ELEKTROMOBIL MASSASIGA MOS RAVISHDA INVERTORNING BOSHQARUV SIGNALLARINI ISHLAB CHIQISH ASOSIDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Karimjonov Dilyorbek Doniyorbek o‘g‘li

Andijon davlat texnika instituti “Muqobil energiya manbalari” kafedrasi mudiri, PhD.

E-mail: dilyorkarimjonov@gmail.com

Annotatsiya: Elektr transport vositalarining samaradorligi ularning energiya iste’moli, quvvat taqsimoti va boshqaruv tizimlari bilan bevosita bog‘liqdir. Ayniqsa, elektromobil invertori orqali quvvat taqsimoti va boshqaruv signallari ishlab chiqilishi transport vositasining umumiy energiya samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Maqolada taklif etilgan tizimda har bir g‘ildirakka og‘irlik sensorlari o‘rnatiladi. Bu sensorlar elektromobilning massasini va har bir g‘ildirakdagi kuch taqsimotini real vaqt rejimida aniqlaydi. Sensorlardan olingan ma’lumotlar tahlil qilinadi va markaziy boshqaruv blokiga uzatiladi va u yerda invertor boshqaruv algoritmi ishlaydi. Algoritm og‘irlik bo‘yicha olingan ma’lumotlar asosida motorning momentini optimallashtiradi, shunda energiya samaradorligi maksimal darajaga ko‘tariladi. Ushbu maqolada shuningdek, invertor va motor tizimlarining ishlash parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtirish imkoniyatlari o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar: Elektromobil, og‘irlik sensorlari, invertor, boshqaruv signallari, samaradorlik.

Аннотация: Эффективность электромобилей напрямую связана с их энергопотреблением, системами распределения электроэнергии и управления. В частности, разработка сигналов распределения электроэнергии и управления с помощью инвертора электромобиля оказывает значительное влияние на общую энергоэффективность транспортного средства. В системе, предложенной в статье, датчики веса установлены на каждом колесе. Эти датчики определяют массу электромобиля и распределение мощности на каждом колесе в режиме реального времени. Данные с датчиков анализируются и передаются в центральный блок управления, где работает алгоритм управления инвертором. Алгоритм оптимизирует крутящий момент двигателя на основе данных, полученных по массе, таким образом, чтобы добиться максимальной энергоэффективности. В этой статье также будут рассмотрены возможности оптимизации рабочих параметров инверторных и моторных систем в режиме реального времени. Алгоритм настраивает управляющие сигналы с учетом нагрузки электромобиля и дорожных условий.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: электромобиль, датчики веса, инвертор, управляющие сигналы, эффективность.

Annotation: The efficiency of electric vehicles is directly related to their energy consumption, power distribution and control systems. In particular, the development of power distribution and control signals through an electric car inverter has a significant impact on the overall energy efficiency of the vehicle. In the system proposed in the article, weight sensors are installed on each wheel. These sensors determine the mass of the electric car and the power distribution on each wheel in real time. The data from the sensors is analyzed and transmitted to the central control unit, where the inverter control algorithm works. The algorithm optimizes the torque of the motor based on the data obtained by weight so that the energy efficiency is maximized. This article will also explore the possibilities of real-time optimization of the performance parameters of inverter and motor systems. The algorithm adjusts the control signals, taking into account the load of the electric car and road conditions.

Keywords: Electric vehicle, weight sensor, inverter, control signals, efficiency.

Kirish.

Elektromobillarda og‘irlik o‘zgarishi dvigatel momenti, invertor chiqish kuchlanishi, transmissiya uzatmasi va rekuperatsiya jarayoniga ta’sir qiluvchi birinchi darajali parametrdir. Elektromobil ortiqcha massasiz holatda harakatlanganda, invertor va motor muvozanatli hamda tejamkor rejimda ishlaydi. Ammo elektromobil saloniga qo‘shimcha yo‘lovchi chiqsa, yukxonaga yuk qo‘yilsa yoki yo‘l harakati sharoiti tepalikka qarab ko‘tarilishni talab qilsa, bu yuklama avtomobilning harakat samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, elektromobilning real og‘irligini aniqlovchi va avtomatik tarzda tahlil qiluvchi texnologiyalar bugungi transport muhandisligida asosiy yo‘nalishlardan biriga aylangan.

Shu bilan birga, elektromobillarning og‘irligini aniqlash va unga asoslangan boshqaruv tizimlari ekologik jihatdan ham foydalidir. Kamroq energiya sarfi – bu kamroq zaryad ehtiyoji, demak kamroq ishlab chiqarilgan elektr energiyasi va undan kelib chiqadigan kamroq karbon izidir. Shu bois, og‘irlikka mos boshqaruv strategiyalari nafaqat texnologik, balki ekologik barqarorlik uchun ham muhim hisoblanadi [1].

ADABIYOTLAR TAHLILI. Avvalgi yondashuvlarda elektromobil og‘irligi ishlab chiqaruvchi tomonidan statistik tarzda berilgan konstantalarga asoslanib belgilanar edi. Ya’ni, avtomobilning o‘rtacha massasi hisobga olinib, boshqaruv signali va quvvat oqimi shunga mos tarzda dasturlashtirilgan bo‘lardi. Biroq bu yondashuv amaliyotda energiyaning ortiqcha sarf qilinishi, motor va invertorning haddan tashqari yuklanishi va FIK ning kamayishiga olib kelgan.

ISSN 3030-3907

Shuning uchun massani aniqlovchi sensor texnologiyalar rivojlanib, elektromobilning joriy og‘irligini real vaqt rejimida baholashga asoslangan intellektual tizimlar ishlab chiqila boshlandi [2-4].

Eng sodda va ishonchli usullardan biri bu “Strain gauge” sensorlari asosida ishlaydigan o‘lchov texnologiyasidir. Strain gauge – bu egiluvchan o‘lchov materiali bo‘lib, u o‘zining geometrik o‘lchamlarini yuklamaga qarab o‘zgartiradi. Uni avtomobil osma (podveska) qismlariga yoki shassis strukturasi bo‘ylab o‘rnatish mumkin. Yuklama ortgan sayin, strain gauge deformatsiyalanadi, uning qarshiligi o‘zgaradi va bu o‘zgarish elektr signalga aylantiriladi. Elektr signal analog tarzda ADC moduli orqali raqamlashtiriladi va boshqaruv blokiga uzatiladi. Bu usul yuqori aniqlik va ishonchlilik bilan ajralib turadi, ayniqsa, bitta o‘rindiqda nechta yo‘lovchi o‘tirganini baholashga ham imkon beradi [5, 7].

Yana bir keng tarqalgan texnologik yechim bu akselerometrlar (tezlanishni o‘lchovchi datchiklar) yordamida og‘irlikni baholashdir. Bu usulda elektromobilning harakatga kirishishidagi tezlanish holati real vaqt rejimida kuzatiladi. Og‘irlik qancha katta bo‘lsa, tezlanish shuncha sust bo‘ladi. Invertor tomonidan berilgan signalga nisbatan avtomobilning akseleratsiyasi massani aniqlash uchun bazaviy formulalar asosida qayta hisoblab chiqiladi. Bu metod dinamik tizimlarda – masalan, shahar ichidagi harakatlar, tirbandliklar, ko‘p to‘xtab yurish rejimlarida yuqori natija beradi. Biroq u mustaqil baholashda strain gauge singari aniqlikka ega bo‘lmaydi, shu sababli ko‘pincha qo‘shimcha aniqlovchi sifatida ishlatiladi.

Elektromobil ichki qismiga o‘rnatiladigan yo‘lovchi aniqlovchi sensorlar ham massani baholashda muhim rol o‘ynaydi. Bu texnologiyalar odatda o‘rindiqlarga o‘rnatilgan bosim sensori, ultratovush aniqlovchi yoki infraqizil (IR) datchiklar asosida ishlaydi. Ular har bir yo‘lovchining bor-yo‘qligini, taxminiy massasini va o‘tirgan holatini aniqlab, avtomobil markaziy boshqaruv tizimiga signal yuboradi. Bu sensorlar yo‘lovchi xavfsizlik yostiqchalari (airbag)ni faollashtirish uchun ham zarur, ammo yuklamani baholashda ham dolzarb manba bo‘lib xizmat qiladi.

Elektromobillarda og‘irlikni aniqlash bo‘yicha zamonaviy tendensiyalardan biri bu ko‘p datchikli (multi-sensor fusion) tizimlardan foydalanishdir. Ya’ni strain gauge, akselerometr, radar, LIDAR, GPS va boshqa sensorlardan kelayotgan ma’lumotlar sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar bilan birlashtiriladi va umumiy massaning baholash natijasi chiqariladi. Bunday tizimlarda har bir sensorning nisbiy aniqligi va shovqin darajasi baholanadi, so‘ngra “weights” (og‘irlik koeffitsienti) beriladi va yakuniy qiymat hosil qilinadi. Bu tizim odatda avtonom boshqaruvga ega elektromobillar, yuk tashish transporti, hamda sun’iy intellekt integratsiyalangan tizimlarda qo‘llaniladi [6, 9].

ISSN 3030-3907

Amaliyotda og‘irlikni aniqlash sensorlari o‘z ma’lumotlarini CAN protokoli orqali markaziy boshqaruv blokiga uzatadi. Boshqaruv bloki esa bu ma’lumotni invertor algoritmlariga uzatib, KIM chiqish signalini, momentni, motor aylanish chastotasini, rekuperatsiya kuchini va transmissiya taqsimotini moslashtiradi. Bu jarayon real vaqt rejimida (odatda 5–10 ms ichida) amalga oshiriladi. Massani aniqlashdagi xatolik darajasi 2–5% dan oshmasligi kerak, chunki bundan katta xatolik energiya sarfida, harakat silliqligida va xavfsizlikda noxush holatlarga olib keladi [8, 10].

Umumiy qilib aytganda, elektromobil massasini aniqlash texnologiyalari bugungi avtomobilsozlikning eng dolzarb va intensiv rivojlanayotgan sohalaridan biri hisoblanadi. Sensor texnologiyalari, sun’iy intellekt, signal uzatish tarmoqlari va boshqaruv algoritmlarining o‘zaro integratsiyasi har bir avtomobilni shaxsiylashtirilgan, yuqori samarali va xavfsiz transport vositasiga aylantirmoqda. Bu texnologiyalar elektromobil texnologiyasining kelajakda yanada aqlliroq, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishiga zamin yaratadi [9, 10].

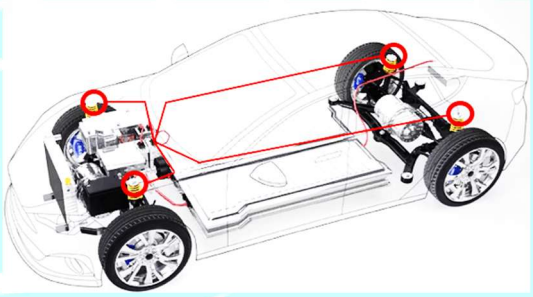
TADQIQOT METODOLOGIYASI. Elektomobilning massasiga mos ravishda invertordan boshqaruv signallarini ishlab chiqish: Zamonaviy elektromobil boshqaruv tizimlarining markazida real vaqtli, yuklamaga moslashtirilgan va energiya tejamkorlikka yo‘naltirilgan boshqaruv signallarining ishlab chiqilishi yotadi. Harakatlanayotgan elektromobilning og‘irligi doimiy tarzda o‘zgarib turadi va bu o‘zgarishlar elektromexanik tizimlarning barcha komponentlarining ishlashiga, energiya oqimiga, xavfsizlikka va umumiy foydali ish koeffitsientiga (FIK) bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli elektromobilning real og‘irligiga mos tarzda har bir uzatuvchi signal – invertor chiqish kuchlanishi, motor momenti, transmissiya torki, tormoz kuchi – o‘zgaruvchan tarzda ishlab chiqilishi va boshqarilishi lozim.

Boshqaruv signallarini massaga mos ravishda ishlab chiqish uchun avvalo elektromobilning real og‘irligi aniqlanishi kerak. Elektromobilning xar bir to‘rt g‘ildiraklariga mos tartibda, unga tusshayotgan og‘irlikni aniqlovchi sensorlar joylahtiriladi (1-rasm). Buning sababi elektromobilning harakatlanishi va holati sababli xar bir g‘ildiragiga turli qiymatdagi og‘irlik qiymati to‘g‘ri keladi. Xar bir g‘ildirakka o‘rnatailgan (G‘11, G‘12, G‘21, G‘22) sensorlar unga tushayotgan yuklama to‘g‘risida signal hosil qilib MSM (Massa Sensor Moduli) ga uzatadi. Modul ushbu ma’lumotni matematik model asosida qayta ishlaydi va invertor, motor, transmissiya, tormoz tizimi kabi bo‘g‘inlarga moslashtirilgan signal shakllantiradi va “Moment va satator magnit oqimini baholovchi” modulga uzatadi. Bu modulda motorga berilayotgan kuchlanish qiymati, tok kuchi va massa bo‘yicha olingan teskari a’loqa signallari tahlil qilinadi. Natijaviy signal moment nazoratchisi va statordagi magnit maydon nazoratchisi bloklariga yuboriladi. Bu

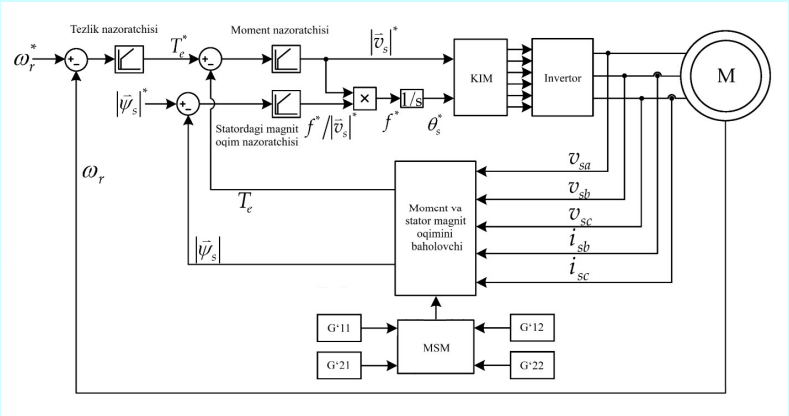
ISSN 3030-3907

ikki blok invetorlar uchun mos tartibga signallar hosil qiluvchi KIM (Keng Impulsli Modulyatsiya) blokiga yuboriladi va shu orqali invertor elektromobilning massaisga mos bo‘lgan elektr kattaliklarini hosil qilib motorga yuboradi, natijada yuklama uchun mos bo‘lgan elektr kattaliklar sababli energiya isroflarining oldi olinadi (2-rasm). Masalan, avtomobil to‘liq yuklangan bo‘lsa (ya’ni bir nechta yo‘lovchi, yukxona to‘la), bu holat dvigatel momentiga yuqori talab qo‘yadi. Shu vaziyatda KIM signalining impuls kengligi oshiriladi, chastota muvofiqlashtiriladi va faza burchagi dvigatel aylanish tezligiga mos tarzda sozlanadi. Invertor tomonidan uzatiladigan o‘zgaruvchan tok signalining amplitudasi ham massaga proporsional bo‘lib, ortiqcha yuklama ostida yuqorilatiladi, agar elektromobilda qo‘shimcha yuklama qiymati mavjud bo‘lmasa invertor shu asosida signallar chiqarishni boshlaydi [1, 3, 10].

Elektromobilda boshqaruv signali – bu dvigatelga, invertorga, tormoz tizimiga yoki boshqa elektromexanik elementlarga uzatiladigan buyruq signalidir. Bu signallar turli shakllarda (analog, raqamli, impulsli) bo‘lishi mumkin, ammo ularning yagona maqsadi elektromobilning harakat parametrlarini boshqarishdir. Massaga moslashtirilgan boshqaruv esa bu signal parametrlarini joriy yuklama, tezlik, harorat va yo‘l sharoitlariga muvofiqlashtirib uzatishni nazarda tutadi.



1-rasm. Og‘irlik bo‘yicha signallarni olish uchun joylashtiriladigan sensorlar joylashuvi.



2-rasm. G‘ildiraklaridagi massaga mos ravishda boshqaruv signallarini ishlab chiquvchi elektromobil elektr yuritmasining blok sxemasi.

Berilgan tizimga asoslanib, elektromobilning harakatlanishi, motor boshqaruvi va energiya samaradorligini optimallashtirish uchun quyidagi matematik tenglamalar tuziladi. Tizimda har bir g‘ildirakka o‘rnatilgan og‘irlik

ISSN 3030-3907

sensorlari orqali o‘lchanadigan kuchlar, avtomobil harakati va motor harakati uchun asos bo‘ladi.

1. Avtomobil harakati tenglamalari: Avtomobilning massasi m va har bir g‘ildirakdagi normal kuchlar $F_{z11}, F_{z12}, F_{z21}, F_{z22}$ sensorlar orqali o‘lchanadi. Yo‘l qiyalik burchagi α va massani aniqlash uchun quyidagi algebraik tenglamalar ishlatiladi:

$$S = F_{z11} + F_{z12} + F_{z21} + F_{z22}$$
$$D = (F_{z21} + F_{z22}) - (F_{z11} + F_{z12})$$
$$\alpha = \arctan\left(\frac{(DL/S) - (a-b)}{2h}\right)$$
$$m = \frac{S}{g\cos\alpha}$$

bu yerda L g‘ildirak bazasi, a va b og‘irlik markazidan old va orqa g‘ildiraklargacha bo‘lgan masofalar, h og‘irlik markazining balandligi, g gravitatsiya tezlanishi.

Avtomobil tezligi v uchun differensial tenglama:

$$m\frac{dv}{dt} = \frac{T_m G}{r} - F_r$$

bu yerda T_m motor momenti, G tishli uzatma nisbati, r g‘ildirak radiusi, F_r qarshilik kuchi:

$$F_r = \mu_r mg\cos\alpha + \frac{1}{2}\rho C_d A v^2 + mg\sin\alpha$$

μ_r aylana qarshilik koeffitsienti, ρ havo zichligi, C_d tortishish koeffitsienti, A old yuzasi.

2. Motor harakati tenglamalari: Motorning burchak tezligi ω uchun differensial tenglama:

$$J\frac{d\omega}{dt} = T_m - T_l$$

bu yerda J motor va avtomobilning inertsiyasi (motorga nisbatan), T_l yuk momenti:

$$T_l = \frac{F_r r}{G}$$

Avtomobil tezligi va motor tezligi o‘rtasida $v = \omega r/G$ bog‘lanish mavjud.

3. Motor elektromagnit tenglamalari: Induksion motor uchun stator oqimlari va fluxlarining differensial tenglamalari (d-q o‘qida):

$$\frac{di_{ds}}{dt} = \frac{1}{L_s}\left(V_{ds} - R_s i_{ds} + \omega_e L_s i_{qs}\right)$$
$$\frac{di_{qs}}{dt} = \frac{1}{L_s}\left(V_{qs} - R_s i_{qs} - \omega_e L_s i_{ds}\right)$$

ISSN 3030-3907

$$\frac{d\psi_{dr}}{dt} = -\frac{R_r}{L_r}\psi_{dr} + \frac{L_m R_r}{L_r} i_{ds} + \omega_{slip}\psi_{qr}$$
$$\frac{d\psi_{qr}}{dt} = -\frac{R_r}{L_r}\psi_{qr} + \frac{L_m R_r}{L_r} i_{qs} - \omega_{slip}\psi_{dr}$$

bu yerda i_{ds} va i_{qs} stator oqimlari, V_{ds} va V_{qs} stator kuchlanishlari, ψ_{dr} va ψ_{qr} rotor fluxlari, R_s va R_r stator va rotor qarshiliklari, L_s, L_r, L_m induktivliklar, ω_e elektrik chastota, $\omega_{slip} = \omega_e - \omega_r$ siljish chastotasi, ω_r rotor chastotasi.

Motor momenti:

$$T_m = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m}{L_r}(\psi_{dr} i_{qs} - \psi_{qr} i_{ds})$$

bu yerda P qutblar soni.

4. Boshqaruv algoritmi tenglamalari: Og‘irlik sensorlari ma’lumotlari asosida moment va fluxni baholash:

•Massa sensor moduli (MSM) m va α ni hisoblaydi.

•Moment talabi T_{req} haydovchi buyrug‘i a_{des} asosida:

$$T_{req} = \left(ma_{des} + \mu_r mg\cos\alpha + \frac{1}{2}\rho C_d A v^2 + mg\sin\alpha\right)\frac{r}{G}$$

•Optimal stator oqim ψ_s^* moment va massaga bog‘liq holda aniqlanadi (masalan, empirik funksiya):

$$\psi_s^* = f(T_{req}, m)$$

•Oqim boshqaruvi uchun PI kontroller:

$$\frac{dx_\psi}{dt} = \psi_s^* - \hat{\psi}_s$$
$$V_{ds}^{ref} = K_{p\psi}(\psi_s^* - \hat{\psi}_s) + K_{i\psi} x_\psi$$

bu yerda $\hat{\psi}_s$ baholangan stator oqim, x_ψ integral holat.

•Moment boshqaruvi uchun PI kontroller:

$$\frac{dx_T}{dt} = T_{req} - T_m$$
$$V_{qs}^{ref} = K_{pT}(T_{req} - T_m) + K_{iT} x_T$$

•Invertor uchun KIM boshqaruvi:

$$V_{ds} = V_{ds}^{ref}, \quad V_{qs} = V_{qs}^{ref}$$

5. Energiya sarfini optimallashtirish: Energiya isroflarini minimallashtirish uchun flux ψ_s^* quyidagi funksiya orqali tanlanadi:

$$\psi_s^* = k\sqrt{T_{req}} \quad \text{yoki} \quad \psi_s^* = g(T_{req}, \omega)$$

bu yerda k konstanta, g optimallashtirilgan funksiya.

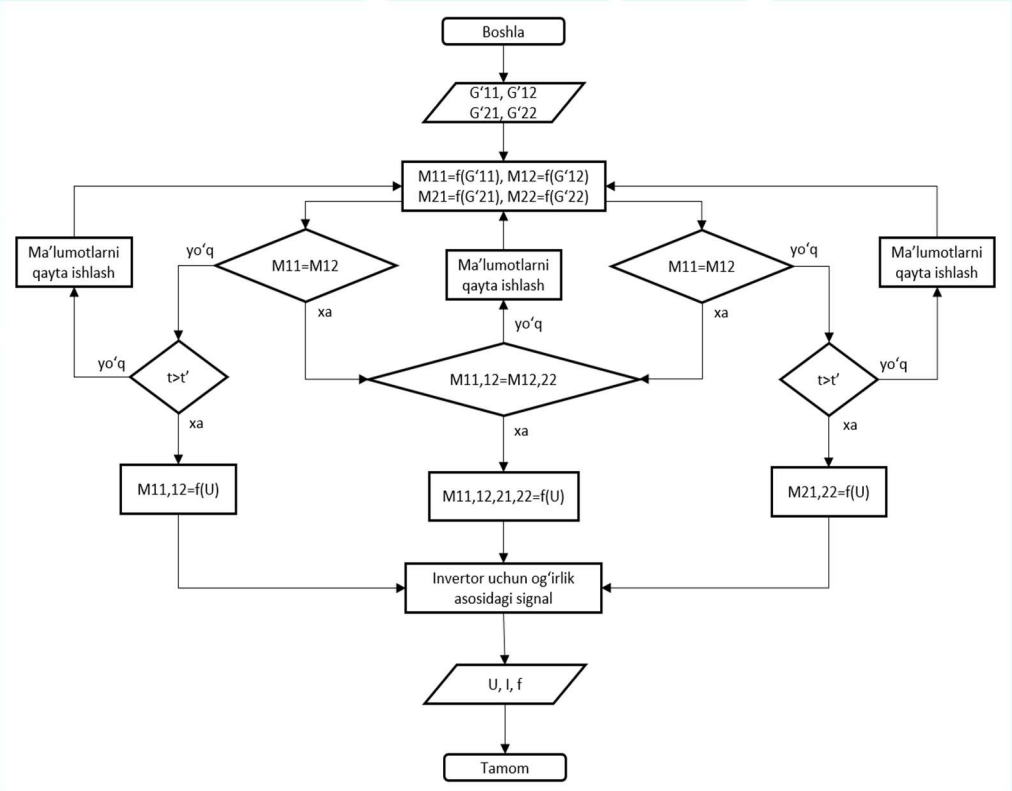
Ushbu tenglamalar tizimning real vaqt rejimida ishlashini va energiya samaradorligini tavsiflaydi. Tenglimalarni echish uchun sonli usullar (masalan,

ISSN 3030-3907

Runge-Kutta) qo‘llaniladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Elektromobilning xarakat vaqtidagi holati bevosita g‘ildiraklarga ta’sir ko‘rsatadi va bu xarakatalanish algoritmida keltirilgan (3-rasm). Algoritmga asosan xar bir to‘rtta g‘ildirak uchun o‘rnatilgan sensorlar ularga tushayotgan yuklama qiymatini aniqlaydi, bunda old g‘ildiraklar va orqa g‘ildiraklar bir-biri bilan holati taqqoslanadi ma’lum bir belgilangan vaqt qiymatida solishtiriladi bu vaqt g‘ildiraklarni turli holatlarda turishi bilan izohlanadi va keyingi bosqichda old hamda orqa g‘ildiraklar o‘zaro solishtiriladi, belgilangan shartlar bajarilsa unga mos bo‘lgan signallar invertor uchun mos signallarni yuboradi va invertor chiqish signallarini shunga asosan motorga yuboradi.

Massaga moslashtirilgan signal shakllantirishda harakatning silliqligi ham muhim. Elektromobilning og‘irligi ortgan holatda tezlik impuls bilan oshirilsa, bu transmissiyaga ortiqcha zarba kuchi beradi. Shu sababli “ramp-up control” texnologiyasi – ya’ni signalni bosqichma-bosqich oshirib uzatish – qo‘llaniladi. Bu texnologiya haydovchining nozik harakatlariga mos tarzda avtomobilning yurishini nazorat qiladi [9].



3-rasm. Elektomobilning massasiga mos ravishda invertordan boshqaruv signallarini ishlab chiqish asosidagi boshqaruv algoritmi.

Shuningdek, harakat silliqligini ta’minlash uchun signal shakllanishida “anti-jerk” algoritmlari ham joriy etiladi. Bu algoritmlar avtomobil og‘irligiga qarab tezlikning o‘zgarishini silliqlashtiradi va silkinishlarni bartaraf etadi. Ayniqsa, 4x4 yurituvga ega elektromobillarda, burilish yoki tepalikka chiqishda

ISSN 3030-3907

g‘ildiraklar orasida moment taqsimoti massaga qarab o‘zgartiriladi. Bu holatda boshqaruv signallari MSM tomonidan har bir g‘ildirakka alohida tarzda uzatiladi.

Elektromobilda boshqaruv signallarining massaga mos ravishda ishlab chiqilishi rekuperatsiya (tormoz energiyasini qayta tiklash) jarayonida ham o‘z aksini topadi. Yuklama ortgan holatda kinetik energiyaning miqdori ko‘p bo‘lgani sababli, rekuperatsiya kuchi ham yuqori bo‘lishi kerak. Shu sababli, signal shakllantirish tizimi rekuperatsiya generatoriga massaga mos impuls signal uzatadi. Bu signal akkumulyatorga zaryadni optimal ravishda qayta yuboradi va energiya tejashga xizmat qiladi [4, 6, 8].

XULOSA VA TAKLIFLAR. Signal ishlab chiqish tizimi nafaqat tork va kuchlanishni, balki harorat, vibratsiya, yo‘l rel’efi, barqarorlik tizimlari (ESP), anti-slip tizimlar (ASR) bilan ham uzviy bog‘langan. Massaga qarab ESP signalni tormoz tizimiga, ASR esa transmissiyaga yuboradi. Natijada, og‘ir yuklangan avtomobil burilishda sirpanmaydi, to‘xtashda yo‘nalishni yo‘qotmaydi va yuqori tezlikda barqaror yurishni davom ettiradi.

Umuman olganda, massaga moslashtirilgan boshqaruv signallarini ishlab chiqish texnologiyasi – bu elektromobil yuritma tizimini intellektual darajada boshqarishning muhim vositasidir. U yordamida nafaqat energiya samaradorligi, balki yurish silliqligi, xavfsizlik, akkumulyator resursi, motor isish darajasi va transmissiya barqarorligi ham ta’minlanadi. Bu tizimlar elektromobilni har qanday og‘irlikdagi va har qanday yo‘l sharoitidagi holatga moslashuvchan, tezkor va aqlli javob bera oladigan transport vositasiga aylantiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ammari, O., Essounbouli, N., Hamzaoui, A., & Naït-Said, N. (2024). Nonlinear control of a half electric vehicle including an inverter, an in-wheel BLDC motor and Pacejka’s tire model. International Journal of Dynamics and Control, 12(3), 3366–3378. https://doi.org/10.1007/s40435-024-01427-2

2. Wang, Y., Xu, S., Wu, X., & Luo, H. (2022). Model predictive control-based longitudinal control for autonomous electric vehicle with changing mass. Asian Journal of Control, 24(5), 2366–2377. https://doi.org/10.1002/asjc.2915

3. Sharma, V., & Purwar, S. (2014). Nonlinear controllers for a light-weighted all-electric vehicle using Chebyshev neural network. Mathematical Problems in Engineering, 2014, Article 867209. https://doi.org/10.1155/2014/867209

4. Sun, S., Zhang, N., Walker, P., & Lin, C. (2020). Intelligent estimation for electric vehicle mass with unknown uncertainties based on particle filter. IET Intelligent Transport Systems, 14(5), 463–467. https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0453

5. Vahidi, H. P. A., & Stefanopoulou, A. (2012). Effect of vehicle mass changes on the accuracy of Kalman filter estimation of electric vehicle speed. IET Electrical

ISSN 3030-3907

Systems in Transportation, 2(4), 153–162. https://doi.org/10.1049/iet-est.2012.0027

6. Research on inverter loss in different control strategies of electric vehicle. (2013). Applied Mechanics and Materials, 321–324, 1507–1513. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.321-324.1507

7. Saeks, R., Krener, A., & DeCarlo, R. (2002). Adaptive control of a hybrid electric vehicle. Proceedings of the American Control Conference, 1234–1239.

8. Karimjonov.D "TESLA rusumli elektromobilini elektr yuritmasi" Toshkent davlat texnika universiteti. Toshkent.: 2020 (dissertatsiya)

9. Жданов, А. А. (2004). Автономная адаптивная система управления активной подвеской автомобиля. Вестник МГТУ им. Баумана, 2, 55–63.

10. Ражибаев, Д. О. (2019). Применение электровозов с четырёхквадрантным преобразователем на железных дорогах Узбекистана. Диссертация, Ташкентский государственный транспортный университет.

ISSN 3030-3907