

ANALYSIS OF STUDIES ON THE SELECTION OF PARAMETERS AND CONTROL MODES OF A HYBRID CAR IN THE SECONDARY MARKET

O. A. Toychiyev

PhD, independent researcher

Tashkent Turin Polytechnic University

Tashkent, Uzbekistan

ABOUT ARTICLE

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

Received: 01.09.23

Accepted: 03.09.23

Published: 05.09.23

Abstract: The article presents an analysis of research on the selection of parameters and control modes of a hybrid car in the secondary market. The conditions and conditions of hybridization of existing cars in the secondary market were studied, the studies carried out so far on the determination and selection of control systems, driving cycles were studied, and the necessary parameters were developed for the market of Central Asia, in particular, Uzbekistan. Also, comprehensive advantages of hybridization of internal combustion engine driven vehicles on the basis of tuning are shown and conclusions are given for future market demands and offers.

IKKILAMCHI BOZORDA GIBRID YURITMALI AVTOMOBIL PARAMETRLARI VA BOSHQARUV REJIMLARINI TANLASH BO‘YICHA TADQIQOTLAR TAHLILI

O. A. To‘ychiyev

PhD, mustaqil izlanuvchi

Toshkent Turin politexnika universiteti

Toshkent, O‘zbekiston

MAQOLA HAQIDA

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

Annotatsiya: Maqolada ikkilamchi bozorda gibrid yuritmal avtomobil parametrlari va boshqaruv rejimlarini tanlash bo‘yicha tadqiqotlar tahlili keltirilgan. Ikkilamchi bozorda mavjud avtomashinalarni gibridlashtirish shartlari, sharoitlari o‘rganilib, boshqaruv tizimlarini, harakat sikllarini belgilash va tanlash bo‘yicha hozirgacha olib borilgan tadqiqotlar o‘rganilib, Markaziy Osiyo, xususan, O‘zbekiston bozori uchun zarur parametrlar ishlab chiqilgan.

Shuningdek, ichki yonuv dvigatelida harakatlanuvchi avtomashinalarni tyuning asosida gibridlashtirishning har tomonlama afzalliklari ko'rsatib o'tilgan va kelgusidagi bozor talablari hamda takliflari uchun xulosalar berilgan.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ НА ВТОРИЧНОМ РЫНКЕ

О. А. Тойчиев

PhD, независимый исследователь

Ташкентский Туринский политехнический университет

Ташкент, Узбекистан

О СТАТЬЕ

Ключевые слова: гибридные электромобили, режимы управления, параметры управления, электрический заряд, внутреннего сгорания, электроэнергия	гибридные управления, контроллер, двигатель	Аннотация: В статье представлен анализ исследований по выбору параметров и режимов управления гибридного автомобиля на вторичном рынке. Изучены условия и условия гибридизации существующих автомобилей на вторичном рынке, проведены исследования по определению и выбору систем управления, ездовых циклов, а также разработаны необходимые параметры для рынка Средней Азии, в г. в частности, Узбекистан. Также показаны комплексные преимущества гибридизации автомобилей с двигателем внутреннего сгорания на основе тюнинга и сделаны выводы относительно будущих потребностей и предложений рынка.
--	---	---

KIRISH

Salerno universiteti tadqiqotchilari dastlab faqat old g'ildiraklar orqali boshqariladigan yonuvchi avtomobilning orqa g'ildiraklariga EM'larni o'rnatish orqali bozordan keyingi gibridizatsiya to'plamini ishlab chiqdilar. Ushbu to'plamning akkumulyatorlari regenerativ tormozlash, to'plamni tarmoqqa ulash va avtomobil tomiga o'rnatilgan quyosh panellari orqali olingan energiya orqali yuklanishi mumkin [1]. Eng yaxshi sharoitlarda, natijada paydo bo'lgan avtomobil yoqilg'i tejamkorligi NEDC bo'yicha 11% ga va FTP 72 haydash siklini hisobga olgan holda 20,5% ga yaxshilanadi [2]. Avtomobil egalari 10 foizi ushbu to'plamni o'rnatishga qiziqish bildirishi kutilmoqda [3-4]. Bundan tashqari, to'plam o'rnatilgan avtomobilning hayot aylanishini baholashni yaxshilaydi va umumiy atrof-muhitga ta'siri yangi gibrid avtomobilni sotib olishdan ko'ra yaxshiroqdir.

Kampinas universitetining Integratsiyalashgan tizim laboratoriyasi (LabSIn) avtomobilning uzunlamasına dinamikasi masalalari va Braziliya stsenariysi uchun bozordan keyingi gibridizatsiya to'plamini ishlab chiqish ustida ishladi. Mintaqaviy bozorda ko'p sonli oddiy transport vositalari

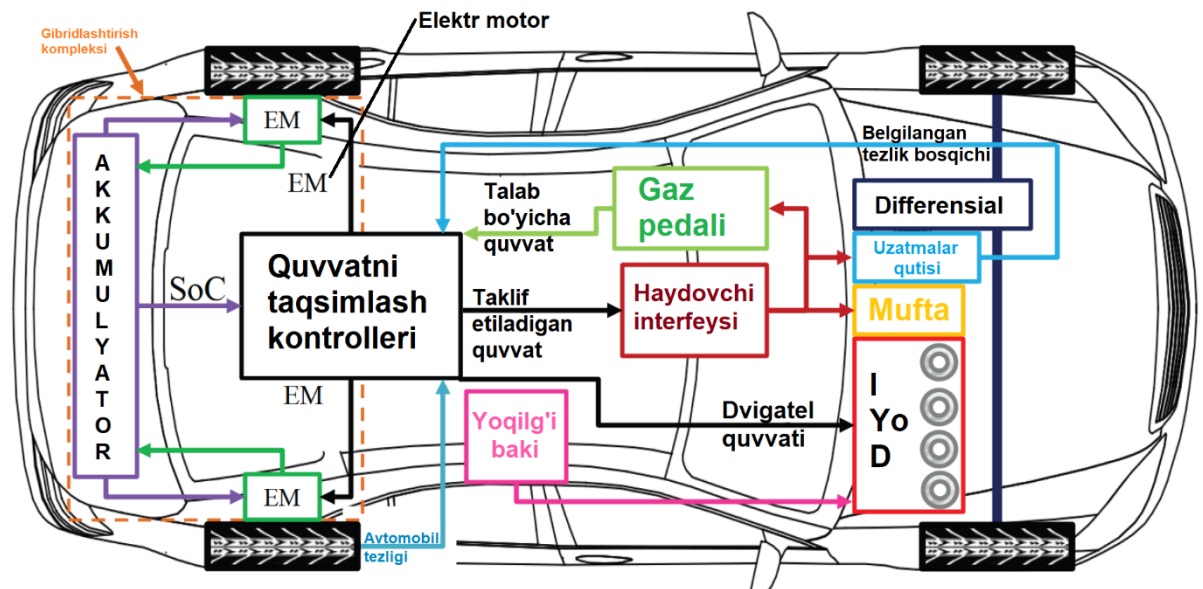
ustunlik qiladi (2018 yilda Kampinas-Siti shahrida 600 000 ta namunalar; San-Paulu shtatida 18 200 000 ta; butun mamlakat bo‘ylab 54 700 000 ta namunalar).

ASOSIY QISM

LabSInning asosiy hissasi an’anaviy avtomobilning orqa g‘ildiraklariga ikkita EM qo‘shilishidan kelib chiqdi (old g‘ildirak ICE tortishish); yoqilg‘i sarfi va vitesni almashtirish strategiyasiga ta’siri eksperimental baholandi. Bunday eksperimental ma’lumotlar an’anaviy transport vositasini gibridlashtirish bo‘yicha virtual tahlilga kiritilgan [5]. Natijada, mos konfiguratsiyalar FTP 75 va US06 haydash sikllarining kombinatsiyasini bajarish narxini 34,18% ga kamaytirishga muvaffaq bo‘ldi. Biroq, yuqorida ko‘rsatilgan tadqiqotlar gibridizatsiya to‘plamining dvigatel chiqindilariga ta’sirini tahlil qilmagan. ICE isitish davrining o‘sishi qo‘shimcha elektr tortish tizimining qo‘shilishi bilan kuchayadi, bu quvvat talabining bir qismini ta’minlaydi va shuning uchun ICE va EM’lar o‘rtasida quvvat taqsimoti bo‘lsa, hosil bo‘ladigan emissiyani oshirishi mumkin bo‘lgan ICE momentini kamaytiradi. Haydashning standart xatti-harakatlaridagi o‘zgarishlar, masalan, vites o‘zgartirish strategiyasini o‘zgartirish, ICE yoqilg‘i sarfini va chiqindilarni kamaytirishi mumkin [6].

2019-yilda LabSIn [7] 1-rasmda ko‘rsatilgan bozordan keyingi gibridizatsiya to‘plamini taklif qildi va simulyatsiya qildi. EM’lar avtomobil to‘xtab turganda elektr tarmog‘idan quvvatlanadigan akkumulyatordan quvvatlanadi. Optimallashtirish yonilg‘i va elektr energiyasining har xil stsenariylari bo‘yicha vites o‘zgartirishning eng yaxshi strategiyasini, EM momentining egri chizig‘ini va batareya hajmini aniqlash uchun o‘tkazildi va xarajatlarning o‘zgarishi bo‘yicha ishonchli echimlar tanlandi. Bundan tashqari, u standartdan farq qilishi mumkin bo‘lgan mahalliy haydash tsikli deb hisoblanmagan va avtomobil uchun yanada optimallashtirilgan echimlarga olib kelishi mumkin [8].

Shu sababli, ushbu [8] tadqiqotning maqsadi bozordan keyingi gibridizatsiya to‘plamini ko‘p maqsadli optimallashtirishni o‘tkazishdir. Optimallashtirish muammosi masofani bosib o‘tish narxini (yonilg‘i sarfi va batareyani zaryadlash nuqtai nazaridan) kamaytirish, egzoz quvvatlari chiqindilarini kamaytirish va batareya massasini kamaytirish uchun tuzilgan. Tanlangan dizayn o‘zgaruvchilari EM’larning moment egri chiziqlari, batareya quvvati, vites o‘zgartirish strategiyasining parametrlari va quvvatni taqsimlashni boshqarish parametrlari. Bundan tashqari, ushbu tadqiqot Campinas haydash tsikliga asoslanadi, u haqiqiy dunyodagi haydash stsenariysida eksperimental ravishda olingan. Mahalliy haydash tsikllari mahalliy xaridorga e’tibor qaratib, bozordan keyingi gibridizatsiya vositasining mumkin bo‘lgan yutuqlarini yanada aniqroq tahlil qilish imkonini beradi.



1-rasm. Gibrillashtirish to'plami uchun tavsiya etilgan yig'ish.

Ushbu manbada [9] dastlab yonish dvigateli tomonidan boshqariladigan avtomobilni PHEV ga aylantiradigan bozordan keyingi gibrizatsiya to'plami taklif qilingan. Mahalliy haydash siklini bajarish uchun umumiy xarajatlarni (yoqilg'i sarfi va batareyani zaryadlash bo'yicha) kamaytirish, egzoz quvurlari chiqindilarini kamaytirish va akkumulyator massasini kamaytirishga qaratilgan optimallashtirish muammosi ishlab chiqildi, bu esa arzon narxlardagi gibrizatsiya to'plamiga olib keladi. Ba'zi dizayn o'zgaruvchilari hisobga olindi; ular batareyalarning sig'imi va og'irligini, EM'larning kuchi va momentini, vitesni almashtirish strategiyasini va PMC strategiyasini o'zgartirishi mumkin edi. Mijozning ehtiyojlarini inobatga olgan holda, to'plamni optimallashtirish mahalliy haydash tsikliga mos keldi va u duch keladigan haqiqiy xizmat yuklarini aks ettirgan.

Haydash davri o'rnatilgandan so'ng, i-AWGA yordamida optimallashtirish jarayoni amalga oshirildi, u to'plamning optimal konfiguratsiyasining Pareto chegarasini topishga muvaffaq bo'ldi. Ushbu echimlardan ba'zilar tanlanishi mumkin, masalan, sayohat xarajatlarini yoki chiqindilarni yanada pasaytiradigan, natijada transport vositalari yuqori darajada elektrlashtirilgan. Ushbu echimlar o'z transport vositalariga ko'proq og'irlik qo'shishga moyil bo'lgan va sotib olish narxi yuqori bo'lgan to'plamni sotib olishga moyil bo'lgan mijozlar uchun mos edi (katta batareya paketlarining narxi tufayli)[10].

Boshqa tomondan, kichik batareya og'irligi bilan optimal konfiguratsiyani topish mumkin, bu esa kichik xarid narxiga olib keladi va sayohat xarajatlari va chiqindilarni kamaytirishda samarasiz bo'ladi.

Agar qoida tariqasida batareya o'lchamidan foydalanilgan bo'lsa, Pareto chegarasida kerakli indeksni sezilarli darajada kamaytirish uchun boshqa maqbul echimlarni topish mumkin edi, ammo to'plamning ortiqcha bo'lmagan qo'shimcha og'irligi bilan[11].

Bundan tashqari, optimallashtirish algoritmi bozordan keyingi gibrizatsiya to'plamining yana bir konfiguratsiyasiga olib keldi, bu optimallashtirish mezonlari orasida yaxshi o'zaro kelishuvni taqdim etdi. Ushbu optimal konfiguratsiyalarning har biri yig'ilgan elektr motorlar va batareyalar natijasida qo'llaniladigan elektrlashtirish darajasiga ko'ra, umumiy energiya (yoqilg'i va elektr energiyasi) va dvigatel chiqindilarining yaxshilanishini taqdim etdi.

Nihoyat, taqdim etilgan natijalar shuni ko'rsatdiki, faqat yonish dvigateli bilan harakatlanadigan an'anaviy transport vositasini PREV ga aylantirish orqali ekspressiv yaxshilanishlarga erishish mumkin. Biroq, bu tadqiqot faqat nazariy bo'lib, taklif qilingan kontseptsiyaning amalga oshirilishini ta'minlash uchun boshqa qadamlar kerak[12].

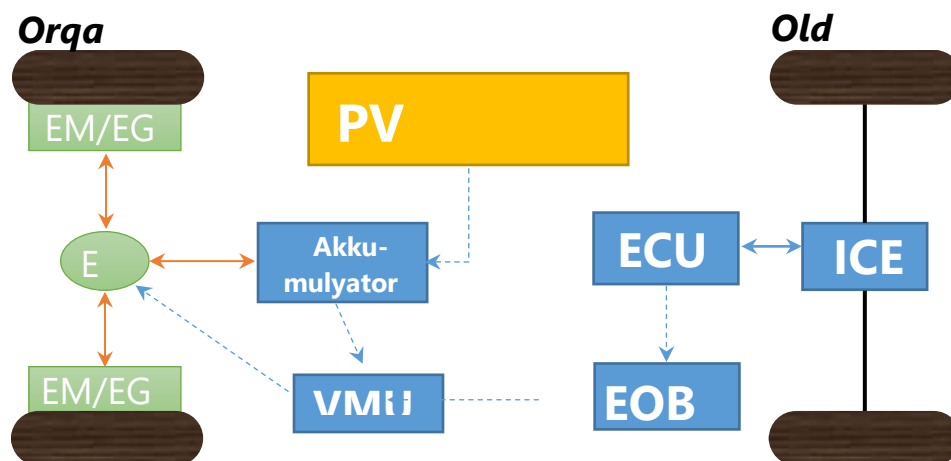
Yaqinda Salerno universitetida an'anaviy avtomobilni gibriz quyoshli avtomobilga (HSV) aylantirish uchun to'plamni ishlab chiqish bo'yicha tadqiqot ishlari olib borildi, u erda moslashuvchan quyosh batareyalari, qo'shimcha litiy-ion. akkumulyator va ikkita elektr g'ildirakli dvigatel FIAT Punto avtomobiliga o'rnatilgan. Simulyatsiya yordamida amalga oshirilgan dastlabki tadqiqotlar ushbu yechimning texnik va iqtisodiy maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi [38].

Taklif etilayotgan avtomobilda g'ildirak motorlarini boshqarish Avtomobilni boshqarish bloki (VMU) orqali amalga oshiriladi, bu esa o'z navbatida OBD portidan ma'lumotlarni o'qiydi. G'ildirakli dvigatellarni samarali va xavfsiz boshqarish strategiyasini ishlab chiqish uchun real vaqt rejimida haydovchi niyati haqida aniq ma'lumot talab qilinadi [13].

An'anaviy avtomashinani gibriz quyosh avtomobiliga aylantirish avtomobil kapoti va tuyog'iga quyosh batareyalarini (egiluvchan yoki yarim qattiq), qo'shimcha batareyani (litium-ion) va orqa o'qda ikkita elektr boshqariladigan g'ildirakli motorni o'rnatish orqali erishiladi[14]. Shunday qilib, ICE old g'ildiraklar tomonidan o'chirilgan yoki uzilganida (buzish va boshqarishda yordam bilan bog'liq ba'zi muammolarni hal qilish uchun yechim topilishi kerak) yoki ICE old g'ildirakni boshqarganda gibriz rejimda avtomobil potentsial ravishda sof elektr rejimida ishlashi mumkin. g'ildiraklar va orqa g'ildirakdagi motorlar musbat yoki salbiy momentga mos keladigan tortish rejimida yoki ishlab chiqarish rejimida ishlaydi. Batareyani orqa g'ildiraklar orqali ham, ishlab chiqarish rejimida ishlaganda yoki tormozlash va pastga tushish paytida ham, fotovoltaik panellar orqali ham zaryadlash mumkin[14]. Majburiy emas, batareyani Plug-In rejimida tarmoq orqali ham qayta zaryadlash mumkin. VMU pedal holati, avtomobil tezligi, dvigatel tezligi, manifold bosimi va boshqa o'zgaruvchilar kabi ma'lumotlarga kirish imkonini beruvchi OBD shlyuzidan ma'lumotlarni oladi, batareyadan (SOC baholash) va EN elektr tuguniga to'g'ri ta'sir qilish orqali g'ildirak ichidagi motorlarni boshqaradi. (2-rasm). Boshqaruv panelidagi displey haydovchiga tizimning haqiqiy ishlashi haqida maslahat berishi mumkin. To'plam Salerno universiteti laboratoriyalarida FIAT Punto mashinasiga o'rnatildi[15].

Gibridizatsiya to'plamining texnik va iqtisodiy maqsadga muvofiqligini o'rganish shuni tasdiqlaydiki, yoqilg'i sarfi va CO₂ emissiyasini (18-22%), HEVs afzalliklari bilan solishtirish mumkin, lekin pastroq investitsiya xarajatlariga erishish mumkin.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, haydash masofasi va turi (shahar va avtomagistral) hamda zaryadlovchi infratuzilmasining mavjudligi yoqilg'i tejash, CO₂ chiqindilarini tejash va to'lov vaqtini qoplashda muhim rol o'ynaydi. Bundan tashqari, moslashuvchan PV panellarining yuqori narxiga qaramay, PV panelli echimlar faqat g'ildirakli dvigatelli echimlarga nisbatan to'lov muddatini kamaytirishga olib keladi [16].



2-rasm. Oddiy avtomobilni yumshoq gibrid quyoshli avtomobilga yangilash tizimining sxemasi. Bunda, EM – elektr motor, EG – elektr generator, EN – elektr tirsak, VMU – boshqaruv bloki, ECU – elektr nazorat bloki, EOBD – Yevropa yo‘l diagnostikasi, ICE – ichki yonuv dvigateli

Avtotransport vositalarini boshqarish Powerscan vositasi orqali barcha zamonaviy avtomobillarda mavjud bo‘lgan OBD portidan ma‘lumotlarni oladigan Avtomobilni boshqarish bo‘limi (VMU) orqali amalga oshiriladi. Shunday qilib, to‘plamni boshqarish dastlabki ECUga hech qanday o‘zgartirish kiritishni talab qilmaydi va uning ishlashiga xalaqit bermaydi.

Ushbu gibridlangan avtomobilda amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan strategiyalar to‘liq gibrid avtomobilda amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan strategiyalardan farq qiladi, chunki original ECU bilan birga mavjud bo‘lgan boshqaruv tizimini loyihalash haydash talablari va haydash qobiliyati nuqtai nazaridan muayyan cheklovlarni keltirib chiqaradi. Misol uchun, haydovchi gibridlangan transport vositasida gaz pedaliga qadam qo‘yganda, shuning uchun yuqoriroq avtomobil quvvatini talab qilsa, dvigatel quvvatining oshishi majburiy bo‘ladi; aksincha, "mahalliy" HEVda avtomobil quvvatini oshirishga hatto dvigatel quvvatini kamaytirish va parallel ravishda elektr motorining quvvatini oshirish orqali ham erishish mumkin edi. Xuddi shunday, gibridlangan avtomobilda haydovchi gaz pedalini bo‘shatganda dvigatel quvvatining pasayishiga doimo erishiladi.

Noaniq mantiq - ko‘p qiymatli mantiq yoki ehtimollik mantiqining shakli; u qat‘iy va aniq emas, balki taxminiy fikrlash bilan shug‘ullanadi. An’anaviy ikkilik to‘plamlar bilan solishtirganda

(o'zgaruvchilar rost yoki noto'g'ri qiymatlarni olishi mumkin) noaniq mantiq o'zgaruvchilari 0 dan 1 gacha bo'lgan haqiqat qiymatiga ega bo'lishi mumkin. Noaniq mantiq qisman haqiqat kontsepsiyasini boshqarish uchun kengaytirilgan, bu erda haqiqat qiymati to'liq rost va to'liq yolg'on orasida bo'lishi mumkin[17].

Haydovchi istaklariga qarab faqat OBD portida o'lchangan ma'lumotlardan foydalanadigan matematik modellar to'plami ishlab chiqilgan. Noaniq qoidalar to'plamiga birlashtirilgan modellar faol vitesni aniqlashga va nol vites va vitesni almashtirish shartlarini aniqlashga qodir [18].

FIAT Puntoda o'lchangan ma'lumotlarning turli to'plamlari bo'yicha o'tkazilgan eksperimental tekshirish turli xil haydash sharoitlarini to'g'ri aniqlash, shuningdek, ma'lumotlarning aniqligi bilan bog'liq ba'zi muammolarni bartaraf etish va orqa g'ildirak motorlarida moment yetkazib berish bo'yicha to'g'ri qarorni aniqlashda model qobiliyatini ko'rsatdi. Yo'lda o'tkazilgan dastlabki sinovlar OBD ma'lumotlariga asoslangan boshqaruv halqasining maqsadga muvofiqligini va muhim muammolarning yo'qligini ko'rsatdi [18].

Shuning uchun hozirda batareyaning ishlash muddatini uzaytirish bo'yicha HESSda qabul qilingan real vaqtda energiyani boshqarishning turli strategiyalarini miqdoriy taqqoslash mavjud emas. Dinamik batareya degradatsiyasi modeliga asoslanib, ushbu maqolada yangi FLC va MPC ilovalari taklif etiladi. Elektr shahar avtobusida qo'llaniladigan tavsiya etilgan kontrollerlar barcha kontrollerlar yaxshi sozlanganligi sababli odatiy Xitoy avtobus haydash tsikli (CBDC) bo'ylab mavjud RBC va FBC ilovalari bilan taqqoslanadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, RBC va FLC yaxshi ishlashga erishadi va SCni qabul qilish faqat batareya konfiguratsiyasi bilan solishtirganda HESS hayotiy tsikli narxini 50% gacha kamaytiradi. Bundan tashqari, boshqaruvchilar boshqa normallashtirilgan haydash siklini ifodalovchi Yangi Yevropa Haydash Sikli (NEDC) bo'yicha ham taqqoslanadi. Ko'rsatilgandek, FLC eng yaxshi ishlashga erishadi va faqat batareya konfiguratsiyasi bilan solishtirganda HESS hayot tsikli narxini taxminan 23% ga kamaytiradi [19].

Ushbu manba [19] elektr shahar avtobusi uchun akkumulyatorli SC HESS ishlab chiqilgan va batareyalar o'lchami so'ralgan minimal masofaga qarab optimallashtirilgan, SC o'lchamlari esa CBDC ning quvvat talabi profili asosida optimallashtirilgan. Optimallashtirilgan HESS va tavsiya etilgan dinamik batareya degradatsiyasi modelini hisobga olgan holda, taklif qilingan MPC va FLC mavjud RBC va FBC bilan taqqoslanadi, keyin barcha kontrollerlar CBDC bo'ylab eng yaxshi ishlashiga sozlangan. RBC va FLC barcha kontrollerlar orasida yaxshiroq ishlashga erishadi va faqat batareya konfiguratsiyasiga nisbatan CBDC bo'ylab batareya quvvati yo'qolishini 50% dan ko'proq kamaytiradi. HESS tsikli bilan bog'liq xarajatlar tahlili shuni ko'rsatadiki, SCni qabul qilish faqat batareya konfiguratsiyasi bilan solishtirganda HESS hayot tsikli narxini taxminan 50% ga kamaytiradi. Bundan tashqari, ushbu maqolada o'rganilgan barcha kontrollerlar boshqa normallashtirilgan haydash tsiklini ifodalovchi NEDC bo'yicha ham taqqoslanadi. Bunday holda,

FLC eng yaxshi samaradorlikka erishadi va faqat batareya konfiguratsiyasi bilan solishtirganda hayot aylanishi narxini taxminan 23% ga kamaytiradi. Shunday qilib, energiyani gibrillashtirish iqtisodiy foyda keltirishi yana bir bor tasdiqlanadi[20].

To'rtta kontrollerlar orasida RBC va FLC ma'lum haydash sikllari bo'yicha alohida afzalliklarga ega, chunki ular moslashuvchan va oson sozlangan, bu ham DP-ga asoslangan natija bilan tasdiqlangan. NEDC nuqtai nazaridan, RBC, FLC va MPC o'rtasidagi ishlash farqi minimal bo'lib chiqadi. Ularning barchasi FBCga qaraganda yaxshiroq ishlaydi. Xulosa qilib aytganda, RBC va FLC oson amalga oshirilishi va qoniqarli ishlashi tufayli amaliy dasturlarda afzallik beriladi.

Tavsiya etilgan kelajakdagi ishlanmalar quyidagilardir: (1) ma'lum bir haydash sikli bo'ylab global optimallashtirish echimini olish uchun dinamik dasturlash (DP) algoritmidan foydalanish va (2) DP algoritmining natijasini yaxshilash uchun qoidalar to'plamini olish[21].

So'nggi paytlarda ko'plab tadqiqotlar va adabiyotlarda noaniq kontrollerni optimallashtirish uchun genetik algoritmlar qo'llanildi. Genetik algoritmlar ilhom sifatida Darvinning evolyutsiyaning biologik nazariyasini oladi; u tabiiy tanlanish mexanikasi, eng kuchlilarning omon qolishi va tabiiy genetikaga asoslanadi.

Genetik algoritmlar moslashuv, parallellik va katta ma'lumotlar bilan ishlashda yaxshi bo'lganligi sababli, loyqa boshqaruv qoidasi va loyqa boshqaruvchining a'zolik funksiyalarini optimallashtirishda foydalanish mumkin. Va u loyqa boshqaruv tizimini yaratish uchun juda samarali vositaga aylandi[22].

Genetik algoritmlar (GA) - bu tabiiy tanlanish mexanikasi va tabiiy genetikaga asosidagi evristik qidiruv algoritmining bir turi. GA qidiruv algoritmini shakllantirish uchun tizimli, ammo tasodifiy ma'lumot almashinuvi bilan string tuzilmalar orasida eng mos bo'lganlarning omon qolishini birlashtiradi. Har bir avlodda sun'iy mavjudotlarning yangi to'plami (torlar) eskisining eng mos bo'laklari va bo'laklaridan foydalangan holda yaratiladi.

Odatda uchta operatsiya qo'llaniladi: ko'payish, kesishish va mutatsiya. Ushbu uchta operator qidiruv jarayonida joriy avloddagi yechimlarga navbat bilan qo'llaniladi. Ichki parallelizm bilan hisoblash tezligini oshirish uchun distributiv hisoblash usullarini osongina qo'llash mumkin.

Tavsiya etilgan loyqa kontroller parametrlarini sozlash va optimallashtirish uchun genetik algoritmdan foydalanilgan evolyutsion loyqa kontroller ishlab chiqilgan [40]. Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, tavsiya etilgan boshqaruv strategiyasi nafaqat SOC balansini saqlab qolishi, balki yoqilg'i tejamkorligini ham yaxshilashi mumkin. Va genetik-loyqa mantiqqa ega bo'lgan tavsiya etilgan boshqaruvchi ishonchli va real vaqtda amalga oshirilishi oson.

Ilmiy ishning maqsadi uchta: yo'qotishlarni kamaytirish, hayot aylanishini uzaytirish va termal yukni minimallashtirish. Ushbu murakkab muammoni hal qilish uchun tizimli protseduradan foydalanish kerak. Yuqori sifatli natijani ta'minlash uchun quyidagi yondashuv ishlab chiqilgan:

Tizim tahlili: HESS HEV topologiyasida mumkin bo'lgan ulanish variantlari uchun sinovdan o'tkaziladi. Ushbu maqolada hisoblangan tizim belgilangan va chegara shartlari aniqlanadi.

Modellashtirish: Simulyatsiya modellari HESS ning har bir qisman komponenti uchun yaratilgan. Submodellar mavjud avtomobil simulyatsiyasi tizimiga birlashtirilishi mumkin bo'lgan HESS simulyatsiya modeliga birlashtiriladi [41; 1688b]. Shunday qilib, FTP-75 va NEDC kabi o'zboshimchalik bilan haydash tsikllari HESS-HEV simulyatsiyasiga kirish sifatida taqdim etilishi mumkin.

Boshqarish strategiyasi: Aqlli va samarali boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish HESS ishlashi uchun zarur bo'lib, HESS ichidagi ikkala saqlash komponentlari o'rtasida quvvat taqsimotini nazorat qiladi. Strategiyalar global avtomobil energiyasini boshqarish maqsadida ishlamaydi, lekin elektr poyezdining HEV boshqaruv strategiyasi uchun aniq belgilangan interfeyslarni talab qiladi.

Simulyatsiya va baholash: Ko'p simulyatsiyalarda energiya iste'moli kabi ba'zi savollar nazorat strategiyasining o'zgarishi kabi muayyan sharoitlarda o'rganildi. Simulyatsiya natijalari olingan boshqaruv strategiyalarini taqqoslash uchun asos bo'lib xizmat qiladi [22].

Ushbu manba [22] gibrid energiya saqlash tizimlari avtomobil ilovalarida qiziqarli imkoniyatlarni taqdim etishi va samarali qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatadi. Oddiy, ammo samarali boshqaruv strategiyasi C yo'qotishlarni sezilarli darajada kamaytirishi va barcha sinovdan o'tgan haydash davrlarida barqaror ekanligi ko'rsatilgan. Shunday qilib, gibrid elektr transport vositalarini saqlash tizimini yaxshilash mumkin, hatto yirik texnologik yangiliklarni oldindan aytib bo'lmaydi.

Gibrid elektr transport vositalari (HEVs) transportni elektrlashtirish sohasidagi istiqbolli texnologiya bo'lib, ularning jahon avtomobil bozorida joriy etilishi kelgusi bir necha yil ichida faollashishi prognoz qilinmoqda [23]. HEVlarni ishlab chiqish jarayonlari gibrid nazorat nazoratchilari sifatida ham tanilgan energiyani boshqarish bo'yicha maxsus strategiyalarni (EMS) amalga oshirishni o'z ichiga oladi. Ushbu kontrollerlar haydovchidan so'ralgan quvvatni gibrid elektr stansiyasining tarkibiy qismlari o'rtasida taqsimlashni o'z ichiga olgan avtomobil darajasidagi boshqaruv vazifalarini bajaradi. Bundan tashqari, ular akkumulyatorning zaryadlanganligi (SOC), umumiy yoqilg'i sarfi va ifloslantiruvchi moddalarning emissiyasi kabi ba'zi asosiy transport vositalarini samarali nazorat qilishni maqsad qilgan. Umuman olganda, HEVs uchun EMSning ikkita qarama-qarshi toifasini aniqlash mumkin, ya'ni oflayn strategiyalar va onlayn strategiyalar. Off-layn EMSlar aniq optimallashtirish mezonlari [43; 6460b] bo'yicha HEV quvvat uzatmasining ishlashini nazorat qilish uchun tekshirilgan haydash missiyalari uchun butun avtomobil tezligi profili haqidagi bilimlardan foydalanadi. Ulardan HEV quvvat uzatmalarini loyihalash va o'lchamlarini aniqlashda yoqilg'i tejash imkoniyatlarini baholash, onlayn EMSlarni optimal kalibrlashni qo'llab-quvvatlash va onlayn EMSlar uchun optimal mezonni ta'minlash kabi keng ko'lamli maqsadlarda foydalanish

mumkin. Boshqa tomondan, onlayn EMSlar butun haydash missiyasi haqida oldindan ma'lumotga muhtoj emas, shuning uchun ular HEVlarning bortdagi elektron boshqaruv blokida to'g'ridan-to'g'ri amalga oshirilishi mumkin [24].

Yuqorida keltirilgan oflayn va onlayn EMSlar odatda bitta maqsadli samaradorlikni oshirish uchun mo'ljallangan, bu avtomobilning yoqilg'i tejamkorligi egzoz quvurlari chiqindilariga mutanosib ravishda bog'liq. Shu nuqtai nazardan, HEV akkumulyatorining ish sharoitlari haydovchi tsikli yoki missiyasi davomida zaryadni ushlab turish (CS) operatsiyasini bajarishning oddiy maqsadi bilan boshqariladi. Shuning uchun EMS ishlashining boshqa HEV batareyasi sharoitlariga ta'siri, masalan, kutilgan xizmat muddati, odatda e'tibordan chetda qoladi. Shunga qaramay, batareyaning ishlash muddati HEVsning bir qancha jihatlariga, shu jumladan egalik qilish va texnik xizmat ko'rsatishning umumiy qiymatiga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi [25]. Bu shuni ko'rsatadiki, tadqiqot faoliyati nafaqat eksperimental tekshirish [26] va batareyaning qarish ta'sirini bortda baholash, balki dastlabki rivojlanish bosqichlarida ham oflayn, ham on-layn EMSlarda batareyaning ishlash muddatini hisobga olishga qaratilgan bo'lishi kerak. HEVs.

Ushbu maqolada [26] dan o'tkazish qobiliyatiga asoslangan makroshkaladagi batareya quvvatini pasaytirish modeli qo'llaniladi. Ushbu raqamli model, zaryadlash/tushirish davrlarining joriy kattaligi va haroratiga bog'liq bo'lgan zaryad o'tkazuvchanligining ma'lum bir miqdori batareyaning ishlash muddati tugagunga qadar barqaror ish sharoitida ta'minlanishi mumkinligini taxmin qiladi. Batareyani qarishning murakkabroq modellari (masalan, elektrokimyoviy modellar va hodisalarga asoslangan modellar) bilan solishtirganda, ishlash qobiliyatiga asoslangan qarish modellari hisoblash samaradorligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Shu sababli, ular optimallashtirishga asoslangan oflayn HEV EMSlarda qo'llanilishi uchun eng mos batareya qarish modellari bo'lib tuyuladi, chunki ular odatda hisoblashni talab qiladi [27].

Ta'riflangan EMS algoritmini amalga oshirish natijasida olingan simulyatsiya natijalari ushbu bo'limda keltirilgan. Oltita haydash missiyasidan foydalanilgan, shu jumladan standart haydash tsikllari (UDDS, HWFET, WLTP, US06) va mualliflar tomonidan qayd etilgan haqiqiy haydash missiyalari, shu jumladan shahardan tashqari tepalikka (RWC tepalikka) va shahardan tashqari pastlikka (RWC pastga) haydash sharoitlari mos ravishda [28]. Ro'yxatda keltirilgan barcha haydash missiyalari ko'rib chiqilgan quvvatga bo'lingan gibrid elektr quvvati uchun simulyatsiya qilingan va ko'p maqsadli DP yondashuvi bilan oflayn rejimda boshqariladi. Har bir nazorat o'zgaruvchisi uchun DP tarmog'i uchun o'ttizta element ishlatiladi. DP algoritmining Intel Core i7-8700 (3,2 gigagertsli) va 32 Gb tezkor xotiraga ega kompyuterda ishlashi uchun taxminan 40 daqiqa kerak bo'ladi.

Batareyaning ishlash muddati HEVs uchun EMSlarni loyihalashda e'tiborga olinishi kerak bo'lgan muhim jihatdir. HEVs uchun ko'p maqsadli oflayn EMS ishlab chiqildi, u dinamik dasturlashdan foydalanadi va yoqilg'i tejash va batareyaning ishlash muddatini hisobga oladi. Ishlab

chiqilgan usul quvvatga bo‘lingan elektrlashtirilgan quvvat tizimida qo‘llanilgan va turli xil oldindan belgilangan haydash missiyalari uchun batareyaning ishlash muddatini bashorat qilish imkonini beradi[29].

Boshqarish usulida batareyaning qarishini hisobga olish batareyaning ishlash muddatini sezilarli darajada oshirishi va ko‘p hollarda yoqilg‘i tejashga ozgina ta’sir qilishi ko‘rsatilgan. Masalan, bitta optimallashtirish sozlash holati uchun WLTP siklida batareyaning ishlash muddatini 1,9 baravar oshirish va yoqilg‘i tejashni atigi 0,6% kamaytirishga erishildi. 350 ming km batareyaning ishlash muddatiga erishish uchun optimallashtirish maqsadlarini sozlashda bir qator natijalar kuzatiladi, bunda yonilg‘i tejamkorligi o‘rganilayotgan oltita haydash tsikli uchun faqat optimallashtirish holatiga nisbatan yoqilg‘i tejamkorligi 1,9 dan 43,4% gacha kamayadi. Ushbu raqamli yondashuv HEV dizayn metodologiyalarida qo‘llanilishi mumkin, bu esa dizaynerlarga yoqilg‘i tejash va batareyaning ishlash muddati o‘rtasida mos keladigan boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish imkonini beradi [30].

Shahar haydash davrlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda, murakkab haydash davrlari bilan optimal EFni aniqlash qiyin. Ushbu muammoni hal qilish uchun ushbu maqola yangi ko‘p maqsadli real vaqt rejimida EMSni optimallashtirishni taklif qiladi. Birinchi qismda tarixiy ma’lumotlardan MSE jarayonining ko‘p qismi olinadi va MSE jarayonining narxini normallashtirish uchun xarajat modeli o‘rnatiladi, ikkinchi qismda optimal lahzani hal qilish uchun yangi ko‘p maqsadli ECMS taklif etiladi. MSE jarayonining ishlash vaqtini qisqartirishda energiya taqsimoti muammosi. Nihoyat, taklif qilingan strategiya simulyatsiya va tajriba orqali tekshiriladi [31].

XULOSA

Ushbu maqolada bizning asosiy hissamiz quyidagilarni o‘z ichiga oladi: (1) real dunyo haydash davrlariga ko‘ra ko‘p maqsadli real vaqtda optimallashtirishga asoslangan yangi EMS taklif etiladi; (2) MSE jarayonining katta qismi tarixiy ma’lumotlardan olinadi va MSE jarayonining xarajat modeli o‘rnatiladi; (3) real vaqtda va samarali ishlashni tekshirish uchun simulyatsiya va tajriba o‘tkaziladi [32].

Yoqilg‘i tejamkorligini oshirish va haqiqiy PHEV uchun MSE jarayonining ish vaqtini qisqartirish o‘rtasida yaxshi muvozanatga erishish uchun ushbu maqolada yangi ko‘p maqsadli real vaqt rejimini optimallashtirish EMS taklif qilingan. Birinchidan, tarixiy ma’lumotlardan MSE jarayonining katta qismi olinadi va MSE jarayonining narxini normallashtirish uchun xarajat modeli o‘rnatiladi. Ikkinchidan, optimal EMSga JMSE va referent SOC rejalashtirish asosida PMP erishiladi. Nihoyat, taklif qilingan strategiya simulyatsiya va tajriba orqali baholanadi. Simulyatsiya natijalari shuni ko‘rsatadiki, MSE jarayonining ishlash muddati boshqa uchta strategiya bilan solishtirganda eng kam. Shu bilan birga, FK qoidaga asoslangan strategiya bilan solishtirganda taxminan 20,57% ga oshgan va DDP strategiyasiga yaqin. Bundan tashqari, eksperiment natijalari shuni ko‘rsatadiki,

taklif qilingan strategiya onlayn hisoblashni amalga oshirishi mumkin va tajriba natijalarining asosiy o'zgaruvchilari simulyatsiya natijalari bilan yaxshi mos keladi, bu taklif qilingan strategiyaning samarali va amalga oshirilishini ko'rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. A. Biswas and A. Emadi, "Energy Management Systems for Electrified Powertrains: State-of-the-Art Review and Future Trends," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 68, no. 7, pp. 6453-6467, July 2019.
2. R. Ahmed, M. E. Sayed, I. Arasaratnam, J. Tjong and S. Habibi, "Reduced-Order Electrochemical Model Parameters Identification and SOC Estimation for Healthy and Aged Li-Ion Batteries Part I: Parameterization Model Development for Healthy Batteries," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 2, no. 3, pp. 659-677, Sept. 2014.
3. P. J. Kollmeyer, T. M. Jahns, "Ageing and performance comparison of absorbed glass matte, enhanced flooded, PbC, NiZn, and LiFePO₄ 12V start stop vehicle batteries", *J. Power Sources*, vol. 441, 2019.
4. A. Bonfitto, E. Ezemobi, N. Amati, S. Feraco, A. Tonoli and S. Hegde, "State of Health Estimation of Lithium Batteries for Automotive Applications with Artificial Neural Networks," 2019 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive (AEIT AUTOMOTIVE), Torino, Italy, 2019, pp. 1-5.
5. P. Pisu and G. Rizzoni, "A Comparative Study Of Supervisory Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 506-518, May 2007.
6. Vora, A. P., Jin, X., Hoshing, V., Shaver, G., Varigonda, S., & Tyner, W. E., "Integrating battery degradation in a cost of ownership framework for hybrid electric vehicle design optimization", *Proc IMechE, Part D: J Automobile Engineering*, online 21 Oct. 2018.
7. P. G. Anselma, P. Kollmeyer, G. Belingardi and A. Emadi, "Multi-Objective Hybrid Electric Vehicle Control for Maximizing Fuel Economy and Battery Lifetime," *2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)*, Chicago, IL, USA, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ITEC48692.2020.9161518.
8. Holjevac, N.; Cheli, F.; Gobbi, M. A simulation-based concept design approach for combustion engine and battery electric vehicles. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.* **2019**, *233*, 1950–1967. H
9. Golpîra, H.; Khan, S.A.R. A multi-objective risk-based robust optimization approach to energy management in smart residential buildings under combined demand and supply uncertainty. *Energy* **2019**, *170*, 1113–1129.

10. Fu, X.; Zhang, Q.; Tang, J.; Wang, C. Parameter Matching Optimization of a Powertrain System of Hybrid Electric Vehicles Based on Multi-Objective Optimization. *Electronics* **2019**, *8*, 875.
11. W. Li, G. Xu, Z. Wang and Y. Xu, "A Hybrid Controller Design For Parallel Hybrid Electric Vehicle," *2007 IEEE International Conference on Integration Technology*, Shenzhen, China, 2007, pp. 450-454, doi: 10.1109/ICITECHNOLOGY.2007.4290517.
12. Zhang, Y., Jiao, X., Li, L. *et al.* A hybrid dynamic programming-rule based algorithm for real-time energy optimization of plug-in hybrid electric bus. *Sci. China Technol. Sci.* **57**, 2542–2550 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11431-014-5690-2>
13. Yoo, Hyun-Jae et al. "System Integration and Power-Flow Management for a Series Hybrid Electric Vehicle Using Supercapacitors and Batteries." *IEEE Transactions on Industry Applications* 44 (2008): 108-114.
14. Medora, Noshirwan K. and Alexander Kusko. "An Enhanced Dynamic Battery Model of Lead-Acid Batteries Using Manufacturers' Data." *INTELEC 06 - Twenty-Eighth International Telecommunications Energy Conference* (2006): 1-8.
15. S. M. Lukic, Jian Cao, R. C. Bansal, F. Rodriguez, and A. Emadi, "Energy Storage Systems for Automotive Applications", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, volume 55, issue 6, pages 2258- 2267, June 2008.
16. 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.
17. Mohammadi, F.; Nazri, G.A.; Saif, M. Modeling, Simulation, and Analysis of Hybrid Electric Vehicle Using MATLAB/Simulink. In *Proceedings of the 2019 International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET)*, Istanbul, Turkey, 26–27 August 2019; pp. 1–5.
18. Montazeri-Gh, M. and Poursamad, A. (2006) "Application of genetic algorithms for optimization of control strategy in parallel hybrid electric vehicles", *Journal of the Franklin Institute*, vol. 343, n 4-5, July/August, 2006, Modeling, Simulation and Applied Optimization, pp 420-435
19. Brezina T, Hadas Z, Vetiska J (2011) Using of co-simulation adams-simulink for development of mechatronic systems. In: *MECHATRONIKA, 2011 14th international symposium*. IEEE, pp 59–64
20. Antonio Piccolo, Lucio Ippolito, Vincen Zo Galdi and Alfredo Vaccaro, "Optimization of Energy Flow Management in Hybrid Electric Vehicles via Genetic Algorithm," in *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Proceedings*, Como, Italy, July 2001

21. Al-Hammouri A, Liberatore V, Al-Omari H, Al-Qudah Z, Branicky MS, Agrawal D (2007) A co-simulation platform for actuator networks. In: Proceedings of the 5th international conference on embedded networked sensor systems. ACM, pp 383–384
22. Bufu Huang, Zhancheng Wang and Yangsheng Xu, "Multi-Objective Genetic Algorithm for Hybrid Electric Vehicle Parameter Optimization," in IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, China October, 2006
23. Çağatay Bayindir K, Gözükcük MA, Teke A (2011) A comprehensive overview of hybrid electric vehicle: powertrain configurations, powertrain control techniques and electronic control units. *Energy Conv Manag* 52(2):1305–1313
24. Zhang, D., Zhou, Y., Liu, K.-P., & Chen, Q.-Q. (2009). A Study on Fuzzy Control of Energy Management System in Hybrid Electric Vehicle. 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. doi:10.1109/appeec.2009.4918119
25. Chan, C. C. (2002). The state of the art of electric and hybrid vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 90(2), 247–275. doi:10.1109/5.989873
26. Stockar, S., Marano, V., Canova, M., Rizzoni, G., & Guzzella, L. (2011). Energy-Optimal Control of Plug-in Hybrid Electric Vehicles for Real-World Driving Cycles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 60(7), 2949–2962. doi:10.1109/tvt.2011.2158565
27. Qiuming Gong, Yaoyu Li, & Zhong-Ren Peng. (2008). Trip-Based Optimal Power Management of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 57(6), 3393–3401. doi:10.1109/tvt.2008.921622
28. Miller, J. M. (2006). Hybrid electric vehicle propulsion system architectures of the e-CVT type. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 21(3), 756–767. doi:10.1109/tpel.2006.872372
29. Jalil, N., Kheir, N. A., & Salman, M. (1997). A rule-based energy management strategy for a series hybrid vehicle. *Proceedings of the 1997 American Control Conference (Cat. No.97CH36041)*. doi:10.1109/acc.1997.611889
30. Brahma, A., Guezennec, Y., & Rizzoni, G. (2000). Optimal energy management in series hybrid electric vehicles. *Proceedings of the 2000 American Control Conference. ACC (IEEE Cat. No.00CH36334)*. doi:10.1109/acc.2000.878772
31. Ehsani, M., Gao, Y., & Miller, J. M. (2007). Hybrid Electric Vehicles: Architecture and Motor Drives. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 719–728. doi:10.1109/jproc.2007.892492
32. Yap, H. T. (2004). Hybrid energy/power sources for electric vehicle traction systems. *Second IEE International Conference on Power Electronics, Machines and Drives*. doi:10.1049/cp:20040260