



ÓBUDAI EGYETEM
KANDÓ KÁLMÁN
VILLAMOSMÉRNÖKI KAR



MŰSZERTECHNIKAI ÉS
AUTOMATIZÁLÁSI INTÉZET

Projektmunka I.

Mérésautomatizálás delta robottal

OE-KVK
2024. október 26.

Hallgató neve:
Neptun kód:

Széles Péter
YYHITZ

Tartalomjegyzék

1. Specifikáció	2
2. Irodalomkutatás	3
2.1. Léptetőmotor pozicionálás	3
2.2. Effektor mozgásának útja	6
2.3. Inverz kinematika	7
2.4. Robot mozgástere	7
3. Logikai rendszerterv	8
4. Ütemterv	9
5. Fizikai rendszerterv	10
6. Költségterv, beszerzési lista	11
7. Eszközök ismertetése	12
8. Szoftver tervek	13
9. Megvalósítás	14
10. Működés ismertetése	15
11. Tesztelés	16
12. Tesztelés eredményeinek értékelése	17
13. Fejlesztési lehetőségek	18
14. Hivatkozások	19

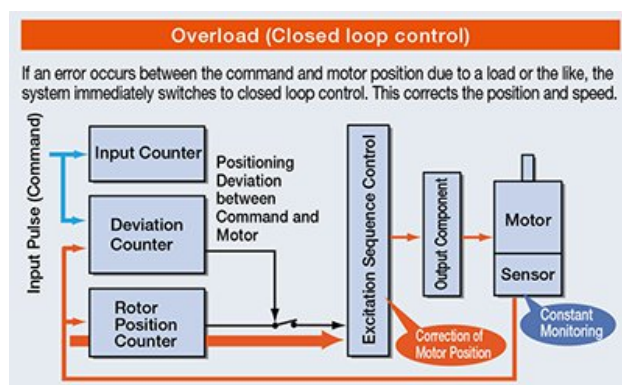
1. Specifikáció

Dolgozatomban egy delta robottal megvalósított, úgynvezett "Flying probe" automata áramkör mérőrendszert szeretnék megvalósítani. A nyomtatott áramköröm meglévő mérési pontokat kamera segítségével azonosítom, és a mérőtűskét a delta robot helyezi pozícióba legalább $\pm 1\text{mm}$ pontossággal. A mérést automatikusan digitális műszer segítségével végződik. A digitális műszerrel és a robotkarral egy számítógép vezérelné, ami a mérési eredményeket is tárolná és visszajelezné.

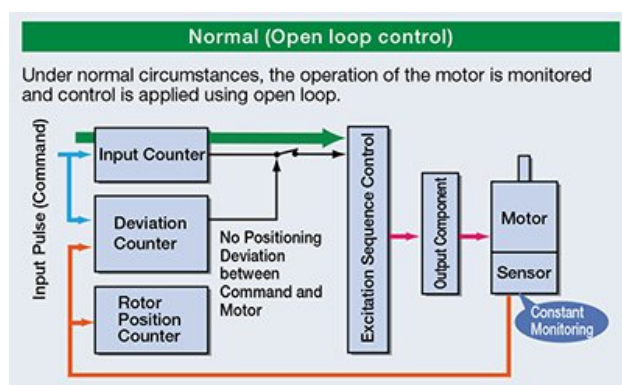
2. Irodalomkutatás

2.1. Léptetőmotor pozicionálás

Léptetőmotor pozicionálása történhet vezrléssel, vagy szabályozással. Vezrlés előnye hogy mevalósítása egyszerűbb és olcsóbb, ha a rendszer mozgatásához szükséges nyomaték, soha nem haldja meg a léptetőmotor által képes ladott nyomaték nagyságát, ez a módszer hosszú távon pontos pozicionálást tud lehetővé tenni. Olyan rendszerekben ahol a rendszer mozgatásához szükséges nyomaték gyorsan, vagy előre meg nem jósolható módon megváltozhat, a léptető motor lépést téveszthet, így ott visszacsatolást kell bevezetni. Ez a visszacsatolás történhet a motor tengelypozíciójának mérésével, vagy a motor tekercsein folyó áram mérésével.^[1]



1. ábra. Lecserélni saját képre!



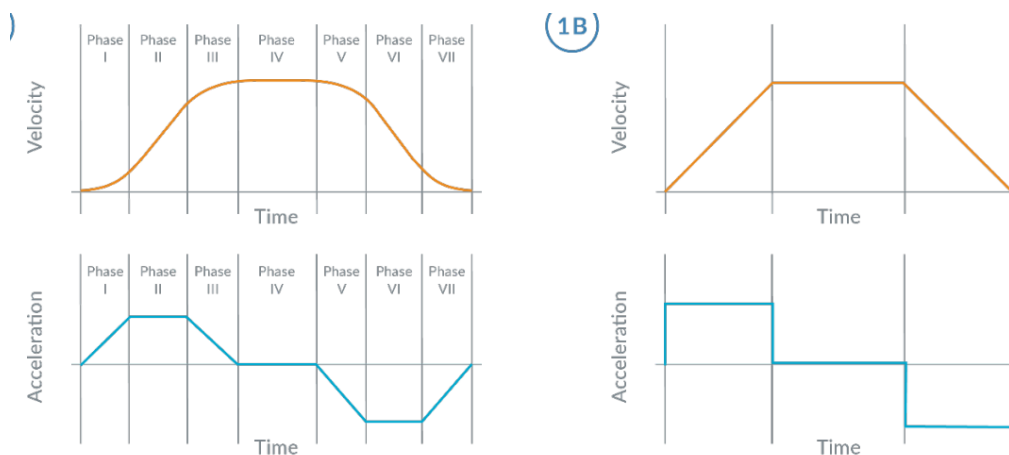
2. ábra. Lecserélni saját képre!

Nyíthurkú működés során a megtett lépések számolásával határozzuk meg a pozíciókat. A kezdeti pozíciót a rendszer újraindításakor meg kell adni. Ez történhet kézzel ismert pozícióba mozgatással, történhet végálláskapcsolókkal vagy motoráram mérésen alapuló "homeing"-al. A motor számított, és enkóderrel mért valós pozícióját adott időközönként összehasonlítjuk. Amint a várt és valós érték közt egy lépésnél nagyobb eltérést mérünk átkapcsolunk szabázáson alapuló irányításra. Amint a pozíció megegyezik a kívántal visszakapcsolunk vezérelt működésre és újraparkoljuk az útvonalat a jelenlegi pozíciótól.

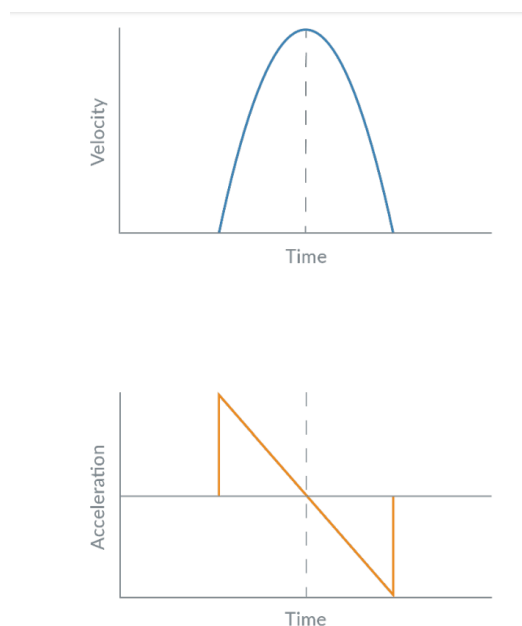
Léptetőmotor lépéstévesztésének lehetséges okai:

- Motor indításakor a vezérlő frekvencia túl nagy.
- A motor saját rezonanciafrekvenciájához közeli vezérlőfrekvenciával vezéreljük.
- Maximális vezérlőfrekvencia túl nagy.
- Külső hatás.

Az első három ok orvosolható megfelelő gyorsulási rámpák implementálásával. Külső hatások ellen csak a motor nyomatékának növelésével tudunk védekezni.^[2] A gyorsulási rámpa lehet Trapéz("Trapezoidal"), S-görbe("S-curve") vagy parabola(sebesség) jellegű.



3. ábra. Lecserélni saját képre!



4. ábra. Lecserélni saját képre!

Trapéz görbe matematikai leírása:

$$s_t = s_0 + v_0 T + \frac{1}{2} a t^2$$

$$V_t = V_0 + a t$$

s_0 : kezdő pozíció.

V_0 : kezdő sebesség.

s_t : pillanatnyi pozíció.

v_t : pillanatnyi sebesség.

a : állandó gyorsulás.

t : eltelt idő.

S-görbe és Parabola görbe matematikai leírása:

$$s_t = s_0 + v_0 T + \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} j t^3$$

$$V_t = V_0 + a_0 t + \frac{1}{2} j t^2$$

$$a_t = a_0 + jt$$

s_0 : kezdő pozíció.

V_0 : kezdő sebesség.

a_0 : kezdő gyorsulás.

s_t : pillanatnyi pozíció.

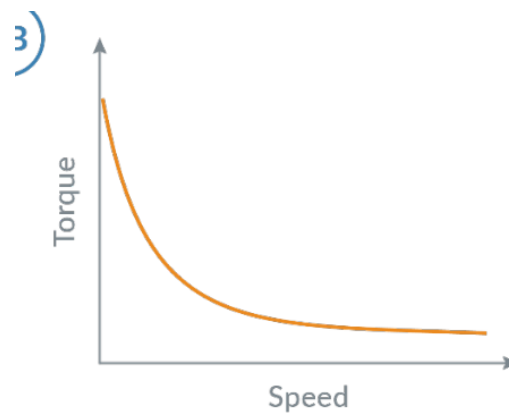
v_t : pillanatnyi sebesség.

a_t : pillanatnyi gyorsulás.

j : állandó rándulás(a gyorsulás idő szerinti deriváltja).

t : eltelt idő.

Trapéz gyorsulási karakterisztika megvalósítása a legegyszerűbb. S-görbe gyorsulási karakterisztika használata lecsökkenti a rendszerben keletkező negyfrekvenciás rezgések energiáját, ez járhat jorsabb beállási idővel. Ahogy az alábbi léptetőmotor sebesség/nyomaték görbéjén látható, a motor által leadni képes nyomaték a sebesség növekedésével jelentősen lecsökken, így érdemes a gyorsulást sebesség növekedésével arányosan csökkenteni. Ezt valósítja meg a parabola sebesség görbe.^[3]

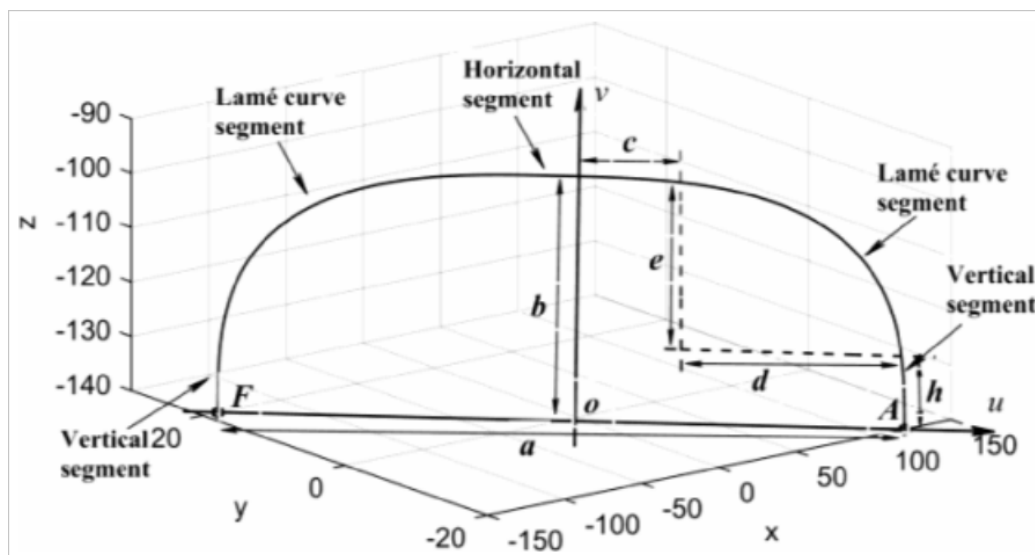


5. ábra. Lecserélni saját képre!

2.2. Effektor mozgásának útja

Az effektor útjának tervezésekor célunk hogy az asztal egy pontjáról kiindulva az asztalon található objektumok felett kellő magasságban elhaladjom. Mindezt a leggyorsabban, minimális energiabevittel, és lehető legkevesebb nemkívánt rezgések gerjesztésével tegye. Erre a problémára

egy kielégítő megoldás ha úgynevezett "Lamé" görbék mentén végezzük az effektor mozgását^{[4][5]}



6. ábra. Lecserélni saját képre!

2.3. Inverz kinematika

2.4. Robot mozgástere

4. Ütemterv

Oktatási hét	Feladatok	Elvégzett feladat
1	Megbeszélés, tájékoztató	
2	Specifikáció kidolgozása	Megbeszélés, tájékoztató
3	Specifikáció kidolgozása	
4	Specifikáció kidolgozása	Specifikáció kidolgozása
5	Ütemterv kidolgozása	Ütemterv kidolgozása
6	Irodalomkutatás	Irodalomkutatás
7	Félévközi projektbemutató	Irodalomkutatás
8		
9		
10		
11		
12		
13	Projektbemutató	
14	Projektbemutató pótlás	

5. Fizikai rendszerterv

6. Költségterv, beszerzési lista

7. Eszközök ismertetése

8. Szoftver terv

9. Megvalósítás

10. Működés ismertetése

11. Tesztelés

12. Tesztelés eredményeinek értékelése

13. Fejlesztési lehetőségek

14. Hivatkozások

- [1] Stănică Dorin-Mirel; Ioan Lita; Mihai Oproescu *Comparative analysis of stepper motors in open loop and closed loop used in nuclear engineering*, 2017
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/8259924>)
- [2] FAULHABER *How to recognize and prevent step losses with stepper motors*, DR. FRITZ FAULHABER GMBH CO. KG
(<https://cdn.faulhaber.com/media/DAM/Documents/Tutorials/faulhaber-tutorial-stepper-motor-step-loss-prevention.pdf>)
- [3] Chuck Lewin *Mathematics of Motion Control Profiles* , Performance Motion Devices, Inc.
(<http://www.pmdcorp.com/>)
- [4] Zhiwei Chen; Shixu Xu; Jingwen Wu; Yanlong Geng *The simulation study of optimization of pick-and-place route for delta robot based on lame curves* , 2018
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/8407178>)
- [5] Weidi Chen; Honggen Fang; Yang Yang; Wensong He *Optimal Trajectory Planning for Delta Robot Based on Three-Parameter Lamé Curve* , 2017
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/8328303>)

Ábrák jegyzéke

1.	Lecserélni saját képre!	3
2.	Lecserélni saját képre!	3
3.	Lecserélni saját képre!	4
4.	Lecserélni saját képre!	5
5.	Lecserélni saját képre!	6
6.	Lecserélni saját képre!	7
7.	Teljes rendszer terve	8
8.	Delta robot rendszerterve	8