

CONFERENCE ON
FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING
— QATAR —

**LOKOMOTIV PODSHIPNIK UZELLARINING TEXNIK
HOLATINI VIBRODIAGNOSTIKA USULLARI YORDAMIDA
ANIQLASH**

Otabek Xamidov Rustamovich

Texnika fanlari doktori (DSc), Professor

Toshkent davlat transport universiteti

Tel: +998712990480

E-mail: otabek.rustamovich@yandex.ru

G'anijonov Ilyosbek Hayotjon o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti, MTVL-4R guruhi magistranti

Tel: +998 90 919 33 99

E-mail: ganijonovilyosbek512@gmail.com ORCID:0009-0003-2195-070X

Annotatsiya. Mazkur maqolada lokomotiv podshipnik uzellarining texnik holatini vibrodiagnostika usullari yordamida aniqlash masalalari ko'rib chiqilgan. Podshipniklarda uchraydigan asosiy nosozlik turlari, ularning vibratsion belgilarini aniqlash usullari hamda zamonaviy diagnostika texnologiyalari tahlil qilingan. Vibratsiya signallarini vaqt va chastota sohalarida tahlil qilish, FFT (Fast Fourier Transform), Envelope Analysis, Wavelet Transform kabi usullarning diagnostik imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, Condition-Based Maintenance (CBM) va Predictive Maintenance (PdM) konsepsiyalari asosida texnik xizmat ko'rsatishni takomillashtirish hamda sun'iy intellekt asosidagi diagnostika tizimlarining afzalliklari bayon etilgan. Tadqiqot natijalari lokomotiv podshipnik uzellarida nosozliklarni erta aniqlash, ekspluatatsion ishonchlilikni oshirish va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirishda vibrodiagnostika usullarining samaradorligini ko'rsatadi.



CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

Kalit so'zlar: lokomotiv, podshipnik uzeli, vibrodiagnostika, vibratsiya tahlili, FFT, Envelope Analysis, Condition-Based Maintenance, Predictive Maintenance, texnik holat diagnostikasi, sun'iy intellekt.

Kirish

Temir yo'l transportida lokomotivlarning ishonchli va uzluksiz ishlashi ko'p jihatdan ularning asosiy mexanik uzellarining texnik holatiga bog'liq. Ayniqsa, tortuv elektr dvigatellari, reduktorlar va g'ildirak juftliklarida qo'llaniladigan podshipnik uzellari katta dinamik yuklamalar, yuqori aylanish chastotasi, tebranishlar hamda o'zgaruvchan iqlim sharoitida ishlaydi. Shu sababli podshipniklarning texnik holatini muntazam nazorat qilish harakat xavfsizligini ta'minlashning muhim omillaridan biri hisoblanadi. [2,3]. An'anaviy rejali-ogohlantiruvchi ta'mirlash tizimida agregatlar ma'lum ekspluatatsiya davri tugagandan so'ng ta'mirlanadi. Biroq bunday usul iqtisodiy jihatdan har doim ham samarali emas, chunki ayrim agregatlar hali foydalanish resursiga ega bo'lsa-da ta'mirga chiqariladi yoki aksincha, yashirin nuqsonlar vaqtida aniqlanmay qoladi. Shu sababli zamonaviy temir yo'l transportida Condition-Based Maintenance (CBM) va Predictive Maintenance (PdM) konsepsiyalari keng joriy etilmoqda. Ushbu yondashuvlar texnik xizmat ko'rsatishni uskunaning haqiqiy holatiga asoslangan holda tashkil etishga imkon beradi.[3]

Podshipnik uzellarining texnik holatini aniqlashda eng samarali usullardan biri vibrodiagnostika hisoblanadi. Vibratsion signal podshipnikda hosil bo'layotgan mexanik jarayonlarning bevosita natijasi bo'lib, unda nuqsonlarning rivojlanishi haqida katta hajmdagi diagnostik axborot mujassamlashgan. Shu sababli vibratsion diagnostika bugungi kunda lokomotivlarni texnik ekspluatatsiya qilish va ta'mirlash tizimining ajralmas qismiga aylanmoqda.[2, 4]

Lokomotiv podshipnik uzellarida uchraydigan nosozliklar

Podshipnik uzellari lokomotivning eng ko'p yuklama ostida ishlaydigan elementlaridan biridir. Ularning nosozlanishi elektr dvigatelning qizib ketishiga,



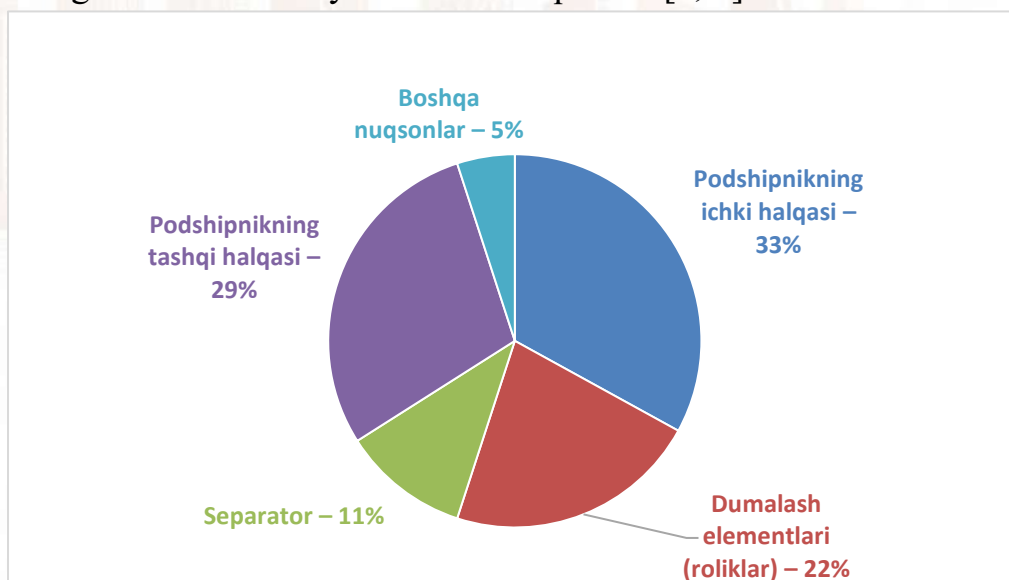
CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

vibratsiyaning ortishiga, energiya sarfining ko'payishiga hamda avariya holatlarining yuzaga kelishiga sabab bo'ladi.[2, 3]

Dumalash podshipniklarini ishlab chiqarish va ekspluatatsiya qilish jarayonida quyidagi asosiy nuqsonlar uchraydi:[2]

- ichki halqa yuzasining shikastlanishi;
- tashqi halqa yuzasining yemirilishi;
- sharik yoki roliklarning nuqsonlari;
- separator deformatsiyasi;
- moylash tizimi buzilishi;
- korroziya;
- elektr eroziyasi;
- materialning charchashi natijasida hosil bo'ladigan mikroyoriqlar;
- disbalans;
- noto'g'ri markazlash;
- valning egilishi.

Ushbu nuqsonlarning aksariyati dastlab mikro darajada yuzaga keladi va oddiy vizual nazorat yordamida aniqlanmaydi. Biroq ular podshipnik ishlashi davomida impulsli vibratsiyalarni hosil qiladi. Aynan ushbu impulslar vibrodiagnostika usullari yordamida aniqlanadi.[2, 3].

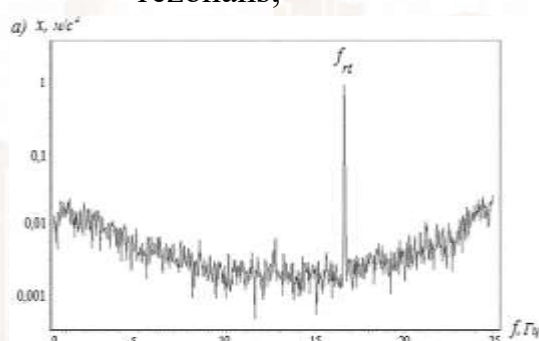


1-rasm. Podshipnik elementlari bo'yicha aniqlangan nosozliklarning foiz taqsimoti.

Podshipnik uzellarini vibrodiagnostika qilish usullari

Podshipniklarning texnik holatini baholashda bir necha xil vibratsion diagnostika usullari qo'llaniladi. Eng sodda usullardan biri vaqt sohasi (Time Domain Analysis) hisoblanadi. Ushbu usulda vibratsiya signalining RMS, Peak, Crest Factor va Kurtosis kabi statistik parametrlari aniqlanadi. Mazkur usul umumiy texnik holatni baholash imkonini beradi, biroq nuqsonning aniq joyini ko'rsatib bera olmaydi. Eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri **Fast Fourier Transform (FFT)** hisoblanadi. Ushbu usul yordamida vibratsiya signalining chastota spektri hosil qilinadi. FFT usuli orqali podshipnik nosozliklari aniqlanadi.[3, 4].

- disbalans;
- markazlash buzilishi;
- val egilishi;
- rezonans;



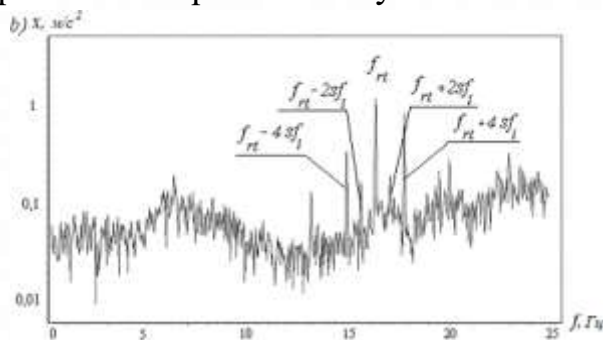
Rasm 2. Vibratsiya signalining FFT spektri.

Bugungi kunda podshipnik diagnostikasida eng samarali usul sifatida Envelope Analysis (qobiq spektri) qo'llaniladi. Ushbu usul Hilbert transformatsiyasi yordamida yuqori chastotali impulslarni ajratib olib, podshipnikning ichki halqasi (BPFI), tashqi halqasi (BPFO), dumalash elementi (BSF) va separator (FTF) nuqsonlarini juda yuqori aniqlik bilan aniqlaydi.

Bundan tashqari zamonaviy diagnostika tizimlarida quyidagi usullar keng qo'llaniladi:[1, 3]

- Wavelet Transform;
- Spectral Kurtosis;
- Empirical Mode Decomposition (EMD);
- Variational Mode Decomposition (VMD);
- Acoustic Emission (AE);
- Time-Frequency Analysis.

Mazkur usullar signalni shovqindan ajratish va boshlang'ich bosqichdagi nuqsonlarni aniqlash imkoniyatini sezilarli darajada oshiradi.



Rasm 3. Envelope Analysis algoritmi.

Zamonaviy temir yo'llarda qo'llanilayotgan diagnostika texnologiyalari

Hozirgi vaqtda Siemens Mobility, Alstom, CRRC, Hitachi Rail va boshqa yirik ishlab chiqaruvchilar lokomotivlarga o'rnatilgan onlayn monitoring tizimlaridan foydalanmoqda. Ushbu tizimlar quyidagi elementlardan tashkil topgan:[5].

- vibratsiya datchiklari;
- harorat sensorlari;
- aylanish tezligi datchiklari;
- tok va kuchlanish sensorlari;
- akustik emissiya sensorlari.

Olingan ma'lumotlar bort kompyuteri yoki bulutli platformaga uzatiladi va sun'iy intellekt algoritmlari yordamida qayta ishlanadi. Natijada podshipnikning

CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING • QATAR •

qoldiq resursi baholanadi hamda nosozlik yuzaga kelishidan oldin texnik xizmat ko'rsatish tavsiya etiladi.

So'nggi yillarda **Machine Learning, Deep Learning, CNN, SVM, Random Forest** va **LSTM** algoritmlaridan foydalanish podshipnik diagnostikasining aniqligini yanada oshirmoqda.

Xulosa

Lokomotiv podshipnik uzellarining texnik holatini vibrodiagnostika usullari yordamida aniqlash nosozliklarni erta bosqichda aniqlash, texnik xizmat ko'rsatishni haqiqiy texnik holat asosida tashkil etish va favqulodda nosozliklarning oldini olish imkonini beradi. FFT, Envelope Analysis, Wavelet Transform hamda sun'iy intellekt asosidagi diagnostika usullaridan foydalanish lokomotivlarning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi, ta'mirlash xarajatlarini kamaytiradi va podshipnik uzellarining xizmat muddatini uzaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Babokin G.I., Shprexer D.M. **Elektromexanik tizimlarni diagnostika qilishda neyron tarmoqlardan foydalanish.** – Sankt-Peterburg, 2011.
2. Zelenchenko A.P., Orexova N.V., Fedorov D.V. **Elektr harakat tarkibi dumalash podshipniklarini diagnostika qilish asoslari.** – Sankt-Peterburg, 2001. – 28 b.
3. Ivanov O.V. **Dumalash podshipniklarining texnik diagnostikasi** // *Texnik diagnostika va buzmasdan nazorat qilish.* – 2002. – №3. – B. 3–5.
4. Volkov A.N. **Lokomotiv elektr dvigatellarini vibrodiagnostika qilish usullarini takomillashtirish** // *Temir yo'l transporti.* – 2008. – №3. – B. 55–56.