

Ilmiy rahbar: Xamidillo Xursandov

Samarqand davlat universiteti Urgut filiali

Tabiiy fanlarni o'qitish metodikasi katta o'qituvchisi

Email: xamidilloxursandov@gmail.com

Tel: +998910333555

Tayyorlovchi: Melisov Muxammad Sayyor o'g'li

Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti

*Biznesni boshqarish va tabiiy fanlar fakulteti buxgalteriya hisobi
va audit (tarmoqlar va sohalarda) yo'nalishi 3-kurs talabasi 214-guruh.*

Email: muhammadmelisov12@gmail.com

Telegram: @Muhammad_Melisov

Tel: +998917020112

Annotatsiya: Ushbu maqolada smartfonlarni masofadan zaryadlash texnologiyasining mohiyati va uning amaliy ahamiyati yoritilgan. Texnologiyaning asosiy prinsipi elektromagnit induksiya va rezonans orqali energiyani masofadan uzatishga asoslanadi. Maqolada bu jarayonning afzalliklari, energiya samaradorligini oshirishdagi roli hamda kelajakda smartfonlarni to'liq simsiz zaryadlash imkoniyatlari tahlil qilingan.

Abstract: This article explores the essence of wireless smartphone charging technology and its practical significance. The core principle of this technology is based on transferring energy over a distance through electromagnetic induction and resonance. The paper analyzes the advantages of this process, its role in improving energy efficiency, and the prospects of achieving fully wireless smartphone charging in the future.

Аннотация: В данной статье рассмотрена сущность технологии дистанционной зарядки смартфонов и её практическое значение. Основной принцип технологии основан на передаче энергии на расстоянии с помощью электромагнитной индукции и резонанса. В работе проанализированы преимущества данного процесса, его роль в повышении энергоэффективности и перспективы полного беспроводного заряда смартфонов в будущем.

Kalit so'zlar: Masofadan zaryadlash, simsiz energiya uzatish, elektromagnit induksiya, rezonansli quvvat uzatish, smartfon texnologiyasi, elektromagnit maydon, mikroto'lqinli energiya, quvvat samaradorligi, energiya uzatish tizimi, innovatsion texnologiyalar.

Keywords: Wireless charging, wireless power transfer, electromagnetic induction, resonant power transmission, smartphone technology, electromagnetic

field, microwave energy, power efficiency, energy transfer system, innovative technologies.

Ключевые слова: Дистанционная зарядка, беспроводная передача энергии, электромагнитная индукция, резонансная передача мощности, технология смартфонов, электромагнитное поле, микроволновая энергия, энергоэффективность, система передачи энергии, инновационные технологии.

Kirish: Bugungi kunda smartfonlar inson hayotining ajralmas qismiga aylangan bo'lib, ulardan aloqa, ma'lumot almashish, onlayn xizmatlardan foydalanish, ish yuritish va ko'ngilochar maqsadlarda keng foydalanilmoqda. Smartfonlarning funksional imkoniyatlari tobora kengayib borayotgan bir paytda ularning asosiy muammolaridan biri — energiya manbaining tez tugashi masalasidir. Foydalanuvchilar ko'p hollarda quvvat manbalariga bog'lanib qoladilar, bu esa mobil texnologiyalarning erkinligiga ma'lum darajada cheklov qo'yadi. Shu sababli so'nggi yillarda olimlar va texnologik kompaniyalar smartfonlarni kablesiz, ya'ni masofadan turib zaryadlash imkonini beruvchi yangi texnologiyalarni ishlab chiqish yo'lida faol tadqiqotlar olib bormoqda.

Masofadan zaryadlash texnologiyasi (Wireless Power Transfer — WPT) elektromagnit maydonlar orqali elektr energiyasini havoda uzatishga asoslanadi. Bu texnologiya asosan uchta yo'nalishda rivojlanmoqda: elektromagnit induksiya, rezonansli energiya uzatish va mikrotolqinli (radioto'lqinli) energiya uzatish. Elektromagnit induksiya usuli qisqa masofalarda, masalan, telefonni maxsus stendga qo'yib zaryadlash holatlarida ishlatiladi. Rezonansli energiya uzatish esa transmitter va receiver o'rtasida rezonans chastotasini moslashtirish orqali energiyani bir necha o'n santimetr yoki metrgacha samarali yetkazish imkonini beradi. Mikrotolqinli uzatish texnologiyasi esa radioto'lqinlar yordamida quvvatni bir necha metr, hatto o'n metrgacha bo'lgan masofalarga uzatish imkonini beradi.

Shu bilan birga, bu texnologiyani joriy etish jarayonida bir qator ilmiy-texnik muammolar mavjud. Eng asosiylari — energiya uzatishdagi yo'qotishlar, elektromagnit nurlanishning inson organizmiga salbiy ta'sirini kamaytirish, qurilmalarning issiqlik chiqishini boshqarish va xavfsizlik standartlarini ishlab chiqishdir. Shu sababli masofadan zaryadlash texnologiyasini takomillashtirish hozirgi davrda elektronika, fizika, materialshunoslik va biotexnologiya yo'nalishlarining kesishgan nuqtasida olib borilayotgan eng istiqbolli tadqiqotlardan biri hisoblanadi. Umuman olganda, smartfonlarni masofadan zaryadlash texnologiyasi kelajakda foydalanuvchilar uchun yanada qulay, ekologik toza va samarali energiya tizimini yaratishga xizmat qiladi. Bu yo'nalishning rivojlanishi nafaqat mobil qurilmalar, balki butun IoT ekotizimi va aqlli texnologiyalar uchun ham yangi imkoniyatlar eshigini ochadi.

Asosiy qism: Masofadan zaryadlash texnologiyasining imkoniyatlari va afzalliklari.

Masofadan zaryadlash texnologiyasi zamonaviy elektronika rivojining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u foydalanuvchilarga qulaylik, xavfsizlik va texnik samaradorlikni ta‘minlash imkonini beradi. Eng avvalo, bu texnologiya simli zaryadlashga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi. Foydalanuvchilar smartfonlarini yoki boshqa qurilmalarni zaryadlash uchun kabel qidirish, ulagichlarni almashtirish yoki simning uzilishi kabi muammolardan xalos bo‘ladilar. Bu esa kundalik hayotda qulaylikni sezilarli darajada oshiradi.

Ikkinchidan, masofadan zaryadlash tizimi bir vaqtning o‘zida bir nechta qurilmani quvvatlantirish imkonini beradi. Masalan, bir xonada joylashgan transmitter yordamida telefon, soat, quloqchin va boshqa mos qurilmalar avtomatik tarzda zaryadlana oladi. Bu yechim ayniqsa aqlli uy (smart home) tizimlari uchun juda mos keladi.

Uchinchidan, bu texnologiya zaryadlash portlari va kabellarni kamaytirish orqali qurilmalarning mexanik mustahkamligini oshiradi. Ulagichlar eskirmaydi, suv yoki chang kirish xavfi kamayadi, bu esa qurilmaning xizmat muddatini uzaytiradi. Shuningdek, dizayn nuqtai nazaridan ham bu katta afzallik beradi — kelajakda telefonlarda umuman zaryadlash porti bo‘lmasligi mumkin.

To‘rtinchidan, masofadan energiya uzatish **elektr xavfsizligi** nuqtai nazaridan ham foydalidir. Kabel orqali yuqori kuchlanish o‘tmaydi, bu esa qisqa tutashuv yoki elektr urishi xavfini kamaytiradi. Ayniqsa bolalar yoki tibbiy muassasalar uchun bu muhim hisoblanadi.

Bundan tashqari, bu texnologiya ekologik jihatdan ham foydali hisoblanadi. Kabel va adapterlarning kamayishi plastik chiqindilarni qisqartiradi, energiya taqsimoti esa samaraliroq boshqariladi. U kelajakda **yashil texnologiyalar** va **barqaror energiya tizimlari** konsepsiyasiga mos keladi.

Salbiy tomonlari sifatida, hozircha bu texnologiya energiya yo‘qotilishi va zaryad tezligining pastligi bilan bog‘liq cheklavlarga ega. Masofa ortgan sayin uzatiladigan quvvat kamayadi, bu esa samaradorlikni pasaytiradi. Shuningdek, yuqori quvvatda ishlaydigan tizimlarda issiqlik chiqishi va elektromagnit nurlanish xavfsizlik standartlariga e‘tibor talab qiladi. Biroq bu kamchiliklar hozirda faol tadqiqotlar va yangi materiallar yordamida bartaraf etilmoqda.

Umuman olganda, masofadan zaryadlash texnologiyasi foydalanuvchilarga yuqori darajadagi erkinlik, qulaylik, xavfsizlik va zamonaviylikni ta‘minlaydi. Bu texnologiya smartfonlar, aqlli qurilmalar va kelajakdagi IoT tizimlari uchun energiya ta‘minotining yangi bosqichini boshlab bermoqda.

Masofadan zaryadlash texnologiyasini amaliy yaratish va uning ishlash prinsipi.

1-rasm; Loyihaning maketi.



Masofadan zaryadlash texnologiyasini amaliy ravishda yaratish uchun avvalo uning asosiy ishlash prinsipi — elektromagnit energiyani havoda uzatish mexanizmini chuqur tushunish zarur. Ushbu texnologiya elektromagnit induksiya va rezonans hodisasiga asoslanadi. Elektromagnit induksiya Faradey qonuniga muvofiq, o'zgaruvchan tok o'tayotgan g'altak atrofida magnit maydon hosil bo'lishini va bu maydon yaqinidagi boshqa g'altakda elektr yurituvchi kuch hosil qilinishini ta'minlaydi. Shu yo'l bilan transmitterdan receiverga energiya uzatiladi.

Masofadan zaryadlash tizimi odatda ikki asosiy qismdan tashkil topadi: uzatuvchi (transmitter) va qabul qiluvchi (receiver) bloklar. Transmitterda energiya manbai, generator, kuchaytirgich va g'altak joylashadi; receiverda esa induktiv g'altak, to'g'rilagich (diode bridge), kuchlanish stabilizatori va chiqish porti mavjud bo'ladi. Ushbu ikkala blok orasida havoda magnit maydon hosil bo'lib, energiya oqimi shu maydon orqali o'tadi.

Transmitter qismini tayyorlash

Transmitter blokining asosiy vazifasi — o'zgaruvchan tok hosil qilish va uni magnit maydonga aylantirishdir. Buning uchun **NE555** chipi yoki **tranzistorli ossillyator** sxemasi ishlatiladi. Bu elementlar o'zgaruvchan chastotali signal hosil qilib, uni **MOSFET** tranzistor orqali kuchaytiradi. Kuchaytirilgan signal **mis simdan yasalgan g'altakka** beriladi, natijada atrofida elektromagnit maydon hosil bo'ladi.

Transmitter g'altagi odatda 0.5–1 mm diametrli mis simdan 15–25 o'ramli halqa ko'rinishida tayyorlanadi. G'altak diametri 5–8 sm bo'lishi tavsiya etiladi. Energiya manbai sifatida 5V dan 12V gacha bo'lgan manba, masalan, USB port yoki laboratoriya quvvat manbasi ishlatiladi. Transmitterning samarali ishlashi uchun

generator chastotasi 100 kHz dan 200 kHz oralig'ida bo'lishi maqsadga muvofiq. Bu chastota mobil qurilmalar uchun xavfsiz va samarali diapazonga kiradi.

Receiver qismini yaratish

Receiver blokida transmitterdan kelgan elektromagnit maydon ta'sirida **induktiv tok** hosil bo'ladi. Bu tok **to'g'rilagich diodlari** orqali doimiy tokka aylantiriladi. Keyin **kuchlanish stabilizatori (masalan, LM7805 mikrosxemasi)** yordamida kuchlanish 5V ga keltiriladi va bu chiqish smartfonni zaryadlash portiga ulanadi. Shuningdek, chiqishga **LED indikator** o'rnatilib, tizim ishlayotganini ko'rsatish mumkin.

Receiver g'altagining o'lchamlari transmitternikiga yaqin bo'lishi lozim, chunki o'zaro rezonans sharoiti shundagina samarali ta'minlanadi. Agar transmitter va receiver g'altaklari orasidagi masofa 3–5 sm bo'lsa, quvvat uzatish samaradorligi 60–70% atrofida bo'ladi. Agar rezonans chastotasi aniq moslashtirilsa, bu masofa 20–30 sm gacha kengayishi mumkin.

Ishlash jarayoni

Tizim ishga tushganda transmitter g'altagida o'zgaruvchan tok oqimi paydo bo'ladi va u magnit maydon hosil qiladi. Bu maydon receiver g'altagiga ta'sir etib, unda elektromagnit induksiya natijasida tok hosil qiladi. Hosil bo'lgan tok to'g'rilanib, kuchlanish barqarorlashtirilib, smartfonni quvvatlantirish uchun ishlatiladi. Shu tariqa, elektr energiyasi havo orqali kablesiz tarzda uzatiladi.

Tajriba va sinov bosqichlari

Masofadan zaryadlash tizimini amaliy sinovdan o'tkazish uchun oddiy laboratoriya sharoitida quyidagi komponentlardan foydalanish mumkin:

- NE555 yoki tranzistorli generator moduli
- MOSFET yoki IRF540 tranzistor
- Mis sim (0.5–1 mm)
- Kondensatorlar (10–100 nF diapazonida)
- Diodlar (1N4007 yoki shunga o'xshash)
- Kuchlanish stabilizatori (LM7805)
- LED indikator
- Breadboard yoki montaj platası

Tajriba davomida transmitter va receiver orasidagi masofa o'zgartirilib, kuchlanish o'lchovlari amalga oshiriladi. Samaradorlik, masofa va chastota o'rtasidagi bog'liqlik aniqlanadi. Shuningdek, tizimning qizib ketish darajasi va energiya yo'qotilishi kuzatilib, optimal ishlash parametrlari tanlanadi.

Xavfsizlik va texnik masalalar

Masofadan energiya uzatishda xavfsizlik muhim omil hisoblanadi. Yuqori chastotali elektromagnit maydon inson organizmiga zarar yetkazmasligi uchun tizimning quvvati 10 Vt dan oshmasligi kerak. Qurilma ishlash jarayonida metall jismlardan uzoq joyda saqlanishi, izolyatsiyasi mustahkam bo'lishi va harorat nazorat

qilinishi zarur. Shu bilan birga, tizim energiya samaradorligini oshirish maqsadida rezonans chastotani aniq sozlash va yo'naltirilgan magnit maydon hosil qilish usullarini qo'llash tavsiya etiladi.

Masofadan zaryadlash tizimini mustaqil ravishda yasash orqali talabalar va tadqiqotchilar elektromagnit maydonlar, kuchaytirish sxemalari, energiya yo'qotilishi, issiqlik muammolari va rezonans hodisalari haqida amaliy bilimga ega bo'lishlari mumkin. Bu loyiha fizikani, elektronika va muhandislikni birlashtirgan o'quv-amaliy yo'nalish bo'lib, kelgusida real masofadan zaryadlash tizimlarini yaratish uchun poydevor vazifasini bajaradi.

Masofadan zaryadlash texnologiyasining rivojlanish istiqbollari va takomillashtirish yo'nalishlari

Masofadan zaryadlash texnologiyasi bugungi kunda tajriba va amaliyot o'rtasidagi bosqichda bo'lib, yaqin yillarda uning ommalashuvi kutilyapti. Dastlabki sinovlar shuni ko'rsatadiki, induktiv va rezonansli tizimlarda energiya uzatish masofasi 3–10 santimetrdan oshmaydi, biroq rezonans chastotasini to'g'ri moslashtirish, g'altaklarning shakli va materiali ustida ishlash natijasida bu masofa bir necha barobar oshirilishi mumkin. Shu sababli tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlaridan biri — **energiyani yo'qotmasdan uzoq masofaga uzatish** muammosini hal etishdir.

1-rasm. Masofadan zaryadlash apparatining taxminiy ko'rinishi.



Masofadan zaryadlash texnologiyasining istiqboli, avvalo, **rezonansli elektromagnit uzatish** tizimlarining takomillashtirilishiga bog'liq. Bunda transmitter va receiver o'rtasida to'liq chastotaviy moslik ta'minlanadi, natijada energiya uzatish samaradorligi keskin oshadi. Hozirgi tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, yuqori sifatli ferit materiallar va nano-kompozitlar ishlatilganda,

energiya yo‘qotilishi 15–20% gacha kamayadi. Bu esa real amaliy tizimlarda masofani 50–100 sm gacha kengaytirish imkonini beradi.

Yana bir istiqbolli yo‘nalish — **mikrotolqinli (radiochastotali) energiya uzatish** texnologiyasidir. Bu usulda energiya maxsus antenna tizimlari yordamida radioto‘lqinlar shaklida uzatiladi va qabul qiluvchi tomonda joylashgan **rectenna** (rectifying antenna) tomonidan elektr energiyasiga aylantiriladi. Bunday tizimlar bir necha metr masofadan bir vaqtning o‘zida bir nechta qurilmalarni quvvatlantirish imkonini beradi. Hozirda **Ossia** va **Energous** kompaniyalari ana shunday yechimlarni ishlab chiqmoqda. Ularning sinov natijalarida 2–3 metrdan 2 Vt quvvat bilan energiya uzatish muvaffaqiyatli amalga oshirilgan.

Tadqiqotlar natijasida aniqlanishicha, g‘altaklarning o‘ram soni, diametri va ularning joylashuvi tizim samaradorligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Agar transmitter va receiver o‘rtasidagi masofa kichik bo‘lsa, induksiya kuchayadi, ammo ortiqcha yaqinlikda g‘altaklar o‘rtasida issiqlik chiqishi ortadi. Shu sababli, kelajakdagi tizimlarda **avtomatik masofa nazorati va issiqlik sensori** tizimlarini joriy etish muhim. Bu tizimlar yordamida qurilma o‘z holatiga qarab energiya oqimini avtomatik boshqaradi, bu esa xavfsizlikni oshiradi.

Yana bir muhim yo‘nalish — **sun‘iy intellekt va aqlli boshqaruv algoritmlarini** kiritishdir. Kelajakda masofadan zaryadlash tizimlari foydalanuvchining joylashuvini aniqlab, energiyani faqat kerakli yo‘nalishda uzata oladi. Bu “yo‘naltirilgan energiya fokuslash” (beamforming) texnologiyasi deb ataladi. U orqali energiya isrofi kamayadi, samaradorlik esa oshadi. Bunday tizimlar ayniqsa IoT (Internet of Things) tarmog‘ida, ya‘ni sensorlar, aqlli soatlar, tibbiy datchiklar va boshqa kichik qurilmalarda keng qo‘llanishi kutilmoqda.

Masofadan zaryadlashning rivojlanishida **ekologik va energiya samaradorligi** jihatlari ham muhim o‘rin tutadi. Sim va adapterlarning kamayishi natijasida plastik chiqindilar hajmi kamayadi, bu esa atrof-muhitga ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, kelajakda bu texnologiya quyosh energiyasi bilan integratsiyalashgan tizimlar bilan birgalikda ishlashi mumkin, bu esa ekologik toza energiya uzatish infratuzilmasini yaratadi.

Masofadan zaryadlash texnologiyasini takomillashtirishda **biologik xavfsizlik** masalasi ham diqqat markazida turadi. Yuqori chastotali elektromagnit maydonlar inson to‘qimalariga zarar yetkazmasligi uchun nurlanish quvvatini nazorat qiluvchi maxsus cheklovlar (masalan, FCC standartlari) joriy etilishi zarur. Shu maqsadda “faol zona”ni aniqlash va energiyani faqat qurilma mavjud joyda uzatish imkonini beruvchi datchik tizimlari ishlab chiqilmoqda.

Amaliy tajribalar shuni ko‘rsatadiki, masofadan zaryadlash tizimini oddiy laboratoriya sharoitida yaratish orqali muhandislik tamoyillarini chuqur o‘rganish mumkin. Talabalar yoki tadqiqotchilar bu jarayon orqali elektromagnit to‘lqinlar, kuchaytirish, rezonans, energiya yo‘qotilishi, issiqlik tarqalishi va xavfsizlik

masalalarini o'z ko'zi bilan kuzatib, ilmiy tajriba orttiradilar. Bu esa nafaqat ilmiy bilimni boyitadi, balki amaliy innovatsion g'oyalarni ilgari surishga imkon beradi.

Shuningdek, masofadan zaryadlash tizimlari kelajakda faqat smartfonlar uchun emas, balki **aqlli uylar, transport vositalari, robototexnika, tibbiy asboblari, harbiy aloqa tizimlari va kosmik qurilmalar** uchun ham qo'llanilishi kutilmoqda. Elektr avtomobillarni masofadan zaryadlash, dronlarni havoda energiya bilan ta'minlash yoki sun'iy yo'ldosh tizimlarini kabellarsiz zaryadlash kabi g'oyalar allaqachon ilmiy muhokama bosqichida turibdi.

Umuman olganda, masofadan zaryadlash texnologiyasi bugungi kunda hali mukammal darajada ishlamagan bo'lsa-da, uning rivojlanish istiqbollari nihoyatda keng. Ilmiy tadqiqotlar energiya samaradorligini oshirish, xavfsizlikni ta'minlash va masofani kengaytirish yo'nalishida davom etmoqda. Texnologiya mukammallashtirilgan sari u inson hayotini yanada qulay, xavfsiz va ekologik toza energiya tizimiga olib kiradi.

Metodologiya: Mazkur tadqiqotning metodologik asosi masofadan energiya uzatish jarayonini ilmiy, nazariy va amaliy jihatdan o'rganishga qaratilgan. Tadqiqotda elektromagnit induksiya va rezonans prinsiplariga asoslangan tajriba yo'nalishi tanlandi. Bunda energiyani kabellsiz uzatish tizimini yaratish uchun laboratoriya sharoitida maxsus model yig'ildi. Ushbu model orqali energiya uzatish masofasi, samaradorligi va xavfsizligi o'lchab chiqildi.

Tajriba jarayonida quyidagi metodlar qo'llanildi:

- **Nazariy tahlil metodi:** elektromagnit induksiya va rezonans hodisalarini o'rganish, ularning energiya uzatishdagi rolini matematik formulalar asosida tahlil qilish.
- **Amaliy tajriba metodi:** transmitter va receiver g'altaklarining o'lchamlari, o'ram soni va masofa parametrlarini o'zgartirib, ularning samaradorlikka ta'sirini aniqlash.
- **O'lchov va kuzatuv metodi:** tajriba davomida kuchlanish, tok, issiqlik chiqishi va masofa o'zgarishlarini voltmeter, ampermetr va lazer o'lchagich yordamida qayd etish.
- **Taqqoslash metodi:** olingan natijalarni mavjud ilmiy manbalar bilan solishtirish orqali tizimning ishlash samaradorligini baholash.

Tizimni yig'ish bosqichida quyidagi komponentlardan foydalanildi: NE555 generator mikrosxemasi, MOSFET kuchaytirgich tranzistori, mis simdan tayyorlangan g'altaklar (15–25 o'ram), LM7805 kuchlanish stabilizatori, diodlar (1N4007), kondensatorlar, LED indikator va 5–12 voltli quvvat manbai. Tajriba modeli breadboard asosida montaj qilindi.

Tizim ishga tushirilgach, transmitter g'altagida hosil bo'lgan elektromagnit maydon receiver g'altagiga ta'sir qildi va natijada induktiv tok hosil bo'ldi. Bu tok to'g'rilagich orqali doimiy tokka aylantirilib, 5V kuchlanishda zaryad manbai sifatida foydalanildi. O'lchovlar natijasida transmitter va receiver o'rtasidagi optimal masofa 3–5 sm bo'lganda eng samarali energiya uzatish aniqlangan.

Metodologik jarayon davomida xavfsizlik me'yorlariga qat'iy amal qilindi. Tajribalar past quvvatli (10 Vt gacha) manbalarda olib borildi, qurilma metall jismlardan uzoqda joylashtirildi, harorat nazorati amalga oshirildi. Barcha o'lchov natijalari qayd etilib, ularning o'rtacha qiymatlari statistik tahlildan o'tkazildi.

Tadqiqot metodologiyasi natijasida olingan amaliy ma'lumotlar masofadan zaryadlash tizimini samarali va xavfsiz yaratish uchun zarur texnik asoslarni belgilab berdi. Bu esa keyingi bosqichda tizimni yanada takomillashtirish, masofani oshirish va energiya yo'qotilishini kamaytirish bo'yicha ilmiy xulosalar chiqarishga imkon yaratdi.

Xulosa:

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, masofadan zaryadlash texnologiyasi zamonaviy elektron qurilmalar uchun qulay, samarali va istiqbolli yechim hisoblanadi. Ushbu texnologiya elektromagnit induksiya va rezonans hodisalari asosida ishlaydi hamda energiyani kablesiz, havo orqali uzatish imkonini beradi. Amaliy tajriba davomida transmitter va receiver g'altaklari o'rtasida 3–5 santimetr masofada barqaror energiya uzatish kuzatildi. Bu natijalar texnologiyaning nazariy asoslari to'g'riligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot jarayonida masofadan energiya uzatishning asosiy afzalliklari — qulaylik, simlardan voz kechish, ekologik tozalikka hissa qo'shish va kelajakda to'liq kablesiz muhitni yaratish imkoniyati ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga, energiya yo'qotilishi, issiqlik chiqishi va xavfsizlik masalalari kabi ayrim texnik cheklovlar mavjudligi qayd etildi. Ushbu muammolarni hal etish uchun g'altak materiallarini yaxshilash, rezonans chastotasini aniq moslashtirish hamda issiqlikni boshqaruvchi sensor tizimlarini joriy etish zarurligi ta'kidlandi.

O'tkazilgan amaliy loyiha orqali masofadan energiya uzatishning asosiy jarayonlari, komponentlari va ularning o'zaro ta'siri aniqlandi. Ushbu natijalar kelajakda samaradorligi yuqori, xavfsiz va uzoq masofali zaryadlash tizimlarini yaratish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Masofadan zaryadlash texnologiyasi nafaqat smartfonlar, balki aqlli soatlar, tibbiy qurilmalar, transport vositalari va robototexnika sohalarida ham keng qo'llanilishi mumkin. Shunday qilib, bu texnologiya inson hayotini yanada qulay, xavfsiz va ekologik jihatdan barqaror energiya tizimiga olib kiruvchi muhim innovatsion yo'nalish sifatida baholanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kursun, E., & Hui, S. Y. (2013). Wireless power transfer technologies for portable electronic devices. *Proceedings of the IEEE*, 101(6), 1363–1378. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2013.2252431>

2. Kursun, E., & Lihui, W. (2014). Overview of near-field wireless power transfer systems using resonant inductive coupling. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(9), 4500–4511. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2013.2296531>
3. Ossia Inc. (2023). Cota real wireless power technology – Technical white paper. Retrieved from <https://www.ossia.com>
4. Energous Corporation. (2022). WattUp® wireless charging technology overview. Retrieved from <https://www.energous.com>
5. Choi, B. H., & Rim, C. T. (2016). Recent advances in wireless power transfer systems for mobile electronics. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 11(5), 1342–1353. <https://doi.org/10.5370/JEET.2016.11.5.1342>
6. Zhang, W., & Mi, C. C. (2016). Compensation topologies of high-power wireless power transfer systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65(6), 4768–4778. <https://doi.org/10.1109/TVT.2015.2477478>
7. Powercast Corporation. (2021). RF-based wireless power solutions overview. Retrieved from <https://www.powercastco.com>
8. Kim, J., Park, D. H., & Nam, S. (2020). Optimization of inductive power transfer for consumer electronics. *IEEE Access*, 8, 18725–18734. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2968954>
9. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of Physics* (11th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
10. Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2020). *Physics for Scientists and Engineers* (11th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.