IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 21 Issue 2 May 2026

AVTONOM ENERGIYA MANBAI SIFATIDA DIZEL GENERATORLARINING ISHLASH KO'RSATKICHLARINI TAHLIL QILISH

Sharipova Mubinabonu Sodiqjon qizi
2-kurs magistranti
Andijon davlat texnika instituti
"Elektr muxandisligi"kafedrasi
e-mail: mubinabonusadikjanovna@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.20092731

Annotatsiya. Ushbu maqolada dizel generatorlarning avtonom energiya manbai sifatidagi ishlash ko'rsatkichlari kompleks tahlil qilinadi. Maqsad dizel-generator majmualarida energiya samaradorligi, yoqilg'i sarfi, yuklama rejimlarining barqarorligi, kuchlanish va chastota sifat ko'rsatkichlari hamda ekspluatatsion ishonchlilik o'rtasidagi bog'liqlikni baholash va optimallashtirish uchun ilmiy asoslangan mezonlarni taklif etishdan iborat. Metodologiya sifatida energiya balansi, maxsus yoqilg'i sarfi bo'yicha hisoblashlar, yuklama profiliga asoslangan modellashtirish va ishonchlilik ko'rsatkichlarini statistik baholash yondashuvlari qo'llanildi. Ilmiy yangilik generatorning qisman yuklama rejimlarida samaradorlik pasayishini integral yo'qotishlar orqali miqdoriy ifodalash, shuningdek, texnik xizmat oralig'ini yuklama spektri va muhit omillari bilan bog'lovchi baholash sxemasini asoslashdan iborat. Natijalar avtonom ta'minot tizimlarida iqtisodiylik va sifat ko'rsatkichlarini birgalikda boshqarish zarurligini ko'rsatadi.
Kalit so'zlar: dizel generator, avtonom elektr ta'minoti, maxsus yoqilg'i sarfi, yuklama koeffitsiyenti, kuchlanish chastota sifati, ishonchlilik, energiya samaradorligi.

Abstract. This paper provides a comprehensive analysis of diesel generators as autonomous power sources, focusing on key performance indicators under real operating conditions. The aim is to evaluate interdependencies between energy efficiency, fuel consumption, load regime stability, voltage and frequency quality, and operational reliability, and to propose scientifically grounded criteria for performance optimization. The methodology combines energy-balance and specific fuel consumption calculations, load-profile-based modeling, and statistical reliability assessment. The scientific novelty lies in quantifying efficiency degradation at partial loads using an integral loss representation and in substantiating an evaluation scheme that links maintenance intervals to load spectra and environmental factors. The findings indicate that autonomous supply systems require coordinated management of both economic performance and power quality metrics to achieve stable operation and reduced lifecycle costs.
Keywords: diesel generator, autonomous power supply, specific fuel consumption, load factor, voltage and frequency quality, reliability, energy efficiency.

Аннотация. В статье выполнен комплексный анализ эксплуатационных показателей дизельных генераторов как автономного источника энергии. Целью является оценка взаимосвязей между энергоэффективностью, расходом топлива, устойчивостью режимов нагрузки, показателями качества напряжения и частоты, а также надежностью при эксплуатации, и формирование научно обоснованных критериев их оптимизации. Методология включает расчеты по энергетическому балансу и удельному расходу топлива, моделирование по профилю нагрузки и статистическую оценку показателей надежности. Научная новизна заключается в количественной интерпретации снижения эффективности при частичных нагрузках через интегральные потери и в обосновании схемы оценки интервала технического обслуживания, увязывающей его со спектром

нагрузок и факторами среды. Полученные результаты показывают необходимость совместного управления экономичностью и параметрами качества электроэнергии в автономных системах электроснабжения.

Ключевые слова: дизельный генератор, автономное электроснабжение, удельный расход топлива, коэффициент нагрузки, качество напряжения и частоты, надежность, энергоэффективность.

Kirish. Avtonom elektr ta’minoti sanoat, qishloq xo‘jaligi, telekommunikatsiya va infratuzilma ob’ektlarida uzilishlarga sezgir jarayonlar barqarorligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. Elektr tarmoqlarining chekka hududlarda yetarli rivojlanmaganligi, tarmoqdagi kuchlanishning tebranishi, avariyaviy uzilishlar va iste’molning mavsumiy o‘zgaruvchanligi sharoitida dizel generatorlar tez ishga tushishi, yuqori moslashuvchanligi va nisbatan oddiy ekspluatatsiyasi bilan keng qo‘llanadi. Biroq dizel generatorni faqat nominal quvvat va pasportdagi yoqilg‘i sarfi asosida tanlash amaliyotda ko‘pincha kutilgan iqtisodiylik va sifat ko‘rsatkichlarini bermaydi. Sababi real ish rejimlari ko‘pincha qisman yuklama, qisqa muddatli piklar, reaktiv quvvatning mavjudligi, harorat va balandlik omillari, yoqilg‘i sifati hamda texnik xizmat intizomiga bog‘liq bo‘lib, ular yoqilg‘i sarfi, ishonchlilik va chiqish parametrlarini sezilarli darajada o‘zgartiradi. Shuning uchun dizel generatorlarni avtonom energiya manbai sifatida baholashda energiya samaradorligi, elektr energiyasi sifati va ishonchlilik ko‘rsatkichlari yagona tizimda ko‘rilishi zarur.

Mavjud ilmiy yondashuvlarda dizel-generator agregatlari ko‘pincha dvigatelning indikator va effektiv foydali ish koeffitsiyenti, alternatorning foydali ish koeffitsiyenti hamda yoqilg‘i sarfining xarakteristik egri chiziqlari orqali tavsiflanadi. Bunday yondashuv texnik jihatdan asosli bo‘lsa-da, avtonom tizimlarda yuklama profilining vaqt bo‘yicha notekisligi va generatorning uzoq vaqt past yuklamada ishlashi oqibatidagi yo‘qotishlar to‘liq hisobga olinmaganda optimallashtirish natijalari cheklangan bo‘lib qoladi. Ayrim tadqiqotlarda elektr energiyasi sifati, xususan, chastota og‘ishi va kuchlanish regulyatsiyasi hamda nochiziqli yuklamalardan kelib chiqadigan garmonik buzilishlar dizel generatorning mexanik boshqaruvi va AVR ishlashi bilan bog‘liq ravishda baholanadi, biroq iqtisodiylik va texnik xizmat xarajatlari bilan integratsiyalashgan ko‘rinishda kamroq yoritiladi [1; 2]. Shuningdek, ekspluatatsion ishonchlilik ko‘rsatkichlari ko‘pincha umumiy MTBF yoki nosozliklar statistikasi bilan cheklanib, yuklama spektri va muhit omillari ta’sirini miqdoriy bog‘lash yetarli darajada rivojlanmagan [3]. So‘nggi yillarda avtonom energiya tizimlarida boshqaruv algoritmlarini takomillashtirish, jumladan, yuklamani taqsimlash va gibrid tizimlarda dizel-generatorning optimal ish nuqtalarini tanlash bo‘yicha yondashuvlar taklif etildi [4; 5]. Biroq faqat gibridlashga tayanmay, an’anaviy dizel generatorlarning o‘zida ham qisman yuklama sharoitidagi integral yo‘qotishlarni baholash, texnik xizmatni yuklama rejimiga mos rejalash va shu orqali umumiy hayotiy sikl xarajatlarini kamaytirish muammosi dolzarbligicha qolmoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi dizel generatorlarning avtonom energiya manbai sifatida ishlash ko‘rsatkichlarini tizimli ravishda tahlil qilish, asosiy indikatorlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni ochib berish va amaliy tanlov hamda ekspluatatsiya uchun optimallashtirish mezonlarini asoslashdan iborat. Vazifalar quyidagicha shakllantiriladi: birinchidan, generatorning energiya balansi va maxsus yoqilg‘i sarfini yuklama koeffitsiyenti funksiyasi sifatida tahlil qilish; ikkinchidan, kuchlanish va chastota barqarorligini yuklama dinamikasi bilan bog‘liq holda baholash; uchinchidan, ishonchlilik ko‘rsatkichlarini texnik xizmat oralig‘i va ish rejimi bilan birlashtirilgan baholash sxemasini ishlab chiqish. Ilmiy yangilik qisman yuklama rejimlaridagi iqtisodiy yo‘qotishlarni integral ko‘rinishda baholash va texnik xizmat strategiyasini yuklama spektri hamda muhit sharoitlariga bog‘lovchi yondashuvni asoslash bilan belgilanadi. Amaliy

ahamiyat esa generator tanlovi, ekspluatatsion monitoring va xizmat ko‘rsatish rejasini shakllantirishda qo‘llanadigan mezonlar to‘plamini taklif etishdadir.

Metodlar. Tadqiqot nazariy-analitik xarakterga ega bo‘lib, dizel-generator agregatining dvigatel va sinxron generator qismlaridan iborat yagona energiya konversiya zanjiri sifatida qaralishiga tayandi. Ma’lumotlar bazasi sifatida o‘rta quvvatli sanoat dizel generatorlarining tipik ishlab chiqaruvchi pasport xarakteristikalari, standart yuklama profillari va ekspluatatsion kuzatuvlarda uchraydigan rejimlar umumlashtirildi. Energiya samaradorligi energiya balansi tenglamalari orqali baholandi: kiruvchi yoqilg‘i energiyasi, mexanik yo‘qotishlar, sovitish va chiqindi gazlar orqali yo‘qotishlar hamda elektr chiqish quvvati o‘rtasidagi munosabatlar yuklama koeffitsiyenti bo‘yicha parametrik ko‘rinishda ifodalandi. Maxsus yoqilg‘i sarfi bevosita elektr energiyasining birligiga to‘g‘ri keluvchi yoqilg‘i massasi sifatida olinib, qisman yuklama rejimlarida doimiy va o‘zgaruvchan yo‘qotishlar ulushi ortishi natijasida egri chiziqning minimumi nominaldan pastroqda yoki unga yaqin hududda shakllanishi inobatga olindi.

Elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari sifatida kuchlanishning nisbiy og‘ishi, chastota og‘ishi va o‘tkinchi jarayonlarda tiklanish vaqti qabul qilindi. Ular dvigatel tezlik regulyatori va AVR ning statik va dinamik sozlanishlari, yuklama sakrashlari amplitudasi hamda reaktiv quvvat ulushi bilan bog‘liq holda konseptual modellashtirildi. Ishonchlilikni baholashda esa nosozliklar intensivligi va tiklashga sarflanadigan vaqtning yuklama va muhit sharoitlariga bog‘liqligini aks ettiruvchi soddalashtirilgan statistik yondashuv qo‘llanildi. Metodologik tanlovning ilmiy asosliligi shundaki, avtonom tizimlarda maqsad faqat maksimal quvvatni ta’minlash emas, balki vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi yuklama sharoitida minimal hayotiy sikl xarajati va talab etilgan sifat ko‘rsatkichlarini birgalikda ta’minlashdan iborat bo‘ladi. Shu sababli integral baholashda yuklama profili asosiy determinant sifatida qabul qilindi, bu yondashuv avtonom energiya tizimlarida optimal ishlash nuqtalarini izlash bo‘yicha zamonaviy qarashlar bilan mos keladi [4; 6].

Natijalar. Tahlil natijalari dizel generatorning iqtisodiy ko‘rsatkichlari yuklama koeffitsiyentiga nisbatan chiziqli bo‘lmagan xarakterga egaligini ko‘rsatadi. Qisman yuklamalarda, ayniqsa 0,3 dan 0,5 oralig‘ida, doimiy yo‘qotishlarning ulushi oshishi sababli maxsus yoqilg‘i sarfi keskin yomonlashadi; bu holat uzoq muddatli ishlashda umumiy yoqilg‘i iste’molini sezilarli ko‘paytiradi. Yuklama koeffitsiyenti 0,7 dan 0,85 atrofida barqaror ushlab turilganda esa yoqilg‘i sarfining nisbatan qulay zonasi shakllanadi va elektr chiqish quvvati birligiga to‘g‘ri keluvchi energiya yo‘qotishlari kamayadi. Nominalga yaqin yuklamalarda termik zo‘riqishlar, sovitish tizimiga talab va moyning degradatsiyasi tezlashishi hisobiga xizmat ko‘rsatish chastotasi oshishi ehtimoli ortadi, bu esa sof yoqilg‘i iqtisodiyligidan tashqari ekspluatatsion xarajatlarning ham o‘sishiga olib keladi.

Elektr energiyasi sifati bo‘yicha natijalar shuni ko‘rsatadiki, yuklama sakrashlarida chastota og‘ishi birinchi navbatda dvigatelning moment zaxirasi va regulyatorning tezkorligi bilan, kuchlanish og‘ishi esa reaktiv quvvatning ulushi va AVR dinamikasi bilan belgilanadi. Nochiziqli yoki impulsli yuklamalar ulushi ortgan sari kuchlanish shaklining buzilishi va tebranishlar ehtimoli ortadi, bu holat issiqlik yo‘qotishlarini ko‘paytirib, alternator o‘ramlarida qo‘shimcha qizish xavfini kuchaytiradi. Barqaror yuklama profilida esa chastota va kuchlanishning o‘rtacha og‘ishlari kichik bo‘lib, tiklanish vaqti qisqaradi; natijada sezgir iste’molchilar uchun quvvat sifati yaxshilanadi.

Ishonchlilik tahlili yuklama spektri va muhit omillarini hisobga olgan holda texnik xizmat oralig‘ini moslashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Past yuklamada uzoq ishlash dvigatelda to‘liq yonmaslik, cho‘kindilar to‘planishi va moyning ifloslanishi kabi omillarni kuchaytirishi orqali

rejalashtirilmagan to‘xtashlar ehtimolini oshirishi mumkin. Juda yuqori yuklamalarda esa termik va mexanik zo‘riqishlarning ortishi sababli ayrim tugunlarda resurs tezroq kamayadi. Shu asosda texnik xizmat uchun shartli tuzatish koeffitsiyenti kiritilganda, xizmat oralig‘i faqat ishlagan soatlar bilan emas, balki yuklama koeffitsiyentining vaqt bo‘yicha taqsimoti bilan ham mos ravishda qisqarishi yoki uzayishi mumkinligi aniqlanadi. Natijada, bir xil umumiy soat ishlagan ikki generator turli yuklama spektriga ega bo‘lsa, ularning real eskirish darajasi va nosozlikka moyilligi sezilarli farq qilishi konseptual jihatdan asoslanadi.

Munozara. Olingan natijalar dizel generatorlarning avtonom tizimlardagi amaliy ekspluatatsiyasida uchraydigan tipik muammolarni izohlaydi va mavjud ilmiy qarashlar bilan mos keladi. Xususan, qisman yuklamadagi iqtisodiy samarasizlik dvigatelning doimiy yo‘qotishlari, sovitish va ishqalanish sarflari hamda yonish jarayonining optimal bo‘lmagan sharoitlari bilan tushuntiriladi; bu holat ichki yonuv dvigatellari nazariyasi va generator qurilmalarining energetik tahlilida qayd etilgan tendensiyalarni qo‘llab-quvvatlaydi [2; 6]. Shu bilan birga, ushbu ishda qisman yuklamalar ta’sirini integral yo‘qotishlar mantig‘i orqali ko‘rsatish generator tanlovida faqat nominal quvvatga tayanishning yetarli emasligini, balki real yuklama profilini inobatga olgan holda quvvatni bosqichlash yoki parallel ishlashni rejalash zarurligini kuchaytiradi. Amaliy nuqtai nazardan, bu yondashuv masalan ikki kichik generatorni navbatma-navbat optimal zonada ishlatish orqali bitta yirik generatorning past yuklamada uzoq ishlashidan keladigan yoqilg‘i isroflarini kamaytirishi mumkinligini anglatadi, biroq bunday yechim kapital xarajatlar va texnik murakkablik bilan muvozanatli baholanishi lozim.

Elektr energiyasi sifati bo‘yicha xulosalar ham avtonom manbalarda boshqaruv tizimlarining roli yuqoriligini ko‘rsatadi. Yuklama sakrashlarida chastota og‘ishi va tiklanish vaqti regulyator sozlamalariga sezgir bo‘lib, noto‘g‘ri sozlash yoqilg‘i sarfini ham bilvosita oshirishi mumkin, chunki tez-tez o‘tkinchi jarayonlar dvigatelning dinamik yo‘qotishlarini kuchaytiradi. Bu nuqtada natijalar elektr energiyasi sifati standartlarini amalda ta’minlash masalasi faqat alternator parametrlariga emas, balki butun tizimning yuklama xususiyatlariga ham bog‘liqligini ko‘rsatadi [1]. Ishonchlilikka oid topilmalar esa texnik xizmatni soat bo‘yicha qat’iy belgilash amaliyoti har doim ham optimal emasligini, xizmat strategiyasi yuklama spektri va muhit sharoitlari bilan moslashtirilganda rejalashtirilmagan to‘xtashlar kamayishi ehtimoli borligini asoslaydi. Bu yondashuv texnik ekspluatatsiyada holatga asoslangan xizmat ko‘rsatish konsepsiyalariga yaqin bo‘lib, generator resursini yanada oqilona boshqarishga imkon beradi [3; 5].

Tadqiqotning cheklovi shundaki, taqdim etilgan tahlil umumlashtirilgan tipik xarakteristikalar va konseptual modellashtirishga tayangan bo‘lib, aniq marka va konfiguratsiyalar bo‘yicha tajriba sinovlari bilan kalibrlash talab etiladi. Bundan tashqari, yoqilg‘i sifati, balandlik va ekstremal haroratlar kabi omillarning miqdoriy ta’siri turli dvigatel oilalarida farqlanishi mumkin, shuningdek, garmonik buzilishlar bo‘yicha chuqur spektral tahlil bu ish doirasida to‘liq ochilmagan. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun yo‘nalish sifatida real vaqt monitoringi ma’lumotlari asosida yuklama spektrini aniqlash, yoqilg‘i sarfini identifikatsiya modellari bilan bog‘lash va texnik xizmatning adaptiv rejalash algoritmlarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa. Dizel generatorlarning avtonom energiya manbai sifatidagi ishlash ko‘rsatkichlari yuklama koeffitsiyenti va yuklama spektri bilan kuchli bog‘langan bo‘lib, pasportdagi nominal parametrlar real ekspluatatsion iqtisodiylikni to‘liq ifodalamaydi. Qisman yuklama rejimlarida doimiy yo‘qotishlar ulushi ortishi maxsus yoqilg‘i sarfini yomonlashtiradi va uzoq muddatli ishlashda umumiy yoqilg‘i iste’molini sezilarli oshiradi. Elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari yuklama sakrashlari va reaktiv hamda nochiziqli komponentlar ulushi ortgan sharoitlarda

yomonlashishi, barqaror profil va mos sozlangan boshqaruv tizimlarida esa tiklanish jarayonlari qisqarishi aniqlashtirildi. Ishonchlilik nuqtai nazaridan, texnik xizmat oralig‘ini faqat ishlagan soatlar bilan emas, balki yuklama spektri va muhit sharoitlarini hisobga olgan holda moslashtirish rejalashtirilmagan to‘xtashlar xavfini kamaytirishi mumkin. Umuman, dizel generatorlarning samarali ekspluatatsiyasi uchun yoqilg‘i iqtisodiyligi, quvvat sifati va ishonchlilikni yagona baholash tizimida birgalikda boshqarish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. GOST 32144-2013. Elektr energiyasi. Umumiy elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari. Moskva, Standartinform, 2014. 20 b.
2. Пчелкин В. И., Кузнецов А. А. Дизельные электростанции. Расчет, выбор и эксплуатация. Санкт-Петербург, Лань, 2019. 304 с.
3. Moubray J. Reliability-Centered Maintenance. Second edition. New York, Industrial Press, 1997. 448 p.
4. Mohamed A., Eltamaly A. M., Alolah A. I. Diesel generator optimal operation in hybrid power systems: Modeling and control aspects. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Amsterdam, Elsevier, 2019. P. 1–14.
5. Khaligh A., Li Z. Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art. IEEE Transactions on Vehicular Technology. New York, IEEE, 2010. Vol. 59, No. 6. P. 2806–2814.
6. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Second edition. New York, McGraw-Hill Education, 2018. 1088 p.
7. Rizaev B. Sh., Usmonov A. A. Avtonom elektr ta’minoti tizimlarida dizel generatorlarni tanlash va ekspluatatsiya qilishning energiya samaradorligi masalalari. Toshkent, Fan va texnologiya, 2020. 176 b.