



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépipari automatizálási szakmérnök

Automata mérőcella tervezése

Belső konzulens: Erdélyi Viktor Ferenc
Egyetemi tanársegéd

Külső konzulens: Simonovics Tamás
Karbantartó mérnök

Készítette: **Domonics László**
R8PWCM
Levelező

Intézet/Tanszék: Műszaki intézet,
Mechatronika tanszék

Gödöllő

2024.

Kitöltött feladatlap



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET

Gépészeti Automatizálási szakmérnök / szakember

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Domonics László (R8PWCM)

részére

A szakdolgozat címe:

Automata mérőcella tervezése

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozás, Probléma bemutatás, automata mérőcella tervezése, vezérlés megvalósítása, sűrítettlevegő betáplálás, burkolat és biztonsági funkciók, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Simonovics Tamás*, Karbantartó mérnök, Mercedes-Benz Manufacturing Hungary 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)

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	3
1.1	Téma jelentősége.....	3
1.2	Célkitűzés	4
2	Szakirodalom feldolgozása	5
2.1	Ipari automatizálási folyamatok áttekintése	5
2.1.1	Ipari automatizálás	5
2.1.2	Ipari automatizálás társadalmi kapcsolata	5
2.1.3	Az ipari automatizálás területei	6
2.1.4	Az ipari automatizálás előnyei.....	6
2.1.5	Az automatizálás kulcselemei.....	7
2.2	Az ipar 4.0.....	8
2.2.1	Ipar 4.0 negatív társadalmi hatása.....	8
2.3	Programozható rendszerek	9
2.3.1	A PLC-ről általánosságban	9
2.3.2	PLC kialakulása	9
2.3.3	Mi a PLC?	10
2.3.4	A PLC működése	10
2.3.5	PLC felépítése.....	12
2.3.6	Standard PLC programozási nyelvek.....	13
2.4	A programozható logikai vezérlők eszközei és működésük	15
2.4.1	Pneumatikus munkavégzők	16
2.5	Automata berendezések védőburkolatai.....	19
2.5.1	A védőburkolatok funkciói	19
2.5.2	A rögzített védőburkolatok követelményei.....	19
2.5.3	A nyitható védőburkolatok követelményei.....	19

2.5.4	Nyitható rögzített védőburkolatok felszerelése	20
2.5.5	Nyitható védőburkolatok	20
2.5.6	Nyitható védőburkolatok zárt helyzete	20
2.5.7	Biztonsági távolságok a felső és alsó végtagokkal való hozzáférés megakadályozására.....	20
3	Anyag és módszer	22
3.1	Mérőcella létrehozásának döntés előkészítése	22
3.2	Automatizálás előtti gyártás bemutatás	23
3.3	Mérőcella tervezés.....	27
3.4	Vezérlés megvalósítása	31
3.5	Levegő előkészítés és szelepterminál.....	32
3.6	A mérőcella burkolata és biztonsági funkciója	34
3.7	Kockázatértékelés.....	37
3.7.1	Teljesítmény szint és vezérlési kategória meghatározása.....	39
3.8	Beruházás bekerülési költsége.....	44
3.9	Mérőcella összeszerelése.....	45
3.9.1	Váz és szerkezeti elemek összeállítása	45
3.9.2	Pneumatikus munkavégzők beszerelése	46
3.9.3	Villamos szekrény összeállítása.....	47
3.10	Szervo hajtás konfigurálása.....	48
3.11	Mérőcella tesztüzem.....	49
4	Gazdasági számítás	52
5	Összefoglalás.....	54
6	Summary	55
7	Irodalomjegyzék.....	58
8	Mellékletek.....	1

1 Bevezetés

Szakdolgozatom témájának egy kis és közepes vállalkozások csoportjába tartozó fémmegmunkáló cég, Szűcs József Egyéni Vállalkozó első automatizált rendszerének bemutatását választom, ahol felelős projekt gazdaként egy csapattal vettem részt a biztonságos gyártási folyamat kialakításában, a tervezésen-, különféle komponensek beszerzésén keresztül, szerelésen át a tesztüzemtől az éles indításig. Ezen vállalkozásnál több mint 14 éve tevékenykedem aktívan illetve az utóbbi években a menedzsment tagjaként is. Ezen időszak alatt volt lehetőségem nagy vállalatokkal megismerkedni, úgy, mint például FESTO-AM Gyártó Kft., JUNGHEINRICH emelőtechnikai és raktározási cégcsoport németországi gyárai, továbbá VOLKSWAGEN Group és még további multinacionális vállalatok. Ezen vállalatok közül Szűcs József Egyéni Vállalkozó automatizált gyártási folyamatát fogom, részben bemutatni mely a VOLKSWAGEN csoport számára fog készíteni fémalkatrészeket több milliós darabszámban, éves viszonylatban.

1.1 Téma jelentősége

A forgácsolt fémalkatrészek előállítása során, Magyarországon egyre nagyobb teret kapnak különféle automatizált megoldások bevezetése kis és közepes vállalkozások körében, úgy ahogy már évekkel korábban a nagyobb multinacionális vállalatok ezen irányt meghatározták. Ezen vállalkozások mindamellett, hogy folyamatosan törekednek csúcstechnológiával ellátott berendezések alkalmazására a termékelőállítás során, számos probléma merülhet fel a gyártási folyamatban. Általánosságban jelenleg Magyarországon, ha az ipar különféle területeit vizsgáljuk, mindenhol körvonalazódik, hogy szakember hiány lép fel, ezért a piaci versenyképesség és hatékonyság növelése érdekében a vállalkozások aktívan törekednek a saját termékeik előállítása során valamilyen automatizált rendszer kialakítására. A gyártócégek elsődleges feladata, hogy a piacon minél aktívabban tudjanak vevőket kiszolgálni, ezért kiemeleten fontos, hogy a termék előállítása mennyi időt vesz igénybe illetve a felállított rendszerrel mennyire tud stabil minőséget és biztonságos munkakörnyezetet produkálni. Ahhoz, hogy a rendszer stabilitását növelni lehessen, ezért a gyártási folyamatból a humán erőforrás által okozott/okozható hibákat minimalizálni kell. Ennek következtében a vállalkozások erőteljesen elemezni kezdték, hogy a termékeik előállítása során milyen műveleteket lehetséges automata rendszerben üzemeltetni, így maximalizálva a kibocsátott volument és a vevői követelményeknek való megfelelést.

1.2 Célkitűzés

Automata mérőcella létrehozása, ami a gyártási folyamatban minőségellenőrzést és kiértékelést végez az előírt műszaki követelmények alapján. Fontos számomra a valós idejű adatgyűjtés a gyártási folyamatból, melynek elemzésével a gyártás technológia stabilitását tudom növelni.

2 Szakirodalom feldolgozása

2.1 Ipari automatizálási folyamatok áttekintése

2.1.1 Ipari automatizálás

A mai világban az egyik legfontosabb technológiai újítás az ipari automatizálás. Ezen folyamat során jelentősen átalakulnak a gyártási és az ipari tevékenységek a vállalatok életében. A cél olyan rendszerek bevezetése, melyek segítségével az ipari feladatokat automatizáltan, emberek beavatkozásától független módon lehessen megvalósítani például robotok és számítógépek alkalmazásával. A pozitívumok közé sorolható, hogy a cégek alacsonyabb költségek mellett javítják a termelés minőségét és magasabb szintre emelik a hatékonyságot. A fejlesztés során megfigyelhető lesz, hogy redukálódni fog a mindennapokban az ember által okozta problémák esélye. [1]

Az automatizálási technológia olyan számítógépeket, robotokat, illetve egyéb intelligens készülékeket használ, melyek önálló működésre képesek, így az emberi munkaerő szükségességét csökkenti vagy teljes egészében kiváltja. Régen a munkaerő saját kezűleg, manuálisan valósította meg a munkafolyamatokat, azonban a modern kor magával hozta a fejlesztés igényét, így jött létre az ipari automatizálás az intelligens eszközök használatával. Ennek eredményeképpen az iparban magasabb termelékenység és hatékonyság érhető el. [1]

2.1.2 Ipari automatizálás társadalmi kapcsolata

Az ipari automatizálás különböző módokon befolyásolhatja az emberi munka iránti keresletet. Nagyobb szükség van az emberi munka iránt a kiegészítő részfeladatokban, amennyiben egy összetett feladat lépéseit automatizálják. Az emberi munka iránti kereslet csökken, ha a vállalatnál egy adott tevékenységet teljes egészében automatizálnak. Amennyiben egy feladat összetett és legalább két részfeladat elvégzését igényli, akkor fontos különbség, hogy a részfeladatok közül csak egyesek, vagy az összes automatizálható. A nem automatizált részfeladatok relatív értékét növeli, ha nem az összes részfeladat automatizálódik, csak néhány. Ezt a hatást képes visszafordítani, ha a részfeladatokat automatizáljuk. A teljes automatizáltság az embert és a programozható gépet egymás helyettesítőjévé teszi, míg a részleges automatizáltság kiegészíti ezeket. A stabil foglalkoztatás és a növekvő bérigény akkor biztonságos, ha a teljes automatizálás technológiai szempontból nem kivitelezhető. Emiatt a komplex feladatok teljes automatizálásának elérése stabil és tartós emelkedést adhat a termelés növekedéséhez. [2] [3]

2.1.3 Az ipari automatizálás területei

Az ipari automatizálás területeit tekintve nagyon széles skálán mozog a vállalatok életében. A gyártástól kezdve egészen a csomagolásig, az anyagkezelésig és még további területekre kiterjedhet a mindennapok megkönnyítése érdekében. A gyártó cégek több terméket tudnak előállítani, így emelni tudják a termelési sebesség mutatójukat. Az előállított termékek minőségét tudják korrigálni és a működési költségek csökkentésére is van lehetőségük a folyamat bevezetésével. A csomagolás területén használt automatizálási rendszer segítségével minimális eltéréssel történhet meg a csomagolás, hiszen pontosabb és gyorsabb kivitelezést tudunk elérni a technológia alkalmazásával. A különböző anyagok elmozdításának megfelelő helyre, megfelelő időben történő elhelyezését futószalagok és robotkarok segítik. A termékek átesnek különböző minőség ellenőrzési folyamatokon a hibák felismerése érdekében, ahol az automatizáció lehetővé teszi kamerák és precíziós szenzorok használatát. [1]

2.1.4 Az ipari automatizálás előnyei

Az iparágak tekintetében az egyik legnagyobb és kiemelkedő előnye az automatizálásnak, hogy ezek a rendszerek a nélkül is folyamatosan működés alatt vannak, hogy az alkalmazott munkaerő beavatkozna, így magasabb termelést idéznek elő. Például műszakváltás során lévő kieső idő ebben az esetben nincsen. Az emberi beavatkozás során nagyobb a hibázás lehetősége. Kézi gyártás során lehetetlenség olyan precíz és pontos munkát elérni, mint az automatizált rendszer segítségével. Amely vállalatok átállnak az automatizált rendszerek használatára, ott a munkavállalók csak speciális tevékenységgel foglalkoznak a mindennapok során. Például a különböző anyagok mozgatását végzik, a gépeket ellenőrzik, felügyelik és az előállított terméket felülvizsgálják. A fejlesztés bevezetésével a munkaerőnek nem lesznek ismétlődő tevékenységei, amit el kell végeznie, így jóval alacsonyabb lesz a munkahelyi balesetek előfordulásának esélye. Ezáltal jóval több termelést vihetnek végbe és azon feladatokat helyezhetik előtérbe, melyek igénylik a szakmai tudásukat. További nagyon fontos előnye az automatizálásnak, hogy a vezetők számára átláthatóbbá teszi a különböző tevékenységeket, folyamatokat, melyek a cég életében fontos szerepet töltenek be. A vállalatoknak a kezdetekkor számos rizikófaktorral is szembe kell nézni. Nagyobb beruházást igényelnek az automatizált gépek beszerzései, telepítései. Ezen gépek, berendezések, illetve az általuk működő termelés igényelhet azonnali beavatkozást különböző problémák megjelenésekor. A munkaerő kapacitása korlátozott, hiszen egyszerre több feladatot is végeznek a cégek működése érdekében, így középtávon magasabb költségek merülhetnek fel a problémák kiküszöbölése

miatt. A fejlesztés hosszú távon visszatérül a vállalkozások részére, hiszen magasabb szinten tudnak termelni, alacsonyabb bérköltségek mellett. [1]

2.1.5 Az automatizálás kulcselemei

Az automatizálás hatékony működéséhez az alábbi kulcsfontosságú elemek szükségesek:

- **Programozható Logikai Vezérlők (PLC):** A PLC-k az ipari automatizálás egyik legfontosabb részei, hiszen a különböző gépek és folyamatok működésének vezérlését és felügyeletét tudják elvégezni.
- **Robotika:** Ipari környezetben mára a robotok alkalmazhatósága rendkívül széles körben elterjedt. Az egyszerű összeszerelési folyamatok mellett képesek bonyolult hegesztési eljárásokat megvalósítani továbbá az elektronikai iparban, mikro alkatrészek kezelésében is szorosan jelen vannak.
- **Szenzorok és aktuátorok:** A szenzorok rendkívül fontos szerepet játszanak az automatizálásban, mivel ezen eszközök segítségével történnek az utasítás kezdeményezések és a megvalósult feladatok visszacsatolása. Az aktuátorok szorosan kapcsolódnak a szenzorokhoz, hiszen ezen eszközök hajtják végre a munkavégzéseket, mint például egy szelep nyitása-zárása. Az ipari automatizálásban a szenzorok és aktuátorok mellett az elektromosan vezérelt szervóhajtások is rendkívül fontos szerepet töltenek be. A szervó hajtásokhoz kapcsolódó hajtóművekkel lehetővé teszik a mechanikai mozgások nagyfelbontású megvalósítását. Ennek következtében az elektromos jeleket képesek mechanikai mozgássá alakítani mind ezek mellett a szabályzás és a paraméter változásokat is képesek kezelni. Ilyen paraméter lehet például a mozgáshoz tartozó gyorsulás, sebesség illetve pozicionálás.
- **Ember-gép interfészek (HMI):** A HMI-k segítségével lehetőség nyílik az automatizált folyamatban közvetlenül beavatkozni az operátorok számára. Jellemzően ezen eszközök érintő panellel rendelkeznek, interaktív felületekkel ahol a folyamat paraméterek megjelenítése történik.
- **Az ipari hálózatok:** A számítás technika fejlődésével a hálózati protokollok fejlesztése is meghatározó szerepet tölt be az automatizálási megoldásokban. A modern ipari környezetben elterjedt Ethernet alapú kapcsolatok létrehozása lehetővé teszik a folyamatok távoli irányítását, a valós idejű adatcserét illetve egyes karbantartási műveletek megoldását is. [3] [4]

2.2 Az ipar 4.0

A mai modern világban folyamatosan jelennek meg újabb kihívások, újabb fejlesztési lehetőségek a termelő vállalatok számára is. Az Ipar 4.0 rákényszeríti a vállalkozásokat arra, hogy újra gondolják a működésüket az automatizáció, digitalizáció felé. A globális verseny miatt a piaci szereplőknek gyorsan kell reagálni a változásokra, ha nem szeretnék lemaradni a versenytársakhoz képest. A magasabb megrendelői kereslet miatt többféle termék fejlesztése, gyártása szükséges. A termelő cégek, azon belül is a kis- és középvállalkozások érzékelik a verseny során, hogy a stabil piaci pozíció eléréséhez magas technológiájú és középtechnológiás terméket szükséges kifejleszteniük. Azon vállalatok, melyek képesek kihasználni az Ipar 4.0 adta lehetőségeket, nagy versenyelőnyt szerezhetnek a versenytársaikkal szemben. [4]

Az Ipar 4.0 alapelveit Németországban az alábbiak szerint fogalmazták meg:

- *Kompatibilitás:* Az interneten vagy egy kialakított csatornán keresztül minden gépnek alkalmasnak kell lennie a közvetlen kommunikációra.
- *Transzparencia:* Az átlátszóság a termék digitális másolatának kialakítása, az adatok összeszedése különféle vezérlő rendszerekből és érzékelőkből, amelyeken keresztül az adatok elérhetők a kommunikációs csatornákon. Ennek köszönhetően az összes adat felhalmozódik olyan folyamatról, amely a berendezésekkel, intelligens termékekkel illetve a termeléssel függ össze.
- *Informatikai támogatás:* A vezetői döntéshozást segíti a technikai támogatás, mégpedig úgy, hogy a szoftver összegyűjti, rendszerezi, elemzi az összegyűjtött adatokat. Ennek következtében emberi erőforrások válnak szabaddá. Rutinszerű vagy kockázatos tevékenységek során ez támogatja azt is, hogy az embereket gépekkel helyettesítsék.
- *Döntéstámogatás:* Ebben a folyamatban a munkaerő csak vészhelyzetben avatkozik be, már nem lát el rutin feladatokat. Idetartozik a humán erőforráspótlás, a vezetési döntések decentralizálása, különféle megoldások rendszerenként automatizálása. [5]

2.2.1 Ipar 4.0 negatív társadalmi hatása

Az Ipar 4.0 negatív hatásai között szükséges megemlíteni, hogy sok munkavállaló elveszítheti a munkahelyét az automatizált folyamatok miatt. Szakmák, és munkaterületek szűnnek meg adott területeken, azonban más ágazatokban új munkahelyek jönnek létre. A szakemberek kénytelenek lesznek szakmát váltani és átképezni magukat újabb szakterületekre,

új kompetenciák fejlesztésére. A középosztály anyagi helyzete romló tendenciát fog mutatni, hiszen az alacsonyan és a közepesen képzett munkavállalók értéke csökkenni fog. Ennek következményeképp kevesebb jövedelemmel fog rendelkezni a középosztálybeli réteg, így csökkenni fog a vásárló erő. Amennyiben csökken a vásárlóerő, visszaesik a termékkereslet is, és számos vállalkozás jövedelmezősége instabillá válhat. [5] [6]

2.3 Programozható rendszerek

2.3.1 A PLC-ről általánosságban

A programozható logikai vezérlők (Proglammable Logic Controller) megjelenése az irányítástechnika fejlődésében nagy szerepet játszott. Korábban reléket és elektronikai alkatrészeket (pl.: integrált áramkör, dióda) használtak az elektromos vezérlések kialakításához. Azonban ezen eszközök összeszerelése rendkívül nagy munkát igényelt. [7]

Az önirányításnak az a legfőbb feladata, hogy az irányítási részműveletek dolgozói közreműködés nélkül tudjon megvalósulni.

Dr. Ajtonyi István tanulmánya alapján az irányítási műveletek a következő részműveletekből állnak:

- Érzékelés
- Ítéletalkotás
- Rendelkezés
- Beavatkozás [8]

2.3.2 PLC kialakulása

A PLC kialakulása 1968-ra vezethető vissza, amikor a General Motors pályázatot írt ki programozható logikai vezérlők fejlesztésére. A kiírás szerint, olyan vezérlőket kellett létrehozni, ami kiesztezi a már használatban levő számítógépes rendszereket a relés és félvezetős megoldásokkal.

A pályázat szerint több kritérium kerül kiírásra, amelyeknek meg kellett felelni, mint a könnyű programozhatóság, valós idejű működés, moduláris felépítés, magasfokú megbízhatóság és versenyképes ár.

A kiírt pályázatra ma is a PLC-k meghatározó szereplői jelentkeztek, mint Allen Bradley, Modicon. A jelenleg elérhető PLC-eket moduláris kivitelű rendszerek és egyszerű felépítés jellemzi. [8]

2.3.3 Mi a PLC?

A programozható logikai vezérlőket jellemzően valamilyen ipari gépek esetében illetve gyártósorok, berendezések folyamatos működtetésére használják. A normál számítógépekhez képest ezek az ipari számítógépek gazdaságilag sokkal kedvezőbbek és programozásuk is hatékonyabb alkalmazástól függően.

A PLC-ket kialakításuk szerint az alábbiakban különböztetjük meg:

1. Kompakt

A PLC önmagában tartalmazza a processzort, a tápegységet, a kommunikációs csatornát, a ki és bemeneteket, illetve ha ezek nem elegendők, akkor van lehetőség további I/O modulok csatlakoztatására.

2. Moduláris

A moduláris PLC-k különféle elemekből épülnek fel, ezért az alap csak a processzort (CPU) tartalmazza és ehhez kapcsolódnak a ki és bemeneti modulok, tápegységek. Ezen felépítési módból adódik, hogy ezen PLC-k rugalmasabban módosíthatók a feladat mértékétől függően. [9]

A vezérlések felosztását tekintve a programozható logikai vezérlőket számítógépes vezérlésnek nevezik. A vezérlő rendszert a programvezérlések csoportjába sorolják az ítéletalkotást végző egység belső felépítése alapján. A vezérlő berendezés bemenő jelei különböző feltételek teljesülésétől eltelt idő továbbá a kezelőfelületről kapott utasítások a programvezérlések legfőbb jellemzője. A vezérlő berendezés feltételei alatt valamely fizikai jellemzője által meghatározott érték teljesülését fejezzük ki. A végrehajtó és beavatkozó szervek feltételeként használják fel a különböző állapotváltozások miatt bekövetkező jeleket. A programvezérlések végrehajtó jeleit három különféle tulajdonság határozza meg, mint a kombinációk sorrendjének bekövetkezése, azok száma és meghatározott időtartam. [10]

2.3.4 A PLC működése

Három fő részre osztható a PLC-k működése:

- bemeneteken keresztüli adatgyűjtés
- program logika végrehajtása
- kimenet módosítás

A programozható logikai vezérlő a gyártósorról illetve gépek együttes működéséről folyamatosan gyűjti az adatokat, amiket összevet a PLC-ben megírt program logikával. A

folyamat végrehajtása során a PLC a beérkező jelek hatásra képes megváltoztatni a kimeneti eszközök állapotát.

A programozható logikai vezérlők esetében a következő típusú ki- és bemeneteket különböztetjük meg:

- digitális (vagy diszkrét)
- analóg

A villanykapcsolóhoz hasonlóan a digitális be és kimenetek bináris igaz és hamis állapotot jeleznek, ahol mindig csak egy feltétel teljesül. Az analóg be és kimenetek szemben a digitális jelekkel, van köztes állapot hasonlóképpen, mint a fényerő szabályzókapcsoló. [1]

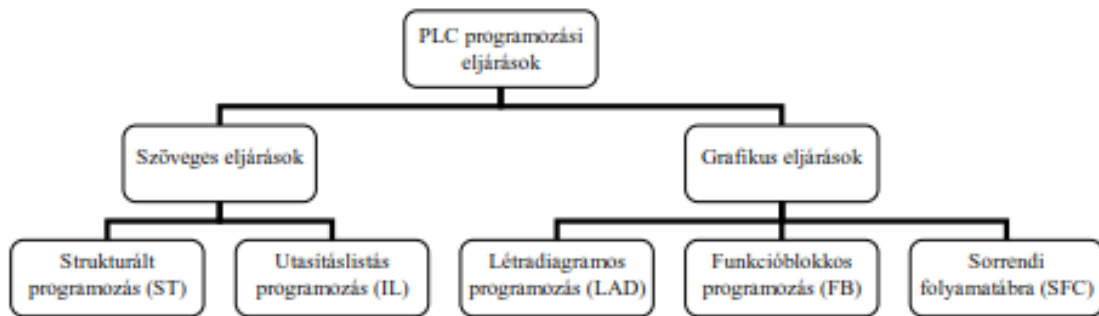
Ahogy korábban említettem a relékkel megoldott logikai feladatok összeállítása rendkívül bonyolult illetve nagy helyigényre van szüksége. Hátránya továbbá, hogy a beüzemelést követően történő módosítások nehezen hajthatók végre a kialakítása miatt.

A programozható logikai vezérlők a relés megoldásokkal szemben a háttértárban tárolt logikai összefüggések egyszerűen módosíthatók. Ezen tulajdonság miatt a PLC vezérlés forradalmasította a termék előállítás során alkalmazott ipari automatizálásokat, így rövid időn belül elterjedt használata ipari környezetben.

A PLC vezérlők programozását tekintve a 0 és 1 bináris értékek logikai kapcsolata jellemzi, természetesen a BOOL algebra és aritmetikai műveletek összefüggését figyelembe véve. Ezen programozási struktúra miatt a PLC-k programozása eltér a hagyományos számítógépek programozásától. A programfejlesztők jellemzően a grafikus programozást részesítették előnyben a gépi kódok és scriptek helyett.

Programozható logikai vezérlők programozási nyelvei a következők:

- Létradiagram – LAD
- Funkció blokk – FB
- Strukturált programnyelv – ST
- Utasítás lista – IL
- Sorrendi folyamatábra - SFC [11]



1. ábra: PLC programozási eljárások

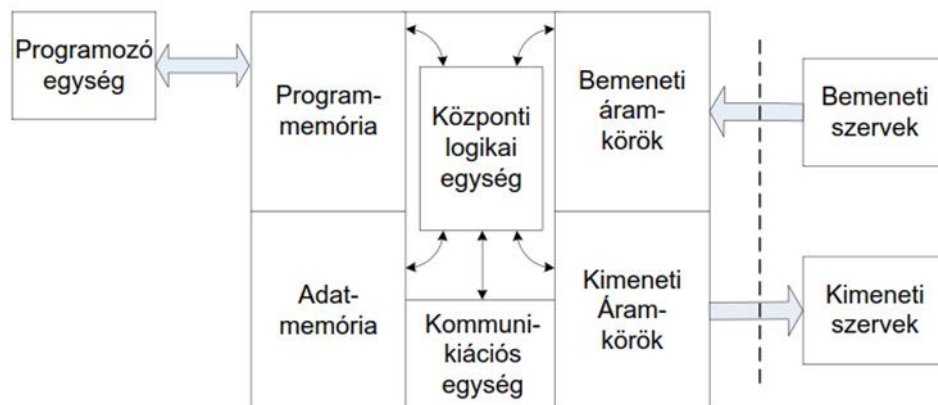
Forrás: Forgó Zoltán (Bevezetés a mechatronikába, 153.o.)

2.3.5 PLC felépítése

A programozható logikai vezérlők moduláris felépítés esetén a modulok jellemzően valamely speciális feladatot ellátó önálló modulok. Emiatt kialakításukat figyelembe véve tartalmaznak áramköri kártyát illetve csatlakozó elemeket.

A funkcionális felépítésüket tekintve a PLC-nek a 2. ábra mutatja Forgó Zoltán szakirodalmában:

- Adatmemória
- Kimeneti egységek -> digitális és analóg jelek
- Kommunikációs egységek -> portok
- Programmemória -> EPROM, ROM
- Bemeneti egységek -> digitális és analóg jelek



2. ábra: PLC funkcionális felépítése

Forrás: Forgó Zoltán (Bevezetés a mechatronikába, 136.o.)

A PLC-k a logikai kapcsolatokat időben egymást követően és ciklikusan futtatja le a be és kimeneti kapcsolatok között, amelyet jellemzően a program memóriában tárolt program

tartalmaz. A programfuttatásokat, ahhoz, hogy valós idejűnek tűnjenek, nagy sebességgel kell futtatni, amelyek soros adatfeldolgozásból erednek. [12]

2.3.6 Standard PLC programozási nyelvek

A programozható logikai vezérlők számos változáson mentek keresztül a fejlődésük alatt programozhatóságukat is tekintve. Fejlődési szakaszának elején programozásuk csak programozó eszközről történhetett, amelyek csak gépi utasítások megadására voltak alkalmasak. Ennek következtében hosszú programozói munkát igényelt megvalósításuk. A programozást könnyítette a klasszikus számítógépek megjelenése, amelyek nagy ugrást jelentettek a különféle programok elkészítésében. Ezeknek köszönhetően már valamilyen fordító program birtokában lehetővé tette, hogy a programozható logikai vezérlőkre írt programok fejlettebb programozási környezetben készüljenek, mint például PASCAL vagy BASIC. A következő mérföldkő a programozási környezetet tekintve akkor következett be, amikor a grafikus felületű operációs rendszerek megjelentek a számítástechnikában. Ettől kezdve a programozási folyamatok nagymértékben redukálódtak, a program szerkezetek egyszerűbbé és átláthatóbbá váltak. Ebben az időszakban kezdődtek a szabványosítási eljárások, amelynek hatására megszületett az IEC61131-3 szabvány.

A. Létradiagramos programozási nyelv

Ezen programozási nyelv már akkor elérhető volt, amikor a grafikus fejlesztő környezetek még meg sem jelentek. A PLC vezérlő programfejlesztéseket követően az iparban alkalmazott relés logikai megoldásokat szerették volna elsősorban kiváltani e technológiára. Első lépésként a már működő berendezésekhez kapcsolódó dokumentációk felülvizsgálására volt szükség, amelyek tartalmazták az áramút terveket, mechanikai és villamos dokumentációkat. Az áramút terv tartalmazta a tápfeszültség vezetékei közt elhelyezett, balról jobbra haladva a vezérlési elemek logikai összefüggéseit időrendi sorrendben és az ezekhez kapcsolódó áramköri rajzokat. A teljes vezérlés ebben a formában az irányítási feladat bonyolultságától, összetettségétől függően akkor több száz oldalon keresztül is tartalmazhatta a komplett áramút tervet. A programozható logikai vezérlők esetében, úgy tűnt logikusnak és egyszerűen átláthatónak az irányítási feladat, ha a teljes áramút tervet 90°-al elforgatják. Ennek következtében az időrendi sorrend miatt az egymást követő feladatok, fentről lefele haladva teljesülnek, ami a PLC programozás szempontjából előnyösebbnek tűnt, így született meg a létra diagramos programozási mód. [13]

<i>IEC grafikus szimbolumok</i>	<i>Leírás</i>
— —	Záró- (munka-) érintkező
— / —	Bontó- (nyugalmi) érintkező
— P —	0 -> 1 átmenetet adó érintkező
— N —	1 -> 0 átmenetet adó érintkező
—()—	Tekercs
—(/)—	Negált működésű tekercs
—(S)—	RS FF beírótekercs
—(R)—	RS FF törlőtekercs
—(M)—	Tápfeszültség-kimaradáskor állapotát megtartó tekercs
—(SM)—	Tápfeszültség-kimaradáskor állapotát megőrző RS FF beírótekercs
—(RM)—	Tápfeszültség-kimaradáskor állapotát megőrző RS FF törlőtekercs
—(P)—	0 -> 1 éltre működő (ON) tekercs
—(N)—	1 -> 0 éltre működő (OFF) tekercs

3. ábra: IEC szabvány főbb LD grafikus elemei és leírásai

Forrás: Forgó Zoltán (Bevezetés a mechatronikába, 155.o.)

B. Strukturált programozási nyelv

Az IEC 61131-3 szabvány egyik szöveges nyelve a strukturált programozási nyelv hasonlóan, mint az utasítás listás programozási nyelv. A strukturált programozási nyelv képes nagyon rövid formában nagyon bonyolult funkciókat is lekezelni, mivel nem alkalmaz alacsony gépi szintű utasításokat, azonban rengeteg absztrakt utasítással képes dolgozni. A strukturált programozási nyelvben vezérelt programfuttatásokban az utasítások különböző kifejezésekből tevődnek össze. Ezen kifejezések értékelése a programfutási időben kerülnek meghatározásra, amelyek valamilyen függvényből és az azokhoz kapcsolódó operandusokból épülnek fel.

A strukturált programozási nyelvet összehasonlítva az utasítás listás programozási nyelvvel különböző előnyöket és hátrányokat fedezhetünk fel.

Előnyök:

- A programozási feladat a speciális kifejezések miatt nagyon rövid formában kifejezhető
- Utasítás blokkokat alkalmazva egyszerűen átlátható a létrehozott program

Hátrányok:

- Automatikusan történnek a gépkódra történő fordítások, melyeket a felhasználó nem tud nyomon követni
- A programfutások lassabbak lehetnek a nyelvi környezet miatt [14]

C. Utasításlistás programozási nyelv

A programozási nyelveket tekintve szintén a hagyományos programozási nyelvek közé tartozik az utasítás listás programozási nyelv. Előfordul, hogy átmeneti programozási nyelvként is használják, amikor grafikus vagy strukturált nyelvet alakítanak át. Az utasítások jellemzően függvények segítségével épülnek fel. [14]

D. Funkcióblokkos programozási nyelv

A funkció blokkos programozási nyelv szimbólumokból létrehozott programozási nyelv, mely huzalozott logikai struktúrákban fordul elő. Jellemzően egy funkció blokkon több bemeneti és kimeneti pont található. Elrendezésüket tekintve a bemenet (ek) mindig a funkció blokk bal oldalán található(k) illetve a kimenet (ek) a jobb oldalon. A funkció blokk működése mindig balról, azaz a bemenetek felől a kimenetek felé halad minden esetben. Lehetőség szerint a funkció blokk diagram és a létradiagram kompatibilissé tehetők egymással. [15]

E. Szekvenciális folyamat ábra

Egy folyamat automatizálását jellemzően grafikusán készítünk, ahol egymás után írjuk le a folyamatlépéseket. Ezen lépésekhez akciók és feltételek tartoznak és ennek köszönhetően az egyes lépések akkor következnek be, ha az átmeneti feltétel lefutott. Ezen feltétekhez tartozhatnak különféle alprogramok, amelyeket a fenti programozási nyelveken is létrehozhatunk, mint létradiagram, strukturált szövegkörnyezet vagy funkció blokk diagram. Fontos figyelni, hogy a program nyelv nagyon érzékeny a szintaktikai hibákra mely igaz a többi programozási nyelvre is. A ciklikus programfutást ennél a programozási nyelvénél külön kell leprogramozni, így tudunk a kezdő lépéshez visszatérni. [15]

2.4 A programozható logikai vezérlők eszközei és működésük

Mára a programozható logikai vezérlők az automatizálás meghatározó eszközei lettek, amelyek különböző szenzorok és érzékelők jeleit dolgozzák fel nagy hatékonysággal. Ilyen jelek lehetnek például különféle munkavégzőkre szerelt szenzorok jelei, amelyek az aktuális állapotot mutatják vagy különféle analóg érzékelők, amelyek képesek hőmérsékletmérésre vagy sebesség értékelésre. Továbbá egyszerű jelképzők is lehetnek, mint például nyomógomb vagy valamilyen mechanikus kapcsoló kapcsoltsági státusza. Az automatizált berendezésekhez hozzá tartoznak emberi beavatkozású működések is, mint bemeneti jelek valamilyen kapcsoló, pedál, HMI (Human Machine Interface) vagy billentyűzet. Ezen eszközök segítségével lehetőség nyílik egy PLC által vezérelt folyamatba bármikor beavatkozni.

A bemenetek működtetésével valamilyen kimentre tudunk hatást gyakorolni vagy visszajelzést kérni, úgy, mint egy állapotjelző lámpa működése vagy valamilyen riasztó jelzés, ezért a kimeneteknek is sokféle megoldása lehet.

A PLC programokat ciklikus folyamatként használjuk, azaz a folyamatlépéseket a működés során folyamatosan ismételjük ezért a program futás megkezdése előtt meg kell vizsgálni, hogy a bemeneti jelek alaphelyzetben vannak-e. Amennyiben az alaphelyzet nem teljesül, úgy a program vezérli a kimeneteket, hogy a kívánt pozíció létrejöhessen a programfutáshoz, ezért a programindítást megelőzően ezt a folyamatot önellenőrző folyamatnak is nevezzük. [1]

2.4.1 Pneumatikus munkavégzők

Pneumatikus munkavégzőknek nevezzük azon sűrített levegővel működtetett eszközöket, amelyek képesek a sűrített levegő energiáját mechanikus energiává alakítani. Ezen mechanikus energiák jellemzően lineáris vagy forgó mozgások. Ezen mozgások miatt két főcsoportot különböztetünk meg a munkavégzőket tekintve.

- munkahengerek → lineárist mozgást végeznek
- légmotorok → forgó mozgást végeznek

I. Munkahengerek

A munkahengerek estében a sűrített levegő hatására a hengertérben elhelyezett tömített dugattyú mozdul el lineáris irányban. Ezt a dugattyú elmozdulást használjuk fel a munkavégzés folyamán. A munkahengerek működésüket tekintve kétállapotú munkavégzők, hiszen a dugattyú az egyik véghelyzetből mozog a másik véghelyzetbe.

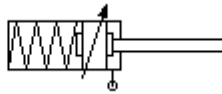
A legfontosabb műszaki paramétereik a munkahengereknek az alábbiak:

- Lökethossz (mm)
- Dugattyúrúd (mm)
- Dugattyú átmérő (mm)
- Pneumatikus csatlakozó mérete
- Levegő tisztasági osztály (ISO 8573-1:2010)
- Nyomástartomány (bar)
- Kifejthető erő (N)
- Kenési igény (külső olajozás) [16]

Egyszeres működésű munkahenger

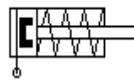
Az egyszeres munkavégzők esetében a dugattyút csak az egyik irányba működtetjük sűrített levegő segítségével, ezért a visszatérítést valamilyen rugó erővel vagy súly erővel oldjuk meg. Amennyiben súly erőt alkalmazunk abban az esetben a munkahengert csak függőleges pozícióban lehet alkalmazni, hogy a ráható tömeg önsúlyából adódóan térítse vissza a munkahengert alaphelyzetébe. Ezzel szemben, ha rugóerőt alkalmazunk, úgy a pozicionálás nincs hatással a munkahenger alaphelyzetbe térítésére. [17]

A 4. és 5. ábrán az egyszeres működtetésű munkahenger szabványos jelölése látható:



4. ábra: Egyszeres működtetésű munkahenger alaphelyzetben kitolt dugattyúrúddal

*Forrás: EN ISO 1219-1 Fluid power systems and components
Graphic symbols and circuit diagrams*



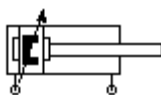
5. ábra: Egyszeres működtetésű munkahenger alaphelyzetben betolt dugattyúrúddal

*Forrás: EN ISO 1219-1 Fluid power systems and components
Graphic symbols and circuit diagrams*

Kettős működésű munkahenger

A kettős működésű munkahengerek esetében a sűrített levegő segítségével mozgatjuk a dugattyút a két véghelyzeti pont között. Ehhez a mozgáshoz szükséges, hogy amíg az egyik hengerteret töltjük sűrített levegővel, addig a másik hengerteret ürítjük. Így tudjuk a dugattyút a véghelyzetek között mozgatni. A mozgás irányokat pozitív illetve negatív irányokkal fejezzük ki. Akkor beszélünk pozitív irányról, amikor a dugattyúrúd kifelé mozdul el a hengerből. Ezzel ellentétes elmozdulást nevezzük negatív iránynak. [17]

A 6. ábrán a kettős működtetésű munkahenger szabványos jelölése látható.



6. ábra: Kettős működtetésű munkahenger állítható löketvégszillapítással, mágnesgyűrűvel

*Forrás: EN ISO 1219-1 Fluid power systems and components
Graphic symbols and circuit diagrams*

II. Forgatóhengerek

A forgató hengerek forgó mozgást csak egy meghatározott szögelfordulás esetén képesek végrehajtani. Ezen szögelfordulást egy állítócsavar segítségével lehetséges beállítani, így tudunk valós szögelfordulást létrehozni. A forgató hengerek az alábbi szögelfordulási értékkel érhetők el: 45°; 90°; 180°; és 270°.

A forgó mozgás előállítására a forgató hengereket két alapkivitel szerint alkalmazunk:

- Forgólapátos
- Fogaskerék – fogasléc kapcsolat [17]



7. ábra: Forgatóhenger jelölése

*Forrás: EN ISO 1219-1 Fluid power systems and components
Graphic symbols and circuit diagrams*

Pneumatikus motorok

Azon pneumatikus munkavégzőket, amelyek korlátlan szögelfordulásra képesek pneumatikus motoroknak vagy más néven légmotoroknak is nevezik. Ebben a pneumatikus munkavégzőben a sűrített levegő áramlási energiáját alakítjuk át mechanikai munkává. Előnye, hogy nagy fordulatszám elérésére képesek illetve a jelentkező terhelésekhez jól alkalmazkodnak. Ennek következtében a hirtelen fellépő nagy terhelések hatására károsodás nélkül túlterhelhetők. Fokozatmentes beállítás lehetséges fordulatszámukat és forgatónyomatékukat tekintve. Alkalmazhatóságukat nézve tűz és robbanás veszélyes helyek környezetében is biztonságosan használhatók. [17]



8. ábra: Pneumatikus motor (légmotor) jelölése

*Forrás: EN ISO 1219-1 Fluid power systems and components
Graphic symbols and circuit diagrams*

2.5 Automata berendezések védőburkolatai

A dolgozat anyag és módszer fejezetében bemutatott automata mérőcellához kapcsolódóan a veszélyforrásokat is elemezni kell. Fontos számomra, az emberi sérülések és veszélyek kockázatának lecsökkentése, amelyhez valamilyen zárt védőburkolat kialakítása szükséges. Tekintve, hogy a berendezés működése közben folyamatosan mozgó elemek dolgoznak, amelyek sérülést okozhatnak. Ahhoz, hogy a védőburkolatot megfelelően ki tudjam alakítani az erre vonatkozó szabványokat tanulmányoztam. A védőburkolatok kialakításával kapcsolatban az MSZ EN 12100:2011, MSZ EN ISO 14120:2016 és az MSZ EN ISO 13849-1:2015 szabványokat használtam melyekből a következőket emelem ki idézet formájában.

2.5.1 A védőburkolatok funkciói

„A védőburkolatok teljesítsék a következő funkciókat

- a védőburkolattal elzárt térhez való hozzáférés megakadályozása, és/vagy
- az olyan anyagok, munkadarabok, forgácsok, folyadékok összegyűjtése / visszatartása, amelyeket a gép kiröpíthet vagy kiereszthet, és az olyan kibocsátások (zaj, sugárzás, olyan veszélyes anyagok, mint a por, füstök, gázok) csökkentése, amelyeket a gép okozhat.” [18]

2.5.2 A rögzített védőburkolatok követelményei

„A rögzített védőburkolatokat szilárdan a helyükön kell tartani vagy

- állandóan pl.: hegesztéssel vagy
- olyan rögzítőeszközökkel (csavarokkal, csavaranyákkal), amelyek kizárják a szerszámok használata nélküli eltávolítást / nyitást. A védőburkolatokat ne lehessen zárva tartani azok rögzítő eszközei nélkül.” [18]

2.5.3 A nyitható védőburkolatok követelményei

„A mozgó hajtásátviteli részek által okozott veszélyek elleni védelmet biztosító nyitható védőburkolatok legyenek:

- amennyire lehetséges, a géphez vagy más szerkezethez (általában csuklókkal vagy megvezetésekkel) rögzítve, amikor nyitva vannak, és

- reteszeléssel ellátva, ha szükséges, akkor zárral

A nem hajtásátviteli mozgó részek által okozott veszélyek elleni nyitható védőburkolatokat, úgy kell megtervezni és a gép vezérlőrendszerével összekapcsolni, hogy

- a mozgó részeket ne lehessen elindítani mindaddig, amíg azok a kezelő elérhetőségi tartományán belül vannak, és a kezelő ne érhesse el a mozgó részeket, miután azokat elindították, ami megvalósítható reteszelt védőburkolatokkal, ha szükséges, akkor zárral is,

- csak szándékos művelettel lehessen felszerelni őket, azaz egy szerszámmal vagy egy kulccsal, és

- szerkezeti elemeinek egyikének hiánya vagy meghibásodása akadályozza meg a mozgó részek elindítását, vagy állítsa le azokat, ami megvalósítható önműködő ellenőrzéssel” [18]

2.5.4 Nyitható rögzített védőburkolatok felszerelése

„A nyitható rögzített védőburkolatok legyenek alkalmasak arra, hogy a helyükön maradjanak rögzítésük nélkül.” [19]

2.5.5 Nyitható védőburkolatok

„A nyitható védőburkolatok nyitása szándékos cselekvést igényeljen.

Ahol lehetséges, ott a nyitható védőburkolatokat úgy kell rögzíteni a géphez vagy a határos merev elemekhez, hogy a védőburkolatok nyitott helyzetben is rögzítettek legyenek, pl.: csuklós pántokkal vagy megvezetésekkel.” [19]

2.5.6 Nyitható védőburkolatok zárt helyzete

„A nyitható védőburkolatok zárt helyzete egyértelmű és pontosan meghatározott legyen. A védőburkolatot vissza kell tartani a felütközés ellen olyan eszközökkel, mint a súlyerő, egy rugó, kampó, vagy más eszközökkel.” [19]

2.5.7 Biztonsági távolságok a felső és alsó végtagokkal való hozzáférés megakadályozására

„A biztonsági távolságokat a következő feltételekkel határozták meg:

- a védőszerkezetek és a rajtuk lévő valamennyi nyílás megtartják alakjukat és helyzetüket;

- a biztonsági távolságokat a testet vagy a megfelelő testrészt korlátozó felületről mérik;

- a test a veszélyes terület a védőszerkezetek felett vagy a nyílásokon keresztül csak erőfeszítéssel érheti el

- a felső végtagok természetes távolságának meghosszabbítására nem használnak olyan segédeszközöket, mint a rudak vagy a szerszámok.” [20]

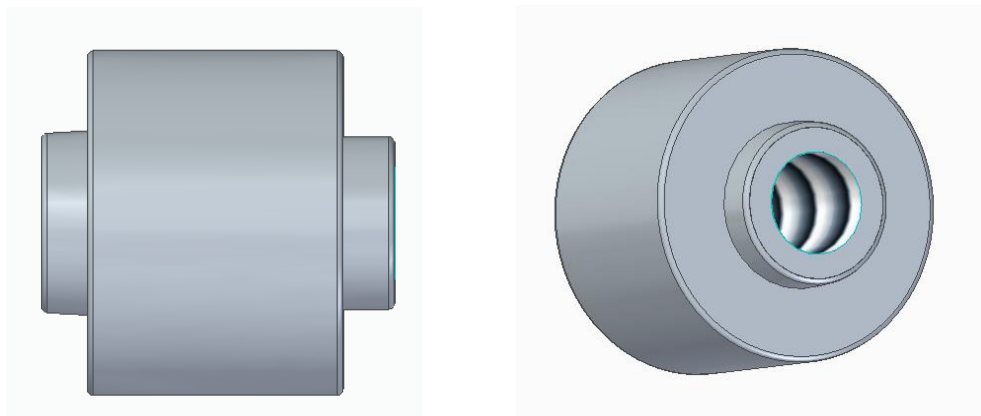
3 Anyag és módszer

3.1 Mérőcella létrehozásának döntés előkészítése

Szűcs József Egyéni Vállalkozó jellemzően bérgyártással foglalkozik CNC fémmegmunkálással kapcsolatosan. A cég gépparkja meghaladja a 100 cnc forgácsoló gépet, melyek közt nagy számban megtalálhatók különféle esztergák, rúdatomata esztergák, megmunkáló központok, köszörűgépek. A vállalkozás az ipar szinte minden területére szállít alkatrészeket jellemzően Ausztria, Németország irányába illetve további európai uniós országokba és Amerikába is. Természetesen a belföldi kapcsolatok, vevők is aktívan jelen vannak a cég életében, hiszen több üzleti kapcsolat a cég alapításáig visszanyúlik, egészen 1991-ig. A vállalkozás nagy beszállítói bázissal rendelkezik, melyek segítségével a komplex megoldásokra törekszik a vevői igények kiszolgálása miatt. Fontos, hogy a munkák során, szintén magyar vállalkozásokat vonjon be, olyan feladatokra, amelyek házon belül nem kivitelezhetők, mint különféle felületkezelések (horganyzás, eloxálás, foszfátózás, festés, krómozás, vegyi barnítás), hőkezelések (indukciós edzés, cementálás, nitridálás, betétedzés stb.).

A vállalkozás számára az egyik legfontosabb feladat a régi és új ügyfelek hosszútávú megtartása és maradéktalan kiszolgálása, hiszen e vevők igényei miatt képes folyamatos ütemben fejlődni, mind az infrastruktúrát, mind a technológiát tekintve. A vállalkozás a kapacitás fejlesztések bővülése miatt, kiemelten figyel a marketing tevékenységre is, amelynek segítségével az új ügyfelek is könnyedén kapcsolatba léphetnek vele.

2021-ben ennek eredményeként megjelent egy új vevő egy autóipari alkatrész gyártásával kapcsolatosan. Szűcs József Egyéni vállalkozó, ahhoz, hogy beszállítóvá válhasson egy strukturált folyamatokon kellett átmennie a minőségügytől a technológián át a kereskedelemmel együtt, ami körülbelül 10 hónapot vett igénybe.



9. ábra: 3D modell

Forrás: Saját készítés (2024)

A beszállítói válási folyamat eredménye következtében, a fenti termék gyártását kellett megoldani, kezdetben bemintázással, nullszériával és végül szériagyártásban.

3.2 Automatizálás előtti gyártás bemutatás

A szériagyártás megkezdése előtt a termék APQP (Advanced Part Quality Planning) folyamaton ment keresztül. Ebben a folyamatban a vállalkozás különböző területeinek munkatársai vettek részt, amelyekből a minőségellenőrzéssel és a technológiával kapcsolatos feladatokat emelem ki. A minta és a nullszéria gyártási tapasztalatait figyelembe véve technológiai összeállításnál a technológus kollégák optimalizálták offline CAM szoftver segítségével a gyártási programot. A program tartalmazta a gyártáshoz szükséges berendezést, szerszámokat és a gyártáshoz kapcsolódó alapanyagot. A folyamat végeztével létre jött egy műveleti utasítás, ami tartalmazta a gyártáshoz szükséges eszközöket, mely az alábbi táblázatban látható.

	Műveleti utasítás		Készítette:	Dátum:
	Referencia: 43005082		Gál Viktor	2022-11-08
	Megrendelő:		Módosította: Domonics László	2023.01.24
	Megnevezés: POLKERN HV PO362 7759		Verzió:	2
Gép: Citizen K16E	Munkaszám:		Modell:	0
Aktuális gép: 57,71,101	Programszám: O716		Fázis:	20
Alapanyag: ø12mm 1.0715			Darabidő: 15.sec./db.	

Műveletelem	Szerszámtulajdonságok	~Éltartam db	Lapka Rádusz	Szerszámhely	Kilógás mm	F _n mm/rev	V _f mm/min	n RPM	V _c m/min
Főorsó									
Kúpos csap R0,2! Esztergálás	KYOC DCMT 11T302-GK PV720	4000	0,2	T303		0,06		5000	140
	12x12 Hosszesztergás Késszár - Jobbos								
Profilfúró menetmag + kitörés	D4.31 84° kúpszög súllyeszt SZJ.2534 T3. bevonatolva	7000		T1313		0,08		4600	70
	D20mm szárú ER11 patronos (rövid) befogó								
Leszúrás	WALT DX18-2E200N02-CE4 WKP23S	4000	0,2	T101		0,03		6000	120
	12x12 Walter 2mm Balos leszúró kés								
Ellenorsó									
Csap esztergálás R0,1!	KYOC VCGT 110301MFP-GF PR1705	750	0,1	T3131		0,03		5000	160
	D20mm VCGT11 balos furatkés.								
Kitörés	D6mm HSS NC 90 fokos központfúró			T3232		0,08		4500	60
	ER 16 patronba fog.								
Menetformázás	Guhring M4,5x0,5 6GX menetformázó horgany elé.	15000		T3434		0,5		1200	15
	ER 16 patronba fog.								

Szöveges megjegyzés:

Főorsó Patron : ø12mm E138

Támasztó Guide bush patron: ø12mm F605120

Ellenorsó Patron: ø12mm E138

Toló Patron: ø12mm SPH15120 , esztergált toldó kell d15mm-es!!! Rövid anyagvédek miatt!!!

Széria gyártásnál kérem a dolgozót,hogy a szerszámkopásokat írja fel pontosan! Csere-darabszámok,éltartam megállapítás miatt!

Leszúró szerszám nagyol ellenorsó megmunkálás elé!!! Simítási ráhagyás átmérőben d5,99-es csapra max.0,15mm!!! Oldalban 0,05mm!!!

Leszúrás után a nagyolt átmérőnek max. D6,15mm-nek kell lennie! Lapkacseréknél fokozottan figyelni!!!

1. táblázat: Műveleti utasítás

Forrás: saját készítés (2024)

Kiemelten fontos szempont volt a megfelelő szerszám kiválasztás a folyamatos, stabil gyártás elérése érdekében, mivel 500.000 db hibamentes alkatrészt kellett szállítani a vállalkozásnak.

A technológia mellett nagy fókusz került a megfelelő minőségellenőrzésre, aminek legfontosabb feladata a hibás gyártás megakadályozása volt. Ebben a folyamatban létre jött egy ellenőrzési terv (2. táblázat) amely részletesen leírja, hogy az egyes termék jellemzőt milyen gyakorisággal, milyen eszközzel / berendezéssel és kinek/ kiknek kell ellenőrizni.

ELLENŐRZÉSI TERV							
Termék megnevezése		Készítés dátuma		Létrehozta		Azonosító	
Polkern HV		2022.10.28		MR csoport		ET-2022-143_F-362E184	
Rajzszám		Járatagyle		Gyártási mód		Gyártási terület	
43005082		Üzemelés		0		CNC forgácsoló	
						Munkaköltségi tétel	
						20	
SZÉRIAGYÁRTÁS ELLŐTTI ELLENŐRZÉS							
Minőségi követelmény ellenőrzés							
#	Minőségi jellemzők	Követelmény	Mérőeszköz típusa	Személy	Gyakoriság	Kapcs. Dokumentum / Mérőprogram	Intézkedés hiba esetén
1.	Hosszúság (SC)	Gyártás / rajzdokumentáció alapján	Optika	Gépbeszállító + Mérőszoba	Széria gyártást megelőzően Forgácsológép bekapcsolása után	FNY_011_Mérési jegyzőkönyv + FNY_043_Műveleti utasítás_43005082-Polkern HV P0362 <u>Adatrögzítés</u> Gépbesállítás után + Műszak átvételkor + Forgácsológép bekapcsolása után Keyence IM7020 -43005082 -43005082 kilores kupnal -43005082 0,3x45 mérőprogramok Keyence IM-6225 - P0362E1116-000-03 kup kilores NEW - P0362E1116-000-03 csap NEW - P0362E1116-000-03 RADIUSZOK mérőprogramok Keyence TM-040R -43005082 mérőprogram Cryslar Apex C.574 -43005082 mérőprogram	Értéktelődő területek - Üzemvezetés - Minőségellenőrzés Gyártás leállítása + Gépkorrektúra + Elkülönítés + Elvezetés + Döntés
2.	Hosszúság (SC)						
3.	Átmérő						
4.	Párhuzamosság						
5.	Rádiusz						
6.	Menet						
7.	Átmérő						
8.	Rádiusz						
9.	Hosszúság						
10.	Rádiusz						
11.	Koncentricitás						
12.	Rádiusz						
13.	Rádiusz						
14.	Kötés						
15.	Átmérő (SC)						
16.	Átmérő						
17.	-						
18.	(Hosszúság)						
19.	(Hosszúság)						
20.	Átmérő (SC)						
21.	Szög						
22.	Koncentricitás						
23.	Mérőlegesség						
24.	Síkklapúság						
25.	Koncentricitás						

2. táblázat: Ellenőrzési terv

Forrás: saját készítés (2024)

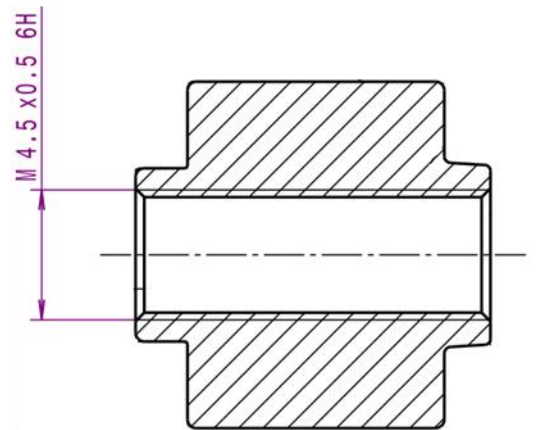
Az említett ellenőrzési tervhez különféle minőségellenőrzéssel kapcsolatos dokumentáció is tartozik, amelyek a gyártás során a munkaállomásnál minden esetben elérhetőnek kell lenni. Ezek közé tartoznak a szériagyártás megkezdése előtti első darab mérési jegyzőkönyve, illetve plombázott első darab, a gyártásközi ellenőrzési riport, gyártásközi eseménynapló, műszaki dokumentáció, szerszám éltartam figyelés dokumentációja.

A felsorolt dokumentációk miatt a gyártásban az operátoroknak önellenőrzést kell végezni minden 100-dik darabot követően, amelyet a minőségellenőrzésnek jóvá kell hagyni. Az ellenőrzésnél során az alábbi eszközöket alkalmazzuk, mint dugós ellenőrző eszköz, M4,5x0,5 6G dugós menetidomszer, 0-25mm digitális mikrométer, digitális tolómérő illetve KEYENCE

IM-7020 optikai mérőberendezést. A kézi eszközök segítségével ellenőrizhető minden olyan termékjellemző, amelyet az optikai berendezés nem tud megfelelően kiértékelni.

A gyártás során elkészült darabokat elkülönítve kell tárolni az ellenőrzések között, ezzel csökkentve a hibás termék keveredésének előfordulásának lehetőségét.

A megelőző időszakban a gyártást papír alapon dokumentált formában végezte a cég operátorok, minőségellenőrök, technológusok segítségével azonban súlyos vevői reklamáció miatt megoldást kellett találni a jövőre vonatkozóan. A reklamáció szerint a beszállított alkatrészek között előfordultak félkész illetve menethiányos termékek, melyek okai visszavezethetők emberi mulasztásra illetve figyelmetlenségre. A reklamációt követően 200.000 db alkatrészt kellett kiválogatni Szűcs József Egyéni vállalkozónak, melyhez fel kellett állítani egy válogató csapatot, illetve biztosítani kellett a szükséges optikai mérőberendezéseket illetve menetidomszereket. A reklamáció tárgyát képezte részleges menet a furatban illetve hiányos termékjellemző a rajzi előíráshoz képest.



10. ábra: Alkatrészek

Forrás: saját készítés (2024)

A válogatás során 10 ember egy hónapon keresztül válogatta az alkatrészeket illetve a gyártási tervet át kellett ütemezni, hogy a vevői kiszolgálás folyamatos legyen a sormegállás elkerülése miatt.

A reklamáció lezárást követően illetve a folyamatos vevői igény miatt, a vállalkozásnak döntenie kellett egy komplex mérőberendezés mellett, hogy a későbbi gyártásnál hasonló eset ne fordulhasson elő. A döntés mellett szólt a reklamáció okozta extra költségek, amelyek komoly pénzügyi terhet jelentettek illetve a gyártási feladatok teljes átütemezése. A lehetséges megoldásokat vizsgálva robotos kiszolgálás vagy egyedileg tervezett célgép merült fel. A vevői igények figyelembe vételével illetve a folyamatos vevői egyeztetések alapján pneumatikus működésű célgép mellett döntött a menedzsment, mert a gyártási volumen eléri a 4.000.000 db-ot éves viszonylatban.

3.3 Mérőcella tervezés

A mérőcella tervezésének megkezdése előtt megfogalmaztunk szempontokat, amelyeket figyelembe kellett venni:

- rendelkezésre álló szabad terület figyelembe vétele a befoglaló méretek miatt
- rendszer illesztésének lehetősége a gyártó berendezéshez
- cella sebessége a ciklusidőhöz igazítva
- műveleti lépések
- alkalmazandó pneumatikus és elektromos eszközök
- mérőberendezés és menetellenőrző integrálása
- termékválogatás rossz és jó darabra
- munkaterület védelme
- biztonságos üzemeltetés

A folyamat megkezdésekor elemeztük, hogy a dolgozók milyen műveleti lépéseket tesznek a gyártási folyamatban és ebből kiindulva összegeztük az egyes folyamatlépéseket.

Folyamatlépések meghatározása:

1. manipulátor

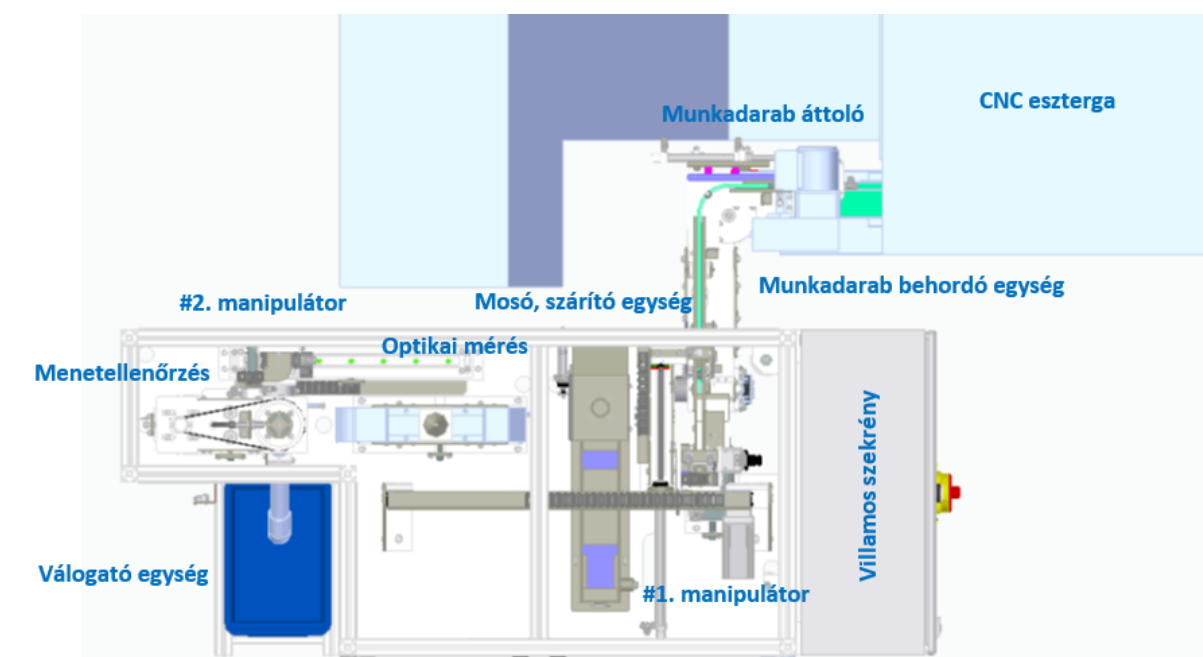
1. orientált munkadarab kiadás a gyártó berendezésből
2. átvétel a gyártóberendezés és a mérőcella között
3. munkadarab eljuttatás az 1. manipulátorhoz
4. munkadarab oldószeres tisztítása

5. nagynyomású lefújás / szárítás
6. munkadarab optikai mérés külső kontúr alapján

2. manipulátor

1. munkadarab felvétel mérőállomásról 2. manipulátorral
2. munkadarab eljuttatása menetellenőrzésre
3. válogatás jó és rossz darab alapján

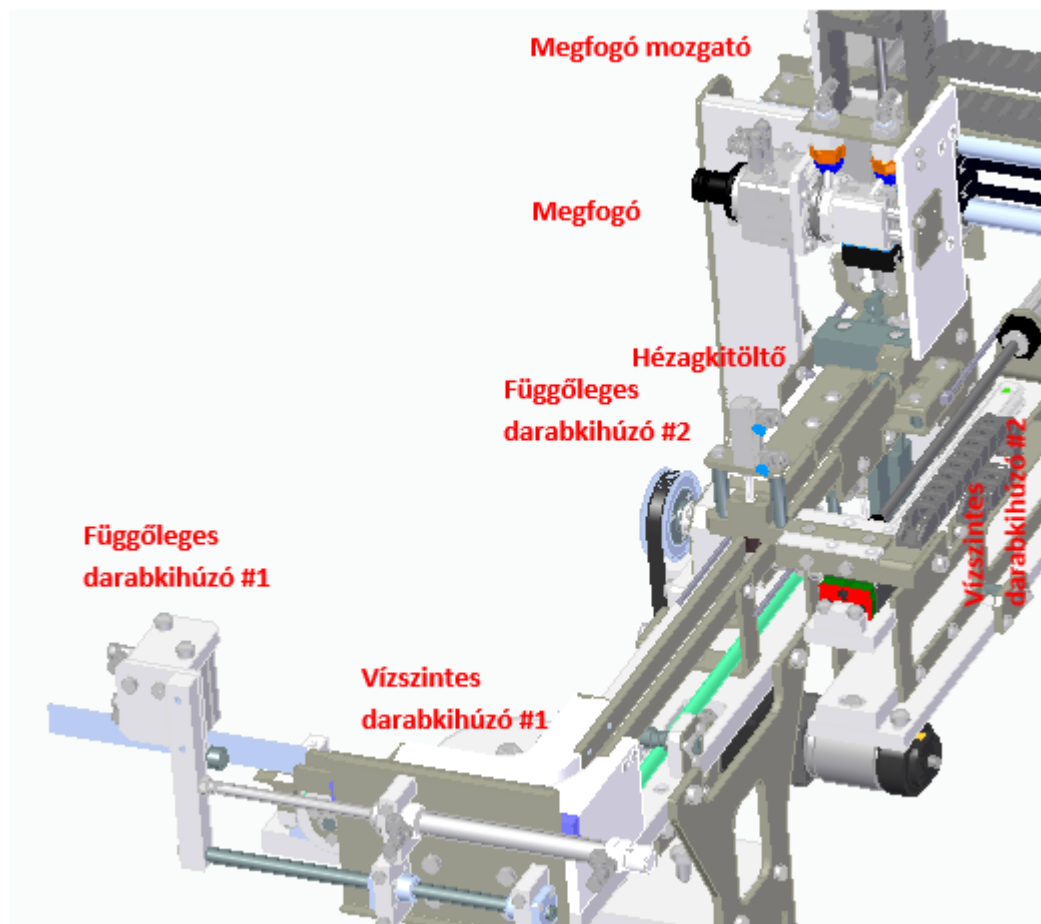
A lenti ábra szemlélteti felülnézetből a kialakított rendszert, ahol láthatók, hogy milyen főbb egységekből tevődik össze a mérőberendezés illetve, hogyan csatlakozik a CNC esztergához.



11. ábra: Mérőcella Layout

Forrás: saját készítés (2024)

A tervezési folyamat során a műveleti lépéseket egységekre bontottuk, melyekhez 3D tervező szoftverben (SolidEdge) elkészítettük az egyes elemeket illetve összeállításokat. A dolgozatomban az egyes manipulátor, 2. és 3. folyamatlépését fogom bemutatni a munkadarab áttoló egységtől a behordó egységen át az #1. manipulátorig.



12. ábra: Mérőcella behúzó egység

Forrás: saját készítés (2024)

A fenti ábrán látható egység segítségével indul a munkadarab minőségellenőrzési folyamata. Az egység különféle egyedi alkatrészből tevődik össze, melyek jellemzően alumínium és rozsdamentes anyagokból kerültek legyártásra az estelegesen megjelenő korrózió elkerülése miatt. Az alkatrészek mellett különféle kereskedelmi termékek is beépítésre kerültek, mint csapágyak, kötőelemek, lineáris vezetékek, 12 V egyenáramú (DC) motorok, pneumatikus munkavégzők, közelítés kapcsolók, útváltószelepek. Tervezés során előzetesen kiválasztottam a lehetséges munkavégzőket és azokhoz alakítottam ki a szükséges alkatrészeket, melyek folyamat közben többször cserélődtek a végleges összeállításig. A behordó egységhez 6 különféle pneumatikus munkavégzőt választottam, melyek között található kör keresztmetszetű kettős működésű munkahenger, kompakt szintén kettős működésű munkahenger illetve egy párhuzamos megfogó továbbá egy vezetett henger. A tervezett egységbe különböző gyártóktól származó eszközök kerültek beépítésre, ahol nagy segítség volt a gyártói weboldalakon keresztül konfigurálható és letölthető 3D modellek. Ezen modellek segítségével könnyedén adaptálhatóvá váltak az eszközök, így 3D környezetben segítette az egységen belüli elhelyezést

a lehetséges felfogatási és csatlakozási pontok létrehozását. A behordó egységbe beépített munkavégzőket a lenti táblázat segítségével mutatom be.

Gyártó	Cikkszám	Típus	Dugattyú / Löket	Jellemző	Kép
AIRTAC	ACQ20x20S	Kompakt	Ø20 mm / 20 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 1-10bar Kettős működésű	
AIRTAC	MI12x100SCA	Kör keresztmetszetű,	Ø12 mm / 100 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 1,5-15bar Kettős működésű	
AIRTAC	MPG6x20S	Lemez rögzítésű henger	Ø6 mm / 20 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 1,5 - 7 bar Seb. Tartomány: 30-500 mm/s Kettős működésű	
SMC	COJP2B6 – 20D	Lemez rögzítésű henger	Ø6 mm / 20 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 1,2-10 bar Kettős működésű	
SMC	MXH16-60Z	vezetett henger (szánegység)	Ø16 mm / 60 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 1,5-7 bar Kettős működésű	
FESTO	DHPS-10-A	Párhuzamos megfogó	Ø10 mm / 3 mm	Mágnesgyűrűs Üzemi nyomás: 2-8 bar Kettős működésű	

3. táblázat: Munkahenger típusok

Forrás: saját készítés (2024)

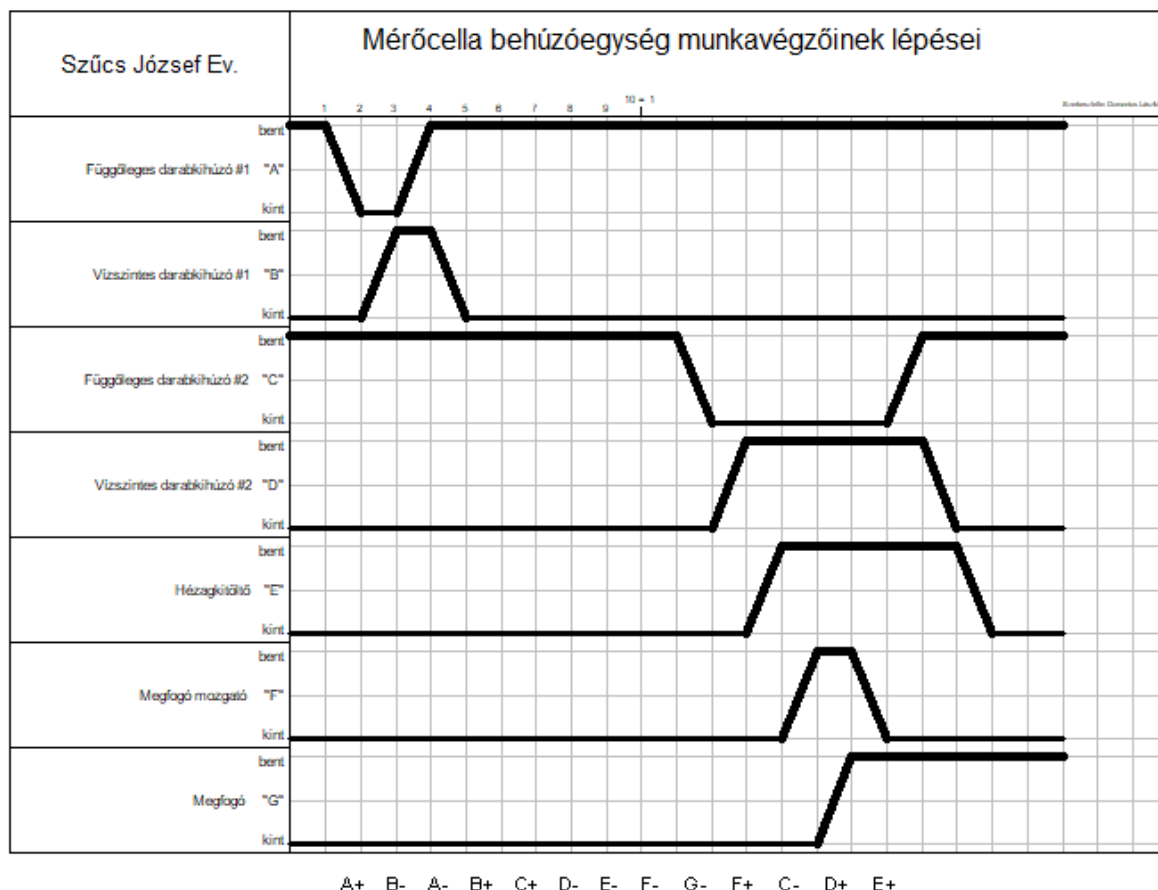
A behordó egységre felszerelt munkavégzők a folyamatlépéseket figyelembe véve különböző feladatot látnak el, melyek összehangolt működését egy ALLEN-BRADLEY MicroLogix 1400 típusú PLC vezérli.

3.4 Vezérlés megvalósítása

A vezérlés összeállításához a behúzó egységben szereplő munkavégzők munka ütemeit hangoltam össze. Ehhez a művelethez FluidSim-P szoftver segítségével elkészítettem az útlépés diagrammot egy teljes munka ciklusra vetítve. Az útlépés diagram mellett elkészítettem az elektropneumatikus kapcsolást is, melyet a mellékletek között szemléltettem. A kapcsolási rajzon feltüntettem a pneumatikus munkavégzőket, amelyek kettős működésű mágnes gyűrűvel szerelt egyoldali rúd kivezetésű munkavégzők. A munkahengerek pozíció figyelését PNP típusú közelítés kapcsolók segítségével oldottam meg. Minden munkahenger véghelyzetéhez rögzítésre került egy közelítés kapcsoló, mely a bemeneteket képezi a vezérlésben. A munkahengerek estében szekunder sebességvezérlés került megvalósításra, így minden esetben a leszellőző ágak kerülnek fojtásra. Az elektropneumatikus szelep és a munkahenger munkacsatlakozói közé fojtó visszacsapó szelepek kerültek beépítésre. Ezen szelepek segítségével a munkahengerek mozgásának finom hangolása megvalósítható illetve elkerülhetők akadók, szakaszos mozgások, mint primer sebesség vezérlésnél.

A diagramból látszik, hogy az „A” – függőleges darabkihúzó #1 és „B” – vízszintes darabkihúzó #1 kezdik összehangoltan a folyamatot, melynek során egymás után végeznek egy munkaütemet. A „C” - függőleges darabkihúzó #2 fogja a soron következő lépést végre hajtani, de egy várakozás előzi meg, ugyanis a munkadarabnak a „B” – vízszintes darabkihúzó #1-től a „C” - függőleges darabkihúzó #2 –ig behordó szalag segítségével kell eljutnia. A behordószalag egy végtelenített kör keresztmetszetű olajálló ipari gumi, ami a pálya végén két csapágyazott vezető tárcsával végződik. Az egyik tárcsa egy retesszel ellátott bordáskerékkel kapcsolódik a hajtó motorhoz, mely egy 12 V egyenáramú villanymotor és ezzel oldottam meg a behordó szalag mozgatását. A behordó szalag működési ideje alatt időkéselettetés került a rendszerbe, hogy a munkadarab biztosan meg tudjon érkezni a „C” - függőleges darabkihúzó #2-höz. Az időkéselettetés lejártá után a behordó szalag lekapcsol, és csak ezután kezdheti a munkavégzést a „C” - függőleges darabkihúzó #2. Ez a munkahenger és a „D” vízszintes darabkihúzó #2 együttes munkája fogja a munkadarabot betolni egy párhuzamos vezető csatornán keresztül a „G” megfogó henger alá. A „C” és „D” henger pozíció váltását követően a munkadarab bekerül a felvételi pozícióba, ahonnan a mérőcellán belül a mosó egységhez fog mozogni. Azonban, hogy a munkadarabot fel lehessen, venni a vezető csatorna végén egy hégagkitöltő egységet le kell mozgatnunk az „E” munkahenger segítségével, annak érdekében, hogy helyet tudjunk csinálni a „G” megfogó henger megfogó pófáinak. Emiatt a párhuzamos vezetőcsatornát, úgy alakítottam ki, hogy a csatorna utolsó 5 mm-es szakasza nyitható legyen. Ezen megfogó pófák

prizmatikus kialakításúak azért, hogy a munkadarabot kétoldról, palástfelületén stabilan meg lehessen fogni. Amikor az „E” hézagkitöltő henger dugattyúja elérte belső pozícióját akkor az „F” megfogó mozgató henger fogja a megfogót a felvételi pozícióba mozgatni. Amikor az „F” megfogó mozgató elérte pozícióját akkor a megfogó henger megfogó pofái összezárnak, így rögzítve a munkadarabot



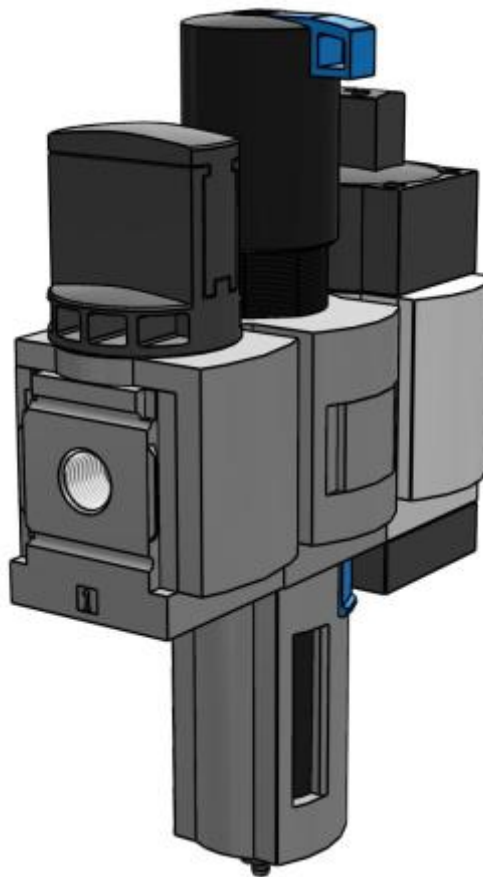
13. ábra: Mérőcella behúzó egység útlépés diagram

Forrás: saját készítés FluidSim (2024)

3.5 Levegő előkészítés és szelepterminal

A rendszer sűrített levegő betáplálását a gyár központi kompresszor helysége biztosítja, ahol hűtve szárítás után kerül a léghálózatba az előkészített levegő. A levegő előkészítés folyamata során a levegőbe kerülő olaj kiszűrésre kerül, így olajmentes sűrített levegő áll rendelkezésre. Az automata mérőberendezés táplevegő ellátása során a levegőelőkészítő egységben helyet kapott egy kézi bekapcsoló szelep, egy szűrő nyomásszabályzó szelep manométerrel illetve

kézi kondenzvíz leválasztó szeleppel, lágyindító szelep és egy nyomáskapcsoló. A lágyindító szelep feladata a rendszer fokozatos sűrített levegővel való feltöltése, ezzel megakadályozva a rendszer hirtelen feltöltését maximális levegőnyomással. A lágyindító szelep mellett elhelyezett nyomáskapcsolóval ellenőrzöm a rendszerben felépülő nyomást, ami a mérőcella biztonsági köréhez tartozik. Amennyiben a nyomás nem éri el a nyomáskapcsolónál beállított értéket, akkor a biztonsági kör nyitott állapotban marad, aminek következtében nem lehet energiát kapcsolni a mérőcellára. A levegő előkészítő egység komponensei SMC termékekből állnak melyet a lenti ábra mutat.



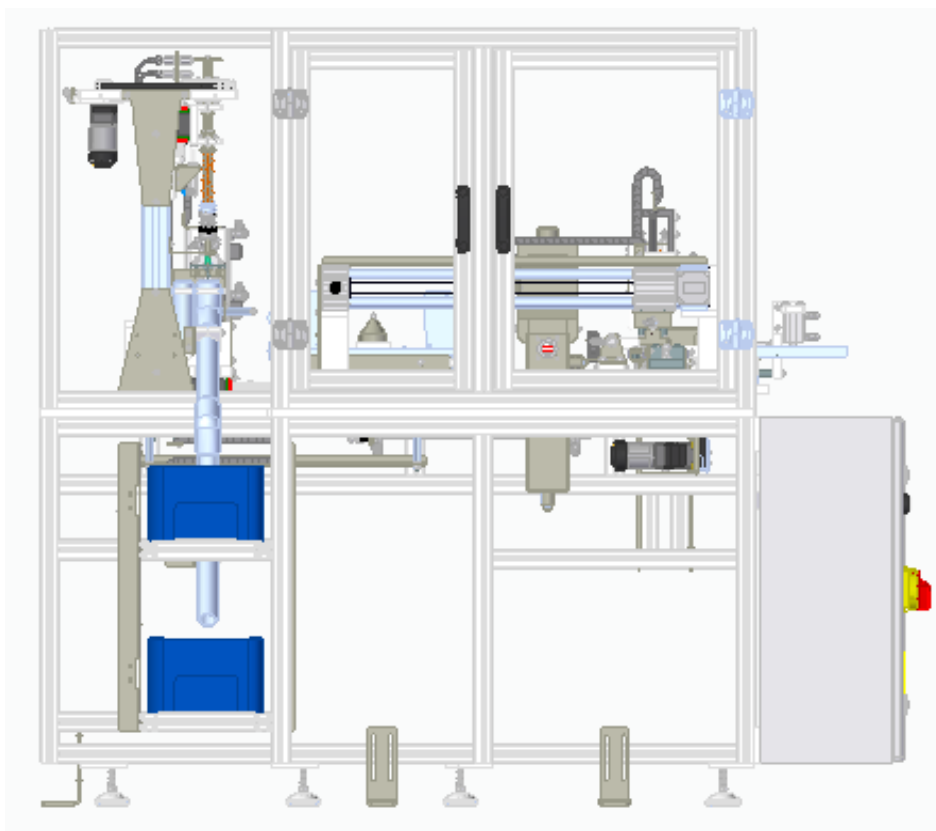
14. ábra: Levegő előkészítő egység

Forrás: [FESTO.hu/termék konfiguráció](http://FESTO.hu/termék_konfiguráció)

A levegőelőkészítő egységen áthaladó szabályozott sűrített levegő egy SMC szeleptömbhöz érkezik amennyiben a rendszer biztonsági köre alaphelyzetbe kerül. Ezen szeleptömbre kerültek a munkavégzőkhöz tartozó elektropneumatikus 5/2 elővezérelt bistabil útválasztó szelepek. A szeleptömb egy 12 állomásos egység közös tápnyomással illetve két közösített leszellőző csatornával rendelkezik.

3.6 A mérőcella burkolata és biztonsági funkciója

A mérőcella tervezésénél kiemelten fontos szempont volt a berendezés biztonságos védőburkolattal történő ellátása, hogy az esetleges személyi sérüléseket el lehessen kerülni. A rendszer működése közben 6 bar nyomású sűrített levegővel működtetett eszközök végeznek munkafolyamatokat, amelyek súlyos személyi sérüléseket is okozhatnak nem megfelelően burkolt munkatér miatt. Ezen sérülések megakadályozása érdekében a mérőberendezés váz szerkezeti elemei 40x40 mm-es Bosch profilból kerültek legyártásra és összeszerelésre. A váz, héj szerkezetét 5 mm vastagságú víztiszta plexi burkolat veszi körül, amely a munkateret teljes mértékben zárja a külső környezettől, azonban teljes betekintést tesz lehetővé (15. ábra).



15. ábra: Mérőcella látványterv

Forrás: Saját készítés (2024)

Ennek a konfigurációnak a megvalósítását az MSZ EN 13849 szabvány szabályozza miszerint meg kell akadályozni, hogy emberi testrészek kapcsolatba lépjenek mozgó alkatrészekkel üzemi működés közben. A munkatérbe való bejutást két oldalirányba nyíló ajtón keresztül lehet megtenni, melyeket műanyag csuklópántokkal rögzítettem a vázszerkezethez. Az ajtókat Allen-Bradley reteszelt biztonsági ajtózárral (16. ábra) láttam el, amelyek megakadályozzák a munkatérbe való bejutást a mérőcella működése közben.



16. ábra: Biztonsági ajtózár

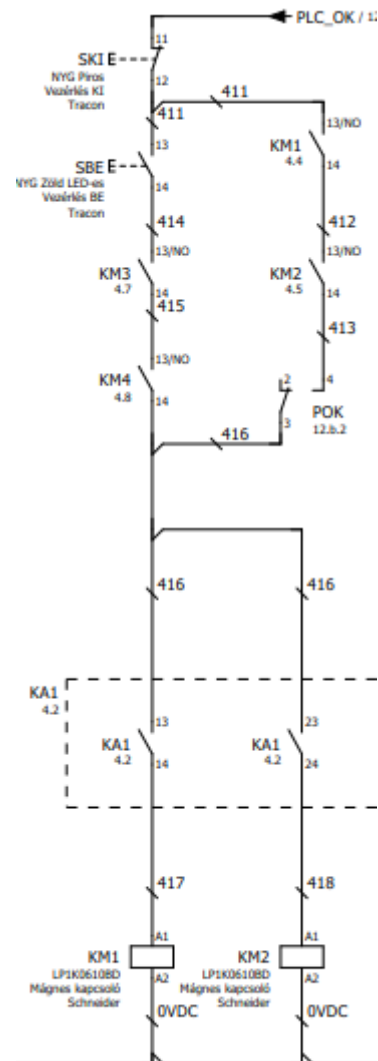
Forrás: RS online (<https://hu.rs-online.com/web/>) (2024.10.17.)

A mérőgép biztonságos burkolat kialakításánál figyelembe vettem az MSZ EN 12100 szabvány szerinti zárt ajtók állapotára vonatkozó előírást, miszerint ajtónyitásra a rendszer működése leáll, ezáltal az ajtók nyitott vagy zárt állapota is szabályozásra került. A mérőberendezés indításához szükséges biztonsági kör kapcsolási rajzának részletén keresztül mutatom be az indításhoz szükséges feltételek létrejöttét. Amennyiben valamely feltétel nem teljesül az indítás során, akkor a berendezést nem lehet üzemszerűen elindítani. A 17. ábrán látható kapcsolási rajz részleten látható hogy a PLC engedélyezéshez illetve energiával történő ellátáshoz több lépéses biztonsági funkciót kell érvényesíteni.

Az indításhoz szükséges feltételek a következők:

1. Üzemi stop gomb nincs (SKI)
2. Üzemi start gomb van (SBE)
3. I. ajtó zárva (KM3)
4. II. ajtó zárva (KM4)
5. Rendszernyomás van (POK)
6. Vészgomb nincs (KA1)
7. I. biztonsági relé be (KM1)
8. II. biztonsági relé be (KM2)

Az indítás feltétele, hogy a biztonsági relé tekercsei öntartásba kerüljenek (KM1 és KM2), amihez különböző záró illetve bontó érintkezőknek megfelelő kapcsolási helyzetet kell felvenni. Ennek következtében az üzemi stop gombnak (SKI) nem szabad benyomva lenni, így a bontó érintkezőjén a 24V üzemi feszültség keresztül folyik. Mindkét munkatér ajtónak zárt állapotban kell lenni, hogy az ábrán jelölt KM3 és KM4 záróérintkezőn feszültség legyen, illetve az üzemi start gombnak SBE kapcsolt állapotban kell lenni. Amennyiben e feltételek teljesülnek és a vészstop gomb nincs benyomva KA1 akkor a KM1 és KM2 párhuzamosan kötött biztonsági relék tekercsei kapcsolt állapotba kerülnek. A kapcsolt állapot fenntartásához a POK (Pressure OK) relének kell kapcsolni, ami a levegőelőkészítő egység nyomáskapcsolójáról visszaérkező jel, amely igazolja a megfelelő üzemi nyomást a rendszerben. Amennyiben minden indítási feltétel teljesül, úgy a rendszerre energia kerül, aminek következtében az elektromos útválasztók tekercsei feszültség alá kerülnek és a közösített tápnyomás a szelepszigeten feltöltődik sűrített levegővel.

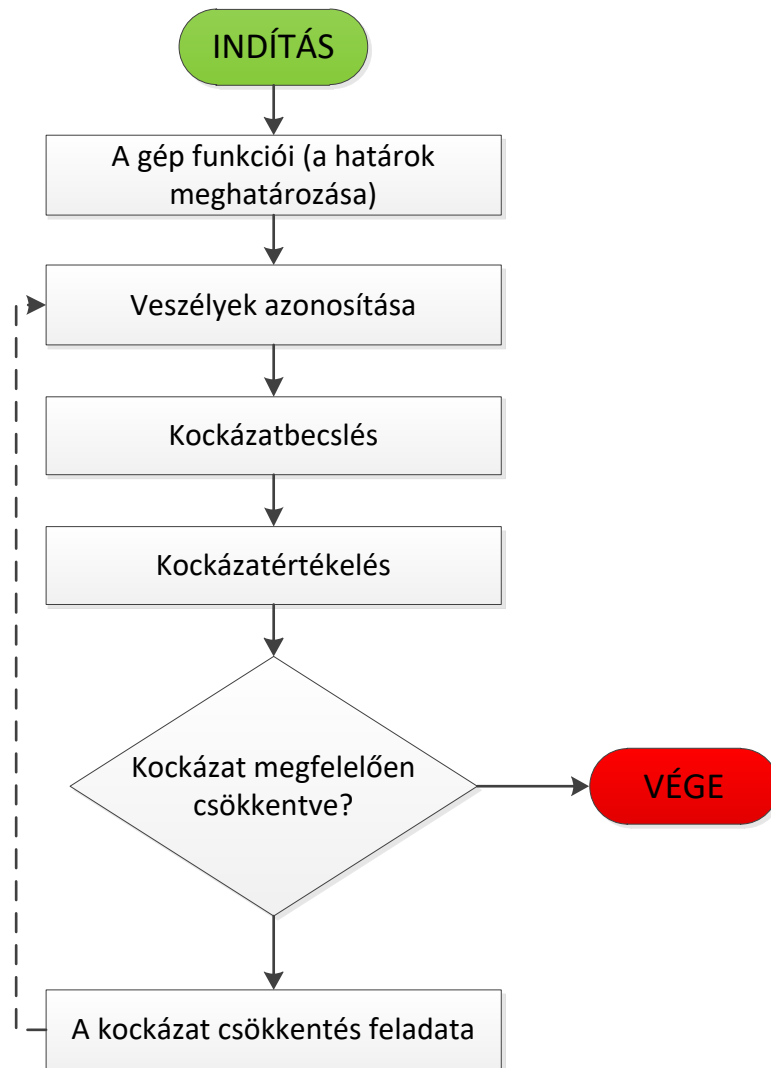


17. ábra: Kapcsolási rajz biztonsági kör

Forrás: Saját készítés (2024)

3.7 Kockázatértékelés

A kockázatértékelés szempontjait az EN ISO 12100:2010 szabvány az alábbi folyamatára segítségével írja le. A folyamatára elemeit követve a megfelelő kockázatcsökkentő feladatok bevonásával illetve megvalósításával a veszélyét okozó kockázatokat nagymértékben csökkenteni tudjuk.



18. ábra: Kockázatértékelés EN ISO 12100:2010

Forrás: saját szerkesztés

A mérőcella tervezése során figyelembe kellett venni a biztonságos működés módját, mivel a gyártás alatt gépkezelőknek kell felügyelni a működést illetve esetlegesen a hibaelhárítást, rendszer újraindítást végrehajtani. Ezen beavatkozásoknál ki kell küszöbölni az esetleges személyi sérüléseket, mivel folyamatosan mozgó elemek találhatók a mérőcella működése alatt. Az esetlegesen előforduló veszélyeket be kellett azonosítanom és kockázat elemzés során ki kellett értékeljem. A kockázat elemzéshez az EN ISO 12100:2010 szabvány alapján készült

összesítő kiértékelő dokumentációt alkalmaztam. A kiértékelés során a beazonosított veszélyforrást értékelési szempontok alapján megfelelően pontozni kellett, amelynek eredménye egy kockázati index.

A kockázati index 3 különböző kategóriába sorolható:

- Alacsony 0 - 10
- Közepes 10 – 50
- Magas 50 – 1000+

Értékelésem során a mechanikai veszélyeket vettem figyelembe, melynek értékelése során az alábbi eredmény született:

- Előfordulási valószínűség -> **10**
- A veszély gyakorisága -> **5**
- A lehetséges károsodás mértéke -> **2**
- Veszélyeztetett személyek száma -> **2**

Veszély száma	Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények	A gép életciklusának fázisa	A veszélyek, veszélyforrások és veszélyes események példái	Megjegyzés	Előfordulási valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = Lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óráként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúródás 0,5 = Csapódás / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
1	1 Mechanikai veszélyek	1.13	1.c	4	4.4	Működés alatt folyamatosan mozgó munkavégzők	10	5	2	2	200

19. ábra: Kockázatértékelés

Forrás: Dr. Földi László József kockázatértékelés táblázat

A fenti értékelési szempontok alapján a kapott kockázati index értékem 200 lett. A kockázati index kategóriákat figyelembe véve a magas kockázatok közé sorolható, amelynek hatására kockázat csökkentő intézkedést kell végrehajtani. Kockázat csökkentő intézkedésnek a nyitható védőburkolat és vészstop funkció alkalmazását jelöltem, meg amelyekkel a kockázat értékelés az alábbiak szerint alakult:

- Előfordulási valószínűség -> **0,5**
- A veszély gyakorisága -> **4**
- A lehetséges károsodás mértéke -> **0,5**
- Veszélyeztetett személyek száma -> **2**

	Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óráként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csapódás / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
Kockázatcsökkentő intézkedések					
Nyitható védőburkolat, védőajtó, Vészstop	0,5	4	0,5	2	2

20. ábra: Kockázatcsökkentő értékelés

Forrás: Dr. Földi László József kockázatértékelés táblázat

A fenti értékelési szempontok kiértékelése után a kapott kockázat index 2 lett, amely megfelel az alacsony kockázatú veszélyforrások közé, így alkalmazása szükségeszerű.

3.7.1 Teljesítmény szint és vezérlési kategória meghatározása

A kockázatértékelés során amennyiben a biztonsági funkciót a vezérlő rendszer határozza meg akkor az EN ISO 13849-1 szabvány alapján kell eljárni. A szabvány leírja, hogy az alkalmazott biztonsági funkciók megbízhatóságát, hogyan kell kiszámítani. A szabvány különböző teljesítmény szinteket határoz meg, melyekhez a szabvány előírja az óránkénti veszélyes meghibásodások átlagos valószínűségét (PFHd).

Teljesítmény szint (PL Performance Level)	Az óránkénti veszélyes meghibásodások átlagos valószínűsége (PFHd) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \cdot 10^{-6}$ $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ $< 3 \cdot 10^{-5}$
d	$\geq 10^{-7}$ $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ $< 10^{-7}$

4. táblázat: Biztonsági funkciók

Forrás: Dr. Földi László József, Berencsi Bence Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében

A szükséges teljesítmény szintek meghatározása kétféle képpen történhet

- C típusú szabvány határozza meg az adott gépre vonatkozóan
- C típusú szabvány nélkül kockázati gráf segítségével állapítható meg

Az automata mérőcellához nem áll rendelkezésre C típusú szabvány ezért a kockázati gráf segítségével határoztam meg a szükséges teljesítmény szintet (PLr – Required Performance Level). A teljesítmény szint meghatározást a SISTEMA szoftver segítségével végeztem el, amely az EN 13849-1 szabvány alapján működik. A szoftverben a biztonsági előírásokat projectben kell kezelni és a projecten belül tudunk biztonsági funkciókat definiálni. Ennek következtében kockázati gráf segítségével a kívánt biztonsági szintet tudjuk meghatározni.

Required Performance Level:

Severity of injury (S)

- ✓ S1 Slight (normally reversible injury)
- S2 Serious (normally irreversible injury or death)

Frequency and/or exposure times to hazard (F)

- F1 Seldom to less often and/or exposure time is short
- ✓ F2 Frequent to continuous and/or exposure time is long

Possibility of avoiding hazard or limiting harm (P)

- P1 Possible under specific conditions
- ✓ P2 Scarcely possible

21. ábra: Kockázati gráf

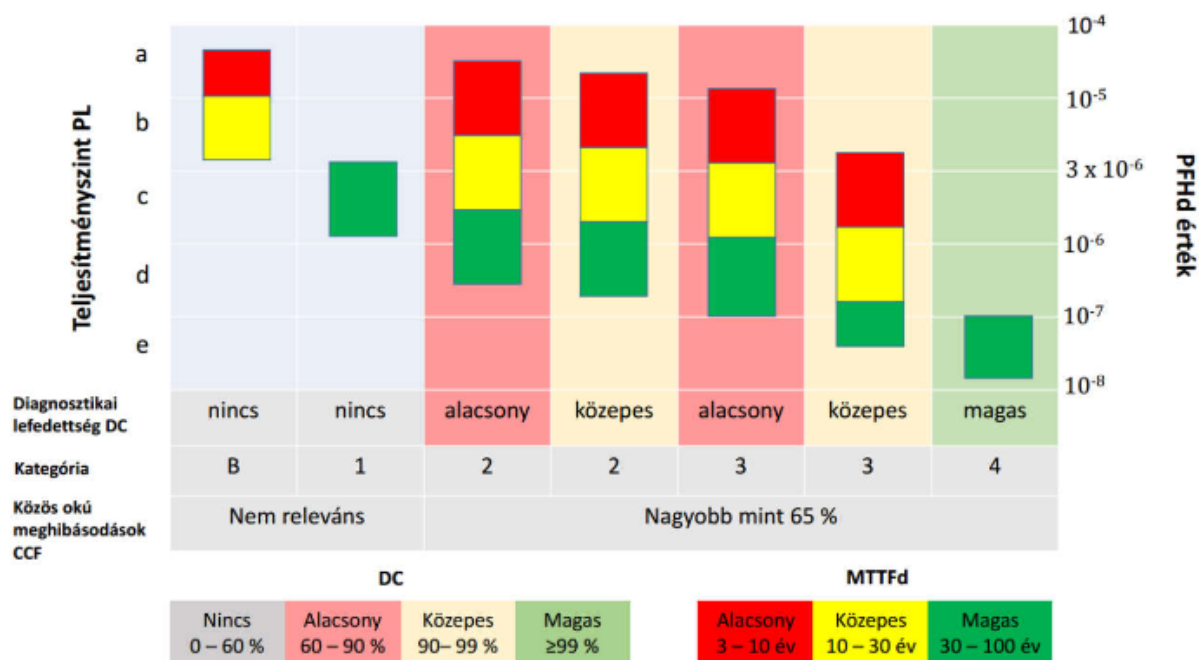
Forrás: SISTEMA Szoftver

A kockázati gráf elkészítésnél az alábbi elemeket vettem figyelembe

- Sérülés súlyossága: **S1**
- Veszély gyakorisága és/vagy időtarama: **F2**
- Veszély elkerülésének vagy a sérülések korlátozásának lehetősége: **P2**

A kockázati gráf alapján C típusú teljesítmény szintet kell elérni vagy magasabbat, aminek következtében a PFHd értéknek 10^{-6} és 3×10^{-5} érték között kell lennie.

A vezérlési kategóriák és a teljesítmény szintek között kapcsolat található, amely előírja, hogy egyes teljesítmény szintek milyen vezérlési kategóriákban fordulhatnak elő.



22. ábra: Teljesítmény szint és vezérlési kategória, MTTFd, DC és CCF közötti összefüggés

Forrás: Dr. Földi László József, Berencsi Bence *Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében*

A mérőcellában alkalmazott biztonsági funkciók tartalmazzák a biztonsági kapcsolóval ellátott ajtónyitókat illetve vészstop gombot. Mindkét funkciónak a feladata, hogy a rendszert beavatkozást követően energiamentes állapotba hozza. Ahhoz, hogy a biztonsági funkció megvalósuljon, szükségünk van egy INPUT elemre, egy LOGIKAI elemre és egy VÉGREHAJTÓ elemre. Ahogy említettem SISTEMA szoftvert alkalmazom a teljesítmény szint eléréséhez melynek a gyártói adatbázisát használom a szükséges eszközök kiértékelésére. A szoftverben három biztonsági funkciót határoztam meg:

- Ajtónyitás I.
- Ajtónyitás II.
- Vészleállítás

A biztonsági funkcióknál használt eszközöket a lenti táblázatban ábrázolom, amelyekhez tartozó MTTFd és B10d értékeket a SISTEMA szoftver számolta. Ahhoz, hogy a szoftver az MTTFd értéket ki tudja számolni meg kell adni az NOP (Number of Operation) értéket, melyet az alábbiak szerint állítottam be:

- 300 nap / év
- 24 óra / nap
- 6 ciklus / nap

	Gyártó	Eszköz	Megnevezés	Vezérlési kategória	Teljesítmény szint	MTTFd	B10d
INPUT	Allen Bradley	Trojan5	Biztonsági kapcsoló	1	C	11 111,1	2 000 000
	Allen Bradley	TLS - GD2	Biztonsági kapcsoló	1	C	1 111,1	2 000 000
LOGIKA	Allen Bradley	MSR127T	Biztonsági relé	4	E	na	na
VÉGREHAJTÓ	FESTO	MS6-EE-1/2-V24-B (8091578)	Elektromos nyomás felfuttató és gyors leürítő szelep	1	C	11 666,7	350 000

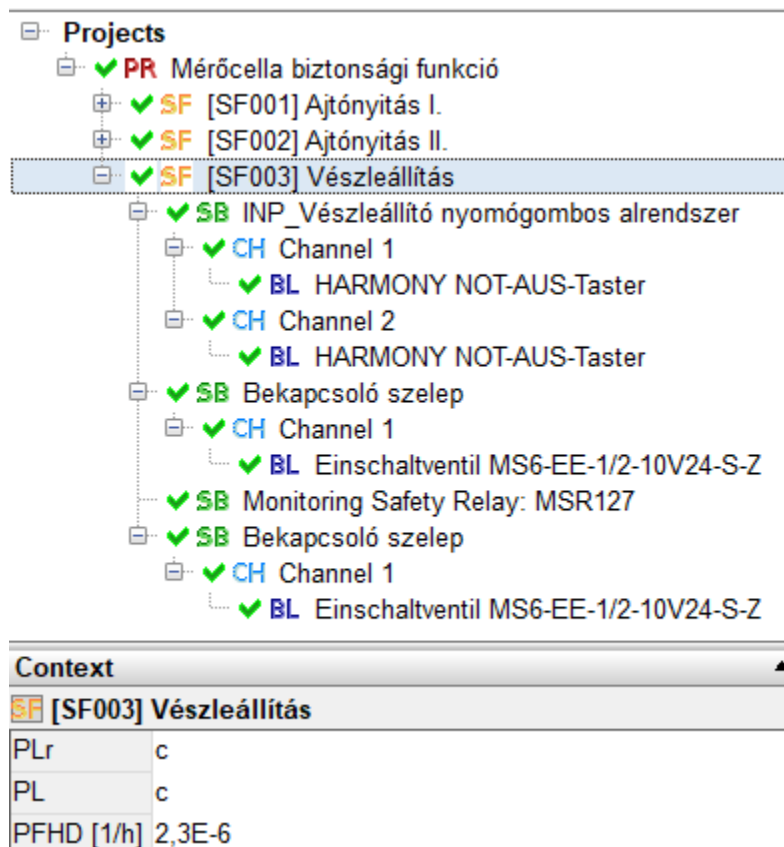
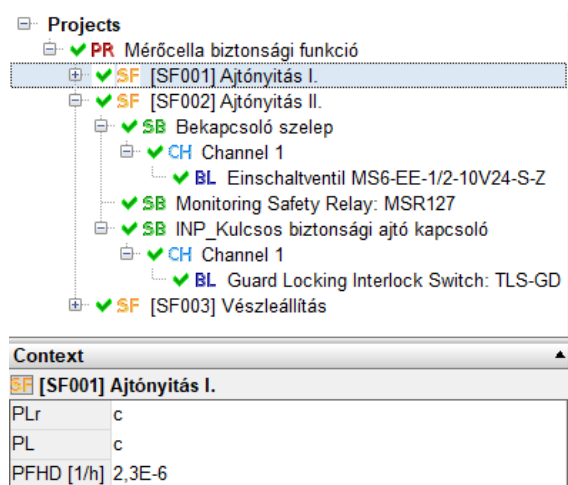
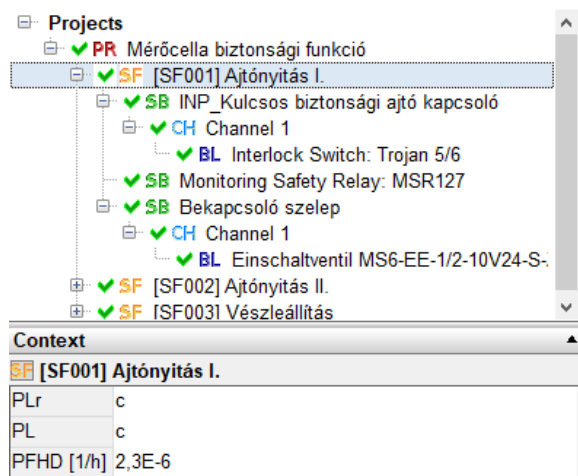
5. táblázat: Biztonsági elemek

Forrás: Saját szerkesztés

A táblázat alapján az input elemek közül a Trojan5 biztonsági kapcsoló teljesítmény szintje „C” és 1-es vezérlési kategóriába tartozik melynek PFHd értéke $1,1 \times 10^{-6}$. A második biztonsági kapcsoló szintén az 1-es vezérlési kategóriába tartozik, amelynek teljesítmény szintje „C” és a PFHd értéke $1,1 \times 10^{-6}$. A logikai elemhez tartozó biztonsági relé 4-es vezérlési kategóriába tartozik, amelynek a PFHd értéke $5,9 \times 10^{-9}$ és E teljesítmény szinttel rendelkezik. Végül az elektromos nyomás felfuttató és gyors leürítő szelep, mely a végrehajtó szerepet tölti be „C” típusú teljesítmény szinttel rendelkezik, amely az 1-es vezérlési kategóriába tartozik és a PFHd értéke $1,1 \times 10^{-6}$.

A biztonsági funkciók PFHd értékei SISTEME értékelés alapján:

- Ajtónyitás I. -> $2,3 \times 10^{-6}$
- Ajtónyitás II. -> $2,3 \times 10^{-6}$
- Vészleállítás -> $2,3 \times 10^{-6}$



23. ábra: SISTEMA biztonsági funkcióértékelés

Forrás: SISTEMA Szoftver saját készítés

3.8 Beruházás bekerülési költsége

A beruházás bekerülési költségének meghatározásánál a mérőberendezés elemeit csoportosítottam alkotók szerint, így egyértelműbben láthatók a főbb költségek.

A berendezés létesítésével kapcsolatban az üzembehelyezésig felmerülő valamennyi költség:

- Mérnöki tervezési költség: 7.800 EUR
- Pneumatikus eszközök: 9.200 EUR
 - o munkavégzők
 - o áramlásszabályzók
 - o útváltó szelepek
 - o levegő előkészítőegység
 - o szelepszigetek
 - o egyéb komponensek (munkacsatlakozók, hangtompítók, vezetékek, fűvókák)
- Villamos eszközök: 12.000 EUR
 - o PLC vezérlés
 - o PLC I/O bővítő modulok
 - o FESTO szervó hajtás (CMMO)
 - o Biztonsági relé, reteszelt ajtó zárok
 - o 24V/12V tápegységek
 - o Kapcsolók, nyomógombok
 - o Relék, mágneskapcsolók, megszakítók
 - o Villamos motorok
 - o Jeladók, közelítéskapcsolók
 - o Egyéb eszközök (Villamosszekrény, DIN moduláris sorkapocs, vezetékek, érvéghüvely, vezetékek jelölő)
- Szerkezeti felépítés: 3600 EUR
 - o Vázelemek (profilok, összekötők, plexi)
 - o Gyártott és hajlított lemezalkatrészek (alumínium, rozsdamentes)
 - o Lineáris vezetékek
 - o Csapágys, kötőelemek, bordáskerekek

- Összeszerelés: 6.400EUR
 - o Mechanikus elemek összeszerelése
 - o Villamos elemek összeállítása
 - o Kiegészítők beépítése (mosótartály, szivattyú, optikai mérőgép)

3.9 Mérőcella összeszerelése

3.9.1 Váz és szerkezeti elemek összeállítása

Az összeszerelési folyamat az elkészült műszaki rajzdokumentációk szerint legyártott és beszerzett termékek komissiózásával kezdődött. Ezen komponensek logisztikai folyamatát végig menedzseltem, ugyanis minden forgácsolással előállítható alkatrészt házon belül készítettük. Emellett a beszállítókkal is ki kellett alakítanom a közös munkát, illetve a gyártási ütemterveket, hogy a már elkészült alkatrészeket folyamatosan lehessen szerelni és a szerelő munkacsoport tevékenységét is ütemezni tudjam. A kereskedelmi termékek beszerzését cégünk beszerző részlegével folytattuk le szorosan illesztve a szerelési ütemtervhez. Az elkészült termékeket cégünk minőségellenőrzési osztályával át kellett vetetnem, hogy az esetleges nem megfelelőségeket feltárják a szerelési folyamat előtt. A műszaki követelménytől eltérő alkatrészeket javítását, esetleges újra gyártását is koordinálni kellett, amelyet a termelésstervezésünk újra ütemezett a gyártási folyamatba. Ahogy a dolgozatban említettem a cella különböző egységekből épült fel és ezen egységek szerint kerültek csoportosításra a beépülő termékek. Az összeállítás első munkafázisa a váz összeszerelésével kezdődött illetve az alaplap behelyezésével. A váz alapanyaga 40x40 mm bosch profil melyet 6 méteres szálban vásároltunk és a cég cnc vezérlésű fűrészgépeivel daraboltunk méretre. Az összeállításhoz szabványos gépépítő elemeket (összekötőket, kalapácsanyákat) használtunk melyekkel gyorsan és egyszerűen haladt a folyamat. Ezt követően a munkacsoport a szerelt egységekkel, alegységekkel folytatta a szerelést. Ahogy elkészült egy egység, úgy rá is építettük az alaplapra (pl.: menetellenőrző állomás, lineáris pálya, mosó kabin), így szépen lassan kezdett formát ölteni a mérőcella.



24. ábra: Mérőcella összeszerelési folyamata (részlet)

Forrás: saját készítés (2024)

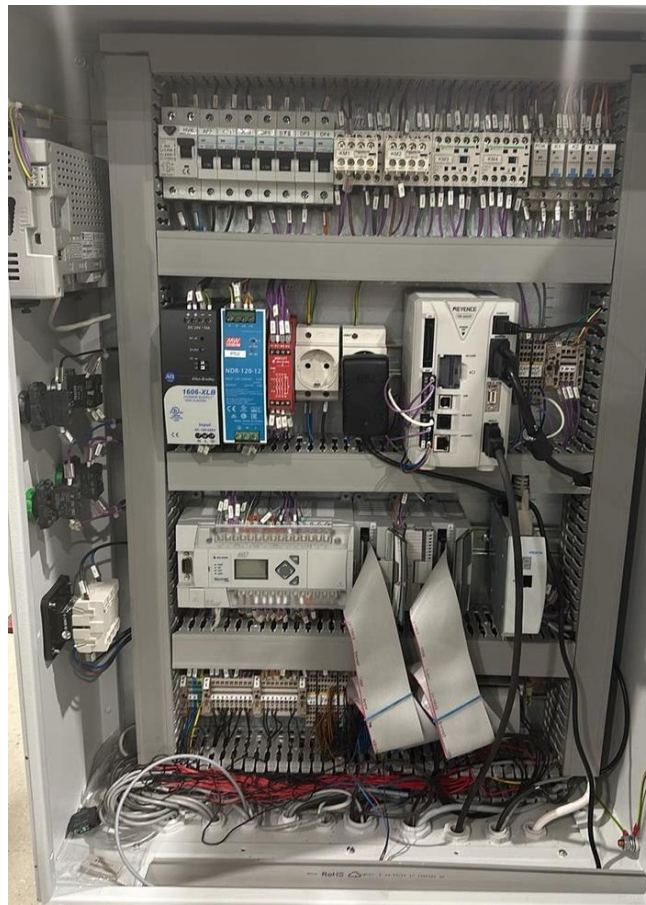
3.9.2 Pneumatikus munkavégzők beszerelése

A munkahengerek minden esetben szereltegységbe épült komponensek, ezért a pozicionálásuk, már a tervezésnél meghatározásra került. Vannak olyan munkavégzők, melyek fixen rögzítésre kerültek, azonban vannak olyanok is, amelyek állítható konzolra kerültek szerelésre a későbbi finom beállítás miatt. A munkahengerek jellemzően csavarkötéssel kerültek rögzítésre, melyekre a fojtó visszacsapó szelepek is felhelyezésre kerültek. A szelepek Ø6 és Ø4 mm műanyag tömlő csatlakozásokkal rendelkeznek, ahol a szelepbeállítás forgatógomb reteszeléssel lehetséges, az egyszerű és gyors beállítás érdekében. A műanyag levegő tömlők illetve a munkahengerekhez kapcsolódó PNP típusú közelítés kapcsolók bandázsolva vagy energialáncba kerültek elhelyezésre, így biztosítva állapotukat a külső sérülésektől.

3.9.3 Villamos szekrény összeállítása

A villamos szekrénybe vezetősínek kerültek elhelyezésre, melyekre a sorolható eszközök kerültek beépítésre. A villamos szekrényt tagoltan építettük fel ahol 4 fő területet alakítottunk ki (25. ábra):

- kismegszakítók, mágneskapcsolók, relék
- tápellátás (AC/DC), biztonsági relé, optikai mérőgép vezérlés
- PLC, ki és bemeneti bővítő modulok, szervó vezérlés
- moduláris sorkapcsok



25. ábra: Kapcsoló szekrény

Forrás: saját készítés (2024)

A villamos eszközök esetében jellemzően Schneider Electric eszközöket használtunk a pneumatikus vezérlésnél FESTO illetve ALLEN BRADLEY elemeket.

Az elektromos vezetékek a bekötési pontoknál minden esetben érvéghüvellyel kerültek szerelésre illetve minden vezetéken az elektromos kapcsolási rajzon feltüntetett jelölések is felhelyezésre kerültek. Ezzel segítve a hibakeresést a későbbi javításoknál.

3.10 Szervo hajtás konfigurálása

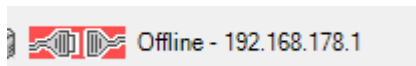
A szervo feltanításhoz a FESTO Configuration Tool (FCT) szoftverét használatam melynek segítségével a lineáris egységen mozgó megfogót tudtam 0,1 mm pontossággal beállítani. A konfigurációs beállításhoz létre kellett hozni egy új projectet illetve a kapcsolat létrehozását ETHERNET porton keresztül végeztem. Ehhez a művelethez a laptopom TCP/IPv4 protokollját automatikus cím kiosztásról, fix IP cím megadásra kellett módosítani, hogy a FESTO CMMO-ST hajtással azonos tartományba kerüljek. A cím tartomány beállításához a FCT szoftver scan funkciója segít, aminek végrehajtása megjeleníti az összes hálózaton lévő eszközt és ebből a listából kell kiválasztani a megfelelő eszközt.



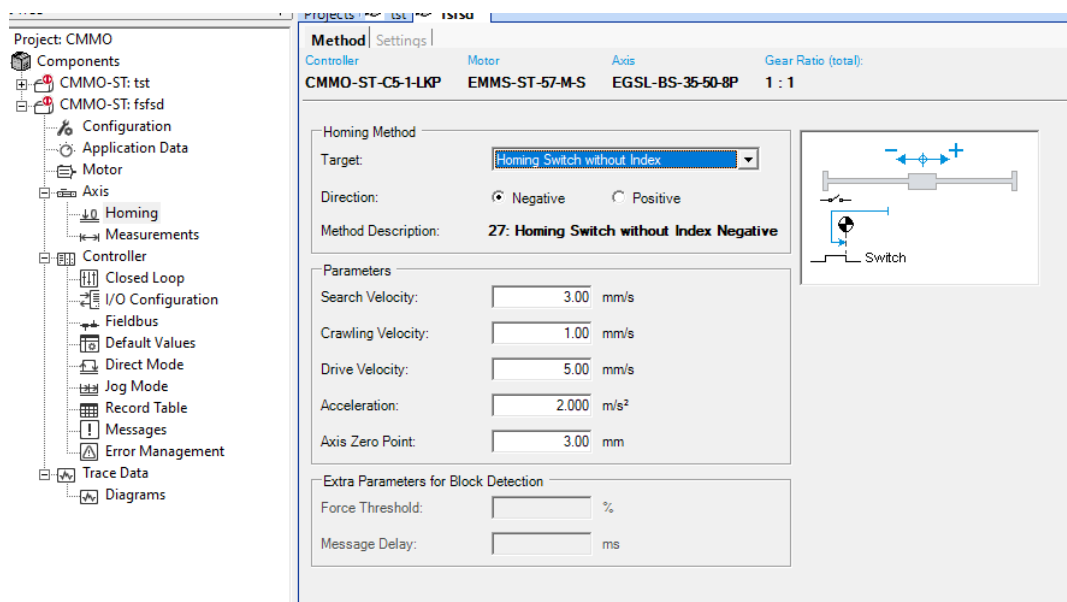
26. ábra: FESTO szervo konfigurálás

Forrás: FESTO Configuration Tool

Az IP címek beállítását követően az alábbi ikonra kattintva tudunk a szervohoz csatlakozni.



A kapcsolat létrejötte után manuális konfigurációval lehet az eszközt beállítani, ahol elsőként a hajtás referencia pontját kell rögzíteni.



27. ábra: FESTO szervo konfigurálás

Forrás: FESTO Configuration Tool

A referencia pont segítségével lehet a hajtást pozitív illetve negatív irányba mozgatni illetve mozgás tartományon belül fix pozícióba küldeni az encoder segítségével. A pontok feltanítását követően a PLC programban is e pontok megjelennek, mint pozíció feltétel.

3.11 Mérőcella tesztüzem

A cella első indítása a karbantartó műhelyben történt, ahol a PLC vezérlőre a program feltöltésre került és minden indításhoz szükséges biztonsági funkció aktiválva lett. Ekkor történt a cella finomhangolása, amikor minden egységet be kellett állítani, hogy a teszt darabok akadálymentesen végig tudjanak haladni az ellenőrzési folyamaton. Ezen beállításoknál, a munkahengerek sebesség vezérlését illetve a mechanikus elemek megfelelő pozícióba állítását kellett megoldani. Amikor a cellán a start ponttól a munkadarabok hiba nélkül végig haladtak a teljes folyamaton akkor került a mérőcella adaptálásra a CNC esztergagéphez. A mérőcella vázszerkezete 6 db állítható talppal lett szerelve, amelyek segítségével a CNC eszterga mellett stabilan áll, így nem kellett a padlóhoz rögzíteni. Az állítható lábak segítségével a magasság állítás is kivitelezhető, így tudtam az eszterga gép munkadarab kihordó szalagjához pontosan illeszteni a berendezést. A mérőcella és az esztergagép között nincs közvetlen kommunikációs kapcsolat, így a cella működése egy impulzusra indul egy induktív jeladó segítségével, ha a munkadarab áthalad alatta. A korábban történt finomhangolás után, ekkor került sor a második beállításra, ugyanis a mérőcella teljes ciklus idejét, hozzá kellett igazítanom a CNC esztergagép gyártási idejéhez. A beállítás azért fontos mert, ahogy említettem nincs kapcsolat a gépek között, így ha a cella mérési ideje lassabb, mint ahogy az esztergagép termel akkor előfordult,

hogy több darab került be a mérőcellába, ami hibát generált. Ezen hibák jellemzően valamilyen ütközést, munkahenger szorulást eredményeztek, ami miatt a PLC letiltott, mivel valamely feltétel nem tudott teljesülni. Ahhoz, hogy ezt a jelenséget meg tudjam előzni, a mérőcella munkaütemeit, úgy kellett beállítanom, hogy gyártási időn belül végig fusson a munkadarab az ellenőrzési folyamaton. Ezzel el tudtam kerülni, hogy több darab érkezzen mérésre, így akadályozva a mérőcella működését. Ehhez a beállításhoz a munkahengerek sebességvezérlését kellett a fojtó visszacsapó szelepekkel módosítanom, mivel ahogy a FluidSim kapcsolási rajzban ábrázoltam a munkahengerek a közelítés kapcsolók segítségével vannak összehangolva. Továbbá a mérőcellán belül található időzített munkafázisok, melyek ciklusidejét a HMI terminálon keresztül tudtam, módosítani.



28. ábra: HMI képernyőkép

Forrás: saját készítés

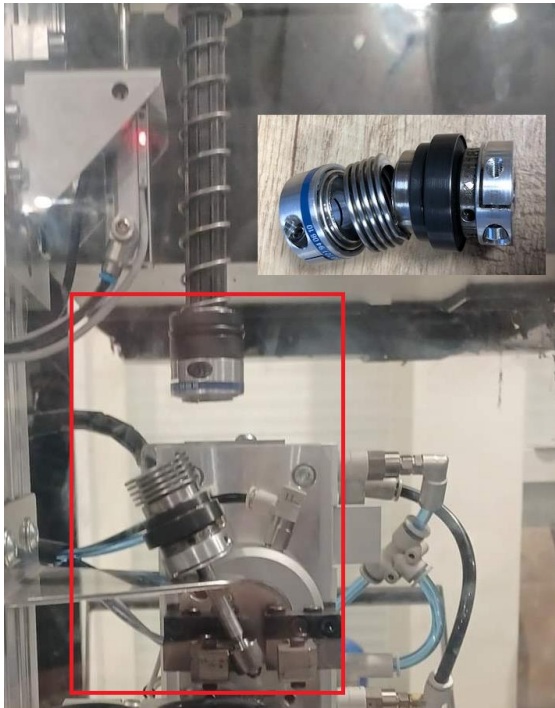
A gyártási és mérési idő összehangolását követően a folyamatos gyártás kezdődött, hogy az esetleges gyenge pontokat ki tudjam szűrni, ami a folyamatos üzemet veszélyezteti. A próbagyártás alatt szoftveres hiba nem jelentkezett szemben mechanikus és elektromos hibákkal. Nagyon fontos külső tényező, hogy a munkadarabok a tesztüzemtől eltérően már vágóolajjal szennyezett állapotban kerültek a rendszerbe illetve az oldószer is keveredni kezdett munkatérén belül a mosó egységnél. A szennyeződések a behordó szalagnál alkalmazott Ø8 mm keresztmetszetű NBR (Butadiene Nitrile Rubber) O-gyűrűt károsította, oly módon, hogy a felületén kezdeti repedések jelentek meg és az előfeszítés miatt el is szakadt. Ezen O-gyűrűt kiváltottam egy poliuretán gépszalaggal, ami teljes mértékben közömbös a gyártási folyamatban található vágóolajjal és az oldószerrel szemben. Az oldószer a próbagyártás ideje alatt a munkahengereknél alkalmazott AirTAC közelítés kapcsolók vezetékeit is károsította, hogy a vezetékek elveszítették rugalmasságukat és eltörték. Ennek következtében kontakthiba lépett fel és megszűnt a szenzor jel, ezért a közelítés kapcsolókat FESTO szenzorokra cseréltem, a nagyfokú olaj ellenállóság miatt.



29. ábra: FESTO közelítés kapcsoló

Forrás: festo.hu

A próbagyártás ideje alatt a menetellenőrző kuplung szerkezete is tönkrement, mely kereskedelmi forgalomban kapható. Az alkalmazott túlterhelés ellenvédett tengelykapcsoló szerkezet anyagfáradás miatt kb. 8000 db termék ellenőrzése után eltört. Pótoltam ugyanezen típussal a hibás darabot, azonban az élettiklusa ennek sem volt hosszabb illetve a hiba jelenség is megegyezett. Megoldásként a tönkrement tengelykapcsolókból éppen maradt komponenseket felhasználtam mivel terveztem egy robusztusabb megoldást, amelyet házon belül le is gyártottunk. A módosított tengelykapcsoló beszerelésre került és a korábbi anyagfáradás ezzel a változattal megszűnt és folyamatos ellenőrzésre alkalmassá vált.



30. ábra: Mechanikus kuplung

Forrás: Saját készítés (2024)

4 Gazdasági számítás

A vállalkozás jelen piaci helyzetet tekintve 6 évre tervezi a berendezés folyamatos működését, ezért a beruházás megtérülési idejét nem időszakra tervezi, hanem gyártott darabszámra. Emiatt a kalkulációnál 2.000.000 db-ot kell a mérőcellának leellenőrizni, hogy a teljes bekerülési költség megtérüljön. A kalkuláció során, a vevővel éves keretszerződés került megkötésre, amiben meghatározásra kerültek a lehívási mennyiségek éves szinten. Ebből következik, hogy a berendezés teljes bekerülési költsége nettó 36.000 EUR, ami a termék egységárának részét képezi.

1 termékre jutó költség: $39.000 \text{ EUR} / 2.000.000 \text{ db} = 0,0195 \text{ EUR/db}$

Gyártási kapacitás: $950.000 \text{ db} / \text{év} / \text{gép}$

Megtérülési idő: $2.000.000 \text{ db} / 950.000 \text{ db} = \sim 2,1 \text{ év}$

Mérőcella nélküli költségek

A terméket gyártás után 100%-ban át kell válogatni, ezért az alkalmazott humánerőforrás költségek az alábbiak szerint alakulnak.

Válogatási kapacitás: $2.000 \text{ db} / \text{műszak} / \text{ember}$

A fenti összefüggést alkalmazva $40.000 \text{ db} / \text{hó} \Rightarrow 480.000 \text{ db} / \text{év}$ kiválogatott alkatrész eredményez.

Ahhoz, hogy teljes gyártási kapacitás ellenőrzött legyen, ahhoz 2 embert kell folyamatosan a vállalkozásnak alkalmazni.

A költségek az alábbiak szerint tevődnek össze:

- Bruttó bérköltség = $390.000 \text{ Ft} / \text{hó} / \text{fő}$
- Járulékok (Szociális hozzájárulási adó: 13%) = $50.700 \text{ Ft} / \text{hó} / \text{fő}$
- Teljes munkabér költség $440.700 \text{ Ft} / \text{hó} / \text{fő}$
- Éves bérköltség 2 munkavállalóval számolva: $440.700 \text{ Ft} * 2 \text{ fő} * 12 \text{ hó} = 10.576.800 \text{ Ft}$

Tervezett gyártási idő	1. év	2. év	3. év	4. év	5. év	6. év	Teljes project költség
Mérőcella	7 224 750 Ft	7 224 750 Ft	760 500 Ft	0 Ft	0 Ft	0 Ft	15 210 000 Ft
Munkavállalói költség	10 576 800 Ft	10 576 800 Ft	10 576 800 Ft	10 576 800 Ft	10 576 800 Ft	10 576 800 Ft	63 460 800 Ft

6. táblázat: Gazdasági számítás

Forrás: saját készítés (2024)

A fenti táblázatot vizsgálva megállapítható, hogy a berendezés megvalósítása ajánlott, mivel a megtérülési ideje amortizáció és egyéb költségektől eltekintve a 3. évben megtérül és a project végéig már csak karbantartási költségek jelentkeznek. Amennyiben a vállalkozás fenntartja a kézi válogatást, akkor látható, hogy a project végén körülbelül hatszorosa lesz a várható költség változatlan munkabér esetén.

5 Összefoglalás

Szakdolgozatom célkitűzésében egy automata mérőberendezés megvalósítását tűztem ki egy autóiipari termék gyártásával kapcsolatban. Tekintve, hogy a termék autóiipari környezetben kerül felhasználásra, így több milliós darabszámok jellemzik. A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy az autógyárak minőségi követelményei rendkívül magasak, és előírják a közel 0 PPM (Parts Per Million) mutatószámot hibás termékekre vonatkoztatva a beszállítótól. A gyártási volumen minősége csak akkor biztosítható, ha minden termék ellenőrzésre kerül az előírt műszaki követelmények alapján, ezért egy elektropneumatikus célgép került megtervezésre és beüzemelésre. A berendezés több egymást követő munkaállomással rendelkezik mire a termék ellenőrzése befejeződik. Ezen munkaállomásokból a munkadarab átvételét illetve továbbítását az #1-es manipulátorig a CNC esztergától mutattam be, mint rész folyamat. A feldolgozásban ismertettem a tervezéssel kapcsolatos feladatokat illetve a pneumatikus vezérlés megvalósítását és az ehhez szükséges pneumatikus eszközök összehangolt mozgását. FluidSim szoftverrel elkészítettem az elektromos és pneumatikus kapcsolási rajzot, melynek segítségével a valós működést tudtam szimulálni. A pneumatikus tervezés mellett bemutattam, hogy a berendezésnek milyen biztonsági funkciói kerültek kialakításra a balesetmentes működés elérése érdekében. Továbbá, a burkolatok kialakításánál figyelembe vettem különböző szabványok előírásait a zárt munkatérre és a mozgó alkatrészekkel való érintkezés megakadályozására. Dolgozatomban legvégül bemutattam a gyártási project gazdasági elemzését mérőcellával és emberi erőforrással összehasonlítva. Az elemzésből jól látszik a berendezés megtérülési ideje a teljes project időszakon belül illetve az összes költség, ha a korábban alkalmazott manuális válogatást tartja fenn a vállalkozás. Ebből az elemzésből látszik, hogy az automatamérésnek indokolt volt a megvalósítása és üzembehelyezése. A gyártási folyamatban sikerült a mérést elindítani és a tervezett célokat elérni. Ahhoz, hogy a fejlődés a jövőre nézve folyamatos legyen, szükséges a gyártási tapasztalatokat összegyűjteni illetve a rendszer esetleges gyenge pontjait feltárni és módosítani. A mérőcellában tervezés közben megalapozásra kerültek az IPAR 4.0-val kapcsolatos fejlesztési irányok is, miszerint létre kell hozni a kommunikációt a mérőcella és a CNC gép között az automatikus szerszám korrekciók végrehajtása érdekében. A gyártásnál jelentős szerszám költségek jelennek meg, melyek folyamatos kontrol alatt tartva maximálisan kihasználhatók lesznek, így elősegítve a szerszámköltségek csökkentését is.

6 Summary

The objective of my thesis was the implementation of an automatic measuring system for the production of an automotive product. Considering that the product is used in an automotive environment, it is characterised by a production run of several millions of parts. The situation is further aggravated by the fact that the quality requirements of car manufacturers are extremely high and require a near 0 PPM (Parts Per Million) metric for defective products from the supplier. The quality of the production volume can only be assured if all products are checked against the required specifications, which is why an electro-pneumatic target machine was designed and installed. The equipment has several successive workstations by the time the product inspection is completed. From these workstations, the transfer of the workpiece from the CNC lathe to the manipulator #1 is shown as a sub-process. In the processing I described the design tasks and the implementation of pneumatic control and the coordinated movement of the pneumatic devices required. Using FluidSim software, I created the electrical and pneumatic wiring diagram to simulate the real operation. In addition to the pneumatic design, I have shown how the safety features of the equipment have been designed to achieve accident-free operation. In addition, I have taken into account the requirements of various standards for enclosing the enclosures to prevent contact with moving parts. Finally, my thesis presented an economic analysis of the manufacturing project in comparison with a measuring cell and human resources. The analysis clearly shows the payback time of the equipment over the whole project period and the total cost if the company maintains the manual sorting previously used. From this analysis it can be seen that the implementation and commissioning of automatic weighing was justified. In the production process, it was possible to launch the measurement and achieve the planned objectives. In order to ensure continuous improvement for the future, it is necessary to collect the experience gained in production and to identify and modify any weaknesses in the system. In the measuring cell, the development directions for IPAR 4.0 were also established during the planning phase, i.e. to establish communication between the measuring cell and the CNC machine in order to carry out automatic tool corrections. Significant tooling costs are incurred in production, which, if kept under continuous control, can be maximised to help reduce tooling costs.

NYILATKOZAT

Alulírott Domonics László, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépipari automatizálási 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 Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom 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: 2024. október 30.

Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: 2024. október 30.

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Domonics László
A Hallgató Neptun kódja: R8PWCM
A dolgozat címe: Automata mérőcella tervezése
A megjelenés éve: 2024.
A tanszék neve: Mechatronika 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 mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2024. október 30.



Hallgató aláírása

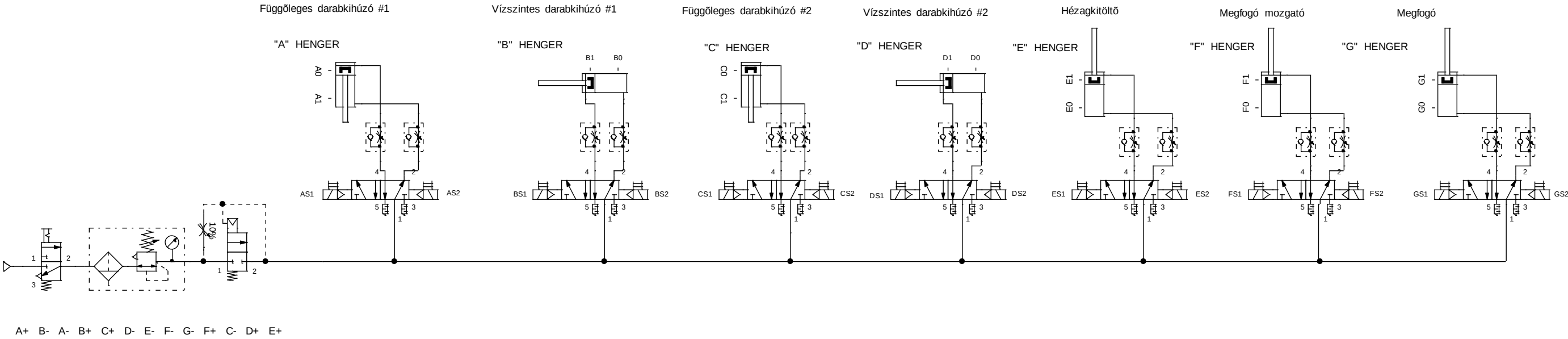
7 Irodalomjegyzék

- [1] „INNOMATION Hungary Kft.,” [Online]. Available: <https://innomation.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 10 09 2024].
- [2] Growiec Jakub, „Automation, partial and full,” Cambridge University Press, United States of America, 2021.
- [3] Karen Jeffrey, „Automation and the future of work: How rhetoric shapes the response in policy preferences,” December 2021.
- [4] Robert Joppen, Arno Kühn, Magdalena Förster és Roman Dumitrescu, „Evaluation of Industry4.0 Applications in Production,” Journal of the Knowledge Economy, 2022.
- [5] D. A. Kurasov, „Computer-aided manufacturing: Industry 4.0,” in *Kurgan State University*, Kurgan region, Kurgan, Russia, 2021.
- [6] Elpidio Oscar Benitez Nara, Matheus Becker da Costa , Ismael Cristofer Baierle , Jones Luis Schaefer , Guilherme Brittes Benitez , Leonardo Moraes Aguiar Lima do Santos és Lisianne Brittes Benitez , „Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry,” January 2021.
- [7] Ságó József, 2020. [Online]. Available: <https://sagi.hu/lapok/plc1.html>. [Hozzáférés dátuma: 02 09 2024].
- [8] Dr. Ajtonyi István, PLC és SCADA-HMI rendszerek III., Miskolc: Aut-Info Kft., 2008.
- [9] PLC szerviz Kft., „PLCszerviz,” [Online]. Available: <https://plc-szerviz.hu/mi-a-plc/>. [Hozzáférés dátuma: 17 10 2024].
- [10] Farkas András, Dr. Nagy Lóránt és Dr. Tverdota Miklós, Automatika, Budapest: Képzőművészeti kiadó, 2009.
- [11] 2018 PLC szervizTM Kft., 16 01 2019. [Online]. Available: <https://rievtech.info/blog/mi-is-a-plc-valojaban.php>. [Hozzáférés dátuma: 02 09 2024].
- [12] Forgó Zoltán, Bevezetés a mechatronikába, Erdélyi múzeum egyesület, 2009.
- [13] Dr. Ferenczi István, „PLC programozási alapismeretek,” Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, 2018.
- [14] Pletl Szilveszter és Kincses Zoltán, „PLC és SCADA rendszerek,” Pannon Egyetem és a Szegedi Tudomány Egyetem, Veszprém, Szeged, 2014.

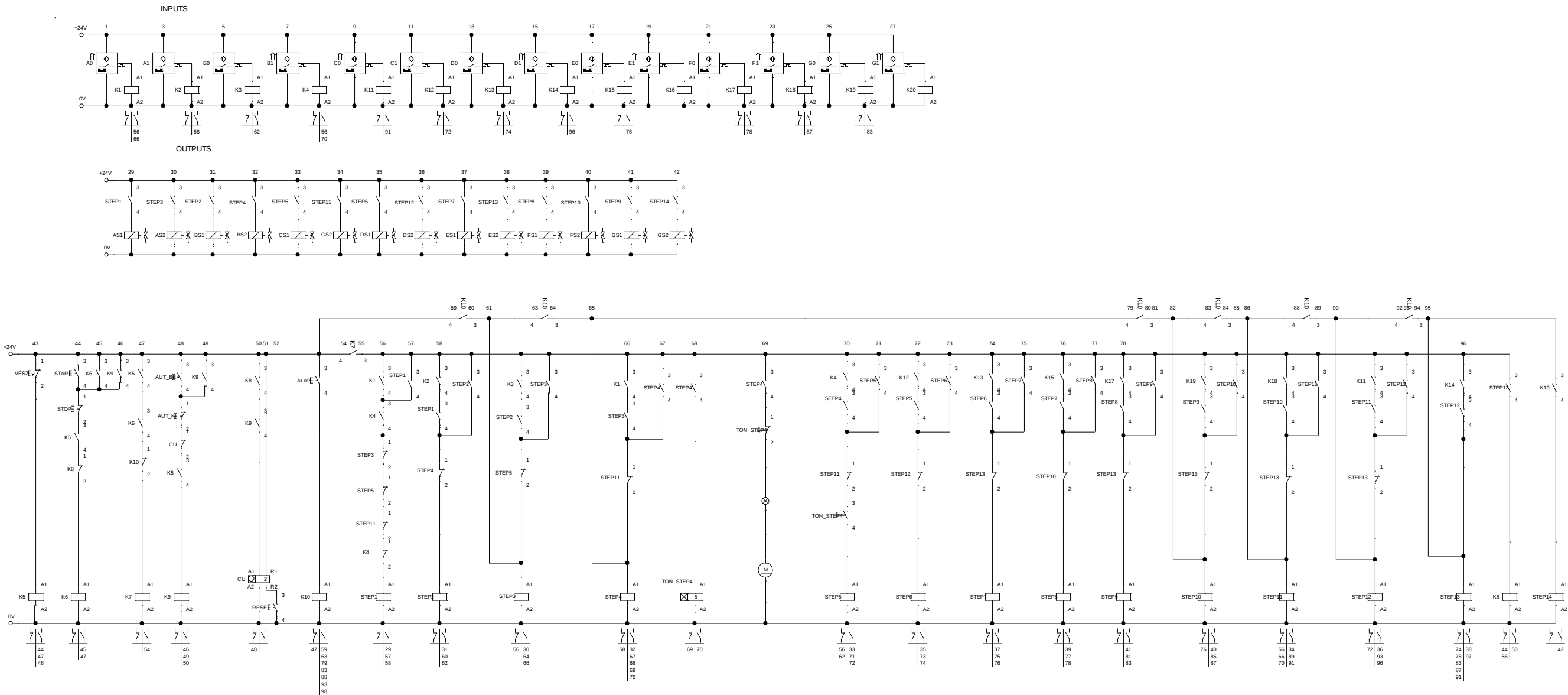
- [15] Maczik Mihály András, „PLC ismeretek és példatár,” Tech-Con Hungária Kft., Budapest, 2012.
- [16] Dr. Sárközi Eszter, Dr. Földi László és Erdélyi Viktor, „Hidraulika és pneumatika,” MATE.
- [17] Kéri János, Pneumatika érthetően, Budapest: IndusTech Kft., 2019.
- [18] MSZ EN ISO 12100:2011, *Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2010.
- [19] MSZ EN ISO 14120:2016, *Gépek biztonsága. Védőburkolatok. A rögzített és a nyitható védőburkolatok kialakításának és beépítésének általános követelményei*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2015.
- [20] MSZ EN ISO 13849-1:2015, *Gépek biztonsága. Vezérlő rendszerek biztonsággal összefüggő részei*, Budapest: Magyar Szabványügyi testület, 2015.
- [21] Zelemo Holding Zrt., 2023. [Online]. Available: <https://zelemo.hu/blog/az-ipari-automatizalas-forradalma-hatekonysag-pontossag>. [Hozzáférés dátuma: 14 10 2024].
- [22] „Technokrata.hu,” dicomm marketing Kft., 26 10 2023. [Online]. Available: <https://www.technokrata.hu/egazdasag/ipar/2023/10/26/ipari-automatizalas-elemei/>. [Hozzáférés dátuma: 14 10 2024].

8 Mellékletek

Pneumatikus kapcsolási rajz



Elektromos kapcsolási rajz



Táblázatjegyzék

1. táblázat: Műveleti utasítás	24
2. táblázat: Ellenőrzési terv	25
3. táblázat: Munkahenger típusok.....	30
4. táblázat: Biztonsági funkciók	39
5. táblázat: Biztonsági elemek.....	42
6. táblázat: Gazdasági számítás.....	52

Ábrajegyzék

1. ábra: PLC programozási eljárások.....	12
2. ábra: PLC funkcionális felépítése	12
3. ábra: IEC szabvány főbb LD grafikus elemei és leírásai.....	14
4. ábra: Egyszeres működtetésű munkahenger alaphelyzetben kitolt dugattyúróddal	17
5. ábra: Egyszeres működtetésű munkahenger alaphelyzetben betolt dugattyúróddal	17
6. ábra: Kettős működtetésű munkahenger állítható löketvégszillapítással, mágnesgyűrűvel	18
7. ábra: Forgatóhenger jelölése.....	18
8. ábra: Pneumatikus motor (légmotor) jelölése	19
9. ábra: 3D modell	23
10. ábra: Alkatrészecskék.....	26
11. ábra: Mérőcella Layout	28
12. ábra: Mérőcella behúzó egység	29
13. ábra: Mérőcella behúzóegység útlépés diagram	32
14. ábra: Levegő előkészítő egység.....	33
15. ábra: Mérőcella látványterv.....	34
16. ábra: Biztonsági ajtózárr.....	35
17. ábra: Kapcsolási rajz biztonsági kör	36
18. ábra: Kockázatértékelés EN ISO 12100:2010	37
19. ábra: Kockázatértékelés	38
20. ábra: Kockázatcsökkentő értékelés	39
21. ábra: Kockázati gráf	40
22. ábra: Teljesítmény szint és vezérlési kategória, MTTFd, DC és CCF közötti összefüggés	41
23. ábra: SISTEMA biztonsági funkcióértékelés	43
24. ábra: Mérőcella összeszerelési folyamata (részlet)	46
25. ábra: Kapcsoló szekrény	47

26. ábra: FESTO szervo konfigurálás.....	48
27. ábra: FESTO szervo konfigurálás.....	49
28. ábra: HMI képernyőkép	50
29. ábra: FESTO közelítés kapcsoló	51
30. ábra: Mechanikus kuplung.....	51