

SZAKDOLGOZAT

Papasvili Georgij

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Ipari gépek biztonsága szakmérnök Szak

**Kollmorgen DEMO szervo rendszer gépbiztonsági szabványok-
nak megfelelő alakítása**

Belső konzulens:	Erdélyi Viktor Ferenc Egyetemi tanársegéd
Külső konzulens:	Vízkeleti Róbert Gépészmérnök, Ügyvezető Igazgató, Bibus Kft
Készítette:	Papasvili Georgij BEJOWT Levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki intézet Mechatronikai Tanszék

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET

Ipari Gépek Biztonsága szakmérnök / szakember

SAKDOLGOZAT

feladatlap

Papasvili Georgij (BEJOWT)

részére

A szakdolgozat címe:

Kollmorgen DEMO szervó rendszer gépbiztonsági szabványoknak megfelelő alakítása

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatása, Kollmorgen szervó rendszer (motor, meghajtó, stb) tervezése, bemutatása, gazdasági számítás, összefoglalás.

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Vizkeleti Róbert, Ügyvezető Igazgató, Bibus Kft*

Belső konzulens: *Erdélyi Viktor Ferenc, Egyetemi tanársegéd, MATE MI*

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom

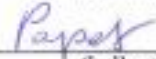


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024.



(külső konzulens)

Tartalom

1. Bevezetés	6
1.1. Téma jelentősége	6
1.2. Célkitűzés	6
2. Cégbemutató	7
3. DEMO szervó hajtás rendszer bemutatása	7
3.1 Rendszer fő részei	8
3.1.1 Biztonsági kezelőpult elemei (1. ábra)	10
3.1.2. Szervo erősítő csatlakozó felületei (2. ábra)	8
3.1.3 Biztonsági kezelőpult elemei (3. ábra)	10
3.1.4 Szervo erősítő csatlakozó felületei (4. ábra)	11
3.2 Szervo motor felépítése	111
3.3 Szervo erősítő felépítése	133
3.3.1 Szervo erősítő - biztonsági funkciók	155
3.3.2 Vészleállítás	166
4. Villamos áttekintés	16
4.1 Villamos kapcsoló szekrény	166
4.2 Kezelő panel	188
4.3 Villamos komponensek	20
4.4 EPH pontok helyei	21
5. Irodalomfeldolgozás	211
5.1 CE jelölés folyamata	211
5.2 Európai Parlament és a Tanács 2006/42/EK irányelve 008. (VIII. 30.) NFGM rendelet.	222
5.3 Az Európai Parlament és a Tanács 2014. február 26-i 2014/35/EU irányelve 23/2016. (VII.7.) NGM rendelet	266

5.4 Az Európai Parlament és a Tanács 2014/30/EU irányelve 8/2016. (XII. 6.) NMHH rendelet	277
6. Alkalmazott szabványok	277
6.1 MSZ EN ISO 12100:2011	288
6.2 MSZ EN 60204-1:2010	311
6.3 MSZ EN ISO 13849-1:2016	311
6.4 MSZ EN ISO 13850:2016	322
7. Kockázatértékelés és kockázat csökkentő műszaki intézkedések	333
7.1 A berendezés működésének leírása	333
7.2 Kockázati elemek	333
7.3 Kockázatbecslés és kockázatcsökkentési módszer	366
7.4 Szükséges teljesítmény szint meghatározása	422
7.5 Alkalmazott biztonsági funkciók	444
8. Gazdasági számítás	477
9. Összefoglalás	499
10. Summary	499
11. Nyilatkozat	51
12. Irodalomjegyzék	54
13. Mellékletek	56

1. Bevezetés

A szervó hajtás rendszerek alkalmazása nagy jelentőséggel bírnak különböző területeken, főként ipari automatizálásban, robotikában, gépek vezérlése, és más olyan alkalmazásokban, ahol pontos, precíziós mozgásvezérlésre van szükség. Fontos lenne szervó hajtás alkalmazó szakemberek oktatása, szervó hajtásokban rejlő lehetőségek teljes körű feltárása szervó DEMO rendszerek bemutatásán keresztül. Bemutatás során DEMO rendszereknek iparigépekre vonatkozó összes biztonsági követelményt kell teljesíteni. Továbbra rendelkeznie kell gyártói CE jelöléssel egész készletre vonatkozóan. Ezek a készletek általában szervomotorokat, vezérlőket és egyéb komponenseket tartalmaznak, amelyek lehetővé teszik a felhasználók számára a szervomotorok működésének megismerését és tesztelését.

1.1. Téma jelentősége

Szakdolgozat egy szervomotorok, hajtások, gyártásával foglalkozó multinacionális cég oktatási, kutatási, célból létre hozott DEMO készlet alapvető iparigépekre vonatkozó érvényes jogszabályoknak, szabványoknak megfelelő alakítását mutatja be. Figyelembe veszi oktatás, tesztelés, használat során felmerülő kockázatok felismerését, illetve ellen intézkedések sorát. Megtárgyalja rendszer minden egyes elemét külön és együttesen, mint rendszert. Dolgozat megmutatja, hogy lehet egy rendszert, amely nem rendelkezik CE jelöléssel gépbiztonsági minősítési folyamaton keresztül jogszabályoknak megfelelő állapotba hozni.

1.2. Célkitűzés

Szakdolgozat kitűzött célja, hogy összeállítson szervohajtás rendszert különböző elemekből, első sorban szervomotorok, meghajtó és irányító pult segítségével. Szervohajtás rendszer fő nyomaték, sebesség, pozíció vezérlési funkciók megőrzésé mellett, rendszer alapvető biztonsági kritériumoknak megfelelően alakítson. Szervorendszer használata közben fellépő kockázatok minimalizálása, a közönség, kezelő és környezetük védelme, valamint a hatékony működés biztosítása érdekében. Szakdolgozatban bemutatom fent említett módon összeállított szervohajtás rendszer, mint gépegyüttes CE jelölés folyamat szakaszait, nagyobb hangsúlyt fektetve gépbiztonság szempontokra (kockázat elemzés, veszélyek, biztonsági funkciók stb. meghatározása).

2. Cégbemutató

A Kollmorgen több mint 105 éves múlttal rendelkezik, és alapítása óta folyamatosan az innováció élvonalában van. A cég alapvetően a motorok és vezérlőrendszerek fejlesztésére összpontosított, és az évtizedek során a piaci igényekhez igazította termékportfólióját. Ma a Kollmorgen világszerte ismert márkanév a mozgásvezérlési technológiákban, és az ipari robotikától kezdve az orvosi berendezésekig számos ágazatban jelen van. Bibus Hajtástechnikai és Automatizálási Kereskedelmi, Gyártó és Szolgáltató Korlátolt Felelősségű Társaság, mint Kollmorgen Magyarországi hivatalos viszonteladója megkapta megbízást a DEMO készlet összeállítására, kivitelezésére.

3. DEMO szervó hajtás rendszer bemutatása

3.1 DEMO Szervo rendszer kialakítása és működése

A Kollmorgen Demo szervo rendszer kialakítása arra biztosít lehetőséget, hogy a felhasználók éles környezetben teszteljék és megismerjék a Kollmorgen szervo rendszerek képességeit. Ez a rendszer egy olyan tesztpadként működik, amely különféle ipari alkalmazások szimulálására szolgál, lehetővé téve a mozgásvezérlési, teljesítménybeli és precíziós követelmények optimalizálását. Könnyebb beazonosíthatóság céljából szervo rendszer fő alkotó berendezések elnevezését magába foglaló második generációs AKD2G-AKM2G típus jelölést kapta meg. A berendezés vezérlőfeszültségét és az erőátvitelt az előlapon elhelyezett kapcsolókkal lehet be- és kikapcsolni. A KI gombbal és a vészleállító nyomógombbal lehet kikapcsolni. A többi kezelő a szervo vezérlő be és kimeneteire van kötve. Ezek működése az erősítőre töltött program és paraméterkészlet függvényében változik. A gép egy frekvenciaváltós hajtás tesztelésére és paraméterkészletének tanulmányozására szolgáló eszköz. A betáplálást, a perifériákat, a vezérlőfeszültség előállítását és a biztonsági leállítást a vezérlőszekrényben valósították meg. Mellette van felhelyezve a frekvenciaváltó, ami a gép tetején lévő szervomotorokat hajtja.

Készlet alap műszaki paraméterei:

Villamos táplálás

Névleges feszültség:	230 V
Névleges frekvencia:	50 Hz
Fázisok száma:	1
Teljes terhelési áram:	10 A

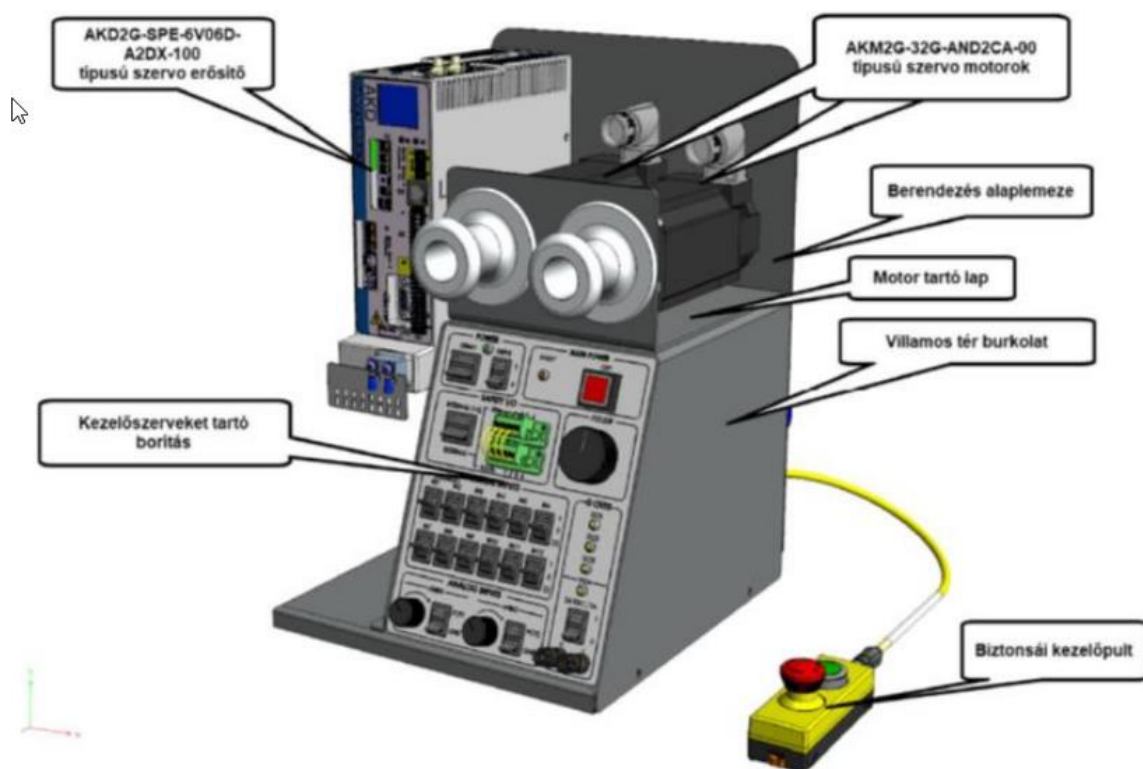
Dimenziók

Tömeg:	25 kg	
Méret:	270x280x400mm	

3.1.1. Rendszer fő részei

Berendezés felépítése (1. ábra) következő fő egységekből került kialakítása:

- AKD2G-SPE-6V06D-A2DX-100 típusú szervo erősítő
- AKM2G-32G-AND2-CA00 típusú szervomotorok
- kezelőszerveket tartó borítás
- berendezés alaplemeze
- motor tartó lap
- villamos tér burkolat
- biztonsági kezelő pult

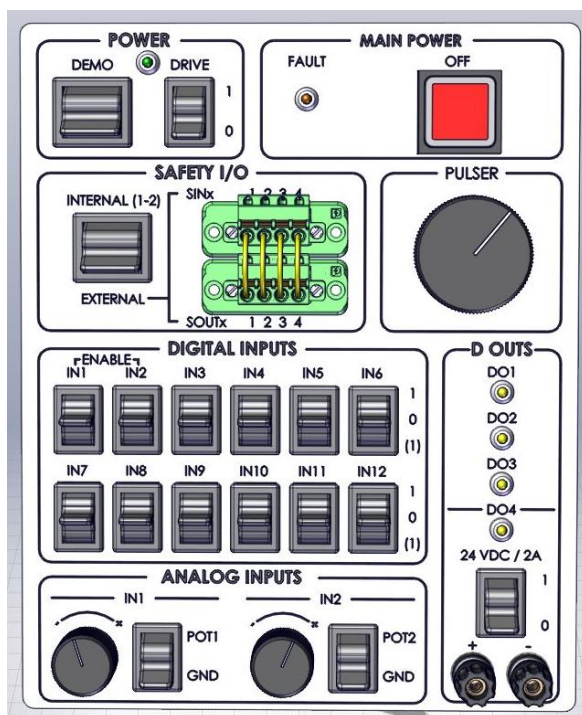


1. ábra. A berendezés felépítése

3.1.2 Kezelő pult elemei (2. ábra)

Rendszert irányító pult következő funkciókkal rendelkező egységekből áll:

- tápfeszültség
- főkapcsoló
- biztonsági I/O kapcsoló
- visszacsatoló (encoder) impulzusok szabályozási gomb
- digitális bemenet sor
- digitális kimenet sor
- analóg bemeneti jelek



2. ábra. Kezelő pult

3.1.3 Biztonsági kezelőpult elemei (3. ábra)

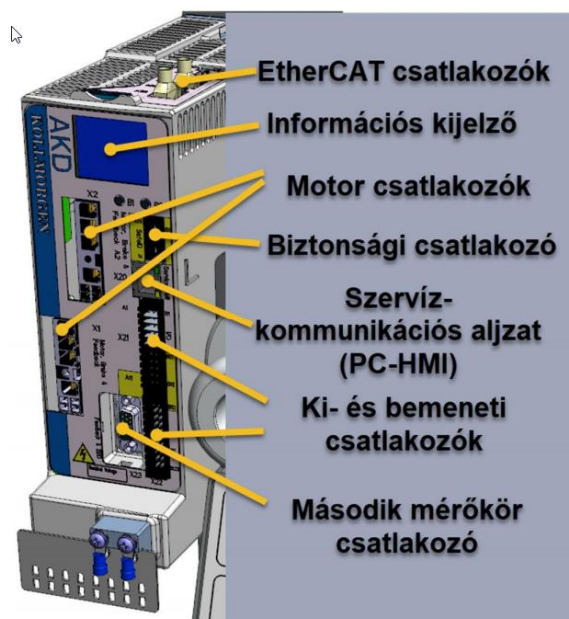
A biztonsági kezelőpult segítségével lehet a szervó erősítő 230VAC betáp feszültségét fel illetve a Vész STOP megnyomásával le kapcsolni.



3. ábra. Biztonsági kezelőpult

3.1.4 Szervo erősítő csatlakozó felületei (4. ábra)

Szervo erősítőn található EtherCat [1] csatlakozó, információs kijelző, motor csatlakozó, biztonsági csatlakozó, szervíz kommunikációs aljzat (PC-HMI), Ki- és bemeneti csatlakozók, második mérőkör csatlakozó.

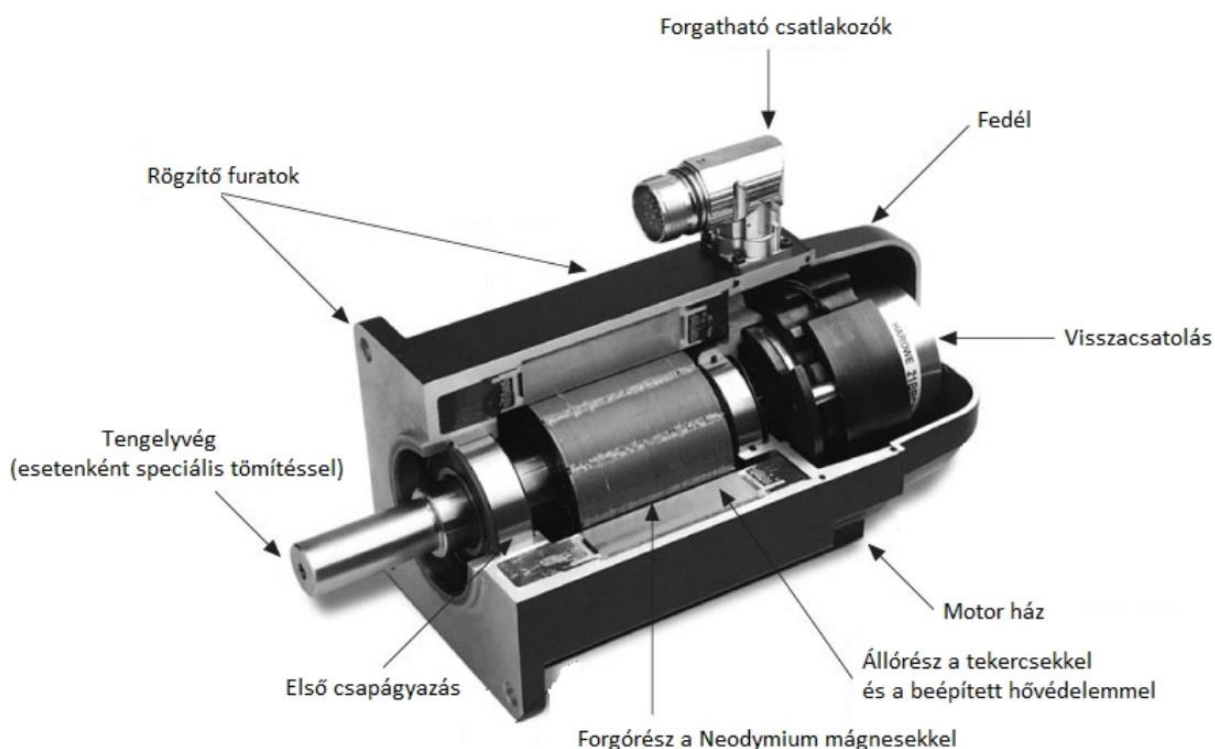


4. ábra. Erősítő csatlakozó felületei

3.2 Szervo motor felépítése

A szervomotor egy elektromechanikai eszköz, amely nyomatékot és sebességet állít elő a ráadott áram és feszültség alapján. A szervomotor egy zártkörű hajtás rendszer részeként működik, és a szervovezérlőtől érkező parancsok alapján biztosít megfelelő nyomatékot és sebességet, miközben egy visszacsatoló eszközt (enkóder) használ a kör lezárására. A visszacsatoló eszköz olyan információkat szolgáltat, mint az áram, a sebesség vagy a pozíció, melyek alapján a szervovezérlő módosítja a motor működését a megadott paramétereknek megfelelően. A szervomotorok lehetnek váltakozó áramú szinkronmotorok, aszinkronmotorok vagy egyenáramú motorok. A különbség köztük nem a működési elvben rejlik, hanem a szabályozási lehetőségekben. A szinkron szervomotoroknál a forgórészt az állórész forgó mágneses mezője hajtja meg, amely szinkronban van a beépített állandó mágnesekkel. A szinkronmotorokat jellemzően az élelmiszer-, autó-, fa-, csomagoló- és építőiparban alkalmazzák. Az aszinkron

szervomotorok elsősorban olyan környezetben használatosak, ahol biztonságos szabályozás mellett nagy tehetetlenségű terhek mozgatása szükséges különböző berendezésekben vagy gépekben. Mozgás típusa szerint megkülönböztetjük lineáris és forgó mozgást végző motorokat, illetve keféss és kefenélküli úgy nevezett BLDC motorokat [16].



5. ábra. Kefenélküli szervomotor általános felépítése

A stator [17] (állórész) tartalmazza az elektromágneses tekercseket, amelyek körül veszik a rotort. Ezek a tekercsek váltakozó áramot kapnak a vezérlőtől, amely váltakozó mágneses mezőt hoz létre. Ez a váltakozó mágneses mező kölcsönhatásba lép a rotor állandó mágneses terével, és így forgó mozgást generál [10], [11].

Kollmorgen DEMO rendszerbe AKM2G-32G-AND2CA-00 típusú második generációs szervomotor került alkalmazásra, amelyik első generációs motorokkal képest átlagosan 30%-kal nagyobb nyomatékot biztosítanak, miközben a méretük és a rögzítésük nem változik. Kompakt

meghajtókkal párosítva helyet takarítanak meg a szekrényekben, miközben több rendszerinformációt nyújtanak, valamint páratlan hangolási és vezérlési képességeket biztosítanak. Kollmorgen széles körű műszaki paraméterekkel gyártja a második generációs (AKM2G) szervomotorokat 120 Vac-tól 480 Vac-ig terjedő szabványos tekercselési lehetőségekkel, valamint alacsony feszültségű tekercselési lehetőségek 24 és 96 volt között (Vdc vagy Vac) különböző sebesség/nyomaték teljesítménygörbékkel. Visszacsatolási opciók EnDat 2.2 (támogatja a funkcionális biztonsági alkalmazásokat), Egykábeles SFD3/HIPERFACE DSL/EnDat 2.2, resolver, HIPERFACE DSL (támogatja a funkcionális biztonsági alkalmazásokat), alacsony feszültségű motorokhoz szabványként elérhető kommutáló enkóder. DEMO készletbe kiválasztott AKM2G-32G-AND2CA-00 szervomotor 2.90 Nm nyomatékkal, 7600 fordulat per perccel, illetve 0.8130 kg-cm² forgórész inerciával rendelkezik (lásd. 1 tábl.)

1. táblázat. Szervomotor választási mátrix

Parameter	Sym	Unit	AKM2G-2x				AKM2G-3x			AKM2G-4x			
			1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4
Continuous Torque at Stall	T _c	Nm	0.65	1.12	1.51	1.85	1.70	2.90	3.86	2.87	5.12	6.98	8.51
Rated Speed	N _{rd}	rpm	8000	8000	8000	8000	8000	7600	8000	6000	6000	6000	5400
Rotor Inertia	J _n	kg-cm ²	0.0930	0.1549	0.2169	0.2789	0.4264	0.8130	1.200	0.774	1.36	1.95	2.53

Karima méret IEC 60027 szabvány szerint 72 mm, folyamatos tartónyomaték 2.90 Nm, nyomaték megtartó áramerősség 4.24A, tápfeszültség 120... 400 Volt, visszacsatolás típusa SFD3 (Smart Feedback Device) Single-turn, szabványos tengely tömítés, illetve hőmérő szenzor PT-1000, motor csatlakozó hybrid 90 ° M23 (D-típus), 24 Voltos tartó fék.

3.3 Szervo erősítő felépítése

A szervo meghajtó (servo drive) felépítése több kulcsfontosságú elemet tartalmaz, amelyek közösen felelnek a szervomotor pontos vezérléséért. Ezek az elemek biztosítják a motor számára a szükséges feszültséget és áramot, valamint feldolgozzák a visszajelzéseket, hogy a motor precízen működjön. Meghajtó fő részeit **tápegység** [20], amely biztosítja a szükséges villamos energiát a motor működtetéséhez, tápellátás lehet egyenáramú (DC) vagy váltakozó áramú (AC), attól függően, hogy milyen típusú motorral dolgozik a rendszer, **vezérlőegység** [18], amely a motor mozgását irányítja, irányítás lehet sebesség, nyomaték vagy pozíció szerint, **visszacsatolási rendszer** [13] (enkóder) különböző érzékelőkből áll, amelyek valós idejű

adatokat szolgáltatnak a motor aktuális helyzetéről, sebességéről és nyomatékáról, **teljesítményerősítő** [14], amely vezérlő által meghatározott vezérlési jeleket alakítja át olyan áram- és feszültségjelekké, amelyekkel a motor ténylegesen működtethető, **kommunikációs interfészek** [15], amelyek lehetővé teszik a külső vezérlőrendszerek (például PLC vagy számítógépes vezérlő) csatlakoztatását, **hűtőrendszer** a meghajtó rendszer által termelt hőt el kell vezetni a túlmelegedés elkerülése érdekében, **szoftveres vezérlés** [19], amely lehetővé teszi a motor vezérlési paramétereinek beállítását, finomhangolását és a működés monitorozását, alkotják [12].

A Kollmorgen AKD2G második generációs szervó meghajtó egy fejlett mozgásvezérlő rendszer, amelyet kifejezetten a nagy pontosságú, dinamikus és megbízható ipari alkalmazásokhoz terveztek. Az AKD2G meghajtó felépítése és funkciói a legmodernebb technológiákra épülnek, hogy biztosítsák a maximális teljesítményt és rugalmasságot a különböző ipari folyamatok során. Az AKD2G meghajtók támogatják a váltakozó áramú bemenetet, és különböző feszültségszinteken működnek, 120 V-tól egészen 480 V AC-ig. AKD2G két tengelyes kialakítással rendelkezik, amely lehetővé teszi két különálló motor egyidejű vezérlését egyetlen meghajtóval. Ez jelentős hely- és költségmegtakarítást eredményezhet, mivel kevesebb hardverre van szükség. A kettős tengelyes rendszer optimalizált teljesítménykezelést biztosít a két motor között, és javítja a rendszer hatékonyságát. Az AKD2G többféle visszacsatolási opciót támogat, beleértve a **SFD3**, **HIPERFACE DSL**, **EnDat 2.2**, valamint a **resolver** és más visszacsatolási technológiákat. Az AKD2G beépített diagnosztikai funkciókkal rendelkezik, amelyek valós időben figyelik a rendszer állapotát, beleértve a hőmérsékletet, áramfelvételt és egyéb fontos paramétereket. A **Kollmorgen Workbench** szoftver segítségével a könnyedén lehet konfigurálni és optimalizálni a meghajtó működését. Ez a szoftver lehetővé teszi a vezérlési paraméterek beállítását, a rendszer teljesítményének monitorozását és a diagnosztikai adatok elemzését. Szervo erősítő **IP54** vagy **IP65** védettséggel rendelkezik, illetve **funkcionális biztonságot** (Functional Safety), amely magában foglalja a SIL2 és SIL3 szintű biztonsági funkciókat. Ezek a funkciók biztosítják a rendszer biztonságos leállítását vészhelyzet esetén, és garantálják a dolgozók és gépek védelmét. Kiválasztott AKD2G-SPE-6V06D-A2DX-100 erősítő 100V...240V tápfeszültségen, 50/60Hz frekvencián, 1/3 fázison, 6A kimenő jel-erősségen, két tengelyesre (két motoros) szánt EtherCat kommunikáción működik, és STO, SS1, SBC, SBT, SDB, safe I/O, FSoE SIL3/PLE funkciókat elérhetővé teszi. AKD2G erősítő,

DEMO rendszerbe levő két motort egyidőleg működteti és I. mellékletben bemutatott módon hozzájuk csatlakozik.

3.3.1 Szervo erősítő - biztonsági funkciók

Szervo erősítő leállító funkciója normál működés során leállítja a szervomotort. A leállító funkció működését az IEC 60204 szabvány határozza meg. A leállító funkciónak elsőbbséget kell élveznie a kijelölt indító funkciók felett. A biztonsági funkciónak a működtetés után késedelem nélkül biztonságos állapotba kell juttatnia a gépet. Egy ilyen leállításnak legyen elsőbbsége az üzemi okok miatti leállításhoz képest. Amikor gépek egy csoportja koordinált módon működik együtt, akkor gondoskodni kell arról, hogy a fölérendelt vezérlés és/vagy a többi gép felé jelezzék, hogy egy ilyen leállítási helyzet áll fenn [3]. A következő leállítási kategóriák vannak meghatározva AKD2G erősítőbe:

- Leállítási kategória 0:

Az energiaellátás azonnali kikapcsolásával történő leállítás a hajtásgépeknél (ez egy nem vezérelt leállítás). A biztonsági funkciók, mint például a STO használata nélküli leállításhoz állítsa az `AXIS#.DISMODE` értékét 0-ra. A STO biztonsági funkció a hajtást a Leállítási kategória 0 követelményei szerint állítja le (IEC 62061).

- Leállítási kategória 1:

Egy vezérelt leállítás, amely során a hajtásgépek energiaellátása fenntartásra kerül a leállítás végrehajtása érdekében, és az energiaellátás csak akkor szakad meg, amikor a leállítás befejeződött. A biztonsági funkciók, mint például az SS1 használata nélküli leállításhoz állítsa az `AXIS#.DISMODE` értékét 2-re.

Az SS1 biztonsági funkció a hajtást a Leállítási kategória 1 követelményei szerint állítja le (IEC 62061).

- Leállítási kategória 2

Egy vezérelt leállítás, amely során a hajtásgépek energiaellátása fenntartásra kerül. Ezt a kategóriát egy biztonsági funkcióval, például az SS2-vel kell megvalósítani. Az SS2 biztonsági funkció a hajtást a Leállítási kategória 2 követelményei szerint állítja le (IEC 62061).

A Leállítási kategória 0 és a Leállítási kategória 1 leállítási funkcióinak működtethetőknek kell lenniük a működési módtól függetlenül, ahol a Kategória 0 leállításnak elsőbbsége van. Szükség esetén gondoskodni kell a védelmi eszközök és a zárolások csatlakoztatásának lehetőségéről. Ha alkalmazható, a leállító funkciónak jeleznie kell állapotát a vezérlő logikának. A leállító funkció visszaállítása nem okozhat veszélyes helyzetet [2].

3.3.2 Vészleállítás

A vészleállító funkció a gép lehető leggyorsabb leállítására szolgál veszélyes helyzetekben. A vészleállító funkciót az IEC 60204 szabvány határozza meg [7]. A vészleállító eszközök elveit és funkcionális szempontjait az ISO 13850 szabvány határozza meg.

A vészleállító funkció egyetlen személy manuális beavatkozásával aktiválódik. Mindig teljesen működőképesnek és elérhetőnek kell lennie. A felhasználónak azonnal meg kell értenie, hogyan kell működtetni ezt a mechanizmust (referenciák vagy utasítások nélkül).

MEGJEGYZÉS

A vészleállítás leállítási kategóriáját a gép kockázatértékelése alapján kell meghatározni.

A leállításra vonatkozó követelményeken túl a vészleállításnak a következő követelményeknek is meg kell felelnie:

- A vészleállításnak elsőbbséget kell élveznie minden más funkcióval és vezérléssel szemben minden üzemmódban.
- Bármely hajtásgép energiaellátását, amely veszélyes helyzeteket okozhat, a lehető leggyorsabban ki kell kapcsolni, anélkül, hogy további veszélyeket okozna (Leállítási kategória 0), vagy úgy kell vezérelni, hogy bármilyen veszélyes mozgás a lehető leggyorsabban megálljon (Leállítási kategória 1).
- A visszaállítás nem indíthatja újra a rendszert [2].

4. Villamos áttekintés

4.1 Villamos kapcsoló szekrény

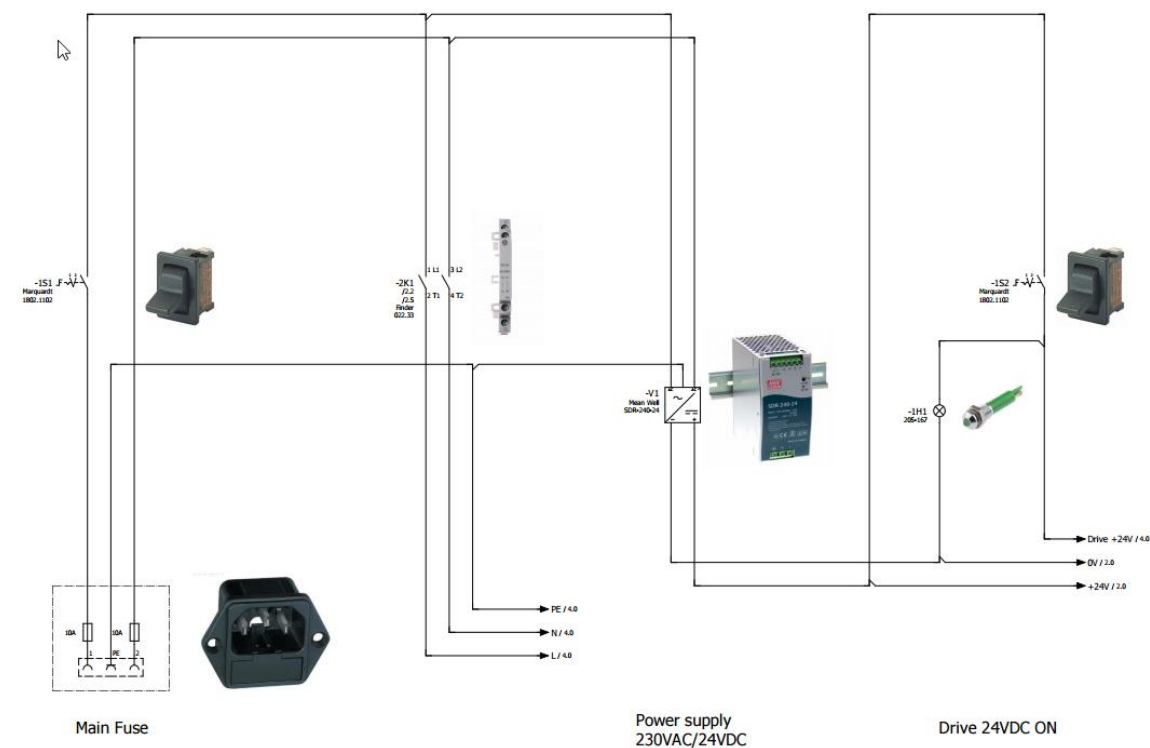
A motortartó lap alatt lévő burkolattal körbezárt térben helyezkedik el a

230VAC/24VDC kapcsolóüzemű tápegység, egy Finder relé és a hozzá tartozó

segédkontakt modul illetve itt kaptak helyet a sorkapcsok is. Ennek a térnek az elülső burkolatába vannak integrálva a kezelő szervek.



Villamos kapcsoló szekrény



6. ábra Kapcsolási rajz

4.2 Kezelő panel

A demo egység kezeléséhez szükséges komponensek itt találhatók. Segítségükkel hozzáférünk a szervó egység ki és bemeneteihez, illetve a visszajelző ledeknek köszönhetően visszajelzést kapunk az eszköz adott részének működéséről.



Kezelő panel

4.3 Villamos komponensek

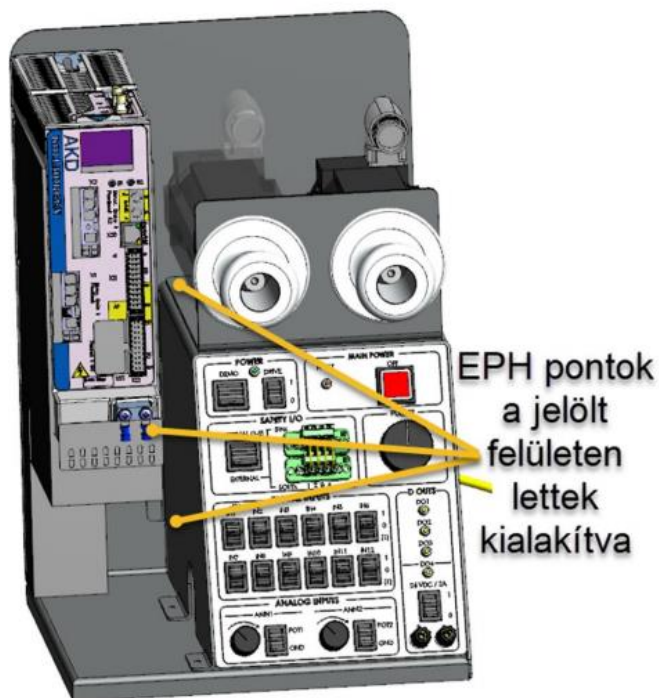
2. táblázat – beszerelt villamos komponensek

Megnevezés	Típus	Mennyiség (db)
Mean Well - Tápegység	SDR-240-24	1
Kapcsoló (ON/OFF)	1802.1102	5
Csatlakozó aljzat biztosítékkal	143-52-305	1
Zöld visszajelző LED 24VDC	205-167	1
Sárga visszajelző LED 24VDC	204-782	4
Piros visszajelző LED 24VDC	210-248	1
Finder relé	22.32.0.024.4320	1
Finder kontakt modul	022.33	1
Kapcsoló-nyomógomb	1818.1202	12
Billenőkapcsoló	1802.2102	1
Banándugó aljzat	FCR14459D	1
Finder relé	34.51.7.024.5010	1
Sorkapocs	3011038, DLKB 2,5-PE	6
Sick inkrementális encoder	DBS36 CORE	1
DC-DC konverter	473-4987	1
1k ellenállás	300-88-512	4
Potméter 10kOhm	3590S-2-103L	2
Hálózati csatlakozó kábel	VLEP10000B20	1
MURR biztonsági kezelőpult	69004	1
MURR 5m biztonsági kábel	7000-17041-1140500	1
Eaton nyomógomb 16mm	RMQ-16	1
Eaton nyomógomb kontakt	E01	1
Phoenix NYÁK csatlakozó aljzat	1942507	2
Phoenix NYÁK csatlakozó dugó	1825527	2

4.4 EPH pontok helyei

Az EPH pontok kívülről az 1. képen látható helyeken találhatók. A hálózati csatlakozó

EPH pontja a villamos kapcsolószekrényen belül van szétszítva.



1. kép – EPH pontok

5. Irodalomfeldolgozás

5.1 CE jelölés folyamata

A **CE jelölés** azt jelzi, hogy egy termék megfelel az Európai Unió azon irányelveinek, amelyek célja a fogyasztók egészségének, biztonságának és a környezet védelmének biztosítása. Ez a jelölés lehetővé teszi a termékek szabad áramlását az Európai Gazdasági Térségen (EGT) belül. Szervo rendszer DEMO készlettel kapcsolatban felmerült CE minősítési igény.

Ahhoz, hogy CE jelölés megtörténjen több lépéses folyamatot végig kell teljesíteni.

A CE jelölés folyamatának fő lépései [4]:

- Alapkérdések tisztázása

-
- Ipari gépekre vonatkozó jogi követelmények
 - Megfelelőségértékelési eljárás kiválasztása
 - Alapkövetelmények beazonosítása
 - Előzetes (gyártói) kockázatfelmérés
 - Műszaki követelmények, szabványok
 - Műszaki dokumentáció
 - Vizsgálatok
 - BEGYE – minőségbiztosítás
 - Megfelelőségi nyilatkozat
 - Műszaki dokumentáció véglegesítése
 - A CE jelölés elhelyezése

Vizsgált DEMO készlettel kapcsolatban alapkérdések mint berendezés rendeltetése, mozgástartomány, kiterjedés, energiaellátás, vezérlés, stb tisztázása után, sor került ipari gépekre vonatkozó jogi követelmények meghatározása (MD, LVD, EMC direktívák). Megfelelőségértékelési eljárás kiválasztása, mint az egész CE jelölés folyamat Bibus Kft-re mint kivitelező, alvállalkozó, forgalmazó jogi személyre, gyártói felelőség hárult. Igaz hogy külön külön mint erősítő így szervó motor önálló CE jelöléssel rendelkezik, de rendszerként mint új eszköz, berendezés újból igényli CE jelölést az egész DEMO rendszerre. Szakdolgozat további szakaszokon részletesebben kitér az összes fent említett lépésre.

5.2 Európai Parlament és a Tanács 2006/42/EK irányelve 008. (VIII. 30.)

NFGM rendelet

A 2006/42/EK (MD) irányelv célja, hogy biztosítsa az Európai Unió piacán forgalmazott gépek biztonságosságát és megfelelőségét, ezáltal védve a felhasználók egészségét és biztonságát. A CE jelölés megszerzése és a megfelelőségi eljárás betartása kötelező a gyártók számára ahhoz, hogy gépeket forgalomba hozhassák az EU-ban [1].

Irányelv főcéljai között, biztonságos használat biztosítása szerepel, ami azt feltételezi hogy gépeket úgy kell tervezni és gyártani, hogy azok biztonságosak legyenek az üzemeltetők és a felhasználók számára, alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények betartása ez az irányelv meghatározza a gépekre vonatkozó biztonsági követelményeket, amelyek a tervezéstől a gyártásig, üzembe helyezéstől a használatig és karbantartásig mindenre kiterjednek, CE

jelölés kötelező megszerzése gépekre ami gyakorlatban azt jelenti hogy gépgyártóknak meg kell szerezniük a CE jelölést, ami azt jelzi, hogy a gép megfelel az irányelv követelményeinek és biztonságosan használható az Európai Unió piacán. Fő célok között megfelelőségértékelés is szerepel, gyártóknak meg kell vizsgálniuk, hogy a gépük megfelel-e az irányelv előírásainak. Ez történhet a gép dokumentációjának önálló ellenőrzésével vagy tanúsító szervezet bevonásával. Továbbra előírja használati útmutató minden egyes legyártott gép mellékletként biztosítása, mely világosan leírja a gép biztonságos használatát.

Fontos megérteni mit ért a „gép” kifejezés alatt a 2006/42/EK direktíva [1]:

- olyan, nem közvetlenül emberi vagy állati erőt alkalmazó hajtási rendszerrel felszerelt vagy felszerelni szándékozott, összekapcsolt elemekből vagy alkatrészekből álló együttes, amelyeknek legalább egyike mozog, és amelyeket meghatározott alkalmazás céljából kapcsoltak össze,
- az előző pontban említett együttes, amelyből csak azok az elemek hiányoznak, amelyek a helyszínen való összeszereléshez vagy az energia-, illetve meghajtó forráshoz való csatlakoztatáshoz szükségesek,
- az előző pontokban említett olyan együttes, amely akkor van beszerelésre kész és működőképes állapotban, ha felszerelik egy szállítóeszközre, vagy beszerelik egy épületbe vagy szerkezetbe,
- az előző pontokban említett gépegyüttesek, és/vagy a részben kész gépek, amelyeket ugyanazon cél elérése érdekében olyan módon rendeznek el és vezérelnek, hogy egységes egésként működjenek,
- kizárólag közvetlenül alkalmazott emberi erővel hajtott, összekapcsolt elemek vagy alkatrészek együttese, amelyeknek legalább egyike mozog, és amelyeket teher emelésének céljából kapcsoltak össze;

Fontos követelmények között említeni kell mechanikai és elektromos veszélyek minimalizálása a gépek tervezésnél, továbbra vészleállító rendszerek, mechanizmusok alkalmazása minden gép esetén, és zaj- és rezgéscsökkentés biztosítását.

Mozgások vezérlésére irányelv 4.1.2.6 bekezdése vonatkozik [1] amely kimondja:

A mozgásokat vezérlő szerkezeteknek úgy kell működniük, hogy a gépek, amelyekre fel vannak szerelve, biztonságosak legyenek.

a) A gépet úgy kell megtervezni, gyártani és eszközökkel felszerelni, hogy részelemei mozgásának amplitúdója meghatározott határokon belül maradjon. Ezeknek a szerkezeteknek a működését, ahol indokolt, figyelmeztetésnek kell megelőznie.

b) Ahol több rögzített vagy sín pályás gépet ugyanazon a helyen egyidejűleg lehet működtetni, és ez az összeütközés veszélyével jár, ezeket a gépeket úgy kell megtervezni és gyártani, hogy illeszthetőek legyenek olyan rendszerekhez, amelyekkel ezeket a kockázatokat el lehet kerülni.

c) A gépet úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a terhek ne csúszhassanak el veszélyesen, vagy ne eshessenek le szabadon és váratlanul, még akkor sem, ha energiaellátás részleges vagy teljes kimaradása következik be, vagy ha a kezelőszemély a gép működését leállítja.

d) Normál üzemeltetési feltételek mellett a teher leengedése nem történhet kizárólag súrlódásos fékezéssel, kivéve olyan gép esetében, amelynek a működéséhez ez a megoldás szükséges.

e) A tehermegfogó eszközöket úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a terhek véletlen leesése elkerülhető legyen.

Kollmorgen DEMO vezérlő esetén vezérlőrendszerek biztonságát és megbízhatóságát 1.2.1 és 1.2.2 fejezetek adnak általános iránymutatót [1]:

A vezérlőrendszereket úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a veszélyes helyzetek kialakulása megakadályozható legyen. Mindenekelőtt úgy kell ezeket megtervezni és gyártani, hogy:

- álljanak ellen a tervezett működési behatásoknak és külső hatásoknak,
- a vezérlőrendszer hardverének vagy szoftverének meghibásodása ne vezessen veszélyes helyzethez,
- a vezérlőrendszer logikájának hibái ne vezessenek veszélyes helyzetekhez,
- a működés közbeni ésszerűen előrelátható emberi hiba ne vezessen veszélyes helyzetekhez.

Különös figyelmet kell fordítani az alábbiakra:

- a gép nem indulhat el váratlanul,
- a gép paraméterei nem változhatnak irányítatlanul, ha ilyen változás veszélyes helyzetekhez vezethet,
- a gépet ne lehessen megakadályozni a leállásban, ha a leállítási parancsot kiadták,
- a gép mozgó alkatrésze vagy gép által tartott darab nem eshet le vagy dobódhat ki,
- lehetővé kell tenni minden mozgó rész automatikus vagy kézi megállítását,
- a védőberendezések maradjanak teljesen működőképesek vagy adjanak parancsot a leállásra,
- a vezérlőrendszer biztonsági részei összehangoltan vezéreljék a gép és/vagy részben kész gép teljes szerelékét.

Kábel nélküli vezérlésnél automatikus leállási parancsot kell adni, ha a megfelelő vezérlési jelek nem érkeznek be, beleértve a kommunikáció elvesztését is.

A vezérlőberendezések legyenek:

- jól láthatóak és azonosíthatóak, ahol lehet, piktogramokat kell használni,
- úgy elhelyezve, hogy működtetésük biztonságos legyen, késlekedés, idővesztés és félreérthetőség nélkül,
- úgy megtervezve, hogy a vezérlőberendezés mozgása megfeleljen a hatásának,
- a veszélyes téren kívül elhelyezve, kivéve, ahol ez bizonyos vezérlőberendezéseknél így szükséges, mint például vészleállító vagy távvezérlő egység,
- úgy elhelyezve, hogy működése ne okozhasson további veszélyt,
- úgy megtervezve vagy védve, hogy ha veszély áll fenn, a kívánt hatást csak szándékos beavatkozással lehessen elérni,
- olyan kialakítású, hogy ellenálljon az előrelátható behatásoknak; különösen figyelni kell a vészleállító szerkezetekre, amelyeket jelentős behatás érhet.

Ha egy vezérlőberendezés tervezése és gyártása olyan, hogy több különböző műveletet hajt végre, azaz nincs egy az egyben megfelelés, a művelet legyen jól láthatóan megjeleníthető, és ahol szükséges, visszaigazolható.

A vezérlőberendezéseket úgy kell elrendezni, hogy elhelyezkedésük, mozgásuk és a műveletnek való ellenállásuk a végrehajtandó műveletnek megfelelő legyen, figyelembe véve az ergonómiai alapelveket. A gépet el kell látni a biztonságos működéshez szükséges jelzőrendszerrel. Ezt a kezelőnek le kell tudni olvasni a vezérlőhelyről. A kezelő mindegyik vezérlőhelyről meg tudjon győződni arról, hogy a veszélyes terekben senki sem tartózkodik, illetve a vezérlőrendszer úgy kell megtervezni és gyártani, hogy az indítás mindaddig tiltva legyen, amíg a veszélyes térben valaki tartózkodik. Ha e lehetőségek egyike sem alkalmazható, akkor a gép indítása előtt figyelmeztető hang- és/vagy fényjelzést kell adni. A veszélynek kitett személyeknek legyen elég idejük elhagyni a veszélyes teret vagy megakadályozni a gép indulását. Ha szükséges, olyan intézkedéseket kell tenni, amelyek biztosítják, hogy a gép csak egy vagy több előre kijelölt zónában vagy helyen levő vezérlőhelyről legyen vezérelhető. Ahol egynél több vezérlőhely van, a vezérlőrendszer úgy kell megtervezni, hogy az egyik használata kizárja a többi használatát, kivéve a leállítás vezérlését és a vészleállítást. Ha a gépnek kettő vagy több kezelőhelye van, minden helyet el kell látni a szükséges vezérlőberendezésekkel, olyan módon, hogy a kezelőszemélyek egymást ne akadályozzák, és ne hozzák veszélyes helyzetbe.

Kollmorgen Demo egység több önálló komponensből áll össze így figyelembe kell venni 2006/42/EK irányelv a gépek együttesére vonatkozó 1.2.4.4 bekezdést, ami kimondja, hogy abban az esetben, ha a gépet vagy gép részeit arra tervezték, hogy együttesen működjenek, a gépet úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a leállításvezérlések, beleértve a vészleállítás-vezérlést, ne csak magát a gépet tudják leállítani, hanem az összes kapcsolódó berendezést is, ha azok további működése veszélyes lehet [1].

5.3 Az Európai Parlament és a Tanács 2014. február 26-i 2014/35/EU irányelve 23/2016. (VII.7.) NGM rendelet

A 2014/35/EU irányelv, ismertebb nevén az Alacsony Feszültségű Irányelv (Low Voltage Directive), az Európai Unió azon jogszabálya, amely az alacsony feszültségű elektromos berendezések forgalmazását szabályozza az Európai Gazdasági Térség (EGT) területén. Az irányelv célja, hogy biztosítsa a termékek megfelelőségét az egészségügyi és biztonsági követelményeknek.

Ez az irányelv az alábbi elektromos berendezésekre vonatkozik:

- **Váltakozó áram esetén:** 50 V és 1000 V közötti feszültségű eszközök.
- **Egyenáram esetén:** 75 V és 1500 V közötti feszültségű eszközök.

A gyártóknak EU-megfelelőségi nyilatkozatot kell készíteniük arra vonatkozóan, hogy megadják az ezen irányelvben előírt információt arról, hogy az elektromos berendezés megfelel ezen irányelvnek és az egyéb vonatkozó uniós harmonizációs jogszabályoknak [5].

5.4 Az Európai Parlament és a Tanács 2014/30/EU irányelve 8/2016. (XII. 6.) NMHH rendelet

A 2014/30/EU irányelv, más néven Elektromágneses összeférhetőségi irányelv (EMC direktíva), az Európai Unióban az elektromágneses összeférhetőséget szabályozza. Célja, hogy biztosítsa az elektromos és elektronikus berendezések zavartalan működését anélkül, hogy más berendezések működését hátrányosan befolyásolnák, és hogy ezek az eszközök képesek legyenek ellenállni a környezetükből érkező elektromágneses zavaroknak.

Az irányelv legfontosabb előírásai:

3. Meghatározza a gyártók, importőrök és forgalmazók kötelezettségeit a termékek elektromágneses kompatibilitásának biztosítása érdekében.
4. Előírja, hogy a termékeknek meg kell felelniük a CE jelölés követelményeinek, amely tanúsítja az irányelvnek való megfelelést.
5. A termékekhez szükséges megfelelőségi nyilatkozatot és a műszaki dokumentációt elő kell állítani.
6. Az irányelv biztosítja, hogy a termékek ne okozzanak káros elektromágneses interferenciát, és védekezzenek az ilyen interferenciák ellen.

Ezek az előírások segítenek fenntartani a zavartalan elektromágneses környezetet és a biztonságos működést az Európai Unió piacán.

6. Alkalmazott szabványok

A gépekre vonatkozó jogi alapkövetelmények teljesítéséhez, valamint a felmerült kockázatok megfelelő kezeléséhez olyan műszaki megoldásokat kell alkalmazni, amelyek garantálják a

biztonságot. Az alkalmazandó műszaki követelmények általában az európai harmonizált szabványokban találhatók meg. Amennyiben a gyártó úgy dönt, hogy nem alkalmazza ezeket a harmonizált szabványokat, kötelessége bizonyítani, hogy az általa választott egyéb szabványok vagy műszaki megoldások révén a termékei megfelelnek az alapvető követelményeknek. Ez azt jelenti, hogy a gyártónak biztosítania kell, hogy a saját megoldásai legalább olyan szintű biztonságot nyújtanak, mint a harmonizált szabványok. A Gépdirektívához kapcsolódó harmonizált szabványok nemcsak a tervezési megfontolásokat és a műszaki védelmi intézkedéseket tartalmazzák, hanem az ellenőrzési, vizsgálati feladatokat és a szükséges dokumentációs követelményeket is.

6.1 MSZ EN ISO 12100:2011

Az MSZ EN ISO 12100:2011 a nemzeti változata az EN ISO 12100:2011 nemzetközi szabványnak, amely a gépek biztonsági alapelveit és általános tervezési irányelveit írja elő. Célja annak biztosítása, hogy a géptervezés során figyelembe vegyék a lehetséges veszélyforrásokat, és alkalmazzanak olyan védelmi intézkedéseket, amelyek minimalizálják a felhasználókra és karbantartókra leselkedő kockázatokat. Az MSZ EN ISO 12100:2011 részletes útmutatást ad a potenciális veszélyek azonosítására, valamint javaslatokat tesz azok kezelésére és a megfelelő védelmi megoldások kiválasztására. Meghatározza a gépek tervezési és gyártási biztonsági követelményeit, beleértve a biztonsági intézkedéseket, a tervezési megfontolásokat, valamint a megfelelő felhasználói utasítások kidolgozását. Az MSZ EN ISO 12100:2011 harmonizált szabvány az Európai Unióban. Ez azt jelenti, hogy ha egy gép megfelel ennek a szabványnak, akkor az vélhetően megfelel a Gépdirektíva (2006/42/EK) előírásainak is, ezzel megkönnyítve a CE jelölés megszerzését. szabvány alkalmazása révén a gyártók biztosíthatják, hogy gépek megfelelnek a nemzeti és európai uniós biztonsági előírásoknak. MSZ EN ISO 12100:2011 kiemelten fontos szerepet játszik a biztonságos géptervezésben és a kockázatok csökkentésében.

A gépekre vonatkozó harmonizált szabványok három típusba sorolhatóak. Ezek bevezető szövege tartalmazza, hogy melyik típusba tartozik az adott szabvány. A gépdirektívához harmonizált szabványok csoportjait a következő táblázat foglalja össze.

3. táblázat – szabványok csoportosítása [3]

„A” típusú szabványok:	ezek a biztonsági alapszabványok, amelyek azokat az alapfogalmakat, kialakítási elveket és általános szempontokat tartalmazzák, amelyeket minden gépre alkalmazni kell
„B” típusú szabványok:	ezek az általános biztonsági szabványok, amelyek egy biztonsági szempontot vagy egy olyan típusú biztonsági berendezést tárgyalnak, amelyek a gépek egy nagyobb csoportjához felhasználhatók
„B1” típusú szabványok	mindig valamilyen meghatározott biztonsági szempontra vonatkoznak (pl. biztonsági távolságok, zaj)
„B2” típusú szabványok	a biztonsági berendezésekre vonatkoznak (pl. kétkézes kapcsolók, védőburkolatok)
„C” típusú szabványok:	ezek a gépek biztonsági szabványai, amelyek részletes követelményeket tartalmaznak egy meghatározott gépre vagy a gépek egy meghatározott csoportjára vonatkozóan

Az **MSZ EN ISO 12100:2011** szabvány egyik központi eleme a **kockázatértékelés**, amely az egyik legfontosabb lépés a gépek biztonságos tervezésében és gyártásában. Ennek célja, hogy azonosítsa azokat a lehetséges veszélyeket, amelyek egy gép használata során felmerülhetnek, valamint kidolgozza a megfelelő intézkedéseket a kockázatok minimalizálása érdekében. A kockázatértékelési folyamat három fő lépésből áll:

Veszélyek azonosítása: Elsőként azokat a veszélyforrásokat kell feltárni, amelyek a gép használatakor sérülést vagy balesetet okozhatnak. Ilyen veszélyek lehetnek a mechanikai, elektromos, hőhatások vagy egyéb tényezők.

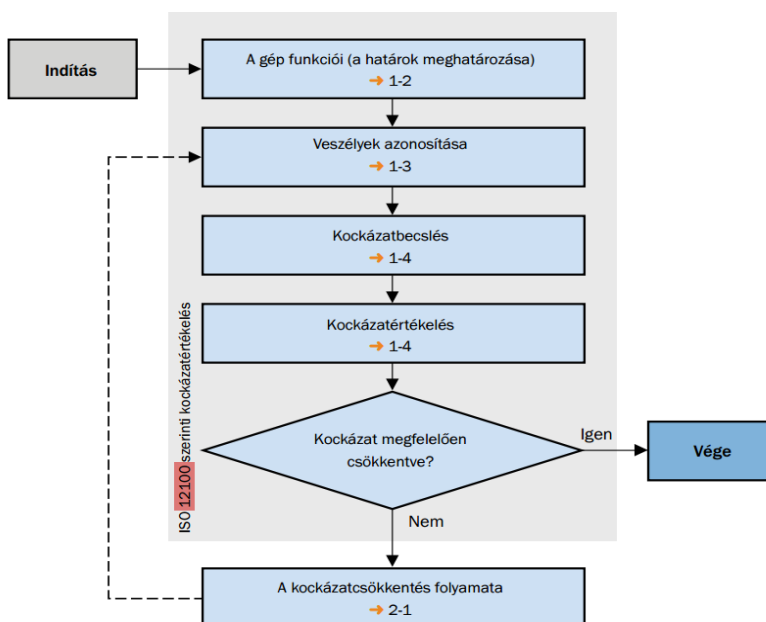
Kockázat becslése: Az azonosított veszélyek után a kockázatokat kell értékelni, beleértve azok előfordulási valószínűségét és súlyosságát. Ez azt is vizsgálja, hogy a felhasználók milyen gyakran kerülhetnek kapcsolatba a veszéllyel, illetve milyen következményekkel járhat egy esetleges baleset.

Kockázatcsökkentés: A kockázatok csökkentése érdekében megfelelő intézkedéseket kell kidolgozni, amelyek a veszélyek minimalizálását célozzák. Az ISO 12100 három fő stratégiai megközelítést javasol:

- **Inherens biztonságú tervezés:** Olyan gépek tervezése, amelyek már alapvetően biztonságosak, például a mozgó alkatrészek burkolása által.
- **Műszaki védelmi intézkedések:** Védelmi mechanizmusok, például vészleállítók vagy biztonsági burkolatok telepítése.
- **Használati utasítások:** Részletes, egyértelmű használati útmutatók biztosítása a felhasználók számára, amelyek elősegítik a biztonságos működést.

A kockázatértékelés nem egy egyszeri folyamat, hanem folyamatosan frissítendő, ahogy új veszélyek merülnek fel vagy a körülmények megváltoznak. Ez a megközelítés biztosítja, hogy a gépek megfeleljenek az uniós és nemzeti biztonsági előírásoknak, és hozzájárul a balesetek és sérülések megelőzéséhez. MSZ EN ISO 12100:2011 szabványban megjelölt kockázat elemzési folyamat legjobban lenti folyamat ábrán került bemutatásra:

a. ábra – kockázat elemzési folyamat



6.2 MSZ EN 60204-1:2010

Az EN 60204-1:2010 szabvány az ipari gépek, berendezések és gyártósorok elektromos berendezéseinek biztonságára vonatkozik, beleértve a gépkezelők, karbantartók és egyéb felhasználók biztonságát. A szabvány meghatározza, hogyan kell tervezni, kialakítani és telepíteni a gépek elektromos berendezéseit, hogy azok biztonságosan működjenek. Részletezi, hogy milyen módon lehet a gép használata közbeni elektromos veszélyeket minimalizálni, például megfelelő földelés, túlterhelés-védelem, vészleállítási és egyéb biztonsági mechanizmusok használatával. A gépek elektromos rendszereinek megfelelő dokumentálása és címkézése is fontos követelmény. A szabvány előírja a megfelelő jelöléseket és figyelmeztetéseket, hogy minden felhasználó egyértelműen azonosíthassa az elektromos komponenseket. A meghatározott követelmények elsősorban az alábbi veszélyhelyzetek megelőzését és kezelését szolgálják [7]:

- áramütés, villamos ív képződés vagy tűz a villamos szerkezetek meghibásodásai vagy hibái miatt,
- gép hibás működése a vezérlőáramkörök (és ezek alkatrészei, részegységei) meghibásodásai vagy hibái miatt
- gép hibás működése az energiaforrások zavarai és kimaradásai vagy a tápáramkörök olyan meghibásodásai vagy hibái miatt
- biztonsági funkciók meghibásodásai az áramkörök folytonosságának megszakadása miatt,
- gép meghibásodása akár külső akár belső eredetű villamos zavarok (például elektromágneses, elektrosztatikus),
- sérülés, áramütés okozása a tárolt villamos vagy mechanikai energia felszabadulása miatt,
- égési sérülések a felületi hőmérsékletek miatt.

6.3 MSZ EN ISO 13849-1:2016

Demo rendszer esetén ennek a szabványnak első sorban gépek biztonsága, vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő rész (1. rész: tervezés általános alapelvei) alkalmazásra került.

Az EN ISO 13849-1:2016 egy nemzetközi szabvány, amely a gépek biztonsági vezérlőrendszereire vonatkozó követelményeket határozza meg. Célja, hogy biztosítsa a gépbiztonságot és a vezérlőrendszerek megbízhatóságát, különös tekintettel a biztonsági funkciók megvalósítására

és a vezérlési architektúrák kialakítására. A szabvány olyan követelményeket ír elő, amelyek a gépek biztonsági vezérlőrendszereinek tervezésére vonatkoznak. Ide tartoznak minden olyan biztonsági funkciók, amelyeket vezérlőrendszereken keresztül valósítanak meg. A szabvány bevezeti a teljesítményszint (Performance Level, PL) fogalmát, amely a biztonsági funkciók megbízhatóságát értékeli. A teljesítményszintek (PL a-tól PL e-ig) a veszély súlyossága, a veszélyeztetett személyek kitettsége, valamint a veszély elkerülésének lehetősége alapján határozzák meg a vezérlőrendszer megbízhatóságát. A szabvány részletezi, hogyan kell a vezérlőrendszereknek teljesíteniük a biztonsági funkciókat, például a vészleállító rendszerek, védőberendezések, kétkezes indítások vagy fékrendszerek esetében. A vezérlőrendszer teljesítményszintjének meghatározása kockázatértékelés alapján történik. A cél annak meghatározása, hogy milyen szintű megbízhatóság szükséges a biztonsági funkciók megfelelő ellátásához. A vezérlőrendszerek kialakításakor figyelembe kell venni a redundanciát (több azonos funkció ellátására képes rendszer alkalmazása) és a diagnosztikai lefedettséget (hibaérzékelés és válaszdíő), hogy minimalizálják a meghibásodások kockázatát.

A szabvány segíti a gépgyártókat a biztonsági funkciók megfelelő megtervezésében és kialakításában, biztosítva, hogy a gépek megfeleljenek az uniós gépdirektívák (pl. 2006/42/EK Gépdirektíva) követelményeinek. Alkalmazása lehetővé teszi a gépek vezérlőrendszereinek megbízhatósági szintjének (PL) meghatározását és hitelesítését, így hozzájárulva a biztonságos munkavégzéshez és a veszélyek minimalizálásához.

6.4 MSZ EN ISO 13850:2016

Az MSZ EN ISO 13850:2016 szabvány a **vészleállító berendezések** biztonsági követelményeit szabályozza, amelyek célja, hogy vészhelyzet esetén azonnal leállítsák a gépet. Ez a szabvány biztosítja, hogy a vészleállító rendszerek megfelelően működjenek és megfeleljenek a biztonsági előírásoknak, így növelve a gépbiztonságot.

A vészleállító rendszernek mindig elérhetőnek és bármikor aktiválhatónak kell lennie, egy egyszerű és jól látható eszközzel, például egy piros gombbal. A vészleállító eszköznek könnyen hozzáférhetőnek és jól felismerhetőnek kell lennie, hogy veszély esetén azonnal használható legyen. A szabvány meghatározza a gombok színét és formáját is. A vészleállítás során a gép energiaellátását a lehető leggyorsabban és biztonságosan meg kell szakítani. A szabvány részletezi, hogyan kell ezt biztonságosan végrehajtani különböző körülmények között. Vészleállító

rendszer visszaállításának manuálisan kell történnie, és a gép nem indulhat újra automatikusan. Az újraindításhoz külön művelet szükséges, hogy a felhasználó ellenőrizhesse a biztonsági körülményeket. A szabvány biztosítja, hogy a vészleállító berendezések megbízhatóan működjenek, és azonnal megállítsák a gépeket vészhelyzetekben, így minimalizálva a balesetek kockázatát. A szabvány egységesíti a vészleállító rendszerek tervezését, ami megkönnyíti azok használatát különböző géptípusoknál és ipari környezetekben. A szabvány használatával biztosítható, hogy a gépek megfeleljenek az európai uniós jogszabályoknak, különösen a 2006/42/EK Gépdirektívának.

7. Kockázatértékelés és kockázat csökkentő műszaki intézkedések

7.1 A berendezés működésének leírása

A berendezés rendeltetése: A berendezés egy demó egység. A beleépített Kollmorgen hajtás paraméterezésének gyakorlásához készült. A szervo erősítő a fent elhelyezkedő két motort hajtja a kezelők által rátöltött program és a kapcsolók állása alapján.

Az eszköz váza hajlított majd szinterezett acéllemezekből készült. Erre a vázra került fel a szervo erősítő, két motor és a kezelőpult, ami mögött a betáplálás, a biztonságtechnikai eszközök és a kezelői áramkör helyezkedik el.

A berendezés működése: A berendezés vezérlőfeszültségét és az erőátvitelt az előlapon elhelyezett kapcsolókkal lehet be- és kikapcsolni. A KI gombbal és a vészleállító nyomógommbal lehet kikapcsolni. A többi kezelő a szervo vezérlő be és kimeneteire van kötve. Ezek működése az erősítőre töltött program és paraméterkészlet függvényében változik.

7.2 Kockázati elemek

Lenti képlet egy gyakori kockázatelemzési modell, amelyet a munkavédelem és biztonságtechnika területén alkalmaznak a különböző veszélyek felmérésére. Az ilyen képletek célja, hogy a kockázatok számszerűsíthetők legyenek, és segítséget nyújtsanak a megfelelő kockázatsökkentő intézkedések meghatározásában.

$$\text{KOCKÁZAT} = (\text{DPH} \times \text{NP}) \times (\text{FE} \times \text{LO} \times \text{EL}) \quad (1)$$

Ahol:

- **DPH:** A veszély súlyossága (Damage Potential Hazard).
 - Enyhe (0,1-0,5 pont), Mérsékelt (2-4 pont), Súlyos (6-10 pont), Halálos (15 pont)
- **NP:** Kockázatnak kitett személyek száma (Number of Persons at Risk).
 - Kitett személyek száma (fő)
- **FE:** Expozíció gyakorisága (Frequency of Exposure).
 - Idő gyakorisága
- **EL:** Elkerülési lehetőség (Possibility of Avoidance).
 - Minőségi skála

KÁROSODÁS MÉRTÉKE

DPH (Lehetséges sérülés nagysága)	
0,1	Bőrfelületi sérülés, horzsolás
0,5	Kisebb seb, vagy enyhe roszullét
2	Kisebb csont törése vagy kisebb egészségkárosodás (átmeneti)
4	Fontosabb csont törése vagy nagyobb egészségkárosodás (átmeneti)
6	Egy végtag vagy látás, hallás elvesztése (maradandó károsodás)
10	Két végtag vagy látás elvesztése (maradandó károsodás)
15	Végzetes sérülés (halál)
NP (Kockázatnak kitett személyek száma)	
1	1-2 ember
2	3-7 ember
4	8-15 ember
8	16-50 ember
12	50+ ember

KÁROSODÁS ELŐFORDULÁSI VALÓSZÍNŰSÉGE

FE (Expozíció gyakorisága)		
0,5	Évente egyszer	
1	Havonta egyszer	
1,5	Hetente egyszer	
2,5	Naponta egyszer	
4	Óráként egyszer	
5	Folyamatosan fennálló vagy gyakori expozíció	
LO (Bekövetkezési valószínűség)		
0,033	Szinte lehetetlen	Csak speciális esetekben
1	Nagyon valószínűtlen	De elképzelhető
1,5	Valószínűtlen	De előfordulhat
2	Lehetséges	De nem gyakori
5	Várható	Előfordulhat
8	Számítani lehet rá	Nem meglepő
10	Nagyon valószínű	Várható
15	Biztos bekövetkezik	Kétségtelen
EL (Elkerülési lehetőség)		
0,9	A személyek szakképzettek, tisztában vannak a veszélyforrással és annak következményeivel	
1,1	A személyek nem szakképzettek, nem ismerik a veszélyforrás jellemzőit, következményeit	
0,9	A veszélyforrás lassan vezet károsodáshoz, lehet menekülni a veszélyes térből	
1,5	A veszélyhelyzet gyorsan, hirtelen vezet károsodáshoz, nem lehetséges a veszélyes térből a menekülés	
0,9	A veszélyforrás könnyen azonosítható, figyelmeztetésekkel el van látva	
0,9	A veszélyforrás könnyen felismerhető (pl. mozgó géprész)	
1.1	A veszélyforrás nem érzékelhető emberi érzékszervvel (pl. feszültség alatti részek, veszélyes anyagok)	

$$\text{KOCKÁZAT} = (\text{DPH} \times \text{NP}) \times (\text{FE} \times \text{LO} \times \text{EL})$$

HRN	Kockázat mértéke
0-5	Elhanyagolható
5-50	Alacsony, nem elhanyagolható
50-500	Magas
> 500	Nem elfogadható

7.3 Kockázatbecslés és kockázatcsökkentési módszer

Fenti kockázat becslési módszert követve, amely III. mellékletben részletesen megtalálható a következő eredményekre jutottam:

1. Veszély forrás: A két motor tengelyére helyezett, megfogható hengeres test „mozgó gép-rész” és „összeforgó hengerpár”, amik távolsága lehetővé teszi kéz, csukló berántását. Ezeket normál üzem (tesztelés) közben meg kell tudni érinteni.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Becsípődés
- Kéz berántása

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
2	2	4	1	1,1	17,6

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép mozgó részein nincsenek éles élek, sarkok.
- A gép használati útmutatójában felhívják a figyelmet a gép mechanikai veszélyeire.
- A használati útmutatóban elő van írva, hogy a rögzített burkolatokat ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos.
- A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségessége és tartalma szerepel kell a használati útmutatóban.
- A hengerek érintése a használati útmutatóban tiltva van, a veszélyre piktogram figyelmeztet.

További szükséges intézkedés:

- A két henger közötti részt burkolattal javasolt ellátni, ami megakadályozza, hogy a kéz beszoruljon a kettő közé. Ezen a burkolaton nem lehet éles él vagy sarok, és nem lehet messzebb a mozgó részekről, mint 1mm.

2. Veszélyforrás: Áramütés veszélye a demo egység erőátviteli részein és az érinthető fém részekben.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Áramütés

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
15	1	5	0,03	1,5	3,7

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép megérinthető, villamosan aktív részei a rögzített burkolatokon belül vannak.
- A gép burkolaton kívüli aktív vezetőinek szerelése IP2X védelmi szintet eléri.
- A gépbe épített eszközök egy részének tokozásának védelme IP2X.
- A gép burkolatán elhelyezett piktogram felhívja a figyelmet az áramütés veszélyére.
- A gép kialakítása olyan, hogy normál üzemben a gépkezelőnek nem kell a burkolatok mögé nyúlnia. A főbiztosíték olvadóbetétjei is cserélhetők a burkolaton kívülről.
- A gép üzemszerűen feszültség alatt nem lévő, érinthető fém részei be vannak kötve az érintésvédelmi összekötő áramkörbe.
- A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel.
- A gép használati útmutatójában felhívják a figyelmet az áramütés veszélyére.
- Az érintésvédelmi áramkör úgy van kialakítva, hogy egy elem eltávolítása ne okozza az áramkör szétesését, azaz nem lehet benne felfűzés.
- A használati útmutatóban elő van írva, hogy a rögzített burkolatokat ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos!
- A használati útmutatóban elő van írva, hogy a burkolaton kívül szerelt eszközök helyes bekötését ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos! A gépet hibás, rosszul összeszerelt állapotban használni tilos!
- A használati útmutatóban elő van írva feszültségmentesítés a karbantartás miatti burkolat megbontás esetére.
- A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségességének és tartalmának szerepelnie kell a használati útmutatóban.

További szükséges intézkedés:

- Javasolt a gépbe épített villamos eszközök bekötését, különösen a 230VAC feszültségű részeket, IP2X védelmüre megszerelni (zsugorcső, burkolat, szigetelés, stb...).

3. Veszélyforrás: A gép működése során kibocsátott zajhatás során fellépő zajexpozíció.

Életciklus: Normál üzem

Lehetséges következmény:

- Rossz közérzet
- Stressz

- Fáradtság

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
6	2	5	0,03	0,9	1,8

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép által kibocsájtott hang teljesítménye nem éri el a 75dB-t.

4. Veszélyforrás: A motorok, mint hőforrások

Életciklus: Normál üzem

Lehetséges következmény:

- Égés
- Bőrpír

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
0,5	1	5	0,03	0,9	00,7

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A burkolatokon elhelyezett piktogramok felhívják a figyelmet a forró felületek veszélyére.
- A gép kialakítása olyan, hogy normál üzemben a gépkezelőnek nem kell a motorokhoz nyúlnia.
- A használati útmutatóban felhívják a figyelmet a forró felületek okozta kockázatra.
- A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségességének és tartalmának szerepelnie kell a használati útmutatóban.

5. Veszélyforrás: A gép téves működtetése

Életciklus: Normál üzem

Lehetséges következmény:

- Becsípődés
- Ijedésből eredő kisebb sérülés

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
2	1	1,5	1	1,1	3,3

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép kezelőszervei és visszajelzései el vannak látva felirattal.
- A gép rendelkezik használati útmutatóval.
- A gép kezelői oktatás keretében tesztelik majd a demó egységet. Az oktató és az oktatási anyag segíti a helyes működtetést.
- A gép környezete jól belátható, megfelelően megvilágított.
- A gép el van látva váratlan indulás elleni védelemmel (nyugtázás, feszültség csökkenés elleni védelem).
- A géphez tartozik egy vészgomb, ami a veszélyes mozgást leállítja, az erőátviteli részt lekapcsolja.
- A használati útmutatónak és a villamos tervnek szükséges hozzáférhetőnek lennie minden demó egységnél.
- A vészgomb működése és megfelelő elhelyezése (elmozdítható tokozott vészgomb) elő van írva a használati útmutatóban. Erre a részre oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet.
- A használati útmutató tartalma megfelel a 2006/42/EK irányelv I. mellékletének 1.7.4. pontjának.

6. Veszélyforrás: Vezérlőrendszer meghibásodása.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Becsípődés
- Ijedésből eredő kisebb sérülés

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
2	1	5	0,03	1,1	0,36

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép vezérlése jól bevált, ipari alkalmazásra szánt eszközökből van felépítve.

- A gép vezetékezése és kábelezése védetten van kiépítve.
- A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel.
- A gép el van látva feszültség csökkenés elleni védelemmel.
- A gép vezérlőrendszerének elemei el vannak látva tervjellel a villamos tervvel összhangban.
- Karbantartási utasítások vannak előírva a használati útmutatóban.
- A gép betáplálási alapadatait a használati útmutatóban helyesbítve vannak (16A-ról 10-re).
- A géphez tartozik aktuális villamos terv.
- A biztosíték cseréjének menete szerepel a gép használati útmutatójában.
- A használati útmutató „Karbantartás” fejezetében elő van írva a gép időszakos szemrevételezéssel történő átvizsgálását. Hiba esetén a gépet használni tilos!

További szükséges intézkedés:

- A főbiztosíték olvadóbetétjeinek adatait (méret, névleges áram) javasolt a gép burkolatán is feltüntetni.

7. Veszélyforrás: A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részének meghibásodása.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Becsípődés
- Ijedésből eredő kisebb sérülés

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
2	1	5	0,03	1,1	0,36

Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A gép vezérlése jól bevált, ipari alkalmazásra szánt eszközökből van felépítve.
- A gép vezetékezése és kábelezése védetten van kiépítve.
- A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel.
- A gép el van látva feszültség csökkenés elleni védelemmel.

- A gép vezérlőrendszerének elemei el vannak látva tervjellel a villamos tervvel összhangban.
- A gép biztonsági rendszerének hatástalanítására a kezelőnek nincs, vagy csak kevés motivációja van.
- A biztonsági rendszer olyan kialakítású, hogy a veszélyes meghibásodás valószínűsége alacsony legyen ($PL=c$).
- A használati útmutatóban elő van írva a vészgomb próbája minden tesztelés előtt. Erre a részre oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet.
- A használati útmutatóban elő van írva, hogy a gép hibás biztonsági rendszerrel nem használható.

8. Veszélyforrás: A gép (25kg) mozgatása miatti terhelés expozíciója.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Hátsérülés
- Izom húzódás

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
0,5	1	5	1	0,9	2,25

Jelenlegi kockázatsökkentési módszer:

- A gép a burkolatánál fogva szállítható. A burkolaton nincsenek éles élek és sarkok.
- A gép tömege nem haladja meg az 50kg-ot.
- A használati útmutatóban felhívják a figyelmet a helyes emelés szükségességére és a helytelen emeléssel járó kockázatokra (hátsérülés).

További szükséges intézkedés:

- Javasolt a gép burkolatát fogantyúkkal ellátni, amik elbírják a terhelést, és megkönnyítik a szállítást.
- Javasolt a géphez gurulós konténert vagy egyéb szállító eszközt mellékelni a könnyebb szállítás érdekében.

9. Veszélyforrás: Kényelmetlen testtartás a gép kezelése közben.

Életciklus: Normál üzem, hibás üzem

Lehetséges következmény:

- Diszkomfort
- Stressz

DPH	NP	FE	LO	EL	Σ
0,5	1	2,5	1	0,9	1,12

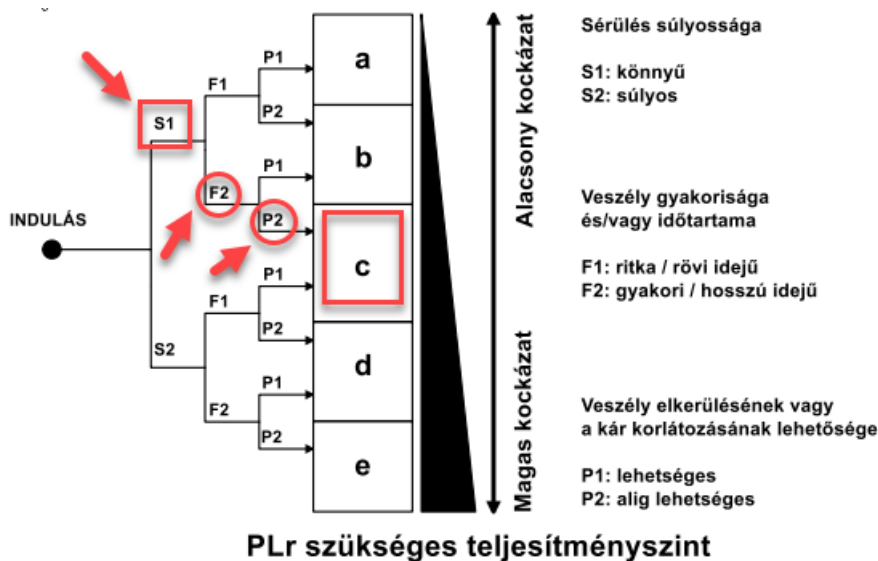
Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:

- A kezelőpanel döntött, a feliratok jól olvasshatóak.
- A gép talpa csúszásmentes.
- A használati útmutatóban elő van írva az ideális elrendezést (íróasztal, szék, magasságok, stb.).

A kockázatelemzés a jelenleg érvényben lévő műszaki szabvány, az MSZ EN ISO 12100:2011 szabvány módszertana alapján és az ezen szabványban található veszélyek figyelembevételével készült. Az elemzés során minden fellelhető veszélyforrás és a hozzá kapcsolódó feladatok, műveletek kombinációt figyelembe vettem. Az elemzés célja, hogy minden egyes veszélyforráshoz tartozó kockázat megfelelő szintre legyen redukálva tervezési, műszaki vagy szervezési védőintézkedéssel. A kockázatelemzés iterációs folyamat: amennyiben az üzemeltetési oldalról olyan visszajelzések érkeznek, amelyek nem összeegyeztethetők a kockázatelemzés eredményeivel, úgy azokra ismételt kockázatcsökkentő intézkedéseket kell hozni.

7.4 Szükséges teljesítmény szint meghatározása

Fent bemutatott vezérlő rendszertől függetlenül hozott kockázatcsökkentési intézkedések figyelembe vettünk szükséges teljesítményszint (PLr) meghatározásnál.



b. ábra: szükséges teljesítményszint meghatározása kockázati gráffal [3]

Az ábrán látható folyamat a kockázatelemzés három fő tényezőjére épül:

Sérülés súlyossága (S): Ez a tényező a lehetséges sérülés mértékét határozza meg, amely két kategóriára osztható:

- **S1:** Könnyű sérülés.
- **S2:** Súlyos sérülés.

A veszély előfordulásának gyakorisága és időtartama (F): Ez a tényező azt mutatja meg, hogy a veszély milyen gyakran fordul elő, vagy milyen hosszú ideig áll fenn:

- **F1:** Ritkán vagy rövid ideig fennálló veszély.
- **F2:** Gyakori vagy hosszú ideig fennálló veszély.

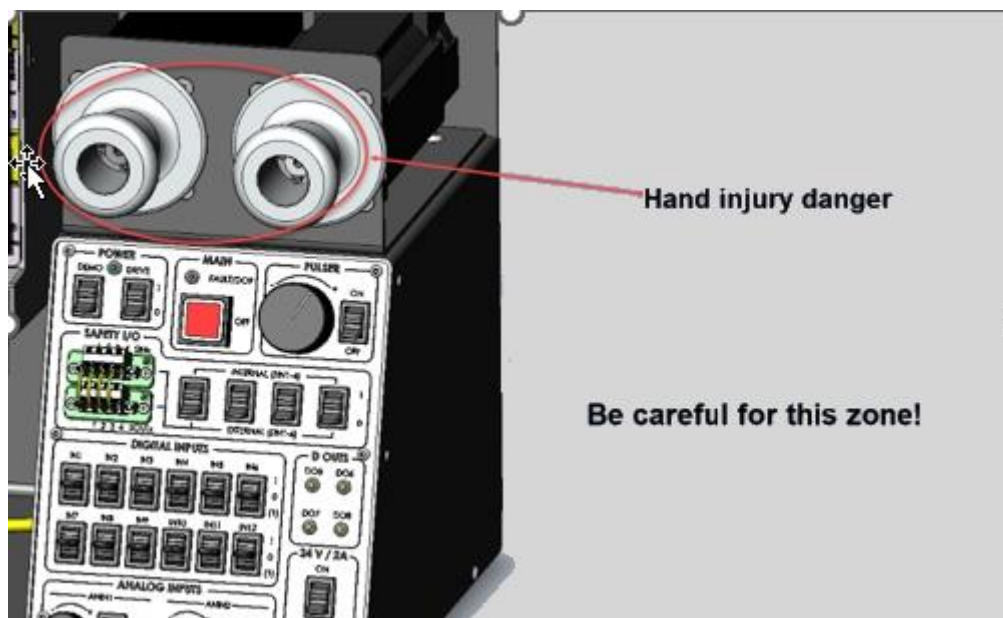
A veszély elkerülésének vagy a kár korlátozásának lehetősége (P): Ez a tényező azt értékeli, hogy mennyire lehetséges a veszélyelkerülése, vagy a kár minimalizálása:

- **P1:** Lehetséges a veszély elkerülése vagy a kár csökkentése.
- **P2:** Alig lehetséges a veszély elkerülése vagy a kár mérséklése.

Összes veszély által okozott lehetséges sérülés S1- könnyű sérülés kategóriában sorolható, a veszély előfordulásának gyakorisága és időtartama inkább F2 kategóriában, mint folyamatosan fennálló veszély tartozik, míg a veszély elkerülésének vagy a kár korlátozásának lehetősége P2 alig lehetséges a veszély elkerülése vagy a kár mérséklése.

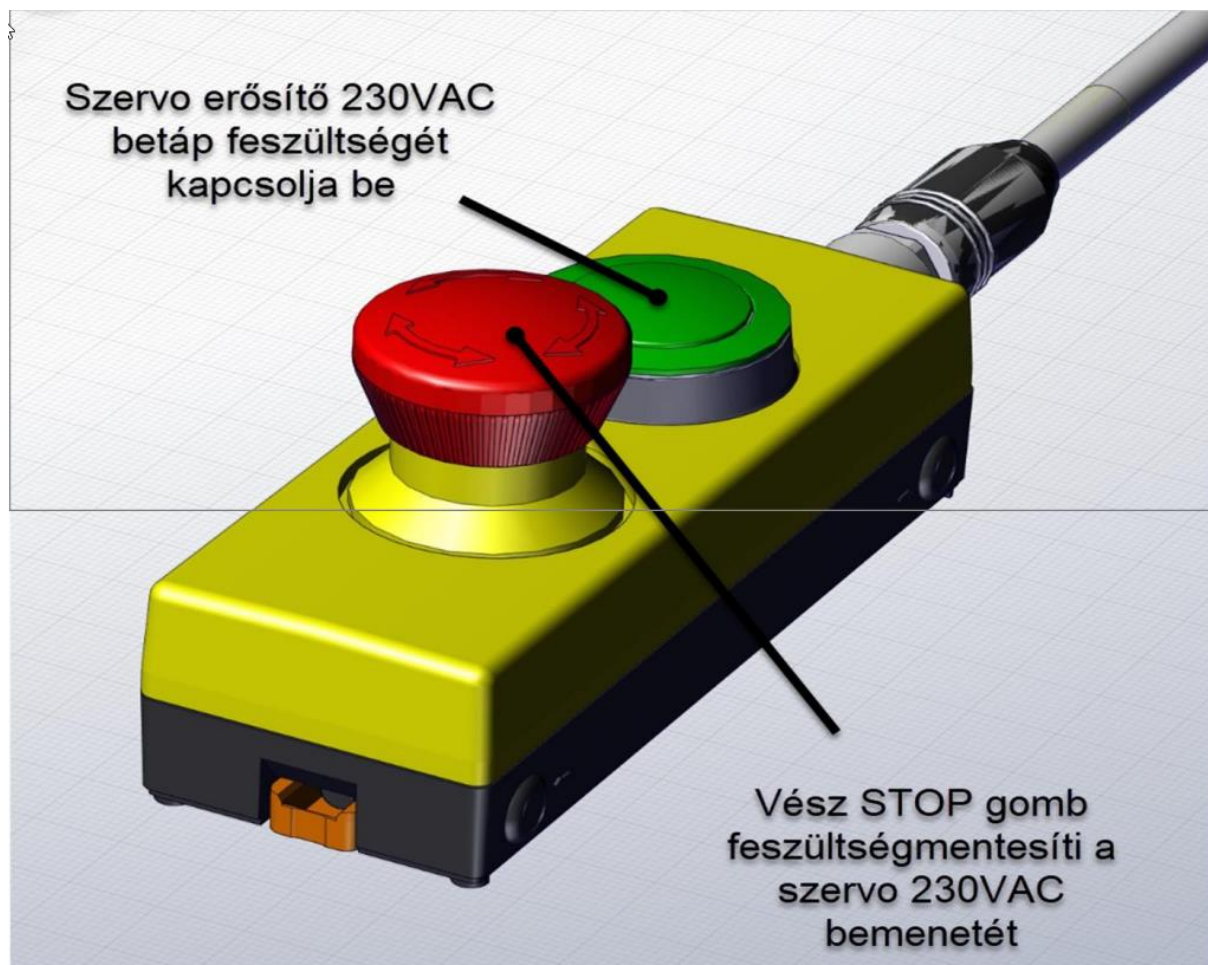
7.5 Alkalmazott biztonsági funkciók

Kollmorgen DEMO rendszer biztonságos megállítás céljából IEC 61800-5-2:2016 szabályozható fordulatszámú villamos hajtásrendszerek szabványban szereplő, STO (Safe Torque Off) biztonsági funkciót alkalmaztam. AZ STO megakadályozza, hogy a motor forgatónyomatékot termeljen, ezáltal biztosítva, hogy a motor vagy a hajtott mechanizmus ne mozogjon, amíg a funkció aktív. Legnagyobb veszélyt DEMO készlet működése során szervó erősítő által hajtót 2 darab szervomotor forgásból adódóan, kéz vagy más testrész betekerési, becsipődés veszélyből származik.



2. Kép Veszélyes zóna

Ennek megakadályozására 3.3.2 pontban leírt veszleállítási funkció 0 leállítási kategória STO alkalmazása került. Annak ellenére hogy DEMO készlet kezelő panelen külön található az egész DEMO rendszer KI/BE kapcsoló illetve külön erősítő KI/BE, és főkapcsoló gombjai, vészhelyzet esetén, rendszert kezelő személynek kötelező használni erre kijelölt biztonsági kezelőpultot rajta levő vész STOP és indító gombbal a szervó erősítő 230VAC betáp feszültségét fel illetve a vész STOP megnyomásával le kapcsolni.



3. Kép Biztonsági kezelőpult

Biztonsági kezelőpult adatlapja alapján mechanikai állóképességek 50 000 ciklusban volt meghatározva, és B10d száma pedig 250 000 ciklusban (lásd II. sz. melléklet).

Biztonsági kezelőpult villamos kapcsolási rajzon meg lehet tekinteni erősítő áram táplálásának azonnali megszakítást veszélye esetben.



Betekerés, kézsérülés elkerülése céljából két motor között ajánlatos behelyezni mechanikus elválasztó lemezt ISO 13857:2020 alapján [9].

Testrész (tájékoztató)	Ábra	Nyílás e [mm]	Biztonsági távolság, s _r [mm]		
			Horony	Négyzet	Kör
Ujjhegy		e ≤ 4	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		4 < e ≤ 6	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Ujj az ujjtőig		6 < e ≤ 8	≥ 20	≥ 15	≥ 5
8 < e ≤ 10		≥ 80	≥ 25	≥ 20	
Kéz		10 < e ≤ 12	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		12 < e ≤ 20	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		20 < e ≤ 30	≥ 850 (ha a horony hossza ≤ 65 mm, s _r ≥ 200 mm elfogadható!)	≥ 120	≥ 120
Kar a vállízületig		30 < e ≤ 40	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		40 < e ≤ 120	≥ 850	≥ 850	≥ 850

b. ábra Biztonsági távolságok

8. Gazdasági számítás

Kollmorgen DEMO készlet több alkatrészből kellett összeállítani, ami fő egységeken kívül kisebb alkatrészeket magába foglalt, illetve mérnök és szakmunkás együttes óradíjjal párosult. Összesen 20 darab készlet került legyártásra. Természetesen ROI kiszámítása oktató, bemutató célból kiépített rendszerek alapján nehezen után követő folyamat. Esetleg bizonyos évszakonként meg lehet vizsgálni eladási számok, értékek alapján oktatás így DEMO készlet gazdasági hatását. Természetesen legnagyobb költséget szervo erősítő és szervomotor alkotják.

Lenti táblázat tartalmazza rendszer alkatrész listáját teljeség igény nélkül:

Alap anyag beszerzési költsége

Termék neve	Gyártói cikkszám	Mennyiség	Ár (EUR/db)	Összeg (EUR)
BillenőkapcsolókP 10A 250VAC	135-03-179	1 db	2.64	2.64
Készülék dugasz/C14+ fuse holder	143-39-074	1 db	4.83	4.83
Biztosíték 5x20mm: 10A Közepesen Lassú,5	135-32-505	10 db	0.54	5.4
Védőkapcsoló/22-es sorozat	136-70-324	1 db	26.69	26.69
Kiegészítő modul a 22. sorozathoz	136-70-337	1 db	19.85	19.85
Készülékfej Fekete Eloxálva 35mm	110-77-350	1 db	5.34	5.34
Ipari billenőkapcsolók on-off-(on) 1P	135-03-581	12 db	4.66	55.92
Ipari billenőkapcsolók on-on 1P	135-02-945	2 db	2.94	5.88
Nagy teljesítményű áramköri lapra beültethető	137-44-310	1 db	8.22	8.22
Gumilábak 20.6mmx20.6mmx13.1mm Fekete 4	148-86-610	1 cso	1.87	1.87
Húzásirányú tehermentesítő cs.e.=100 ST	155-01-358	1 cso	6.98	6.98
Potenciométer 10 kOhm Lineáris ± 5%	164-34-389	2 db	13.99	27.98
Sorkapocs Szürke Ø=0.2-2.5mm ²	300-12-482	6 db	8.87	53.22
Hálózati kábel Schuko Dugasz IEC-320-C13	300-46-261	1 db	5.08	5.08
Fémoxid-ellenállások 1 kOhm 0.5W ± 5%	300-88-512	4 db	0.43	1.72
Alumínium gomb/Fekete/6.4mm shaft	300-92-657	2 db	2.54	5.08
Laboratóriumi hüvely Ø4mm Fekete/Piros	301-04-314	1 db	2.85	2.85
Emergency stop	69004	1 db	96.56	96.56
AKD2G-SPE-6V06D	AKD2G	1 db	2471	2471
AKM2G-32G-AND2CA00 Synchron-Servomotor	AKM2G	1 db	836	836
Összesen:				3643.11

Összeállítás és telepítési költségek

Költségkategória	Leírás	Mennyiség	Egységár (EUR)	Összeg (EUR)
Szaktérnöki munka	Rendszertervezés és beállítás	10 óra	30	300
Szakképzett technikus	Összeszerelés és bekötés	15 óra	20	300
Összes munka- és telepítési költség				600

Egyéb Költségek és Összesítés

Költségkategória	Leírás	Összeg (EUR)
Szállítási költségek	Alapanyagok és alkatrészecskék szállítása	150
Oktatási és képzési anyagok	Kézikönyv, szoftver, oktatási eszközök	250
Teljes projektköltség		4643,11

Megtérülési Idő (ROI) Számítása

A DEMO készlet megtérülését az eladott egységek alapján is meg lehet becsülni. Tegyük fel, hogy az oktatási céllal létrehozott készlet hozzájárul egy bizonyos számú Kollmorgen termék eladásához évente. Összesen elkészített DEMO készlet darab szám 20 darab. Az éves bevétel, amely a DEMO készlet közvetett hatásának köszönhető, 100,000 EURO. Az ROI így számítható:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Éves megtakarítás vagy többletbevétel}}{\text{Projektköltség}}$$

$$= 100000 / 92860 = 1.07$$

Ez azt jelenti, hogy a befektetés 100%-a megtérül 1 év alatt.

9. Összefoglalás

A szakdolgozat célkitűzése egy olyan szervohajtás rendszer kialakítása volt, amely különböző elemek – mint például szervomotorok, meghajtók és irányító pult – együttesével biztosítja az ipari automatizálás alapvető működési funkcióit, beleértve a nyomaték, sebesség és pozíció pontos vezérlését. A rendszer tervezésénél kiemelt figyelmet kapott a biztonság, így a szervohajtás rendszer az alapvető gépbiztonsági követelményeknek is megfelel. A dolgozat során bemutatott megoldások nemcsak a rendszer hatékonyságát növelik, hanem a kezelők és a környezet védelmét is biztosítják. A kockázatelemzésen keresztül részletesen feltárásra kerültek a szervohajtás működése során felmerülő potenciális veszélyek, és bemutatásra kerültek azok az intézkedések, amelyek a kockázatok minimalizálását szolgálják. Ezek közé tartozik a vészleállító rendszerek beépítése, a biztonsági funkciók alkalmazása és a megfelelő CE jelölés megszerzéséhez szükséges követelmények teljesítése. A CE jelölési folyamat minden lépése részletesen elemezve lett, különös hangsúlyt fektetve a gépbiztonságra vonatkozó szabványok és előírások teljesítésére. Ennek révén a szakdolgozat hozzájárul ahhoz, hogy a szervohajtás rendszerek megfeleljenek az iparban elvárt biztonsági szinteknek, biztosítva ezzel a hatékony és megbízható működést. A dolgozatban ismertetett módszerek és folyamatok segíthetnek másoknak is abban, hogy a szervohajtás rendszereket a legújabb szabványoknak megfelelően alakítsák ki, ezáltal növelve a munkahelyi biztonságot és a termelés hatékonyságát.

10. Summary

The **CE marking process** is a certification procedure required for products sold in the European Economic Area (EEA) to confirm their compliance with EU safety, health, and environmental protection standards. This marking indicates that the product can be legally sold within the EU and is safe for its intended use. For machinery like servo drive systems, the CE marking process is essential to demonstrate compliance with relevant EU directives, such as the **Machinery Directive (2006/42/EC)**, the **Low Voltage Directive (2014/35/EU)**, and the **Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive (2014/30/EU)**.

The primary goal of this thesis was to design a servo drive system using various components, including servomotors, drives, and a control panel, to enable precise control of torque, speed, and position for industrial automation applications. A strong focus was placed on meeting fundamental safety requirements to ensure both efficient operation and the safety of operators and the surrounding environment.

This thesis provides a detailed risk assessment of potential hazards that may arise during the operation of the servo system, along with measures to mitigate these risks. Key safety features, such as emergency stop systems and compliance with CE marking requirements, were implemented to enhance the system's reliability and safety.

The CE marking process is thoroughly analyzed, with particular emphasis on meeting machine safety standards and regulations. By adhering to these standards, the servo drive system aligns with industry safety expectations, ensuring effective and secure operation. The methods and processes presented in this thesis offer valuable insights for others aiming to develop compliant and safe servo drive systems, contributing to workplace safety and production efficiency.

11. Nyilatkozat

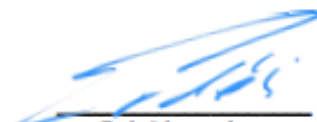
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Papasvili Georgij (név) (hallgató Neptun azonosítója: BEJOWT) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024. év 10. hó 14. nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő alá húzandó.

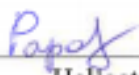
³ A megfelelő alá húzandó.

NYILATKOZAT

Alulírott Papasvili Georgij, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Ipari Gépek Biztonsága Szakmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Szakdolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2024. év 10. hó 14. nap


Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

Szakdolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2024. év 10. hó 14. nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Papasvili Georgij
A Hallgató Neptun kódja: BEJOWT
A dolgozat címe: Kollmorgen DEMO szervó rendszer gépbiztonsági szabványoknak megfelelő alakítása
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Műszaki intézet Mechatronikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2024 év 10. hó 09. nap


Hallgató aláírása

12. Irodalomjegyzék

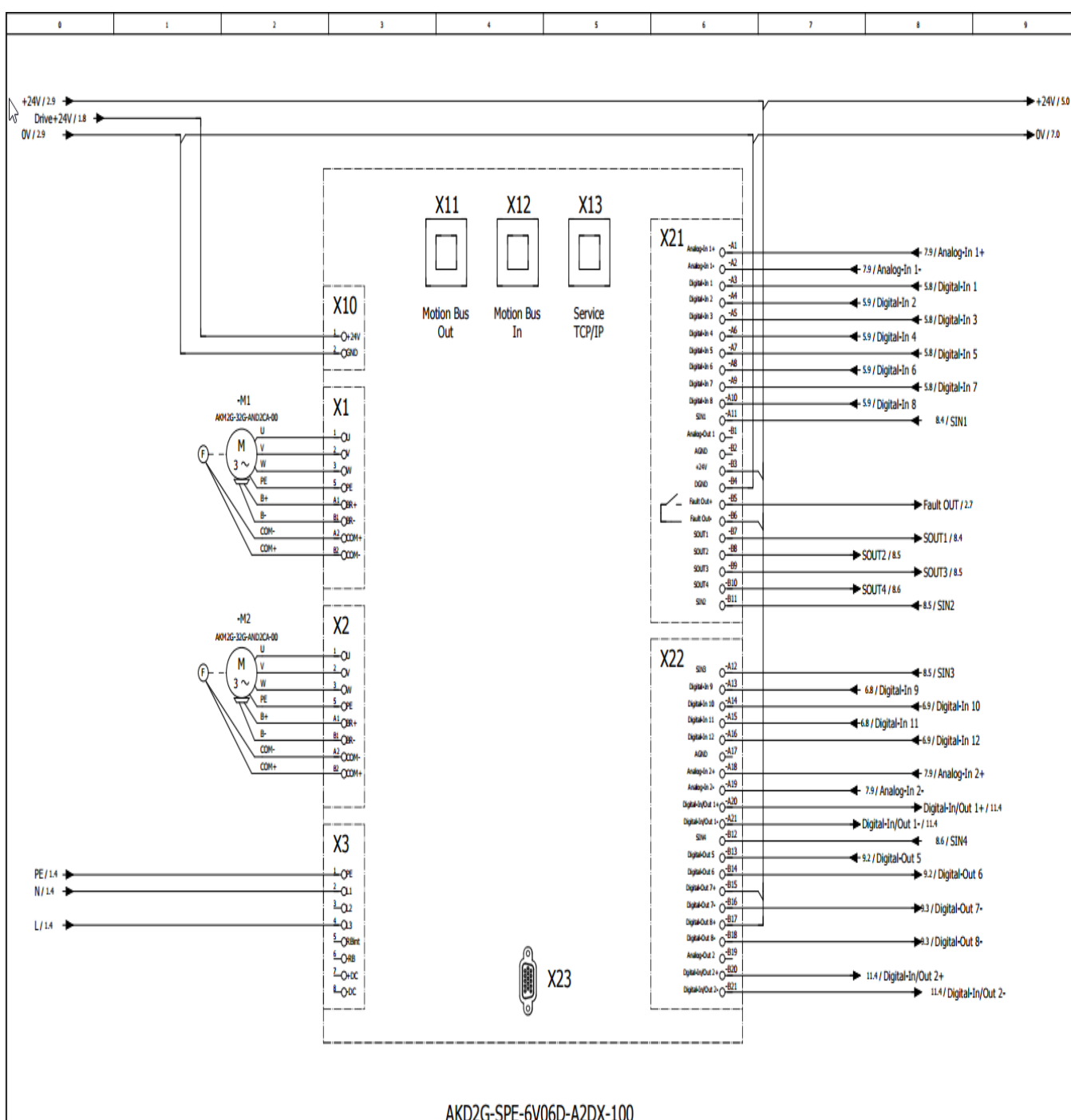
- [1] Az Európai Parlament és a Tanács 2006/42/EK irányelve (2006. május 17.) a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról
- [2] Kollmorgen AKD®2G-Sxx with Functional Safety Option 1 STO - SIL2 Installation Manual, English
- [3] Dr. Földi László József, Berencsi Bence, Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében, Budapest: Magyar Mérnöki Kamara, 2022.
- [4] GÉPEK JELÖLÉSE & ÜZEMBE HELYEZÉSE Berencsi Bence ELŐADÁS 2024
- [5] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2014/35/EU IRÁNYELVE
- [6] Sick Special information Guide for Safe Machinery hu IM0062400
- [7] MSZ EN 60204-1:2019 Gépek biztonsága. Gépek villamos szerkezetei. 1. rész: Általános követelmények (IEC 60204-1:2016, módosítva)
- [8] MSZ EN ISO 12100:2011
- [9] MSZ EN ISO 13857:2020 Gépek biztonsága. Biztonsági távolságok a veszélyes terek felső és alsó végtagokkal való elérésének megakadályozására/megelőzésére (ISO 13857:2019)
- [10] Austin Hughes - Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications
- [11] Slobodan N. Vukosavic – Digital Control of Electrical Drives
- [12] Raffai Miklós – Villamos hajtások és vezérlések
- [13] Dr. Kovács József - Irányítástechnikai alapismeretek
- [14] Kovács László - Erősítők és alkalmazásaik
- [15] Dr. Csanádi József és Dr. Lantos Béla - Automatizálási rendszerek
- [16] Dr. Horváth Tibor - Elektromechanikai hajtások és alkalmazások
- [17] Dr. Csanádi József - Villamos gépek

-
- [18] Dr. Varga István - Szabályozástechnika I-II.
- [19] Dr. Varga István – Szabályozástechnika
- [20] Dr. Horváth Tibor - Elektronikai alapok és erősítéstechnika

13. Mellékletek

I. Melléklet

Villamos kapcsolási rajz



II. Melléklet

AKD2G erősítő villamos paraméterei

Electrical data Supply	
Operating voltage DC min.	1 V
Operating voltage DC max.	36 V
Operating voltage DC (UL-listed)	30 V
Operating current	1,5 A
Device protection	
Condition lifetime	load-dependent, temperature dependent
Device protection Electrical	
Degree of protection (EN IEC 60529)	IP65
Electrical lifetime	50000 Cycles
Device protection Mechanical	
Mechanical endurance	50000 Cycles
Operating life B10d	250000 Cycles
Mechanical data	
Bounce time max.	10 ms
Mechanical data Material data	
Material contact	AgNi
Mechanical data Mounting data	
Height	52 mm
Width	124 mm
Depth	42 mm
Environmental characteristics Climatic	
Operating temperature min.	-25 °C
Operating temperature max.	70 °C
Storage temperature min.	-25 °C
Storage temperature max.	85 °C
Technical Data Reliability	
Lambda normally closed contact	20 %

III. Melléklet
Kockázat becslés

Figyelembevett veszélycsoportok									
☒ Mechanikai	☒ Villamos	☐ Termikus	☐ Zaj	☐ Rezgés	☐ Sugárzás				
☐ Anyagok	☒ Ergonómia	☐ Környezet	☐ Kombinációk						
Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
1.	A két motor tengelyére helyezett, megfogható hengeres test „mozgó géprész” és „összeforgó hengerpár”, amik távolsága lehetővé teszi kéz, csukló berántását. Ezeket normál üzem (tesztelés) közben meg kell tudni érinteni.	Normál üzem, hibás üzem	• Becsapódás • Kéz berántása	2	2	4	1	1,1	17,6
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer: • A gép mozgó részein nincsenek éles élek, sarkok. • A gép használati útmutatójában felhívják a figyelmet a gép mechanikai veszélyeire. • A használati útmutatóban elő van írva, hogy a rögzített burkolatokat ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos. • A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségessége és tartalma szerepel kell a használati útmutatóban. • A hengerek érintése a használati útmutatóban tiltva van, a veszélyre piktogram figyelmeztet. További szükséges intézkedés: • A két henger közötti részt burkolattal javasolt ellátni, ami megakadályozza, hogy a kéz beszoruljon a kettő közé. Ezen a burkolaton nem lehet éles él vagy sarok, és nem lehet messzebb a mozgó részekről, mint 1mm.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
2.	Áramütés veszélye a demo egység erőátviteli részein és az érinthető fém részekben.	Normál üzem, hi- bás üzem	Áramütés	15	1	5	0,0 3	1,5	3,7
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer: - A gép megérinthető, villamosan aktív részei a rögzített burkolatokon belül vannak. - A gép burkolaton kívüli aktív vezetőinek szerelése IP2X védelmi szintet eléri. - A gépbe épített eszközök egy részének tokozásának védelme IP2X. - A gép burkolatán elhelyezett piktogram felhívja a figyelmet az áramütés veszélyére. - A gép kialakítása olyan, hogy normál üzemben a gépkezelőnek nem kell a burkolatok mögé nyúlania. A főbiztosíték olvadóbetétjei is cserélhetők a burkolaton kívülről. - A gép üzemszerűen feszültség alatt nem lévő, érinthető fém részei be vannak kötve az érintésvédelmi összekötő áramkörbe. - A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel. - A gép használati útmutatójában felhívják a figyelmet az áramütés veszélyére. - Az érintésvédelmi áramkör úgy van kialakítva, hogy egy elem eltávolítása ne okozza az áramkör szétesését, azaz nem lehet benne felfűzés. - A használati útmutatóban elő van írva, hogy a rögzített burkolatokat ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos! - A használati útmutatóban elő van írva, hogy a burkolaton kívül szerelt eszközök helyes bekötését ellenőrizni kell tesztelés előtt, és ezeket tesztelés közben megbontani tilos! A gépet hibás, rosszul összeszerelt állapotban használni tilos! - A használati útmutatóban elő van írva feszültségmentesítés a karbantartás miatti burkolat megbontás esetére. - A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségességének és tartalmának szerepelnie kell a használati útmutatóban.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
További szükséges intézkedés:									
Javasolt a gépbe épített villamos eszközök bekötését, különösen a 230VAC feszültségű részeket, IP2X védelműre megszerelni (zsugorcső, burkolat, szigetelés, stb...).									
Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
3.	A gép működése során kibocsájtott zajhatás során fellépő zajexpozíció.	Normál üzem	- Rossz közérzet - Stressz - Fáradtság	6	2	5	0,03	0,9	1,8
Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:									
A gép által kibocsájtott hang teljesítménye nem éri el a 75dB-t.									
További szükséges intézkedés:									
-									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
4.	A motorok, mint hőforrások.	Normál üzem	- Égés - Bőrpír	0,5	1	5	0,0 3	0,9	0,0 7
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer: - A burkolatokon elhelyezett piktogramok felhívják a figyelmet a forró felületek veszélyére. - A gép kialakítása olyan, hogy normál üzemben a gépkezelőnek nem kell a motorokhoz nyúlnia. - A használati útmutatóban felhívják a figyelmet a forró felületek okozta kockázatra. - A használati útmutató veszélyekre figyelmeztető részeire oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. Az oktatás szükségességének és tartalmának szerepelnie kell a használati útmutatóban.									
További szükséges intézkedés: -									
5.	A gép téves működtetése.	Normál üzem	- Beccípődés - Ijedésből eredő kisebb sérülés	2	1	1,5	1	1,1	3,3
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer: A gép kezelőszervei és visszajelzései el vannak látva felirattal.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
- A gép rendelkezik használati útmutatóval. - A gép kezelői oktatás keretében tesztelik majd a demó egységet. Az oktató és az oktatási anyag segíti a helyes működtetést. - A gép környezete jól belátható, megfelelően megvilágított. - A gép el van látva váratlan indulás elleni védelemmel (nyugtázás, feszültség csökkenés elleni védelem). - A géphez tartozik egy vészgomb, ami a veszélyes mozgást leállítja, az erőátviteli részt lekapcsolja. - A használati útmutatónak és a villamos tervnek szükséges hozzáférhetőnek lennie minden demó egységnél. - A vészgomb működése és megfelelő elhelyezése (elmozdítható tokozott vészgomb) elő van írva a használati útmutatóban. Erre a részére oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. - A használati útmutató tartalma megfelel a 2006/42/EK irányelv I. mellékletének 1.7.4. pontjának.									
További szükséges intézkedés:									
Javasolt írott oktatási anyag készítése, ami tartalmazza a programozási feladatok végrehajtásának lépéseit.									
6.	Vezérlőrendszer meghibásodása.	Normál üzem, hiba állapot	- Becsípődés - Ijedésből eredő kisebb sérülés	2	1	5	0,0 3	1,1	0,3 6
Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:									
- A gép vezérlése jól bevált, ipari alkalmazásra szánt eszközökből van felépítve. - A gép vezetékezése és kábelezése védetten van kiépítve.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
- A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel. - A gép el van látva feszültség csökkenés elleni védelemmel. - A gép vezérlőrendszerének elemei el vannak látva tervjellel a villamos tervvel összhangban. - Karbantartási utasítások vannak előírva a használati útmutatóban. - A gép betáplálási alapadatait a használati útmutatóban helyesbítve vannak (16A-ról 10-re). - A géphez tartozik aktuális villamos terv. - A biztosíték cseréjének menete szerepel a gép használati útmutatójában. - A használati útmutató „Karbantartás” fejezetében elő van írva a gép időszakos szemrevételezéssel történő átvizsgálását. Hiba esetén a gépet használni tilos!									
További szükséges intézkedés: A főbiztosíték olvadóbetétjeinek adatait (méret, névleges áram) javasolt a gép burkolatán is feltüntetni.									
7.	A vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő részének meghibásodása.	Normál üzem, hiba állapot	- Becsípődés - Ijedésből eredő kisebb sérülés	2	1	5	0,0 3	1,1	0,3 6
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer: - A gép vezérlése jól bevált, ipari alkalmazásra szánt eszközökből van felépítve. - A gép vezetékezése és kábelezése védetten van kiépítve.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
- A gép aktív vezetői el vannak látva a keresztmetszetüknek megfelelő vezetékvédelemmel. - A gép el van látva feszültség csökkenés elleni védelemmel. - A gép vezérlőrendszerének elemei el vannak látva tervjellel a villamos tervvel összhangban. - A gép biztonsági rendszerének hatástalanítására a kezelőnek nincs, vagy csak kevés motivációja van. - A biztonsági rendszer olyan kialakítású, hogy a veszélyes meghibásodás valószínűsége alacsony legyen (PL=c). - A használati útmutatóban elő van írva a vészgomb próbája minden tesztelés előtt. Erre a részre oktatás keretében szükséges felhívni a figyelmet. - A használati útmutatóban elő van írva, hogy a gép hibás biztonsági rendszerrel nem használható.									
További szükséges intézkedés:									
-									
8.	A gép (25kg) mozgatása miatti terhelés expozíciója.	Normál üzem, hiba állapot	- Hátsérülés - Izom húzódás	0,5	1	5	1	0,9	2,25
Jelenlegi kockázatcsökkentési módszer:									
- A gép a burkolatánál fogva szállítható. A burkolaton nincsenek éles élek és sarkok. - A gép tömege nem haladja meg az 50kg-ot.									

Ssz.	Veszélyforrás	Életciklus	Lehetséges következmény	Kockázati szint					
				D PH	N P	FE	L O	E L	Σ
A használati útmutatóban felhívják a figyelmet a helyes emelés szükségességére és a helytelen emeléssel járó kockázatokra (hátsérülés).									
További szükséges intézkedés:									
Javasolt a gép burkolatát fogantyúkkal ellátni, amik elbírják a terhelést, és megkönnyítik a szállítást. Javasolt a géphez gurulós konténert vagy egyéb szállító eszközt mellékelni a könnyebb szállítás érdekében.									
9.	Kényelmetlen testtartás a gép kezelése közben.	Karbantartás, hiba állapot	- Diszkomfort - Stressz	0,5	1	2,5	1	0,9	1,1 2
Jelenlegi kockázatsökkentési módszer:									
- A kezelőpanel döntött, a feliratok jól olvashatóak. - A gép talpa csúszásmentes. - A használati útmutatóban elő van írva az ideális elrendezést (íróasztal, szék, magasságok, stb.).									
További szükséges intézkedés: -									

