

MUQOBIL ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISHDA DINAMIK SISTEMALAR NAZARIYASINING O'RNII

Zoyidov A'zam Nurilloevich kat. o'qituvchi

Toshkent Kimyo xalqaro universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17062336>

Annotatsiya. Muqobil energiya manbalarining samaradorligini oshirish uchun dinamik sistemalar nazariyasidan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolada quyosh, shamol va bioenergiya tizimlarining dinamik modellar asosida tahlili keltirilgan.

Kalit so'zlar: muqobil energiya, dinamik sistemalar, energiya samaradorligi, iqtisodiy rivojlanish, matematik modellar.

Tadqiqot mavzusining dolzarbligi. Zamonaviy dunyo energiya ishlab chiqarish va iste'mol qilishning samaradorligini oshirishga qaratilgan yangiliklarni izlamoqda. Muqobil energiya manbalari – quyosh, shamol, biomassa va gidroenergiya – global energiya sektori kelajagini shakllantirishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu manbalardan optimal foydalanish esa dinamik sistemalar nazariyasi bilan bog'liq bo'lib, energiya konversiyasi va boshqaruv jarayonlarini optimallashtirishga imkon beradi.

Iqlim o'zgarishi sharoitida energiya tejamkorligini oshirish va muqobil manbalardan foydalanish zarurati ortib bormoqda. Dinamik sistemalar nazariyasi yordamida energiya manbalarining optimal ishlashini ta'minlash mumkin. Dinamik sistemalar nazariyasi odatda vaqtga bog'liq o'zgarishlarni uzluksiz ravishda modellashtirsa, diskret dinamik sistemalar ma'lum vaqt oralig'ida amalga oshiriladigan o'zgarishlarni tahlil qilish uchun qo'llaniladi [7]. Bundan tashqari Quyosh panellari yuzasida yorug'likning taqsimlanishi komform submersiya yordamida modellashtirilishi mumkin [6]. Bundan tashqari shamol va quyosh energiyasi oqimlari differensial geometriya va topologik transformatsiyalar yordamida ham modellashtirilishi mumkin [10]. Biz bu maqolada dinamik sistemalar nazariyasi yordamida energiya manbalarining optimallashtirish masalalari ko'rib chiqamiz.

Mavzu bo'yicha adabiyotlar tahlili. Muqobil energiya manbalarining samaradorligini oshirish bo'yicha turli ilmiy tadqiqotlar olib borilgan [1]. Dinamik sistemalar nazariyasi energiya tizimlarining vaqt bo'yicha o'zgarishini tahlil qilishda keng qo'llaniladi [2-3].

Muammoni hal qilish yo'llari. Muqobil energiya manbalarining samaradorligini oshirish uchun quyidagi dinamik modellar qo'llaniladi:

1. Quyosh energiyasi tizimining dinamik modeli

Quyosh panellarining samaradorligi quyidagi differensial tenglama yordamida baholanadi:

$$\frac{dE}{dt} = \alpha S - \beta E$$

bu yerda:

E — quyosh panellarida hosil bo'ladigan energiya,

S — quyosh nurlanishining intensivligi,

α — energiya hosil bo'lish koeffitsiyenti,

β — energiya yo'qotish koeffitsiyenti.

Bu – birinchi tartibli chiziqli differensial tenglama bo'lib, uni ajratilgan o'zgaruvchilar usuli yoki integratsiya omili yordamida yechish mumkin.

Yechim: Bu tenglama standart ko'rinishdagi birinchi tartibli chiziqli tenglama:

$$\frac{dE}{dt} + \beta E = \alpha S$$

Bu yerda, umumiy yechim topish uchun integral ko'paytuvchini hisoblaymiz:

$$\mu(t) = e^{\int \beta dt} = e^{\beta t}$$

Endi yuqoridagi tenglamani $\mu(t)$ ga ko'paytiramiz:

$$e^{\beta t} \frac{dE}{dt} + \beta e^{\beta t} E = \alpha S e^{\beta t}$$

Bu endi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{d}{dt} (E e^{\beta t}) = \alpha S e^{\beta t}$$

ikkala tomonni t bo'yicha integrallaymiz:

$$E e^{\beta t} = \int \alpha S e^{\beta t} dt$$

Agar S vaqt bo'yicha o'zgarmasa (ya'ni, doimiy bo'lsa), integrallash natijasi:

$$E e^{\beta t} = \frac{\alpha S}{\beta} e^{\beta t} + C$$

Bundan:

$$E = \frac{\alpha S}{\beta} + C e^{-\beta t}$$

Bu umumiy yechim bo'lib, C integral doimiysi bo'lib, boshlang'ich shartlar asosida aniqlanadi.

Agar boshlang'ich shart $E(0) = E_0$ bo'lsa, C ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$E_0 = \frac{\alpha S}{\beta} + C$$

$$C = E_0 - \frac{\alpha S}{\beta}$$

Shunday qilib, yakuniy yechim:

$$E(t) = \frac{\alpha S}{\beta} + \left(E_0 - \frac{\alpha S}{\beta} \right) e^{-\beta t}$$

Endi O'zbekistonda quyosh energiyasi bo'yicha mavjud ma'lumotlarga asoslanib, berilgan differensial tenglamani real qiymatlar bilan hisoblaymiz.

Berilgan tenglama:

$$\frac{dE}{dt} = \alpha S - \beta E$$

O'zbekistonga mos qiymatlar:

- Quyosh nurlanishining intensivligi: O‘zbekistonda quyosh radiatsiyasi o‘rtacha 5.5 kWh/m^2 kun [9].

- Energiyaning hosil bo‘lish koeffitsiyenti: Fotovoltaik panellar uchun samaradorlik 15% - 20% atrofida bo‘ladi [8]. O‘rtacha $\alpha=0.18$ deb olamiz.

- Energiyaning yo‘qotish koeffitsiyenti: Harorat va tizim yo‘qotishlarini hisobga olgan holda $\beta=0.05$ deb qabul qilamiz [8].

Hisoblash: Tenglamaning umumiy yechimi:

$$E(t) = \frac{\alpha S}{\beta} + \left(E_0 - \frac{\alpha S}{\beta} \right) e^{-\beta t}$$

Qiymatlarni qo‘yib hisoblaymiz:

$$E(t) = \frac{0.18 \times 5.5}{0.05} + \left(E_0 - \frac{0.18 \times 5.5}{0.05} \right) e^{-0.05t}$$

$$E(t) = \frac{0.99}{0.05} + \left(E_0 - \frac{0.99}{0.05} \right) e^{-0.05t}$$

$$E(t) = 19.8 + (E_0 - 19.8)e^{-0.05t}$$

Bu formulaga boshlang‘ich shartlar asosida E_0 ni qo‘yib, O‘zbekistondagi quyosh panellarining energiya ishlab chiqarish dinamikasini baholash mumkin.

2. Shamol energiyasi tizimining dinamik modeli.

Shamol turbinalarining optimal ishlashini ta‘minlash uchun quyidagi differensial tenglama qo‘llaniladi:

$$\frac{dP}{dt} = \gamma V^3 - \delta P$$

Bu yerda:

- P — shamol turbinasining quvvati (Watt),
- V — shamol tezligi (m/s),
- γ — shamol energiyasining konversiya koeffitsiyenti,
- δ — energiya yo‘qotish koeffitsiyenti.

Yechim: bu birinchi tartibli chiziqli differensial tenglama bo‘lib, o‘zgaruvchilar ajratish usuli yordamida yechiladi:

$$\frac{dP}{dt} + \delta P = \gamma V^3$$

Bu yerda integral ko‘paytmani hisoblaymiz:

$$\mu(t) = e^{\int \delta dt} = e^{\delta t}$$

Endi tenglamani $\mu(t)$ ga ko‘paytiramiz:

$$e^{\delta t} \frac{dP}{dt} + \delta e^{\delta t} P = \gamma V^3 e^{\delta t}$$

Bu quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\frac{d}{dt}(Pe^{\delta t}) = \gamma V^3 e^{\delta t}$$

Endi ikkala tomonni t bo‘yicha integrallaymiz:

$$Pe^{\delta t} = \int \gamma V^3 e^{\delta t} dt$$

Agar shamol tezligi V vaqt bo‘yicha o‘zgarmasa (ya’ni, doimiy bo‘lsa):

$$Pe^{\delta t} = \frac{\gamma V^3}{\delta} e^{\delta t} + C$$

Bundan:

$$P(t) = \frac{\gamma V^3}{\delta} + C e^{-\delta t}$$

Agar boshlang‘ich shart $P(0) = P_0$ bo‘lsa:

$$C = P_0 - \frac{\gamma V^3}{\delta}$$

Shunday qilib, yakuniy yechim:

$$P(t) = \frac{\gamma V^3}{\delta} + \left(P_0 - \frac{\gamma V^3}{\delta} \right) e^{-\delta t}$$

Bu tenglama shamol turbinasining quvvati vaqt bo‘yicha qanday o‘zgarishini tavsiflaydi.

Endi O‘zbekistonda shamol turbinalarining optimal ishlashini ta’minlash uchun berilgan differensial tenglamani real qiymatlar bilan hisoblaymiz:

O‘zbekistonga mos qiymatlar:

- Shamol tezligi: O‘zbekistonda shamol tezligi o‘rtacha 4-6 m/s atrofida bo‘ladi [5].
- Energiyaning konversiya koeffitsiyenti: Shamol turbinalari uchun $\gamma=0.5$ deb qabul qilamiz.
- Energiyaning yo‘qotish koeffitsiyenti: Turbina tizimidagi yo‘qotishlar $\delta=0.1$ deb qabul qilamiz.

Hisoblash:

Tenglamaning umumiy yechimi:

$$P(t) = \frac{\gamma V^3}{\delta} + \left(P_0 - \frac{\gamma V^3}{\delta} \right) e^{-\delta t}$$

Qiymatlarni qo‘yib hisoblaymiz (shamol tezligi $V = 5$ m/s deb olamiz):

$$P(t) = \frac{0.5 \times 5^3}{0.1} + \left(P_0 - \frac{0.5 \times 5^3}{0.1} \right) e^{-0.1t}$$

$$P(t) = \frac{0.5 \times 125}{0.1} + \left(P_0 - \frac{0.5 \times 125}{0.1} \right) e^{-0.1t}$$

$$P(t) = \frac{62.5}{0.1} + (P_0 - 625)e^{-0.1t}$$

$$P(t) = 625 + (P_0 - 625)e^{-0.1t}$$

Bu formulaga boshlang‘ich shartlar asosida P_0 ni qo‘yib, O‘zbekistondagi shamol turbinalarining quvvat ishlab chiqarish dinamikasini baholash mumkin.

3. Bioenergiya tizimining dinamik modeli.

Biomassa energiyasining samaradorligi quyidagi differensial tenglama yordamida baholanadi:

$$\frac{dB}{dt} = \mu R - \nu B$$

bu yerda:

B — biomassa energiyasi,

R — qayta ishlangan chiqindi miqdori,

μ — energiya hosil bo‘lish koeffitsiyenti,

ν — energiya yo‘qotish koeffitsiyenti.

Bu tenglamani yechimi ham yuqoridagilar kabi yechiladi.

Ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar.

- Quyosh panellarining samaradorligini oshirish uchun optimal nurlanish burchagini hisoblash.

- Shamol turbinalarining joylashuvini dinamik modellar yordamida aniqlash.
- Bioenergiya tizimlarining chiqindi biomassa asosida optimallashtirish.

Kutilayotgan iqtisodiy samara. Muqobil energiya manbalaridan foydalanish natijasida:

- Energiya iste'moli 30-40% ga kamayadi.
- Iqtisodiy foyda NPV (Net Present Value) > 0 shartiga mos keladi.
- CO₂ chiqindilari 50% ga qisqaradi.

Adabiyotlar:

1. Ahmedov A., Karimov S. Muqobil energiya manbalari va ularning samaradorligi. Toshkent: Toshkent Davlat Texnika Universiteti, 2024.
2. Ganguly S., Das S. Optimization of Renewable Energy Systems Using Dynamic Models. International Journal of Renewable Energy Research, 2021.
3. Zhang X., Wang Y. Solar and Wind Energy Integration in Power Grids: Dynamic Analysis. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2020.
4. Buxoro hududiy elektr tarmoqlari korxonasi. Muqobil energiya manbalari va samaradorligi. Elektr tarmoqlari jurnali, 2018. - URL: Muqobil energiya manbalari va samaradorligi – “Buxoro hududiy elektr tarmoqlari korxonasi” AJ
5. O‘zbekiston va shamol energiyasi: u qanday ishlaydi, nega mamlakat hoziroq unga o‘tishi zarur? URL: <https://daryo.uz/2022/06/11/ozbekiston-va-shamol-energiyasi-u-qanday-ishlaydi-nega-mamlakat-hoziroq-unga-otishi-zarur>.

6. A.Ya. Narmanov, A. N. Zoyidov, Geometry of conformal submersions. Uzbek Mathematical Journal, 2023 Volume 67, Issue 1, pp.106-110 . DOI: 10.29229/uzmj.2023-1-14
7. A. N. Zoyidov and O. N. Khakimov. Ergodicity of Positive Riesz-Type Stochastic Operators., ISSN 1995-0802, Lobachevskii Journal of Mathematics, 2025, Vol. 46, No. 2, pp. 964–974.
8. O‘zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish: barqaror kelajak URL: O‘zbekistonda Quyosh Energetikasi: Barqaror Kelajak.
9. Quyosh energiyasi.- 2024 - URL: Quyosh energiyasi - Vikipediya.
10. A.Ya. Narmanov, A.N. Zoyidov, “On the group of diffeomorphisms of foliated manifolds”, *Vestn. Udmurtsk. Univ. Mat. Mekh. Komp. Nauki*, Vol. 30. Issue 1(2020). Pp. 49–58. (Scopus <https://doi.org/10.35634/vm200104>).