HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

NANOTEXNOLOGIYANING ELEKTROTEXNIKA SOHASIDA QO'LLANILISH ISTIQBOLLARI

Pazilova Shoxida Abdulbasitovna
p.f.f.d.(PhD), dotsent, O'R HX va M universiteti
doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.23524790

Annotatsiya: Ushbu maqolada atom va molekulyar miqyosdagi nanomateriallarning elektrotexnika, elektronika va energetika sohalaridagi o'rni har tomonlama tahlil qilinadi. Zamonaviy elektr tizimlarida energiya samaradorligini oshirish, yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yangi avlod kabellarini yaratish, elektr izolyatsiyalash materiallarini takomillashtirish hamda yuqori sig'imli energiya saqlash qurilmalarini ishlab chiqishda nanotexnologiyalarning fundamental va amaliy afzalliklari yoritilgan. Shuningdek, sohadagi mavjud muammolar va istiqboldagi rivojlanish tendensiyalari ko'rib chiqilgan.
Kalit so'zlar: Nanotexnologiya, nanomateriallar, uglerod nanotrubkalari, grafen, elektrotexnika, kvant o'lcham effekti, superkondensatorlar, Smart Grid, dielektrik, nanokompozitlar.

Bugungi kunda texnika va texnologiyalarning rivojlanishi elektr qurilmalarining o'lchamlarini kichraytirish va shu bilan birga ularning unumdorligini oshirishni talab etmoqda. 1 dan 100 nanometrgacha bo'lgan o'lchamdagi tuzilmalarni o'rganuvchi nanotexnologiya fani ushbu muammolarga yechim bo'lib xizmat qilmoqda [1]. Materiya nanoo'lchamga o'tganida, unda an'anaviy makromateriallarda kuzatilmaydigan mutlaqo yangi mexanik, elektrofizik va optik xususiyatlar paydo bo'ladi. Jahon miqyosida fan va texnikaning jadal rivojlanishi elektr qurilmalarining o'lchamlarini keskin kamaytirish, ularning unumdorligini va energiya tejamkorligini oshirishni talab etmoqda. Klassik ishlab chiqarish usullari va an'anaviy materiallar (mis, alyuminiy, kremniy) o'zlarining fizikaviy va iqtisodiy cheklovlariga yaqinlashib bormoqda. Chunki mikromiqyosdagi o'tkazgichlar va yarimo'tkazgichlar o'lchami yanada kichraytirilganda, issiqlik ajralishi keskin ortadi va elektr qarshiligi tufayli energiya yo'qotishlari ko'payadi.

Ushbu global muammolarni hal etishda 1 dan 100 nanometrgacha (nm) bo'lgan o'lchamdagi materiya tuzilmalarini o'rganuvchi va boshqaruvchi nanotexnologiya fani asosiy yechim sifatida maydonga chiqmoqda [2]. Moddalar makroskopik holatdan nanoo'lchamli holatga o'tganida, ularda kvant o'lcham effektlari va sirt maydonining hajmiy ulushga nisbatan keskin ortishi hisobiga mutlaqo yangi mexanik, elektrofizik, magnit va optik xususiyatlar namoyon bo'ladi. Elektrotexnika sanoatida nanotexnologiyalarni qo'llash nafaqat energiya sarfini kamaytirish, balki muqobil energiya manbalarini integratsiya qilish, "aqlli" elektr tarmoqlarini yaratish va elektr stansiyalarining foydali ish koeffitsiyentini (FIK) oshirish imkonini beradi[3]. Shu sababli, ushbu yo'nalishdagi ilmiy tadqiqotlar va amaliy ishlanmalar bugungi kunning eng dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Zamonaviy elektrotexnika va elektronika sanoatida an'anaviy xomashyolar o'rnini yuqori funksional xususiyatlarga ega bo'lgan quyidagi nanomateriallar egallab bormoqda:

1. Uglerod asosidagi nanomateriallar.

Uglerod nanotrubkalari: Uglerod atomlarining silindrsimon shaklda o'ralgan karkasli strukturasi bo'lib, xona haroratida elektr tokini o'tkazuvchanligi mis kabellarga qaraganda kamida 2 marta yuqori

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

bo'lishi isbotlangan. Ular nihoyatda yengil va mexanik jihatdan po'latdan bir necha o'n marta mustahkamdir.

Grafen: Uglerod atomlarining bir geksagonal qatlamidan iborat ikki o'lchamli (2D) kristallsimon panjaradir. Grafen o'ta yuqori elektr o'tkazuvchanlikka va issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, elektronlarning undagi harakatlanish tezligi oddiy yarimo'tkazgichdagidan yuzlab marta yuqoridir.

Fullerenlar: 60 yoki undan ortiq uglerod atomlaridan tashkil topgan, sferik shakldagi yopiq karkasli molekulalar bo'lib, ular elektrotexnikada o'ta kuchli izolyatorlar yoki datchiklar elementlarini yaratishda qo'llaniladi.

2. Metall va metall oksidlari nanozarrachalari.

Nanometall kukunlari: Kumush (Ag), oltin (Au), mis (Cu) nanozarrachalari o'ta kichik o'lchamlari hisobiga mikro- va nano-elektron sxemalarda kontaktlarni biriktiruvchi o'tkazgichli pastalar tayyorlashda ishlatiladi.

Dielektrik va yarimo'tkazgichli nanozarrachalar: Titan dioksidi (TiO_2), rux oksidi (ZnO$, kremniy dioksidi ($SiO_2$) nanozarralari yuqori kuchlanishli izolyatsiya tizimlarida kompozit materiallar yaratish uchun to'ldiruvchi sifatida xizmat qiladi.

Nanomateriallarning elektrotexnikada qo'llanilishi juda keng qamrovli bo'lib, quyidagi muhim tarmoqlarni o'z ichiga oladi:

Yuqori o'tkazuvchanlikka ega kabellar va elektr uzatish tarmoqlari. An'anaviy havo va kabel elektr uzatish liniyalarida alyuminiy va mis simlardagi qarshilik tufayli ishlab chiqarilgan elektr energiyasining 7-10% gacha qismi issiqlik energiyasiga aylanib, isrof bo'ladi. Uglerod nanotrubkalari va grafen asosida tayyorlangan nanokompozit simlar quyidagi afzalliklarga ega:

1. Qarshilikning minimal darajasi: Elektr energiyasini uzoq masofalarga yo'qotishlarsiz uzatish imkonini beradi.
2. Yengil vazn va yuqori mustahkamlik: Elektr ustunlariga (tayanchlariga) tushadigan yuklamani kamaytiradi va simlarning cho'zilib, uzilib ketish xavfini bartaraf etadi.
3. Termik barqarorlik: Yuqori haroratlarda ham o'zining o'tkazuvchanlik xossasini yo'qotmaydi.

Transformatorlar va yuqori kuchlanishli izolyatsiya tizimlari. Transformatorlarning sovutish tizimlarida va izolyatsiyasida ishlatiladigan an'anaviy transformator moylariga tarkibida SiO_2, Al_2O_3 yoki TiO_2 bo'lgan nanozarrachalar qo'shilganda nanosuyuqliklar hosil bo'ladi. Ushbu nanosuyuqliklar moyning issiqlik o'tkazuvchanlik qobiliyatini 20-30% gacha oshiradi, bu esa transformatorning tez sovushini ta'minlaydi.

Dielektrik parchalanish kuchlanishini (izolyatsiya mustahkamligini) keskin oshiradi, natijada yuqori kuchlanishli uskunalar xavfsizligi ortadi va xizmat muddati uzayadi.



1-rasm. Superkondensator.

Muqobil energetika (quyosh va shamol stansiyalari) hamda elektromobillar sanoatining asosi energiya saqlash tizimlariga bog'liq [4]. Nanomateriallar bu sohada inqilobiy o'zgarishlar qildi. Inqilobiy o'zgarishlarni elektromobollarda ko'rish mumkin. Xususan, yangi avlod energiya saqlash qurilmalari (akkumulyator va superkondensatorlar) keng qo'llanilishini sababalari quyidagi jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bilan asoslash mumkin.

1-jadval

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

Qurilma turi	An’anaviy texnologiya	Nanotexnologik yechim	Erishilgan samara
Litiy-ionli batareyalar	Grafit anod va standart katod	Nano-strukturali kremniy va grafen aralashmali elektrodlar	Energiya sig’imi 3-5 baravargacha ortadi, batareya qizishi va degradatsiyasi kamayadi.
Superkonden-satorlar	Faol uglerodli g’ovak elektrodlar	Ikki o’lchamli grafen va CNT qatlamlari	Bir necha soniya ichida to’liq quvvat oladi, sikllar soni 100 000 dan oshadi.

Elektrotexnikaning ajralmas qismi bo’lgan avtomatika va rele himoyasi tizimlari mikroprotsessorlar asosida ishlaydi. Yarimo’tkazgichlar sanoatida tranzistorlar o’lchami 2-3 nanometrgacha qisqardi. Kvant nuqtalar va 2D-materiallar asosida qurilgan yangi nanoelektron komponentlar an’anaviy kremniy mikrosxemalarga qaraganda:

1. 100 marta yuqori tezlikda (chastotada) ishlaydi.

2. Elektr energiyasini bir necha barobar kam iste’mol qiladi.

Bundan tashqari, tarmoqlarda o’rnatiladigan nanosensorlar elektr tizimlarining holatini (kuchlanish, tok, harorat, magnit maydoni o’zgarishini) real vaqt rejimida o’ta yuqori aniqlikda monitoring qiladi. Bu esa tarmoqlarni to’liq avtomatlashtirilgan tarzda boshqarish, avariyalarni oldindan

Nanomateriallar qo’llanilganda materialning umumiy o’tkazuvchanligi va uning nanozarralar konsentratsiyasiga bog’liqligini tahlil qilish muhim ahamiyatga ega [5]. Perkolatsiya nazariyasiga ko’ra, kompozit material tarkibidagi nanozarralar hajmiy ulushi ma’lum bir kritik nuqtadan o’tganda, materialning elektr o’tkazuvchanligi keskin ortadi.

Nanotexnologiyalarning afzalliklari cheksiz bo’lishiga qaramay, ularni elektrotexnika sanoatiga keng miqyosda joriy etishda bir qator muammolar mavjud:

1. Ishlab chiqarish tannorxining yuqoriligi: Grafen va toza uglerod nanotrubkalarini yirik sanoat miqyosida sintez qilish hanuzgacha katta iqtisodiy xarajatlarni talab qiladi.

2. Bir jinsli dispersiyani ta’minlash qiyinligi: Nanozarrachalar o’zaro yopishib, klasterlar hosil qilishga moyil bo’ladi. Ularni polimer yoki moy tarkibida bir tekis tarqatish murakkab texnologik jarayondir.

3. Ekologik va sog’liq jihatlari: Nanozarrachalarning atrof-muhitga va inson salomatligiga ta’siri to’liq o’rganilmagan bo’lib, maxsus xavfsizlik standartlarini ishlab chiqishni talab etadi.

Nanotexnologiya va nanomateriallar elektrotexnika, elektronika va energetika tizimlarining kelajagini belgilab beruvchi eng istiqbolli fundamental yo’nalishdir. Grafen, uglerod nanotrubkalari va turli nanokompozitlarning tatbiq etilishi natijasida yaqin kelajakda:

elektr energiyasini masofaga uzatishdagi texnik yo’qotishlar nolga yaqinlashtiriladi; akkumulyatorlarning quvvatlanish vaqti daqiqalardan soniyalargacha qisqaradi; elektr qurilmalari va transformatorlarning o’lchamlari 2-3 barobargacha ixchamlashadi hamda ularning xizmat muddati uzoq yillarga uzaytiriladi.

Hozirgi vaqtda jahon olimlari, shu jumladan O’zbekiston tadqiqotchilari ham ushbu nanomateriallarni mahalliy sharoitda sintez qilish va energiya zaxiralash tizimlariga joriy etish ustida keng ko’lamli ilmiy izlanishlar olib bormoqda. Ishlab chiqarish texnologiyalari arzonlashishi bilan

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

nanotexnologiyalar an’anaviy elektrotexnikani to’liq qamrab oladi va global “yashil energetika” inqilobini ta’minlaydi.

Nanotexnologiyalarni elektrotexnika sanoatiga integratsiya qilish energiya ishlab chiqarish va taqsimlash tizimlarida tub burilish yasamoqda. Kelajakda nano-tuzilmali materiallar to’liq tatbiq etilishi natijasida mutlaqo energiyani isrof qilmaydigan “aqlli” elektr tarmoqlari va o’ta ixcham texnikalar davri boshlanadi.

ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Yusupov A., Karimov I. Elektron texnikasi moddalari va yupqa pardali nanoqurilmalar. Toshkent: Yangi Asr Universiteti nashriyoti. 2023.
2. Zaynabidinov S. Nanotexnologiya asoslari. Toshkent: Oliy ta’lim nashriyoti. 2022.
3. Ergashev T., Mamatov S. Nanotexnologiyaning elektrotexnika va elektronika sohalarida qo‘llanilishi hamda energiya samaradorligini oshirishdagi o‘rni. Ta’lim, fan va innovatsion g‘oyalar jurnali, 2024. 2(2), 133-137.
4. Kadirov K., Kholdarov B. Elektrotexnika sanoatida energiya saqlash qurilmalari: superkondensatorlar uchun nanomateriallar tadqiqi. JizPI Xabarnomasi, 2(1), 88-93. 2026.
5. Yunusov M. Fizika va elektronika kurslarida nanoelektronika elementlari hamda nanoo‘lchamli materiallar xossalarini o‘rganish. O‘zbekiston Milliy Universiteti xabarlari, 2024. 2(4), 112-117.