

ELEKTR-GIBRID YURITMALI AVTOMOBILNING BOSHQARUV PARAMETRLARI VA BOSHQARISH REJIMLARINI ANIQLASH USULLARINING TAHLILI

To‘ychiyev O.A.,

PhD, Toshkent Turin politexnika universiteti mustaqil izlanuvchisi

ANNOTATSIYA

Maqolada elektr-gibrid yuritmalı avtomobilning boshqaruv parametrlari va boshqarish rejimlarini aniqlash usullarining tahlili keltirilgan. Ishlab chiqilgan va taqdim etilgan ko‘plab nazorat strategiyalari mavjud. Ularning aksariyati gibrid elektr transport vositalarini boshqarish strategiyalarining kengayishi bo‘lib, PHEV muhim masofada faqat elektr rejimida ishlash qobiliyati natijasida taqdim etadigan haqiqiy salohiyatni maksimal darajada oshirmaydi. Ushbu maqolada zamonaviy nazorat strategiyalari batafsil ko‘rib chiqilgan va tasniflangan. PHEV kontrollerlari asosan qoidaga asoslangan yoki optimallashtirishga asoslangan algoritm asosida ishlaydi, ularning har biri o‘zining afzalliklari va kamchiliklariga ega. Shuningdek, boshqaruvchilarning umumiy ko‘rinishi va turli xil haydash sikli sharoitida PHEV samaradorligini oshirish uchun qaysi strategiya ko‘proq mos kelishini tahlil qilish muhokama qilingan.

Kalit so‘zlar: *gibrid elektr transport vositalarini, boshqaruv rejimlari, boshqaruv parametrlari, kontroller, elektr zaryadi, ichki yonuv dvigateli, elektr quvvati*







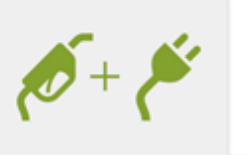



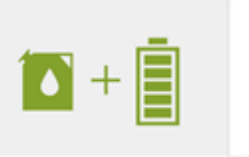





ABSTRACT

The article presents an analysis of control parameters and methods of determining control modes of an electric-hybrid vehicle. There are many control strategies that have been developed and presented. Most of these are extensions of hybrid electric vehicle driving strategies that do not maximize the true potential that PHEVs offer as a result of their ability to operate in electric-only mode over significant distances. Modern control strategies are reviewed and classified in detail in this article. PHEV controllers mainly operate on rule-based or optimization-based algorithms, each with its own advantages and disadvantages. Also discussed is the overview of controllers and the analysis of which strategy is most suitable to increase the efficiency of PHEV under different driving cycle conditions.

Key words: *hybrid electric vehicles, control modes, control parameters, controller, electric charge, internal combustion engine, electric power*

PHEVlar jadal rivojlanayotganligi sababli, PHEVlarni tavsiflash va taqqoslash uchun turli xil tasniflar taklif qilingan [1-3]. Ushbu tasniflar turli nuqtai nazardan

qaraladi, chunki PHEVlar texnologiya, komponentlar, harakatlantiruvchi poezdlar va boshqaruv algoritmlarida farqlanadi, ayniqsa komponentlar muhim rol o'ynaydi. PHEV larning yonilg'i tejash salohiyatidan yaxshiroq foydalanish uchun yangi kontrollerlarni ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar qilingan. Ushbu kontrollerlarning aksariyati HEV uchun mo'ljallangan ko'plab kontrollerlarning kengaytmalari bo'lib, ular faqat elektr yuritma qobiliyatini va kattaroq batareya to'plami tufayli qo'shimcha tushirish diapazonini o'z ichiga olgan holda o'zgartirilgan.

					
	IYD (ICE)	Gibrid	PHEV	EV	
Energiya manbai					
Energiya iste'moli					
Chiqindi gazlar					Chiqindi gazlarsiz

1-rasm. Avtotransport vositalarining yoqig'i iste'moli bo'yicha turlari¹

Manbada [1] birinchi navbatda PHEV ning ishlash rejimlarini tavsiflash uchun tez-tez ishlatiladigan terminologiya muhokama qilinadi. PHEV, avvalroq ta'riflanganidek, faqat dvigatel, faqat elektr mashina yoki ikkita manbadan bir-biri bilan birgalikda foydalanish orqali harakatlanish uchun energiya ta'minlash potentsialiga ega bo'lishi mumkin. Energiya saqlash tizimining (ESS) zaryadlangan holati (SOC) harakat quvvatini ta'minlovchi energiya manbasiga qarab vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. SOCning harakati ESS qaysi rejimda ishlashini tasvirlash uchun ishlatiladi, ya'ni zaryadlovchini ushlab turish (CS), elektr transport vositasi (EV) va zaryadni yo'qotish (CD) rejimlari kabi [4].

Elektr transport vositasi rejimi - bu avtomobil oldindan belgilangan siklni tugatmaguncha yoki ma'lum bir SOCga javob bermaguncha faqat elektr mashinasining energiyasidan foydalangan holda faqat elektr rejimida ishlaydi. Odatda, oldindan belgilangan SOC qiymati energiya saqlash tizimining SOCL hisoblanadi va bu qiymat zaryadni yo'qotish rejimiga qaraganda tezroq erishiladi. Bunday holatda

¹ <https://www.skoda-storyboard.com/en/emobility/types-of-electric-vehicles-do-you-know-them-all/>

dvigatel faqat elektr mashinasi avtomobilning yuk talablarini qondira olmasa, ishga tushadi.

Avtomobil elektr quvvati, dvigatel yoki har ikkalasining quvvatidan foydalangan holda ishlayotganida, batareya zaryadining holati aniq kamayadi. ESS dastlab CD rejimida, keyin esa EV rejimiga o'xshash CS rejimiga o'tadi. CD rejimida ESS asosiy energiya manbai bo'ladi, dvigatel esa ikkilamchi energiya manbai bo'ladi. Ushbu rejimdagi avtomobillar kerak bo'lganda ESS SOCni to'ldirish uchun CS rejimida ishlashni tanlashi mumkin².

PHEVning keng tarqalgan tasniflaridan ba'zilari: kilometr, dvigatel topologiyasi, AER asosidagi PHEVx, PHEVx neftning siljishiga asoslangan, quvvat darajasiga asoslangan va yangi plug-in gibril elektr omil (Pihef) kabilar. Ikkinchisi PHEV uchun keng qamrovli taqqoslash/tasniflashni ta'minlaydi. Ushbu manbalarda batafsil ko'rib chiqilganidek, PHEVni optimallashtirishda boshqaruvchi muhim rol o'ynashiga qaramay, PHEVlarni qanday ishlashiga qarab tasniflaydigan faqat bitta tasnif mavjud. Bu quvvat darajasining tasnifi bo'lib, PHEVlarni ishlashiga qarab uchta guruhga ajratadi: (1) aralash, (2) diapazonni kengaytiruvchi va (3) o'rtada. PHEVlar, shuningdek, avtomobilda ishlatiladigan boshqaruvchini boshqaradigan matematik modellar asosida tasniflangan. Biroq, bu yondashuv PHEVga alohida murojaat qilmaydi, lekin matematik model va tasnif shunga o'xshash boshqaruvchidan foydalanadigan har qanday tizim uchun haqiqiy bo'lib qoladi. Ushbu hujjat PHEVlarning boshqaruv mantig'i va ishlashiga asoslangan yangi tasnifni taklif qiladi[5].

Taqdim etilgan ko'plab turli xil algoritmlar mavjud bo'lsada, ularning barchasini PHEV ishlaydigan turli rejimlarga asoslangan uchta asosiy tasnifga guruhlash mumkin.

A. To'liq elektr + an'anaviy

Ushbu tasnif PHEVlardan iborat bo'lib, ular dastlab ESSdan olingan energiya avtomobilni harakatga keltirish uchun ishlatilgunga qadar EV rejimida ishlaydi. Keyinchalik avtomobil an'anaviy gibril bo'lmagan avtomobil sifatida ishlashda davom etadi. Safarning qolgan qismini harakatga keltirish uchun barcha energiya dvigatel tomonidan ta'minlanadi. O'zining soddaligi tufayli ushbu usul ichki yonuv dvigatellari (IYOD) avtomobillarini bozordan keyingi qayta jihozlash plaginiga o'tkazish uchun dastlabki qiziqish uyg'otadi. Bunday konversiya texnologiyalari yetuklashgani sari to'liq elektr diapazonidan keyingi an'anaviy rejim gibril rejimga almashtiriladi.

² Williamson, Sheldon S. et al. "Comprehensive drive train efficiency analysis of hybrid electric and fuel cell vehicles based on motor-controller efficiency modeling." IEEE Transactions on Power Electronics 21 (2006): 730-740.

B. To‘liq elektr + gibrid

PHEV oldindan belgilangan mezonlarga erishgunga qadar (ya’ni, ESS ning SOC oldindan belgilangan qiymatga yetguncha va hokazo) avvaliga EV rejimida yoki CD rejimlarida ishlaydigan barcha transport vositalari, keyin esa CS ga o‘tish orqali HEV sifatida ishlashda davom etadilar. rejimlar ushbu guruhga kiradi. Avtomobil zaryadni ushlab turish rejimiga o‘tgandan so‘ng, SOC o‘zgaruvchan diapazoni torroq bo‘ladi, chunki ESS o‘tishdan oldin uning past qiymatiga yaqin zaryadsizlanadi.

C. Aralash

PHEV yuritmasining maksimal samaradorligi uchun har bir quyi tizimni optimallashtirish va harakat boshidan boshlab harakatlanish uchun elektr harakat mashinasi va dvigateldan foydalanadigan boshqaruv strategiyalari aralash boshqaruv strategiyalari sifatida tasniflanadi. Harakat oxirida SOCL ga yetib boradigan tizim ajoyib stsenariy deb hisoblanadi. Safar tugashidan oldin bu qiymatga erishilmasligi muhimdir. Aralash tirilgan boshqaruv strategiyasi CD-CS boshqaruv strategiyasiga aylanishi mumkin.

Biz haydash davri davomida CS rejimida ishlaydigan transport vositalari uchun to‘rtinchi toifani ham ko‘rib chiqishimiz mumkin. Bu avtomobillar deyarli kattaroq akkumulyatorli gibrid elektr transport vositalaridir. Biroq, bu kattaroq paket avtomobilga SOC tebranishlarining ancha katta diapazoniga ega bo‘lishiga imkon beradi, bu esa avtomobilga sezilarli darajada ko‘proq elektr energiyasini chiqarishga imkon beradi va shu bilan o‘rtacha haydash siklida ko‘proq elektr quvvatini ta’minlaydi. Bundan tashqari, ular to‘xtash va harakatlanish vaqtida elektr rejimida ishlashning qo‘shimcha moslashuvchanligiga ega bo‘lib, an’anaviy gibrididagi kabi batareyalarni qayta zaryadlash uchun dvigatelni ishga tushirmasdan batareyani tezda zaryadsizlantirishga imkon beradi [6].

Barcha PHEV va HEV boshqaruv strategiyalarining asosiy vazifasi avtomobilning yoqilg‘i tejankorligi, unumdorligi va/yoki emissiyasini yaxshilaydigan tarzda ishlashiga imkon beradigan chiqish signallarini hisoblash uchun kirish signallaridan foydalanishdir. An’anaviy strategiyalar chiqish signallarini ishlab chiqarish uchun kirish signallarini o‘zgartiradigan tarzda tubdan mos keladi. Ushbu mustahkamlik sifati ham afzalliklarga, ham kamchiliklarga ega. Afzallik shundaki, izchillik katta ishonchlilikka olib keladi. Bunday mustahkamlikka ega bo‘lishning kamchiligi shundaki, u avtomobilning harakatlantiruvchi yuritmasidagi parametr o‘zgarishlariga yaxshi moslasha olmaydi. Ushbu o‘zgarishlar odatda haydash davri, haydash naqshlari va xatti-harakatlari bilan bog‘liq. Avtotransport vositalarining eskirishi va har doim ham foydalanilmasligi parametrlardagi o‘zgarishlarga qo‘shilishi kerak edi. Shu sababli, izchil boshqaruv strategiyasi

haydash sharoitlari yoki naqshlarining o'zgarishiga moslasha olmaydi va yuqori yoqilg'i tejamkorligini ta'minlay olmaydi, bu esa quvvatdan optimallashtirilmagan holda foydalanishga olib keladi [7].

Gibrid elektr transport vositalarini boshqarish strategiyalarini ishlab chiqish, amalga oshirish va optimallashtirish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borildi. Bugungi kunda sotuvda mavjud bo'lgan ko'plab HEVlar mavjud bo'lib, ular real vaqt rejimida sinovdan o'tkazish va ushbu kontrollerlarni batafsil tahlil qilish imkonini berdi. Shuning uchun, HEVs uchun mo'ljallangan kontrollerlarning aksariyati PHEVlarda foydalanish uchun o'zgartirilishi/moslashtirilishi muqarrar.

A. To'liq elektr diapazoni

Hozirda PHEV uchun taklif qilinayotgan kontrollerlarning aksariyati HEV kontrollerlariga asoslangan va ular asosida yaratilgan. Bu PHEV kontrollerlarini muhokama qilish va tushuntirishda HEV kontrollerlari bilan bir-biriga mos kelishiga olib keladi. Ko'pgina xususiyatlar, shu jumladan, ushbu kontrollerlar HEV'lar uchun ishlash va amalga oshirish bo'yicha ko'rsatadigan afzalliklari va kamchiliklari PHEV'lar uchun ham amal qiladi. Biroq, ushbu kontrollerlarning ko'pchiligi PHEV ning to'liq elektr diapazoni/potentsiali tufayli PHEV uchun optimallashtirilgan kontrollerni ta'minlashda etishmaydi. To'liq elektr diapazoni HEV bilan solishtirganda masofa va samaradorlikni oshirish va chiqindilarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega bo'lsa-da, u universal boshqaruvchini optimallashtirish nuqtai nazaridan dizayn muhandislari uchun muammolarni keltirib chiqaradigan boshqaruv dizayniga sezilarli murakkablik qo'shadi.

Takrorlash uchun, PHEV ishlashi safarga bog'liq. Misol uchun, harakat masofasi avtomobilning to'liq elektr diapazoniga yaqin bo'lgan vaziyatda harakatlanish uchun zarur bo'lgan energiyaning muhim qismi elektr yuritma tizimi tomonidan ta'minlanadi. Bu avtomobil tomonidan kam yonilg'i sarflanishi sababli yuqori masofa va past emissiya qiymatiga olib keladi. Batareya to'plami hajmi kattalashgan yoki harakat masofasi qisqargan vaziyatda, masofa avtomobilning to'liq elektr diapazonidan kamroq bo'lsa, avtomobilning yurishi eksponent ravishda oshib, abadiylik qiymatiga etadi.

B. Dvigatelni yoqish/o'chirish

Dvigatelni yoqish va o'chirish qobiliyati bilan maqtanadigan bir nechta gibrid avtomobillar mavjud. Biroq, bu PHEV-da samaraliroq va samaraliroq amalga oshirilishi mumkin, chunki u avtomobilni faqat elektr rejimida sezilarli masofada harakatlantirish va elektr motoridan foydalangan holda avtomobilni ishga tushirish qobiliyatiga ega. PHEV boshqaruv strategiyasining afzalligi dvigatelni talab qilinmaganda va u ishlamay qolganda o'chirishdir. Dvigatel, shuningdek,

boshqaruvchi tomonidan belgilangan mezonlar to'plamidan so'ng CD rejimida tavsiflanganidek, avtomobil yukini faqat elektr qo'zg'atuvchi tizim tomonidan qondira olmaganida ham yoqilishi kerak. Shuning uchun, masalan, tirbandlikda, vosita har safar tezlashganda dvigatelni ishga tushirishdan ko'ra, u elektr rejimida bo'lishi mumkin. Bu avtomobilning umumiy samaradorligini oshiradi va tirbandlik paytida chiqindilarni kamaytiradi.

Mantiq bo'yicha vosita odatda uchta mezonga asoslanadi, so'ralgan quvvat va chegara, akkumulyator SOC va elektr motorining kerakli quvvatni ta'minlash qobiliyati. Dvigatelning uzluksiz ishlashini ta'minlash uchun dvigatelni yoqish va o'chirish vaqtlari minimal vaqt oralig'i bilan belgilanadi. Dvigatelni yoqishni kechiktirish PHEV ning regenerativ potentsialini oshiradi va masofani yanada yaxshilaydi. Dvigatelni yoqish/o'chirish mezonlarini aniqlashdan oldin tegishli boshqaruv strategiyalarida dvigatelning bir necha marta ishga tushirilishining masofa va emissiyaga ta'sirini tahlil qilish muhimdir.

C. Umumiy nazorat strategiyasining tasnifi

PHEV ishlashini optimallashtirish uchun ko'plab nazorat strategiyalari taklif qilingan. Ular gibril topologiya [8-9], quvvat darajalari [10] va boshqaruvchining matematik harakati va tuzilishi kabi turli mezonlar yordamida tasniflanishi mumkin. Ikkinchisiga asoslanib, PHEV kontrollerlari ikki guruhga bo'lingan. Qoidalarga asoslangan kontrollerlar va optimallashtirishga asoslangan kontrollerlar. Ushbu guruhlar qo'shimcha ravishda har biri qanday amalga oshirilishiga qarab ikkita kichik bo'limga bo'lingan.

Qoidalarga asoslangan boshqaruv strategiyalari ma'lum bir haydash davri uchun eng yaxshi yoqilg'i tejash, samaradorlik, ishlash va/yoki emissiyaga erishish uchun sozlangan. Ular tizim tomonidan belgilangan qoidalar, mezonlar to'plami asosida ishlaydi. Masalan, taksi kabinalari va avtobuslar kabi PHEV-larda tez-tez to'xtash va ketish paytida eng yaxshi ishlash (eng yuqori yoqilg'i tejash) uchun sozlangan boshqaruv strategiyalari mavjud. Qoidalarga asoslangan boshqaruv strategiyalari deterministik bo'lib, oldindan belgilangan mezon yondashuvi yoki noaniq mantiq yordamida amalga oshirilishi mumkin [11].

Gibril elektr transport vositasini boshqaradigan vosita tizimining ishonchliligi va barqarorligini oshirish uchun gibril elektr transport vositasining ishlash parametrlariga ko'ra, gibril elektr transport vositasi uchun yuritma vosita tizimi ishlab chiqilgan va tahlil qilingan [12]. Gibril elektr transport vositasining ishlash parametrlariga asoslanib, doimiy magnit sinxron motorning (PMSM) quvvat parametrlari hisoblab chiqiladi va aniqlanadi, so'ngra stator yadrosi, doimiy magnit va rotor yadrosi parametrlari loyihalashtiriladi va hisoblab chiqiladi. chunki

harakatlantiruvchi vosita tizimining boshqa asosiy xarakterli parametrlari hisoblanadi. PMSM modeli ANSOFT Maksvell tomonidan olingan vosita parametrlariga muvofiq oʻrnatiladi va simulyatsiya qilinadi, soʻngra harakatlantiruvchi vositaning barqaror holati va vaqtinchalik holati turli ish nuqtalarida simulyatsiya qilinadi va elektromagnit va ishlash egri chiziqlari umumiy qiymatni aniqlash uchun birlashtiriladi. gibridd elektr transport vositasiga mos kelish uchun ishlatilishi mumkin boʻlgan yuritma dvigatelning ishlash talablari. Simulyatsiya natijalari shuni koʻrsatadiki, ishlab chiqilgan PMSM gibridd elektr transport vositasiga mos kelishi va avtomobilning ishlash talablariga javob berishi uchun ishlatilishi mumkin. Yakuniy simulyatsiya tahlili natijalari nazariy hisoblash natijalari bilan yaxshi mos keladi, bu esa ushbu usuldan kelajakda elektr transport vositasining gʻildirak ichidagi motorini optimallashtirish va aylanish momentini kamaytirish uchun nazariy asos yaratish uchun foydalanish mumkinligini koʻrsatadi [13].

Yuqoridagi havolalar tahliliga asoslanib, ushbu maqola gibridd elektr transport vositasini boshqaradigan dvigatelning dizayn xususiyatlari va ishlash talablari bilan birlashtirib, Maksvell gibridd elektr transport vositasining harakatlantiruvchi motorini simulyatsiya qilish va tahlil qilish, uni turli yoʻl sharoitlariga moslashtirish va yuqori samaradorlik va past emissiya talablariga erishish uchun gibridd elektr transport vositasining ishlash parametrlariga muvofiq harakatlantiruvchi dvigatel tizimini loyihalashtiradi va ANSOFT magnit maydon tahlil dasturidan foydalanadi.³

Gibridd elektr transport vositasi odatda haydovchining ongini oʻzgartirishi va haqiqiy boshqa yoʻl bilan ishlaydigan holatini oʻzgartiradi, shuning uchun u odatda ishlash talabi boʻyicha odatdagi haydash motoridan qattiqroq boʻladi. Kam yoʻqotish, katta tezlik diapazoni va yaxshi ishlashga ega PMSM tufayli u gibridd elektr transport vositasini boshqarish xususiyatlariga mos keladi [14].

Doimiy magnitning tuzilishiga koʻra, rotorning magnit sxemasi tuzilishi sirt oʻrnatish turiga, oʻrnatilgan turga va tirnoqli qutb turiga boʻlinishi mumkin [15]. Sirt oʻrnatish tipidagi rotor radial tuzilish xususiyatlariga ega boʻlgani uchun va oddiy ishlab chiqarish jarayoni PMSM ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishi mumkin. Shuning uchun, ushbu maqola sirtni oʻrnatish turi rotorli magnit sxema tuzilishini tanlaydi [16].

Gibridd elektr transport vositasi (HEV) faqat benzin va dizel dvigatellari bilan ishlaydigan avtomobilga qaraganda ancha samarali va toza ekanligi yaxshi tan olingan [17]. Bundan tashqari, HEV akkumulyatorli elektr transport vositasiga (EV) qaraganda yuqori transport vositasining ishlashi va foydalanuvchi tomonidan maqbul

³ Chen Q., Liao C., Ouyang A., Li X., Xiao Q. Research and development of in-wheel motor driving technology for electric vehicles. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles, Vol. 8, Issue 3, 2016, p. 242-254.

ekanligi e'tirof etilgan. Biroq, batareya quvvati barqaror ishlash strategiyasi bilan HEVda ishlatiladigan barcha energiya hali ham fotoalbom yoqilg'i, asosan benzin va dizelni yoqishdan kelib chiqadi. Atrof-muhit va energiya ta'minoti nuqtai nazaridan, EV HEV ga nisbatan parda afzalliklariga ega, asosan nol emissiya, neftga asoslangan energiya ta'minotining mustaqilligi va ehtimol past ish xarajati. EV ning asosiy kamchiliklari qisqa ishlash diapazoni va uzoq batareya zaryadlash vaqtidir. Bundan tashqari, ma'lumki, batareya quvvatining faqat bir qismi zaryadlangan HEV uchun sarflanadi, bunda batareyaning zaryadlanish holati (SOC) o'zgarishi tor oynada cheklangan [18]. Bu fakt bortdagi akkumulyator energiyasining katta qismi foydalanilmay qolib ketishini anglatadi.

Neft yoqilg'isining bir qismini almashtirish uchun kommunal tarmoqdan energiya saqlashga zaryadlangan energiyadan foydalanish vilkaga ulanadigan gibrid elektr transport vositalarining asosiy xususiyati hisoblanadi. Plug-in gibrid elektr transport vositasi (PHEV) gibrid elektr transport vositasining bir turi bo'lib, u sof EV ishlashining ma'lum masofasi uchun batareya energiyasidagi energiyadan to'liq foydalanish uchun ataylab ishlab chiqilgan va boshqariladi⁴. U sof EV va zaryadsiz HEV (CS HEV) ning afzalliklariga ega. Bir kechada zaryadlangandan so'ng energiya zahirasi yuqori energiya holatida bo'lsa, avtomobil sof EV rejimi yoki zaryadni yo'qotish (CD) rejimida ishlashi mumkin. Ushbu operatsiya davrida barcha energiya energiyani saqlash orqali etkazib beriladi. Energiya zahirasining energiyasi ma'lum bir past darajaga, masalan, 30% ga yetganda, energiya saqlash xususiyatlariga qarab, vosita ishga tushiriladi va avtomobil doimiy zaryadlash (CS) rejimiga o'tadi. CS rejimida energiya zahirasidagi energiya harakat oxirigacha shu darajada saqlanadi. Keyin energiya to'plami elektr tarmog'ini zaryadlash orqali to'liq holatiga zaryadlanadi.

Shubhasiz, PHEV sof EV va CS HEV ning ishlash xususiyatlariga ega. Sof EV va CS HEV ga nisbatan odatiy afzalliklari: (1) kommunal tarmoqdan keladigan elektr energiyasi bilan katta miqdordagi yoqilg'ini almashtirish, (2) harakat paytida tarmoqdan energiyani saqlash uchun zaryadlashning hojati yo'q, (3) yoqilg'i sarfi va emissiya paytida yonilg'i sarfi yo'qligi. sof EV rejimi va CS rejimida kam yoqilg'i sarfi va emissiya.

Neft yoqilg'isining bir qismini almashtirish uchun kommunal tarmoqlardan energiya saqlashga zaryadlangan energiyadan foydalanish vilkaga ulangan gibrid elektr transport vositalarining asosiy xususiyati hisoblanadi[99-100]. Elektr energiyasi bilan almashtirilgan neft yoqilg'isi miqdorining ulushi asosan kommunal

⁴ Li, Xuefang et al. "Real-time Adaptive Heuristic Control Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicles." *IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (2018): 2133-2138.

tarmoqdan qayta zaryadlangan elektr energiyasi miqdoriga bog‘liq. Ya’ni, energiya zahirasi energiya sig‘imi va qayta zaryadlash orasidagi umumiy haydash masofasi, bu odatda kunlik haydash masofasi va haydash davri xususiyatlari va avtomobilni boshqarish strategiyalari bilan bog‘liq bo‘lgan elektr energiyasidan foydalanish profillari. Optimal dizayn, ayniqsa energiyani saqlash uchun, ba’zi tipik muhitlarda kunlik haydash masofasini tushunish juda foydali.

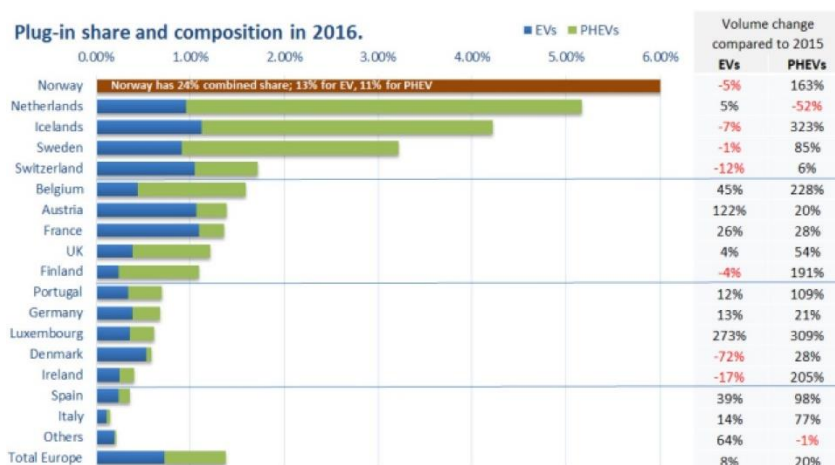
Maqsadga ko‘ra, barcha elektr diapazonining (AER) bir necha o‘nlab kilometr (mil) yoki zaryadsizlanish diapazoni (CDR) bo‘lishi va ulangan tarmoqdan zaryadlangan, plaginga o‘rnatilgan gibrid elektr transport vositasi (PHEV) yonilg‘ining katta miqdorini elektr quvvati bilan almashtirishi mumkin. energiya. Ushbu texnologiya transport uchun yoqilg‘i ta’minoti stsenariysini sezilarli darajada o‘zgartirishi mumkin. Ushbu maqolada ishlab chiqilgan dizayn metodologiyasi AER yoki CDR ko‘rsatilgan haydovchi poezdni loyihalash uchun ishlatilishi mumkin. Ushbu maqolada ishlab chiqilgan boshqaruv strategiyasi avtomobilni boshqarishda barcha elektr ishlarini, zaryadning kamayishi va zaryadning barqaror ishlashini amalga oshirish uchun ishlatilishi mumkin. Ishlab chiqilgan boshqaruv strategiyasi, shuningdek, dvigatelni har doim o‘zining past yoqilg‘i iste’moli hududida boshqarishi mumkin, bu esa yuqori umumiy samaradorlikni ta’minlaydi. Ushbu maqolada ishlab chiqilgan dizayn metodologiyasi va nazorat qilish strategiyasi FTP 75, odatiy shahar haydash siklida yengil avtomobil haydash simulyatsiyasi bilan tasdiqlangan [19].

Elektr transport vositalari (EVs), gibrid elektr transport vositalari (HEVs) va plug-in gibrid elektr transport vositalari (PHEVs) diffuziyasining ko‘payishi fotoalbum suyuq yoqilg‘idan foydalanishni kamaytirishning eng samarali usuli sifatida qaralmoqda. EV lar jahon bozorida o‘z o‘rnini egalladi va ularning ulushi doimiy ravishda ortib bormoqda (Shareef et al. (2016)). EV va HEVlarning Yevropa bozoridagi ulushini 1.6-rasmda ko‘rish mumkin (Electric Vehicles World Sales Database (2016)) [20].

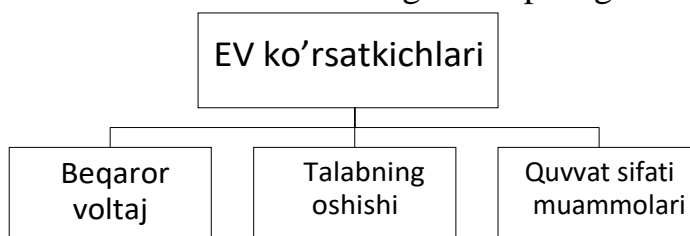
Transportni elektrlashtirish energetika tizimi rahbarlarining diqqat markazida. Aslida, shaharlarda CO₂ emissiyasini kamaytirishning afzalliklariga qaramay, EVlarning katta tarqalishi energiya tizimining ishlashiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi (Marra va boshq. (2017)). EV larning energiya tizimiga ta’sirini 1.7-rasmda ko‘rsatilganidek, uchta toifaga bo‘lish mumkin. Elektr tarmog‘iga elektr energiyasining ta’sirini chuqur tahlil qilish ushbu tadqiqot ob’ekti emas (Shareef et al. (2016)).

Tarmoqning o‘zini qo‘llab-quvvatlash va yuqori yuklanish cho‘qqilarini kamaytirish uchun elektr tarmog‘iga kuchli integratsiyaga ega bo‘lishning aniq zarurligiga qaramay, elektr energiyasini quvvatlantirish stantsiyalarining mustahkam

infratuzilmasini yaratish zarurati mavjud. EVs zaryadlash davri. Ushbu tadqiqotda mualliflar hajmli kompressor va kengaytirgichli siqilgan havo energiyasini saqlash (CAES) tizimiga asoslangan qayta zaryadlash stantsiyalariga murojaat qilish imkoniyatini tahlil qildilar. Kompressor ham, kengaytirgich ham o‘zaro harakatlanuvchi mexanizmlar bo‘lib, ularning dizayni (ya’ni, har bir bosqichning siljishi) havoning kirish va chiqish haroratidagi cheklovlar bilan zarur quvvatdan boshlab hisoblanadi.



2.-rasm. EV va PHEVlarning Yevropadagi ulushi



3-rasm. EVlarning energiya tizimiga ta'siri

CAESning energiya saqlash tizimi sifatida integratsiyalashuvi energiya tizimiga ta'sir qilish nuqtai nazaridan kunlik siklda tahlil qilindi. Yuqori soatlarda elektr energiyasini tarmoqdan tortib olishni oldini olish uchun jarima funksiyasi ham ishlab chiqilgan.

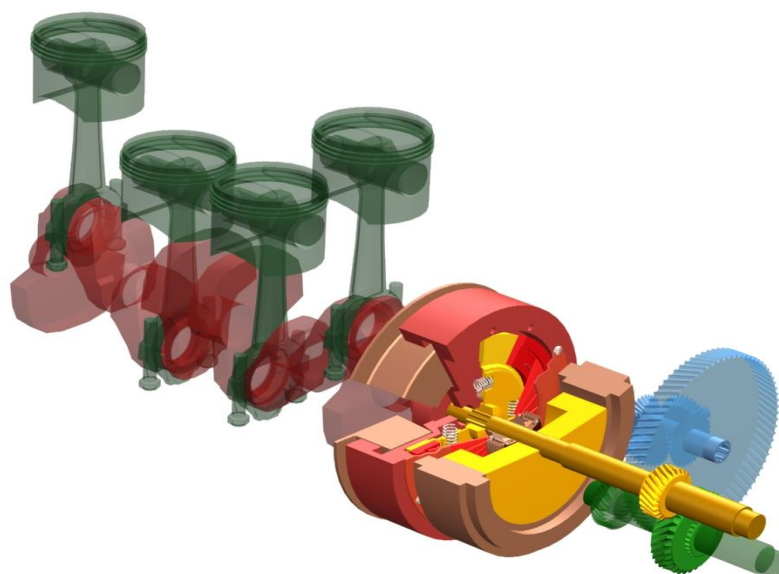
STRIGEAR tizimi ham Stridsberg Powertrain AB (Shvesiya) tomonidan ishlab chiqilgan birlashtirilgan gibrid tizimdir.

Ushbu turdagi gibrid tizimning komponentlarining umumiy ko‘rinishi va ulanish sxemasi mos ravishda 2- va 3-rasmda ko‘rsatilgan.

Quyida STRIGEAR gibrid tizimining boshqa turdagi gibrid tizimlarga nisbatan afzalliklari keltirilgan(4-rasm):

- Ichki yonuv dvigatelidan tortib etakchi g‘ildiraklarga yuqori FIK;

- Planet gibrid yuritma tizimlariga qaraganda kamroq quvvatga ega elektr dvigatelidan foydalanish mumkin, chunki uzatiladigan quvvatning kichikroq qismi u orqali o‘tadi;
- Mexanik quvvat uzatilishi tufayli tezlashuv vaqtida yuqori quvvat;
- Elektr dvigatel va/yoki batareya ishlaymay qolganda ham harakatlanish imkoniyati;
- ichki yonuv dvigatelining past tezlik rejimida ishlashi tufayli kamroq shovqin;



4-rasm. Avtomobilning STRIGEAR turdagi gibrid yuritmasining umumiy ko‘rinishi

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif qilinayotgan tizim elektr energiyasini qayta zaryadlash uchun zarur bo‘lgan quvvat elektr tarmog‘idan ta‘minlanadigan an‘anaviy stsenariyga nisbatan energiya tizimiga ta‘sirni 75% gacha sezilarli darajada kamaytirishi mumkin [23]. Boshqa tomondan, tavsiya etilgan tizim saqlash talablari uchun energiya tizimidan olinadigan elektr energiyasining umumiy miqdorini oshiradi. Bu tizim samaradorligini 56,7% ga tenglashtiradi.

Ushbu tadqiqotning kelajakdagi rivojlanishi ushbu texnologiyaning cheklovlarini (masalan, kirish va chiqish oqimi, quvvat uzatish, harorat va boshqalar) hisobga olgan holda, bunday dasturni boshqa ommaviy energiya saqlash texnologiyalari bilan, xususan, har xil turdagi kimyoviy batareyalar bilan solishtirishga qaratilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. 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.

2. 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.
3. 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)
4. Salmasi, Farzad Rajaei. "Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles: Evolution, Classification, Comparison, and Future Trends." *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 56 (2007): 2393-2404.
5. 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.
6. 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.
7. 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
8. 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
9. S. Wirasingha, and A. Emadi, "PIHEF: plug-in hybrid electric factor", Submitted to IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Detroit, MI September 2009.
10. 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](https://doi.org/10.1177/0954407019860364)
11. 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](https://doi.org/10.1177/0954409715622501)

12. 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.
13. 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>
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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>
19. Rizzo, G.; Naddeo, M.; Pisanti, C. Upgrading conventional cars to solar hybrid vehicles. *Int. J. Powertrains* **2018**, *7*, 249–280.
20. 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.
21. 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.
22. Costa, E.d.S.; Santiciolli, F.M.; Eckert, J.J.; Dionísio, H.J.; Dedini, F.G.; Corrêa, F.C. Computational and Experimental Analysis of Fuel Consumption of a Hybridized Vehicle; SAE Technical Paper; SAE International: Warrendale, PA, USA, 2014; doi:10.4271/2014-36-0385.
23. Costa, E.d.S.; Eckert, J.J.; Santiciolli, F.M.; de Alkmin e Silva, L.C.; Corrêa, F.C.; Dedini, F.G. Economic and Energy Analysis of Hybridized Vehicle by Means of Experimental Mapping; SAE Technical Paper; SAE International: Warrendale, PA, USA, 2016; doi:10.4271/2016-36-0368.