GIDROELEKTR STANSIYALARDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Muxammadjon Xurshidov
"O'zbekgidroenergo" AJ
"Samarqand GESlari kaskadi" filiali
Muallifning elektron pochtasi: khurshidovm@gmail.com
Tel: +998975755007

Annotatsiya: Ushbu tezisda gidroelektr stansiyalarda elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish masalalari ko'rib chiqilgan. Gidroelektr stansiyaning energiya samaradorligi suv oqimining energetik potensialidan qay darajada samarali foydalanish, gidroturbina va generatorlarning texnik holati, gidravlik yo'qotishlar, ekspluatatsiya rejimi hamda boshqaruv tizimlariga bevosita bog'liq. Tadqiqotda gidroagregatlarning foydali ish koeffitsiyentini oshirish, eskirgan turbinalarni modernizatsiya qilish, optimal ish rejimini tanlash, avtomatlashtirilgan monitoring va diagnostika tizimlaridan foydalanish hamda texnik xizmat ko'rsatishni takomillashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilindi. Zamonaviy texnologiyalarni mavjud GESlarga joriy etish nafaqat ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdorini oshirish, balki ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va agregatlarning xizmat muddatini uzaytirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Gidroelektr stansiya, energiya samaradorligi, gidroturbina, gidroagregat, generator, foydali ish koeffitsiyenti, suv sarfi, gidravlik yo'qotish, modernizatsiya, avtomatlashtirish, monitoring

Abstract: This paper examines issues related to increasing electricity generation efficiency at hydroelectric power plants. The energy efficiency of a hydroelectric power plant depends directly on the effective utilization of the water flow's energy potential, the technical condition of hydro-turbines and generators, hydraulic losses, operating modes, and control systems. The study analyzes opportunities to enhance energy efficiency by improving the efficiency coefficient of hydro-units, modernizing aging turbines, selecting optimal operating modes, utilizing automated monitoring and diagnostic systems, and improving maintenance practices. Implementing modern technologies at existing hydroelectric power plants enables not only an increase in electricity generation but also a reduction in operating costs and an extension of the service life of the units.

Keywords: Hydroelectric power plant, energy efficiency, hydro-turbine, hydro-unit, generator, efficiency coefficient, water flow rate, hydraulic loss, modernization, automation, monitoring.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях. Энергоэффективность ГЭС напрямую зависит от эффективного использования энергетического потенциала водного потока, технического состояния гидротурбин и генераторов, гидравлических потерь, режимов эксплуатации и систем управления. В работе анализируются возможности повышения энергоэффективности за счет увеличения коэффициента полезного действия (КПД) гидроагрегатов, модернизации устаревшего турбинного оборудования, выбора оптимальных режимов работы, применения автоматизированных систем мониторинга и диагностики, а также совершенствования методов технического обслуживания. Внедрение современных технологий на действующих гидроэлектростанциях позволяет не только увеличить выработку электроэнергии, но и снизить эксплуатационные расходы, а также продлить срок службы оборудования.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, энергоэффективность, гидротурбина, гидроагрегат, генератор, коэффициент полезного действия (КПД), расход воды, гидравлические потери, модернизация, автоматизация, мониторинг.

Kirish: Gidroenergetika qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, elektr energetika tizimida nafaqat elektr energiyasi ishlab chiqarish, balki yuklamani tartibga solish va energetik tizimning barqarorligini ta’minlashda ham muhim o‘rin tutadi. Gidroenergetika yetuk va ishonchli texnologiya bo‘lib, elektr energiyasi bilan bir qatorda energetik tizimga moslashuvchanlik xizmatlarini ham taqdim eta oladi (Liu va boshq, 2015). Bugungi kunda gidroelektr stansiyalarning katta qismi uzoq yillar davomida foydalanib kelinayotganligi sababli ularning asosiy energetik va mexanik jihozlarida eskirish jarayonlari kuzatiladi. Turbina ishchi g‘ildiragi, yo‘naltiruvchi apparat, generator chulg‘amlari, podshipniklar va boshqa elementlarning texnik holati yomonlashishi agregatning samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli mavjud GESlarni modernizatsiya qilish va ularning ish rejimlarini optimallashtirish dolzarb masalalardan biridir (Martineau Rousseau va boshq, 2021; Seydim va boshq, 2025).

Tadqiqot maqsadi: Tadqiqotning asosiy maqsadi gidroelektr stansiyalarda suv energiyasidan elektr energiyasiga aylantirish jarayonidagi yo‘qotishlarni kamaytirish va gidroagregatlarning energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha texnik yechimlarni tahlil qilishdan iborat. Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

gidroagregatlarning mavjud texnik holatini baholash;

turbina va generatorlarda yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlarini aniqlash;

gidroturbinalarning optimal ish rejimlarini tanlash;

eskirgan agregatlarni modernizatsiya qilish imkoniyatlarini ko‘rib chiqish;

avtomatlashtirilgan monitoring va diagnostika tizimlaridan foydalanish;

texnik xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish orqali agregatlarning foydali ish koeffitsiyentini yaxshilash.

Asosiy qism: GESda ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdori, avvalo, suv sarfi, suv bosimi va gidroagregatning umumiy foydali ish koeffitsiyentiga bog‘liq. Umumiy holda GESning quvvati quyidagi ifoda orqali baholanishi mumkin: $P = \rho g Q H \eta$, bu yerda: P — GESning foydali quvvati, W; ρ — suv zichligi, kg/m³; g — erkin tushish tezlanishi, m/s²; Q — suv sarfi, m³/s; H — foydalaniladigan napor, m; η — gidroagregatning umumiy foydali ish koeffitsiyenti. Mazkur ifodadan ko‘rinib turibdiki, bir xil suv sarfi va napor sharoitida gidroagregatning foydali ish koeffitsiyentini oshirish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarishni ko‘paytirish mumkin. GESdagi asosiy energiya yo‘qotishlari gidravlik, mexanik va elektr yo‘qotishlarga bo‘linadi. Suvning suv qabul qilish inshootidan turbina ishchi g‘ildiragigacha harakatlanishi davomida quvur, kanal, zatvor va boshqa gidrotexnik elementlarda bosim yo‘qotishlari yuzaga keladi. Turbina ichidagi gidravlik jarayonlar ham energiyaning bir qismini yo‘qotishga sabab bo‘ladi. Shuning uchun gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish energiya samaradorligini oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan biridir (Liu va boshq, 2015).

Turbina samaradorligini oshirish uchun ishchi g‘ildirak konstruksiyasini takomillashtirish, suv oqimining turbina elementlariga kirish va chiqish sharoitlarini optimallashtirish hamda agregatni o‘zining eng yuqori samaradorlik nuqtasiga yaqin rejimda ishlatish muhimdir (Liu va boshq, 2015). GESning energiya samaradorligini oshirishning yana bir muhim yo‘nalishi — eskirgan gidroagregatlarni modernizatsiya qilishdir. Modernizatsiya jarayonida turbina ishchi g‘ildiragini almashtirish, generatorning ayrim qismlarini yangilash, boshqaruv va himoya tizimlarini takomillashtirish hamda

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

gidravlik inshootlarning ayrim elementlarini qayta jihozlash mumkin. Bunday yondashuv rehabilitatsiya qilinayotgan Francis turbinalarining samaradorligini oshirishda ham qo‘llanilishi mumkin (Martineau Rousseau va boshq, 2021; Seydim va boshq, 2025).

Energiya samaradorligini oshirishda avtomatlashtirilgan boshqaruv va monitoring tizimlarining o‘rni ham katta. Zamonaviy raqamli tizimlar orqali suv sarfi, napor, turbina aylanish tezligi, generatorning elektr parametrlari, podshipniklar harorati, tebranishlar va boshqa ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida kuzatish mumkin. Bunday monitoring nosozliklarni erta aniqlash va agregatning optimal ish rejimini tanlash imkonini beradi. Texnik xizmat ko‘rsatish tizimini to‘g‘ri tashkil etish ham GES samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Turbina va generatorlarning texnik holatini muntazam nazorat qilish, ishchi yuzalarni tekshirish, podshipniklarni nazorat qilish, generator chulg‘amlarini diagnostika qilish hamda gidravlik yo‘llardagi yo‘qotishlarni baholash orqali kutilmagan avariyalarni kamaytirish mumkin.

Ayniqsa, suv tarkibida loyqa va qattiq zarrachalar ko‘p bo‘lgan GESlarda turbina ishchi qismlarining abraziv yemirilishiga alohida e’tibor berish kerak. Bunday yemirilish turbina geometriyasining o‘zgarishiga olib kelib, uning samaradorligini pasaytirishi mumkin. Gidroturbina yo‘naltiruvchi apparatlarida sediment eroziyasi gidravlik yo‘qotishlarni oshirishi va turbina ish faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan (Koirala va boshq, 2017; Thapa va boshq, 2015). Shu sababli suv tarkibini nazorat qilish, zarur hollarda tindirgichlardan foydalanish va gidroturbinalarning ishchi qismlarini o‘z vaqtida ta’mirlash energiya samaradorligini saqlab qolishga yordam beradi.

GESlarda energiya samaradorligini oshirish uchun quyidagi kompleks choralarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

gidroagregatlarning texnik holatini muntazam diagnostika qilish;
turbinalarni optimal ish rejimida boshqarish;
eskirgan turbina va generatorlarni bosqichma-bosqich modernizatsiya qilish;
avtomatlashtirilgan monitoring va boshqaruv tizimlarini joriy etish;
suv yo‘llaridagi gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish;
turbina ishchi qismlarining abraziv va mexanik yemirilishining oldini olish;
texnik xizmat ko‘rsatishni rejali va diagnostik ma’lumotlarga asoslangan holda tashkil etish;
ishlab chiqarilgan elektr energiyasi va suv sarfi bo‘yicha doimiy energetik monitoring olib borish.

Xulosa: Gidroelektr stansiyalarda energiya samaradorligini oshirish elektr energiyasi ishlab chiqarishni ko‘paytirish bilan bir qatorda mavjud suv resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, GES samaradorligini oshirishda gidroturbinalarning optimal ish rejimini tanlash, gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish, eskirgan uskunalarni modernizatsiya qilish, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish va texnik xizmat ko‘rsatishni takomillashtirish asosiy yo‘nalishlar hisoblanadi. Ayniqsa, uzoq yillar davomida foydalanib kelinayotgan gidroelektr stansiyalarda modernizatsiya ishlari muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy turbina va generatorlardan foydalanish, raqamli diagnostika va avtomatik boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali agregatlarning ish samaradorligi va ishonchliligini oshirish mumkin. Shunday qilib, GESlarda energiya samaradorligini oshirish birgina turbina yoki generatorni almashtirish bilan cheklanmaydi. Bu jarayon gidravlik inshootlar, gidroagregatlar, elektr jihozlari, avtomatika, monitoring va texnik xizmat ko‘rsatish tizimlarini o‘zaro bog‘liq holda takomillashtirishni talab qiladi. Bunday kompleks yondashuv natijasida

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va gidroenergetik qurilmalarning xizmat muddatini uzaytirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Koirala, R., Thapa, B., Neopane, H. P., & Zhu, B. (2017). A review on flow and sediment erosion in guide vanes of Francis turbines. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 1054–1065. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.085
2. Koirala, R., Zhu, B., & Neopane, H. P. (2016). Effect of guide vane clearance gap on Francis turbine performance. Energies, 9(4), 275. https://doi.org/10.3390/en9040275
3. Liu, X., Luo, Y., Karney, B. W., & Wang, H. (2015). A selected literature review of efficiency improvements in hydraulic turbines. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51, 18–28. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.023
4. Martineau Rousseau, P., Soulaïmani, A., & Sabourin, M. (2021). Efficiency assessment for rehabilitated Francis turbines using URANS simulations. Water, 13(14), 1883. https://doi.org/10.3390/w13141883
5. Seydim, S., Yildirim, G., Ulucak, O., Buyuksolak, F., Ejder, B., Kantar, E. N., Guzey, K., Tasaltin, Y., Ayli, E., Aradag, S., & Celebioglu, K. (2025). Enhancing efficiency of an old hydropower plant turbine through a mutual runner design and component optimization. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 239(11), 4014–4038. https://doi.org/10.1177/09544062251316752
6. Thapa, B. S., Dahlhaug, O. G., & Thapa, B. (2015). Sediment erosion in hydro turbines and its effect on the flow around guide vanes of Francis turbine. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 1100–1113. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.090

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.