BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

ELEKTROVOZLAR ASINXRON TORTISH DVIGATELLARINI DIAGNOSTIKA QILISHNING ZAMONAVIY USULLARI

Nizomiddinov Umidjon Abdumutal o'g'li
Toshkent davlat transport universiteti
Xamidov Otabek Rustamovich

Toshkent davlat transport universiteti
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.21875912

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektrovozlarning asinxron tortuvchi elektr dvigatellari (ATD) dumalash podshipniklarining texnik holatini tebranish diagnostikasi (vibrodiagnostika) usuli yordamida aniqlash va bashorat qilish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda DPM-700B seriyali tenzousulitellar va ASH-A-100 akselerometrlari bazasida yaratilgan diagnostika majmuasi hamda tebranish signalining o'rab oluvchi spektri tahlili (метод огибающей) qo'llanilgan. Eksperimental tadqiqotlar davomida podshipnikning tashqi halqasi va dumalash jismida sun'iy nuqsonlar hosil qilinib, ularning diagnostik belgilari va tebranish spektridagi garmonik tashkil etuvchilari aniqlandi. Taklif etilgan tebranish diagnostikasi usuli elektrovozlarni ta'mirlash va ekspluatatsiya qilish jarayonida podshipnik tugunlarining yashirin nuqsonlarini erta bosqichda aniqlash, ta'mirlash sifatini oshirish va poyezdlarning behuda to'xtab qolish vaqtini qisqartirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: elektrovoz, asinxron tortuvchi elektr dvigatel, dumalash podshipniklari, vibrodiagnostika, tebranish spektri, o'rab oluvchi usul, akselerometr, tenzousulitel, texnik holat.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы определения и прогнозирования технического состояния подшипников качения асинхронных тяговых электродвигателей (АТЭ) электровозов с использованием метода вибрационной диагностики. В исследовании использовался диагностический комплекс на базе тензоусилителей серии DPM-700B и акселерометров ASH-A-100, а также метод анализа огибающей спектра вибрационного сигнала. В ходе экспериментальных исследований были созданы искусственные дефекты наружного кольца и тела качения подшипника, выявлены их диагностические признаки и гармонические составляющие в спектре вибрации. Предлагаемый метод вибродиагностики позволяет выявлять скрытые дефекты подшипниковых узлов на ранней стадии в процессе эксплуатации и ремонта электровозов, повышать качество обслуживания и сокращать простои подвижного состава.

Ключевые слова: электровоз, асинхронный тяговый электродвигатель, подшипники качения, вибродиагностика, спектр вибрации, метод огибающей, акселерометр, тензоусилитель, техническое состояние.

Kirish

Tebranish diagnostikasi mashinalar va uskunalarning texnik holatini ularning tebranish holatiga ko‘ra aniqlash va bashorat qilish vazifalarini biridahtiradi. Tebranish diagnostikasi ishlayotgan mashina va mexanizmlarda ham ekspluatatsiya jarayonida, ham stendga o‘rnatilgan holatda o‘tkaziladi.

Tebranish diagnostikasi — bu uskunaning tebranishini tahlil qilish orqali ishlayotgan uskunaning texnik holatini aniqlaydigan funksional diagnostikadir. Vibrodiagnostika agregatlarning yuqori tebranish darajasi sabablarini aniqlash va konstruksiyalarning yashirin nuqsonlarini topish masalalarini hal qiladi. Boshqacha aytganda, vibrodiagnostika — bu mashinalar, mexanizmlar, tugunlar va agregatlarni buzmasdan nazorat qilish usulidir.

Tebranish — bu tana massasining nazoratsiz xaosli yoki qonuniyatli harakatidir.

Tebranishning eng ko‘p uchraydigan sabablari:

- nomutanosiblik (disbalans);
- ekspressitet;
- mashina detallarining yeyilishi;
- detalning yashirin nuqsoni;
- konstruksiyaning ichki kuchlanishlari;
- elektromagnit ta’sirlar;
- boshqa tashqi omillarning ta’siri.

Vibrodiagnostikaning afzalliklari:

- keng axborotlilik, chunki tebranishda ish jarayonlari haqida barcha ma’lumotlar mavjud;
- yuzaga kelayotgan nosozliklarga yuqori sezgirlik;
- diagnostika qilishning boshqa turlariga nisbatan o‘lchash texnologiyasining yetarlicha soddaligi, shuningdek uning yuqori aniqligi;
- o‘lchov natijalarini avtomatlashtirilgan tahlil qilishning keng imkoniyatlari;
- yashirin nuqsonlarni topishga imkon beradi;
- qoidaga ko‘ra, uskunani yig‘ish-sochishni talab qilmaydi;
- diagnostika qilish vaqtining kamligi;
- nosozliklarni ularning paydo bo‘lish bosqichida aniqlash imkoniyati.

Vibrodiagnostikaning asosiy vazifasi — uskunaning tebranishi bo‘yicha uning texnik holatini nazorat qilish imkoniyatini ko‘rsatish, shuningdek rotarli uskunani tebranish monitoringi va diagnostikasi tizimlarining vazifasi hamda imkoniyatlarini ko‘rib chiqishdir.

Uskunani ekspluatatsiya qilish jarayonida tebranish diagnostikasining vazifasi tebranish holatini emas, balki ta’mirlashlar orasidagi davrda ishdan chiqish ehtimoli mavjud bo‘lgan har bir elementning texnik holati o‘zgarishini aniqlash va rivojlanishini bashorat qilishdan iborat. Buning uchun nafaqat past chastotali va o‘rta chastotali, balki yuqori chastotali tebranish ham o‘lchanadi, shuningdek monitoringga qaraganda murakkabroq bo‘lgan tebranishni tahlil qilish usullaridan foydalaniladi, bu esa diagnostik ma’lumotlarning to‘liq hajmini olish imkonini beradi. Ushbu maqolada biz a.t.d.ning (asinxron tortuvchi dvigatel) eng muhim qismlaridan biri bo‘lgan dumalash podshipniklarini diagnostika qilish usullarini ko‘rib chiqamiz [1,2,5].

Ishlayotgan mashinaning dumalash podshipniklarini diagnostika qilish usullari podshipniklardagi ishqalanish kuchlari hosil qiladigan tebranishlarni tahlil qilishga asoslangan.

Mashinalarning aylanuvchi tugunlaridagi dumalash ishqalanish kuchlarining o‘ziga xosligi shundaki, dumalash podshipniklarida nuqsonlar bo‘lmaganda ular vaqt bo‘yicha barqaror bo‘ladi.

Podshipnikni tayyorlash aniqligi, uni o‘rnatish joyiga montaj qilish yetarli bo‘lmaganda, shuningdek ishqalanish yuzasi yeyilganda, ushbu podshipnikdagi ishqalanish kuchlari barqaror bo‘lmay qoladi hamda aylanadigan halqa yoki separatorning burilish burchagiga bog‘liq bo‘lib qoladi.

O‘zgarmas ishqalanish kuchi podshipnikning keng chastota tasmasida tasodifiy tebranishini uyg‘otadi. Uniki spektral zichlik maksimumi odatda 2–10 kGs tartibidagi chastotalarga to‘g‘ri keladi. Spektral zichlik chastotasi birinchi navbatda aylanish tezligiga va podshipnik o‘lchamlariga, ishqalanish yuzalarining sifatiga hamda moylashga bog‘liq. Nuqsonlar paydo bo‘lganda va binobarin, ishqalanish kuchi beqarorlashganda, uyg‘onadigan tasodifiy tebranish nostasionar bo‘lib qoladi, ya’ni har qanday chastotadagi spektral zichlik miqdori vaqt bo‘yicha davriy ravishda o‘zgaradi. Aynan podshipnik tugunlaridagi tasodifiy tebranishning nostasionarligi dumalash podshipniklarida ishqalanuvchi yuzalar nuqsonlari paydo bo‘lishining obyektiv belgisi hisoblanadi [1,4,5].

Nostasionar tasodifiy tebranishning miqdoriy xarakteristikalari ushbu tebranishning o‘rab oluvchi (огибающая) signalini spektral tahlil qilish natijasida aniqlanadi. Yuqori chastotali tebranishning davriy jarayon bilan (masalan, podshipnik tugunlarining aylanish davri bilan) amplitudali modulyatsiyalanishidan iborat bo‘lgan nostasionarlik shunga olib keladiki, o‘rab oluvchi signal spektrida tasodifiy tashkil etuvchilardan tashqari, ushbu tugunlarning aylanish chastotasiga ega garmonik tashkil etuvchilar ham paydo bo‘ladi. Natijada paydo bo‘lgan tashkil etuvchilarning chastotalari bo‘yicha podshipnikda mavjud bo‘lgan nuqson turlari aniqlanadi (identifikatsiya qilinadi), ushbu tashkil etuvchilar amplitudalarining fon chizig‘idan oshishi bo‘yicha esa aniqlangan har bir nuqsonning chuqurligi belgilanadi [1,2].

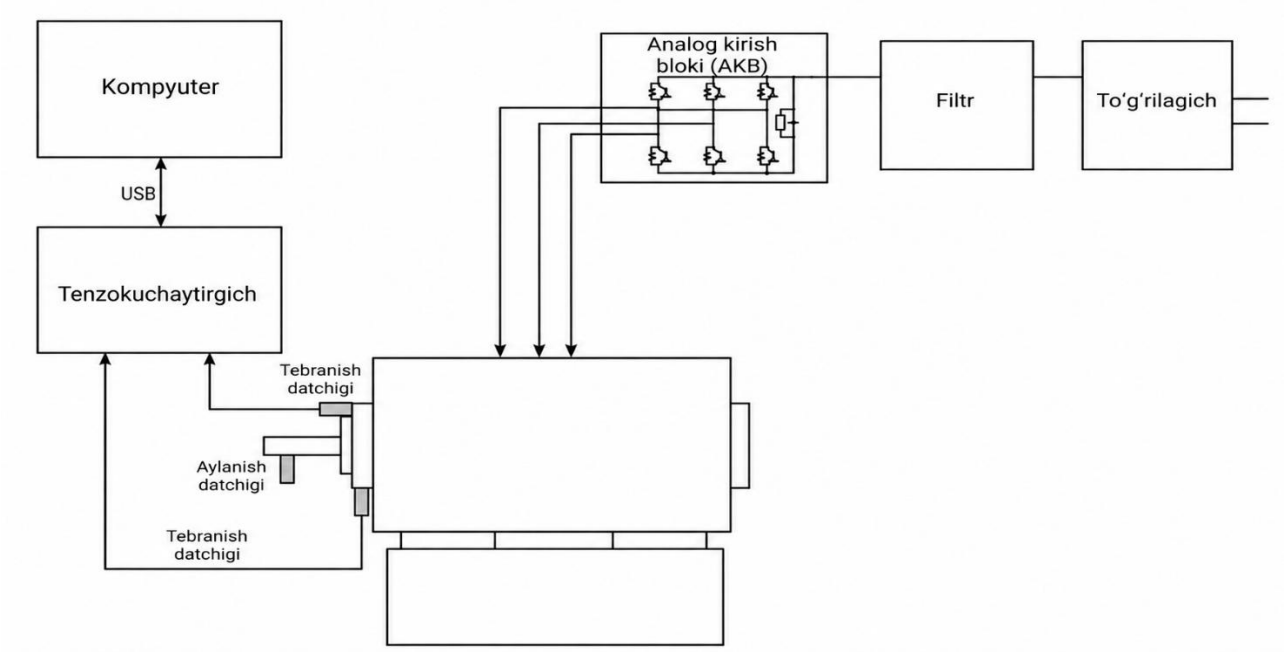
Tebranish signallarini tahlil qilishning ushbu usuli (o‘rab oluvchi signal usuli) podshipnik tugunlarining resursini belgilaydigan barcha asosiy nuqson turlarini aniqlash va identifikatsiya qilish imkonini beradi. Kuchli rivojlangan nuqsonlarni aniqlash uchun tebranishning to‘g‘ridan-to‘g‘ri spektrlari tahlil qilinadi.

Vibroakustik diagnostikani qo‘llashning mumkin bo‘lgan variantlari:

– ekspluatatsiya jarayonida;

– ta’mirga kelayotgan va ta’mirdan so‘ng ekspluatatsiyaga yuborilayotgan agregatlarni diagnostika qilish uchun.

Konstruktiv jihatdan vibroakustik diagnostika tizimi bir nechta qurilmalar bazasida bajarilgan: akselerometr, tenzometrik kuchaytirgich, USB interfeysi orqali kompyuter bilan bog‘langan to‘rt kanalli analog-raqamli o‘zgartirgich. Majmuadan foydalanishning majburiy sharti tadqiq qilinayotgan obyektning qaror topgan rejimida nazorat nuqtalarida tebranishni o‘lchash hisoblanadi (1-rasm).



1-rasm – Tebranish diagnostikasi usulini o‘tkazish sxemasi

DPM-700B seriyali tenzokuchaytirgichlar deformatsiyani o‘lchashning yuqori aniqligi va barqarorligi funksiyalariga, tashuvchi chastotani avtomatik ajratish funksiyasiga, komparator funksiyasiga va parametr sozlamalarini energiya bog‘liq bo‘lmagan xotirada saqlash funksiyasiga ega.

- O‘lchov kanallari soni — 1.
- Ko‘prikning tegishli qarshiligi — 50 dan 1000 Ω gacha.
- Ko‘prik kuchlanishi — 2V / 0.5V o‘zgarmas tok rms, o‘tkazgich.
- Qarshilik — ±2% $\left(\pm 1000 \frac{\mu m}{m}\right)$ doirasida.
- Sig‘im qarshiligi — 2000 pF.
- Sezgirlik — 0.2V yoki undan yuqori.
- Uzatish xarakteristikasi — 2 qutbli Battervort filtri.
- Cheklash (otsechka) chastotasi — 6 bosqich: 10, 30, 100, 1 kGs va F (flat).
- Signal/shovqin nisbati — 46 dB yoki undan yuqori.
- Gabarit massasi —49×128.5×262.5 (o‘simtalarsiz), taxminan 1.4 kg.

Qo‘llaniladigan datchiklar:

– Tebranish tezlanishini o‘lchash uchun: o‘rnatilgan oldindan kuchaytirgichga ega ASH-A-100 turidagi akselerometrlar yoki ularga analogik bo‘lganlar.

– Aylanishlar sonini o‘lchash uchun: DO-01, FD-02 aylanish chastotasi datchiklari yoki xarakteristikalari bo‘yicha ularga analogik bo‘lganlar.

ASH-A-100 akselerometri xarakteristikalari:

– Nominal chiqish signali: 0.5mV/V(1000×10^6deform.) ±20%.

- Chiziqsizlik: ±1%PSh (to‘liq shkala).
- Gisterezis: ±1%PSh.
- Kirish qarshiligi: 120 Ω±5%.
- Chiqish qarshiligi: 120 Ω±5%.
- Tavsiya etilgan ta’minot: 1...3V.
- Xavfsiz ta’minot: 6V.
- Ko‘ndalang sezgirlik: ±2%
- Harorat diapazoni: -10 ···+60°C.
- Dempferlash koeffitsienti: ~0.64(23°*C*da).
- Xavfsiz ortiqcha yuklama: 300%.
- Massa: ~13*g*.
- Kabel: 4 o‘tkazgichli (0.08mm^2 vinilli, ekranda, uzunligi 5 m, 3.2 mm.

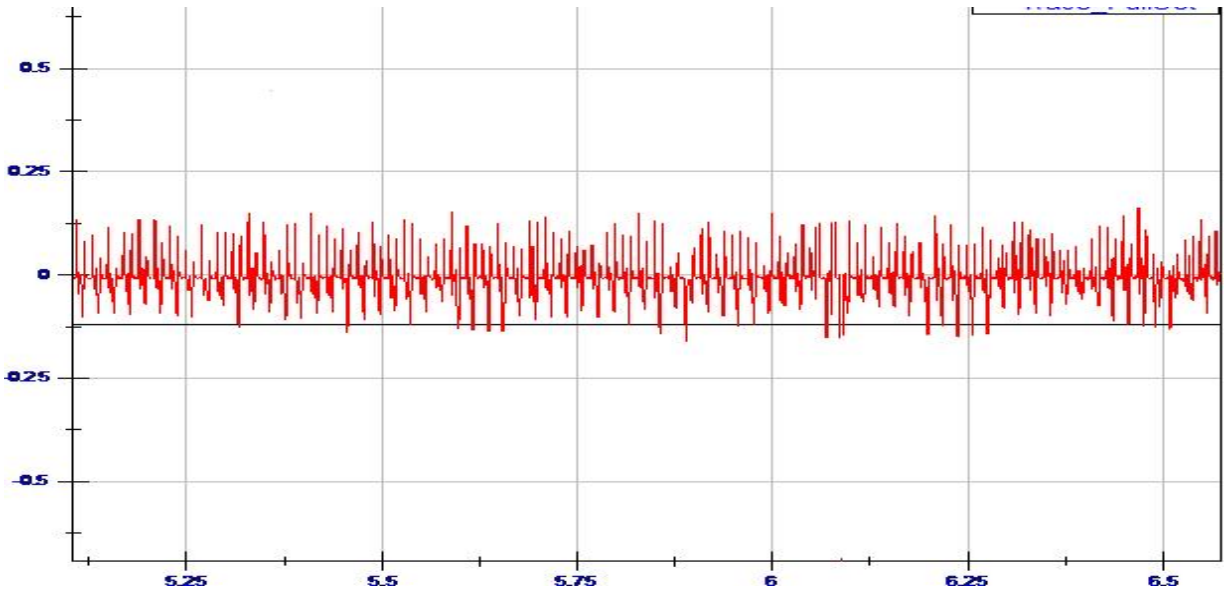
Eksperiment o‘tkazish metodikasi va natijalar tahlili: Eksperimentda diagnostika qilish obyekti sifatida yordamchi elektr dvigatelning dumalash podshipniki tanlab olindi. Eksperiment o‘tkazish jarayonida podshipniklardagi ishqalanish kuchlari hosil qiladigan tebranish spektrlarining tashkil etuvchilari nazorat qilindi. O‘lchash uchun nazorat nuqtalari sifatida podshipnik qalqonlari belgilandi. Eksperiment o‘tkazishda asinxron elektr dvigatelning ta’minoti muxtor kuchlanish invertoridan amalga oshirildi.

Ishlab chiqilgan diagnostika tizimi yordamida podshipniklarning texnik holati baholandi, podshipniklarning vibroakustik diagnostikasi o‘tkazildi. Eksperimentni o‘tkazish uchun asinxron dvigatel podshipniklarida quyidagi nosozliklar yaratildi:

- Podshipnikning tashqi halqasi nuqsoni (dumalash jismlari tegib turadigan tarafdan podshipnikning tashqi halqasida o‘yiq hosil qilish);
- Podshipnik dumalash jismining nuqsoni (sharchalar yoki roliklar yuzasidagi yeyilish).

Dumalash podshipniklarini diagnostika qilishda aniqlash va identifikatsiyalash mumkin bo‘lgan ushbu berilgan nuqsonlarning diagnostik belgilari tebranishning o‘rab oluvchi spektri bir martalik o‘lchovlari bo‘yicha aniqlandi [2-5].

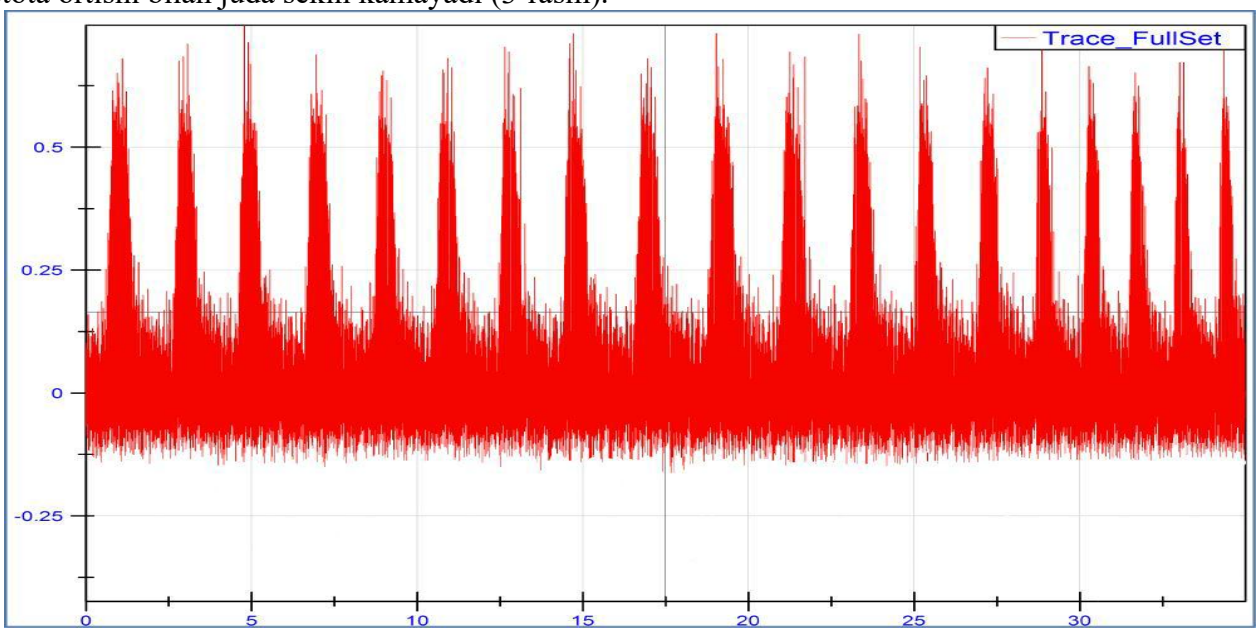
Grafik ko‘rinishda vibroakustik signal butun podshipnik tugunining ishlashi natijasida yuzaga keladigan tebranishlar chastotasi spektri shaklida tasvirlanadi.



2-rasm. Nuqsonsiz buksa podshipnik tugunining signal spektri.

Agar tugun (podshipnik) to‘liq soz, to‘g‘ri yig‘ilgan va balansi buzilmagan bo‘lsa (ideal holat), vibroakustik signal spektrida faqat ushbu mexanizm detallarining aylanma harakati natijasida hosil bo‘lgan tebranish chastotalari, ya’ni aylanma chastotalar mavjud bo‘ladi. Tugunda nuqson paydo bo‘lganda signal amplitudasi ortadi. Shuningdek, uning tebranishlar spektrida ushbu nuqsonni xarakterlovchi qo‘shimcha garmonik tashkil etuvchilar paydo bo‘ladi [2].

Podshipnik tashqi halqasining nuqsoni har bir dumalash jismining o‘yiq (yoriq) bilan toqnashuvi natijasida qisqa zarbli impulslar paydo bo‘lishiga olib keladi. Natijada yuqori chastotali tebranishning o‘rab oluvchi spektri tarkibida takrorlanuvchi chastotalarga ega bo‘lgan bir qator garmonikalar paydo bo‘ladi. Bunda garmonikalar soni yetarlicha ko‘p bo‘lib, ularning amplitudasi chastota ortishi bilan juda sekin kamayadi (3-rasm).



3-rasm. Tashqi halqada nuqson bo‘lgandagi tebranishning o‘rab oluvchi spektri

Asinxron tortuvchi dvigatellarning podshipnik tugunlarini vibrodiagnostika qilishning ushbu usuli mexanik tugunlarning holatini baholash va bashorat qilish imkonini beradi. Bu esa yuqori tezlikda harakatlanuvchi elektropoyezdlarning umumiy bekorga to‘xtab qolish vaqtini qisqartirish hamda asinxron tortuvchi dvigatellarga texnik xizmat ko‘rsatish sifatini oshirishni ta’minlaydi.

Xulosa

Asinxron tortuvchi elektr dvigatellarining podshipnik tugunlarini tebranishning o‘rab oluvchi signal spektri usuli bo‘yicha diagnostika qilish mexanik tugunlarning texnik holatini aniq baholash va ularning resursini bashorat qilish imkonini beradi. Eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, podshipniklarning tashqi halqasi hamda dumalash jismlaridagi nuqsonlarni o‘rab oluvchi spektrining garmonik tashkil etuvchilari va ularning amplitudasi bo‘yicha yuqori aniqlikda identifikatsiyalash mumkin.

Ushbu diagnostika usulini yanada takomillashtirish uchun Veyvlet-almashtirish (Wavelet transform) va sun’iy intellekt (neyron tarmoqlari – ANN) algoritmlarini joriy etish orqali podshipnik nuqsonlarini avtomatik aniqlash hamda ularning qolgan ekspluatatsiya resursini (RUL – Remaining Useful Life) yuqori aniqlikda bashorat qilish imkoniyati yaratiladi.

Taklif etilayotgan vibrodiagnostika majmuasi va metodikasini amaliyotga tatbiq etish lokomotiv depolarida "holatiga ko‘ra texnik xizmat ko‘rsatish" (Predictive Maintenance) tizimiga o‘tishni ta’minlaydi. Bu esa yuqori tezlikda harakatlanuvchi elektropoyezdlar hamda zamonaviy elektrovozlarning bekorga to‘xtab qolish vaqtini (простой) sezilarli darajada qisqartiradi, kutilmagan avariyalarning oldini oladi va asinxron tortuvchi dvigatellarga texnik xizmat ko‘rsatish hamda ta’mirlash sifatini oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Baranova N. A., Doroshev Yu. S. Tog‘ mashinalari va uskunalarining texnik holatini buzg‘unchi bo‘lmagan nazorat qilish: o‘quv qo‘llanma. – Vladivostok: DVTU nashriyoti, 2009. – 157 b.
2. Sivokobilenko V. F., Polkovnichenko D. V., Kukuy K. A. Ish rejimini o‘lchash ma’lumotlari bo‘yicha asinxron elektr yuritmalar diagnostikasi // Donetsk milliy texnika universiteti. – 2011.
3. Barkova N. A. Yuqori chastotali tebranishlar bo‘yicha dumalash podshipniklarini diagnostika qilish usullarini optimallashtirish // Energetika uskunalarining holatini baholash usullari va vositalari. – 15-chi chiqarilish. – VAST assotsiatsiyasi, 2002.
4. Xamidov O. R., Grishchenko A. V. Lokomotiv asinxron elektr dvigatellarining dumalash podshipniklari shikastlanishini vibrodiagnostika qilish // «XXI asr harakatlanuvchi tarkibi: g‘oyalar, talablar, loyihalar» VIII Xalqaro ilmiy-texnik konferensiyasi. – SPb.: PGUPS, 2013. – B. 174–176.
5. Grishchenko A. V., Kozachenko E. V. Lokomotivlarning yangi elektr mashinalari: temir yo‘l transporti oily o‘quv yurtlari uchun o‘quv qo‘llanma. – M.: Temir yo‘l transportida ta’lim bo‘yicha o‘quv-metodik markaz, 2008. – 271 b.