ZAMONAVIY METALL KESISH DASTGOHLARINING AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMASIDAGI KAMCHILIK VA MUAMMOLARINING TAHLILI

Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich
O‘z. FA akademigi, TDTU
Ruziyev Umidjon Abdimajitovich
TDTU T.f.d. (DsC),
Abdullayeva Dilnavoz Xusniddinovna
BDTU assistent

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda zamonaviy metall kesish dastgohlarining texnik va funksional kamchiliklari tahlil qilingan. Ayniqsa, raqamli dasturda boshqariladigan dastgohlar (RDB) elektroavtomatika tizimlarining murakkabligi, mexanik komponentlarning yeyilishi, sensor va aktuator xatoliklari, shuningdek, termik deformatsiyalar keltirib chiqarayotgan muammolar yoritilgan. Tadqiqotda mavjud muammolarning yuzaga kelish sabablari, diagnostika usullarining cheklovlari va sun’iy intellekt asosida xatoliklarni aniqlash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Eksperimental o‘lchovlar asosida aniqlik pasayishi, vibratsiya va pozitsiyalanish xatolari grafik va jadval ko‘rinishida tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar. Metall kesish dastgohlar, raqamli boshqaruv tizimi, servo tizim, pozitsiyalanish xatoligi, titrash, termik deformatsiya, sun’iy intellekt, diagnostika, texnik xizmat, xatolik tahlili.

Abstract: In this study, the technical and functional limitations of modern metal-cutting machine tools were analyzed. In particular, issues arising from the complexity of the electro-automation systems of Computer Numerical Control (CNC) machines, the wear of mechanical components, sensor and actuator errors, as well as thermal deformations were highlighted. The study examined the root causes of these problems, the limitations of existing diagnostic methods, and the potential of artificial intelligence–based fault detection. Based on experimental measurements, the degradation of accuracy, vibration levels, and positioning errors were analyzed through graphical and tabulated representations.

Keywords. Metal-cutting machines, numerical control system, servo system, positioning error, vibration, thermal deformation, artificial intelligence, diagnostics, maintenance, fault analysis.

Аннотация: В данном исследовании проанализированы технические и функциональные недостатки современных металлорежущих станков. Особое внимание уделено сложности электроавтоматики станков с числовым программным управлением (ЧПУ), износу механических компонентов, ошибкам датчиков и исполнительных механизмов, а также проблемам, вызываемым тепловыми деформациями. В исследовании рассмотрены

ISSN 3030-3907

причины возникновения существующих проблем, ограничения методов диагностики и возможности выявления неисправностей на основе искусственного интеллекта. На основании экспериментальных измерений проанализированы снижение точности, вибрации и ошибки позиционирования в виде графиков и таблиц.

Ключевые слова. Металлорежущие станки, система числового программного управления, сервосистема, ошибка позиционирования, вибрация, тепловая деформация, искусственный интеллект, диагностика, техническое обслуживание, анализ ошибок.

Kirish.

Zamonaviy metall kesish dastgohlari mashinasozlik sanoatining asosiy texnologik jihozlaridan biri bo‘lib, yuqori aniqlik, tezkorlik va avtomatlashtirilgan boshqaruv imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu dastgohlar yordamida murakkab shakldagi detallarga ishlov berish, ishlab chiqarish unumdorligini oshirish va mehnat xarajatlarini kamaytirish imkoniyati yaratilgan. Shu sababli, metall kesish dastgohlarining ishonchliligi va samaradorligi sanoat jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi.

Biroq, so‘nggi yillarda texnologik murakkablikning ortishi, yuqori aniqlik talablari va avtomatlashtirish darajasining oshishi bilan bog‘liq holda metall kesish dastgohlarida qator texnik va funksional muammolar yuzaga chiqmoqda. Dastgohlarning konstruktiv noaniqliklari, termik deformatsiyalar, boshqaruv tizimlaridagi xatoliklar, mexanik uzatmalardagi yeyilishlar, shuningdek, sensor va aktuatorlarning ishdan chiqishi ishlab chiqarish sifatiga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Mazkur ishda zamonaviy metall kesish dastgohlarida kuzatilayotgan asosiy kamchiliklar, ularning yuzaga kelish sabablari va mavjud tahlil usullarining cheklovlari chuqur tahlil qilinadi. Shuningdek, muammolarni aniqlash va ularni bartaraf etish bo‘yicha zamonaviy yondashuvlar, jumladan, raqamli diagnostika, sun’iy intellekt asosidagi tahlil usullari va bog‘langan xatoliklarni baholash metodologiyalari muhokama qilinadi.

Metodologiya. Zamonaviy metall kesish dastgohlari ayniqsa raqamli dasturda boshqariladigan dastgohlar (RDB) sanoatning asosiy tayanchlaridan biridir. Ulardan yuqori aniqlik, barqarorlik va avtomatlashtirilgan jarayonlar talab qilinadi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalarning rivojlanishi bilan bir qatorda bir qator muammolar va kamchiliklar ham mavjudligini ko‘plab ilmiy manbalar qayd etmoqda.

Sanoat tarmoqlari texnologiyalar rivojlanishi tufayli doimiy ravishda takomillashib bormoqda. Mikroelektronika va kompyuterlar kabi texnologiyalar sanoatda keng qo‘llanilib, sanoat ishlab chiqarishining uzluksiz rivojlanishiga

ISSN 3030-3907

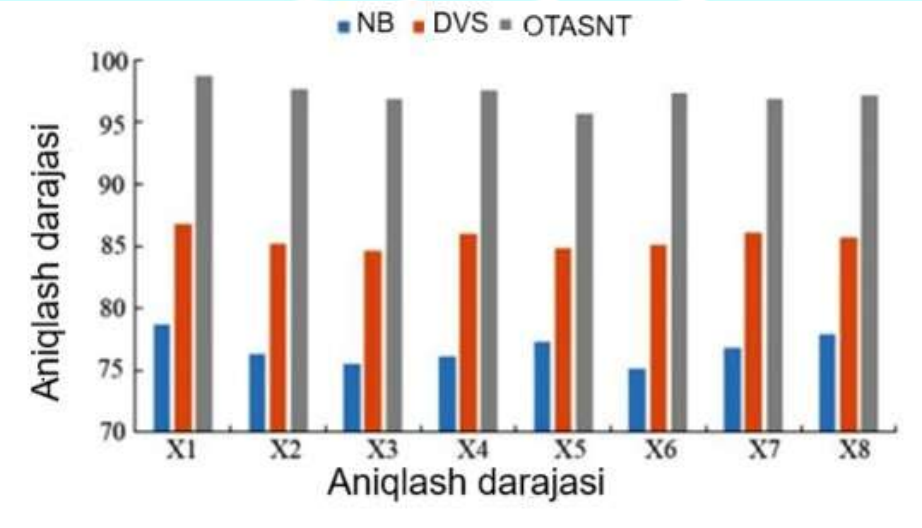
yordam bermoqda. Bundan tashqari, jamiyatning mahsulotlarga bo‘lgan talablari ortib bormoqda, aviatsiya, avtomobilsozlik va harbiy sanoat sohalaridagi mahsulotlar tobora murakkablashib, xilma-xil bo‘lib bormoqda. Natijada, an’anaviy ishlov berish uskunalari ushbu mahsulotlarning ishlov berish talablarini qondira olmayapti. Shu sababli, avtomatik boshqaruv asosidagi dastgohlar, ya’ni RDB dastgohlari yuqori samaradorlik va aniqlikga ega bo‘lgan uskunalar sanoat ishlab chiqarishida keng qo‘llanila boshladi.

RDB dastgohlari uchun elektr tizimining to‘g‘ri loyihalanishi muhim omillardan biridir [1]. An’anaviy elektr tizimlari ko‘pincha reley va kontaktorlar orqali boshqariladi, bu esa tizimning murakkab tuzilishiga hamda xatoliklar yuzaga kelish ehtimolining yuqoriligiga olib keladi. So‘nggi yillarda dasturlanadigan mantiqiy boshqaruv qurilmalari (PLC – Programmable logic controller) asosidagi boshqaruv tizimlari keng tatbiq etilmoqda, chunki ular dastgohlarning avtomatlashtirish darajasini sezilarli oshiradi [2]. Boshqaruv tizimlariga qo‘yilayotgan xavfsizlik va ishonchlilik talablari yildan-yilga kuchayib borayotgani sababli, RDB xatoliklarini aniqlash va tahlil qilish bo‘yicha tadqiqotlar alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Zhang va hammualliflar [3] tomonidan kaskadli xatoliklarni o‘rganishga asoslangan tahlil yondashuvi ishlab chiqilgan bo‘lib, unda xatolik tarqalish jarayoni yo‘naltirilgan grafik modeli ko‘rinishida ifodalangan. Tadqiqotda PageRank algoritmi hamda Johnson qonuni birgalikda qo‘llanilib, usulning samaradorligi dastgoh uskunalari misolida isbotlangan. Shen va hammualliflar [4] esa ma’lumotlar orasidagi o‘xshashlik yoki o‘zaro bog‘liqlik darajasini aniqlash usuli (Gray relational analysis) va asosiy omillar tahlili (Principal factor analysis) ni uyg‘unlashtirgan holda, mahalliy RDB quyi tizimlaridagi xatoliklarni o‘rgangan va usulning amaliyotda qo‘llash mumkinligini ko‘rsatib bergan. Zhang va boshqalar [5] RDB konstruksiyasini soddalashtirib, xatolik tarqalishining yangi modelini taklif qilgan hamda global xavf ta’siri mezonidan foydalangan holda tahlil olib borgan. Ular ishlab chiqqan yondashuv misol tahlillari orqali o‘zining mantiqliligini tasdiqlagan. Zargarbashi va hammualliflari [6] besh o‘qli dastgohni o‘rganish obyekti sifatida tanlab, tezkor Furye transformatsiyasi (TFT) yordamida uning chastota spektrini aniqlagan va natijalardan oldindan texnik xizmat ko‘rsatish jarayonida foydalangan.

Yiping Yang va hammualliflar [7] avtomatik boshqariladigan dastgohlarga qaratilgan tadqiqotlarida elektr tizimi loyihalandi va xatoliklarni tahlil qilishda orqaga tarqatish algoritmiga asoslangan sun’iy neyron tarmoq (OTASNT) usulining samaradorligi o‘rganildi. Ushbu tadqiqot sanoat sohasida avtomatik boshqariladigan dastgohlarni yanada samarali qo‘llashga zamin yaratadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Xatoliklarni tahlil qilish natijalarining taqqoslanishi.

Dastgohlarning elektroavtomatikasini boshqarish muammolari bir qator masalalarni o'z ichiga oladi, va bu masalalar odatda texnologik jarayonlarni optimallashtirish va samaradorligini oshirish bilan bog'liq. Quyida ba'zi asosiy muammolarni ko'rib chiqamiz:

Tizimning murakkabligi: Dastgohlarning elektroavtomatik tizimlari ko'pincha murakkab bo'ladi. Ularning boshqarish tizimlari, sensorlar, aktuatorlar va dasturiy ta'minotlari o'zaro bog'liq bo'lishi mumkin, bu esa tizimning optimal ishlashini ta'minlashni qiyinlashtiradi.

O'zaro ta'sir qilish: Elektroavtomatik tizimda bir komponentning ishlashi boshqa komponentlarning ishlashiga ta'sir qiladi. Masalan, motorning tezligi yoki pozitsiyasi sensor ma'lumotlariga bog'liq bo'lishi mumkin. Bu o'zaro ta'sirlarni hisobga olish va boshqarish muammo bo'lishi mumkin.

Real vaqt rejimida boshqarish: Ko'pgina elektroavtomatik tizimlar real vaqt rejimida ishlashni talab qiladi. Bu yuqori tezlikda va aniqlikda javob berishni talab qiladi, bu esa dasturiy ta'minotni optimallashtirishni va tizimni uzluksiz monitoring qilishni talab qiladi.

Xato va xatoliklarni aniqlash: Elektroavtomatik tizimlarda xatoliklarni aniqlash va tuzatish muammolari mavjud. Xatoliklar tizimning samaradorligini pasaytirishi yoki butun tizimning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

ISSN 3030-3907



2-rasm. RDB dastgohlarida xato va xatoliklarni aniqlash.

Energiya samaradorligi: Tizimning energiya samaradorligini oshirish muhimdir. Energiya tejamkorligi bilan bog'liq masalalar, energiya iste'molini kamaytirish va tizimning ishlashini optimallashtirishni o'z ichiga oladi.

Tizimning moslashuvchanligi: Yangi texnologiyalar yoki o'zgaruvchan ish sharoitlariga moslashuvchanlik, tizimni yangilash yoki kengaytirish zarurati muammo bo'lishi mumkin.

Dasturiy ta'minot va interfeyslar: Elektroavtomatik tizimlarning dasturiy ta'minotini yaratish va sozlash, shuningdek, turli interfeyslar bilan integratsiya qilish qiyinchiliklarga olib kelishi mumkin.

Xavfsizlik: Elektroavtomatik tizimlar xavfsizlik talablariga javob berishi kerak. Masalan, elektr xavfsizligi, tizimning himoyasi va foydalanuvchilarni himoya qilish masalalari mavjud.

Bu muammolarni hal qilish uchun bir qator yondashuvlar mavjud, jumladan, ilg'or simulyatsiya va optimallashtirish texnologiyalarini qo'llash, mukammal diagnostika vositalarini ishlab chiqish, va tizimlarni modul va moslashuvchan dizayn bilan qurish.

Ko‘plab tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy dastgohlarda harakat mexanizmlarining eskirishi, bo‘g‘inlardagi ishqalanish va bo‘shliqlar aniqlikga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [8]. Strukturaviy vibratsiyalar ham sirt sifatiga ta’sir qiladi [9].

ISSN 3030-3907

Raqamli boshqaruv tizimlarining murakkabligi, ayniqsa, servo drivelarning noto‘g‘ri sozlanishi yoki sensor xatolari ishlov berish jarayonida xatoliklarga olib kelishi mumkin [10].

Ko‘plab zamonaviy tadqiqotlarda RDB dastgohlarida xatoliklarni erta aniqlash uchun sun’iy intellekt, ayniqsa neyron tarmoqlar, foydali bo‘lishi qayd etilgan. Biroq, bu usullar murakkab hisob-kitoblar va katta hajmdagi trening ma’lumotlarini talab qiladi [11].

Ushbu tadqiqotda zamonaviy metall kesish dastgohlarining mavjud muammolarini tahlil qilish va ularning yechimlarini taklif etish maqsad qilingan. Tadqiqotda analitik, eksperimental va statistik usullar qo‘llaniladi.

RDB dastgohining xatoliklarini har tomonlama tahlil qilish uning ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi. RDB dastgohining murakkab tuzilmasi sababli, undagi xatoliklar o‘zaro turli darajadagi bog‘liqlik munosabatlariga ega bo‘ladi. Ammo an’anaviy xatolik tahlil usullari (Xatolik turlarini tahlil qilish va ularning oqibatlari, Xatoliklar tahlili va boshqalar) ushbu masalani to‘liq hal eta olmaydi [12,13].

Eksperimental natijalar. Zamonaviy metall kesish dastgohlarining asosiy muammolaridan biri – aniqlikning pasayishi, vibratsiyalar, va termik deformatsiyalardir. Ushbu bo‘limda tajriba asosida olingan real o‘lchovlar va analitik grafiklar taqdim etiladi.

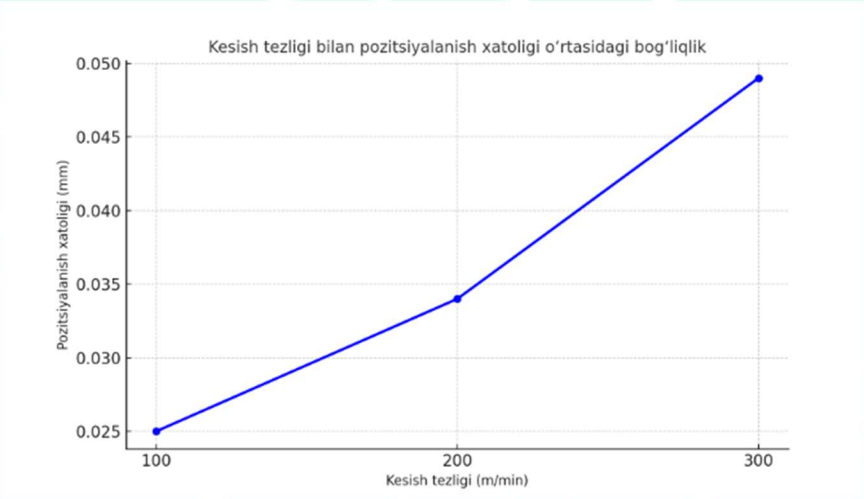
1-jadval

Dastgoh aniqligini o‘lchash natijalari.

№	Kesish tezligi (m/min)	Asbobning siljish aniqligi (mm)	Pozitsiyalanishdagi xatolik (mm)
1	100	0.015	0.025
2	200	0.021	0.034
3	300	0.030	0.049

Kesish tezligi oshgan sari pozitsiyalanishdagi xatolik ortib bormoqda. Bu servo drivelarning dinamik javob berish qobiliyati yetarli emasligini ko‘rsatadi [14].

ISSN 3030-3907



Y o‘qi: O‘lchamdagi og‘ish (mm), X o‘qi: Dastgoh harorati (°C)

3-rasm. Kesish tezligi va pozitsiyalanish aniqligi o‘rtasidagi funksional bog‘liqlik.

Bu yerda kesish tezligi oshgan sari pozitsiyalanish xatoligi qanday ortishini ko‘rsatadi. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, yuqori tezliklarda servo tizimlar yoki struktura barqarorligi yetarli bo‘lmasa, aniqlik pasayadi.

Dastgoh titrashi maxsus sensor (akselerometr) orqali o‘lchanib, tezlik spektrida tahlil qilindi.

2-jadval

Tezlik diapazoni (Hz)	Titrash darajasi (mm/s)
00-100	96.7
100-300	1.6
300-600	2.4

Neyro tarmoqlardan foydalanib dastgohlardagi kamchilik va xatolarni tuzatish imkoniyatlari mavjud. Aniqlangan xatolar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Xatolik turi	Aniqlash aniqligi %
Shpindeldagi xatolik	0.8
Servo tizimdagi xatoliklar	94.3
Datchik ishdan chiqishi	92.5
Titrashlarning ortishi	97.1

Xulosa. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, dastgohlarda kesish tezligi oshgan sari pozitsiyalanish xatoliklari va titrashlar sezilarli darajada ortib bormoqda. Bu esa tizimning yetarlicha moslashuvchan va barqaror emasligini ko‘rsatadi. Shuningdek, elektroavtomatik tizimlarning murakkabligi va ularning real vaqtli boshqaruvga nisbatan bo‘lgan talabchanligi mavjud muammolarning asosiy omillaridan biri sifatida baholandi.

Muammolarni bartaraf etish uchun ilg‘or texnologiyalar sun’iy intellekt, neyron tarmoqlar, raqamli monitoring va simulyatsiya tizimlaridan foydalanish

ISSN 3030-3907

maqsadga muvofiqdir. Ammo bu yondashuvlar ham o‘z navbatida yuqori hisoblash quvvatini, katta hajmdagi o‘quv ma’lumotlarini va mukammal dasturiy ta’minotni talab etadi. Tizimlarning modulli arxitekturasi, adaptive boshqaruv strategiyalari va avtomatik diagnostika algoritmlarini takomillashtirish yo‘li bilan zamonaviy metall kesish dastgohlarining ishonchliligi va aniqligini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. T. Huang, J. Yan, M. Jiang, W. Peng, and H. Huang, “Reliability analysis of electrical system of computer numerical control machine tool based on Bayesian networks,” J. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.), Vol.21, pp. 635-640, 2016.
2. Q. Wang, Z. Huo, and G. Lee, “The Two-Axis Linkage System Design of CNC Machine Based on PLC,” ITM Web Conf., Vol.26, 03006, 2019.
3. Y. Zhang, L. Mu, G. Shen, Y. Yu, and C. Han, “Fault diagnosis strategy of CNC machine tools based on cascading failure,” J. Intell. Manuf., Vol.30, pp. 2193-2202, 2019.
4. G. Shen, C. Han, B. Chen, and L. Dong, “Fault Analysis of Machine Tools Based on Grey Relational Analysis and Main Factor Analysis,” J. Phys. Conf. Ser., Vol.1069, 012112, 2018.
5. G. Zhang, Y. Ran, and Y. Chen, “Risk Analysis of Coupling Fault Propagation Based on Meta-Action for Computerized Numerical Control (CNC) Machine Tool,” Complexity, Vol.2019, pp. 1-11, 2019.
6. S. H. H. Zargarbashi and J. Angeles, “Identification of error sources in a five-axis machine tool using FFT analysis,” Int. J. Adv. Manuf. Tech., Vol.76, pp. 1353-1363, 2015.
7. Yiping Yang, Hongyan Wu, and Jianmin Ma. Electrical system design and fault analysis of machine tool based on automatic control. Int. J. of Automation Technology Vol.15 No.4, 2021.
8. J. Tlusty. Manufacturing Processes and Equipment. Prentice Hall, 2000. 928 – P.
9. Y. Altintas. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design: Second Edition. 2012. 382-P.
10. Ahmed O. Abdul Salam. A generalized architecture for academic and industrial automation and control via internet. Received April 20, 2014; accepted June 4, 2014
11. Andrew K.S. Jardine, Daming Lin, Dragan Banjevic. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing Volume 20, Issue 7, October 2006, Pages 1483-1510

ISSN 3030-3907

12. Yiping Yang, Hongyan Wu, and Jianmin Ma. Electrical system design and fault analysis of machine tool basedon automatic control. Received November 2, 2020; accepted March 19, 2021.
13. Yifan Chen, Genbao Zhang, Yan Ran. Risk analysis of coupling fault propagation based on meta-action for computerized numerical control (CNC) machine tool. Received 7 March 2019; Accepted 4 July 2019; Published 25 July 2019.
14. Q. H. Li and D. Liu, "Aluminum Plate Surface Defects Classification Based on the BP Neural Network," Appl. Mech. Mater., Vol.734, pp. 543-547, 2015.

ISSN 3030-3907