

УДК 629.4.018

**TORTUV ELEKTR MASHINALARINI O‘ZARO YUKLAMA USULI  
ASOSIDA SINASH SXEMALARINI QURISH ASOSLARI**

**Ergashev Otabek Erkin o‘g‘li**

Toshkent davlat transport universiteti “Lokomotivlar va lokomotiv xo‘jaligi” dotsenti

**Yo‘ldashbekov Suxrob Shuxrat o‘g‘li**

Toshkent davlat transport universiteti “Lokomotivlar va lokomotiv xo‘jaligi” talabasi

**Annotatsiya:** Lokomotivsozlik sohasida tortuv elektr mashinalarini ekspluatatsiya qilishdagi eng muhim bosqichlardan biri ularni sinovdan o‘tkazish jarayoni hisoblanadi. Mazkur jarayon davomida tortuv elektr mashinalarida mavjud bo‘lgan kamchilik va nosozliklar aniqlanib, ularni bartaraf etish choralari ko‘riladi. Shu sababli sinov ishlari bir necha tur va usullarga ajratiladi. Ulardan biri — tortuv elektr mashinalarini o‘zaro yuklama usulida sinovdan o‘tkazish jarayonidir. Ushbu maqolada aynan mazkur usulning ishlash prinsipi, sxematik ko‘rinishi hamda sinov jarayonidagi o‘ziga xos xususiyatlari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, o‘zaro yuklama usuli yordamida tekshirishning afzalliklari va kamchiliklari ham batafsil tahlil etiladi.

**Kalit so‘zlar:** Generator, dvigatel, prinsipial sxema, yakor, magnit oqim, aylanish chastotasi, tok, kuchlanish.

**Аннотация:** Одним из важнейших этапов эксплуатации тяговых электрических машин в локомотивостроении является процесс их испытания. В ходе этого процесса выявляются имеющиеся в тяговых электрических машинах недостатки и неисправности, и принимаются меры по их устранению. По этой причине

испытательные работы подразделяются на несколько видов и методов. Одним из них является процесс испытания тяговых электрических машин методом взаимной нагрузки. В данной статье рассматриваются принцип работы этого метода, его схематическое изображение, а также его особенности в процессе испытаний. Также подробно анализируются преимущества и недостатки испытания методом взаимной нагрузки.

**Ключевые слова:** генератор, двигатель, принципиальная схема, якорь, магнитный поток, частота вращения, ток, напряжение.

**Annotation:** In the locomotive manufacturing industry, one of the most crucial stages in the operation of traction electric machines is the testing process. During this process, any existing deficiencies and malfunctions in the traction electric machines are identified, and measures are taken to rectify them. For this reason, testing is divided into several types and methods. One of these is the process of testing traction electric machines using the mutual load method. This article will examine the operating principle of this method, its schematic diagram, and its specific features during the testing process. Additionally, the advantages and disadvantages of testing via the mutual load method will be analyzed in detail.

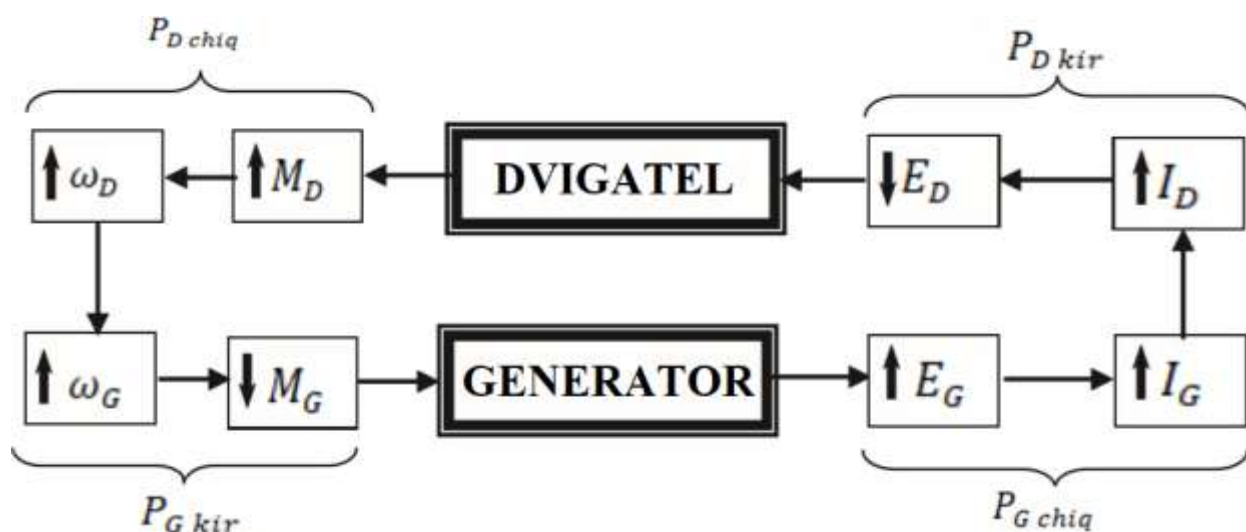
**Key words:** Generator, engine, basic scheme, armature, magnetic flux, rotational frequency, current, voltage.

Doimiy tok kollektorli tortuv elektr mashinalarini o‘zaro yuklash usuli asosida sinovdan o‘tkazish uchun bir nechta sxematik variantlar mavjud. Ularning tashqi elektr ulanishlarida ayrim farqlar bo‘lsa-da, o‘zaro yuklash usulining asosiy tamoyillari barcha variantlarda deyarli o‘zgarmas bo‘lib qoladi. Shu sababli ushbu usulning mohiyatini lokomotiv depolari va temir yo‘l transporti korxonalaridagi sinov stansiyalarida keng qo‘llaniladigan eng ommabop sxema misolida ko‘rib chiqish maqsadga muvofiqdir.

Mazkur usulning asosiy g'oyasi ikki dona bir xil turdagi elektr mashinasidan foydalanishga asoslanadi. Ularning vallari mexanik energiyani uzatish imkonini beruvchi mufta yordamida o'zaro bog'lanadi. Bundan tashqari, mashinalarning elektr zanjirlari ham birlashtirilib, ular o'rtasida elektr energiyasining aylanishi ta'minlanadi. Sinov jarayonidagi asosiy vazifa — mashinalardan birining dvigatel rejimida, ikkinchisining esa generator rejimida ishlashini ta'minlaydigan optimal sxemani hosil qilishdan iborat. Har bir rejimning o'ziga xos ishlash xususiyatlari mavjudligi sababli, har bir mashina o'ziga yuklatilgan rejim talablarini to'liq bajaradigan sharoit yaratish muhim hisoblanadi.

Sinov davomida dvigatel rejimida ishlayotgan mashina o'z valida aylantiruvchi moment hosil qiladi va ushbu moment ta'sirida butun tizim aylanishga keladi (1-rasm). Dvigatelning aylanish momenti hamda mashinalarning aylanish chastotasi birgalikda boshqariladi. Shu bilan birga, dvigatel tomonidan aylantirilayotgan generator validagi qarshilik momenti tufayli mexanik energiyani qabul qiladi va generator rejimida ishlaydi. Generator rejimida aylanish momenti va burchak tezligi o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi.

Tizimning aylanishi natijasida generator yakor chulg'amlarida elektr yurituvchi kuch (EYuK) hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan EYuK ta'sirida sinovdan o'tkazilayotgan mashinalarning umumiy elektr zanjirida tok oqa boshlaydi (2-rasm). Shu tariqa, o'zaro yuklash usuli yordamida mashinalarning ish rejimlari, yuklama ostidagi holati hamda texnik ko'rsatkichlari samarali ravishda tekshiriladi.



**1-rasm. Dvigatel va generator rejimlarining funksional belgilanishi.**

Generator rejimida elektr yurituvchi kuch (EYuK) va tok oqimining yo‘nalishlari o‘zaro mos keladi. Generator tomonidan hosil qilingan elektr energiyasi dvigatel rejimida ishlayotgan mashina tomonidan iste‘mol qilinadi. Natijada dvigatel yakorida qarshi EYuK hosil bo‘ladi. Shu sababli dvigatelda EYuK va yakor toki yo‘nalishlari bir-biriga qarama-qarshi bo‘ladi.

Dvigatel va generator rejimlarining funksional xususiyatlaridan kelib chiqib, ikkita bir xil elektr mashinasining qarama-qarshi ish rejimida ishlashini ta‘minlash uchun ularning aylantiruvchi momentlari hamda yakor EYuKlari o‘zaro mos va muvofiqlashtirilgan bo‘lishi talab etiladi. Biroq bu holat sxema uchun yagona talab hisoblanmaydi. O‘zaro yuklama usulini amalda qo‘llash uchun quyidagi asosiy talablar bajarilishi zarur:

1. Sinovdan o‘tkazilayotgan mashinalarni ulash sxemasi yakor magnit oqimi, aylantiruvchi moment va yakor EYuKlarining o‘zaro mos hamda qarama-qarshi ishlashini ta‘minlashi kerak.
2. Sinovdan o‘tayotgan mashinalarning yakor zanjirlaridagi tok yo‘nalishi shunday tanlanishi lozimki, generator rejimida ishlayotgan mashinaning EYuKi dvigatel rejimida ishlayotgan mashina yakoridagi qarshi EYuK bilan qarama-qarshi yo‘nalishda mos tushsin.

3. Tizimning aylanish yoʻnalishi dvigatel rejimida ishlayotgan mashinaning aylantiruvchi momenti yoʻnalishiga mos boʻlishi hamda generator rejimida ishlayotgan mashina hosil qiladigan momentga qarama-qarshi boʻlishi kerak.

Mazkur talablarning bajarilishi oʻzaro yuklama usulida sinov jarayonining barqaror va ishonchli amalga oshirilishini taʼminlaydi. Shu orqali tortuv elektr mashinalarining ish qobiliyati, yuklama ostidagi holati va texnik tavsiflari samarali ravishda tekshiriladi. Belgilangan shartlarning birinchisini amalga oshirish usuli induktor tipidagi elektr mashinalarida elektromagnit moment va EYuK bogʻliqligini tahlil qilishdan kelib chiqadi:

$$\begin{cases} E_{Ya} = C * \Phi_0 * n \\ M_{Em} = 9,55 * C * \Phi_0 * I_{Ya} \end{cases} \quad (1)$$

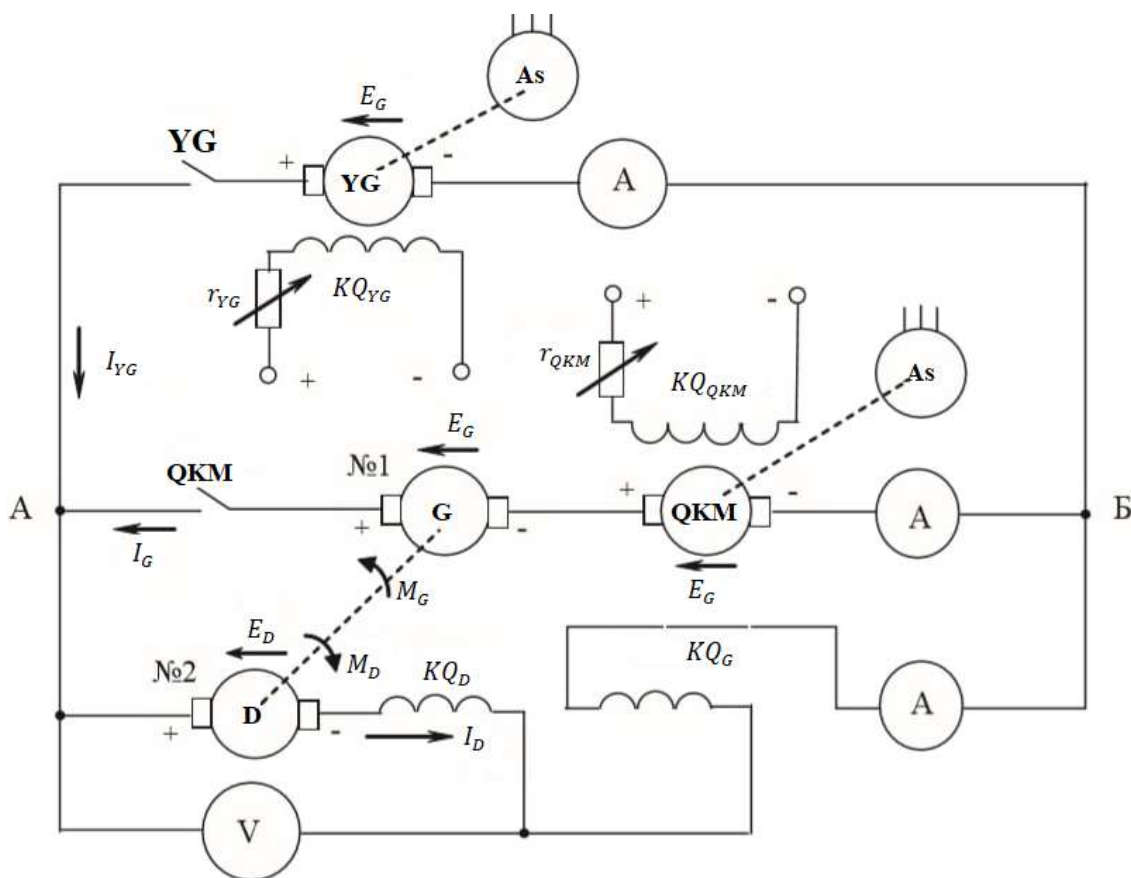
Sinalayotgan mashinalarda yakorining toki va aylanish chastotasi bir xil yoʻnalganda qurilmani oʻrnatish qiyin emas. Sxematik ravishda, bu holat sinovdan oʻtkazilayotgan mashinalarning qoʻzgʻatuvchi oʻramlarini yoqishning polyarligini yaʼni qutblarini oʻzgartirish orqali osonlik bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun, generator mashinalarining qoʻzgʻatish choʻlgʻamlarini reversiv yoqishning prinsipial sxemasi 2-rasmda keltirilgan.

Sinovdan oʻtgan mashinalarning berilgan rejimlarda ishlashini taʼminlaydigan ikkinchi shart, ularning zanjirlarida maʼlum bir yoʻnalishdagi oqimlarning mavjudligini nazarda tutadi. Biroq, teng konstruksiyali mashinalarning EYuK iboralarini solishtirganda (2) ifoda maʼlum boʻladi, ularning ish rejimlaridan qatʼi nazar, yakor EYuK har doim kattaligi boʻyicha teng va qarama-qarshi yoʻnalishda qoladi. Bunday sharoitda zanjirda faqat ikkita teng kattalikdagi va qarama-qarshi yoʻnalishdagi EYuK harakat qilganda, generatorni qisqichlariga ulash sinovdan oʻtkazilayotgan mashinalar konturida tok oqimini taʼminlay olmaydi. Shubhasiz, faqat generator sifatida foydalanish tavsiya etilgan dvigatelning EYuK dan ortiq boʻlgan mashinaning EYuKining talab qilinadigan yoʻnalishda oqim paydo boʻlishi uchun sharoit yaratadi. Sinov qilinayotgan mashinalarning oʻramlaridagi kerakli EYuK nomutanosibligini olish uchun bir nechta usullarni taklif qilish

mumkin, ammo ko‘p hollarda bunga boshqa qo‘shimcha EYuK manbasini olib kirish orqali erishiladi.

Ushbu manbaning vazifasi EYuK generatoriga “kuchlanish qo‘shish”dir, unga ko‘ra u qo‘shimcha kuchlanish mashinasi (qisqacha QKM) nomini oldi. QKM zanjirga sun'iy ravishda kiritilgan manba ekanligini tushunish kerak, uning "qo‘shimcha voltleri" vosita mashinasining orqa EYuK ta'sirini yengib o‘tish va oqim zanjirida oqim o‘tishi uchun sharoit yaratish uchun sinov ostidagi mashinalar zarur bo‘lgan. (2-rasmga qarang).

Tuzilish jihatidan qo‘shimcha kuchlanish mashinasi turli xil mashinalarda alohida foydalanish mumkin. Masalan, yarimo‘tkazgichlarda boshqariluvchi o‘zgartirgich, elektr mashinali generator, akkumlyator batareyasi va boshqalar sifatida amalga oshirilishi mumkin. Sanoat korxonalarida QKM ko‘pincha mustaqil qo‘zg‘alish o‘rami tomonidan boshqariladigan elektr mashinasi o‘zgartirgichi (doimiy tok generatori bilan asinxron uzatma) shaklida taqdim etiladi. Ammo shuni ta'kidlash kerakki, zamonaviy ishlab chiqarish sharoitlari shovqinsiz boshqariladigan yarimo‘tkazgichli o‘zgartirgichlar tomonidan elektr mashina manbalarini bosqichma-bosqich almashtirish tendentsiyasi bilan tavsiflanadi. 2-rasmda QKM ning qutblaridagi ulanishi ko‘rsatilgan, bu generator rejimida "№1" va "№2" dvigatel rejimlarida mashinasining ishlashini ta'minlaydi.



**2-rasm. O‘zaro yuklama usuli bo‘yicha sinov standining prinsipial elektr sxemasi**

Elektromagnit momentning (1) formulasidan kelib chiqadiki, agar tizim konstruksiyalari, magnit oqimlari va yakor zanjiridagi toklar sharoitlari uchun teng bo‘lsa (2-rasmga qarang), sinovdan o‘tgan mashinalarning momentlari ham teng bo‘ladi va aksincha, qo‘zg‘atuvchi o‘ramlardan birini yoqish aylanish harakatlarining nol natijasiga olib keladi. Tizimning mexanik muvozanatini buzish uchun qarama-qarshi mashinalarning momentlari orasidagi miqdoriy nisbatni va dvigatel sifatida ishlatilishi kerak bo‘lgan narsaning foydasiga o‘zgartirish kerak.

(1) ifodani tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, nazariy jihatdan dvigatel momentini oshirish yoki generator momentini kuchsizlantirishning bir necha usullari mavjud. Amalda, bir qator afzalliklarga ko‘ra, dvigatelning yakor zanjirini boshqa qo‘shimcha manbadan oziqlantirish orqali dvigatel momentini kuchaytirish sxemasi eng keng tarqalgan bo‘lib

Yo‘nalishli generator (YG) deb ataladigan ushbu manbaning asosiy sxemaga ulanishi rasmda ko‘rsatilgan.

2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, "YG" kontaktori qisqa tutashganda, uning yakor zanjirida  $I_{YG}$  tok oqimi paydo bo‘ladi, bu QKM dan tok oqib o‘tib "A" uzelliga qo‘shilib, dvigateldagi tok oqimining generatoridagi tok oqimidan oshib ketishini ta'minlaydi.

$$I_D = I_G + I_{YG} \quad (2)$$

Sinov qilingan mashinalar zanjiridagi oqimlarning YG tok oqimining qiymati bo‘yicha magnet oqimlarining tengligi va mashinalarning konstruktiv tuzilishlari bilan tengsizligi dvigatel momentining generatorning qarshilik momentidan ortiqcha bo‘lishiga olib keladi.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:**

1. Ergashev, O. E., Abduvakhobov, M. E., Khamidov, O. R., Tursunov, N. K., & Toirov, O. T. (2022). INCREASING THE DURABILITY OF GEAR TRANSMISSIONS OF ASYNCHRONOUS TORSION ELECTRIC MOTORS. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(10), 1030-1036.
2. Xamidov, O., Ergashev, O., Abduvahobov, M., & Nematova, S. (2022). “O ‘ZBEKISTON’ ELEKTROVOZI VA TE10M TEPLOVOZINING TORTUV REDUKTORI TEXNIK HOLATINI BAHOLASH. *Current approaches and new research in modern sciences*, 1(4), 37-42.
3. S. Jamilov, O. Ergashev, M. Abduvaxobov, S. Azimov, and S. Abdurasulov, “Improving the temperature resistance of traction electric motors using a microprocessor control system for modern locomotives,” *E3S Web Conf.* 401, 03030 (2023). <https://doi:10.1051/e3sconf/202340103030>
4. O. Ergashev, O. Kasimov, S. Djamilov, S. Azimov, and Z. Keldibekov, “Improvement of diagnostics of traction electrical motors of railway rolling stock,” *AIP Conf. Proc.* 3045, 050041 (2024). <https://doi:10.1063/5.0197378>.

5. Kasimov, O., & Ergashev, O. (2025). Investigation of transient processes in auxiliary asynchronous electric motors of locomotives using differential equations. *Vibroengineering Procedia*, 60, 758-765.
6. Ergashev, O., & Kasimov, O. (2025). Scientific and practical substantiation of transient processes in asynchronous electric motors of mainline electric locomotives. *Vibroengineering Procedia*, 60, 252-259.
7. Xamidov, O., Ergashev, O., Abduvahobov, M., & Nematova, S. (2022). АСИНХРОН МОТОРЛАР ТИШЛИ УЗАТМАЛАРИНИ РОТОР ВАЛИГА ЎРНАТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ. Development of pedagogical technologies in modern sciences, 1(4), 92-97.
8. Хамидов, О. Р., Эргашев, О. Э., Келдибеков, З. О., & Зоирхонов, С. Т. (2018). МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ" UZ-ELR". In Материалы международной научной конференции" Наука. Исследования. Практика". ГНИИ" Нацразвитие". Апрель 2018 (pp. 44-49).