

## Zamonaviy ishlab chiqarishda aniqlik, tezlik va avtomatlashtirishga bo‘lgan ehtiyoj

**Dot: M.M.Mirxaydarov, Magistr: J.A.Atabayev**

**Возрастающая потребность в точности, скорости и автоматизации в современных производственных процессах**

**Дот: М.М.Мирхайдаров, Магистр: Ж.А.Атабаев**

**The growing demand for precision, speed, and automation in contemporary manufacturing processes.**

**Dots: M.M. Mirkhaidarov, Master: J.A.Atabaev**

**Annotatsiya:** XXI asrda sanoat ishlab chiqarish tizimlari global raqobat sharoitida yuqori samaradorlik, mahsulot sifati va moslashuvchanlikni ta'minlashga intilmoqda. Bu holat o‘z navbatida ishlab chiqarish jarayonlarida aniqlik, tezlik va avtomatlashtirish darajasini oshirishni strategik zaruratga aylantirgan.

**Aniqlik** – bu nafaqat mahsulotning texnik chizmaga muvofiq bo‘lishi, balki resurslar tejalishi, chiqindilarning kamayishi va mijozlar talabini to‘liq qondirish kafolatidir. Ayniqsa, mikron darajasidagi aniqlik talab qilinadigan tibbiyot, aerokosmik, mikroelektronika kabi sohalarda bu omil alohida ahamiyat kasb etadi.

**Tezlik** esa ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biridir. Raqobat kuchayib borayotgan davrda korxonalar buyurtmalarni tez, sifatli va arzon narxda yetkazib berishga intiladi. Bu esa tezkor ishlov berish usullarini (shu jumladan, lazer texnologiyalarini) talab etadi.

**Avtomatlashtirish** bugungi kunda ishlab chiqarishning ajralmas qismiga aylangan. Sensorlar, dasturlanadigan boshqaruv tizimlari (PLC), robototexnika va sun‘iy intellekt yordamida ishlaydigan tizimlar tufayli inson ishtiroki minimal darajagacha qisqarib, doimiy va barqaror ishlab chiqarish amalga oshirilmoqda.

Ayniqsa, zamonaviy **lazer stanoklari** yuqoridagi barcha ehtiyojlarni qondira oladigan ilg‘or texnologiyalardan biridir. Ular yuqori aniqlikda materialni kesish, gravirovka qilish, markirovka yoki teshish jarayonlarini inson aralashuvisiz, tez va energiya samarali tarzda amalga oshiradi. Shu sababli lazer texnologiyalariga asoslangan avtomatlashtirilgan tizimlar bugungi sanoat rivojining muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida e‘tirof etiladi. Ular nafaqat ishlab chiqarish jarayonini soddalashtiradi, balki mahsulot sifatini ham tubdan oshiradi.



Keling endi ushbu maqolada Aniqlikka e'tiboringizni tortsam, Zamonaviy ishlab chiqarishda aniqlik, tezlik va avtomatlashtirishga bo'lgan talab kundan-kunga ortib bormoqda. Ayniqsa, lazer texnologiyasiga asoslangan stanoklar turli sanoat tarmoqlarida kesish, gravirovka, markirovka va burg'ulash kabi nozik operatsiyalarni bajarishda keng qo'llanilmoqda. Ushbu uskunalarning samaradorligi ko'p jihatdan ularni harakatga keltiruvchi elektr yuritmaga bog'liq. Shu boisdan lazer stanoklarda ishlatiladigan motor turlarini to'g'ri tanlash muhim texnologik qarorlardan biri hisoblanadi.

**Аннотация:** В XXI веке промышленные производственные системы стремятся обеспечить высокую эффективность, качество продукции и гибкость в условиях глобальной конкуренции. Это, в свою очередь, делает повышение точности, скорости и уровня автоматизации в производственных процессах стратегической необходимостью.

Точность — это не только соответствие продукции техническим чертежам, но и экономия ресурсов, снижение отходов и полное удовлетворение требований клиентов. Особенно важен этот фактор в таких отраслях, как медицина, аэрокосмическая промышленность и микроэлектроника, где требуется точность на микронном уровне.

Скорость является одним из ключевых показателей эффективности производства. В условиях растущей конкуренции предприятия стремятся выполнять заказы быстро, качественно и по доступной цене. Это требует использования высокоскоростных методов обработки, включая лазерные технологии.

Автоматизация сегодня стала неотъемлемой частью производства. Благодаря системам, работающим с использованием датчиков, программируемых логических контроллеров (ПЛК), робототехники и искусственного интеллекта, участие человека сводится к минимуму, обеспечивая непрерывное и стабильное производство.

Современные лазерные станки особенно выделяются среди передовых технологий, способных удовлетворить все вышеуказанные требования. Они обеспечивают высокоточную резку, гравировку, маркировку и сверление материалов быстро, эффективно и без участия человека. Поэтому автоматизированные системы, основанные на лазерных технологиях, признаны одним из ключевых направлений развития современной

промышленности. Они не только упрощают производственные процессы, но и значительно улучшают качество продукции.

Теперь обратим внимание на **точность** в данной статье. Спрос на точность, скорость и автоматизацию в современном производстве неуклонно растет. Особенно активно лазерные станки используются в различных отраслях промышленности для выполнения точных операций, таких как резка, гравировка, маркировка и сверление. Эффективность этих установок во многом зависит от электропривода, который их приводит в движение. Поэтому правильный выбор типа двигателя, используемого в лазерных станках, является одним из важнейших технологических решений.

**Abstract:** In the 21st century, industrial production systems are striving to ensure high efficiency, product quality, and flexibility in the context of global competition. This, in turn, has made the enhancement of accuracy, speed, and automation in production processes a strategic necessity.

Accuracy is not only about ensuring compliance with technical drawings but also about resource savings, waste reduction, and meeting customer demands in full. This factor is particularly critical in fields that require micron-level precision, such as medicine, aerospace, and microelectronics.

Speed is one of the key indicators of production efficiency. In a time of increasing competition, enterprises aim to deliver orders quickly, with high quality, and at low cost. This necessitates the use of rapid processing methods, including laser technologies.

Automation has become an integral part of modern manufacturing. Thanks to systems that operate with sensors, programmable logic controllers (PLCs), robotics, and artificial intelligence, human involvement is minimized, enabling continuous and stable production.

Modern laser machines, in particular, are among the most advanced technologies capable of meeting all these demands. They allow for high-precision cutting, engraving, marking, and drilling processes to be performed quickly, efficiently, and without human intervention. As such, automated systems based on laser technologies are recognized as one of the key directions in today's industrial development. These systems not only simplify production processes but also significantly enhance product quality.



Let us now focus on **precision** in this article. The demand for accuracy, speed, and automation in modern manufacturing is increasing day by day. In particular, laser-based machines are widely used across various industrial sectors to perform delicate operations such as cutting, engraving, marking, and drilling. The efficiency of these machines largely depends on the electric drive that powers them. Therefore, choosing the right type of motor used in laser machines is considered one of the most important technological decisions.

**Kirish.** Hozirgi kunda lazer stanoklarda eng ko‘p ishlatiladigan ikki turdagi harakatlantiruvchi qurilmalar bu — **step motorlar** va **servo motorlardir**. Har ikkala motor turi ham o‘ziga xos afzallik va cheklovlarga ega bo‘lib, ular ma‘lum sharoit va vazifalar uchun mos keladi. Ushbu maqolada biz ushbu ikki turdagi motorlarni texnik va amaliy jihatdan solishtirib, ayniqsa aniqlik, silliqlik va ishonchlik masalasiga alohida e‘tibor qaratamiz.



Step motorlar — bu harakatni ma‘lum qadamlar bilan amalga oshiradigan elektromexanik qurilmalar bo‘lib, odatda ochiq konturli boshqaruvga ega. Bu motorlar tuzilishining soddaligi va arzonligi bilan ajralib turadi. Lazer stanoklarda bu turdagi motorlar oddiy gravirovka ishlari, o‘quv yoki tajriba loyihalarida keng qo‘llaniladi. Biroq, yuqori tezlikda ishlaganda step motorlarning aniqligi kamayadi, qadamlar o‘tkazib yuborilishi mumkin, shuningdek, harakat silliqligi ham yetarli darajada emas.

Buning aksiga, servo motorlar yopiq konturli tizimga ega bo‘lib, encoderlar yordamida real vaqt rejimida holatni kuzatadi va aniqlik bilan boshqariladi. Servo motorlar yuqori aniqlik, silliq harakat va barqaror moment bilan ajralib turadi. Ular ayniqsa professional sanoat tizimlarida, yuqori tezlik va ishonchlik talab qilinadigan lazer kesish uskunalarida ishlatiladi.



**Asosiy qism.** Lazerni dastgohlarda odatda step motorlar (qadamli motorlar) qo‘llaniladi, chunki ular nisbatan arzon, sodda boshqariladigan va aniq qadamli harakatni ta‘minlaydi. Biroq, yuqori aniqlik, silliq harakatlanish va tezkor ishlash talab etiladigan vaziyatlarda step motorlar yetarli bo‘lmay qoladi. Shu sababli, ularni servo motorlar bilan almashtirish texnologik va funksional jihatdan maqbul yechim hisoblanadi.

Servo motorlar joylashuv, tezlik va momentni aniq boshqarish imkonini beradi. Ular qayta aloqaga ega bo‘lgan tizimlar asosida ishlaydi, bu esa real vaqt rejimida harakatni nazorat qilishga imkon yaratadi. Aynan shu afzalliklar sababli, servo motorlar bilan jihozlangan lazer stanoklar yuqori aniqlik, barqarorlik va samaradorlikni ta‘minlaydi.

Ushbu maqolada step motorning servo motor bilan almashtirilishi natijasida quyidagi texnik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi tahlil qilinadi:

- Harakat aniqligi va takroriylik darajasi
- Ishlash tezligi va ish jarayonining silliqdigi
- Energiya sarfi va samaradorlik
- Dasturlash va boshqaruv tizimidagi farqlar

Shuningdek, servo motor o‘rnatish jarayoni, kerakli o‘zgartirishlar (mexanik va dasturiy) va ularning umumiy tizimga ta‘siri haqida ham batafsil ma‘lumot beriladi.

**Usullar.** Ushbu tadqiqotda lazer dastgohidagi step motorni servo motor bilan almashtirishning texnologik jihatlari, o‘rnatish jarayoni, va har ikki motorning samaradorligini solishtirish usullari o‘rganildi. Quyidagi bosqichlar asosida ish olib borildi:

1. Dastlabki tizim tahlili: Lazer stanokning mavjud konfiguratsiyasi, step motorning texnik ko‘rsatkichlari (moment, qadam burchagi, kuchlanish, ishlash chastotasi) o‘rganildi.

Qadam burchagi — step motor bir qadam bajaranda aylanish o‘qi necha gradusga burilishini bildiradi:

$$\theta = \frac{360^\circ}{N}$$

2. Ishlash chastotasi (Stepping frequency)

Ishlash chastotasi step motorning bir soniyada necha qadam bajarishini bildiradi.

$$f = \frac{n \cdot N}{60}$$

### 3. Aylanish momenti (Torque)

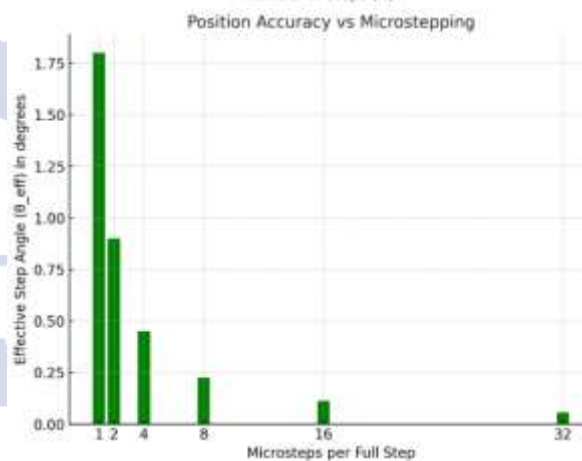
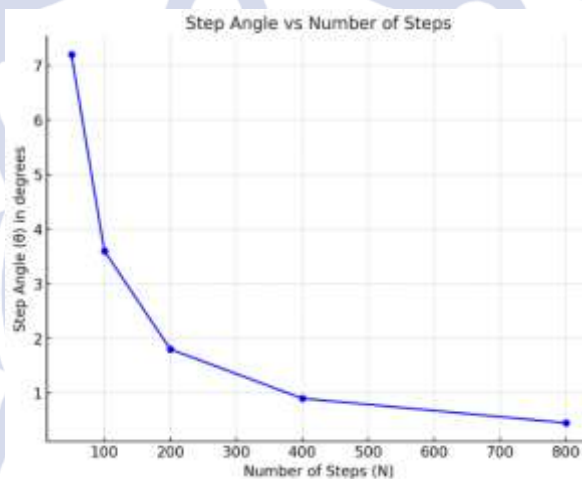
Step motorning statik momenti odatda ishlab chiqaruvchidan olinadi, lekin umumiy mexanik formulasi:

$$T = F \cdot r$$

### 4. Quvvat (Power)

Agar aylanish momenti va burchak tezligi ma'lum bo'lsa, step motorning mexanik quvvati:

$$P = T \cdot \omega$$



- (a) **Step Angle (θ) va Number of Steps (N) o'rtasidagi bog'lanish (b) Position Accuracy (θ\_eff) va Microstepping o'rtasidagi bog'lanish.**



Ko'rib turganingizdek (a) rasmda **Grafik 1**: Number of steps (N) oshgan sari, step angle ( $\theta$ ) kichrayadi. (b) rasmda **Grafik 2**: Microstepping soni ortgan sari, pozitsiya aniqligi ( $\theta_{eff}$ ) yaxshilanadi, ya'ni har bir qadamning burchagi kichrayadi.

Bu grafiklar yordamida **step motorning ishlash xususiyatlarini** yaxshiroq tushunish mumkin.

### **Xulosa**

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, ushbu maqolada lazer stanogining harakat tizimida step motorni servo motorga ishlab bo'yicha olib borilgan ishlar va hujjat ko'rib chiqildi. ilgarigi lazer bosqichida mavjud step motorlarning texnik ko'rsatkichlari va stanogining ishlashi o'rganildi. Shundan so'ng, servo motorlarni sozlash, ularni o'rnatish va boshqarish sozlash bo'yicha zaruriy texnik ishlar amalga oshirildi.

Olib borilgan modernizatsiya qilish muhim yutuqlarga erishildi:

- Pozitsiyalash aniqligi darajada oshirildi. Yopiq kontur boshqaruv tizimi tufayli harakatning aniqligi ta'minlandi va qadam tashlab ketishdan bartaraf etildi. Bu esa, o'z nazorati, berilgan detallarning sifatini yaxshilashga olib keldi.
- Ishlov berib oshirildi. Servo motorlarning yuqori moment va tezlikni oshirish ta'minlash stanokning unumdorligini oshirdi va bir vaqt ichida ko'proq mahsulot ishlab chiqarishni beradi.
- Tebranish va shovqin kamaydi. Ularning harakati va Servo boshqaruvi optimal motor harakat mexanik tebranishlar va harorat pasaydi, bu esa ish muhitini yaxshilaydi.
- Energiya oshirildi. Servo motorlarning ozgina energiya quvvati va qizishi stanokning umumiy energiya energiyasini kamaytirdi va undan ishonchliligini oshirdi.

Umuman olganda, lazer stanogida step motorni servo motorga harakat bo'yicha amalga oshirilgan ishlar o'zining ishlab chiqarishni ko'rsatadi. Erishilgan yutuqlar stanokning texnikni davolashdi, uning unumdorligini oshirdi va xizmat ko'rsatish sifatini yaxshiladi. Ush tajriba ko'rish, to'g'ri tekshirish va o'rganish servo motorlar lazer texnologiyalari shuni ta'minlashga yordam beradi.\

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Bose B. K. Modern power electronics and ac drive. // Bimal Bose - 2001. - 710 с.
2. Глазырин А.С. Бездатчиковое управление асинхронным электроприводом с синергетическим регулятором // Известия Томского политехнического университета. - Т. 321. № 4, 2012. С. 107-111.
3. А.А.Хашимов. М.М.Мирхайдаров. Электр юритма асослари. Дарслик. - Тошкент - 2021, 357с.
4. М.М.Мирхайдаров. Электрмеханик тизимларнинг аппаратлари, элементлари ва узгартгич техникаси. 1-қисм. Дарслик. -Тошкент - 2022, 223б.
5. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов. К.: ИД «Профессионал», 2004. 304 с.
6. Зюзев А.М., Нестеров К.Е. К построению бездатчикового электропривода системы ТПН – АД // Электротехника. - № 9, 2005, С. 38-41.
7. Браславский И.Я., Костылев А.В., Мезеушева Д.В. Цифровое прогнозирующее управление с использованием нейронных предсказателей // Электротехника. - № 11, 2007, С. 43-47.
8. Application of numerical optimization methods for solving the problems of researching the reliability of electric drives control. Murot Tulyaganov, Mirabid Mirkhaydarov, Shokhrukh Atajiev, et al. Cite as: AIP Conference Proceedings 2552, 040013 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0111953> Published Online: 05 January 2023.
9. Устройство плавного пуска SIRIUS 3RW30/3RW40 // справочник по аппарату 10/2010 URL: [www.siemens-files.com/1351171684\\_manual\\_sirius\\_softstarter\\_ru-ru.pdf](http://www.siemens-files.com/1351171684_manual_sirius_softstarter_ru-ru.pdf) (дата обращения: 10.07.2014).
10. Устройство плавного пуска PSR, PSS и PSTB: технический каталог. URL: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ac41faca923829e0c1257ce40047a4a8/\\$file/25137\\_abb\\_upp\\_2.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ac41faca923829e0c1257ce40047a4a8/$file/25137_abb_upp_2.pdf) (дата обращения: 10.07.2014).
11. Timoshkin V., Glazyrin A., Kozlova L. Reasoning of the use of TVR-IM electric drives of closed-loop type by the angular velocity observer for solving technological problems // Applied Mechanics and Materials Vol. 698 (2015) pp. 131-135.
12. Евсиков, А.А. Автоматизированный электропривод с частотным управлением : учебное пособие / А.А. Евсиков, В. А. Коковин, А. П. Леонов. — Дубна : Гос. ун-т «Дубна», 2020.