

BINO, QUYOSH FOTOELEKTR TIZIMI VA ELEKTROMOBIL QUVVATLASH QURILMASINI YAGONA BOSHQARISH KONTSEPSIYASI

Botirov Shoxrux Mannanovich

Tel nomer: +998881553003

Elektron pochta: shox.9976@gmail.com

Annotatsiya. Tezisdagi bino iste'molchilari, tomdagi quyosh fotoelektr (FE) tizimi va elektromobil (EM) quvvatlash qurilmalarini bir-biridan mustaqil emas, yagona energiya boshqaruv tizimi sifatida boshqarish kontsepsiyasi taklif etilgan. Kontsepsiya besh qatlamli arxitektura (o'lchash, bashorat, optimallashtirish, real vaqt himoyasi, operator interfeysi) va qat'iy ustuvorliklar ierarxiyasiga asoslanadi. Toshkentdagi idoraviy bino (100 kVt (pik) FE, 20 ta xodim EM va dam olish kunlari 8 ta ochiq quvvatlash) uchun hisob shuni ko'rsatdiki: mustaqil boshqaruvda 90 kVt ulanish quvvati chegarasi yiliga 492–549 soat buzilgan, yagona boshqaruvda esa bir marta ham buzilmagan; maksimal tarmoq quvvati 186,3–200,2 kVt dan 72,8 kVt gacha tushgan, SCR 90,4 % dan 92,3 % gacha oshgan, eksport cheklovi tufayli yo'qotilgan FE energiyasi 1,7 dan 0,7 MVt soat gacha kamaygan.

Kalit so'zlar: yagona boshqaruv; energiya boshqaruv tizimi; quyosh fotoelektr tizimi; elektromobil; bino energetikasi.

Abstract. The thesis proposes a unified control concept in which building loads, a rooftop PV system and EV chargers are managed as a single energy management system rather than as independent devices. The concept combines a five-layer architecture (measurement, forecasting, optimization, real-time protection, operator interface) with a strict hierarchy of priorities. For an office building in Tashkent (100 kWp PV, 20 employee EVs and 8 public EVs on weekends), independent control

exceeded the 90 kW connection limit for 492–549 h per year, whereas unified control never did; peak grid power fell from 186.3–200.2 kW to 72.8 kW, the self-consumption ratio rose from 90.4 % to 92.3 %, and PV energy lost to the export limit fell from 1.7 to 0.7 MWh.

Keywords: *unified control; energy management system; solar photovoltaic system; electric vehicle; building energy.*

KIRISH

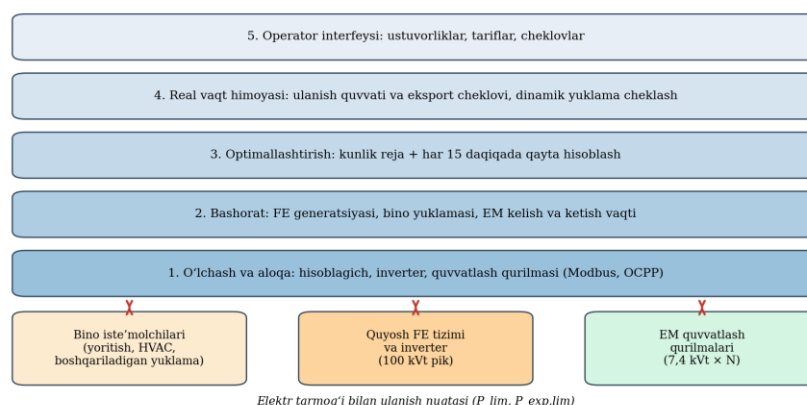
Zamonaviy binolarda bir vaqtda uch tarmoq o'z mantigi bilan ishlaydi. Bino iste'molchilarini bino boshqaruv tizimi (BMS) boshqaradi, FE inverteri maksimal quvvat nuqtasini kuzatadi va eksport cheklovini ushlab turadi, EM quvvatlash qurilmalari esa foydalanuvchi ulangan zahoti ishga tushadi. Yagona koordinatsiyasiz bunday tuzilma o'zaro ziddiyat keltirib chiqaradi. EM ommaviy ulanishi bino yuklamasining ertalabki o'sishiga to'g'ri keladi, FE inverteri eksport cheklovi tufayli generatsiyani kamaytiradi, quvvatlash qurilmalari esa shu paytda band bo'lmaydi [1, 2].

Adabiyotlarda EM ni "aqlli" quvvatlash usullari [2], FE bilan birgalikda ishlash [3] hamda yuguruvchi gorizontli bashoratli boshqaruv [4] kabi alohida o'rganilgan, lekin bino, FE va quvvatlash qurilmasini yagona obyekt sifatida, ulanish quvvati va eksport cheklovi bilan birga boshqarishning umumiy kontseptual asosi va uning miqdoriy samarasi yetarlicha ko'rsatilmagan.

Tadqiqotimizning maqsadi bino, FE tizimi va EM quvvatlash qurilmasini yagona boshqarish kontseptsiyasini shakllantirish va uni mustaqil hamda qisman koordinatsiyalangan boshqaruv bilan taqqoslab baholashdir.

METODOLOGIYA

Taklif etilayotgan kontseptsiya besh qatlamdan iborat (1-rasm). Birinchi qatlamda hisoblagich, inverter va quvvatlash qurilmalaridan o'ltchov olinadi va ularga standart protokollar (Modbus, OCPP [5]) orqali buyruq beriladi. Ikkinchi qatlam FE generatsiyasi, bino yuklamasi va EM kelish-ketish vaqtlarini bashorat qiladi. Uchinchi qatlam kunlik reja tuzadi va uni har 15 daqiqada yangilangan bashorat bilan qayta hisoblaydi [4]. To'rtinchi qatlam rejadan qat'i nazar ulanish quvvati va eksport chegaralarini real vaqtda himoya qiladi (dinamik yuklama cheklash); beshinchi qatlam operatorga ustuvorliklar va tariflarni o'zgartirish imkonini beradi.



1-rasm. Bino, FE tizimi va EM quvvatlash qurilmasini yagona boshqarish arxitekturasini

Ziddiyatlarni bartaraf etish uchun ustuvorlik tartibi belgilanadi: (1) xavfsizlik va ulanish quvvati chegaralari; (2) har bir EM ning ketish vaqtigacha energiya talabi; (3) binoning kritik yuklamalari; (4) FE o'z iste'moli; (5) quvvat cho'qqisi va xarajat. Uchinchi qatlam masalasi chiziqli dasturlash shaklida yoziladi ($\Delta t = 15$ daqiqa):

$$\min \sum_t [P_{imp}(t) + c_{cur} \cdot P_{cur}(t)] \Delta t + w \cdot P_{max} \quad (1)$$

$$P_{imp}(t) - P_{exp}(t) = P_L(t) + \sum_i p_i(t) - [P_{FE}(t) - P_{cur}(t)] \quad (2)$$

$$P_{imp} \leq P_{lim}, \quad P_{exp} \leq P_{exp,lim}, \quad 0 \leq P_{cur} \leq P_{FE}, \quad P_{imp} \leq P_{max} \quad (3)$$

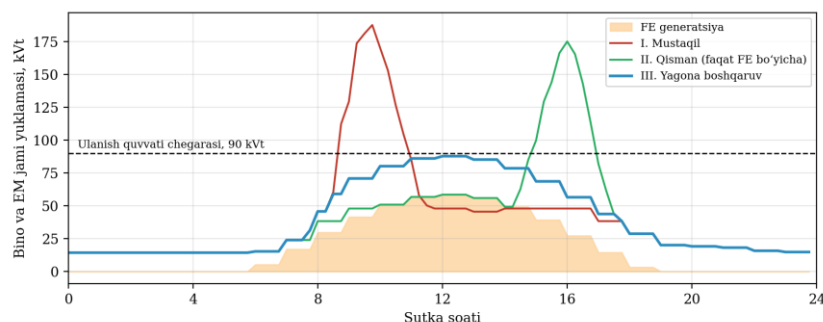
$$\sum_t p_i(t) \Delta t = E_i, \quad 0 \leq p_i(t) \leq P_{ch} \quad (4)$$

bu yerda P_{imp} , P_{exp} — tarmoqdan olinadigan va tarmoqqa beriladigan quvvat; P_{cur} — FE generatsiyasini cheklash; p_i — i -chi EM quvvati; P_{lim} , $P_{\text{exp,lim}}$ — ulanish va eksport quvvati chegaralari; E_i — EM energiya talabi; w — choʻqqi vazni. Ulanish chegarasi (3) jarimali slack oʻzgaruvchi bilan yumshatiladi, shuning uchun masala har doim yechiladi, buzilish esa alohida hisoblanadi.

Obyekt avvalgi ishlardagi idoraviy bino (yillik isteʼmol ≈ 275 MVt·soat, Toshkent, 100 kVt (pik) FE, yillik ishlab chiqarish 149,0 MVt·soat). Ish kunlari 20 ta xodim EM (7,4 kVt, kelish $8:45 \pm 0,6$ soat, ketish $17:15 \pm 0,6$ soat, 8–20 kVt·soat), dam olish kunlari 8 ta ochiq quvvatlash EM i qabul qilindi. Taxminiy chegaralar: $P_{\text{lim}} = 90$ kVt, $P_{\text{exp,lim}} = 25$ kVt. Stsenariylar: I — mustaqil (EM ulanishdan boshlab toʻliq quvvatda); II — qisman koordinatsiya (EM faqat FE ortiqchasi boʻyicha, ketish oldida majburiy quvvatlash; bino yuklamasi va ulanish chegarasi hisobga olinmaydi); III — yagona boshqaruv (1)–(4). Natijalar har oyning ish kuni uchun 6, dam olish kuni uchun 4 tasodifiy realizatsiya boʻyicha oʻrtalashtirildi.

TADQIQOT NATIJALARI

2-rasmda aprel oyining ish kuni uchun jami yuklama keltirilgan. Mustaqil boshqaruvda EM ommaviy ulanishi jami yuklamani ulanish chegarasidan ancha oshiradi, faqat FE ortiqchasiga yoʻnaltirilgan qisman boshqaruv esa quvvatlashni kechiktirib, ketish vaqti oldida majburiy quvvatlashni toʻplaydi va yangi choʻqqi hosil qiladi. Yagona boshqaruv quvvatlashni chegara ostida tekis taqsimlaydi.



2-рasm. Aprel oyi ish kuni: uch stsenariyda bino va EM jami yuklamasi

Yillik natijalar 1-jadvalda keltirilgan. Mustaqil (I) va qisman koordinatsiyalangan (II) boshqaruvda ulanish chegarasi yiliga 492 va 549 soat buziladi, maksimal tarmoq quvvati esa 186,3 va 200,2 kVt ga yetadi. Yagona boshqaruvda (III) chegara buzilmaydi, maksimum 72,8 kVt, ya'ni EM siz holatdan (59,6 kVt) faqat 13,3 kVt ga ko'p. Bir vaqtda SCR 90,4 % dan 92,3 % gacha oshadi, eksport cheklovi tufayli yo'qotilgan FE energiyasi 1,7 dan 0,7 MVt soat gacha kamayadi. FE prognozi $\pm 10\%$ xato bilan berilganda ham chegara buzilmaydi, maksimum 74,5–74,1 kVt, SCR 92,2–92,2 %.

1-jadval. Boshqaruv stsenariylari bo'yicha yillik ko'rsatkichlar (0 — EM siz)

Ko'rsatkich	0	I mustaqil	II qisman	III yagona
EM energiyasi, MVt soat/yil	0,0	86,2	86,2	86,2
Tarmoqdan olingan energiya, MVt soat/yil	151,3	226,8	223,9	223,9
SCR, %	83,2	90,4	92,3	92,3
Eksport cheklovi tufayli yo'qotilgan FE, MVt soat/yil	6,1	1,7	1,4	0,7
Yillik maks. tarmoq quvvati, kVt	59,6	186,3	200,2	72,8

Ko'rsatkich	0	I mustaqil	II qisman	III yagona
90 kVt dan oshgan vaqt, soat/yil	0	492	549	0

MUHOKAMA

Natijalar yagona boshqaruvning asosiy ustunligi alohida qurilmalarni “aqlli” qilishda emas, balki ular orasidagi ziddiyatni ustuvorliklar bilan hal qilishda ekanini ko'rsatadi. Faqat FE ga qaratilgan boshqaruv (II) o'z iste'moli bo'yicha yagona boshqaruv bilan teng, lekin bino yuklamasini hisobga olmagan uchun tarmoq quvvati chegarasini eng ko'p buzadi. Shu sababli yagona boshqaruvning asosiy foydasi mavjud ulanish quvvati ichida qolish, bu transformator va kabelni kengaytirish xarajatini oldini oladi [2]. Cheklovlar: bashorat mukammal ma'lum deb olingan (± 10 % xato tekshirilgan), bino yuklamasi boshqarilmaydigan deb qabul qilingan, tarif va EM akkumulyatori degradatsiyasi hisobga olinmagan, chegara qiymatlari taxminiy. Kontseptsyani kengaytirish uchun boshqariladigan bino yuklamalari (HVAC, suv isitgich) va EM dan binoga energiya berish (V2B) qo'shilishi mumkin.

XULOSA

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, bino, FE tizimi va EM quvvatlash qurilmasini yagona boshqarish uchun besh qatlamli arxitektura va ustuvorliklar ierarxiyasiga asoslangan kontseptsiya taklif etildi. Hisob tajribasida yagona boshqaruv ulanish quvvati chegarasini 492–549 soat/yil buzilishdan 0 soatgacha kamaytirdi va maksimal tarmoq quvvatini 186,3–200,2 dan 72,8 kVt gacha tushirdi. SCR 90,4 % dan 92,3 % gacha oshdi, eksport cheklovi tufayli FE yo'qotishi 1,7 dan 0,7 MVt soat gacha kamaydi; FE prognozi ± 10 % xato bilan berilganda natijalar saqlandi.

ADABIYOTLAR

1. Garcia-Villalobos J., Zamora I., San Martín J.I., Asensio F.J., Aperribay V. Plug-in electric vehicles in electric distribution networks: A review of smart charging approaches // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 38. P. 717–731.
2. Ioakimidis C.S., Thomas D., Rycerski P., Genikomsakis K.N. Peak shaving and valley filling of power consumption profile in non-residential buildings using an electric vehicle parking lot // Energy. 2018. Vol. 148. P. 148–158.
3. Luthander R., Widén J., Nilsson D., Palm J. Photovoltaic self-consumption in buildings: A review // Applied Energy. 2015. Vol. 142. P. 80–94.
4. Oldewurtel F., Parisio A., Jones C.N., Gyalistras D., Gwerder M., Stauch V., Lehmann B., Morari M. Use of model predictive control and weather forecasts for energy efficient building climate control // Energy and Buildings. 2012. Vol. 45. P. 15–27.
5. Open Charge Alliance. Open Charge Point Protocol (OCPP) 2.0.1 Specification. 2020.
6. Valieva, F. R. (2018). The importance of educational content in preparation of competitive personnels. In 2 nd International Conference bridge to science: research works San Francisco, USA February (Vol. 28, pp. 121-122).
7. Mastura, M. (2026). Issues of developing ecological responsibility in future teachers. BG pulse journal, 2(6), 1915-1917.
8. Валиева, Ф. Р., & Муминжанов, А. С. У. (2019). Глобальные проблемы экологии. Вопросы науки и образования, (5 (50)), 213-216.

9. Xakkulov, Y., Begaliyev, S., Hamidova, M., Turaev, B., Boymamatova, P., Kadirjanova, F., ... & Nema, A. N. Life cycle assessment and management strategies for electronic waste.
10. Valiyeva, F. R., & Sharipova, G. N. Innovative technologies in improving the management of preschool educational organizations. *International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECSE)* DOI, 10.
11. Rashidovna, F. V., & Saloxiddinovna, R. S. (2022). Innovative approaches to preschool education management. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 14(4).
12. Valiyeva, F. R. (2022). Management of preschool education. Study guide.-Tashkent: Fan Ziya publishing house.
13. Rashidovna, F. V., & Nurkabilovna, S. G. (2022). Innovative technologies in improving the management of preschool educational organizations. *International journal of early childhood special education*, 14(5).
14. Valiyeva, F. R. (2019). Ensuring continuity in the training of future professionals in the education system. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 7(6).
15. Валиева, Ф. Р. (2024). Теоретические основы и эволюция системы крі в управления человеческими ресурсами. *Science and innovation*, 3(Special Issue 38), 24-25.