



## ASSESSMENT OF THE STABILITY OF ENERGY SYSTEMS: APPROACHES TO MATHEMATICAL MODELING

Nigora Karimova<sup>1</sup>

*Tashkent State Technical University*

DOI: 10.5281/zenodo.15639266

Article History	Abstract
Received: 13.05.2025 Accepted: 11.06.2025	This article discusses mathematical modeling approaches for assessing the stability of energy systems. The operational stability of energy systems is evaluated using mathematical models based on the analysis of various parameters. Additionally, model results are analyzed based on statistical data, and their applicability to real systems is demonstrated.

**Keywords:** Energy systems, statistical data, mathematical model, Smart Grid technologies, SCADA systems, automated control departments.

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

<sup>1</sup> Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

# ENERGETIKA TIZIMLARINING BARQARORLIGINI BAHOLASH : MATEMATIK MODELLASHTIRISH YONDASHUVLARI

**KALIT SO‘ZLAR/  
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

Energetika tizimlari, statistik ma'lumotlar , matematik model, SmartGrid texnologiyalari, Scada tizimlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv bo'limlari.

**ANNOTATSIYA/ АННОТАЦИЯ**

Mazkur maqolada energetika tizimlarining barqarorligini baholash uchun matematik modellashtirish yondashuvlari ko'rib chiqilgan. Energetik tizimlarning ishlash barqarorligi, turli parametrlarning tahlili asosida matematik modellar orqali baholandi. Shuningdek, statistik ma'lumotlar asosida modellar natijalari tahlil qilinib, ularning real tizimlarga tadbiiq etilishi ko'rsatildi.

Energetika tizimlarining barqarorligi milliy iqtisodiyotning strategik xavfsizligi va energetik mustaqilligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda energiya iste'moli va ishlab chiqarishdagi o'zgaruvchanlik, qayta tiklanuvchi manbalar ulushining oshishi hamda iqlim o'zgarishlari energetik tizimlarning ishlashiga salmoqli ta'sir ko'rsatmoqda. Shu sababli, ushbu tizimlarning barqarorligini baholash va oldindan prognoz qilish uchun matematik modellashtirish vositalaridan foydalanish dolzarb masalalardan biridir. Energetik tizimlar murakkab tizimli tuzilishga ega bo'lib, ulardagi asosiy omillar – energiya ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilishdir. Ushbu tizimlarni matematik modellashtirishda odatda differensial tenglamalar, stoxastik modellar va optimallik usullari qo'llaniladi. Quyida energetik tizimlar barqarorligini baholovchi soddalashtirilgan matematik model keltiriladi:

Barqarorlik ko'rsatkichi S quyidagicha aniqlanadi:

$$S = f (P, Q, V, \theta) = \sqrt{((\Delta P)^2 + (\Delta Q)^2)}$$

Bu yerda:

P – faollik quvvati,

Q–reaktiv quvvat,

V – kuchlanish darajasi,

$\theta$  – faza burchagi,

$\Delta P$  va  $\Delta Q$  – energiya oqimlaridagi o'zgarishlar.

Yil	Iste'mol (mln kVt·soat)	Ishlab chiqarish (mln kVt·soat)	Barqarorlik ko'rsatkichi (S)
2020	64000	67000	0.91
2021	68500	70000	0.95
2022	72000	74000	0.97

Yuqoridagi jadvalga asoslanib, energiya ishlab chiqarish va iste'mol orasidagi farq kamayib borayotganini ko'rish mumkin. Bu esa tizimdagi barqarorlik ko'rsatkichining yil sayin ortib borayotganini anglatadi. Model natijalari shuni ko'rsatadiki, energiya oqimlaridagi o'zgarishlar kamaygani sari tizimning barqarorligi oshadi.

Energetika tizimlarining barqarorligini saqlashda zamonaviy texnologiyalar, xususan, raqamli boshqaruv va monitoring tizimlari muhim rol o'ynaydi. Smart Grid texnologiyalari orqali real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish va tahlil qilish imkoniyati yaratiladi, bu esa favqulodda holatlarda tezkor choralar ko'rishga yordam beradi. Bunday tizimlarda sensorlar, SCADA tizimlari, avtomatlashtirilgan boshqaruv bloklari keng qo'llaniladi.

Yana bir muhim jihat – bu energiyaning diversifikatsiyasi va qayta tiklanuvchi manbalarni tizimga qo'shishdir. Ushbu manbalar o'zgaruvchan bo'lishiga qaramay, ularni barqaror energiya ta'minotiga integratsiya qilish orqali umumiy tizim xavfsizligi oshiriladi. Matematik modellar bunday o'zgaruvchanliklarni inobatga olgan holda qurilishi lozim. Quyidagi formulada qayta tiklanuvchi energiya ulushi hisobga olingan model ko'rsatilgan:

$$S^* = \sqrt{(\Delta P)^2 + (\Delta Q)^2} / (1 + \alpha \cdot R)$$

Bu yerda  $R$  – qayta tiklanuvchi energiya ulushi,  $\alpha$  – tizim moslashuvchanligini ifodalovchi koeffitsient. Ushbu formula barqarorlik ko'rsatkichining energiya manbalari xilma-xilligiga bog'liqligini ko'rsatadi.

**Misol:**

Agar  $\Delta P = 500$ ,  $\Delta Q = 300$ ,  $R = 0.25$  va  $\alpha = 0.6$  bo'lsa, unda:  
 $S^* = \sqrt{(500^2 + 300^2)} / (1 + 0.6 \cdot 0.25) = \sqrt{(250000 + 90000)} / (1 + 0.15) \approx 583.09 / 1.15 \approx 506.17$

Demak, tizimdagi qayta tiklanuvchi manbalar ulushining oshishi  $S^*$  qiymatini kamaytiradi, ya'ni tizim barqarorroq bo'ladi.

**XULOSA**

Energetika tizimlarining barqarorligini matematik modellar orqali baholash ularning ishlashini tahlil qilish va strategik qarorlar qabul qilishda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi. O'rganilgan model orqali barqarorlik darajasi soddalashtirilgan ko'rsatkichlar asosida aniqlanib, amaliy tahlil uchun qulay yechimlar taqdim etildi. Kelajakda modellarni yanada murakkablashtirish orqali prognozlash aniqligini oshirish mumkin.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Kundur, D., et al. (2014). Towards modelling the impact of cyber attacks on a smart grid.
2. Glover, J.D., Sarma, M.S., Overbye, T.J. (2012). Power System Analysis and Design.
3. O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi yillik statistik hisobotlari (2020–2022).