

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Ерғазы Адилжан Есенғазыұлы

«Электромобильді қуаттандыруға арналған гибриді батарея –
суперконденсатор қуат көзін зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



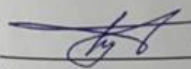
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электромобильді қуаттандыруға арналған гибриді батарея – суперконденсатор қуат көзін зерттеу»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

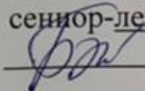
Рецензент
PhD, қауымдастырылған профессор

 Балбаев Г. К.
« » 2022г.

«27» мамыр 2022 ж.

Ерғазы А.Е.

Ғылыми жетекшісі
тех.ғылым магистрі,
сениор-лектор

 Бигалиева Ж.С.
«27» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

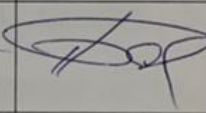
Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

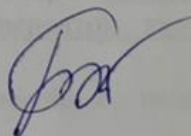
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	28.02.22 – 20.03.22	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	25.03.22-20.04.22	Орындалды
Зерттеу бөлімі	21.04.22- 05.05.22	Орындалды
Қорытынды бөлім	10.05.2022	Орындалды

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	Баянбай Н.А., техника ғылымдарының магистрі, сениор - лектор	26.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Бигалиева Ж.С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Ерғазы А.Е.

Күні

«27» мамыр 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН
РТЖАТҚ кафедра менгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
 К.А. Ожигенов
«26» мамыр 2022 ж.



ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Ерғазы Адилжан Есенғазыұлы

Тақырыбы: Электромобильді қуаттандыруға арналған гибриді батарея – суперконденсатор қуат көзін зерттеу

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №489-П/Ө «24» желтоқсан 2021 ж.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Электромобильді қуаттандыруға арналған гибриді батарея – суперконденсатор қуат көзін зерттейтін стенд құрастырылды

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

- а) Электромобильдерді зерттеу, түсіну
- б) Стендтің компоненттерін сипаттау және жинастыру
- в) MATLAB Simulink бағдарламасында моделін құрастыру.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

12 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 әдебиеттер тізімі

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада гибридті қуат көзі, электромобильді қуаттандыруға арналған суперконденсатор батареясы бойынша зерттеулер жүргізілді.

Технологиялық бөлімде жалпы электромобильге және электрқозғалтқыштарға шолу жасалды, олардың жұмыс принциптері мен басқару жүйелері туралы толық ақпарат берілді.

Электр көлігі үшін гибридті қуат көзіне арналған эксперименттік стенд зерттелді. Қайта зарядталатын батареямен және батареясыз ток графигінің нәтижесі алынды, бұл нәтижелер мобильді қосымша арқылы алынды. Matlab / Simulink негізінде ЭМ тежеу моделі модельденді.

Суперконденсаторлардың электрлік параметрлерін есептеу жасалды.

Жобада электр машиналарына есептеулер жасалды, кестеде және графикалық түрде келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша қорытынды жазылды.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте выполнены исследования гибридного источника энергии батарея-суперконденсатор для питания электромобиля.

В технологической части произведен обзор общего электромобиля, приведены подробные сведения о принципе его работы и системах управления.

Был исследован экспериментальный стенд для гибридного источника питания для электротранспорта. Получен результат графиков токов с аккумуляторной батареей и без батареи, эти результаты были получены через мобильное приложение.

Был смоделирован модель торможения ЭМ на основе Matlab/Simulink.

Сделан расчет электрических параметров суперконденсаторов.

В проекте были разработаны расчеты на электромобили, приведены в таблице и графическом виде. По результатам исследования написано заключение.

ANNOTATION

In this thesis project, studies of a hybrid energy source battery - supercapacitor for powering an electric vehicle have been carried out.

The technological part provides an overview of the general electric vehicle, provides detailed information about the principle of its operation and control systems.

An experimental stand for a hybrid power supply for electric vehicles was investigated. The result of graphs of currents with and without a battery was obtained, these results were obtained through a mobile application. An EM braking model based on Matlab/Simulink was modeled.

The calculation of the electrical parameters of supercapacitors is made.

Calculations for electric vehicles were developed in the project, shown in a table and graphically. According to the results of the study, a conclusion was written.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Электромобильдерге талдау жасау	10
1.2 Гибридті электромобильдер	12
1.3 Аккумуляторлық батарея	13
1.4 Электрқозғалтқыштар	15
1.5 Гибридті энергияны сақтау жүйесі	16
2 Гибридті қуат көзіне арналған эксперименттік стендті зерттеу	22
2.1 ЭМ тежеу кезіндегі рекуперация энергиясы	23
2.2 Зерттеу стенді	24
2.3 Құрылымдық сұлбасы	25
3 Суперконденсаторлардың электр параметрлерін есептеу	29
Қорытынды	32
Қолданылған әдебиеттер тізімі	33

КІРІСПЕ

Қазіргі әлемде қоршаған ортаны қорғау және энергияны үнемдеу үлкен алаңдаушылық тудырады. Автокөлік өндірушілері қазбалы отынмен жұмыс істейтін қолданыстағы автомобильдерге балама әзірлеуде. Бұл жол электромобильдер ЭМ және гибридті ГЭМ дамыту үлкен әсер етті. ГЭМ жанармайдың жоғары тиімділігі нәтижесінде ішкі жану автомобильдерінің шығарындыларын азайтуға әсер болса да, олар сонда да мәселені толығымен шешпейді. Екінші жағынан, электромобильдер әлдеқайда энергияны үнемдейді, түтін шығатын түтіктен зиянды қалдықтарды шығармайды және ішкі жану қозғалтқышы (ICE) бар қарапайым автомобильдерге қарағанда техникалық қызмет көрсетуді аз қажет етеді.

Алайда, автомобиль өнеркәсібінің таза электр энергиясына ауыспауының және қолданыстағы бензин автомобильдерімен тиімді бәсекеге түсе алмауының себебі, қолданыстағы батарея технологиясының ішкі проблемасында жатыр. ДВС энергиясын түрлендірудің тиімділігі 20% - дан төмен болса да, мұнайдың энергия тығыздығы (Дж/кг) кез-келген белгілі аккумуляторлық технологияның энергия тығыздығынан әлдеқайда жоғары. Батареялар қазіргі уақытта электромобильдердің әлсіз буыны болып табылады. Электромобильдер үшін жоғары қуат пен жоғары энергия тығыздығын бір уақытта қамтамасыз ете алатын ақылға қонымды бағамен бірыңғай энергияны сақтау құрылғысының болмауы электромобильдерді жеке және қоғамдық көліктің негізгі нысаны ретінде тану жолындағы негізгі қарсылық болды.

Қазіргі уақытта бұл мәселенің жалғыз өмірден алынған шешімі жоғарғы энергияны сақтау құрылғысын біріктіру болып саналады, мәселен электрохимиялық батарея мен отын элементтің үлкен қуатты құрылғымен біріктіру, ол электрлік екіқабатты конденсатор (EDLC) немесе ультраконденсатор, немесе суперконденсатор деп аталатын құрылғылар [8]. Бұл жұмыста біз электромобильді түрлендіру кезінде суперконденсаторлардың негізгі қуат көзімен (терең циклді литий-ионды батареялар) интеграциясының әсерін зерттейміз.

Жұмыстың мақсаты қазіргі заманғы электрохимиялық энергияны сақтайтын және суперконденсаторлар негізінде жасалынған гибридті автомобильді зерттеу болып табылады.

Бұл жұмыстың зерттеудің мақсаты-литий-ионды аккумуляторлар мен суперкапакаторлар блогынан тұратын гибридті энергия сақтау жүйесін дамыту, электр транспортты қалпына келтіретін тежеу арқылы энергия шығынын азайту және энергия өндірісін ұлғайтуды зерттеу.

1 Электромобильдерге талдау жасау

Бүкіл әлем бойынша электромобильдер мен араласқан электр қондырғысы бар автомобильдерді сәтті енгізу үшін үш технология жиынтығы арасындағы байланысқа иеленеді, және де олардың сапасын қамтамасыз ету проблемасы маңызды болып табылады. Мұндай автомобильдер жобаларының негізгі проблемалары: электр энергиясын сақтау, дөнгелек жетегін қамтамасыз ету, сонымен қатар әртүрлі режимдерде қозғалысты оңтайлы басқару алгоритмдерін енгізу.

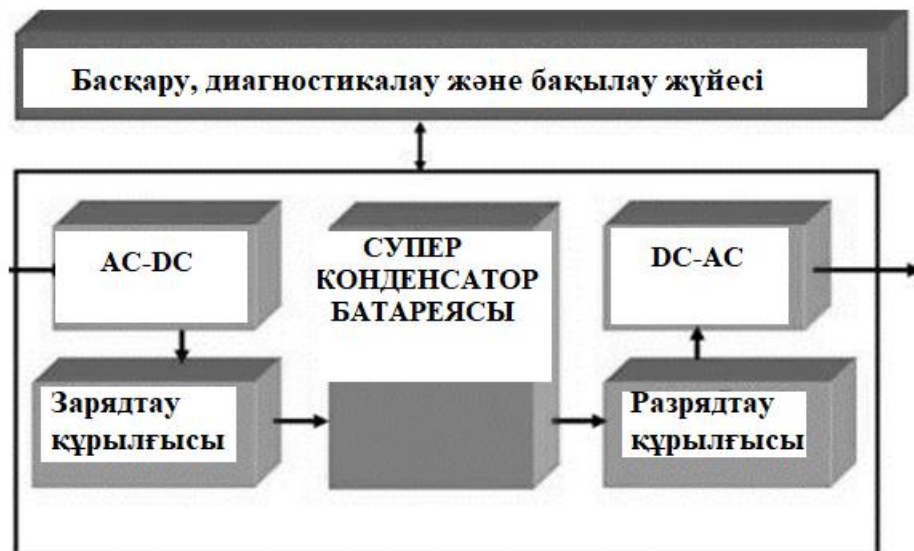
Көлік құралының бортындағы электрондық және электр компоненттерінің үлесін арттыру генератор қондырғысының шығыс қуатын арттыруды, сондай-ақ батареялардың техникалық параметрлерін жақсартуды қажет етті. Алайда, бұл көліктің электр технологиясына көшу процестерімен салыстыруға келмейді. Шын мәнінде, бүгінде көлік құралының архитектурасын қайта қарастыру қажет.

Автокөліктің салмағы мен өлшемдеріне айтарлықтай шектеулер болған жағдайда, электр энергиясын сақтау жүйесін орнатуды қамтамасыз ету керек, сонымен қатар бір зарядта жолды ұлғайту үшін энергияны жүктеуге қайтару мәселесін шешу қажет. Мысалы, ішкі жану қозғалтқышы бар автомобильдердің дәстүрлі конструкцияларында тежегіш жүйесінің функциясы көлік құралының тиімді тежелуін қамтамасыз ету болып табылады. Электромобиль (ЭМБ) үшін бұл функция энергияны қалпына келтірудің электрлік жүйесін енгізу арқылы кеңейеді.

АКБ литий-иондық технологияларының потенциалы таусылмағанына қарамастан, сарапшылар 5 жылдан кейін материалтану саласында жаңа әзірлемелер пайда болуы мүмкін деген пікірде. Бүгінгі таңда литий негізіндегі материалдарды, мысалы, литий титанын немесе кремний оксидін қолдану туралы мәселе белсенді талқылануда. Бұл жаңа батарея анодының материалдары дәстүрлі графитке қарағанда төмен жұмыс температурасында жоғары потенциал мен жақсы өнімділікті қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта автомобиль жасаудың электр технологияларына белсенді түрде енгізілетін екі материал: фосфат-литий-темір (ФЛТ) және титан-литий (НК). ФЛТ негізіндегі батарея сақталған энергияның тығыздығының қолайлы деңгейімен 1500-ден астам қайта зарядтау циклын қамтамасыз ете алады. ТЛ әлдеқайда жоғары потенциалға ие-шамамен 5000 цикл. Алайда, сақталған энергияның төмен тығыздығы бұл технологияны ЭМБ үшін АКБ батарея өндіруге қолайлы етеді.

Араласқан энергия қондырғыларының схемаларының кинематикалық ерекшеліктеріне қарамастан, энергияны сақтау жүйесі супер конденсаторлар батареясынан, олардың заряды мен разряд құрылғыларынан, айнымалы ток түзеткішінен және тұрақты ток түрлендіргішінен, сондай-ақ басқару, диагностика және басқару жүйелерінен тұрады (сурет. 1).



1.1 Сурет – Гибридті электрмен жабдықтау жүйесінің схемасы

Суперконденсаторлар батареясы қозғалыс қондырғысының қуаты біркелкі қозғалыс деңгейін қамтамасыз етуге дейін төмендеген кезде көлік құралының орынан жүру және үдеу режимін қамтамасыз ету үшін жеткілікті көлемде электр энергиясын жинақтау үшін, сондай-ақ оны тежеу кезінде көлік құралы қозғалысының кинетикалық және потенциал энергиясын электр энергиясына рекуперациялау үшін қызмет етеді.

Айнымалы ток түзеткіші (AC-DC) және айнымалы ток түрлендіргіші (DC-AC) айнымалы токпен жұмыс істейтін қондырғылар арасында суперконденсаторлар батареясының жұмыс режимін қамтамасыз етеді. Бұл құрылғылардың ерекшелігі-қолданылатын айнымалы токтың кернеулері мен жиіліктерінің кең спектрі.

Зарядтау құрылғысы көлік құралының тежеу режимінде энергияны қалпына келтіруге тән зарядтау көзінің үздіксіз төмен кернеуі жағдайында суперконденсаторлардың батареясында энергияны сақтауды қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Диагностика мен бақылауды басқару жүйесі берілген алгоритмдер бойынша бақылау әсерін қалыптастыру жолымен энергияны сақтау жүйесі құрылғылары параметрлерінің ағымдағы мәндері туралы ақпаратты жедел талдау негізінде энергияны сақтау жүйесінің автоматты режимде жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Алайда, қолданыстағы шешімдер тек суперконденсаторлы батареяны (СКБ) автомобильдердің борттық аспаптарының қуат көзі ретінде пайдалануға бағытталған және заряд энергиясының жүктемеге берілуімен байланысты емес.

Батарея тежеу кезінде қорек көзіне түсетін ток мәніне есептелмеген және бұл өз кезегінде соңғысының қызмет ету мерзімінің едәуір төмендеуіне әкеледі. Алайда, егер сіз жоғарыда көрсетілген суперконденсаторды қолдансаңыз, онда

жетектің генератор режимінде келетін энергияны зарядтау тогы батарея үшін шекаралық мәннен аспайтындай етіп басқаруға болады.

Суперконденсаторлар немесе ионисторлар деп аталатындар-қазіргі заманғы энергия жинақтағыштарына қарағанда сыйымдылығы бірнеше есе жоғары конденсаторлар. Зерттеулер осы элементтердің даму перспективасын көрсетеді. СКБ техникалық сипаттамалары жоғары жылдамдықпен жақсарды, сонымен бірге баға төмендейді.

1.2 Гибридті электромобильдер

Гибридті автомобильдердің өнертабысы (Hybrid Electric Vehicle, HEV) автомобиль өндірушілерінің қадамдарының бірі болды және екі стратегияны жүзеге асыруға қызмет етті - отынды үнемдеу және қоршаған ортаны ластандыратын автомобильдерге өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыру. Бензин автомобильдері жұмыс кезінде тұтынушылар үшін отынның жоғары бағасын тудырады, электр автомобильдері (Electric Vehicles, EV) өндірушілер мен тұтынушылар үшін жоғары бастапқы инвестицияларды қажет етеді.

Бұл жағдайда автоөндірушілер бензинмен және электр қуатымен (электр қозғалтқышы) жұмыс істейтін гибридті автомобильдерді ойлап тапты.

Бірнеше жыл бұрын, көптеген адамдар "экологиялық таза электр машинасы" ішкі жану қозғалтқыштары бар автомобильдерді алмастырады деп және осылайша пайдаланылған газдардың шығуы мен сұйық отынның жойылу қаупімен байланысты барлық мәселелеріміз шешіледі деп сенді.

Автокөліктерге қатысы бар адамдар, олар заряды таусылған кезде қайта зарядталатын батареялардан қуат алады деп ойлады. Бұл бір факторды елемейтін қарапайым көзқарас болды: қайта зарядтау энергиясын белгілі бір электр станциясынан алу керек, ал егер ол қатты отын жағатын болса, ең жақсысы осыдан шығатыны, бұл онда ластану автомобильдер жүретін жерден электр станциясы орналасқан жерге өтеді.

90-шы жылдардың соңында Калифорнияда бірнеше әлемге әйгілі, ірі автомобиль өндірушілері электр автомобильдерінің автомобиль нарығын ұйымдастыруға күш салды. Қазір бұл күш-жігердің сәтсіздікке ұшырағаны түсінікті, ішінара барлық электр көліктерінің аккумуляторларының шектеулі қуатына байланысты (оларды қайта зарядталатын электромобильдер деп атайық), бірақ негізінен аккумуляторлардың өздері өндірісте өте қымбат болғандықтан және оларды ауыстыру қажет болғанға дейін тым аз ресурс болғандықтан.

Кейбір зерттеушілер, егер әлемдегі көліктердің көпшілігі электрлік болса, экологияның жақсаруына күмән келтірді, өйткені батареяларды өндіру (және қайта өңдеу) қорғасын мен кадмий сияқты жағымсыз металдардың көп мөлшерін қолданумен байланысты.

Бұл электр көлігі туралы арманның аяқталуын білдіре ме? Ешқандай жағдайда. Бұл тіпті аккумуляторлық электромобильдердің аяқталуын

білдірмейді, дегенмен қазір олар қалалық орталықтарда коммерциялық жеткізілімдерді ұйымдастыруға ұқсас арнайы тапсырмаларды орындау үшін ғана сақталатын сияқты. Дөнгелектері электр қуатымен жұмыс істейтін электр машинасы неғұрлым дұрыс деп саналады, содан кейін мұндай көлік құралдарын үш түрге бөліңіз, олардың біріншісі қарапайым аккумуляторлы электр машинасына жатады.

Бірінші балама-бұл ішкі жану қозғалтқышы генераторды іске қосатын автомобиль, ол өз кезегінде доңғалақтарды жүргізу үшін электр энергиясын шығарады. Бұл "гибридті" электр көлігі немесе HEV (Hybrid Electric Vehicle). Ақыр соңында, ең жарқын болашағы бар көлік бар, бірақ ұзақ мерзімді перспективада электр қуаты отын элементімен қамтамасыз етіледі. Біз мұндай көлік құралдарын FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) деп атай аламыз.

Келесі жарты ғасырда жанармай элементтері бар автомобильдер біртіндеп автомобильдің стандартты түріне айналады, ал гибридтер өтпелі кезенді тегістеуге көмектеседі. Ішкі жану қозғалтқышы, соңына келгенде, ескіреді және ескіреді, және біз қазір паровоз қозғалтқышына қарап отырғандай қарап отырамыз, ал аккумуляторлық электромобильдердің аз саны қайта зарядталатын орындардан тым алыс болмайтын технологиялық бағыттар бойынша қозғалады.

Бұл болашақты неғұрлым нақты көрсету үшін біз гибридті автомобильдер мен жанармай элементтері туралы толығырақ ойлануымыз керек, бірақ алдымен аккумуляторлар шектеулі болашақты күтіп тұрса да, батареялар мен олардың мүмкін баламалары туралы ойлануымыз керек.

1.6 Аккумуляторлық батарея

Кез-келген аккумулятордың жалғыз мақсаты - электр қуатын жинақтау және оны сұраныс бойынша беру.

Электр машиналары практикалық па, жоқ па, барлық көліктер энергияны сақтау үшін белгілі бір құрылғыны қажет етеді. Тіпті ішкі жану қозғалтқышы бар қарапайым автомобильге оның барлық электр жүйелерін іске қосу және қосу үшін аккумулятор қажет, өйткені айнымалы ток генераторы осы сәтте жеткілікті қуат өндіреді.

Гибридті автомобильдер мен отын элементтері бар автомобильдер, ең алдымен, қуат қондырғыларының жұмысын барынша тиімді ету үшін неғұрлым қуатты "қуат буферіне" немесе аккумуляторға немесе оның баламасына мұқтаж болады. Буфер ең жоғары жүктемелерге назар аударады, энергияны сақтау және оны сұраныс бойынша беру үшін. Автокөлік техникасы қалай дамитынына қарамастан, батареялардың болашағы болады.

Автомобильдерде пайдаланатын батареялар лақтырып тастамау үшін қайта зарядталатындай болу керек, біз оларды портативті радиоқабылдағыштар мен шамдарда қолданып жүрміз. Қайта зарядталатын батареялардың негізі ретінде қолдануға болатын көптеген химиялық компоненттер бар.

Кейбіреулері басқаларына қарағанда көбірек энергия сақтайды (салмағы мен мөлшеріне байланысты), бірақ көптеген жоғары тиімді комбинациялар экзотикалық және қымбат материалдарды қажет етеді, бірақ жеке немесе комбинацияда қауіпті болуы мүмкін. Сутегі мен фтор қосылысы арқылы алуға болатын батарея бүгінгі күнге дейін ең жақсы қуат көрсеткіштеріне ие, бірақ өзін-өзі сақтау сезімі бар адамдардың ешқайсысы оны жасауға тырыспады.

Бензин мен қорғасын қышқылы аккумуляторының мысалында энергияны жинақтау жұмысын қарастырайық. 1 кг бензиннің жануы нәтижесінде алынған энергия шамамен 12 кВт/сағ-қа тең, оның 4,5 кВт/сағ стандартты тиімділіктің ішкі жану қозғалтқышындағы механикалық энергияға ауысады. Автокөліктің стандартты 12 вольтты 50 ампер / сағат қорғасын қышқылы аккумуляторы 0,6 кВт/сағ энергияны сақтайды және салмағы шамамен 20 кг құрайды.

Осылайша, 4,8 кВт/сағ қуаты бар қорғасын қышқылы аккумуляторларының салмағы шамамен 160 кг құрайды. Банк пен оның компоненттерінің мұқият оптимизацияланған конструкциясы оның салмағын 100 кг-ға дейін төмендетуі мүмкін.

Басқаша айтқанда, энергияның белгілі бір мөлшерін сақтау үшін аккумулятордың салмағы бензиннің эквивалентті мөлшерінен 100 есе көп, ал автомобиль бұл салмақты өзіне алып жүруі керек, бұл тиімділікті одан әрі төмендетеді. Жетілдірілген батареяларды құру тұжырымдамалары байыпты зерттелді және олар қорғасын-қышқыл батареяларының сипаттамаларын төрт есе жақсартуға мүмкіндік берді, яғни олар резервуардағы бензиннің салмағынан 25 есе көп болады.

Алайда, қоршаған ортаны сақтау үшін күрес 70-ші жылдары үлкен күшке айналғандықтан, қарқынды зерттеулер осындай батареялардың дамуына арналды.

Нәтижелер таңқаларлық емес еді. 1990 жылдың аяғында бір шолуда 70-ші жылдардың аяғынан бастап байыпты зерттелген тұжырымдамалық автомобиль батареяларының саны жақын болашақта пайдалану мүмкіндігі бар алты нұсқаға дейін қысқарғаны туралы айтылды. Оларға қорғасын қышқылы аккумуляторлары мен никель-кадмий батареялары жақсы орнатылған.

Қалған төрт түрге никель-металл гидридтері, сода-никель хлориді, литий-көміртегі және литий-полимер (литий-иондық) кірді. Бұл батареялардың көрсеткіштері қорғасын қышқылына қарағанда әлдеқайда жақсы болғанына қарамастан, барлық батареялардың құны әлдеқайда көп, дегенмен олардың құнының бір бөлігі ұзақ қызмет ету мерзімімен өтелді деп айтуға болады.

Іс жүзінде автомобиль өндірушілерінің көпшілігі демонстрациялық электромобильдерді, гибридті және жанармай элементтері бар автомобильдерді никель-металл гидридтерімен және литий-ионды аккумуляторлармен жабдықтады. Бүгінгі таңда бұл екі тип техникалық жағынан жақсы дамыған, бірақ қорғасын қышқылымен салыстырғанда өте қымбат болып қала береді, олар әлі де үлкен көлемде өндіріледі.

Қайта зарядталатын батареяға балама нұсқалардың бірі-бұл энергияны жақсырақ сақтайтын және энергияны қайтарудың жақсы көрсеткіштері бар

конденсатор (Егер энергия олардан тез алынса, батареялар қатты қызып кетеді). Конденсаторлар электр тогын өткізудің орнына энергияны сақтайтын электр тізбектерінің өте кішкентай бөліктері ретінде танымал. Үлкен конденсаторлардың батареялары электр энергиясының едәуір мөлшерін жинай алады.

Сонымен қатар, конденсаторлар энергияны ұзақ уақыт сақтауға жарамайды, олар қысқа мерзімді сақтау кезінде тиімді - мысалы, машина жүргенге дейін энергияны бергенше, тежеу кезінде энергияны жинақтау үшін тиімді. 1997 жылы Honda конденсатор батареясы бар автомобильді көрсетті, ол 10 кВт электр қозғалтқышын 12 секундқа жеткізу үшін жеткілікті қуат жинай алады, автострадта асып кетуге немесе басып озуға жеткілікті уақыт.

Кейбір жапондық зерттеу топтары гибридті автомобиль үшін жеңіл, серпімді және қуатты буферлік жинақтауыш алу үшін тиімді аккумулятор, никель-металл гибридті немесе литий-ионды және жоғары қуатты конденсатордың комбинациясын қолдануды ұсынады.

1.4 Электрқозғалтқыштар

Электрлік көліктің кез-келген түріне тартқыш электрқозғалтқыш жетегі қажет, оның болуы және біздің анықтамамыз бойынша электрлік автомобильдің белгісі. Гибридті автомобильдер мен жанармай элементтері ішкі жану қозғалтқыштарының орнын алған кезде, мұндай қозғалтқыштар көбірек қажет болады және олардың конструкциясы өте маңызды болады.

Алғашқы электромобильдердің ең маңызды емес мәселелерінің бірі-олар өте "шикі" электр қозғалтқыштарын одан да "шикі" басқару жүйесімен қолданды, олар шулы және нашар қайтарымға ие болды. Электр машинасы үшін қолайлы электр қуат торабы жеңіл автомобильге сәйкес келмеуі мүмкін.

90-жылдардың басында айнымалы және тұрақты электр қозғалтқыштары арасындағы таңдау ақыры теңдестірілгендей болды. Айнымалы ток қозғалтқыштары негізінен тиімдірек, бірақ тұрақты ток аккумуляторынан алынған токты түрлендіру үшін түрлендіргішті қажет етеді.

2000 жылға қарай негізінен Жапонияда пайда болған электр автомобильдерінің прототиптері синхронды айнымалы қозғалтқыштарды қолданды, дегенмен Honda щеткасыз мотор генераторын қолданды, оны қозғалтқыш пен трансмиссия арасында өзінің Insight гибридті машинасына орнатты.

Қазіргі заманғы айнымалы ток қозғалтқыштарының көпшілігі 70-120 вольтты кернеуде жұмыс істейді, бұл мотор өлшемдері, тиімділігі және электр қауіпсіздігі арасындағы ымыраға әкеледі. Қазіргі заманғы электромобильдердің негізгі бөлігі электрлік тарту қозғалтқышының нөлдік жылдамдықта немесе өте төмен жылдамдықта максималды моментті дамыту қабілетіне байланысты бір жылдамдықты жетекті пайдаланады.

"Агрессивті" технологияның және мәжбүрлі салқындатудың көмегімен

электр қозғалтқыштары айналу моменттің салмаққа өте жоғары қатынасын қамтамасыз ете алады. Британдық ZYTEC компаниясының қозғалтқышы салмағы небары 13 кг болатын 60 Нм айналу моментін жасайды және оны дөнгелектің ступицасына орнатуға болады.

Қазіргі заманғы электр қозғалтқыштарын басқару жүйесінде электроника маңызды орын алады, ал барлық заманауи электр қозғалтқыштарында щеткалар жоқ. Бүгінгі таңда электромобильдердің көпшілігі жоғары жиілікті "тікұшақ" принципіне негізделген электронды қозғалтқышты басқаруды қолданады, онда қуаттың орташа деңгейі қуат қосылған уақытқа пропорционалды түрде анықталады (жүйенің стандартты импульсі үшін). Мүмкін және жетілдірілген балама-бұл векторлық басқару, оны Mitsubishi концептуалды машинада көрсетті және одан да көп тиімділікті қамтамасыз етеді.

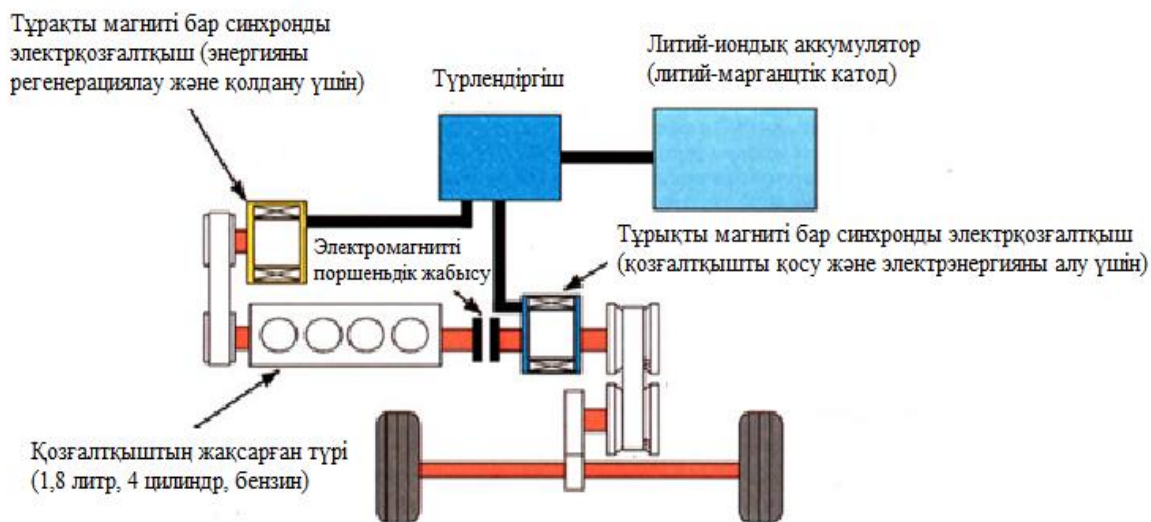
Сондай-ақ, электр машиналары тежеу кезінде жоғалып кететін кинетикалық энергияның бір бөлігін жинақтау үшін электр қозғалтқыштарын "қалпына келтіру" арқылы энергияны үнемдей алады (қалпына келтіреді). Компьютерлік басқару арқылы регенерациялау жүргізіледі. Қозғалыс жағдайына байланысты ол аккумуляторлық және гибриді автомобильдерде энергияны үнемдеуді жақсартуда жақсы рөл атқара алады.[2]

1.5 Гибриді энергияны сақтау жүйесі

Электр энергиясын сақтаудың гибриді жүйелері күрделі электрлік кешендер болып табылады. Негізгі элементтер литий-ионды аккумулятор түріндегі жинақтаушы элемент және суперконденсаторлар, тұрақты ток түрінен айнымалы ток түріне түрлендіргіш және керісінше, түрлендіргішті басқару жүйесі және тұтастай алғанда электр кешенін басқару жүйесі болып табылады.

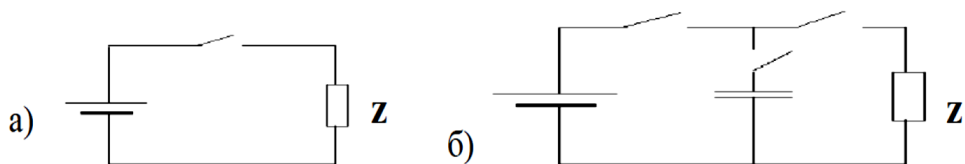
Бұл схемада қолайлы энергия сыйымдылығы бар батарея (литий – иондық жүйелер үшін 90 - 150 Вт/кг) салыстырмалы түрде аз (500 - ден 3000-ға дейін зарядтау циклы) ресурсқа ие. Сонымен қатар, аккумулятордың (кез-келген басқа химиялық ток көзі сияқты) үлкен қуат режимдерінде жұмыс істеуі оның энергия сыйымдылығы мен қызмет ету мерзімін күрт төмендетеді.

Суперконденсатор жоғары жүктеме токтарымен оңай күреседі. Бір дискідегі батареялар мен суперконденсатордың үйлесімі айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Сонымен, суперконденсатор, батареяны қоспай, алғашқы бірнеше минутқа дейін созылатын бұзылуларды өтейді. Неғұрлым ұзақ және қозу кезінде (минут,сағат) жинақтағыштың аккумуляторлық бөлігі іске қосылады. Ал жинақтағыштың құрамында суперконденсатор бөлігінің болуы (аккумулятормен параллель қосылған кезде) ток пен кернеу импульстарының фронттарын тегістеуге мүмкіндік береді, осылайша жинақтағыштың аккумулятор бөлігі беретін немесе алатын жедел қуаттың төмендеуін қамтамасыз етеді.

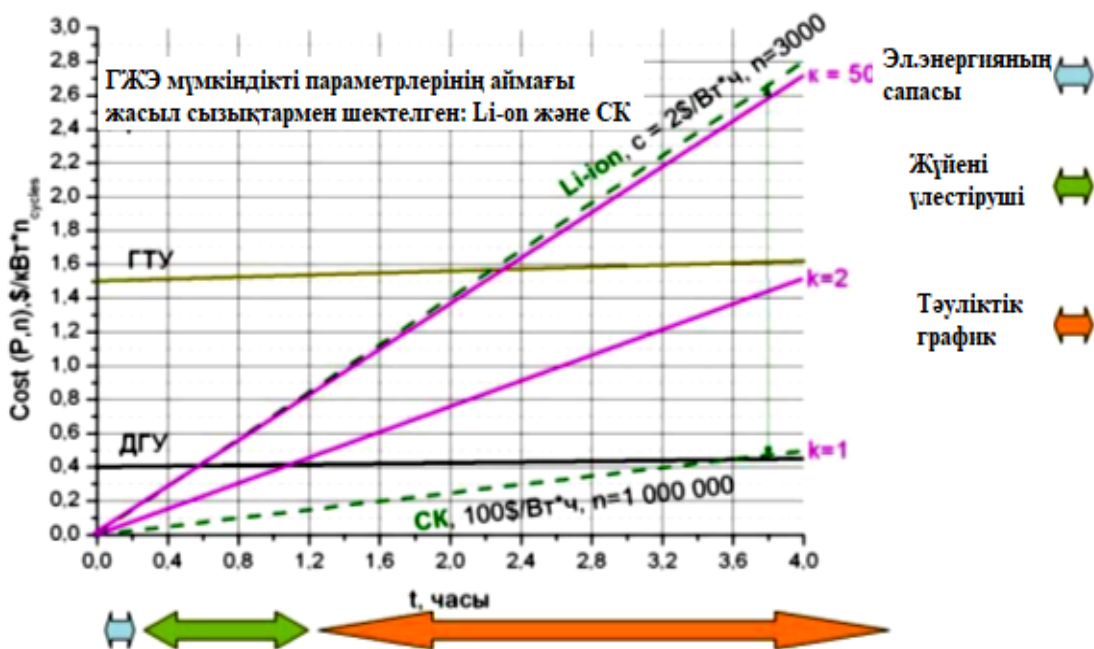


1.2 Сурет – Neo Hybrid жүйесі

Аккумуляторлар мен суперконденсаторларды қатар қосу, сондай-ақ жинақтауыш қуатының кемінде екі есе артуын қамтамасыз етеді. Аккумулятор мен гибриді жинақтағыш жұмысын ұйымдастыру принциптерін салыстыру суретте көрсетілген.1.



1.3 Сурет – Жинағыштардың жеңілдетілген схемалары
а) аккумуляторлық; б) гибридік



1.4 Сурет – Үздіксіз жұмыс уақытына (сыйымдылыққа) байланысты жинақтауыштардың – аккумуляторлық, суперконденсаторлық және гибридік меншікті құны. ДГҚ, ГТҚ линиялары – отын құрамын ескере отырып, газ турбиналық және дизель генераторларының үлестік құны. Мұнда параметр $k = t/t_{sc}$ – жинақтағыштың үздіксіз жұмысының максималды уақытының (t) суперконденсатор бөлігінің жұмыс уақытына (t_{sc}) қатынасы. n -заряд-разряд циклдерінің мүмкін болатын ең көп саны.

1.4 - суретте орнатылған қуаттың киловатт құнының үш жинақтағыш түрі үшін үздіксіз жұмыс уақытына (энергия сыйымдылығына) тәуелділігін көрсетеді: аккумулятор, суперконденсатор (екі жасыл нүктелі сызық) және гибрид (аккумулятор мен суперконденсатор бөліктерінің энергия сыйымдылығының әртүрлі комбинациялары – қызыл сызықтар). Осы кестеде газ дизельді (ДГҚ) және газ турбиналы (ГТҚ) электр станциялары үшін ұқсас бағалар көрсетілген. Көрсетілгендей 1.4 - суретте литий-ионды аккумуляторлар негізінде жинақтағышты қолдану резервтік газ дизельді электр станциясымен салыстырғанда 1 сағаттан аспайтын және резервтік газ турбиналы электр станциясымен салыстырғанда 2 сағаттан аспайтын разряд уақыты кезінде экономикалық жағынан ақталған болып табылады.

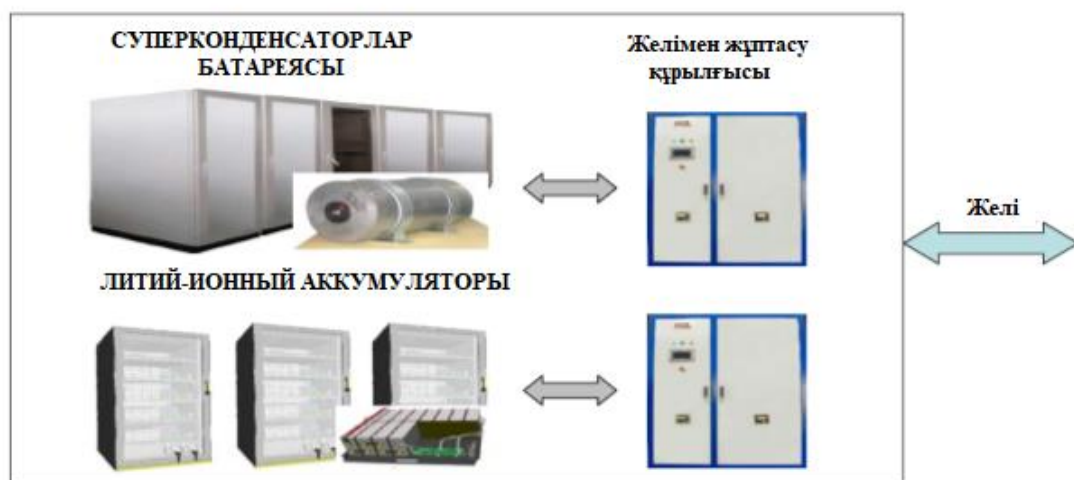
Суперконденсаторлық жинағыштар үшін ұқсас көрсеткіштер бірнеше есе жақсы. Соңғысы суперконденсатордың айтарлықтай үлкен ресурсына байланысты. Алайда, суперконденсатордың нақты энергиясы батареяға қарағанда 20-100 есе төмен екенін атап өткен жөн. Бұдан шығатыны, энергияны көп қажет ететін суперконденсатор жинақтағышын пайдалану көп жағдайда экономикалық тұрғыдан қолайсыз болып табылады. Мұндай жинақтағыш тым үлкен және ауыр. 1.4 - суретте қызыл сызықтар гибриделген әртүрлі дәрежелері

бар гибриді жүйелердің сипаттамаларын көрсетеді (к параметрімен анықталады). Гибридтеу дәрежесі жинақтағыштың функционалды талаптарына байланысты оның құны мен массалық сипаттамаларын өзгерте отырып, жинақтағыштың конструкциясын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Өзірленген ГНЭ-100 гибриді қуат көзі үш модульден тұрады (сурет 1.5.):

- ЛИБ-100 Литий-ионды аккумуляторлар батареясы
- СКБ-100 суперконденсатор батареясы;
- ЖКҚ-100 желісімен келісу құрылғылары.

Жинақтаушы блоктардың әрқайсысында батарея параметрлерін қорғаудың, бақылаудың және бақылаудың жеке жүйелері бар. Суретте GNE-100 гибриді жинақтағыш құрылымдық және бір сызықты схемалары көрсетілген 3 – суретте.



1.5 Сурет – ГЖЭ-100 гибриді дискінің құрылымдық схемасы (а) және бір сызықты схемасы (б)

Литий-ионды аккумуляторлар немесе-100 батареясы (Литий-ионды аккумуляторлар батареясы) желінің жүктемесін номиналды деңгейден төмен төмендету және оны желіге қайтару кезеңінде электр энергиясын желіден

сақтауға арналған. Жүктеме номиналды деңгейден жоғары болған кезде, бұл батарея сақталған электр қуатын желіге береді. ЛИБ-100 қосымша ақылды басқару құрылғысымен жабдықталған.

БСК-100 суперконденсаторларының (суперконденсатор батареясы) батареясы желі кернеуінің қысқа мерзімді тербелістерін өтеуге арналған және жиырма суперконденсатордан тұрады.

УСС-100 желісімен сәйкес келетін құрылғылар (желісімен келісу құрылғылары) екі бірдей блоктан тұрады: біреуі ЛИБ-100 – мен, екіншісі BSK-100-мен жұмыс істеуге арналған және кернеу деңгейлері сәйкес келетін екі тұрақты ток түрлендіргіші (және керісінше). Бұл модуль белсенді және реактивті қуатты тәуелсіз басқаруды қамтамасыз етеді. УСС-100 сонымен қатар ГНЭ-100 басқару жүйесінің және желінің белсенді сүзгісінің функцияларын жүзеге асырады, бұл негізгі гармоника бойынша кері тізбектегі токтарды өтеу алгоритмдерін және негізгі гармоникаға жақын гармониканы өтеу алгоритмдерін қолдану арқылы электр энергиясының сапасын едәуір жақсартуға мүмкіндік береді.

1.1 Кесте – ГНЭ-100 дискісінің техникалық сипаттамалары

Номиналды белсенді қуат, (кВт)	100
Номиналды кернеу (3-ф, 50 Гц), кВ	380
Номиналды шығу фазалық тогы (а)	152
Тұрақты ток байланысының кернеу диапазоны	400-750
Желі тогы гармоникаларының коэффициенті (%) артық емес	7
Энергия сыйымдылығы (кВт×сағ)	100
Желі тогы бойынша бір жарым есе артық жүктемемен жұмыс уақыты (сек) дейін	10
Номиналды жүктемемен жұмыс уақыты (сағат)	1,0
Реактивті қуатты реттеу диапазоны (квар)	(0÷100)
Заряд-разряд цикліндегі пәк, кемінде (%)	75
Реактивті қуатты реттеу (кВАр);	-50 ÷ 50
ЛІВА батареясының техникалық сипаттамалары	100
Номиналды белсенді қуат, (кВт)	100
Энергия сыйымдылығы (кВт-сағат)	100
Номиналды қуаты бар белгіленген режимдердегі жұмыс уақыты, (сағат)	1,0
Ресурс, кем емес (заряд-разряд циклдары)	1500
Циклдегі пәк, кемінде (%)	85
Белгіленген пайдалану мерзімі, кемінде (жыл)	10
BSK техникалық сипаттамалары	100

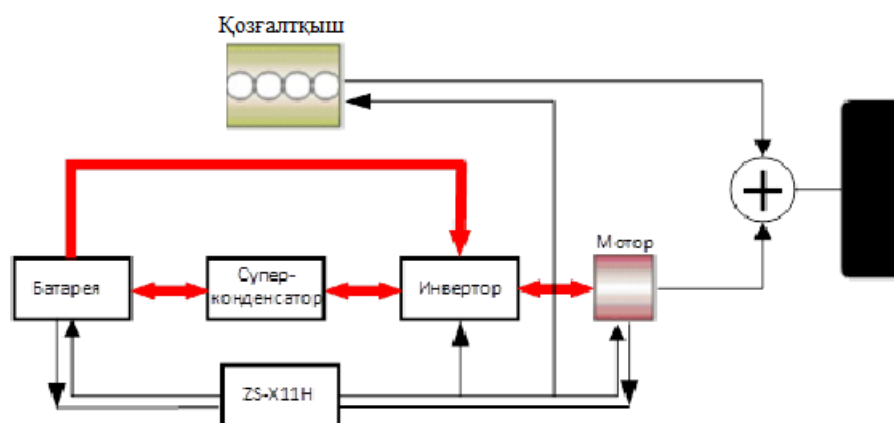
1.1 Кестенің жалғасы

Номиналды статикалық заряд кернеуі, (кВ)	0,7
Разряд кезіндегі кернеу, (В)	380
Разряд кезіндегі номиналды динамикалық белсенді қуат, (кВт)	100
Диапазондағы номиналды қуатымен динамикалық режимдегі жұмыс уақыты, (сек)	5 ÷ 10
Ресурс, кем емес. заряд-разряд циклдары	150000
Циклдегі пәк, кемінде (%)	85

2 Гибридті қуат көзіне арналған эксперименттік стендті зерттеу

2.1 - суретте литий-ионды аккумулятормен және суперконденсатормен жұмыс істейтін ЭМ жетек жүйесінің түрі көрсетілді. TMS320LF2407A (сандық сигнал процессоры - DSP) орнына жүйеде жүйенің есептеу қабілетін арттыру үшін ZS-X11H (80 Вт 3 фаза щеткасыз қозғалтқыш контроллері (Холл сенсоры жоқ/жоқ) BLDC PWM PLC тұрақты ток драйверінің тақтасы 6-50В) қолданылады, ол TI (Texas) шығарған әйгілі ZS болып табылады DSP сенсор сигналын қабылдайды, содан кейін көлік құралының іске қосылуын, үдеуін, баяулауын және тежелуін анықтайды.

Бастапқы нүктеде жүйе өте қысқа уақыт ішінде үлкен токтың берілуін тудыратын суперконденсатордың арнайы сипаттамасын қолдана отырып, үлкен үдеуді қажет етеді, соның арқасында контроллер қозғалтқышты жоғары жылдамдықта тез басқара алады; егер көлік жоғары ластану аймағында қозғалтқышпен жұмыс істесе және контроллер қозғалтқышты өшірсе, жоғары тығыздықтағы литий-ионды батарея жұмыс істей бастайды, қозғалтқышты көлік құралын жұмыс істей алатындай етіп энергиямен қамтамасыз ету. Жоғары жылдамдықта, егер батарея көлік құралына қажетті қуат бере алмаса, қозғалтқыш қайтадан қосылып, батарея мен суперконденсатор да жұмыс істей бастайды, бұл қозғалтқышқа көлік құралын басқару үшін жалпы моментті беруге мүмкіндік береді. Көлік құралын тежеу қажет болған кезде қозғалтқыш генератор күйінде жұмыс істей бастайды және кері байланыс энергиясы электр қуатына айналады, бұл суперконденсаторге оны қысқа мерзімде сіңіруге мүмкіндік береді. Бұл әдіс энергияны сақтау жылдамдығын едәуір арттыра алады.

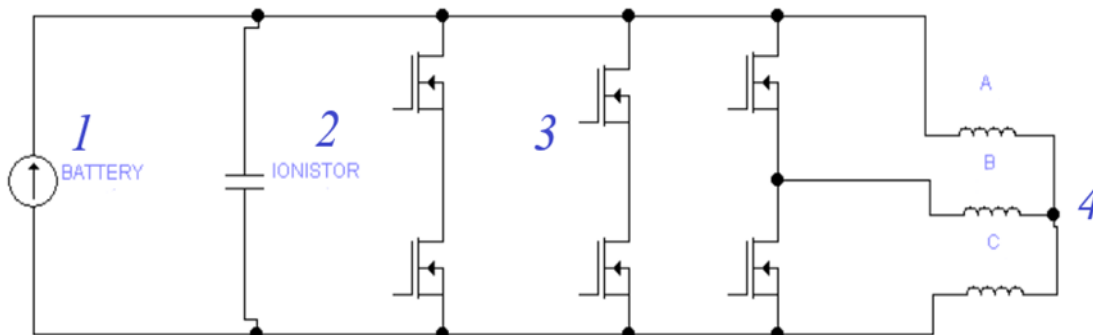


2.1 Сурет – Аралас қуаты бар электромобильдің сұлбасы

Жүйеде суперконденсатор қозғалтқыштың моментін жоғарылату үшін энергияны қамтамасыз етіп қана қоймайды, жүйенің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді, көп қуат береді, бұл шығарындылар мен шуды азайтады, сонымен қатар тежеу кезінде энергияны сіңіре алады, бұл автомобильдің қуат тұтынуын одан әрі төмендетуі мүмкін. Суперконденсатор жүйеде өте маңызды

рөл атқарады және оның өнімділігі мен параметрлері соңғы жүйенің жұмысына тікелей байланысты деп айтуға болады.

Ұсынылатын жүйенің сұлбасы

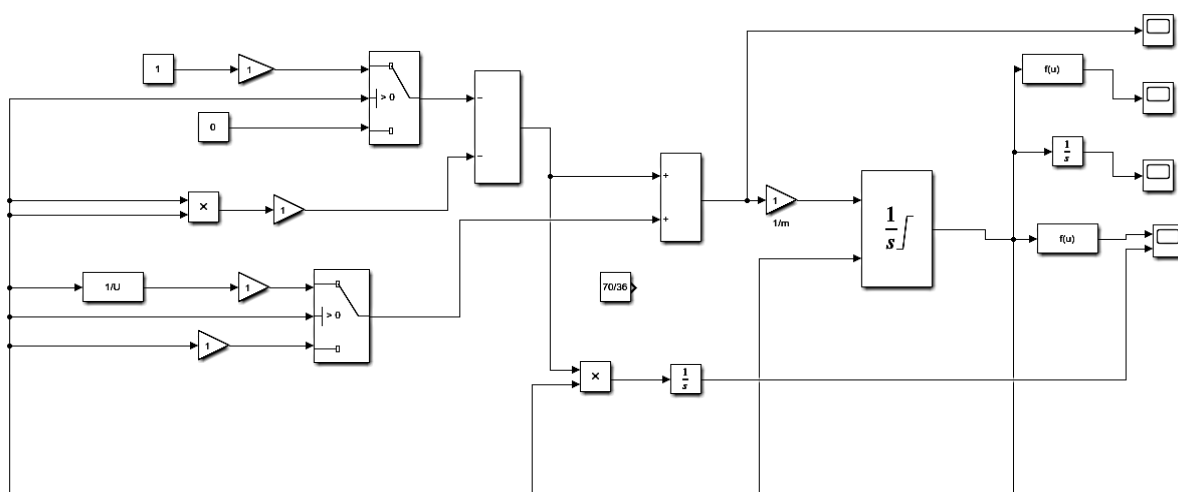


2.2 Сурет – Электротранспорттың батарея (1), суперконденсатор (2), драйвер (3) және электроқозғалтқыш (4) бар иллюстрациясы

2.2 – суретте ГЭК (гибридті энергия көз) құрылымы көрсетілген. Суперконденсатордың модулі аккумуляторлық батареяға содан соң драйверге қосылады. ГЭК электроқозғалтқышты драйвер арқылы қоректендіру үшін қолданылады.

2.1 ЭМ тежеу кезіндегі рекуперация энергиясы

Гибридті электромобильдің тежелуіне сәйкес динамикалық модель 6 формулада көрсетілген. Matlab / Simulink суретте көрсетілгендей тежеу моделін жасау үшін қолданылады. 4.



2.3 Сурет – Matlab/Simulink негізінде ЭМ тежеу моделі

Модельдеу үшін ем параметрлері келесідей: тежеу қуаты $P_{max} = 350$ Вт, көлік құралының массасы $m = 50$ кг, тербеліс кедергісі $f = 0,010$, ауа кедергісінің коэффициенті $C_d = 0,35$, жел жағының ауданы $A = 2,8$ м², тербеліс радиусы $0,250$ м; көлік құралдарының жетек коэффициенті: $4,63$

2.2 Зерттеу стенді

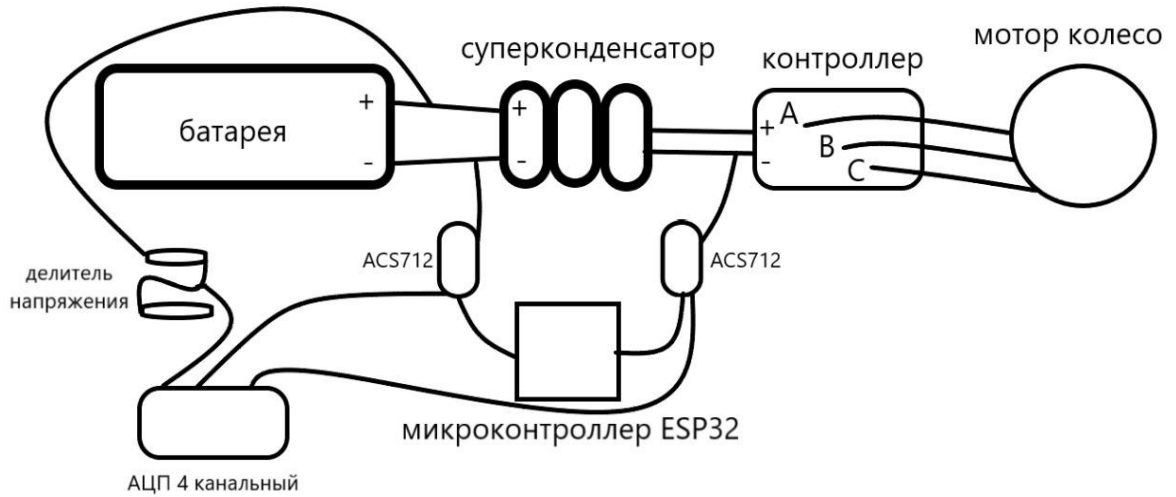
Максималды тежеу энергиясын сіңіру үшін сіңіру процесінің гипотезасы оңтайлы күйдегі батарея кері байланыс энергиясының бір бөлігін сіңіре алады, ал энергияның тоқтап қалған суперконденсатор қозғалтқыш қалпына келтіретін тежеу энергиясының көп бөлігін сіңіре алады, бұл жалпы энергияның шамамен 80% құрайды. Суперконденсаторлар жинақталған тобы номиналды кернеуі $2,7$ вольт және сыйымдылығы 20 Фарад болатын 20 суперконденсатордан тұрады. Суперконденсаторлар тізбектiй қосылған. Жұмыс кернеуін арттыру және зарядтау мен разряд тогының мәндерін азайту үшін бірнеше суперконденсаторларды тізбектей қосу қажет. Сондықтан тиімді кернеу-бұл бір ұяшықтың кернеуіне көбейтілген конденсаторлардың саны 54 вольт және сыйымдылығы 1 фарад. Алайда, суперконденсатор блогы 42 вольтты батареямен зарядталады және батарея кернеуі болады. Суперконденсатор номиналды кернеуі мен оның жартысы арасында жұмыс істейді. Осылайша, номиналды кернеудің жартысы 27 вольтты құрайтын басқа өшіру кернеуі ретінде орнатылады. Суперконденсаторлар жыйынтығынан пайдаланылуы мүмкін электр энергиясы 2.1 - теңдеуіне сәйкес есептеледі.



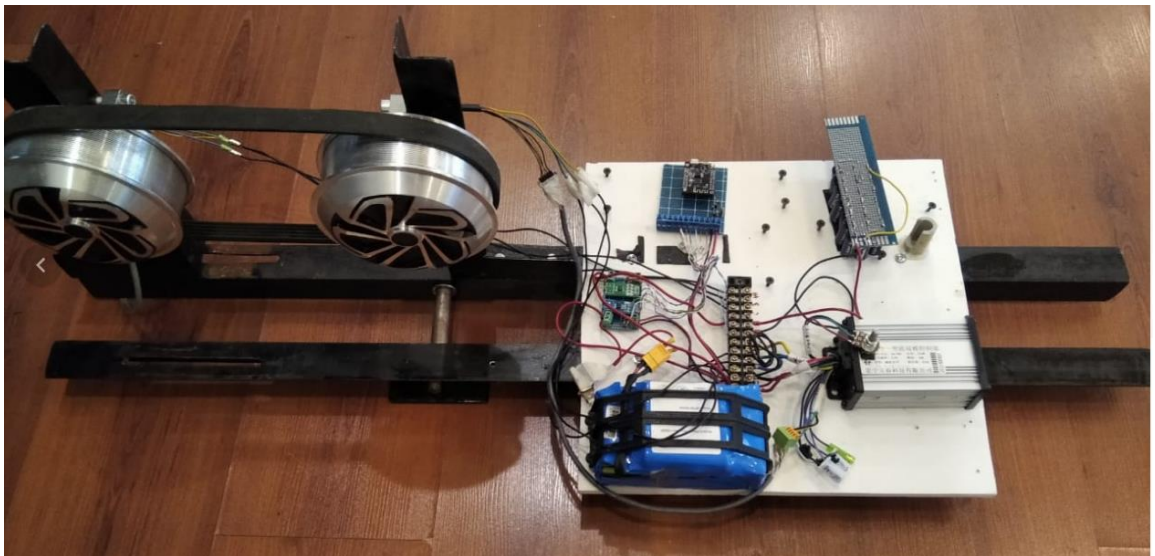
2. 4 Сурет – Суперконденсаторлардың жиынтығы

$$E = \frac{1}{2} C (V_2^2 - V_1^2) \quad (2.1)$$

Синхронды қозғалтқышқа негізделген жетекті тұрақты магниттермен зерттеу үшін стенд жасалған және ионистор келесі элементтерден тұрады

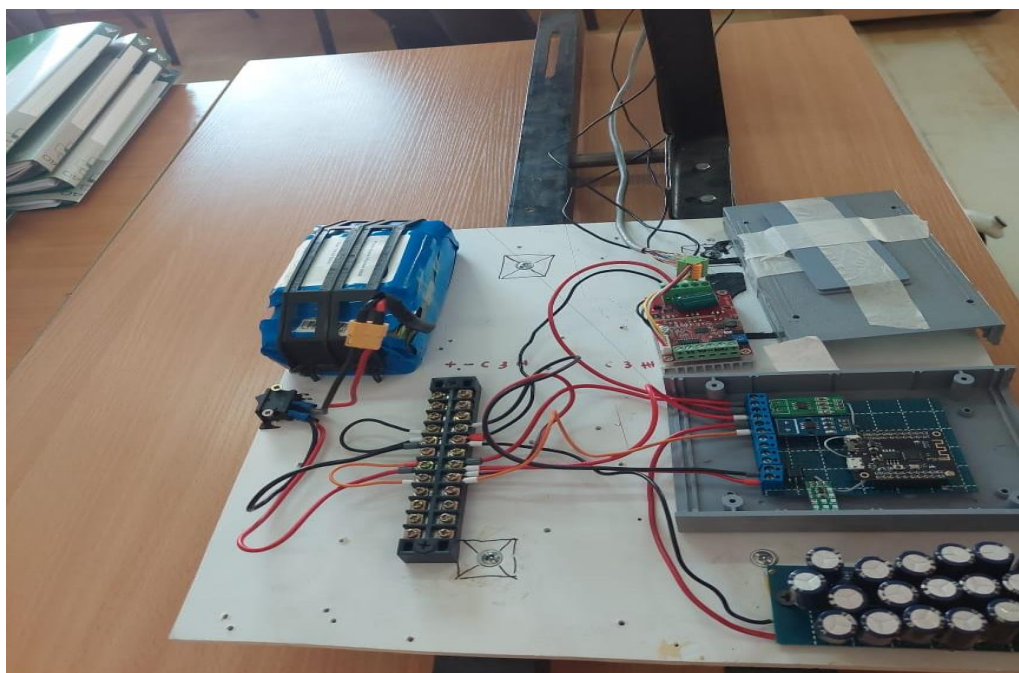


2.4 Сурет – Құрылымдық сұлба



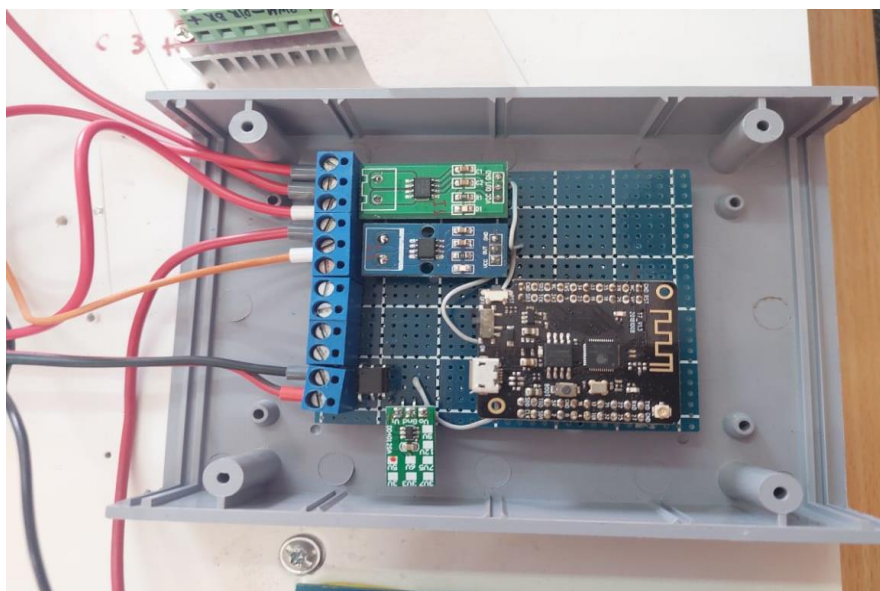
2.5 Сурет – Зерттеу стенді

Тұрақты магниттердегі синхронды қозғалтқыш 36В 350Вт, литий-ионды аккумулятор 36В 4,4 Ач, жетек контроллері, 1Ф 54В ионистор батареясы, кернеу мен ток есептегіштері, ESP32 негізіндегі датчиктерден көрсеткіштерді есептеу модулі.

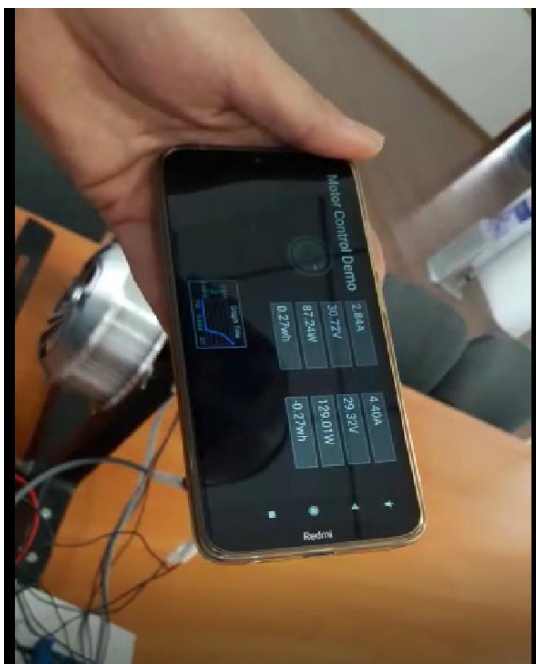


2.6 Сурет – Зерттеу стенді

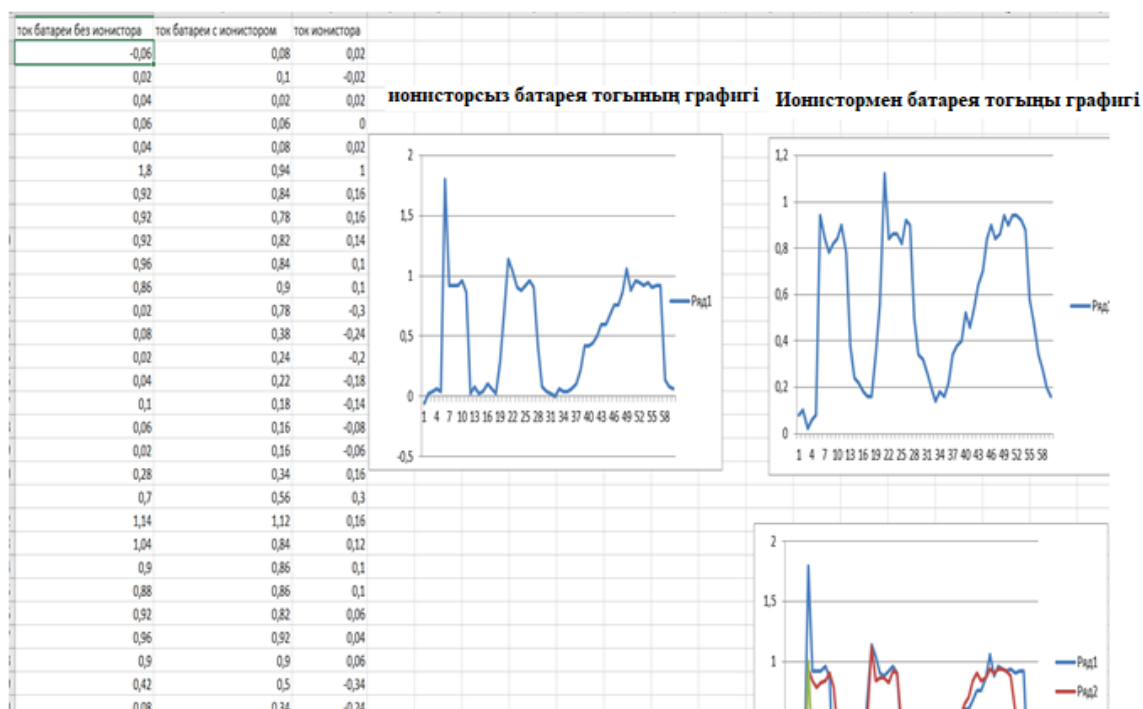
Іске қосу токтарын зерттеу үшін жүктемесіз жетек үш рет жылдамдады – тез, орташа және баяу. Жетекті жеделдету ионистор батареясын параллель қосу арқылы және ионисторсыз жүзеге асырылады.



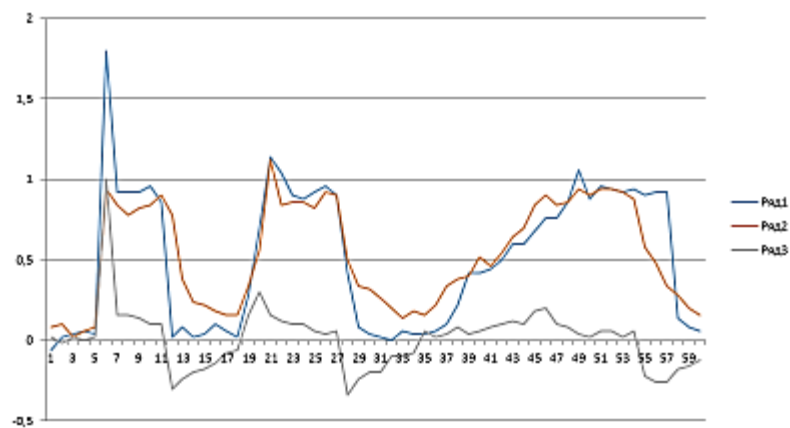
2.6 Сурет – Микросхема



2.6 Сурет – Мобильдік қосымша арқылы нәтижені алу



2.7 Сурет – Токтардың графикалары аккумуляторлық батареямен және батареясыз



2.8 Сурет – Токтардың айырмашылықтары

3 Суперконденсаторлардың электр параметрлерін есептеу

Суперконденсатор (СК) сәтсіздік кезінде беретін энергияның пайызын мына арақатынастан алуға болады [1]:

$$\frac{W_{\text{нак}}}{W_{\text{отд}}} = \frac{cU_1^2}{\frac{c}{2}} \times [U_1^2 - U_2^2], \quad (3.1)$$

мұнда $W_{\text{нак}}$ – жинақталған энергия, Дж; $W_{\text{отд}}$ – берілетін энергия, Дж; C – электрлік сыйымдылық СК, Ф; U_2 – разрядтың соңғы кернеуі, В; U_1 – номиналды (бастапқы) кернеу, В. Мысалы, кернеу түскен кезде

$$U_2 = \frac{U_1}{2}, \quad (3.2)$$

алуға болады:

$$\frac{W_{\text{нак}}}{W_{\text{отд}}} = \frac{CU_1^2 \times 8}{2 \times 3C \times U_1^2} = \frac{4}{3}, \quad (3.3)$$

(2)-гі $1/2$ коэффициенті разрядтың соңғы кернеуі бастапқы кернеудің 50% сәйкес келетіндігін көрсетеді. Бұл қатынас ең ұтымды. Осылайша, (3) СК сәйкес бастапқы кернеудің 50% деңгейіне дейін разряд кезінде жинақталған энергияның шамамен 75% беруге қабілетті. Бастапқы кернеудің 50% - не дейін разряд кезінде жинақталған энергияның осындай мөлшерін беру үшін СК-ның талап етілетін сыйымдылығы мына өрнектен анықталады

$$C = \frac{8}{3} \frac{W_{\text{отд}}}{U_1}, \quad (3.4)$$

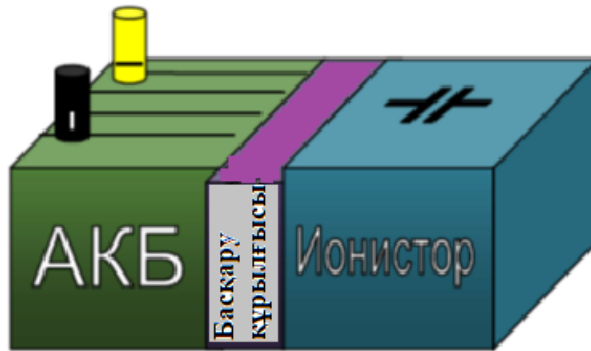
СК электр тізбегінің құрамында жұмыс істейтіндіктен, энергияны тұтыну кезінде олардағы кернеудің төмендеуін ескеру қажет:

$$\Delta U = IR_{\text{вн}}; \quad I = \frac{P}{U}, \quad (3.5)$$

мұнда I – тізбектегі ток, А; $R_{\text{вн}}$ – СК ішкі кедергісі, Ом; U тізбектегі кернеу, В; P – қуат, Вт.

Содан кейін соңғы кернеудің өрнегін келесі түрде жазуға болады

$$U_2 = \frac{U_1 - \Delta U}{2}, \quad (3.6)$$



3.1 Сурет – Жобаланған комбинацияланған қорк көзінің сыртқы көрінісі

Бұл дегеніміз, батарея 1 сағат ішінде 60 ампер немесе 60 сағат ішінде 1 ампер ток бере алады. Содан кейін біз 60 А және 12 В параметрлері бар электр энергиясын 1 сағат ішінде қолдана аламыз, яғни батареядан жұмыс жасау үшін жеткілікті қуат аламыз.

$$A=U \cdot I \cdot t \cdot 12=12 \cdot 60 \cdot 360=2592000 \text{ Дж} = 2,6 \text{ МДж}$$

Ал автомобильді 2 секунд ішінде іске қосқан кезде стартерді тұтыну үшін орташа қажет

$$A=U \cdot I \cdot t \cdot 12=200 \cdot 2=4800 \text{ Дж.}$$

Конденсатор жинақтаған энергияны формула бойынша анықтай аламыз

$$E = \frac{CU^2}{2} \tag{3.1}$$

Яғни 12 вольт кернеуіне дейін зарядталған 1 Фарад сыйымдылығы бар конденсатордың энергиясы

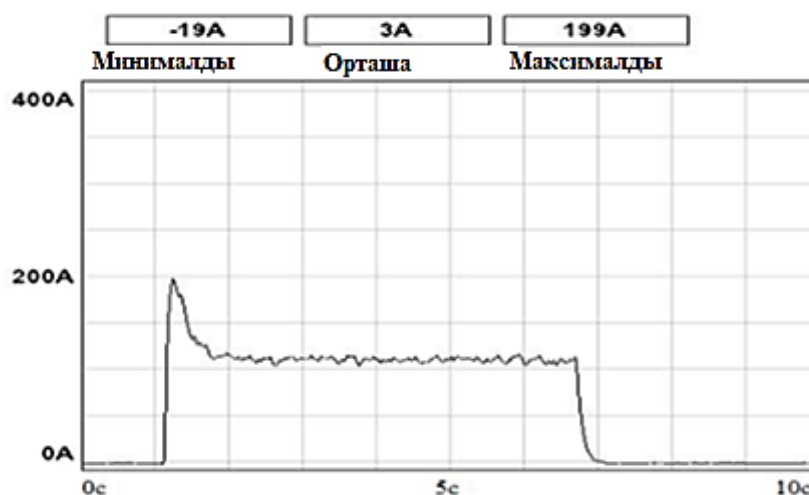
$$E = \frac{CU^2}{2} = \frac{1 \times 12^2}{2} = 72 \text{ Дж}$$

Сәйкесінше, 16 фарад сыйымдылығы бар конденсатордың энергиясы

$$E = \frac{CU^2}{2} = \frac{16 \times 12^2}{2} = 1152 \text{ Дж}$$

Осылайша, 200 ампер және 12 Вольт параметрлері бар тұтынушы (стартер) 1 секунд ішінде тұтынады $A=U \cdot I \cdot t \cdot 12=200 \cdot 1= 400 \text{ Дж.}$

16 вольтты кернеуге зарядталған 12 фарадтық қуат көзі (конденсатор) 1152 Дж жинақтай алады. Демек, 16 фарадтағы конденсатор теориялық тұрғыдан стартердің 0,5 секундқа жетуі керек. Әрі қарай, стартердің жұмыс уақытын сақталған конденсатор сыйымдылығымен оңай байланыстыруға болады. - Сур. 2 бастапқы токтардың графигін көрсетеді.



3.2 Сурет – Бастапқы токтардың кестесі

Көрсетілгендей 2- суретте, бастапқы кезеңде токтың максимумға дейін күрт өсуі байқалады (ротор әлі қозғалмаған кезде стартердің қысқа тұйықталу тогы жүктемеде тек статордың белсенді электрлік кедергісі болады), содан кейін бір жерде 0,5 секунд ішінде тұтынылатын ток екі есе азаяды (стартер бұрыла бастады, жүктеме реактивті кедергі қосылды) және содан кейін ол осы белгіленген мағынада, қозғалтқыш іске қосылғанға дейін қалады.

Конденсатордың міндеті-ток 200 а-ға дейін күрт өскен кезде алғашқы 0,5 секундта стартердің қуатын алу, содан кейін конденсатор таусылған кезде, стартер батареяны қуаттайды, бірақ токтың жартысына тең болады.

Сонымен, фарадтың 10-50 сыйымдылығын стартер іске қосылған кезде, ең жоғары, ең жоғары токты тұтынған кезде батарея үшін жақсы "көмекші" ретінде пайдалануға болады. Бұл батареяның жеңілдетілген жұмыс режимін қамтамасыз етеді және оның қызмет ету мерзімін ұзартады.

50-300 фарадтың сыйымдылығы автомобильдің қозғалтқышын батареясыз іске қосуға мүмкіндік береді, бірақ, мысалы, сәтсіз іске қосқан жағдайында оны тез зарядтау үшін қажет. Бірнеше минут ішінде бұл сыйымдылық өте әлсіз батареядан да зарядталады (ол қозғалтқышты өздігінен іске қоса алмайды) және тағы бір рет іске қосуға дайын.

Фарадтың 400-ден астам сыйымдылығын аккумуляторсыз қолдануға болады, ал тұрақ (стоянка) кезінде әлсіз қуатты тұтынушыларды зарядтау және қуаттандыру үшін оларды 5 – 10 А сағат көздерінен қоректендіруге болады. 1000 немесе одан да көп Фарадтың сыйымдылығы, егер біреу пайда болса, стандартты

аккумулятормен салыстыруға болатын ұзақ уақыт бойы жеткілікті заряд деңгейін сақтай алады олар мұны барлық жағынан алмастыра алады. Конденсаторлардың қызмет ету мерзімі 10 жылдан асады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Электромобильдер үшін комбинациялық аккумуляторлық батареялар мен батарея суперконденсаторлардан негізінде салынған гибридік жинақтауыш энергиясы зерттелді.

Жүргізілген жұмыс негізінде келесі нәтижелер алынды:

1. Суперконденсаторда сақталған электр көлігінің энергиясы динамикалық өнімділікті тиімді жақсарта алады және қоршаған ортаның ластануын азайтады.

2. Суперконденсатордың сыйымдылығы қалпына келтіретін тежеу кезінде энергияны тиімді сіңіре алады, бұл электромобильді қолдануды едәуір жақсартады.

Бұл нәтижелер литий-ионды аккумуляторлар мен суперконденсаторларды біріктіру энергияны тұтынуды азайтудың, қалпына келтіретін ингибицияның жұмысын жақсартудың, батареяның қызмет ету мерзімін ұзартудың, демек, батарея қалдықтарын азайтудың перспективті әдісі екенін дәлелдейді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Susan M. Schoenung and William Hassenzahl Long vs. Short-Term Energy Storage: Sensitivity Analysis. A Study for the DOE Energy Storage Systems Program. SAND REPORT.SAND2007-4253. Unlimited Release Printed July 2007.

2 Zhimin Wang, Lihan Qin, Chenghong Gu, Furong Li. Distributed storage capacity reservations for residential PV generation utilization and LV network operation Zhimin Power & Energy Society General Meeting, 2015 IEEE Year: 2015 Pages: 1 - 5

3 Benjamin L. Norris, Jeff Newmiller, Georgianne Peek. NAS® Battery Demonstration at American Electric Power. A Study for the DOE Energy Storage Program. SANDIA REPORT. SAND2006-6740. Unlimited Release. Printed March 2007

4 Wang, Y.; Tan, K.T.; Peng, X.Y.; So, P.L. Coordinated Control of Distributed Energy Storage Systems for Voltage Regulation in Distribution Networks Power Delivery, IEEE Transactions on Year: 2015, Volume: PP, Issue: 99 Pages: 1 - 1

5 Thrampoulidis, C.; Bose, S.; Hassibi, B. Optimal Placement of Distributed Energy Storage in Power Networks Automatic Control, IEEE Transactions on Year: 2015, Volume: PP, Issue: 99 Pages: 1 - 1,

6 Local Energy Balancing and Ancillary Services in Low-Voltage Networks With Distributed Generation, Energy Storage, and Active Loads Olek, B.; Wierzbowski, M. Industrial Electronics, IEEE Transactions on Year: 2015, Volume: 62, Issue: 4 Pages: 2499 - 2508

7 Active distribution network expansion planning integrated with centralized and distributed Energy Storage System Xinwei Shen; Shouzhen Zhu; Jinghong Zheng; Yingduo Han; Qingsheng Li; Jing Nong; Shahidehpour, M. Power & Energy Society General Meeting, 2015 IEEE Year: 2015 Pages: 1 – 5

8 Строганов, В.И. Ключевые аспекты изменения в автомобильной промышленности в контексте развития электрических технологий // В. И. [8] Строганов, В.Н. Козловский, В.Е. Ютт // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2014. – №1. – С.2 – 6.

9 Строганов, В. И. Итоги и перспективы развития электромобилей с гибридными силовыми установками / В. И. Строганов, В. Н. Козловский // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2012. – №2. – С. 2 – 8.

10 Строганов, В. И. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», – 2014. – 304 с.

11 Деньщиков, К.К. Суперконденсаторы: принципы построения, техника применения. Эл. Ресурс : <http://pandia.ru/text/78/149/96067.php>

12 Шидловский А.К. Применение суперконденсаторов в автономном аккумуляторном электротранспорте / А.К. Шидловский, В.Б.Павлов, А.В.Попов //Техн. эл.динамика. – 2008. – С.43-47.