{кр}$ маңындағы тар шектерде доңғалақтардың салыстырмалы сырғуын сақтау. Тежегішке қарсы жүйелер доңғалақтардың тартылу күшін үнемі бақылауды қамтамасыз етуге және әр доңғалаққа қолданылатын тежеу Күшін сәйкесінше реттеуге арналған. ABS доңғалақты тежегіштердің гидравликалық жетек тармақтарындағы қысымды доңғалақтардың құлыпталуына жол бермеу және сонымен бірге автомобильдің басқарылуын жоғалтпай максималды тежеу күшіне жету үшін қайта бөледі.

Қолданыстағы нормативтер бойынша сатылатын орташа ілінісу шамасы барынша мүмкін болатын 75% - дан кем болмауы тиіс.

Қатты және құрғақ бетон сияқты кейбір жол жамылғыларында ABS жүйесі ABS өшірілген қарқынды тежеу жағдайы үшін осы көрсеткішпен салыстырғанда автомобильдің тежеу жолының біршама ұлғаюына әкелуі мүмкін. Алайда, соңғы жағдайда автомобильдің тұрақтылығына кепілдік берілмейді, доңғалақты резеңке мен тежегіш жастықшалардың тозуы күрт артады. Көптеген жағдайларда ABS бар тежеу жүйесі классикалық тежеу жүйесіне қарағанда әлдеқайда тиімді.

ABS қамтамасыз етуі керек:

– Регламенттелген нормаларға сәйкес ең төменгі тежеу жолы (ГОСТ, БҰҰ ЕЭК ережелері);

- Тежеу кезіндегі тұрақтылық;
- Тежеу кезінде басқаруды сақтау;
- Өзгеретін сыртқы жағдайларға бейімделу (мысалы, өзгеру);
- Жоспарлы тежеу, серпіліссіз;
- ABS істен шыққан кезде тежеу мүмкіндігі;
- Жұмыс денесінің минималды шығыны;
- Электр энергиясын минималды тұтыну;
- Сыртқы магнит өрістеріне қатысты шуға төзімділік;
- ABS істен шыққан кезде дабыл беру, ақаулық диагностикасы;
- Жалпы талаптар (сенімділік, төмен баға және т.б.).

Доңғалақты тежеудің ABS көмегімен реттеу процесі циклдік болып табылады. Бұл доңғалақтың, жетектің, сондай-ақ ABS элементтерінің инерциясымен байланысты. Реттеу сапасы ABS тежегіш доңғалақтың берілген шектерде сырғуын қаншалықты қамтамасыз ететіндігімен бағаланады. Қысымның циклдік ауытқуларының үлкен ауқымында тежеу кезінде жайлылық бұзылады, ал автомобиль элементтері қосымша жүктемелерге ұшырайды. ABS жұмысының сапасы қабылданған реттеу принципіне, сондай-ақ тұтастай алғанда жүйенің жылдамдығына байланысты. Өнімділік тежеу моментінің өзгеруінің циклдік жиілігін анықтайды. ABS-тің маңызды қасиеті тежеу жағдайларының өзгеруіне (бейімделуге) және ең алдымен тежеу процесінде ілінісу коэффициентінің өзгеруіне бейімделу қабілеті болуы керек.

ABS жұмыс істейтін көптеген принциптер әзірленді (жұмыс істеу алгоритмдері). Олар күрделілігі, іске асыру құны және қойылған талаптарды қанағаттандыру дәрежесі бойынша ерекшеленеді. Олардың ішінде тежегіш дөңгелекті баяулату үшін жұмыс істеу алгоритмі кеңінен қолданылды.

Осы алгоритм бойынша ABS жұмыс процесін қарастырыңыз. Тежегіш дөңгелектің қозғалыс теңдеуі келесідей:

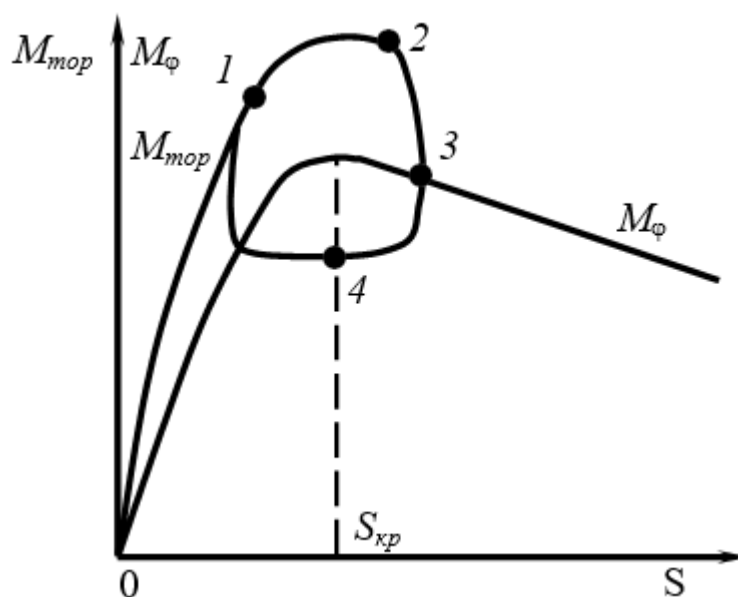
$$J_k \varepsilon_{mk} = M_{top} - M_\varphi, \quad (2)$$

мұндағы, J_k – доңғалақтың инерция моменті; $\varepsilon_{mk} = d\omega_{mk}/dt$ – доңғалақтың бұрыштық баяулауы; M_{top} – тежегіш механизмі тудыратын сәт; M_φ – доңғалақтың тірек бетіне ілінуі мүмкін сәт.

Бұл теңдеуді пайдалана отырып, ABS тежелу процесінің графигін тұрғызуға болады (5.2 – сурет). Суретте келесі тәуелділіктер берілген: ілінісу арқылы жүзеге асырылатын моменттің тежеу доңғалағына, салыстырмалы сырғанауға тәуелділігі $M_\varphi = f(S)$, бұл тәуелділік φ – S диаграммасынан тек масштабта ерекшеленеді, автоматты басқару процесінде тежеу механизмінің тежеу доңғалағына жасалған моменттің салыстырмалы сырғуға тәуелділігі $M_{top} = f(S)$.

Тежеу педальын басу тежеу моментінің жоғарылауына әкеледі (0-1-2 бөлімі). Бүкіл осы бөлімде салыстырмалы сырғудың ұлғаюымен қатар жүретін дөңгелектің тежелуіне әкелетін $M_{top} > M_\varphi$, Баяулау әсіресе 1-2 сегментте тез өседі, мұнда $M_{top} - M_\varphi$ айырмашылығы M_φ , төмендеуі нәтижесінде күрт артады, ал баяулау осы айырмашылыққа тура пропорционал:

$$\varepsilon_{mk} = (M_{top} - M_\varphi) / J_k \quad (3)$$



5.2 - сурет – ABS тежелу процесінің графигі

Баяулаудың күрт өсуі салыстырмалы сырғудың $S_{кр}$ – дан біршама үлкенірек болғанын көрсетеді. Бұл тежегіш жетектегі қысымды төмендету үшін 2-ші нүктеде модуляторға команда жіберу үшін блоктың негізі болып табылады. 2-тармақ бірінші пәрменге сәйкес келеді («орнату нүктесі»). Команда бойынша тежеу моменті азаяды және 3 нүктеде ілініс моментіне $M_{top}=M_{\phi}$ және баяулау $\varepsilon_{mk}=0$ тең болады. Баяулаудың нөлдік мәні екінші «орнату нүктесі» ретінде қызмет етеді, оған сәйкес басқару блогы модуляторға тежегіш жетегіндегі тұрақты қысымды және, тиісінше, тұрақты тежеу моментін M_{top} ұстап тұруға нұсқау береді. Бұл кезеңде $M_{top} > M_{\phi}$ және $\varepsilon_{mk}=(M_{\phi}-M_{top})/J_k$, яғни ε_{mk} белгісін өзгертеді және доңғалақ үдей бастайды. Максималды үдеу мәні 4-ші нүктеде орын алатын $M_{top} > M_{\phi}$, максималды айырмашылығына сәйкес келеді, бұл үшінші «орындық нүкте». 4-ші нүктеде басқару блогы модуляторға тежегіш жетектегі қысымды арттыруды тапсырады және сипатталған цикл қайталанады, бұл салыстырмалы сырғуды ϕ_x және ϕ_y жоғары мәнін қамтамасыз ететін аралықта сақтауға мүмкіндік береді.

6 Құрыстыру бөлімі

Жобаның құрастыру бөлігінде төрт доңғалақты роботтың қандай материалдардан жасалатынын және оның қалай құрастырылатынын қарастырылады. Жасалған төрт доңғалақты робот негізінен келесі электронды құрылғылардан тұрады:

- Arduino UNO;
- Sensor Shield V5;
- Tower Pro SG90 сервожетегі;
- Реле;
- Lm2596 кернеу түрлендіргіші;
- Қорек көзі;
- DC motor редукторы;

Әрбір аталған элемент осы бөлімде түсіндіріледі.

6.1 Arduino

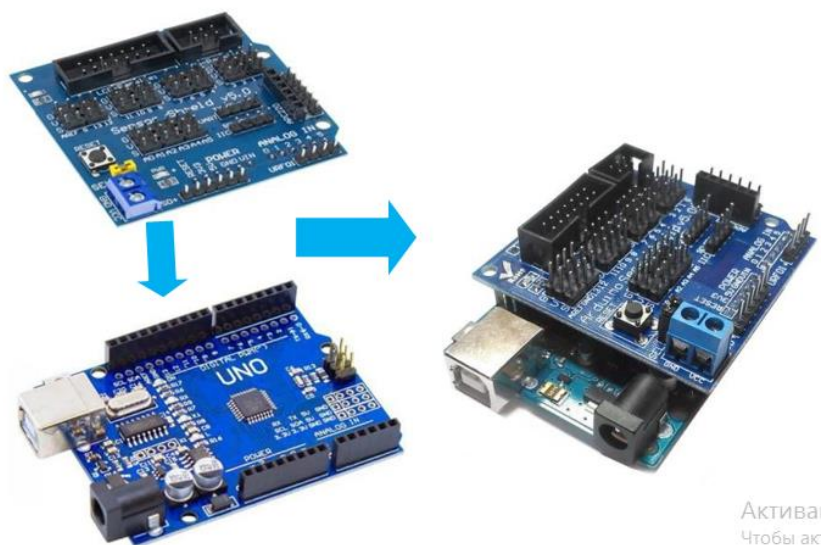
Arduino – бұл әртүрлі физикалық нысандармен жұмыс істей алатын ашық бастапқы аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету платформасы. Қарапайым микроконтроллер тақтасы және микроконтроллер бағдарламалық құралын жазуға арналған арнайы өңдеу ортасы.

Ардуино әртүрлі сенсорлар мен қосқыштармен басқарылатын интерактивті жүйелерді жобалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Мұндай жүйелер өз кезегінде әртүрлі индикаторлардың, қозғалтқыштардың және басқа құрылғылардың жұмысын басқара алады. Arduino жобалары дербес болуы мүмкін және дербес компьютерде жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтамамен өзара әрекеттесуі мүмкін. Мұндай тақтаны бағдарламалауға арналған даму ортасы ашық және толығымен тегін.

Қазіргі уақытта Arduino тақтасында бірнеше модельдер бар және әртүрлі типтегі тақталар арасындағы код әмбебап болып табылады. Бұл жобада Arduino UNO тақтасы қолданылады.

Arduino Uno - негізгі Arduino платформасының ең танымал нұсқасы. Негізгі платада бағдарламаларға арналған 2 кб жедел жады және 32 кб флэш жады бар. Компьютер қуат көзімен бірдей, ал қосқышта USB порты бар. Оның 14 сандық кіріс және шығыс порты және 6 аналогтық порты бар. 4 жарық диоды бар: 1 қуат көрсеткіші, 2- L 13 портқа қосылған, 3-4 RX және TX сериялық порт арқылы деректер алмасуға арналған. Сондай-ақ қайта іске қосу түймесі бар. Компьютерге қосылған кезде арнайы бағдарламашы қажет емес. Бұл қосымша тақталарды қосу арқылы негізгі тақтаны кеңейту мүмкіндігінің артықшылығына ие.

6.2 Arduino Sensor Shield V5.0



6.1 - сурет – Arduino Uno мен Sensor Shield V5.0 платасы

Arduino Sensor Shield V5.0 сенсорлармен, қозғалтқыштармен, индикаторлармен және басқа құрылғылармен Arduino UNO байланысын пайдалануға мүмкіндік береді. Arduino UNO аналогтық кірістерімен, сандық кірістер мен шығыстармен және стандартты интерфейстермен байланыс оңайырақ. Sensor Shield V5.0 Arduino UNO тақтасының үстіне орнатылады, өйткені біз тақтаның төменгі жағында орналасқанбыз.

Датчиктің сигналдық желілерін қосу жеткіліксіз - әрбір перифериялық құрылғы қуатты қосуды қажет етеді. Ол үшін модульде арнайы түйреуіштер бар, олар арқылы қуат барлық қосылатын құрылғыларға таралады. Жеке қуат көзін қосу мүмкіндігі бар. Ол үшін Arduino қалқан 5.0 сенсорының кеңейту модулін арнайы терминал арқылы қуатқа қосу қарастырылған. Сондай-ақ, Arduino UNO желілік модулінен қуат алуға болады. Arduino Sensor Shield V5.0 белсенді компоненттерінің ішінен жарық диодтарын қолдайды. Орнату модулінде қайталанатын қалпына келтіру түймесі орнатылған.

6.3 Қорек көзі

Әзірлеушілердің және пайдаланушылардың бақытына орай, сирек ерекшеліктерді қоспағанда, барлық электрондық компоненттер, әсіресе микроконтроллерлер мен процессорлар сияқты нәзік, 220 В айнымалы токтан тікелей жұмыс істемейді, біз оларды кез келген тұрғын кеңістіктегі кез келген розеткадан жомарт түрде қамтамасыз етеміз.



6.2 - сурет – Қорек көзі

Айнымалы кернеуді тұрақты кернеуге айналдыру, сондай-ақ кернеуді қолдануға дайын деңгейге дейін төмендету (және кейде жоғарылату) міндеті электрмен жабдықтау деп аталатындарға, бір ұшымен аталған розеткаға, ал екіншісіне тұтынушыға қосылады.

Әр түрлі тапсырмаларға арналған қуат көздері әр түрлі болады деп болжау қисынды. Негізгі айырмашылықтар-берілген кернеу мен қуат (ток). Әрбір қуат көзінде осы екі параметрді көрсететін төте жол болуы керек.

Бұл нақты жағдайда қуат көзі 100-ден 240 вольтке дейінгі диапазондағы кіріс айнымалы кернеуге есептелгенін көруге болады, оның ішінде ол 5 амперге дейінгі ток күші бар 24 вольтты тұрақты кернеуді құрайды, бұл қуатқа 120 ватт болады. Дайын құрылғыны қосқанда немесе өзіңіз жасағанда, біз қуат көзінің кернеуін де, амперажын да ескеруіміз керек, әйтпесе құрылғы іске қосылмайды немесе өздігінен күйіп кетеді немесе қуат көзін күйдіреді.

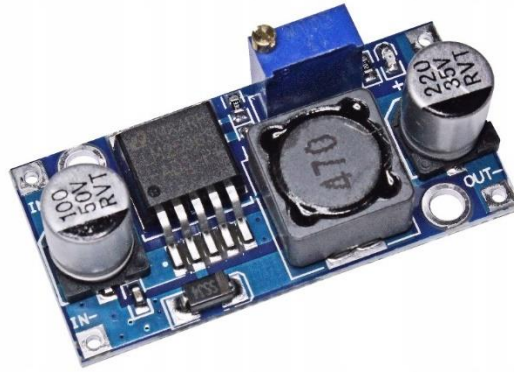
Түрлендіру бағыты – төмендету немесе жоғарылату. Нақты міндеттерде екеуі де қажет.

Кіріс кернеулерінің диапазоны, кейбір қателіктері аз немесе бірнеше рет және ондаған рет ерекшеленеді.

Шығыс кернеуінің реттелуі, біреуі бекітілген немесе белгілі бір шектерде реттелуі мүмкін.

6.4 LM2596 кернеу түрлендіргіші

LM2596 төмен реттелетін тұрақты кернеу тұрақтандырғышы жоғары тиімділікке ие, сызықтық тұрақтандырғыштардағы модульдермен салыстырғанда аз қызады. Бұл түрлендіргіш құрылғылардың кең ауқымында қолданылады. DC–DC LM2596 түрлендіргішін трансформатормен, түзеткішпен және сүзгімен толықтыра отырып, біз қарапайым зертханалық қуат көзін аламыз. Тұрақтандырғыштың кірісінде кернеу шығыстан кем дегенде 1,5 В артық болуы керек. DC–DC LM2596 қуатын он Вт-тан артық тұтынған кезде салқындету құралдарын қолдану керек.



6.3 - сурет – LM2596 түрлендіргіші

LM2596 түрлендіргішінің техникалық сипаттамалары:

- Түрлендіру тиімділігі (тиімділік): 92-ге дейін%
- Ауыстыру жиілігі: 150 кГц
- Жұмыс температурасы: -40 + 85 °С дейін
- Жүктемені реттеу: $\pm 0.5\%$
- Кернеуді реттеу: $\pm 2.5\%$
- Кіріс кернеуі: 3-40 В
- Шығыс кернеуі: 1.5-35 В (реттелетін)
- Шығыс тогы: номиналды ток 2а, максимум 3а (қосымша радиатор қажет)
- Өлшемі: 45x20x14 мм

6.5 Сервожетек

Сервожетек - берілген бұрышта айналатын редукторы бар қозғалтқыш. Сервожетек (бақылау дискісі) – қозғалыс параметрлерін нақты басқаруға мүмкіндік беретін теріс кері байланыспен басқарылатын диск. Сервожетектер өлшеміне, айналу бұрышына, айналу жылдамдығына және сапасына қарай жіктеледі.



6.4 - сурет – Tower Pro SG90 сервожетегі

Техникалық сипаттамалары SG90 сервожетек:

- Айналу диапазоны: 180° .
- Жұмыс кернеуі: 4,8 ... 6В.
- Айналу жылдамдығы: 4,8 в температурада 0,12 сек үшін 60° .
- Өлшемдері: $22,2 \times 11,8 \times 31$ мм.
- Айналу моменті: 4,8 в кезінде 1,8 кгс·см.
- Салмағы: 9 гр.
- Пайдалану температурасы: -30°C -тан $+60^\circ\text{C}$ -қа дейін.

Сервожетекті үш бөлікке бөлейік: қозғалтқыш, беріліс қорабы және басқару тақтасы.

Қозғалтқыш – бұл екі бағытта тұрақты жылдамдықпен айналатын қарапайым, шағын қозғалтқыш.

Беріліс қорабы – беріліс механизмі. Қозғалтқыштың айналу жылдамдығының графигін салыңыз және айналуды сыртқы білекке ауыстырыңыз. Сондай-ақ беріліс қорабында айналудың максималды бұрышын шектейтін дөңгелек бар.

Басқару тақтасы - кіріс басқару командаларын басқару сигналдарына түрлендіреді. Ол өз кезегінде қозғалтқышты қуат көзіне қосады (оңға немесе солға бұрылу үшін). Біліктің ағымдық айналу бұрышын анықтау үшін редукторға реостат қосылады. Айырмашылықты есептеу және қозғалтқыштың қай бағытта бұрылып жатқанын анықтау үшін схема потенциометрдің көрсеткішін оқиды және оны бұйрық берілген мәнмен салыстырады.

6.6 DC motor редукторы

Тұрақты ток қозғалтқышы - электр энергиясын механикалық энергияға түрлендіретін машина. Көптеген жағдайларда ең көп таралған түрі - электр қозғалтқышы. Статорда магниттер бар, ал магнит ағыны бар роторда тек олар арқылы ток өткен кезде жұмыс істейтін орамдар бар. Қозғалтқыштың ішінде роторды жылжытатын щеткалар да бар. Қуат көзінен тұрақты ток қозғалтқышын пайдаланған кезде қозғалтқышты басқару үшін ештеңе қажет емес. Айналу жылдамдығы қозғалтқышқа қолданылатын токқа байланысты. Тұрақты ток қозғалтқышы қарама-қарсы бағытта айналуы үшін қуат көзі контактінің қарама-қарсы жағын ашуы керек.



6.5 - сурет – Дөңгелегі және редукторы бар DC Motor

Сипаттамасы:

- Жұмыс істеу кернеуі: 6V
- Тоқ күші: <240mA
- Тарту салмағы: 0.8kg
- Жұмыс істеу кернеуі: 3V
- Тоқ күші: <160mA
- Тарту салмағы: 0.35kg
- Масштаббы: 1:48
- Ортаңғы тесігі: 5.3*3.66 мм/0.2*0.14
- Дөңгелек өлшемі: approx.66 * 26 мм/2.59*1.02

6.7 Реле

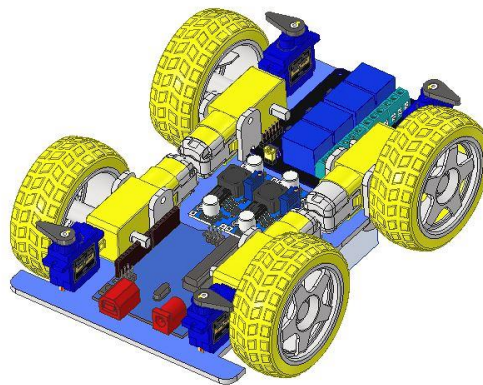
Реле токпен жұмыс істейтін механикалық ажыратқыш болып табылады. Толығымен пластиктен жасалған қарапайым көрінетін корпустың ішінде қуатты электромагнит бар, ол энергия зарядын алған кезде іске қосылады, нәтижесінде якорь электромагнитке тартылады және контактілер жиынтығы жүктеме беру тізбегін жабады немесе босатады. қысқа тұйықталу үшін.

Реле катушкалардан, орамдардан, металл біліктерден және ауыстырып қосқыштардан тұрады. Орамға қуат берілгенде, білік магниттеледі және контактіні ауыстыру үшін якорьді (рычагты) тартады. Реле контактілері Arduino-дан толығымен оқшауланған, сондықтан кернеуді басқару үшін релені пайдалануға болады.

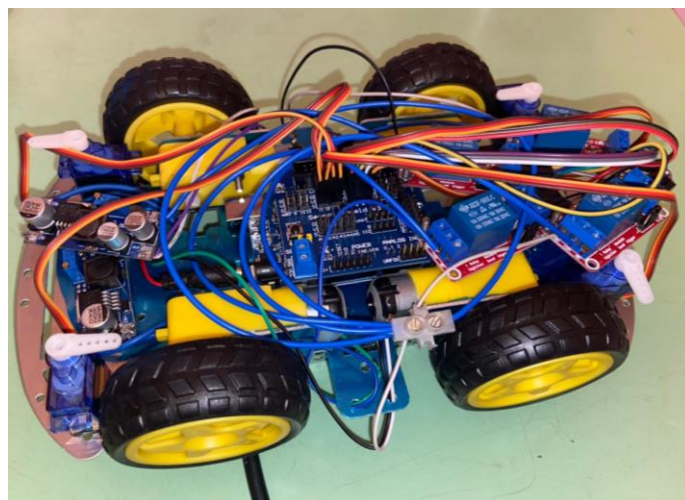
Реледе үш контакт бар: COM (ортақ), NC (қалыпты жабық) және NO (қалыпты жабық). Реле жабылған кезде COM шығысы NC (әдетте жабық) шығысына қосылады, ал жұмыс істегенде COM шығысы NO (әдетте жабық) қосылады.



6.6 - сурет – Реле



6.7 - сурет – INVENTER бағдарламасында жасалған роботтың 3D моделі
Бұғаттауға қарсы жүйенің еліктеу көрінісін құрастыру үшін, бірінші INVENTER бағдарламасында роботтың 3D моделі жасалды.



6.8 - сурет – Макеттің құрастырылғандағы суреті

7 Бағдарламалық бөлім

Ардуино бағдарламалау тілі

Бұл бөлімде құрастырылған роботты бағдарламалық қамтамасыз етеміз. Жалпы қандай да робот жасалса, оның қозғалысы тікелей жазылған бағдарламасына байланысты болады, яғни, ол дегеніміз біз бағдарламанықалай жазсақ, сәйкесінше, роботымыздың қозғалысын солай басқарамыз. Arduino бағдарламасы қарапайым C++ тілінде жазылған, коммуникацияның кірістері мен шығыстарын басқару және реттеу үшін түсінікті функциялармен толықтырылған. Платаның микроконтроллері Arduino бағдарлау тіліне сәйкес басқарылады.

Серво кітапханасын қосамыз: `#include <Servo.h>`

Сервоға арналған түйреуіш. 4 сервожетек болуына байланысты 4 пинды қосамыз: `int servoPin = 3;`

Серво бұрышын 90-ден 180 градусқа дейін орнату: `int servoStartPosition = 90; int servoEndPosition = 180;`

Объект құру: `Servo Servo1;`

`void setup() {`

Сервоны қолданылып жатқан пин нөміріне қосу керек: `Servo1.attach(servoPin);`

`}`

`void loop(){`

`Servo1.write(осында delay())` арқылы әр дөңгелек үшін тоқтау уақытын және тоқтағанда сервожетектің бұрылуын кезек кезегімен жазып шығамыз.

Бағдарлама өте қарапайым және түсінікті етіп жазылды. Осының көмегімен біз құрастырылған роботымыздың еліктеу көрінісін бақылай аламыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жобаның барысында тақырып төңірегінде мехатронды құрылғының көлікте қолданысын зерттелді.

Орындалған жобаның нәтижесінде автокөліктің тежегіш динамикасын есептеу арқылы көп жағдайда ілінісу коэффициенттері құлыпталған доңғалақ қозғалған кезде эксперименталды түрде анықталады, яғни доңғалақ жол бетіне қатысты 100% сырғанау кезінде. Сонымен қатар, серпімді доңғалақтың ілінісу коэффициенті тек жол бетінің күйіне ғана емес, тежеу процесінде осы бетке қатысты доңғалақтың сырғанау дәрежесіне, сондай-ақ басқа факторларға байланысты екені белгілі деген қорытындыға келдім.

ABS автомобильдер үшін үлкен маңызға ие. Көбінесе ол адам өмірін сақтай алады. Өкінішке орай, жүйенің жағымсыз әсерлері бар, сондықтан көптеген тәжірибелі жүргізушілер оны өшіреді. ABS қалай жұмыс істейтінін және төтенше жағдайда ол болған кезде немесе онсыз қалай әрекет ету керектігін түсіну маңызды. Көбінесе ABS болуы жүргізушіде қауіпсіздік елесін тудырады және бұл апатқа әкелуі мүмкін.

Басқару жүйесінің дәлдігін бағалау үшін түрлі есептеу жұмыстары жүргізілді. INVENTOR бағдарламасында 3D модель жасалып сол арқылы робот макеті дайындалып, қажетті электротехникалық бөлшектер мен бағдарламалар қамтамасыз етілді. Осылайша, робот Arduino Uno микроконтроллерін басқару арқылы басқарылады. Дайын болған робот бұғаттауға қарсы жүйенің еліктеу көрінісі. Роботты дайындауға қажетті барлық негізгі сұлбалар мен суретер кезегімен көрсетілген.

Бұл жобада мен ABS жүйесін электржетектердің көмегімен электркөлігіне орнату үшін жаңа механизмін ойлап табу идеясын ұсынды.

Қысқартылған сөздер тізімі

ABS – антиблокировочная система тормозов

ECU – электронный басқару блогі

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Петров А.П., Хоменко С.Е. Антиблокировочная и противобуксовочная системы тормозов: Учебное пособие. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2003. - 103 с.
- [2] Ревин А.А. «Автомобильные автоматизированные тормозные системы». Учебное пособие. - Волгоград. Изд. ВолгПИ, 1991г., 76с.
- [3] Крейг, Джон Введение в робототехнику. Механика и управление / Джон Крейг. - М.: Институт компьютерных исследований, 2017. - 564 с.
- [4] Bosch Technische Unterrichtung. Pkw-Bremsanlagen. Robert Bosch GmbH, 1989. Postfach 30 02 20, D-7000 Stuttgart 30.
- [5] Нақысбеков Б.Қ., Балапанов Е.Қ., Халықова К.З., Даулетқұлов А.Б. «С++ тілінің негіздері» Оқу құралы. Алматы, Рауан, 2014ж
- [6] <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/preobrazovатели-napryazheniya-i-bloki-pitaniya-arduino/>
- [7] <http://m-elek.h1n.ru/elektronik/arduino/motor/servo-sg90.html>
- [8] Лапчик М.П. Вычисления. Алгоритмизация. Программирование: Пособие для учителя.-Москва. Просвещение, 2014г
- [9] Хирозэ, Шигео Мобильные роботы и манипуляторы / Шигео Хирозэ. - М.: Институт компьютерных исследований, 2014. - 256 с.
- [10] Есжанов, Ж.Қараев, Б.Нақысбеков, Е.Жолымбетов «Алгоритмдеу және ЭЕМ» - Алматы: «Рауан», 2015.
- [11] О. Камардинов «Есептеуіш техника және программалау» Алматы, 2017ж
- [12] Нақысбеков Б.Қ., Балапанов Е.Қ., Халықова К.З., Даулетқұлов А.Б. «С++ тілінің негіздері» Оқу құралы. Алматы, Рауан, 2014ж
- [13] Фрумкин А.К., Попов А.И., Алышев И.И. Современные антиблокировочные системы и противобуксовочные системы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов. – М.: ЦНИТЭИАвтопром. 1990. – 57 с.
- [14] <http://apcmag.com/arduino-masterclass-part-4-build-a-mini-robot.htm/>
- [15] <http://arduino-diy.com/arduino-ultrazvukovoy-datchik-rasstoyaniya>
- [16] <http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>
- [17] http://1injener.ru/category/1arduino-project/servoprivod_sg90_arduino_podklyuchenie_180_gradusov.html
- [18] <http://coolcode.ru/arduino-upravlenie-servoprivodom-na-primere-sg90/>
- [19] Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. –304с.
- [20] Тормозные системы. Диагностика неисправностей. АБС. (Устройство, принцип действия, проверка и регулировка.) /Ассоциация независимых издательств. - М., 1998.

Қосымша А

ABS (еліктегішінің) басқару бағдарламасының коды

```
#include <Servo.h>

int relayPin1 = 4;
int relayPin2 = 5;
int relayPin3 = 6;
int relayPin4 = 7;

int servoPin1 = 8;
int servoPin2 = 9;
int servoPin3 = 10;
int servoPin4 = 11;

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;

int servoStartPosition = 90;
int servoEndPosition = 180;

void setup() {
  pinMode(relayPin1, OUTPUT);
  pinMode(relayPin2, OUTPUT);
  pinMode(relayPin3, OUTPUT);
  pinMode(relayPin4, OUTPUT);

  digitalWrite(relayPin1, HIGH);
  digitalWrite(relayPin2, HIGH);
  digitalWrite(relayPin3, HIGH);
  digitalWrite(relayPin4, HIGH);

  servo1.attach(servoPin1);
  servo2.attach(servoPin2);
  servo3.attach(servoPin3);
  servo4.attach(servoPin4);

  servo1.write(servoStartPosition);
  servo2.write(servoStartPosition);
  servo3.write(servoStartPosition);
  servo4.write(servoStartPosition);
}

void loop() {
  servo1.write(servoEndPosition);
  servo2.write(servoStartPosition);
  servo3.write(servoStartPosition);
  servo4.write(servoStartPosition);
  delay(500);
}
```

Қосымша А.1 жалғасы

```
digitalWrite(relayPin1, LOW);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(1000);  
servo1.write(servoStartPosition);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(500);
```

```
servo1.write(servoStartPosition);  
servo2.write(servoEndPosition);  
servo3.write(servoStartPosition);  
servo4.write(servoStartPosition);  
delay(500);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, LOW);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(3000);  
servo2.write(servoStartPosition);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(500);
```

```
servo1.write(servoStartPosition);  
servo2.write(servoStartPosition);  
servo3.write(servoEndPosition);  
servo4.write(servoStartPosition);  
delay(500);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, LOW);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(2000);  
servo3.write(servoStartPosition);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(500);
```

```
servo1.write(servoStartPosition);  
servo2.write(servoStartPosition);  
servo3.write(servoStartPosition);
```

Қосымша А.2 жалғасы

```
servo4.write(servoEndPosition);  
delay(500);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, LOW);  
delay(4000);  
servo4.write(servoStartPosition);  
digitalWrite(relayPin1, HIGH);  
digitalWrite(relayPin2, HIGH);  
digitalWrite(relayPin3, HIGH);  
digitalWrite(relayPin4, HIGH);  
delay(500);  
}
```