

ELEKTR-GIBRID YURITMALI AVTOMOBIL VA UNING TARKIBIY QISMLARINING MUKAMMALLIK DIALEKTIKASI

To‘ychiyev O.A.

PhD, Toshkent Turin politexnika universiteti mustaqil izlanuvchisi

ANNOTATSIYA

Maqolada elektr gibrid yuritmalı avtomobil va uning tarkibiy qismlarining parametrlarini tanlash, asoslash bo‘yicha xorijiy adabiyotlar tahlili keltirilgan. Plug-in gibrid elektr transport vositalari yonilg‘i tejamkorligini yaxshilaydigan va chiqindilarni kamaytiradigan eng istiqbolli yechimlardan biridir. Ularning yoqilg‘i sarfiga turli omillar ta‘sir qiladi. Ushbu maqolada, elektr gibrid yuritmalı avtomobil konfiguratsiyasining har xil turlarini qisqacha muhokama qilgandan so‘ng, energiyani boshqarish strategiyalari tasniflanadi va batafsil ko‘rib chiqiladi. Bundan tashqari, haydash sharoitlarining, jumladan, tirbandlik, yo‘l profili, haydash masofasi, ob-havo sharoiti va zaryadlash harakatining yoqilg‘i tejamkorligiga ta‘siri har tomonlama tahlil qilingan. Harakat haqidagi ma‘lumotlarni intellektual transport tizimlari texnologiyalari yordamida olish mumkin. Nihoyat, elektr gibrid yuritmalı avtomobillarda tez-tez ishlatiladigan energiya saqlash qurilmalari taqdim etiladi va ularning afzalliklari va kamchiliklari ta‘kidlanadi.

Kalit so‘zlar: *elektromobil, elektr gibrid yuritmalı avtomobil (PHEV), issiqxona gazlari, ichki yonuv dvigatellari, uglevodorodlar, karbonat angidrid, superkondensatorlar.*

ABSTRACT

The article presents an analysis of foreign literature on the selection and justification of the parameters of an electric hybrid car and its components. Plug-in hybrid electric vehicles are one of the most promising solutions for improving fuel economy and reducing emissions. Various factors affect their fuel consumption. In this article, after briefly discussing the different types of hybrid electric vehicle configurations, energy management strategies are classified and discussed in detail. In addition, the impact of driving conditions, including traffic, road profile, driving distance, weather conditions and charging behavior on fuel economy is comprehensively analyzed. Traffic information can be obtained using the technologies of intelligent transport systems. Finally, energy storage devices commonly used in hybrid electric vehicles are presented and their advantages and disadvantages are highlighted.

Key words: *electric car, electric hybrid vehicle (PHEV), greenhouse gases, internal combustion engines, hydrocarbons, carbon dioxide, supercapacitors.*

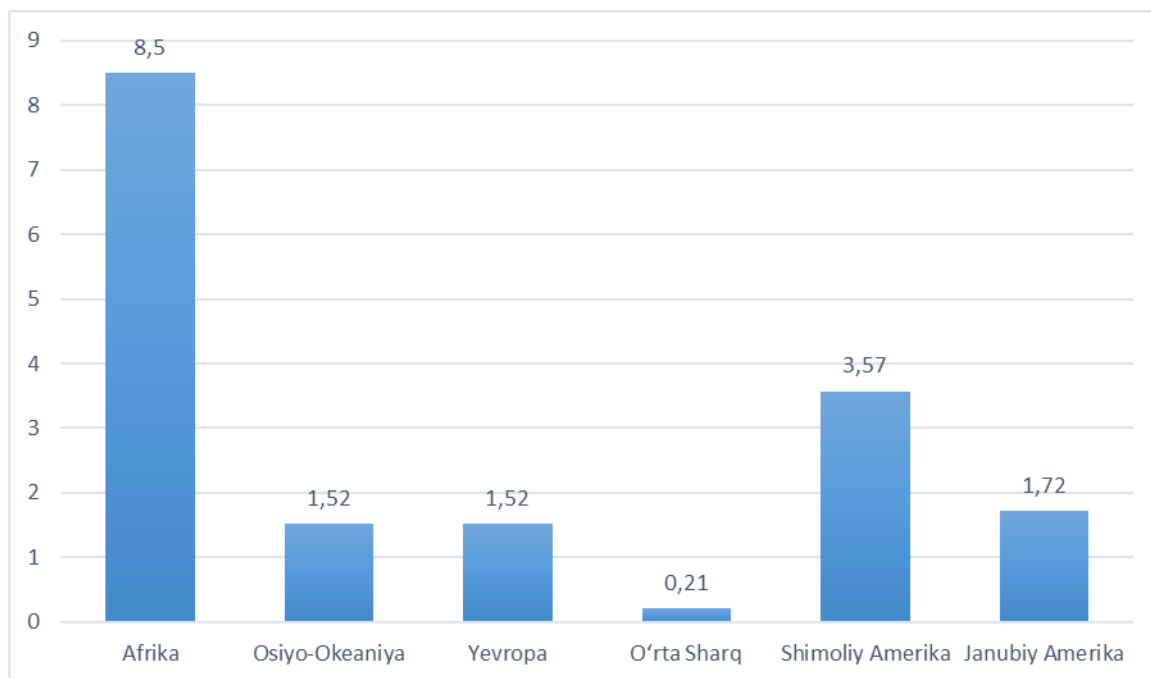
KIRISH

Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, 2020 yilda elektr avtomobillari global avtomobillar savdosida qariyb 4,6 foizni tashkil qilgan bo'lsa, 2019 yilda bu ko'rsatkich 2,5 foizga oshdi. Shuningdek IEA, 2020 yilda jahon yo'llarida 10 millionga yaqin elektromobillar borligini taxmin qilgan, bu o'z vaqtida global avtomobil parkingning 1% dan kamrog'ini tashkil qiladi [1;b 596 b].

Qazib olinadigan yoqilg'i iste'molining o'sishi uglerod oksidi (CO₂), uglevodorod (HC) va azot oksidi (NOx) ko'rinishidagi issiqxona gazlari (GHG) emissiyalarining ortishi avtomobil sanoatida muhim muammoga aylangan. 2021 yil ma'lumotlariga ko'ra, dunyodagi avtomobillarning 97 foizdan ortiq qismi ichki yonuv dvigatellari (IYoD) bilan ishlaydi. Elektr transport vositalarining (EV) ulushi tez sur'atlar bilan o'sib bormoqda, chunki butun dunyo bo'ylab hukumatlar va avtomobil ishlab chiqaruvchilari issiqxona gazlari chiqindilarini va qazib olinadigan yoqilg'iga qaramlikni kamaytirish talabini qo'ygan [1,2,4-7].

Kelgusi yillarda elektr batareyalar narxining pasayishi va elektr avtomobillarini (EV) davlat tomonidan qo'llab-quvvatlashning kuchayishi hisobiga avtotransport vositalari ichida ularning ulushi tez o'sishiga asos bo'lmoqda. Norvegiya kabi ba'zi mamlakatlar EVni nisbatan yuqori qabul qilish ko'rsatkichlariga erishdi, Norvegiyada 2020 yilda yangi avtomobillar sotuvining 50% dan ortig'ini elektr avtomobillar tashkil etdi. Xitoy, AQSh va ko'plab Yevropa davlatlari kabi boshqa mamlakatlarda ham EV soni tez o'sishi kuzatilmoqda.

2022 yilning oxiriga kelib, dunyoda taxminan 1,45 milliarddan ortiq avtomobil mavjud bo'lib, shundan 1,1 milliardga yaqini yengil avtomobillardir. Bu shuni anglatadiki, sayyoramizdagi har 7,18 kishiga bir avtomobil to'g'ri keladi. 2021 yildagi ma'lumotlarga ko'ra dunyo yo'llarida harakatlanayotgan 1,45 milliard avtomobilning atigi 80 millioni yoki 7 foizi, oldingi 12 oy ichida ishlab chiqarilgan, bu 2020 yildagi 78 million dona avtomobildan 3 foizga ko'pdir, biroq pandemiyagacha bo'lgan davr, 2018 yildagi eng yuqori 97 million ko'rsatkichidan ancha past.

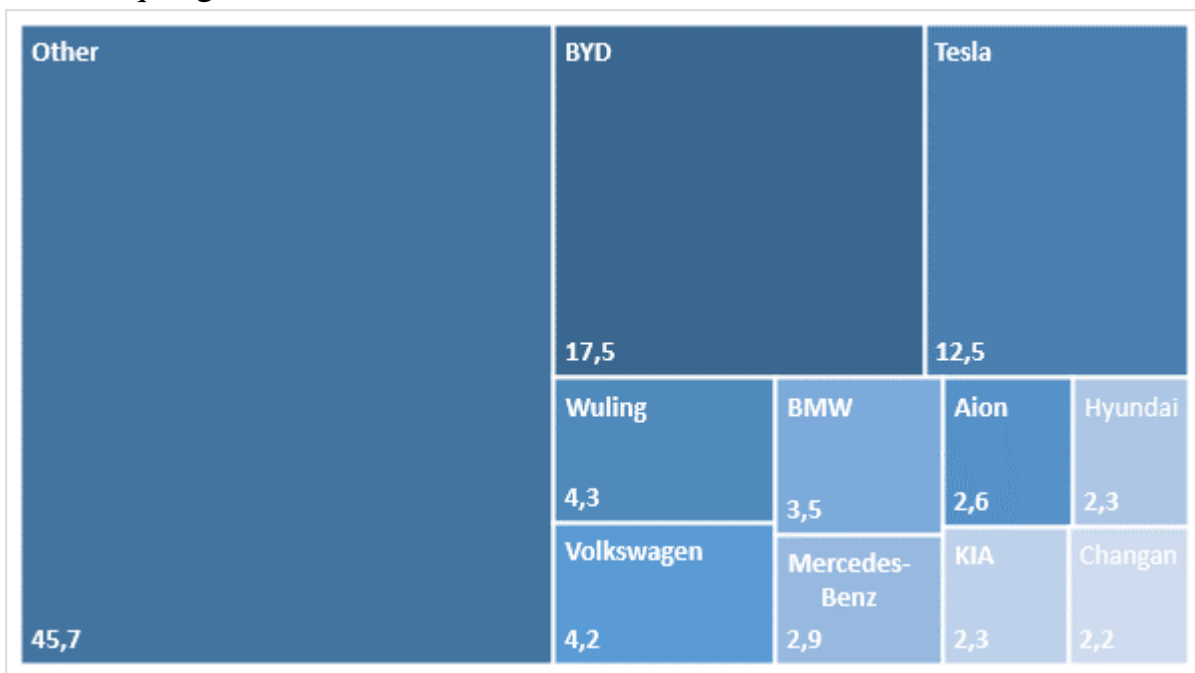


1-rasm. 2022-2028 yillarda mintaqalar bo'yivha global elektr avtotransport vositalarining bozor ko'rsatkichlarining o'sishi¹, % (CAGR)

Mordor Intelligence bashoratida 2022-2028 yillarda Afrika mintaqasi EV avtotransport vositalarining eng yirik bozor ko'rsatkichi o'sishiga erishadigan mintaqaga aylanishi keltirilgan (1-rasm). 2022-yil statistika ma'lumotlariga ko'ra, Qo'shma Shtatlarda 250 milliondan ortiq avtomobil ishlatilmoqda va bu transport vositalarining aksariyatida yoqilg'i samaradorligi past va ko'p zaharli chiqindilar chiqaradi. Transport sektori Qo'shma Shtatlardagi jami neftning 70 foizidan foydalanadi va 2016 yilda Qo'shma Shtatlardagi jami energiya iste'molining 28 foizini tashkil qiladi. Transport sektori 2016-yilda Yevropa Ittifoqida jami energiya iste'molining 33% dan ortig'ini va 24,3% ni, bunda 2016-yilda issiqxona gazlari emissiyasining 72% ni tashkil etgan. IYoD bilan birga elektr uzatish moslamasini qo'shish yoqilg'i sarfi va chiqindilarni kamaytirish bo'yicha bir qator tezkor yechimlarni taklif qiladi. So'nggi yillarda elektr transport vositalari (EV), gibrid elektr transport vositalari (HEV) va plaginli gibrid elektr transport vositalari (PHEV) kabi transport vositalari avtomobil ishlab chiqaruvchilari tomonidan istiqbolli yechimlar sifatida ko'rib chiqilmoqda [8]. EV va HEV bilan solishtirganda, PHEV bir qator afzalliklarga ega. Uzoq yo'l bosib o'tish masofasi PHEV larning EV larga nisbatan eng muhim afzalliklari hisoblanadi. HEV bilan solishtirganda, PHEVlar to'g'ridan-to'g'ri tarmoqdan quvvatlanishi mumkin bo'lgan kattaroq batareyaga ega. HEVlarga o'xshab, energiya manbalaridan quvvat oqimini loyihalash bo'yicha PHEVlar bilan bog'liq uchta asosiy topologiya turi mavjud: ketma-ket, parallel va

¹ https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-electric-cars-market?gclid=CjwKCAjw52mBhB5EiwA05YKozhE_NOhe_pGOuyJvdEjhoQQRjeAiX917INntTWRWfe6Po4ir2HCDxoCgJsQAvD_BwE

aralashga bo‘lingan. O‘rganilgan manbada mazkur topologiyalar batafsil ko‘rib chiqilgan. Manbada PHEVlarning yoqilg‘i iqtisodiga eng katta ta‘sir ko‘rsatadigan asosiy omil sifatida qaralgan bo‘lib, ushbu ishda PHEV-larning quvvat o‘tkazmalari topologiyalari o‘rganiladi, bu esa uzatma komponentlari orasidagi energiya oqimini belgilaydi. PHEV ning yoqilg‘i samaradorligi va chiqindilari bo‘yicha ishlashi energiyani boshqarish algoritmi dizayniga kuchli bog‘liq bo‘lganligi sababli, ushbu tadqiqot PHEVlarda energiyani boshqarish strategiyalari bo‘yicha keng qamrovli sharhni taqdim etgan. Haydash sharoitlari, shu jumladan tezlik profili, haydash masofasi, yo‘l profili va iqlim sharoiti PHEV yoqilg‘i tejamkorligiga katta ta‘sir ko‘rsatishi o‘rganilgan. Smart transport tizimlari (ITS) texnologiyalaridan foydalangan holda harakat ma‘lumotlarini olish va atrof-muhit va kelajakda kutilayotgan voqealar haqida ma‘lumot to‘plash mumkin. Zaryadlash harakatining PHEV yonilg‘i tejamkorligiga zaryadlash quvvati, joylashuvi va vaqti, jumladan, ta‘siri ham tahlil qilinadi. PHEV larning energiya saqlash tizimi (ESS)da qo‘llaniladigan turli xil energiya saqlash qurilmalari, jumladan akkumulyator, ultrakondensator va volan (**maxovik**) o‘rganiladi, texnik jihatdan taqqoslanadi. Batareya to‘plami va ultra-kondensatorlar to‘plamini elektr uzatish tizimidagi doimiy to‘siq bilan bog‘lashning ko‘plab usullari ham mazkur manbada keltirilgan. Tadqiqotlar asosan PHEV avtomobillar ustida olib borilgan izlanishlarga berilgan sharh bo‘lib, umumiy parametrlar, afzalliklari, kamchiliklari va unga ta‘sir qiluvchi omillar tahlil qilingan[9-11].



2-rasm. Dunyo avtomobilsozlik bozorida 2022 yildagi eng yirik elektr dvigatel yetkazib beruvchilar², %

Zararli CO₂ gazi oqibatlarini kamaytirish va avtomobilning ekspluatatsion xarajatlarini bartaraf etish bo'yicha ortib borayotgan muammolar avtomobil ishlab chiqaruvchilarni elektr transport vositasi (EV) uchun yo'l ochishga undadi. Hozirgi vaqtda elektr transport vositalari transport sohasida keng tarqalgan. Biroq, EV va ular bilan bog'liq texnologiyalarni ishlab chiqish jarayoni davom etmoqda, bu ko'pchilik avtomobil ishlab chiqaruvchilari va ushbu sohadagi tadqiqotchilar uchun ajoyib tadqiqot maydonini tashkil qiladi. Ko'pgina avtomobil ishlab chiqaruvchilari hozirgi tendensiyalar ko'rsatganidek, EVlar tez orada ichki yonuv dvigatelinini (IYoD) avtomobillarda almashtirishi mumkin. Shu sababli, avtomobil sanoati avtomobillarni elektrlashtirishga nisbatan jiddiy o'zgarishlarga guvoh bo'ldi. EV rivojlanishining boshidan beri avtomobilning asosiy tuzilishi asosiy an'anaviy tartib bilan solishtirganda turli xil rivojlanish bosqichlaridan o'tdi. Bugungi kunda avtomobil ishlab chiqarish bilan shug'ullanadigan ko'pchilik kompaniyalar dizayn mezoni sifatida samaradorlik, arzon narx va o'lchamlarni hisobga oladigan EVni ishlab chiqishga intilmoqda. Elektrlashtirish jarayonida transport vositalarining tuzilishidagi eng muhim harakatlanish rejimi bo'ldi. Avtomobil sanoatida qo'llanilgan so'nggi innovatsion texnologiyalar tufayli bir nechta kompaniyalar EV rivojlanishining eng qiyin jihatlari uchun noyob yechimni joriy etishga muvaffaq bo'lishdi.

Ayni paytda O'zbekistonda 3 milliondan ortiq transport vositasi ro'yxatga olingan bo'lib, ularning 89 foizini yengil avtomobillar tashkil etadi. Mahalliy avtomobil bozori 2,6 milliard AQSh dollariga baholanmoqda, ya'ni O'zbekiston yalpi ichki mahsulotining taxminan 5 foizini tashkil qiladi³.

So'nggi 5-10 yil ichida avtomobillar soni keskin o'smoqda. Masalan, aholi jon boshiga avtomobillar soni 1000 kishiga 90 dona to'g'ri kelmoqda. Taqqoslash uchun, Qozog'istonda bu ko'rsatkich 202 birlikni, Rossiyada - 300 birlikni, Germaniyada - 567 birlikni, AQShda - 800 birlikni tashkil etadi. va hokazo. O'zbekiston avtomobil bozori o'sishi uchun katta salohiyatga ega. Aholining xarid qobiliyatini oshishi avtomobildan foydalanish xarajatlarini hisobga olish kerak [12].

Mavjud ishlab chiqarilgan HEVlar asosan parallel yuritma sxemasiga tayanadi, bu dvigatel ish rejimining o'zgarishini, dvigatelni boshqarish strategiyasi bilan dvigateldan samarali foydalanishga olib keladi. Ketma-ket yuritma sxemasida joylashgan quvvat dvigatelida dvigatel g'ildiraklardan mexanik ravishda ajratiladi, bu

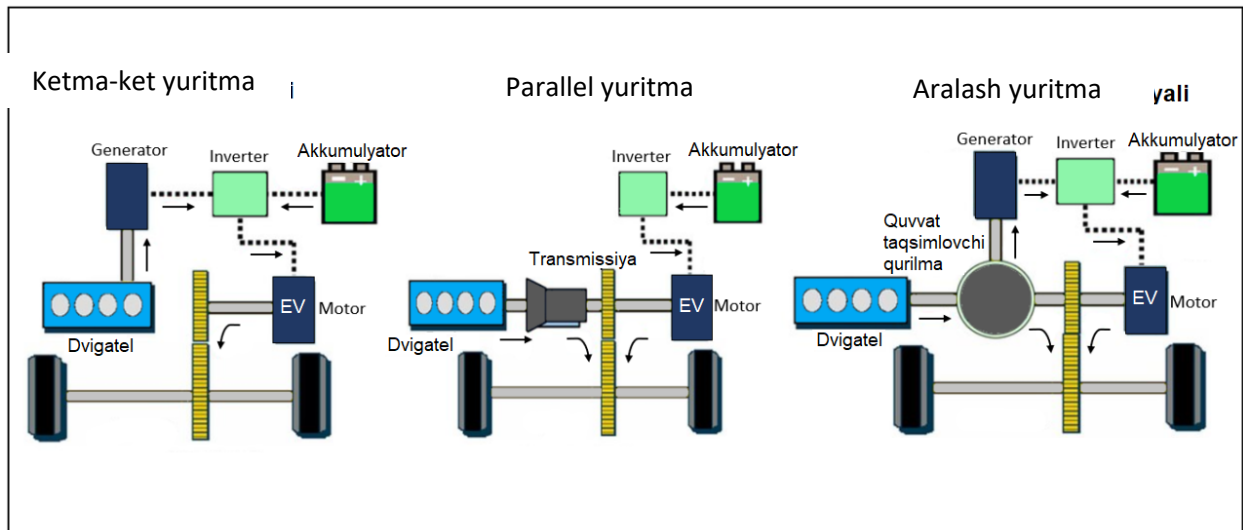
² <https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide#unit-sales>

³ Masood Shahverdi, Michael S. Mazzola, Quintin GrIYoD, Matthew Doude, "Bandwidth-Based Control Strategy for a Series HEV With Light Energy Storage System", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.66, no.2, pp.1040-1052, 2017.

tizimda yuklanishni va dvigatelni boshqarish strategiyasi o'rtasida ko'proq mustaqillikni ta'minlaydi. Tegishli ishlab chiqilgan ESS bilan dvigatelning ishlashi yullanishdan qat'i nazar, dvigatelni samaraliroq rejimda saqlab turish imkoniyatini beradi. Manbalarda [13-14] avtonomiya avtotransport dasturidan foydalangan holda elektr diapazoni uchun emas, balki filtrlash uchun mo'ljallangan kichik dvigatelli va ESS seriyali HEV seriyasi o'rganilgani. Optimallashtirilgan ESS parametrik tadqiqot orqali tanlangan va tarmoq kengligi asosidagi tahlil texnikasidan foydalangan holda yuqori tarmoqli energiya saqlash elementlari bilan gibridlanadi. Ishga shassi dinamometrida ishlaydigan sinov vositasida empirik tekshirish kiritilgan [15].

HEV yuritmaga ega avtomobillar bozorda dominant yechim hisoblanadi; biroq, unda tegishli bozor ulushi juda kichik. ESS ning yuqori narxi va natijada kelib chiqadigan HEV ning yuqori narxi ushbu hissaning cheklanganligining muhim sabablaridan biri sifatida keltiriladi. Bozor o'sishi uchun mumkin bo'lgan yechim sifatida kichik dvigatel va yengil ESS bilan HEV kontseptsiyasi taklif etiladi. Samaradorlikni oshirishning mumkin bo'lgan yechimi sifatida keng tarmoqlanganlik asosidagi gibrid ESS (HESS) joriy etilgan [16].

Gibrid elektr transport vositalarini (HEV) ikkita qo'zg'alish tizimi (termik va elektr) avtomobilga haydash momentini qanday yetkazib berishiga qarab uch turga bo'lish mumkin. Agar moment faqat elektr harakatlantiruvchi tizim tomonidan ta'minlansa, issiqlik dvigateli tizimni ishlatish uchun zarur bo'lgan elektr energiyasini ishlab chiqarish bilan shug'ullansa, u gibrid ketma-ket sxema deb ataladi (3-rasm). Aksincha, ikkala qo'zg'alish tizimi momentni ta'minlaganida, avtomobil parallel gibrid so'zlar bilan aniqlanadi. Parallel aralash sikllar orasida "Trough-the-Road" – aralash yuritma (TTR) deb nomlangan maxsus konfiguratsiya mavjud. Ushbu konfiguratsiyada ikkita harakatlantiruvchi tizim bir-biriga mexanik ravishda erkin bog'langan. Yigirmanchi asrning boshlarida paydo bo'lgan ushbu tuzilish hali ham bir nechta ishlab chiqaruvchilar tomonidan qo'llaniladi va o'ziga xos konfiguratsiyagar va boshqarish usullariga ega.



3-rasm. Gibridd elektr transport vositalarining konfiguratsiyalari⁴

Mazkur manbada [18] gibridd elektr transport vositalarining (HEV) ortib borayotgan tarqalishi bilan bir qatorda, TTR yechim ham keng tarqalmoqda. Oddiy yechim bo'lishdan uzoqda va ba'zi texnik va konstruktorlik cheklovlarga qaramay, TTR HEV'lar hozirda yirik avtomobil ishlab chiqaruvchilari tomonidan ba'zi modellar uchun qabul qilinmoqda. Ushbu konstrukturaning muhim afzalligi an'anaviy IYoDli transport vositalarini qayta jihozlash va ularni HEVsga aylantirish istiqbolidir. Bu hozirgi avtoparkning bir qismini konvertatsiya qilish uchun qisqa muddatli va arzon narxlardagi yechim bo'lishi mumkin, shuning uchun yoqilg'ini sarfini va chiqindilarni kamaytirishga hissa qo'shadi, avtomobillarni muddatidan oldin ommaviy ravishda bekor qilishdan saqlaydi [17].

Shuningdek, manbalarda [19] plug-in gibridd elektr transport vositasining dvigatel-generatori, akkumulyatori va ultrakondansator uchun optimal energiya taqsimotiga erishish uchun energiyani boshqarishning yangi moslashuvchan strategiyasi taklif qilingan.

Uch xil yondashuv keltirilgan [20]. Birinchidan, ko'p miqyosli ko'rinishdan bir nechta energiya manbalari uchun ierarxik nazorat strategiyasi taklif qilingan. Yuqori daraja dvigatel-generator va gibridd energiya saqlash tizimi o'rtasidagi energiyani tartibga solish uchun, pastki daraja esa batareya va ultrakondansator uchun. Ikkinchidan, haydash usulini aniqlashga asoslangan moslashuvchan energiyani boshqarish yondashuvi taklif qilindi. Ushbu yondashuv odatiy haydash davrlarini turli haydash modellariga tasniflash va real vaqtda haydash usulini aniqlash uchun noaniq mantiq boshqaruvchisidan foydalanadi. Turli haydash bloklari uchun optimal boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish uchun dinamik dasturlash qo'llanilgan va bu real vaqtda haydash davrlari uchun moslashuvchan energiya boshqaruvini amalga

⁴ <https://www.linkedin.com/pulse/hybrid-electric-vehicle-types-shradha-jadhav/>

oshirishda yordam beradi. Uchinchidan, energiyani boshqarishning real vaqt rejimida va mustahkam ishlashini yaxshilash uchun, real vaqtda haydash modelini aniqlash uchun tarixiy ma'lumotlarning oldingi 100 soniya davom etishi aniqlangan va moslashuvchan energiyani boshqarish strategiyasi taklif qilingan. Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatadiki, taklif qilingan energiyani boshqarish strategiyasi asl va an'anaviy dinamik dasturlashga asoslangan boshqaruv strategiyalariga qaraganda yaxshiroq yoqilg'i samaradorligiga ega ekanligi to'g'risida xulosa qilingan.

Tadqiqotning maqsadi haydash modelini aniqlash va dinamik dasturlash orqali energiyani boshqarishning moslashuvchan yondashuvini taklif qilish va HESS bilan plaginli HEV uchun energiyani boshqarish samaradorligini oshirishdir. Noma'lum sikllarga nisbatan optimal natijaning salbiy ta'sirini oldini olish uchun odatiy haydash modellarini tasniflash va o'rgatish uchun haydash modelini aniqlash (DPR) usuli qo'llanilgan. DP algoritmi yordamida turli tasniflangan haydash modellari uchun mikro-nazorat strategiyalari tizimli tarzda ishlab chiqilishi mumkin. Noaniq boshqaruv algoritmiga asoslangan bashoratli yondashuvdan foydalanib, joriy haydash modelini tarixiy haydash ma'lumotlari davri bilan tanib olish mumkin. Dvigatel-generator va HESS o'rtasida kamroq hisoblash xarajatlari bilan optimal energiya taqsimotini amalga oshirish uchun ko'p miqyosli ko'rinishda uchta energiya manbasini ierarxik boshqarish strategiyasi taklif qilingan. Taklif etilgan energiyani boshqarish strategiyasi birlashtirilgan haydash sikli va yaponcha 10-15 rejimli harakat sikllari tomonidan tekshirilgan [20-22].

Plug-in HEV mezonlarini o'rganish bilan bog'liq bir qancha qiyinchiliklar mavjud. Avtotransport vositalarining soni, energiya saqlash moslamalarining o'lchamlari [25], ularning yetib kelish vaqti va har kuni yuradigan masofasi haqidagi ma'lumotlar mavjud bo'lishi kerak. Shuningdek, tarmoqqa kelsak, yuk profilini, shuningdek, mavjud zaryad stantsiyalarining soni va ularning zaryadlash darajasini bilish kerak. Tizimning ko'lamini hisobga olgan holda, ishonchli ma'lumotlarni topish yoki to'plash ko'pincha qiyin. Ma'lumotlarning mavjudligi va ishonchliligidan kelib chiqadigan noaniqlik tadqiqotchilarni ehtimollik yondashuvlaridan foydalangan holda PHEV ta'sirini baholashga olib keldi [23]. Milliy uy xo'jaliklari transporti tadqiqoti (NHTS) [24] dan mavjud bo'lgan haqiqiy ma'lumotlar avtomobilning kelish vaqti va talab qilinadigan to'lov uchun ehtimollik zichligi funksiyalarini (PDF) ishlab chiqish uchun ishlatiladi. NHTS AQSH bo'ylab to'plangan katta hajmdagi statistik transport ma'lumotlarini o'z ichiga oladi. Manbada [25] yuqorida qayd etilgan tadqiqotlar uch jihatdan ajratilgan. Birinchidan, statistik transport ma'lumotlari nafaqat avtomobilning elektr tarmog'iga ulanish vaqtini, balki to'liq zaryad olish uchun zarur bo'lgan energiyani ham aniqlash uchun ishlatiladi. Ikkinchidan, transport

vositasining turi va bosib o'tgan kilometrlarini hisobga olgan holda transport vositalarining zaryad holatini (SOC) hisoblash uchun batafsil ma'lumotlar keltirilgan. Uchinchidan, ushbu simulyatsiya tizimi avval energiya tizimining cheklovlarini o'rnatadi va keyin cheklovlar buzilmasa, PHEV-larni zaryadlash imkonini beradi. Ushbu yondashuv turli xil ko'rsatkichlarni beradi. Misol uchun, oldingi tadqiqotlar taqsimlovchi transformatorning ish harorati qanchalik ko'tarilishini aniqladi⁵. Biroq, ushbu tadqiqot energiya tizimining mavjud imkoniyatlarini hisobga olgan holda, transport vositalarining necha foiziga xizmat ko'rsatish mumkinligini, shuningdek kutish vaqtini aniqlaydi.

Yuqoridagi tadqiqotda energiya tizimining PHEV-larning zaryadlash talabini qondirish qobiliyatini o'rganish uchun simulyatsiya asosida taklif qilingan. U quvvat tizimining cheklanishini o'rnatadi, shunda simulyatsiya paytida umumiy yuk profili hech qachon elektr tarmog'ining chegaralaridan oshmaydi. U iste'molchilarning zaryadlash so'rovi xatti-harakatlarini takrorlaydi va chiqish yuk profillari va qiymatlari orqali quvvat tizimining zaryadlash talablariga javobini baholaydi. Miqdoriy va sifat ko'rsatkichlaridan iborat bo'lgan chiqish parametrlari iste'molchilar nuqtai nazaridan energiya tizimi PHEV zaryadlash yuki tufayli qo'shimcha talablarni qanchalik tez va samarali ta'minlashini ko'rsatadi.

Simulyatsiya tizimi tomonidan o'rganilgan ikkita NERC mintaqasi natijalari shuni ko'rsatadiki, energiya tizimining zaryad talabini ta'minlash qobiliyati har bir mintaqaga uchun farq qiladi. Bu qobiliyat mintaqaga aholisi va tarmoq quvvatiga juda bog'liq. Shunday qilib, birinchi mintaqaning elektr tarmog'i zaryadlash talabining 76 foizini, ikkinchi mintaqaniki esa PHEV talabining atigi 28 foizini ta'minlaydi. Shu sababli, ba'zi hududlarda mavjud energiya tizimi hatto yuqori kirish darajasida ham zaryadlash talabini qondirish uchun yaxshiroq tayyorlangan. Biroq, boshqa sohalarda, mavjud energetika tizimini kengaytirish yoki past kirish darajasida ham qat'iy siyosatni qo'llash kerak.

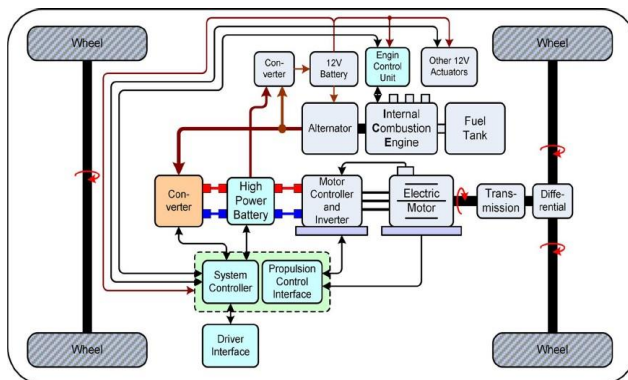
Ichki yonuv dvigatelli avtomobillarda bir asrdan ko'proq vaqt davomida qo'llanilgan va doimiy takomillashtirishdan o'tgan. So'nggi paytlarda MOSFET va IGBT quvvati kabi yuqori chastotali, past qarshilikli yarimo'tkazgichli kommutatsiya elementlari bilan birgalikda mikroprotsessorga asoslangan aqlli tizimlarning tarqalishi turli xil texnologik yaxshilanishlarga olib keldi, bu esa yoqilg'i sarfini sezilarli darajada yaxshilagan va IYoDda emissiyalarni kamaytiradi [26]. Avtomobil sanoati elektr transport vositalari (EV) va gibrid elektr transport vositalari (HEV) yonilg'i samaradorligi va chiqindilarni kamaytirish bo'yicha birinchi o'rinda

⁵ Pyne, Moinak and Stephen Yurkovich. "Data driven modeling and simulation for energy storage systems." 2016 IEEE Conference on Control Applications (CCA) (2016): 1306-1311.

ekanligini tan oladi. HEVdagi yuqori kuchlanishli akkumulyatorlar uchun asosiy muammolardan biri bu uzoq ishlash muddatiga ega bo'lish va shu bilan birga quyidagi maqsadlarda yuqori zaryadlash va razryadlanish aylanish tezligiga ega bo'lishdir:

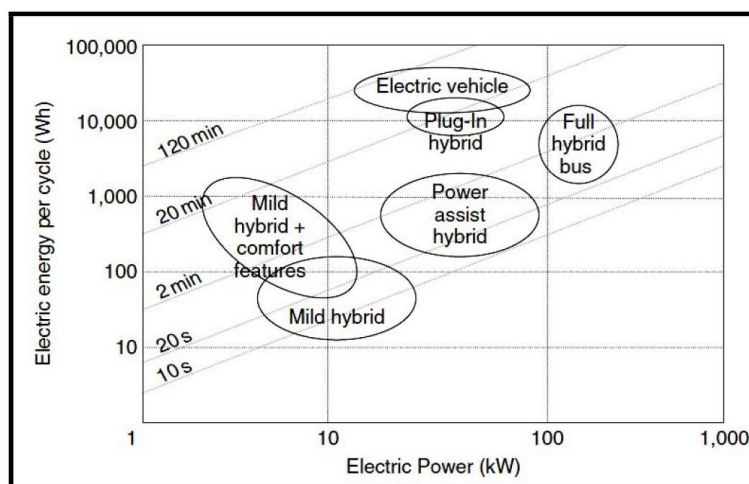
1. Tarmoqlanishda avtomobilning kinetik energiyasini iloji boricha g'amlash (rekuperatsiya)
2. Talab bo'yicha yuqori energiyani etkazib berish

Oddiy HEVda ikkita bort energiya manbalari, IYoD va elektr energiyasini saqlash elementi mavjud. 4-rasmda elektr energiyasini saqlash elementi yuqori voltli akkumulyator bo'lgan odatiy seriyali gibrid avtomobil harakatlanish tizimi ko'rsatilgan. Hozirgi vaqtda NiCd, NiMH va Li-ion kabi ko'plab batareya texnologiyalari qo'llaniladi.



4-rasm. Seriyali gibrid avtomobil harakatlantiruvchi tizimi.

5-rasmda har xil turdagi elektr transport vositalari uchun akkumulyatordan talab qilinadigan umumiy quvvat va energiya diapazonlari keltirilgan.



5-rasm. Har xil turdagi elektr transport vositalari tomonidan akkumulyatordan talab qilinadigan quvvat va energiya xususiyatlarining tavsifi.

Ko'rib chiqilgan manba tahlillari shuni ko'rsatadiki, HEV, UPS va boshqa akkumulyatorli tizimlarda ularning ish faoliyatini yaxshilash uchun yangi

rivojlanayotgan texnologiyalar joriy etilishi kutilmoqda. Bu, ehtimol, yuqori voltli batareya quvvatiga bo'lgan talabni kamaytirishga va'da beradigan superkondensatorlarni o'z ichiga oladi va quyidagilarga olib keladi:

- a. Tezlashish va sekinlashuv vaqtida samaradorlikni oshirish;
- b. Zaryadlash va razryadlanish oqimlarining kamayishi tufayli qayta zaryadlanuvchi batareyalarning ishlash muddatini uzaytirish;
- c. Batareyaning ishlash muddati uzaytirilishi tufayli batareyani almashtirish xarajatlari kamayadi.

Superkondensatorlar batareyaning eng yuqori oqim talablarini kamaytiradi va EV, HEV, golf aravalari, elektr g'ildirakli stullar va elektr skuterlar, portativ akkumulyatorli asboblardan va UPS kabi transport turlari uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI (REFERENCES)

1. E. Taherzadeh, H. Radmanesh and A. Mehrizi-Sani, "A Comprehensive Study of the Parameters Impacting the Fuel Economy of Plug-In Hybrid Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 5, no. 4, pp. 596-615, Dec. 2020, doi: 10.1109/TIV.2020.2993520.
2. M. Shahverdi, M. Mazzola, M. Doude and Q. Grice, "A hybrid electric vehicle with minimal energy storage system," 2014 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), Dearborn, MI, USA, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ITEC.2014.6861816.
3. Rizzo, Gianfranco, Shayesteh Naghinajad, Francesco Antonio Tiano, and Matteo Marino. 2020. "A Survey on Through-the-Road Hybrid Electric Vehicles" *Electronics* 9, no. 5: 879. <https://doi.org/10.3390/electronics9050879>
4. Shi D, Li S, Liu K, Xu Y, Wang Y, Guo C. Adaptive energy management strategy for plug-in hybrid electric vehicles based on intelligent recognition of driving cycle. *Energy Exploration & Exploitation*. 2023;41(1):246-272. doi:[10.1177/01445987221111488](https://doi.org/10.1177/01445987221111488)
5. Medora, Noshirwan K. and Alexander Kusko. "Battery management for hybrid electric vehicles using supercapacitors as a supplementary energy storage system." *Intelec 2012* (2012): 1-8.
6. Wirasingha, Sanjaka G. and Ali Emadi. "Classification and Review of Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicles." *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 60 (2011): 111-122.
7. Li, Xin and Sheldon S. Williamson. "Comparative Investigation of Series and Parallel Hybrid Electric Vehicle (HEV) Efficiencies Based on Comprehensive

Parametric Analysis.” *2007 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference* (2007): 499-505.

8. Montazeri-Gh M, Pourbafarani Z, Mahmoodi-k M. Comparative study of different types of PHEV optimal control strategies in real-world conditions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2018;232(12):1597-1610. doi:[10.1177/0954407017732858](https://doi.org/10.1177/0954407017732858)

9. Salmasi, Farzad Rajaei. “Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles: Evolution, Classification, Comparison, and Future Trends.” *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 56 (2007): 2393-2404.

10. Duoba, Michael, et al. “Test Procedure Development for ‘Blended Type’ Plug-In Hybrid Vehicles.” *SAE International Journal of Engines*, vol. 1, no. 1, 2009, pp. 359–71. *JSTOR*, <http://www.jstor.org/stable/26308287>. Accessed 18 July 2023.

11. V. Freyermuth, E. Fallas, and A. Rousseau, “Comparison of powertrain configuration for plug-in HEVs from a fuel economy perspective,” in Proc. 2008 SAE World Congress, Detroit. MI, April 2008.

12. J. Wu, A. Emadi, M. J. Duoba, and T. P. Bohn “Plug-in hybrid electric vehicles: testing, simulations, and analysis,” in Proc. 2007 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Arlington, TX, Sept. 2007

13. J. Gonder, and A. Simpson, “Measuring and reporting fuel economy of plug-in hybrid electric vehicles”, 22nd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS-22), Yokohama, Japan, Oct. 2006

14. S. Wirasingha, and A. Emadi, “PIHEF: plug-in hybrid electric factor”, Submitted to IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Detroit, MI September 2009.

15. Holjevac N, Cheli F, Gobbi M. Multi-objective vehicle optimization: Comparison of combustion engine, hybrid and electric powertrains. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2020;234(2-3):469-487. doi:10.1177/0954407019860364

16. Kebriaei M, Sandidzadeh MA, Asaei B, Mirabadi A. Component sizing and intelligent energy management of a heavy hybrid electric vehicle based on a real drive cycle. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*. 2017;231(1):122-132. doi:10.1177/0954409715622501

17. K.T. Chau and Y.S. Wong, “Overview of power management in hybrid electric vehicles”, *Journal of Energy Conversion and Management*, vol. 43, no. 15, pp. 1953-1968, Oct. 2002.

18. Q. Chen, J. Wei, F. Zeng, Q. Xiao, and H. Chen, “Design and analysis of driving motor system for hybrid electric vehicle,” *Journal of Vibroengineering*, Vol. 22, No. 2, pp. 437–450, Mar. 2020, <https://doi.org/10.21595/jve.2019.20746>
19. Chen Q., Shu H., Chen L. Simulation analysis of cogging torque of permanent magnet synchronous motor for electric vehicle. *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 26, Issue 12, 2012, p. 4065-40718.
20. Gao, Yimin and Mehrdad Ehsani. “Design and control methodology of plug-in hybrid electric vehicles.” *2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference* (2010): 1-6.
21. M. Ehsani, Y. Gao, S.E Gays and A. Emadi, *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicle--Fundamentals, Theory and Design*”, CRC press, 2005.
22. Tiano, Francesco Antonio et al. “Design and Optimization of a Charging Station for Electric Vehicles based on Compressed Air Energy Storage.” *IFAC-PapersOnLine* 51 (2018): 230-235.
23. Eckert, J.J.; Santiciolli, F.M.; Silva, L.C.d.A.e.; Corrêa, F.C.; Dedini, F.G. Design of an Aftermarket Hybridization Kit: Reducing Costs and Emissions Considering a Local Driving Cycle. *Vehicles* **2020**, *2*, 210-235. <https://doi.org/10.3390/vehicles2010012>
24. Rizzo, G.; Naddeo, M.; Pisanti, C. Upgrading conventional cars to solar hybrid vehicles. *Int. J. Powertrains* 2018, *7*, 249–280.
25. de Luca, S.; Di Pace, R. Aftermarket vehicle hybridization: Potential market penetration and environmental benefits of a hybrid-solar kit. *Int. J. Sustain. Transp.* 2018, *12*, 353–366.
26. Tiano, F.A.; Rizzo, G.; De Feo, G.; Landolfi, S. Converting a Conventional Car into a Hybrid Solar Vehicle: A LCA Approach. *IFAC-PapersOnLine* 2018, *51*, 188–194.