



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépipari Automatizálási Szakmérnök Szak

AUTOMATIZÁLT SZERELŐÁLLOMÁS TERVEZÉSE

Belső konzulens:	Erdélyi Viktor Egyetemi Tanársegéd
Külső konzulens:	Kurilla Zoltán Részlegvezető
Készítette:	Kurilla Zsolt KYYKHU levelező
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet Mechatronika Tanszék

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET

Gépészeti Automatizálási szakmérnök / szakember

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Kurilla Zsolt (KYYKHU)

részére

A szakdolgozat címe:

Automatizált szerelőállomás tervezése

Feladatkiírás:

Bevezetés, Szakirodalom feldolgozás, Pneumatikus rendszer tervezése, villamos rendszer tervezése, biztonsági funkciók tervezése, PLC programtervezés. Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: Kurilla Zoltán, Részlegvezető, FF Fémfeldolgozó Zrt.

Belső konzulens: Erdélyi Viktor Ferenc egyetemi tanársegéd, MATE MI

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

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

Gödöllő, 2024.



(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	6
1.1.	A probléma bemutatása.....	6
1.2.	Célkitűzés.....	6
2.	Szakirodalom feldolgozása	7
2.1.	Pneumatikus rendszerek.....	7
2.1.1.	A sűrített levegő tulajdonságai.....	7
2.1.2.	Abszolút és túlnyomás	9
2.1.3.	A gázok állapotváltozása.....	9
2.1.4.	Veszteségek.....	10
2.1.5.	A sűrített levegő tisztasági osztályai	10
2.1.6.	Pneumatikus rendszerelemek	11
2.2.	Villamos rendszerek.....	13
2.2.1.	Villamos rendszerelemek	13
2.2.2.	Programozható logikai vezérlők.....	14
3.	Anyag és módszer	17
3.1.	A tervezett pneumatikus rendszer	18
3.1.1.	Pneumatikus munkavégzők.....	18
3.1.2.	Kiegészítő elemek a munkavégzőkhöz	22
3.1.3.	A pneumatikus útírányítók.....	23
3.1.4.	Sűrített levegő előkészítés.....	23
3.1.5.	Levegőfogyasztás számítás	25
3.2.	A tervezett villamos rendszer	26
3.2.1.	Villamos rendszerelemek	26
3.2.2.	Biztonsági villamos elemek	30
3.3.	A tervezett biztonsági rendszer	31

3.3.1.	Kockázatértékelés.....	32
3.3.2.	A szükséges teljesítményszint.....	33
3.3.3.	Vezérlési kategóriák és műszaki megvalósítás	35
3.4.	A tervezett PLC program	39
4.	Gazdasági számítás	46
5.	Összefoglalás.....	49
6.	Summary	50
7.	Nyilatkozat	51
8.	Irodalomjegyzék.....	52
9.	Mellékletek.....	54

1. Bevezetés

A dolgozat adott szerelési folyamat egy automatizálási megoldását fogja bemutatni. Ebben a fejezetben bemutatom a problémát, amelyet a szakdolgozat tárgyal, illetve meghatározom a célokat, amelyeket a szakdolgozatban el kívánok érni.

1.1. A probléma bemutatása

A dolgozat fő témája egy szerelési feladat, amelyet a manuális szerelés helyett, automatizált rendszerrel kívánunk elvégezni. A manuális szerelés problémája, a bizonytalanság, a sérülésveszély, illetve a humán erőforrástól függő ütemidő. Az összeszerelt termék két alkatrészből áll, amelyeket görgőnek és perselynek fogok nevezni. Ezt a két alkatrészt szükséges összeszerelni úgy, hogy a perselyt a görgőben kialakított furatba koncentrikusan kell elhelyezni. Ennek egyik feltétele, hogy a koncentrikusság biztosítva legyen, illetve a persely felületét a beszerelés során minden pontban azonos erőhatás érje. A dolgozat egy erre a feladatra kidolgozott megoldást fog bemutatni. A rendszer pneumatikus, villamos és az ehhez szükséges vezérlő elemekből áll. Ezeket a dolgozat részletesen fogja tárgyalni.

1.2. Célkitűzés

A célom, egy automatikus szerelőállomás tervezése, amely a fent leírt problémára kínál megoldást. Ez magában foglalja a pneumatikus rendszer tervezését, a szükséges pneumatikus számítások elvégzését. Szükség van a villamos rendszer tervezésére, amelyben az elemkiválasztás és a kapcsolások tervezése szükséges. A szerelőállomáshoz tartozó biztonsági rendszer tervezése is a feladat része, illetve a vezérléshez használt elemek és PLC program tervezése. A dolgozat további célja, hogy a költségeket kiszámolva össze tudjuk hasonlítani a humán erőforrás, illetve az automatizálás költségeit, megtérülését. A dolgozat végén javaslatot fogok tenni a további fejlesztési lehetőségekre is. Fontos megjegyezni, hogy számos megoldással, illetve pneumatikus vagy villamos elem felhasználásával megoldható a feladat. A dolgozatban ezek közül egy elképzelés kerül bemutatásra. A dolgozatban a rendszer tervezésének végéig fogok eljutni, a tervezett rendszer megvalósítását a dolgozat nem tárgyalja.

2. Szakirodalom feldolgozása

2.1. Pneumatikus rendszerek

A gázok által végzett munkát az emberiség hosszú idők óta használja mérnöki problémák megoldására. A legszélesebb körben használt munkaközeg a levegő. Ez számos előnnyel jár, többek között a munkaközeg könnyű hozzáférhetőségével. Az energia továbbításhoz sűrített levegőt szükséges előállítani. Ennek ipari használata az 1800-as évek végére tehető. Ekkor kezdtek nagyobb kompresszorállomások üzemeltetésébe. A 1900-as években kezdtek el pneumatikus elven működő kalapácsokat használni, többek között a szegecselési technológiáknál. 1950-ben kezdték el a pneumatikus rendszereket használni ipari folyamatok automatizálásában. Ezt az elasztomerek fejlődése tette lehetővé, így megvalósíthatóvá váltak a megfelelő tömítések a pneumatikus elemekhez. A kezdetekben tisztán pneumatikus rendszerek léteztek, majd a villamosság és elektronika fejlődésével megjelentek a logikai vezérlők PLC-k, a villamos szenzorok. Ez lehetővé tette komplex automatizált rendszerek létrehozását, melyekben a munkavégzők és útírányítók pneumatikus elven működnek, a szenzorok és vezérlő elemek pedig villamos elven. A pneumatikus munkavégzőket számos feladat megoldására használhatjuk, legyen az anyagmozgatási, rögzítési vagy éppen préselési folyamat. A munkavégző elemek széles skálájából válogathatunk attól függően, hogy mekkora méretű és erővel rendelkező munkavégzőre van szükségünk. További előnyök, hogy a levegő robbanásveszélyes helyen is használható, nem jár egészségi kockázattal, illetve könnyen tárolható. A sűrített levegő használata rendelkezik néhány hátránnyal is, ezek közül az egyik az alacsony hatásfok. A levegősűrítési folyamat nagymértékű hőveszteséggel rendelkezik, így a befektetett villamos energiának csak a hányada hasznosul a sűrített levegő által. Ezt figyelembe véve a pneumatikus rendszerek nem tekinthetők olcsó megoldásnak. [1]

2.1.1. A sűrített levegő tulajdonságai

Levegő összetevői 78% Nitrogén, 21% oxigén és 1% egyéb gázok. Technikai normál állapotban a nyomása 10^5 Pa 20°C-on 65%-os relatív páratartalom mellett. Ebben az állapotában sűrűsége 1,185 kg/m³. Ezen a nyomáson 1kg levegő térfogata 0,844m³. Alapvető tulajdonságok a nyomás térfogat és hőmérséklet. Különböző alkalmazásokhoz, különböző nyomástartományokat alkalmazhatunk. A nyomás hőmérséklet és térfogat közötti

összefüggéseket gáztörvények határozzák meg, ezekkel kiszámolhatók az egyes paraméterek.
[2]

Az egyesített gáztörvény:

$$p \times V = m \times R \times T \quad (1)$$

ahol p - a gáz nyomása [Pa]

V - a gáz térfogata [m³]

m - a gáz tömege [kg]

R - a gázállandó [J/kg*K]

T - az abszolút hőmérséklet [K]

Ez a formula nagyon jó közelítést ad a 0,1-10 MPa és 200K-800K tartományban ezért általában a szimulációk ezt használják.

A légköri levegő vízgőzt is tartalmaz ezért a nyomása a száraz levegő és vízgőz parciális nyomásainak összege. Ha a levegőt lehűtjük és elérjük a harmatpontot, megkezdődik a víz kicsapódása a levegőből és a víz eltávolítható a levegőből. Ez a levegő előkezelési eljárásnál igen fontos. A vízgőz befolyásolja az R gázállandó értékét is. Ez az érték a technikai normál állapotban 65% relatív páratartalom mellett $R = 288 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

A sűrített levegő nyomását a következő összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

ahol p - a gáz nyomása [Pa]

F - az erő amely merőleges a felületre [N]

A - a felület [m²]

[3]

2.1.2. Abszolút és túlnyomás

Amikor nyomásokról, azoknak számításáról vagy méréséről esik szó, mindenképpen meg kell határoznunk, hogy mi szerint definiáljuk a referencia értéket. Definíciók alapján megkülönböztethetünk abszolút nyomást és túlnyomást. Abszolút nyomás esetén a referencia az abszolút vákuum. Túlnyomás esetén a referencia érték az atmoszferikus nyomás. Abszolút nyomás esetében csak pozitív értéket vehet fel, túlnyomás esetén az atmoszferikus nyomásnál kisebb érték negatív előjelet vesz fel. A túlnyomás átszámítása abszolút nyomásértékre, egyszerű feladat, de ismernünk kell az éppen aktuális atmoszferikus nyomást a pontos érték meghatározásához. Normál atmoszferikus nyomást földközelen 1 bar-nak tekinthetünk. [4]

2.1.3. A gázok állapotváltozása

A levegő sűrítése, illetve expanziója során, számos termodinamika folyamat lejátszódhat ezek a következők lehetnek:

- Állandó térfogatú folyamatok (izochor)
- Állandó nyomású folyamatok (izobár)
- Állandó hőmérsékletű folyamatok (izoterm)
- Adiabatus folyamatok
- Politrópus folyamatok

Az egyes állapotváltozásokhoz különböző összefüggések tartoznak, amelyekkel meghatározhatók a nyomás, hőmérséklet és térfogat paraméterek. Ezek az összefüggések most nem kerülnek részletesen ismertetésre, mivel a hőtan ezeket részletesen tárgyalja.

A pneumatikus rendszerek egy másik igen fontos paramétere a térfogatáram. A térfogatáramot Q úgy lehet definiálni, mint az egy időintervallum Δt alatt átáramlott térfogatmennyiséget ΔV .

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3)$$

Ha ismerjük az átáramlási keresztmetszetet A illetve a közeg áramlási sebességét v akkor szintén meghatározható a térfogatáram a következő összefüggéssel.

$$Q = A \times v \quad (4)$$

Folytonos áramlás esetén a tömegáram minden keresztmetszetben azonos, ha a fluidum teljesen kitölti az áramlási keresztmetszetet a következő összefüggés áll fenn.

$$A1 \times v1 \times \rho1 = A2 \times v2 \times \rho2 \quad (5)$$

Ahol

- A1 a keresztmetszet az 1. pontban
- v1 a közeg sebessége az 1. pontban
- ρ1 a közeg sűrűsége az 1. pontban
- A2 a keresztmetszet az 2. pontban
- v2 a közeg sebessége az 2. pontban
- ρ2 a közeg sűrűsége a 2. pontban

Ha az áramló közeg sűrűsége megegyezik az egyes pontokban, akkor az összefüggés a következők szerint írható fel.

$$A1 \times v1 = A2 \times v2 \quad (6)$$

[5]

2.1.4. Veszteségek

A pneumatikus rendszerekben is előfordulnak veszteségek, amelyeket a számítások során figyelembe kell vennünk. Minden pneumatikus elemen, amelyen a levegő keresztül áramlik nyomáscsökkenés jön létre. Az alkalmazott csövekre, idomokra és egyéb elemekre különböző formulákkal számolhatók ki a veszteségek. [6]

2.1.5. A sűrített levegő tisztasági osztályai

A rendszerelemek szempontjából az egyik legfontosabb követelmény, hogy a meghatározott tisztaságú sűrített levegőt használjuk az üzemeltetéshez. A sűrített levegő leggyakoribb szennyeződései a por, víz, olaj vagy vízgőz. Ezen részek rendszerbe kerülése meghibásodást korróziót és nemkívánt viselkedést okozhat a rendszerben, ezért megfelelő előkezelés szükséges a levegő alkalmazásához. A tisztasági osztályokat az ISO 8573-1:2010 szabvány

határozza meg. A szabványban megtalálhatók az egyes osztályokhoz tartozó, megengedett legnagyobb szennyező mennyiségek. [7]

2.1.6. *Pneumatikus rendszerelemek*

A sűrített levegő megfelelő minőségének biztosítása érdekében az egyes állomások és rendszerek előtt előkészítő egységeket alkalmaznak. Ezek az egységek tartalmazzák a nyomásszabályzót, szűrőt, vízleválasztót. Amennyiben szükséges az előkészítő egység kiegészíthető bekapcsoló szeleppel, olajozóval, lágyindító szeleppel és elágazó egységgel.

A sűrített levegő mechanikai energiává alakításának egyik eleme a munkahenger. A sűrített levegő nyomásának hatására a munkahenger tömített dugattyújára erő hat, amely elmozdulásra készíti. A mozgás lineáris és általában a munkahenger két végpontja között zajlik. Ezek alapján megkülönböztetünk pozitív és negatív mozgásirányt. A munkahengereknek több fontos paramétere is van, amelyek a dugattyú átmérője, a lökethossz, a kifejthető erő, és nyomástartomány. A munkahengereknek számos típusa létezik a felhasználási területtől függően.

A kettős működésű hengerek az egyik leggyakrabban alkalmazott hengertípus. A hengeren két csatlakozás található, amelyek az egyes mozgásirányok előállításáért felelnek. Az egyik csatlakozóval a dugattyú mögötti a másikkal a dugattyú előtti teret tudjuk feltölteni. A felület a dugattyú előtt és mögött, a dugattyúrúd miatt különböző, így az egyes mozgásirányokban eltérő erőt képes kifejteni a munkahenger. Ezt a felhasználás során, például tömeg emelése a munkahengerrel, figyelembe kell venni. [8]

A lapos hengerek annyiban különböznek, a hagyományos dugattyúrudas hengerektől, hogy a beépített dugattyú nem kör keresztmetszetű. A dugattyú keresztmetszete téglalaphoz hasonló, ezáltal keskeny geometriai méret érhető el. Ennek a kialakításnak az előnye, hogy kicsi a helyigénye, illetve a dugattyúrúd az elfordulás ellen biztosított. Ezeknél a típusoknál a dugattyú átmérőben az ekvivalens átmérőt adják meg, amely azt adja meg hogy a dugattyú felülete mekkora kör keresztmetszetű dugattyú keresztmetszetnek felel meg.

A tömítőszalagos hengerek esetében nem találunk dugattyúrúdat kivezetve a hengertestből. A hengertestben szintén egy dugattyú helyezkedik el és a dugattyúra egy kocsi kerül felszerelésre, amely az elmozdulást végzi a dugattyúval együtt. Ennek eredményeképp a hengertestegy oldala nyitott, amelynek tömítését egy tömítőszalag biztosítja, amely a kocsi mozgása során követi

azt. Ezek a hengerek általában egy lineáris vezetőprofilal is rendelkeznek, amely a kocsi vezetését és a terhelések felvételét biztosítja. Előnyük, hogy a helyigényük a hengertest méretével megegyezik, a dugattyúrúdnak nem kell külön helyet biztosítani. [9]

Az alkalmazott automatizálás technikában az egyik leggyakoribb feladat a szerelés, illetve anyagmozgatás megvalósítása. Az alkatrészek mozgatásához az egyik legelterjedtebb módszer a pneumatikus megfogók alkalmazása. A pneumatikus megfogók alkalmazhatnak vákuumot vagy teljesen mechanikus módszert. A mechanikusan működő megfogók esetében a megfogó testben a levegő egy dugattyút mozgat, amelyhez egy mechanizmust kapcsolnak. Ennek a mechanizmusnak a mozgása idézi elő a megfogó pofák elmozdulását és teszi lehetővé a munkadarab megszorítását. A mechanikus megfogóknak számos típusa van, legegyszerűbbek a párhuzamos megfogók. A megfogókból is létezik alaphelyzetben zárt típus, amely nyomásesés esetén is megtartja szorítását, így nem ejti el a munkadarabot. A megfogók szintén elláthatók szenzorokkal, amelyek érzékelik a zárt vagy nyitott pozíciót. [10]

A pneumatikus körökben szükség van a sűrített levegő áramlásának irányítására, illetve az egyes áramlási irányok megváltoztatására is. Ezt a műveletet útirányító szelepek segítségével tudjuk megtenni. A szelepekben csatornák helyezkednek el, az egyes kapcsolások során azt változtatjuk meg, hogy a csatornában, milyen irányú áramlás jöjjön létre, azok összekapcsolásával, vagy lezárásával.

Az egyes csatlakozások jelölését a következők szerint jelöljük:

- Pneumatikus tápellátás: 1
- Munkaoldali kimenet csatlakozó: 2,4,6
- Leszellőzés csatlakozás: 3,5,7
- Vezérlőlevegő csatlakozás: 12,14,10

Az egyes szelepeket szabványos jelöléssel tudjuk ábrázolni. A legfontosabb jellemzőik a csatlakozások száma és az elérhető kapcsolási helyzetek száma. Ez alapján beszélhetünk 3/2-es és 5/2-es stb. szelepekről. 5/2-es szelep esetén a szelepnek 5 csatlakozása és 2 kapcsolási helyzete van. A szelepeket számos módon tudjuk működtetni, legyen az mechanikus, pneumatikus vagy villamos. Ezeket szintén szabványos jelölésekkel tudjuk ábrázolni. A szelepek rendelkezhetnek visszatérítő elemmel, amely lehet rugó vagy légrugó, így mindig egy adott állapotba tér vissza a szelep, ezt nevezzük monostabil szelepeknek. Bistabil szelepről

beszélünk, ha a szelep nem rendelkezik visszatérítéssel, az utolsó kapcsolt pozícióját őrzi meg. A monostabil szelepek esetén megkülönböztetünk alaphelyzetben zárt, illetve alaphelyzetben nyitott kivitelűt. Az alaphelyzetet a visszatérítő elem állítja elő. A szelepeket működtethetjük direkt vagy elővezérelt módon. Elővezérelt kivitel esetén a szelep tolattyút nem közvetlenül a szolenoid váltja át, hanem pneumatikus energia, amelyet elővezérlő levegőnek nevezünk. A bonyolultabb, nagy számú munkavégzővel rendelkező pneumatikus rendszerek esetén, általában sok szelepre van szükség, amelyeket működtetni, vezérelni szükséges. Ezekben az esetekben alkalmazhatjuk a szelepszigeteket, amelyek kompakt mérete és előnyös tulajdonságai lehetővé teszi, hogy nagy számú szelepet alkalmazzunk viszonylag egyszerűen. Szelepszigetek alkalmazása esetén az egyedi csatlakozások mellett számos csatlakozás közösítve van. Ilyen a tápellátás, a leszellőzés és a vezérlőlevegő tápellátása. Az egyes egységek általában szelepből és alapelemből állnak, az alapelemmel csatlakoztatható a szelepsziget alaplapjára. A szelepsor végén záróelemet alkalmaznak, itt találhatók a közösített csatlakozások. A szelepszigetek lehetővé teszik különböző méretű szelepek alkalmazását, a levegőigény függvényében. A szelepszigetekeken különböző szelepekből álló zónákat is létrehozhatunk. Az egyes zónákat szintén végzáró elemekkel tudjuk elválasztani, a táplevegő ellátást függetlenül tudjuk biztosítani. Az alkalmazott szelepek villamos kapcsolására is van lehetőség a szelepszigeten belül. A szelepszigeten belül kialakított az egyes jelek továbbítására használt hálózat. A szelepsziget végén közösített villamos csatlakozó található, amely kommunikációs blokkhoz csatlakoztatható. A szelepszigethez PLC terminált is kapcsolhatunk, amellyel vezérelhetők a beépített szelepek. [11] [12]

2.2. Villamos rendszerek

2.2.1. Villamos rendszerelemek

Az automatizálástechnikában számos érzékelőt szükséges használnunk a különböző bemeneti jelek biztosítására. A pneumatikában leggyakrabban alkalmazott érzékelők a közelítéskapcsolók. Ezek a szenzorok a munkahengerek pozíciójáról, végállásáról adnak jelet. A közelítéskapcsolók magnetorezisztív elven működnek. A munkahenger dugattyúján egy mágnesgyűrű van elhelyezve, amely együtt mozdul a dugattyúval. Ez a mágnes saját mágneses térrel rendelkezik. Amikor a mágnesgyűrű a szenzor közelébe ér

a mágneses tér hatására a szenzoron átfolyó ellenállás megváltozik. Ezzel az ellenállás változással érzékelhető a mágnesgyűrű pozíciója. [13]

A különböző munkadarabok, vagy alkatrészek érzékelésére induktív, kapacitív vagy optikai elven működőérzékelőket alkalmaznak.

Az induktív elven működő szenzorok tartalmaznak egy rezgő kört, amely nyitott mágneses teret hoz létre a szenzor előtt. A mágneses térbe belépő fém tárgy megváltoztatja a mágneses erővonalak hosszát, ezzel megváltoztatva a rezgő kört. [14]

A kapacitív elven működő szenzorok egy kondenzátor segítségével egy aktív elektromos mezőt hoznak létre a szenzor előtt. Ha egy elektromosan szigetelő vagy fém kerül a szenzor érzékelési távolságán belülre az megváltoztatja a kondenzátor kapacitását. A kondenzátorral összekapcsolt RC oszcillátor ekkor rezegni kezd. Alkalmas szigetelők, folyadékok és por állagú anyagok érzékelésére is. [15]

Az optikai érzékelők a fény tulajdonságait használják ki a tárgyak érzékelésére. A fényt kibocsájtó elemek általában diódák, a fény érzékelésére pedig fototranzisztorokat használnak. Az optikai elvű szenzorok vörös vagy infravörös fényt alkalmaznak. Az infravörös fény előnye a nagyobb érzékelési távolság és a zavarfüggetlenség a környezeti fényhatásoktól. Megkülönböztethetünk fénykapukat vagy tárgyreflexiós optikai szenzorokat. [16]

2.2.2. Programozható logikai vezérlők

A PLC-k megalkotása előtt a gépek és folyamatok irányítását reléekkel végezték. Ezekből megkülönböztethetünk teljesítmény és vezérlő relét. Ezekből igen nagy mennyiséget kellett felhasználni egy komplex rendszer vezérléséhez, amely bonyolult rendszerekhez és villamos kapcsoláshoz vezetett. Ma már igen kevés a múltból megmaradt relét alkalmazó rendszer, de például a MÁV egyes állomásain még ma is a régi relés rendszereket használják a váltók vezérlésére. Az elektromechanikus rendszerek további hátránya, hogy a mechanikus alkatrészek érintkezők tekercsek elhasználódnak, amelyek

folytonos problémát okoznak. A PLC vezérlők alapjait 1968-ban fektették le, a következők voltak az elvárások. Egy olyan vezérlőrendszer, amely a számítógéphez hasonlóan rugalmas, de a költségei felveszik a versenyt a relés rendszerekkel. Könnyen programozható a reléknél alkalmazott létra logikai rendszer alapján. Képes legyen ipari környezetben működni, ahol esetenként mostoha körülmények szennyeződések, por fordul elő. Moduláris felépítésűnek kell lennie a bővíthetőség miatt. Az első PLC-k képesek voltak bemeneti és kimeneti jelekkel időzítőkkal és számlálóval dolgozni. A további fejlesztések lehetővé tették az analóg jelek alkalmazását is, majd később beépített PID szabályzó is megjelent a PLC-ben. A programozóeszközök is fejlődtek, kezdetben speciális programozóeszközöket használtak, majd később elterjedtek a személyi számítógépeken alkalmazott szoftverek. [17]

Az I/O modulok biztosítják, hogy a PLC ismerje és beavatkozhatson a rendszer aktuális állapotába. Többféle bemenet és kimenet létezik, ezek lehetnek analóg, digitális vagy speciális be és kimenetek. Legegyszerűbbek az digitális be és kimenetek, amelyeknek két állapota lehet a be vagy kikapcsolt állapot. Ezeket a bemeneti jeleket a különböző elven működő szenzorok, gombok stb. szolgáltatják. A digitális kimeneti jelek állapota is szintén csak ki vagy bekapcsolt lehet. [18]

Analóg jelek esetén nem csak két állapot létezik. A két állapot között is kap értékeket a PLC. Ez lehet például egy folyadékszint pontos értéke egy tartályban. Az analóg jelek különböző tartományokban fordulnak elő mint 0-20mA, 4-20mA, 0-10V stb.

A PLC-k egyik legfontosabb eleme a CPU. Ez tartalmaz egy processzort, memóriát és nyomtatott áramköröket. Ez az egység végzi a programok végrehajtását, az adatok tárolását és a kommunikációt a külső eszközökkel. kommunikáció történhet soros, Ethernet vagy USB kapcsolaton keresztül is. További fontos tulajdonság, hogy a CPU mely kommunikációs protokollokat támogatja. Ezek lehetnek EtherNet/IP, Modbus, TCP stb. A PLC-k egyik fontos jellemzője a memória mérete. Elég memóriával kell rendelkeznie a feladatok kezeléséhez, és nem árt, ha ezen felül marad tartalék memória is, a jövőbeni bővítésekhez. A használni kívánt PLC kiválasztása során figyelembe kell vennünk, hogy milyen környezetbe kívánjuk használni, illetve, hogy milyen certifikációkkal rendelkezik az adott készülék, legyen az akár minőségi vagy biztonságtechnikai. A kiválasztási szempontok közé tartozik a programozó szoftver típusa

is. Többféle gyártó specifikus vagy univerzális szoftver létezik, amelyeket használhatunk. A szoftverek számos beépített funkcióval rendelkezhetnek ebből tekintünk át néhányat.

- Beépített szimulátor:

Ezzel a funkcióval tesztelhetjük az általunk készített programot, egy virtuális PLC-n. Ez nagy segítség lehet annak ellenőrzésében, hogy megfelelő-e az általunk készített program.

- Automatikus felismerés:

Nagy segítséget jelent a programozó számára, ha a szoftver automatikus hardverészlelést tud végrehajtani. Ekkor a PLC-kommunikáció során a szoftver felismeri a csatlakoztatott eszközöket, a kimenetek és bemenetek címeit, valamint egyéb hasznos tulajdonságokat.

- Adatmegjelenítés és diagramok:

Ez a funkció biztosítja a felhasználó számára, hogy az adott logikai értékeket valós időben követni tudja. Ezekből az adatokból diagramok készíthetők, amelyek hasznosak lehetnek a hibakeresés során.

- Biztonsági funkciók:

A funkció használatával korlátozhatjuk, hogy kik férhetnek hozzá a PLC-hez, illetve milyen jogosultsággal rendelkezzenek.

- Sűgó:

Nagy előny, ha az egyes funkciókról megfelelő segítség áll rendelkezésre, vagy akár videók alapján tudunk megfelelő információt szerezni a szoftver egyes funkcióiról.

- PID funkciók:

Számos szoftver rendelkezik PID funkcióval, amely a folyamatszabályozási feladatok megoldásában nyújt segítséget.

- Integrált funkció blokkok:

Ezek a megoldások gyorsabbá tehetik a programozást. Egy komplex feladat során a bonyolultabb létradiagram helyett, használhatjuk ezeket a konfigurálható funkció blokkokat.

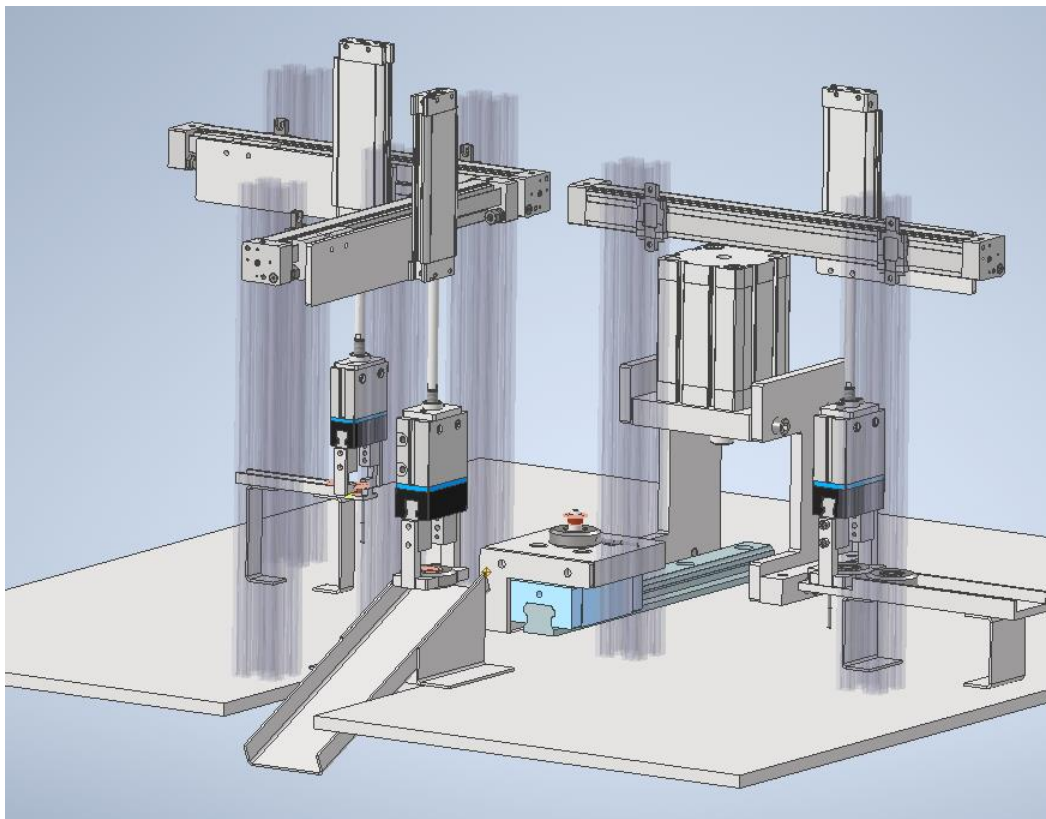
- Programozási nyelvek:

A szoftver lehetőséget kínál több nyelv használatára. Ezek lehetnek szöveges, létra diagram, funkció blokkos programozás stb. Az egyes felhasználók számára ez könnyebbé teheti a programozást. [19]

3. Anyag és módszer

Ebben a fejezetben bemutatom az általam tervezett rendszert, az ehhez használt elemeket, a szükséges számításokat, ábrákat, diagramokat.

A tervezett automatizált rendszer egy szerelőállomás. Az állomáson két alkatrész kerül összeszerelésre. Az egyik egy ausztenites korrózióálló acélból 1.4301 készült görgő a másik alkatrész egy hasított bronzpersely. Az összeszerelt alkatrész egy a sütőiparban használt szekrénybe épített kocsí görgője. A művelet egy kulcseleme a két alkatrész összenyomása. A hasított bronzpersely úgy van kiképezve, hogy a görgőbe nyomva a hasítás mérete lecsökken, ezáltal belefeszítve a perselyt a görgőbe. Erre a folyamatra korábbi teszteket végeztem, egy kísérleti állomáson, amely segítségével meghatároztam, hogy mekkora erejű munkahenger szükséges a két alkatrész összenyomásához. Az összenyomáson kívül a két alkatrész megfelelő pozícióba mozgatása is szükséges, illetve a kész munkadarab eltávolítását is meg kellett oldanom. A mozgások megvalósításához pneumatikus munkahengereket és pneumatikus megfogókat alkalmaztam. Ez összesen 8db munkahengert és 3db megfogót jelent, ezek részletesen bemutatásra kerülnek. A munkahengerek és megfogók mozgatásához szükséges útírányításhoz, egy szeleptömböt alkalmaztam. A pneumatikus tápellátásról egy levegő előkészítő egységet terveztem beépíteni. A munkahengerek és alkatrészek pozíciójának érzékeléséhez közelítéskapcsolókat és induktív érzékelőket alkalmaztam. A rendszer vezérléséről egy PLC gondoskodik. A biztonságtechnikai elemek irányításáról egy biztonsági relé gondoskodik, amely össze van kötve a PLC-vel.



1.ábra A szerelőállomás felépítése

3.1. A tervezett pneumatikus rendszer

3.1.1. Pneumatikus munkavégzők

A rendszerben a munkavégzést, szerelés anyagmozgatás munkahengerek és pneumatikus megfogók végzik, amelyek a következők.

- 1 db Festo ADN 63-60-I-P-A kettős működésű kompakt munkahenger. Ez a munkahenger végzi el az alkatrészek összenyomását.
- 1db Festo DSBC-32-200-PPSA-N3 kettős működésű munkahenger. Ez a munkahenger végzi a munkadarabok mozgását, a szerelési pozícióból az összeállítási pozícióba.
- 3db Festo DZF-18-80-A-P-A kettős működésű lapos munkahenger. Ezek a munkahengerek végzik el a munkadarabok emelési és süllyesztési mozgását.
- 3db Festo DGC-18-200-G-P-A tömítőszalagos munkahenger. A tömítőszalagos hengerek végzik az alkatrészek mozgását a kezdő pozícióból az összeállítási pozícióba.

- 2db Festo DHPS-20-A-NC pneumatikus párhuzamos megfogó. Ezek a megfogók végzik a görgő és az összeszerelt munkadarab megfogását. Sajátosságuk, hogy nyomáskereső esetén is rugóerővel biztosított a munkadarabok megfogása, így nem ejtik el azokat.
- 1db Festo DHPS-16-A-NC pneumatikus párhuzamos megfogó. Ez a megfogó végzi a persely megfogását.

A munkavégzőket úgy választottam ki, hogy megfelelő erőt legyenek képesek biztosítani a munkadarabok mozgatásához. Az ADN 63-60-I-P-A henger esetében a dugattyúátmérő 63mm, így pozitív mozgásirányban 1870 N erőt képes kifejteni 6 bar üzemi nyomáson pozitív mozgás során. Az alkatrészek összenyomásához szükséges erőt megmérni nem tudtam, így előzetes tesztek végeztem, a rendelkezésre álló munkahengerekkel. Ennek a tesztnek az eredményeképp került kiválasztásra a 63mm dugattyúval rendelkező henger. Ez az erő volt szükséges az alkatrészek összenyomásához.

A DSBC-32-200-PPSA-N3 henger esetében a henger egy lineáris vezetéken mozgó kocsit mozgat az alkatrészekkel. A hengernek ezt az ellenállást szükséges legyőznie pozitív és negatív irányban egyaránt. A henger negatív irányban 415 N erő kifejtésére képes 6 bar üzemi nyomáson.

A fellépő súrlódó erő F_s számítása:

$$F_s = \mu \times F_n \quad (7)$$

μ - Súrlódási együttható a lineáris vezeték elemei között

Az F_n nyomóerő számítása:

$$F_n = F_g + F_z \quad (8)$$

F_g - Az alkatrészek tömegéből adódó nehézségi erő

F_z - A lineáris vezeték előfeszítéséből adódó előfeszítő erő

A számolt, illetve a gyártó által megadott adatok a következők.

$\mu = 0,02$

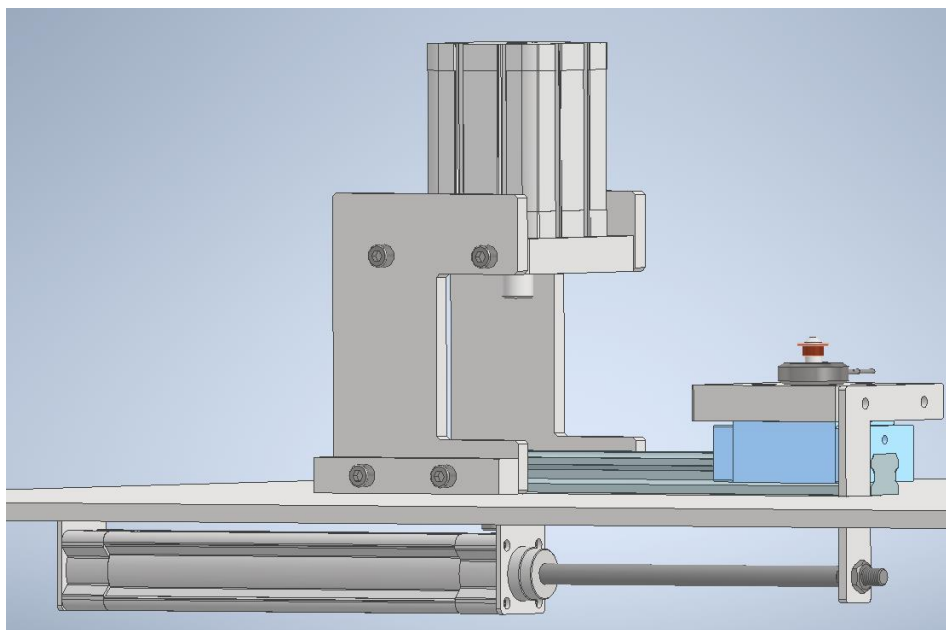
$$F_g = 18 \text{ N}$$

$$F_z = 774 \text{ N}$$

$$F_s = 0,02 \times 792 \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_s = 15,84 \text{ [N]} \quad (11)$$

A henger által biztosított 415 N erő sokszorosa a mozgatáshoz szükséges erőnek, de figyelembe kell venni, hogy a hengernek fel kell tudni gyorsítani a mozgató tömeget a kívánt sebességre, illetve a későbbi kopások esetén a súrlódási tényező megnövekedhet, amely nagyobb erőszükségletet kíván.



2.ábra A szerelést végző pneumatikus egység

A DZF-18-80-A-P-A munkahengerek esetén figyelembe kellett vennem a megemelni kívánt tömeget. A hengerek dugattyúrúdjaik végére a megfogók vannak felszerelve, illetve a megfogott munkadarabok. A munkahenger 123 N erőt tud kifejteni negatív mozgás esetén.

A munkahengert terhelő erő az emelés során.

$$F_g = m \times g \quad (12)$$

$$m = 0,7 \text{ [kg]} \quad (13)$$

$$g = 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right] \quad (14)$$

$$F_g = 6,87 \text{ [N]} \quad (15)$$

Látható, hogy a munkahenger ebben az esetben jóval nagyobb erő kifejtésére képes, mint a terhelő erő.

A tömítőszalagos DGC-18-200-G-P-A munkahengerek esetén a dugattyúátmérő 18mm a lökethossz pedig 200mm. A hengerek a lapos hnegert, a megfogót és a munkadarabokat mozgatják. A hengerek olyan kivitelűek, hogy rendelkeznek egy lineáris vezetéssel, amely a terhelőerőket felveszi. A munkahengerek 153 N erőt képesek kifejteni mindkét mozgási irányban egyaránt.

A súrlódási erő számítása.

$$F_s = (\mu \times F_g) + F_d \quad (16)$$

$$F_d = 7 \text{ [N]} \quad (17)$$

$$F_g = m \times g \quad (18)$$

$$m = 0,9 \text{ [kg]} \quad (19)$$

$$g = 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right] \quad (20)$$

$$\mu = 0,02 \quad (21)$$

$$F_s = (0,02 \times 0,9 \times 9,81) + 7 \text{ [N]} \quad (22)$$

$$F_s = 7,18 \text{ [N]} \quad (23)$$

A munkahenger által kifejtett erő itt is többszöröse a leküzdeni kívánt erőnek.

A DHPS-20-A-NC párhuzamos megfogók erőzárással rögzítik a munkadarabot, így a szükséges szorítóerőt ki kell számolni. A katalógusadat szerint a megfogó szorítóereje 290 N.

A szorítóerő számítása:

$$F_g = \frac{m \times g}{2 \times \mu} \quad (24)$$

Ebből a tömeget kifejezve:

$$m = \frac{F_g \times 2 \times \mu}{g} \quad (25)$$

$$m = \frac{290 \times 2 \times 0,1}{9,81} \quad (26)$$

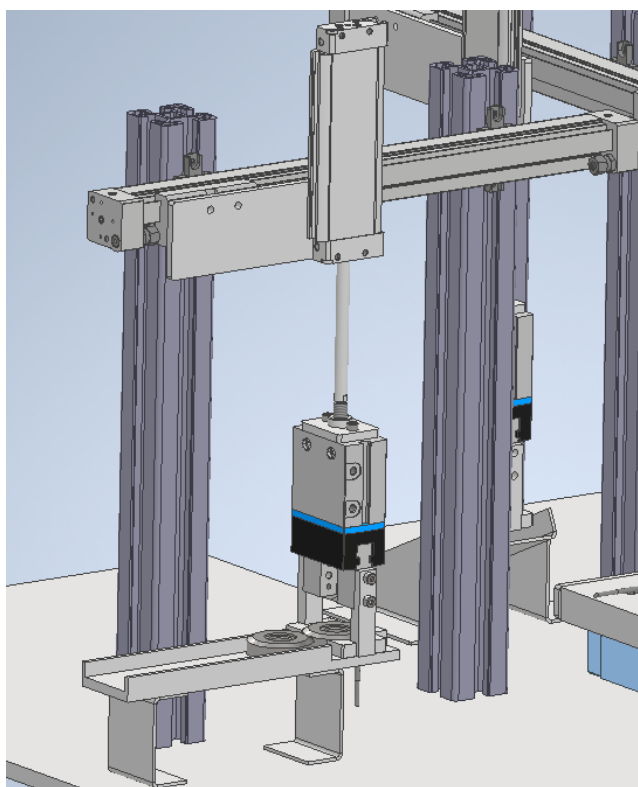
$$m = 5,91 \text{ [kg]} \quad (27)$$

A munkadarab tömege 0,12 kg így a kiválasztott megfogó nagy biztonsággal képes azt rögzíteni. A méretválasztásnál figyelembe kellett vennem szükséges geometriai méreteket, illetve a löket nagyságát is.

A DHPS-16-A-NC megfogó esetén a zárás alakzárással történik, így itt a szorítóerő nagysága 190N mindenképpen elégséges.

A számítások elvégzése után látható, hogy a munkahengerek pneumatikus erőfejlesztése jóval nagyobb mint a számított értékek, így a rendszer túlméretezett. A túlméretezésnek ebben az

esetben a hengerek geometriai kialakítása az oka. A DSBC típusú henger esetén a legkisebb elérhető dugattyúátmérő 32mm. A DZF típusú hengerek esetén a hengert felfogató konzolok geometriai mérete nem volt elégséges, így egy nagyobb méretű típust választottam. A nagyobb méretű hengerek a levegőfogyasztást is növelik, így ennek csökkentésére érdemes nyomásszabályozókat a szelepek és hengerek közé beépíteni. A nyomásszabályozók egy alkalmas típusa a Festo VRPA család. A dolgozatban a teljes levegőfogyasztással számoltam a későbbiekben, a nyomásszabályozók beépítése fejlesztésként alkalmazható, a gazdaságosabb üzemeltetéshez.



3.ábra Az anyagmozgatást végző pneumatikus egység

3.1.2. Kiegészítő elemek a munkavégzőkhöz

A munkahengerek esetében sarkalatos pont a sebesség megfelelő beállítása, üzem közben, amelyet fojtó visszacsapó szelepek beépítésével tudunk megtenni. A hengerek csatlakozásaiba közvetlenül beépített fojtó visszacsapó szelepeket terveztem, amelyek gyorscsatlakozóval rendelkeznek. A fojtó visszacsapó szelepeket, úgy helyeztem el, hogy azok a kiáramló közeget fojtsák, vagyis szekunder sebességszabályozás legyen végrehajtva. A megfogókhoz nem volt szükség fojtó visszacsapó szelepekre, itt a megfelelő gyorscsatlakozókat választottam ki.

A tömítőszalagos DGC-12-200-G-P-A munkahengerekhez GRLA-M5-QS-6-D típust, a lapos DZF-18-80-A-P-A hengerekhez szintén GRLA-M5-QS-6-D. Az ADN 63-60-I-P-A hengerhez

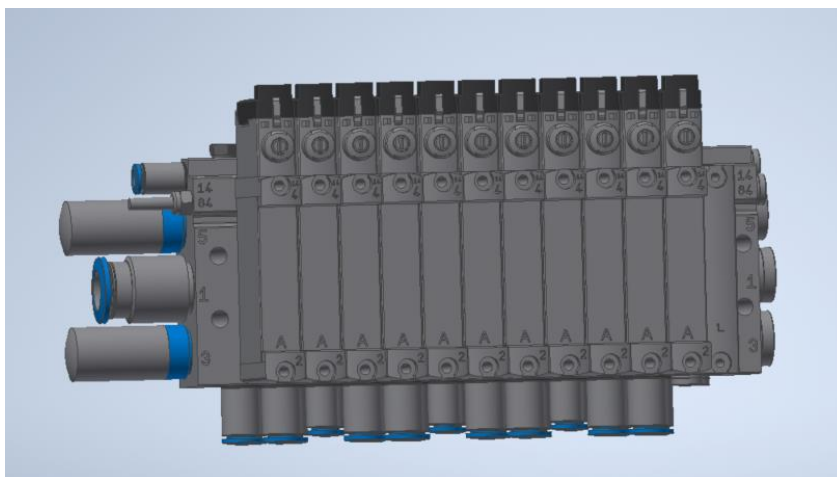
a GRLA-1/8-QS-6, a DSBC-32-200-PPSA-N3 hengerhez GRLA-1/8-QS-6 típust. A DHPS-20-A-NC megfogóhoz a QSM-M6-6. A DHPS-16-A-NC megfogóhoz a QSM-M3-4 típust.

3.1.3. A pneumatikus útirányítók

A hengerek mozgásának irányításához 11db szelepre volt szükség, ezért az egyszerűség kedvéért egy Festo VTUG szeleptömböt alkalmaztam. A szeleptömb előnye, hogy az összes konfigurált szelep ezen helyezkedik el, közösített a táplevegő ellátás, a vezérlőlevegő ellátás, illetve a teljesítmény és vezérlőlevegő leszellőzések. A szelepek, amelyeket választottam 5/2-es monostabil elektromos, elővezérelt szelepek kézi segédműködtetéssel. A szelepek 10mm méretűek így 380 l/perc az áteresztő képességük. Mindegyik szelepen egy 24V DC tekercs helyezkedik el, a PLC ezen keresztül kapcsolja az egyes szelepeket. A szeleptömbön a munkakimenetek 2-es és 4-es csatlakozások 6mm-es dugaszolható csatlakozókkal vannak ellátva, kivéve a legkisebb megfogó szelepcsatlakozását, amely igazodik a megfogón lévő 4mm-es csatlakozáshoz. A konfigurált szeleptömböt az alábbi ábra mutatja be.

A szeleptömb pontos típusa:

VTUG-10-SH2-B1TZ-Q10L-UL-Q6S-6AQ45ALCC



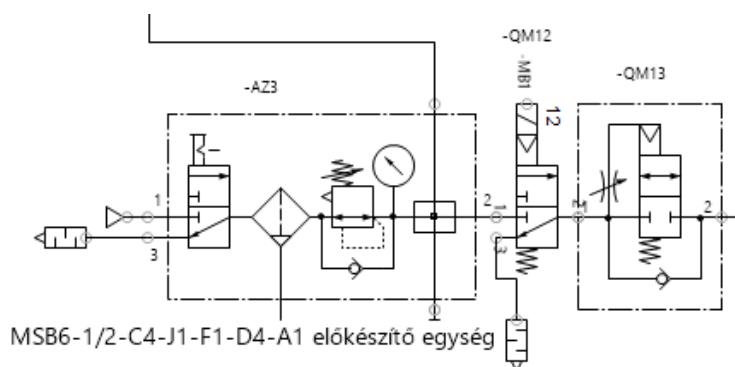
4.ábra Az alkalmazott szeleptömb a modelltérben

3.1.4. Sűrítettlevegő előkészítés

A pneumatikus rendszernek szüksége van egy előkészítő egységre. Ez az egység a következő elemekből áll.

- Kézi 3/2 es bekapcsolószelep, hangtompítóval.

- Szűrő-szabályzó egység, nyomásmérő órával, 40µm-es szűrővel, kézi kondenzátum leeresztéssel.
- Elágazó modul a vezérlőlevegő tápellátásnak.
- Elektromos bekapcsolószelep hangtompítóval a teljesítménylevegő leválasztáshoz.
- Nyomásfelfuttató szelep visszacsapó szeleppel, a lágy indítás és gyors leszellőzés érdekében.



5.ábra A levegő előkészítő egység rajzi jelölése

Az előkészítő egység pontos típusa MSB6-1/2-C4-J1-F1-D4-A1.

Az előkészítő egység áteresztő képessége 1700 l/min.



6.ábra A levegő előkészítő egység a modellterben

3.1.5. Levegőfogyasztás számítás

A levegőfogyasztást a kettős működésű hengerekre a következő összefüggéssel tudjuk kiszámítani.

Az előremeneti levegőfogyasztás.

$$Q_e = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times h \times P \text{ [l]} \quad (28)$$

Ahol:

- D a dugattyúátmérő [dm]
- h a henger lökete [dm]
- P az abszolút nyomás [bar]

A hátrameneti levegőfogyasztás.

$$Q_h = \frac{(D^2 - d^2) \times \pi}{4} \times h \times P \text{ [l]} \quad (29)$$

Ahol:

- D a dugattyúátmérő [dm]
- d a dugattyúrúd átmérő [dm]
- h a henger lökete [dm]
- P az abszolút nyomás [bar]

Az egy ciklusra eső levegőfogyasztás.

$$Q_c = Q_e + Q_h \text{ [l]} \quad (30)$$

A percenkénti levegőfogyasztás számítása.

$$Q = Q_c \times n \text{ [l/perc]} \quad (31)$$

Ahol

- n a percenkénti ciklusok száma

A levegőfogyasztás számításához a Festo weboldalán található kalkulátort használtam, amely a csővezeték fogyasztásával is számol.

Az egyes elemek levegőfogyasztása.

1db ADN 63-60-I-P-A 500mm csővezetékkel levegőfogyasztása 15,5 l/perc

1db DSBC-32-200-PPSA-N3 500mm csővezetékkel 13 l/perc

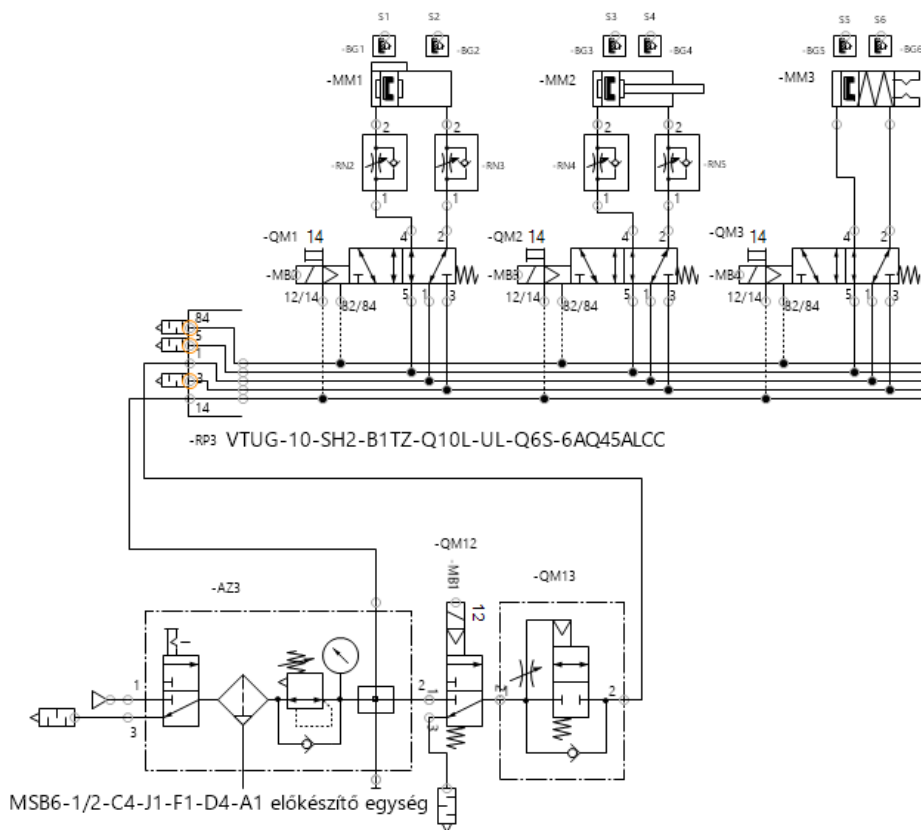
3 db DZF-18-80-A-P-A 500mm csővezetékkel 12 l/perc

3db DGC-18-200-G-P-A 500mm csővezetékkel 13,5 l/perc

2db DHPS-20-A-NC 500mm csővezetékkel 1,5 l/perc

1db DHPS-16-A-NC 500mm csővezetékkel 0,6 l/perc

A teljes rendszer levegőfogyasztása 56,1 l/perc. A kiválasztott szelepek 380 l/perc és az előkészítő egység 1700 l/perc-es áteresztési képessége megfelelően el tudja látni a rendszert.



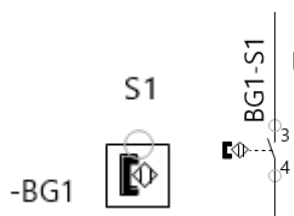
7.ábra Részlet a rendszer pneumatikus kapcsolási rajzából

3.2. A tervezett villamos rendszer

3.2.1. Villamos rendszerelemek

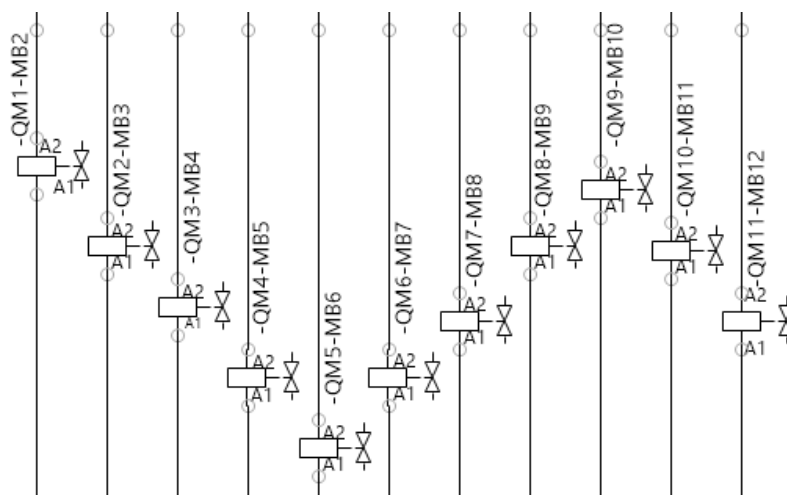
A rendszer működtetéséhez számos villamos elemre van szükség. Az alkalmazott szenzorok, relék, kezelőszervek mind villamos elven működnek.

A munkahengerek pozíció érzékeléséhez közelítéskapcsolókat alkalmaztam. Ebből két típust választottam, a Festo SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE és az SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE-t. Mindkét típusú érzékelő magnetorezisztív elven működik. A munkahenger dugattyújában elhelyezett állandó mágnes, a megfelelő pozícióban megváltoztatja az érzékelőbe épített áramkör villamos jellemzőit, ezáltal érzékelhető a dugattyú pozíciója. Az érzékelők PNP típusúak, illetve 24V-os feszültséggel működtethetők. Az érzékelőkből az egyes munkahengerekre és megfogókra 2-2db kerül felszerelésre. Az érzékelők záró kapcsolást hajtanak végre, áramfelvételük 100mA. Az érzékelőket a pneumatikus és villamos rajzokon a következő szimbólummal jelöltem.



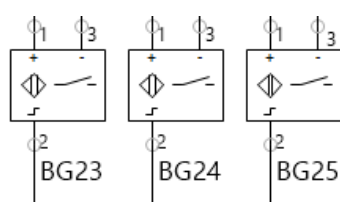
8.ábra A közelítéskapcsolók rajzi jelölései

Az alkalmazott pneumatikus szelepek Festo VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3 mágnesstekercsekkel vezéreltek. A mágnesstekercsek 24V egyenfeszültséggel működtethetők, maximális teljesítményfelvételük 1W. Minden egyes szelephez tartozik 1db mágnesstekercs, mivel a szelepek monostabil kivitelűek, így 11db kerül beépítésre. A mágnesstekercsek villamos rajzi szimbóluma a következő.



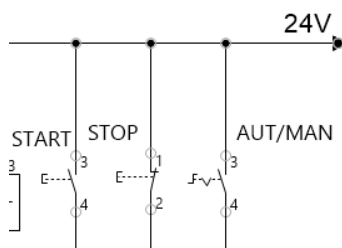
9.ábra A mágnesszelep tekercsek rajzi jelölései

A munkadarabok és alkatrészek érzékelésére 3db Festo SIEH-3B-PS-K-L induktív érzékelőt terveztem beépíteni. Ezek az érzékelők mindössze 3mm átmérővel rendelkeznek, induktív elven működnek, vagyis fém alkatrészek érzékelésére alkalmasak. Kapcsolási távolságuk mindössze 1mm acél anyagok esetén, ezért nagyon közel kell beépíteni a munkadarabokhoz. Az érzékelők PNP típusúak és záró kapcsolatot valósítanak meg. Maximális áramfelvétel 100mA. Üzemeltetési feszültségük 10V-30V. Az induktív érzékelők rajzi szimbóluma a következő.



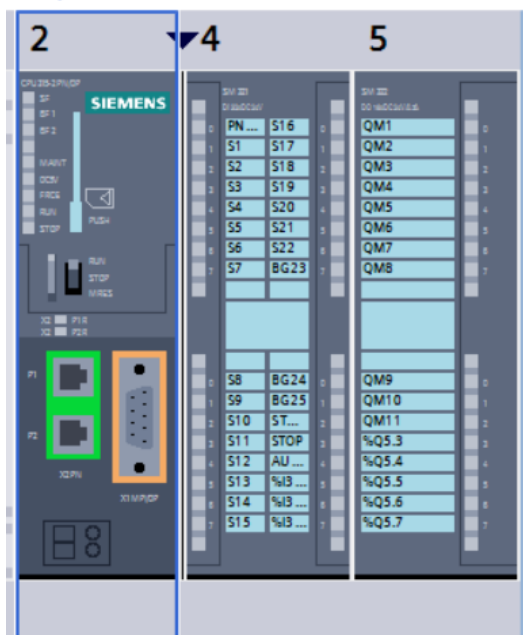
10.ábra Az induktív érzékelők rajzi jelölései

A rendszer üzemeltetéséhez szükséges egy Start, illetve Stop nyomógomb, valamint egy Automata / Manuális üzemmódválasztó kulcsos kapcsoló. A Start gomb a Schneider Electric XB4BA31 alaphelyzetben nyitott típusa a Stop gomb az XB4BA42 alaphelyzetben zárt típus. A kulcsos kapcsoló a Schneider Electric XB6CGC5B kétállású típus. A kapcsolók rajzi szimbólumai a következők.

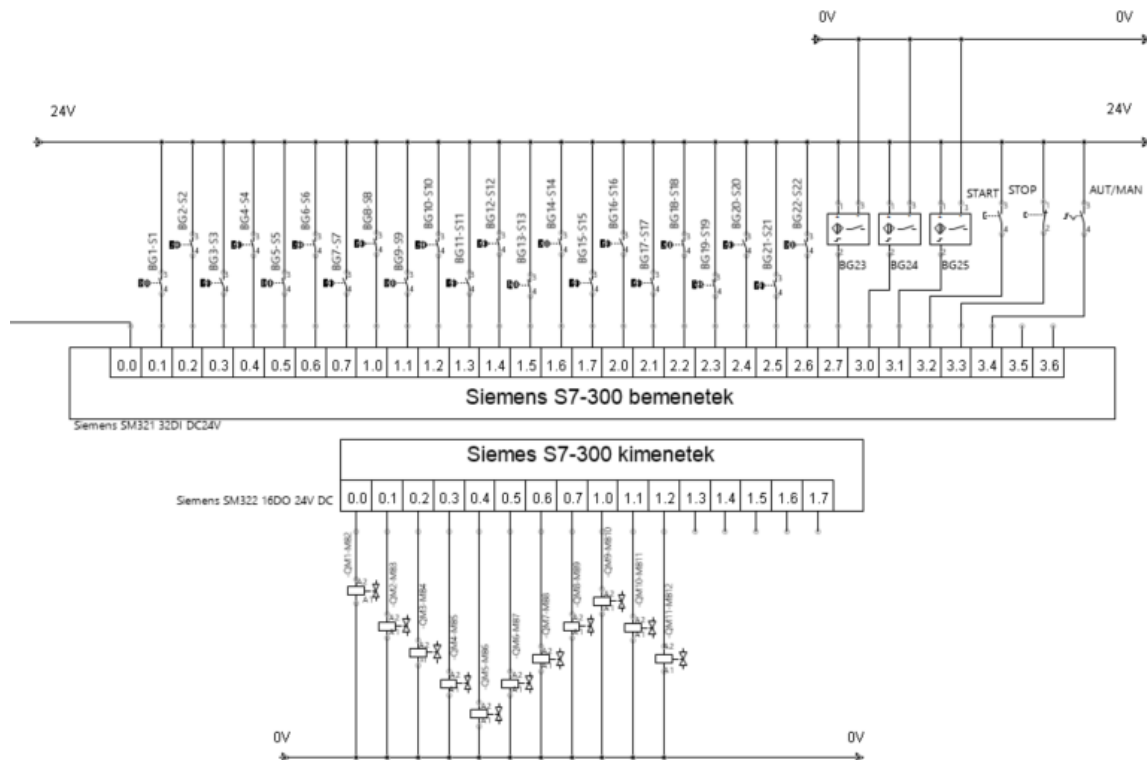


11.ábra A nyomógombok és kapcsoló rajzi jelölései

Az eddig felsorolt villamos elemek, egy PLC-hez kapcsolódnak és bemeneteket, illetve kimeneteket képeznek. A PLC a Siemens S7-300 típuscsaládba tartozik. A CPU egy CPU315-2 PN/DP, 512KB típus. A processor egység 512 KB memóriával rendelkezik és PROFINET kapcsolaton keresztül képes kommunikálni. A bemeneti modul egy Siemens SM321 32DI DC24V típus, amely 32db digitális bemenet kezelésére képes. A kimeneti modul egy Siemens S322 16DO 24V DC, 0,5A típus, amely 16db digitális kimenetet képes kezelni. A PLC egyes elemei modulárisan kapcsolhatók össze, ezáltal a konfiguráció az igényeknek megfelelően alakítható ki.



12.ábra A PLC modulok felépítése



13.ábra A villamos rendszer kapcsolási rajza

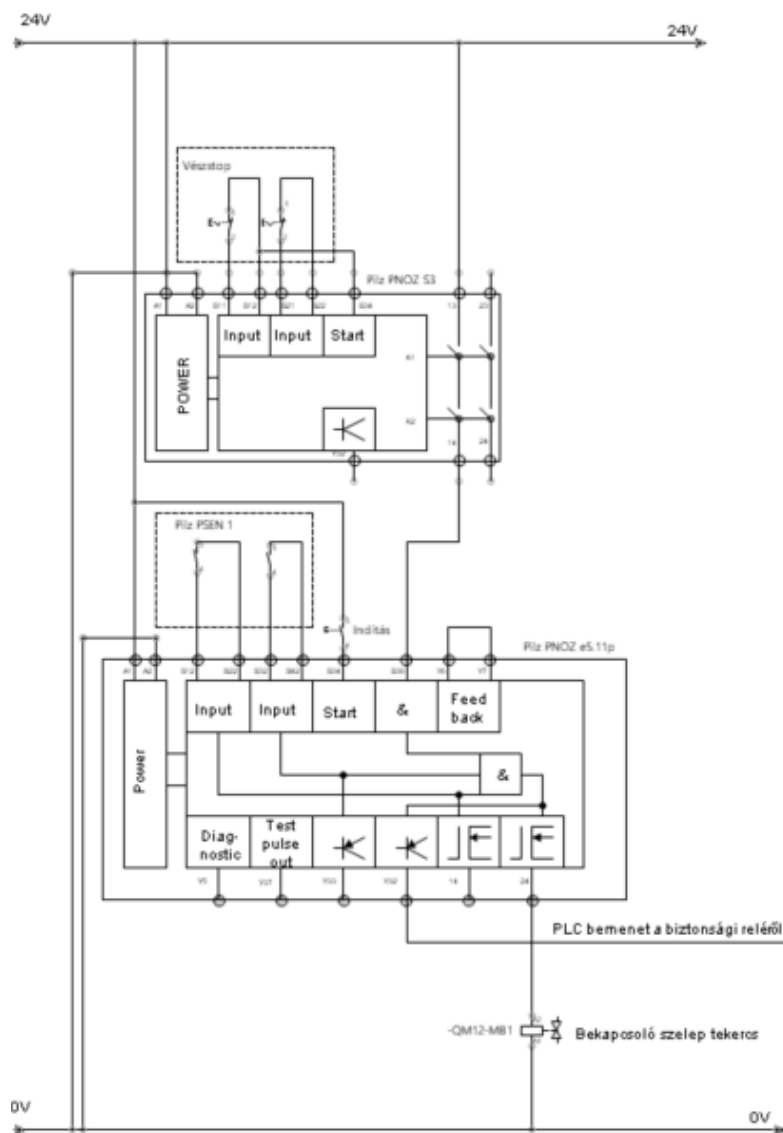
3.2.2. Biztonsági villamos elemek

A megfelelő gépbiztonság elérése érdekében szükséges beépíteni a biztonsági rendszerhez tartozó villamos elemeket. A tervezett szerelőállomás két biztonsági funkcióval rendelkezik. Az egyik a vészstop gomb megnyomásával előidézett vészleállítás, a második a védőburkolaton elhelyezett ajtó kinyitása üzem közben. Mind a két funkció a rendszer energiamentesítését idézi elő, az elektromos bekapcsolószelep QM12-MB1 átvált és leszellőzteti a rendszert. A bekapcsolószelep csak akkor biztosít levegőellátást a rendszernek, ha az ajtó csukott állapotban van, a Vészstop gomb nincs benyomva, illetve az Indítás gomb megnyomásra került.

A biztonsági rendszerbe a következő elemek kerültek beépítésre.

- Pilz PIT es2u vészstop gomb
- Pilz PSEN 1 mágneses ajtónyitás érzékelő
- Pilz PNOZ s3 biztonsági relé
- Pilz PNOZ e5.11p biztonsági relé
- Festo MS6-EE-1/2-10V24S elektromos bekapcsoló szelep
- Schneider Electric XB4BW31G5 nyomógomb

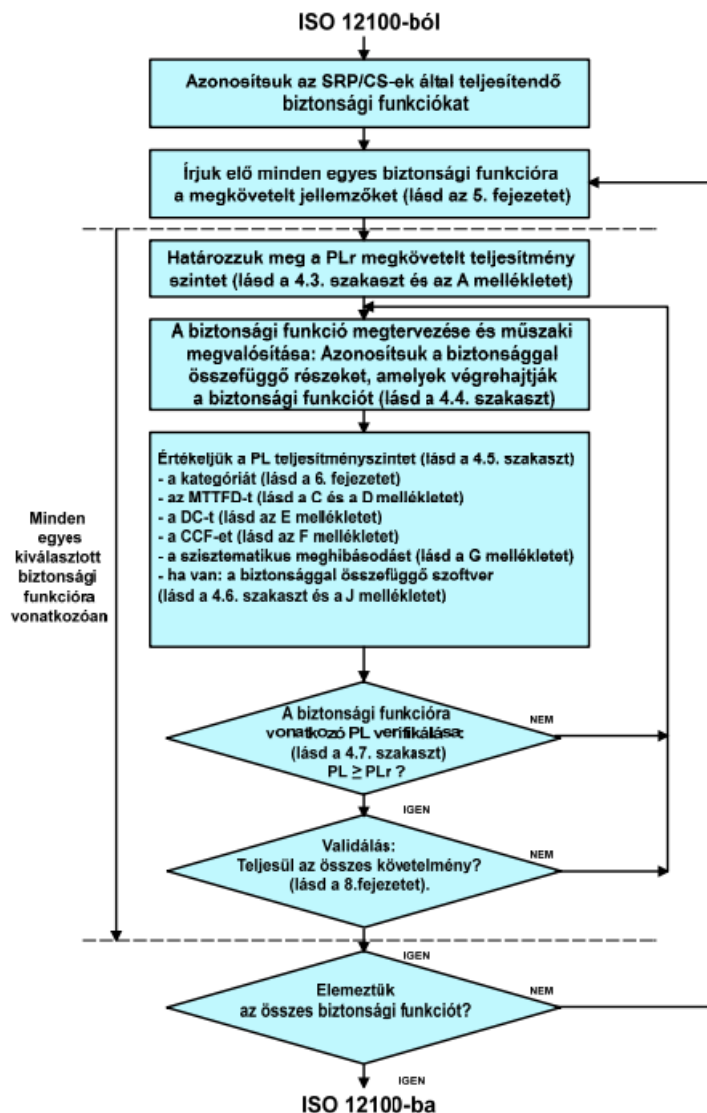
A rendszer úgy épül fel, hogy a PIT es2u vészstop gomb a PNOZ s3 relé megfelelő bemeneti csatlakozóira van kötve. Ez két körös diagnosztizált kapcsolatot jelent. A PNOZ s3 relé automatikus indításra van kötve, így a teljesítő feltételek esetén, azonnal kimenetet biztosít. A PNOZ s3 relé egyik kimenete az PNOZ e5.11p relé megfelelő bemenetére van kötve. A PSEN 1 mágneses ajtónyitás érzékelő a PNOZ e5.11p relé bemeneteire van kötve. Ez szintén két körös diagnosztizált kapcsolat. A PNOZ e5.11p relé indítása az XB4BW31G5 nyomógomb megnyomásával történik. A PNOZ e5.11p relé belső logikájában egy ÉS kapcsolat van létrehozva. Ez arra szolgál, hogy a PNOZ e5.11p relé biztonsági kimenetén csak akkor jelenik meg kimeneti jel, ha a PNOZ s3 és PNOZ e5.11p biztonsági feltételei egyszerre teljesülnek. Bármely biztonsági feltétel nem teljesülése esetén a kimeneti jel megszűnik. A PNOZ e5.11p biztonsági kimeneti jele a QM12-MB1 tekercsre van kötve, amely az MS6-EE-1/2-10V24S bekapcsoló szelepet működteti. A PNOZ e5.11p relé rendelkezik további kimenetekkel, amelyeket nem biztonsági funkciók üzemeltetésére használhatunk. Az egyik ilyen kimenet a Siemens PLC bemeneti moduljának 0.0 pontjára csatlakozik, amely a PLC program futásában fog majd szerepet vállalni.



14. ábra A biztonsági villamos elemek kapcsolása

3.3. A tervezett biztonsági rendszer

A gépek tervezése során figyelembe kell venni a biztonsági tényezőket, kockázatokat, amelyek az üzemeltetés során fellépnek. Az általam tervezett eszköz pneumatikus, illetve villamos energiával működik, munkahengereket mozgat, amelyek a gépkezelő és a gép közelében tartózkodó személyek számára veszélyt jelenthet még a megfelelő használat esetében is. Ebben a fejezetben bemutatom, hogyan terveztem meg a gép biztonsági rendszerét, annak érdekében, hogy a gép közelében tartózkodó személyek számára a veszély minimális legyen.



15. ábra Folyamatábra a biztonsági funkciók tervezéséhez forrás: [20]

3.3.1. Kockázatértékelés

A kockázatértékelés során első dolgunk a veszélyek beazonosítása. A tervezés során az általam tervezett gép normál üzemeltetésére vonatkozó állapotot vettem figyelembe. Ez az üzemállapot, amikor a gép automata üzemmódban folyamatosan összeszerelési munkát végez. A pneumatikus munkahengerek ekkor folyamatos mozgásban vannak, az ezekkel való érintkezés sérülést okozhat az ott tartózkodóknak. Ebből megállapítható, hogy mechanikai veszélyek állnak fent, amelyek akár végtagok törését is okozhatják.

A kockázatértékelés során a figyelembe vett értékek a biztonsági funkciók nélkül.

-
- Előfordulás valószínűsége 10-Nagyon valószínű
 - A veszély gyakorisága 5-Állandóan
 - A lehetséges károsodás 2-Törés(főcsont)
 - A veszélyeztetett személyek száma 1-1-2fő

Ebből a kockázatra kapott eredmény az értékek összeszorzásával 100 pont.

A kockázatcsökkentési intézkedések, a nyitható reteszelt védőburkolat alkalmazása, valamint vészleállítási alkalmazása.

A kockázatcsökkentő intézkedések után az értékelés a következőképpen változik.

- Előfordulás valószínűsége 0,5-Nagyon valószínűtlen
- A veszély gyakorisága 5-Állandóan
- A lehetséges károsodás 0,1-Karcolás zúzódás
- A veszélyeztetett személyek száma 1-1-2fő

Ebből a kockázatcsökkentésből kapott pontszám 0,25, amely megfelelően alacsony kockázatot eredményez.

3.3.2. A szükséges teljesítményszint

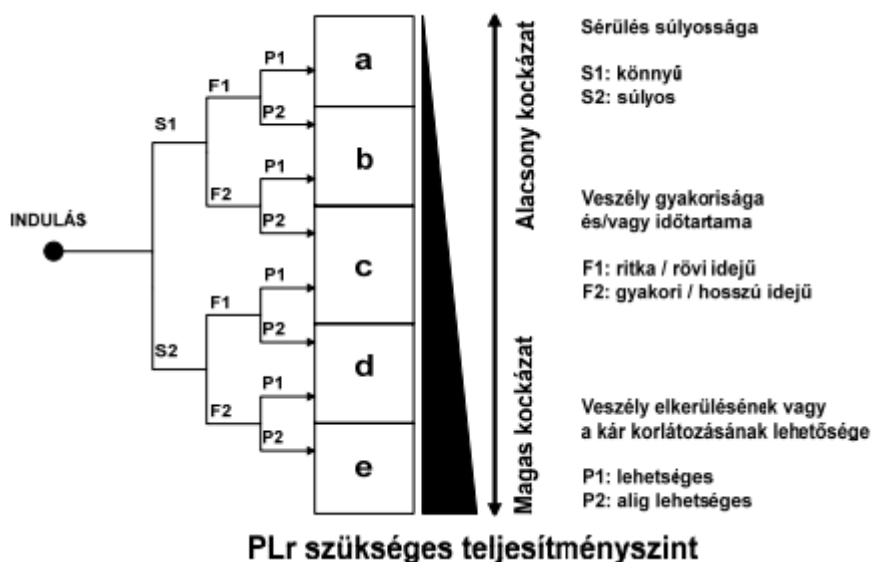
A tervezett biztonsági funkciók közül az egyik a nyitható védőburkolat alkalmazása. A gépre tervezett védőburkolat, egy helyen egy ajtóval nyitható. Ennek az ajtónak a nyitását szükséges érzékelni és a megfelelő beavatkozást megtenni. A gép normál automata vagy manuális üzemmód esetében az ajtónyitásnak vészleállítást kell eredményeznie, hogy a rendszer energia mentesüljön, amikor az adott személy az ajtón belülre akar férkőzni. A második biztonsági beavatkozás a vészstop gombbal való leállítást, amely szintén a vészleállítási folyamatot eredményezi. A vészleállítási 0. leállítási kategóriával történik, amely az STO azaz Safe Torque Off kategória. Ekkor a rendszer energiaellátásának leválasztása történik. Ebben az esetben ezt egy elektromos bekapcsolószelvény QM12 átváltásával tettem meg, amely a vészállapotban leszellőzteti a rendszert. Bizonyos feltételektől függően meg kellett határoznom, hogy milyen teljesítményszint elérésére van szükség a biztonsági rendszer tervezésénél. Az egyes teljesítményszintek a következő ábrán láthatók.

1.táblázat A teljesítményszintekhez tartozó PFHD értékek forrás: [20]

PL	Average probability of dangerous failure per hour (PFH _D) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

Ezeket a teljesítményszinteket az ISO 13849 határozza meg, az egyes szintek az óránkénti veszélyes meghibásodások valószínűségétől függenek, amelyet PFH_D értéknek nevezünk.

A szükséges teljesítményszint meghatározás az alábbi ábrán látható.



16.ábra A teljesítményszint kiválasztásának folyamata forrás: [20]

A teljesítményszint választásnál az alábbi tényezőket vettem figyelembe.

- Sérülés súlyossága S1 könnyű
- Veszély gyakorisága F2 gyakori
- Veszély elkerülésének lehetősége P2 alig lehetséges

Az alkalmazott folyamat szerint legalább C teljesítményszint elérésére van szükség, azonban a vészleállítás alkalmazásánál a szabvány szerint is minimum C teljesítményszintet kell elérni. Ebben az esetben a PFH_D értékének 3×10^{-6} és 10^{-6} érték közé kell esnie.

3.3.3. Vezérlési kategóriák és műszaki megvalósítás

A biztonsági komponensek kiválasztása során figyelembe kell vennünk, hogy milyen vezérlési kategóriával van lehetőségünk megvalósítani a tervezett rendszert. Megkülönböztetünk B,1,2,3,4-es biztonsági kategóriákat a következők szerint.

Az alapvető biztonsági elveket be kell tartani (ISO 13849-1 Pt. 6.2.3/ISO 13849-2 Tab. A 1/B.1/ C.1/ D.1)				
A külső hatásoknak megfelelő méretezés (ISO 13849-1, 6.2.3 pont)				
1 csatorna 0 hiba biztonság (ISO 13849-1Pt. 6.2.3)	A jól bevált biztonsági elveket be kell tartani (ISO 13849-2 6.2.4, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7; ISO 13849-2 Tab. A.2/B.2/C.2/D.2)			
	1 csatorna Jól bevált alkatrészek (ISO 13849-1 Pt. 6.2.4; ISO 13849-2 tab. A.3/D.3) 0 hibabiztonság (ISO 13849-1, 6.2.4 pont) Az alapvető és jól bevált biztonsági elvek betartása. Megfelelő szabványoknak való megfelelés.	1 csatorna A vizsgálati arány $\leq 1/100$ -a vagy a biztonsági funkció kérésére azonnali vizsgálat, vagy a követelmény aránya $\leq 1/25$ az arány PFH D * 1.1 használata esetén (ISO 13849-1, 4.5.4, 6.2.5 és megjegyzés a K.1 táblázatban) 0 hibabiztonság a tesztfázisok között	2 csatorna (ISO 13849-1, 6.2.6. pont) Néhány, de nem minden hibát észlel a biztonsági funkció következő kérése előtt vagy közben. 1 hibabiztonság Az észleletlen hibák felhalmozódása a biztonsági funkció elvesztését eredményezheti.	2 csatorna (ISO 13849-1, 6.2.7. pont) Minden hibát észlelni kell a biztonsági funkció következő kérése előtt vagy közben. ≥ 1 hibabiztonság
B kategória	1. kategória	2. kategória	3. kategória	4. kategória

17. Ábra Vezérlési kategóriák forrás: [20]

A biztonsági komponensek esetén a többszoros, diagnosztikával rendelkező elemek terjedtek el. Az elérhető teljesítményszint és a vezérlési kategóriák között összefüggés van, amely meghatározza az egyes vezérlési kategóriával elérhető legmagasabb teljesítményszintet.

Az általam tervezett két biztonsági funkció, az ajtónyitás, illetve a vészleállítás.

A biztonsági funkciók ellátására alkalmazott komponensek a következők.

- Pilz PIT es2u vészstop gomb

- Pilz PSEN 1 mágneses ajtónyitás érzékelő
- Pilz PNOZ s3 biztonsági relé
- Pilz PNOZ e5.11p biztonsági relé
- Festo MS6-EE-1/2-10V24S elektromos bekapcsoló szelep

2.táblázat Biztonsági elemek és adataik

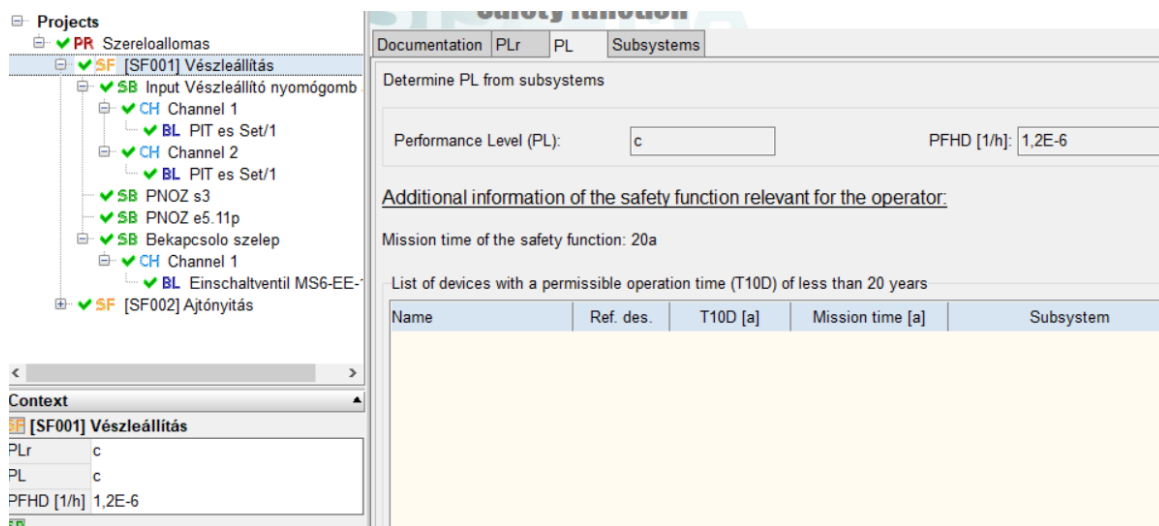
Típus	Elem megnevezése	Vezérlési kategória	Diagnosztika	Teljesítményszint	MTTFD	B10d
Pilz PIT es2u	Vészstop gomb	3	A relé diagnosztizálja	Alrendszer teljesítményszintje	2277,8	205000
Pilz PSEN 1	Mágneses ajtó érzékelő	3	A relé diagnosztizálja	Alrendszer teljesítményszintje	5555,6	500000
Pilz PNOZ s3	Biztonsági relé	4	Van	e		
Pilz PNOZ e5.11p	Biztonsági relé	4	Van	e		
Festo MS6-EE-1/2-10V24 S	Elektromos bekapcsoló szelep	1	Nincs	c	7777,8	350000

A tervezett biztonságtechnikai berendezések elemzését a Sistema szoftverrel végeztem. A szoftverben használtam a rendelkezésre álló, gyártók által megadott könyvtárakat, amelyekben az általam használt elemek szerepelnek. A szükséges adatokat a gyártók által feltöltött könyvtárakból nyertem. A szükséges számításokat a szoftver végezte el.

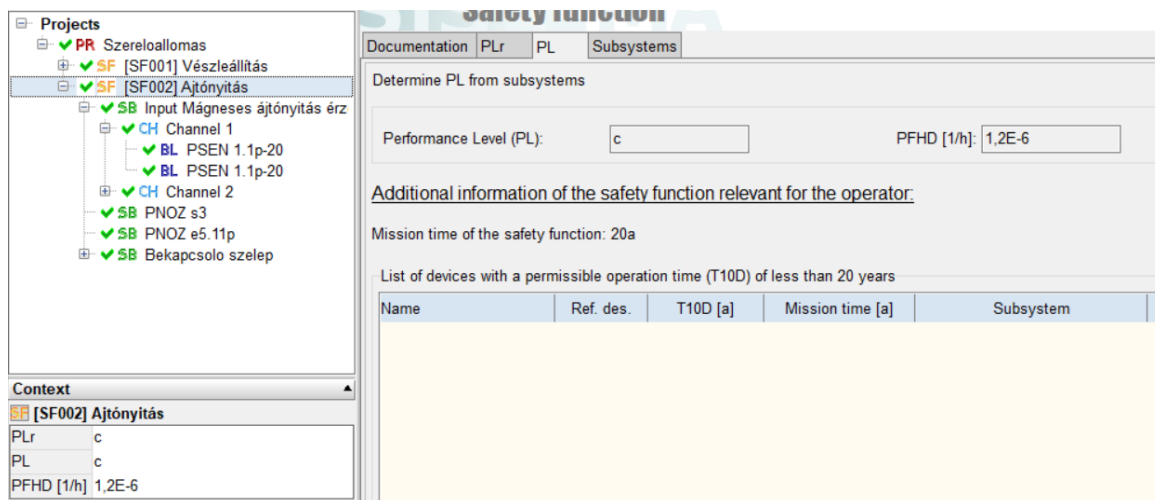
Az alkalmazott vészstop gomb B10d értéke 205 000 ciklus. Az nop érték számításához 300 munkanappal, napi 8 óra munkavégzéssel és napi 3db ciklussal számoltam. Az ebből számított MTTFD érték 2277,8, diagnosztikai lefedettsége 99%. A vészstop gomb két csatornája által létrehozott rendszer a 3-as vezérlési kategóriába tartozik, teljesítményszintje E, PFHD értéke $2,5 \times 10^{-8}$. A mágneses ajtó érzékelő B10d értéke 500 000 ciklus. Az nop érték számításához 300 munkanappal, napi 8 óra munkavégzéssel és napi 3db ciklussal számoltam. Az ebből számított MTTFD érték 5555,6, diagnosztikai lefedettsége 99%. A mágneses érzékelő két csatornája által létrehozott rendszer a 3-as vezérlési kategóriába tartozik, teljesítményszintje E, PFHD értéke $2,5 \times 10^{-8}$. A PNOZ s3 relé teljesítményszintje E, PFHD értéke $2,3 \times 10^{-9}$. A relé a 4-es vezérlési kategóriába tartozik. A PNOZ e5.11p relé teljesítményszintje E, PFHD értéke $3,4 \times 10^{-9}$. A relé a 4-es vezérlési kategóriába tartozik. A bekapcsoló szelep egy csatornás kivitelű. B10d értéke 350 000 ciklus az nop érték számításához 300 munkanappal napi 8 óra

munkavégzéssel és napi 3db ciklussal számoltam. Az ebből számított MTTFD érték 7777,8. A szelep alrendszere az 1-es vezérlési kategóriába tartozik, teljesítményszintje C, PFHD értéke $1,1 \times 10^{-6}$.

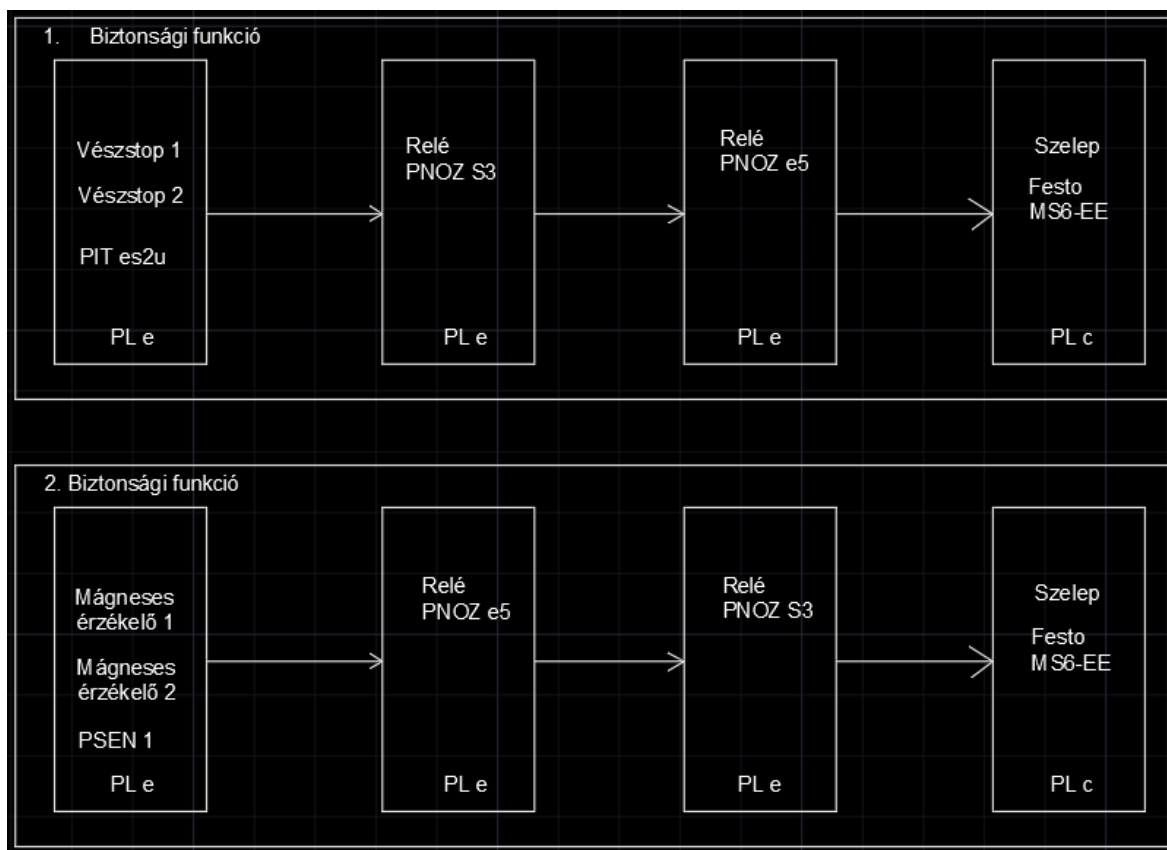
A Sistema szoftverben létrehoztam a két biztonsági funkciót. Az egyik a vészleállítás, amelybe a vészstop gomb, a két biztonsági relé és a bekapcsoló szelep tartozik. Ennek a funkciónak a szoftver által kalkulált teljesítményszintje C, PFHD értéke $1,2 \times 10^{-6}$ 1/h. Az ajtónyitás biztonsági funkció elemei, a mágneses érzékelő, a két biztonsági relé és a bekapcsoló szelep. A funkció teljesítményszintje C, PFHD értéke $1,2 \times 10^{-6}$ 1/h. A szoftver értékelése szerint, mindkét biztonsági funkció teljesíti az elvárt C teljesítményszintet, így a tervezett rendszer alkalmazható.



18.ábra Vészleállítási funkció elemzése a Sistema szoftverben



19. ábra Ajtónyitás biztonsági funkció elemzése a Sistema szoftverrel



20. ábra A biztonsági funkciók blokkdiagramja

3.4. A tervezett PLC program

A rendszer irányítását a PLC-n futó program határozza meg. A programozás előtt ismernünk kell a PLC-hez csatlakozó bemeneteket és kimeneteket. Jelen esetben a bemeneteket a hengereken elhelyezett közelítés kapcsolók, az induktív érzékelők és a nyomógombok/kapcsolók adják. A kimenetek az egyes szelepek mágnesetekercsei.

A bemenetek és kimenetek listája az alábbi ábrákon látható.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Visibl...	C
1	PN0Z relé	Bool	%I0.0		☒	☒	
2	S1	Bool	%I0.1		☒	☒	
3	S2	Bool	%I0.2		☒	☒	
4	S3	Bool	%I0.3		☒	☒	
5	S4	Bool	%I0.4		☒	☒	
6	S5	Bool	%I0.5		☒	☒	
7	S6	Bool	%I0.6		☒	☒	
8	S7	Bool	%I0.7		☒	☒	
9	S8	Bool	%I1.0		☒	☒	
10	S9	Bool	%I1.1		☒	☒	
11	S10	Bool	%I1.2		☒	☒	
12	S11	Bool	%I1.3		☒	☒	
13	S12	Bool	%I1.4		☒	☒	
14	S13	Bool	%I1.5		☒	☒	
15	S14	Bool	%I1.6		☒	☒	
16	S15	Bool	%I1.7		☒	☒	
17	S16	Bool	%I2.0		☒	☒	
18	S17	Bool	%I2.1		☒	☒	
19	S18	Bool	%I2.2		☒	☒	
20	S19	Bool	%I2.3		☒	☒	
21	S20	Bool	%I2.4		☒	☒	
22	S21	Bool	%I2.5		☒	☒	
23	S22	Bool	%I2.6		☒	☒	
24	BG23	Bool	%I2.7		☒	☒	
25	BG24	Bool	%I3.0		☒	☒	
26	BG25	Bool	%I3.1		☒	☒	
27	START	Bool	%I3.2		☒	☒	
28	STOP	Bool	%I3.3		☒	☒	
29	AUTIMAN	Bool	%I3.4		☒	☒	

21.ábra A PLC bemenetek listája

30		QM1	Bool	%Q4.0		☒	☒
31		QM2	Bool	%Q4.1		☒	☒
32		QM3	Bool	%Q4.2		☒	☒
33		QM4	Bool	%Q4.3		☒	☒
34		QM5	Bool	%Q4.4		☒	☒
35		QM6	Bool	%Q4.5		☒	☒
36		QM7	Bool	%Q4.6		☒	☒
37		QM8	Bool	%Q4.7		☒	☒
38		QM9	Bool	%Q5.0		☒	☒
39		QM10	Bool	%Q5.1		☒	☒
40		QM11	Bool	%Q5.2		☒	☒
41		INDEX	Bool	%M0.0		☒	☒
42		LEPES	Int	%MW2		☒	☒
43		Tag_1	Byte	%QB4		☒	☒
44		Tag_2	Byte	%QB5		☒	☒
45		Felfutoel	Bool	%M0.1		☒	☒

22.ábra A PLC kimenetek listája

A bemenetek és kimenetek ismeretében, meg kell határoznunk a feltételeket, amely szerint a programnak irányítani szükséges a rendszert. Az első lépés a kiindulási állapot meghatározása. A tervezett gép esetén ebben az állapotban minden szelep alaphelyzetben van, a hengerek a megkívánt pozícióban vannak, az alkatrész adagolókon elhelyezett induktív érzékelők jelet adnak, illetve a szerelőplatformon elhelyezett induktív érzékelő nem ad jelet. Az alapállapotban a biztonsági relének szintén jelet kell adnia a PLC felé, ezzel jelezve, hogy az elektromos bekapcsolószelep, bekapcsolt állapotban van, vagyis rendelkezésre áll a pneumatikus energia. Ha ezek a feltételek teljesültek, akkor indítható a teljes programfutás.

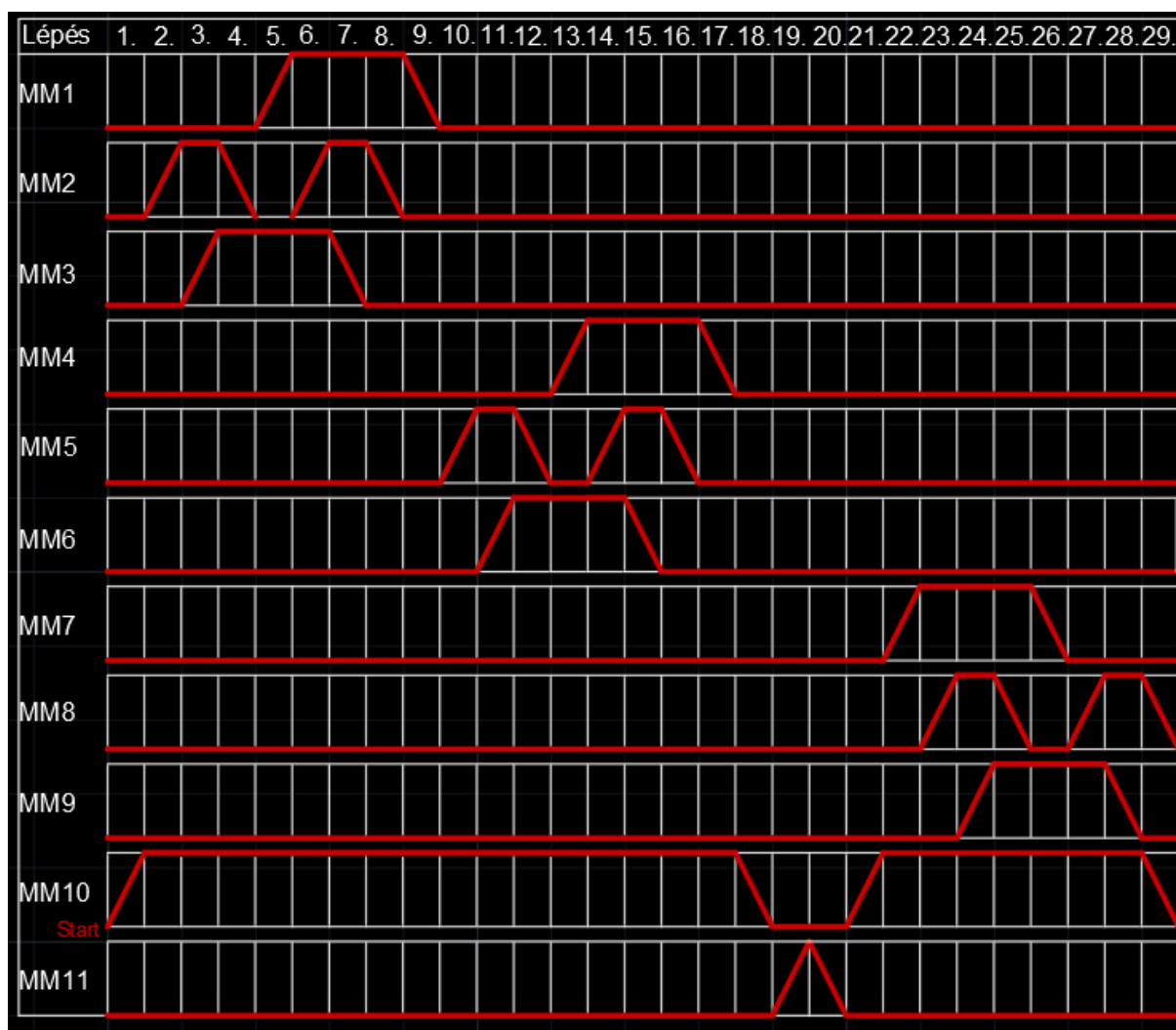
A programot szekvenciális módszerrel készítettem el, amelynek alapja az egyes lépések megfelelő sorrendben történő végrehajtása. Mivel Siemens típusú PLC-t használok, így a Tiaportal nevű szoftverrel készítettem el a programot. Ezek a programtípusok az alábbi részekre bonthatók.

- Alaphelyzet beállítás
- Alaphelyzet lekérdezés
- Indítás
- Lépések végrehajtása
- Ugrás az indításra

Ezzel a felépítéssel, egy folyamatos ciklikus futást érhetünk el, amelyben a lépések folyamatosan egymás után hajtódnak végre. Az alaphelyzet beállítás a PLC bekapcsolása után csak egy alkalommal fut le, ez biztosítja, hogy a ciklikus futás előtt a rendszer a megfelelő állapotot vegye fel. Ezt a Tiaportal felületén az OB100 programblokkal hajtottam végre. Ebben a blokkban megadtam, hogy az összes kimeneti bit, amely használatban van 0 értéket vegyen fel, illetve a lépésszámlálás is a 0. lépést vegye fel. Ezt a beépített MOVE funkcióval értem el. A kimeneti bitek 0 értéke azt eredményezi, hogy az általam használt szelepek QM1-QM12-ig nem kapnak jelet a PLC-től, így a szelepek alaphelyzetben vannak. A szelepek állapotától függően a munkahengereknek MM1-MM11 is alaphelyzetbe kell kerülni.

Ha az alaphelyzet beállítás megtörtént, akkor szükséges ennek az állapotnak a lekérdezése. Ez egy igen fontos lépés, mivel a nem megfelelő alaphelyzet ütközéseket, nem várt viselkedést idézhet elő. A lekérdezés a közelítés kapcsolók S1-S22 és az induktív érzékelők BG23-BG25 és a biztonsági PNOZ relén keresztül történik. Ha ezek az elemek a megfelelő jelet adják, akkor a következő lépésre lép a program. A START gomb megnyomásával egy öntartást alkalmazva egy belső INDEX változó értéke vált állandó magas értékre. Ha az első lépésben ez a jel a megfelelő magas értéket veszi fel, illetve az elvárt alaphelyzeti feltételek adottak, akkor az első munkahengerhez MM1 tartozó QM1 szelepet kivezérli a PLC, majd a második lépésre ugrik. A második lépésben le kell kérdezni, hogy a munkahenger elérte-e a kívánt pozíciót, ekkor az S20 közelítéskapcsolónak kell magas jelet adni a PLC-nek. Ha ez megtörtént, akkor kivezérelhető a következő QM2 szelep és a program ugorhat a következő, harmadik lépésre. A program összes további lépése erre az analógiára épül. A megfogók esetében további időzítőt alkalmaztam. Az időzítésre a TON vagyis bekapcsolás késleltetés időzítést alkalmaztam. A beállított késleltetés 1 másodperc. Ezt az időzítőt azért alkalmaztam mert amikor a megfogó az adott pozícióba kerül, majd kinyit vagy bezár időre van szükség, hogy a megfogás vagy elengedés megtörténjen. Ekkor nem történhet rögtön a megfogó elmozdítása az adott pozícióból. Amikor a program az utolsó 30. lépésbe ér, visszaugrik az 1. lépésre és a folyamat újraindul. Ez mindaddig történik, ameddig a STOP gomb megnyomásra nem kerül. Ha a STOP gomb megnyomásra kerül, az megszakítja az INDEX belső változó öntartását, amely az utolsó lépés után a folyamat megállását eredményezi. A rendszerben található még egy AUTOMATA/MANUÁLIS üzemmód kapcsoló. Ha automata üzemmód van beállítva, akkor elegendő a START gombot egyszer megnyomni a ciklus elején és a

fentebb említett ciklus folytonosan végre fog hajtódni. Ha a manuális üzemmód van kiválasztva, akkor csak egy lépést tud a rendszer végrehajtani, minden egyes lépés végrehajtásához szükség van a START gomb lenyomására. Ha a Vészstop gomb kerül megnyomásra, vagy üzem közben kinyitják a védőburkolat ajtaját, a biztonsági reléken keresztül a QM12-es bekapcsoló szelep megszünteti a pneumatikus tápellátást, amely azt fogja eredményezni, hogy a PLC program nem fogja tudni a következő lépést végrehajtani, hiszen a munkahenger nem éri el az adott lépésben megkívánt helyzetet, a program az adott lépésben marad. A vészleállítás és ajtónyitási folyamat során a PNOZ e5.1p relé nem fog jelet adni a PLC 0.0 bemenetére, így az alaphelyzet lekérdezési feltétel nem tud teljesülni, a program indítása korlátozva van. A következőkben bemutatok néhány részletet a programból, a teljes dokumentáció a mellékletben található.

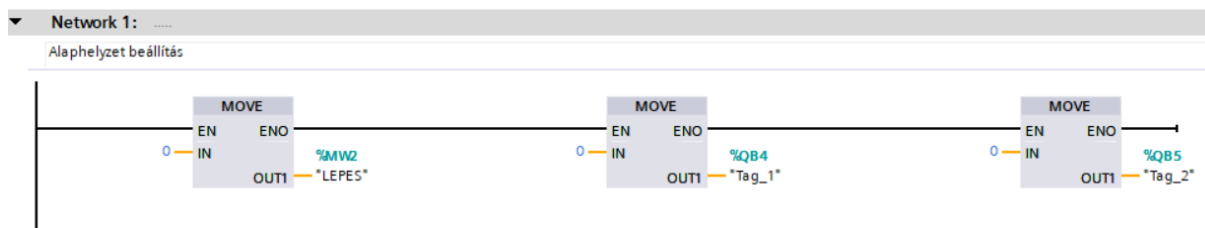


23.ábra A rendszer út-lépés diagramja

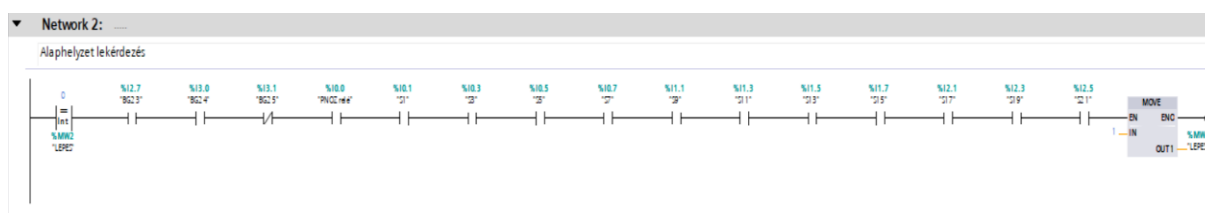
Az egyes lépésekben a munkahengerek mozgását az alábbi táblázat mutatja.

3.táblázat A program lépései, az egyes munkahenger mozgásokkal és szelep irányítással

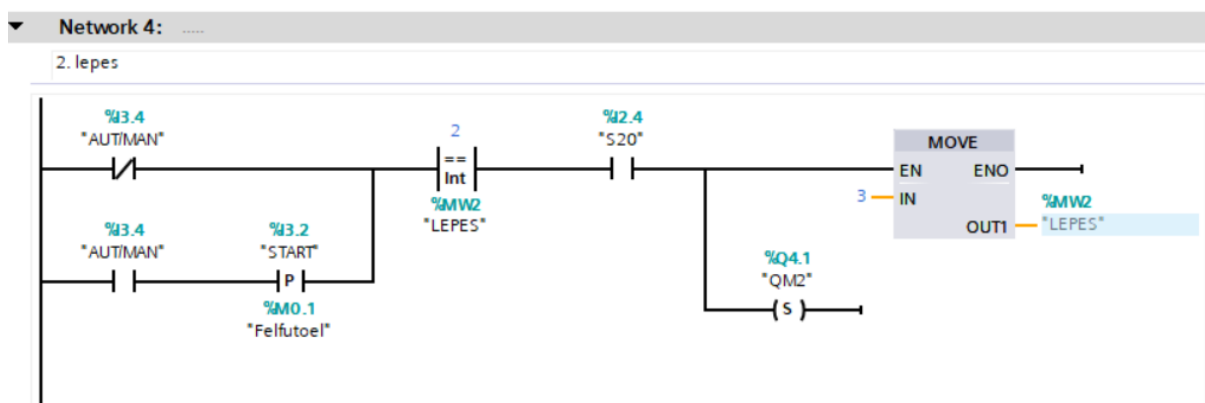
Lépés	Munkahenger mozgás	Szelep	Set/Reset
1.	MM10 +	QM10	Set
2.	MM2 +	QM2	Set
3.	MM3 +	QM3	Set
4.	MM2 -	QM2	Reset
5.	MM1 +	QM1	Set
6.	MM2 +	QM2	Set
7.	MM3 -	QM3	Reset
8.	MM2 -	QM2	Reset
9.	MM1 -	QM1	Reset
10.	MM5 +	QM5	Set
11.	MM6 +	QM6	Set
12.	MM5 -	QM5	Reset
13.	MM4 +	QM4	Set
14.	MM5 +	QM5	Set
15.	MM6 -	QM6	Reset
16.	MM5 -	QM5	Reset
17.	MM4 -	QM4	Reset
18.	MM10 -	QM10	Reset
19.	MM11 +	QM11	Set
20.	MM11 -	QM11	Reset
21.	MM10 +	QM10	Set
22.	MM7 +	QM7	Set
23.	MM8 +	QM8	Set
24.	MM9 +	QM9	Set
25.	MM8 -	QM8	Reset
26.	MM7 -	QM7	Reset
27.	MM8 +	QM8	Set
28.	MM9 -	QM9	Reset
29.	MM8 -	QM8	Reset



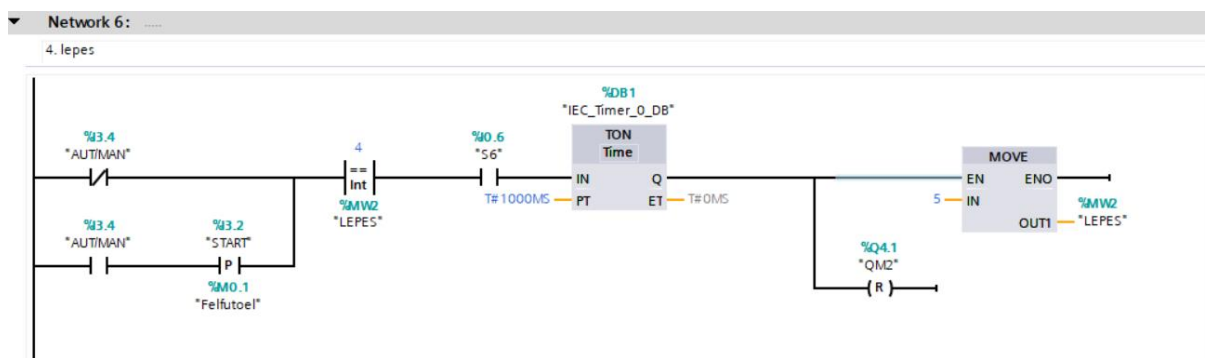
24.ábra A program alaphelyzetbe állítási ciklusa



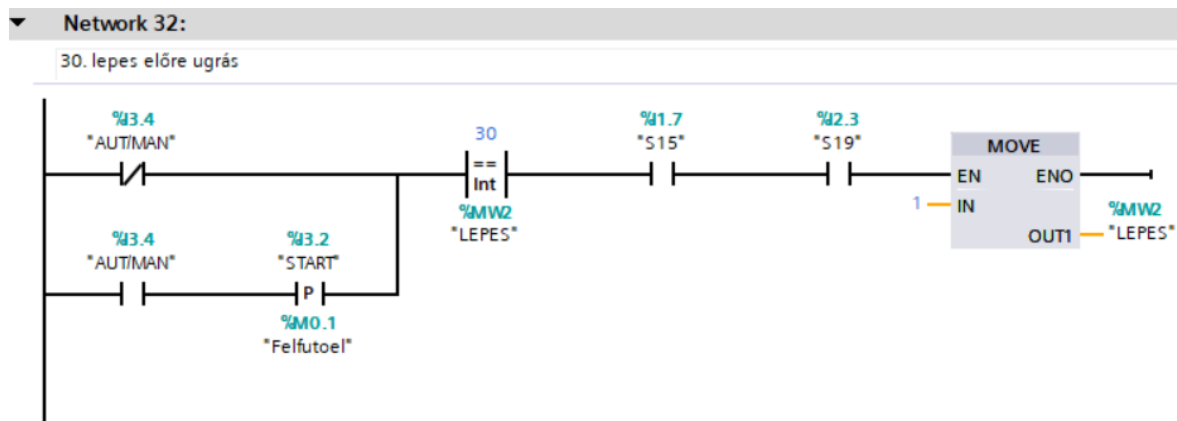
25.ábra A program alaphelyzet lekérdezési ciklusa



26.ábra A program második lépése



27.ábra A végrehajtás késleltetés alkalmazása a programban



28.ábra A program utolsó lépése, visszaugrás az első lépésre

4. Gazdasági számítás

A számításban a jelenleg manuálisan végzett összeszerelő művelet költségigényét, hasonlítom össze az automatizált szerelőállomás költségeivel. Meghatározom a gép elemeinek költségét, a tervezés költségét, a kivitelezés költségét, valamint az éves üzemeltetés költségét is. A gép 10 éves üzemidőre tervezett értékcsökkenését és kalkuláltam a számításban. Az elemek a tervezés és kivitelezés költsége az alábbi táblázatban látható.

4.táblázat A gép elemeinek, tervezésének és kivitelezésének költségei

Elem	Ár (Ft)
DGC 18-200 hengerek	330000
DZF-18-80 hengerek	200000
DHPS-20-A-NC megfogók	470000
DHPS-16-A-NC megfogó	190000
ADN 63-60 henger	58000
DSBC-32-200 henger	51000
MSB6-1/2-... előkészítő egység	185000
VTUG-10-SH2-... Szeleptömb	400000
Fojtó visszacsapó szelepek, csatlakozók,tömlők	150000
Egyéb mechanikus alkatrészek	300000
Közelítés kapcsolók	275000
Nyomógombok,kapcsolók	25000
Induktív érzékelők	150000
Siemens PLC CPU 315-2 PN/DP	973000
Siemens SM 321 bemeneti modul	235000
Siemens SM322 kimeneti modul	163000
Pilz PIT es2u vészstop gomb	9000
Pilz PSEN 1 mágneses ajtóérzékelő	36000
Pilz PNOZ s3 biztonsági relé	65000
Pilz PNOZ e5.11p biztonsági relé	180000
Egyéb villamos alkatrészek	300000
Tervezés költsége	940000
Kivitelezés költsége (összeszerelés+ teszt)	435000
Összesen:	6 120 000 Ft

Az elemek költségei a forgalmazóknál fellelhető bruttó árak. A tervezés költségét a Mérnöki Kamara ajánlott 235.000.-Ft /nap költségével számoltam. A kivitelezés költsége egy fő

villamos és egy fő mechanikus szerelő két napi munkájával, illetve egy fő technikus vagy mérnök egy napos tesztelésével számoltam. A gép bekerülési költsége 6.120.000.-Ft.

A gép éves üzemeltetési költségét a villamos energia, a pneumatikus energia és a szervíz költségek figyelembevételével számoltam. A gép tervezett napi üzemideje 8 óra, üzemideje 260 munkanap évente. A kalkulált adatok az alábbi táblázatban láthatók.

5.táblázat A gép üzemeltetésének költségei

Üzemeltetés költsége	Ár (Ft/év)
Villamosenergia 104KWh/év	7384
Pneumatikus energia 7488m ³ /év	2396160
Szervíz költségek	100000
Összesen:	2 503 544 Ft

Az így kalkulált éves üzemeltetési költség 2.503.544.-Ft / év.

Az értékcsökkenést 10 évre számoltam, 0.-Ft maradványértékkel, így az éves értékcsökkenés 612.000.-Ft / év. A gép teljes éves költsége az alábbi táblázatban látható.

6.táblázat A gépköltségek éves adatai

Gépköltségek évente	
Értékcsökkenés	612 000 Ft
Üzemeltetés	2 503 544 Ft
Összesen	3 115 544 Ft

Az aktuális állapotot tekintve, 1 fő végzi az alkatrészek összeszerelését. Az egy fő költségének kiszámításakor a munkabért, illetve a munkáltató által, a munkavállaló után fizetett hozzájárulásokat vettem figyelembe. A jelenlegi számítás azt az esetet veszi figyelembe, hogy a gép és a munkavállaló azonos teljesítményre képesek, adott időintervallum alatt. Az 1 fő munkavállaló éves költsége a vállalat számára, a következő táblázatban található.

7.táblázat A művelet elvégzésével járó aktuális költségek

Aktuális költségek	
Költség képző	Költség a vállalatnak évente
1 Fő munkavállaló	5 097 745 Ft

Az aktuális költségek és a gépköltségek különbségéből kiszámoltam, hogy mekkora a vállalat megtakarítása évente, a gép használata esetén.

8.táblázat A beruházás éves megtakarítása és megtérülése

Megtérülés	
Éves megtakarítás	1 982 201 Ft
Megtérülés	3 év

Az 1.982.201.-Ft éves megtakarítást és a gép 6.120.000.-Ft bekerülési költségét figyelembe véve, a beruházás megközelítőleg 3 év alatt megtérül a vállalat számára.

Fontos tisztázni, hogy a gép automatikus működése miatt, állandó kezelőszemélyzetre nincs szükség. A szükséges indítási, megállítási és beállítási feladatokat olyan gépbeállítók fogják végezni, akik nem részei a vállalat produktív állományának, a munkavégzésüknek nem számottevő részét képezi a géppel töltött idő, így ennek költsége elhanyagolható.

5. Összefoglalás

A dolgozatban bemutatásra került az összeszerelő állomás tervezése. A dolgozat elején bemutattam a pneumatikus elemek kiválasztást, a rendszertervezést és a szükséges számításokat. A pneumatikus kapcsolás tervezése is bemutatásra került. A pneumatika rendszer után a villamos rendszer tervezését is tárgyaltam, kifejtve az elemkiválasztást, a kapcsolásokat és a rendszer felépítését. A villamos rendszer ismertetésénél, kitértem a biztonsági villamos rendszer tervezésére, az abban használt elemek sajátosságaira és ezek kapcsolatára. A biztonsági funkciók tervezését is részletesen bemutattam, elkészítettem a kockázatelemzést, teljesítményszint választást, illetve szoftveres elemzéssel támasztottam alá a rendszer megfelelőségét. A rendszertervezés után bemutattam az irányítást végző PLC program felépítését, az alkalmazott ki és bemeneteket, valamint a folyamat szükséges lépéseit. Az alkalmazott programstruktúra és programblokkok is tárgyalásra kerültek. A tervezett gép költségvonzatai a gazdasági számítás fejezetben mutattam be. Szó esett a gép tervezését és kivitelezését érintő költségekről és az üzemeltetés jövőbeni költségeiről is. Összehasonlítottam a jelenleg használt technológiát a gép által biztosított megoldással. Elvégeztem a beruházás megtérülésére vonatkozó számításokat. A gép számos fejlesztési lehetőséget tartogat, mint az állapotjelző lámpák és kijelző alkalmazása, vagy a további automatizált folyamatok összekapcsolása a géppel. Ezeket figyelembe véve, a célkitűzésben támasztott követelményeket elértem.

6. Summary

The design of the assembly station was presented in the thesis. At the beginning of the thesis, the selection of the pneumatic elements, the system design and the necessary calculations were presented. The design of the pneumatic connections was also presented. After the pneumatic system, the design of the electrical system was discussed, explaining the element selection, the connections and the system design. In the description of the electrical system, I have covered the design of the safety electrical system, the characteristics of the elements used in it and their interrelationship. I also described in detail the design of the safety functions, risk analysis, performance level selection and software analysis to verify the adequacy of the system. After the system design, I presented the architecture of the PLC program that controls the system, the inputs and outputs used, and the necessary steps in the process. The program structure and program blocks used were also discussed. Cost implications of the designed machine were presented in the economic calculation chapter. The costs involved in the design and construction of the machine and the future costs of its operation were also discussed. I compared the technology currently used with the solution provided by the machine. I have calculated the return on investment. The machine has a number of potential improvements, such as the use of status lights and displays, or the linking of additional automated processes to the machine. Taking these into account, the requirements of the objective have been met.

7. Nyilatkozat



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

NYILATKOZAT

Alulírott Kuvilla Zsolt, 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: Gödöllő, 2024 év 10 hó 22 nap

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 Gödöllő, 2024 év 10 hó 22 nap

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

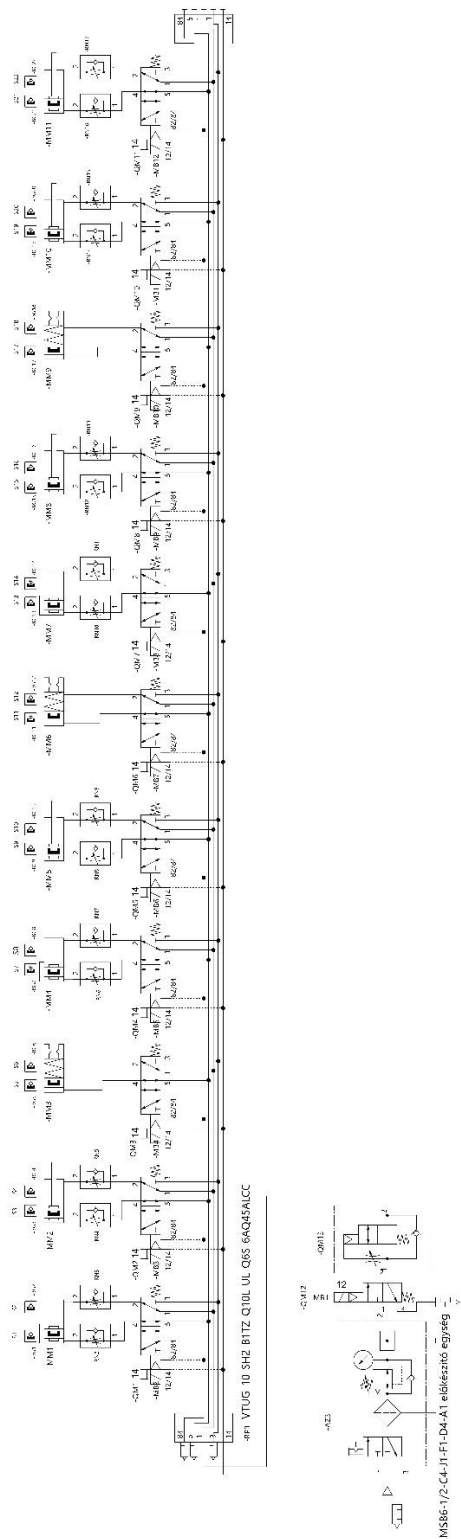
8. Irodalomjegyzék

- [1] Prof.Dr.-Ing. Peter Beater, Pneumatic Drives, Berlin: Springer, 2007.
- [2] Jay F. Hooper, Basic Pneumatics, Durham: Carolina Academic Press, 2003.
- [3] Camozzi Automation S.p.A., Pneumatic Automation From Basic Principles to Practical Techniques, Brescia: Camozzi Automation S.p.A., 2019.
- [4] Kéri János, Pneumatika Érthetően, Budapest: Indus Tech Kft., 2019.
- [5] Dr. Beke János, Műszaki hőtan mérnököknek, Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Rt., 2000.
- [6] Ian Turner, Engineering Applications of Pneumatics and Hydraulics, New York: Routledge, 2020.
- [7] Pneumax, „Modern Pneumatics,” 2015. [Online]. Available: <https://pneumaxspa.com/wp-content/uploads/Pneumatics-handbook.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 16 09 2024].
- [8] Md. Adbus Salam, Fundamentals of Pneumatics and Hydraulics, Singapore: Springer, 2022.
- [9] S.Iljango, V. Soundararajan, Introduction to Hydraulics and Pneumatics, Prentice: Hall of India, 2011.
- [10] Festo, „Festo Gripper Technology,” 2006. [Online]. Available: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/26905/info_116_en.pdf. [Hozzáférés dátuma: 05 09 2024].
- [11] Festo, „Solenoid valves VUVG,” 2009. [Online]. Available: https://www.festo.com/net/SupportPortal/files/13539/VUVG_ENUS.pdf. [Hozzáférés dátuma: 05 09 2024].

-
- [12] Jaroslaw Stryczek, Urszula Warzynska, *Advances in Hydraulic and Pneumatic Drives and Control*, Cham: Springer, 2021.
- [13] Festo, „Sensors,” 2022. [Online]. Available: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/731511/festo_sensor_Brochure.pdf. [Hozzáférés dátuma: 05 09 2024].
- [14] Robert H. Bishop, *The Mechatronics Handbook*, Boca Raon: CRC Press, 2002.
- [15] Robert H. Bishop, *Mechatronics an Introduction*, Boca Raton: Taylor&Francis, 2006.
- [16] Clarence W. de Silva, *Mechatronics a Foundation Course*, Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [17] Maczik Mihály András, *PLC ismeretek és példatár*, Tech-Con Hungária Kft., 2012.
- [18] Automationdirect, „PLC Handbook,” [Online]. Available: <https://cdn.automationdirect.com/static/eBooks/PLC%20Handbook.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 05 09 2024].
- [19] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, Oxford: Elsevier Newnes, 2006.
- [20] Dr Földi László József, Berencsi Bence, „Ipari Gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében,” 2022. [Online]. Available: https://www.mmk.hu/kamarai-tudastar/088_Iparigepek-CEjelolese-hazaiszabalyozastukreben.pdf. [Hozzáférés dátuma: 15 09 2024].

9. Mellékletek

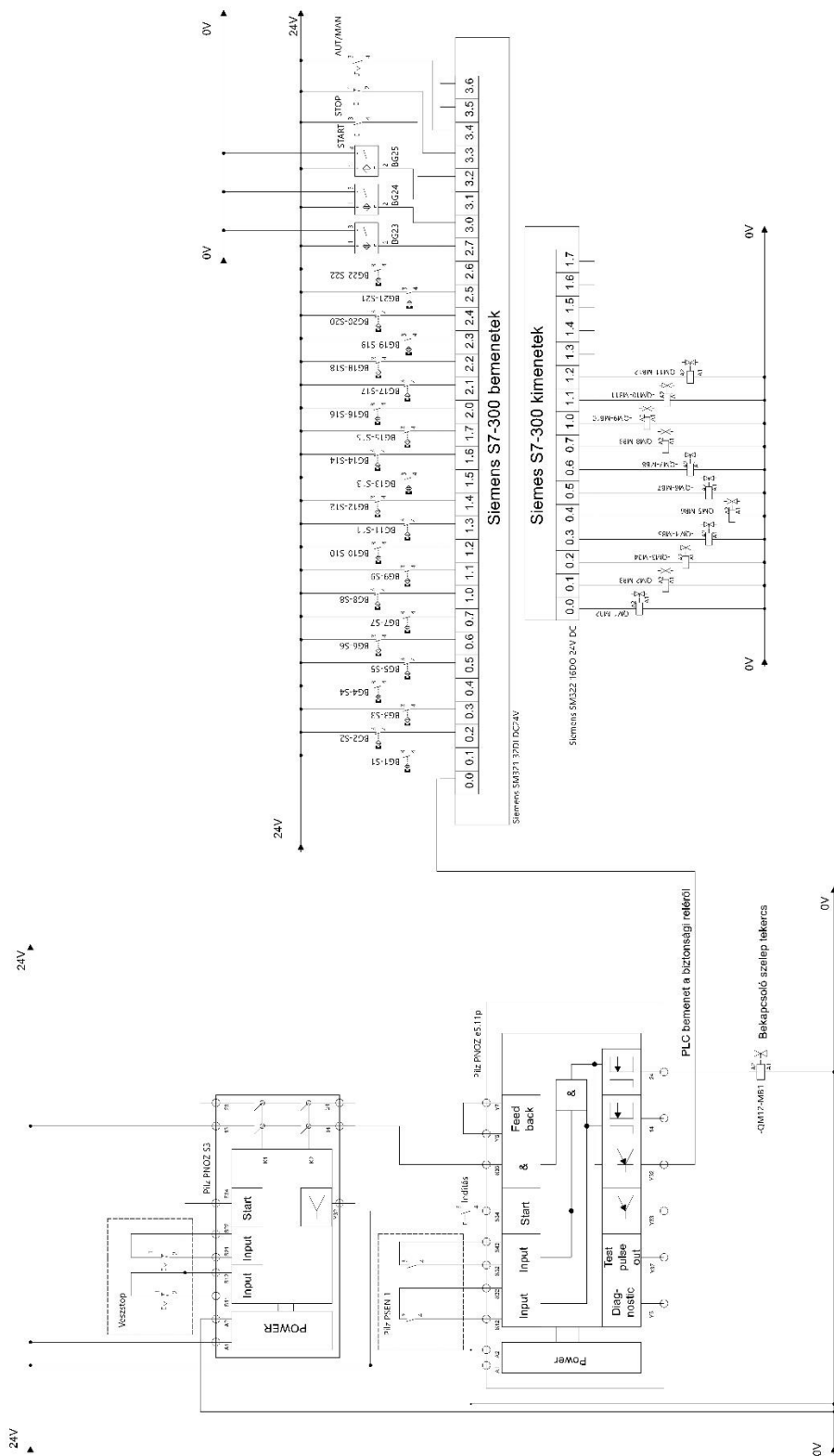
(1) Pneumatikus kapcsolási rajz



(2) Pneumatikus tételjegyzék

Sorszám	Rajzi jel	Cikkszám	Típus	Megjegyzés	Gyártó	Darabszám
1	-AZ3			MSB6-1/2-C4-J1-F1-D4-A1 előkés...		1
2	-BG1	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
3	-BG2	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
4	-BG3	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
5	-BG4	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
6	-BG5	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
7	-BG6	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
8	-BG7	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
9	-BG8	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
10	-BG9	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
11	-BG10	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
12	-BG11	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
13	-BG12	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
14	-BG13	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
15	-BG14	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
16	-BG15	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
17	-BG16	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
18	-BG17	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
19	-BG18	547859	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
20	-BG19	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
21	-BG20	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
22	-BG21	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
23	-BG22	574335	SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE	Közelítés kapcsoló	Festo	1
24	-MM1	532446	DGC-18- -	Tömítőszalagos henger	Festo	1
25	-MM2	161241	DZF-18-80-A-P-A	Lapos henger	Festo	1
26	-MM3	1254048	DHPS-20-A-NC	Párhuzamos megfogó	Festo	1
27	-MM4	532446	DGC-18- -	Tömítőszalagos henger	Festo	1
28	-MM5	161241	DZF-18-80-A-P-A	Lapos henger	Festo	1
29	-MM6	1254048	DHPS-20-A-NC	Párhuzamos megfogó	Festo	1
30	-MM7	532446	DGC-18- -	Tömítőszalagos henger	Festo	1
31	-MM8	161241	DZF-18-80-A-P-A	Lapos henger	Festo	1
32	-MM9	1254045	DHPS-16-A-NC	Párhuzamos megfogó	Festo	1
33	-MM10	1376474	DSBC-32-200-PPSA-N3	Dugattyúrudas henger	Festo	1
34	-MM11	536307	ADN-40-60-I-P-A	Kompakt henger	Festo	1
35	-QM1	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
36	-QM2	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
37	-QM3	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
38	-QM4	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
39	-QM5	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
40	-QM6	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
41	-QM7	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
42	-QM8	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
43	-QM9	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
44	-QM10	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
45	-QM11	574367	VUVG-B10-M52-MZT-F-1P3	VTUG tömb szelep	Festo	1
46	-QM12	542602	MS6-EE-1/2-10V24-S	Elektromos bekapcsoló szelep	Festo	1
47	-QM13	529817	MS6-DL-1/2	Nyomásfelfuttató szelep	Festo	1
48	-RN2	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
49	-RN3	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
50	-RN4	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
51	-RN5	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
52	-RN6	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
53	-RN7	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
54	-RN8	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
55	-RN9	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
56	-RN10	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
57	-RN11	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
58	-RN12	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
59	-RN13	193139	GRLA-M5-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
60	-RN14	193144	GRLA-1/8-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
61	-RN15	193144	GRLA-1/8-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
62	-RN16	193144	GRLA-1/8-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
63	-RN17	193144	GRLA-1/8-QS-6-D	Fójtó visszacsapó szelep	Festo	1
64	-RP3	573606	VTUG	VTUG-10-SH2-B1T2-Q10L-UL-Q...	Festo	1

(3) Villamos kapcsolási rajz



(4) Villamos tételjegyzék

Azonosító	Rajzi jelölés	Megjegyzés	Mennyiség
1	AUT/MAN	Kulcsos kapcsoló	1
2	BG1-S1	Közelítés kapcsoló	1
3	BG2-S2	Közelítés kapcsoló	1
4	BG3-S3	Közelítés kapcsoló	1
5	BG4-S4	Közelítés kapcsoló	1
6	BG5-S5	Közelítés kapcsoló	1
7	BG6-S6	Közelítés kapcsoló	1
8	BG7-S7	Közelítés kapcsoló	1
9	BG8-S8	Közelítés kapcsoló	1
10	BG9-S9	Közelítés kapcsoló	1
11	BG10-S10	Közelítés kapcsoló	1
12	BG11-S11	Közelítés kapcsoló	1
13	BG12-S12	Közelítés kapcsoló	1
14	BG13-S13	Közelítés kapcsoló	1
15	BG14-S14	Közelítés kapcsoló	1
16	BG15-S15	Közelítés kapcsoló	1
17	BG16-S16	Közelítés kapcsoló	1
18	BG17-S17	Közelítés kapcsoló	1
19	BG18-S18	Közelítés kapcsoló	1
20	BG19-S19	Közelítés kapcsoló	1
21	BG20-S20	Közelítés kapcsoló	1
22	BG21-S21	Közelítés kapcsoló	1
23	BG22-S22	Közelítés kapcsoló	1
24	BG23	Induktív érzékelő	1
25	BG24	Induktív érzékelő	1
26	BG25	Induktív érzékelő	1
27	Indítás	Nyomógomb	1
28	Pilz PNOZ e5.11p	Biztonsági relé	1
29	Pilz PNOZ S3	Biztonsági relé	1
30	-QM1-MB2	Szelep mágnesekercs	1
31	-QM2-MB3	Szelep mágnesekercs	1
32	-QM3-MB4	Szelep mágnesekercs	1
33	-QM4-MB5	Szelep mágnesekercs	1
34	-QM5-MB6	Szelep mágnesekercs	1
35	-QM6-MB7	Szelep mágnesekercs	1
36	-QM7-MB8	Szelep mágnesekercs	1
37	-QM8-MB9	Szelep mágnesekercs	1
38	-QM9-MB10	Szelep mágnesekercs	1
39	-QM10-MB11	Szelep mágnesekercs	1
40	-QM11-MB12	Szelep mágnesekercs	1
41	-QM12-MB1	Bekapcsolószelep tekercs	1
42	Siemens SM321 32DI DC24V	PLC Bemeneti modul	1
43	Siemens SM322 16DO 24V DC	PLC kimeneti modul	1
44	START	Nyomógomb NO	1
45	STOP	Nyomógomb NC	1
46	Vészstop	Vészstop gomb NC	1

(5) PLC program

Project1 / PLC_1 [CPU 315-2 PN/DP] / Program blocks

COMPLETE RESTART [OB100]

COMPLETE RESTART Properties

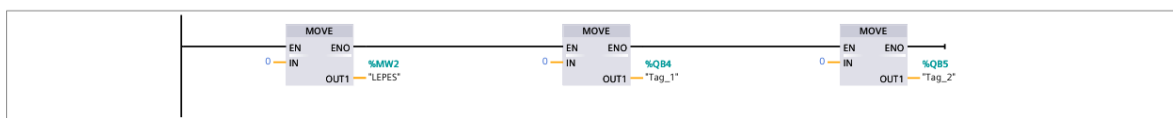
General							
Name	COMPLETE RESTART	Number	100	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Manual						
Information							
Title	"Complete Restart"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

COMPLETE RESTART

Name	Data type	Offset	Default value	Comment
▼ Temp				
OB100_EV_CLASS	Byte	0.0		16#13, Event class 1, Entering event state, Event logged in diagnostic buffer
OB100_STARTUP	Byte	1.0		16#81/82/83/84 Method of startup
OB100_PRIORITY	Byte	2.0		Priority of OB Execution
OB100_OB_NUMBR	Byte	3.0		100 (Organization block 100, OB100)
OB100_RESERVED_1	Byte	4.0		Reserved for system
OB100_RESERVED_2	Byte	5.0		Reserved for system
OB100_STOP	Word	6.0		Event that caused CPU to stop (16#4xxx)
OB100_STRT_INFO	DWord	8.0		Information on how system started
OB100_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0		Date and time OB100 started
Constant				

Network 1:

Alaphelyzet beállítás



Project1 / PLC_1 [CPU 315-2 PN/DP] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

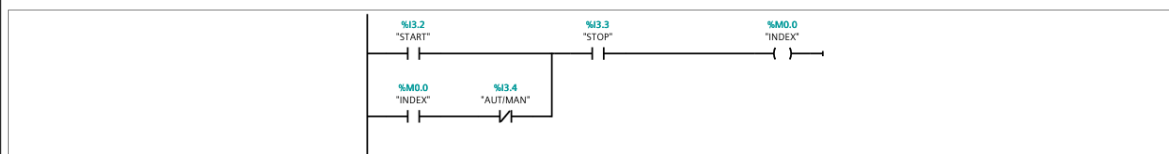
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Manual						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Main

Name	Data type	Offset	Default value	Comment
▼ Temp				
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0		1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0		Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0		1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0		Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0		Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0		Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0		Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0		Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0		Date and time OB1 started
Constant				

Network 1:

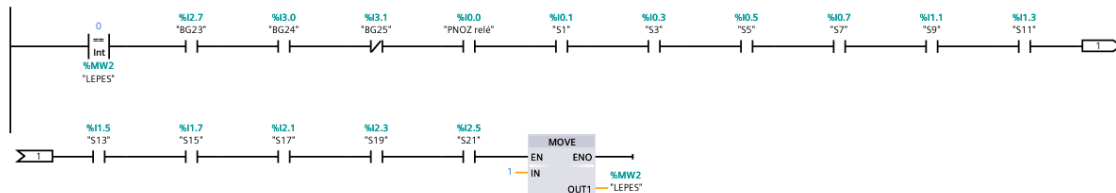
Start, őntartás



Network 2:

Alaphelyzet lekérdezés

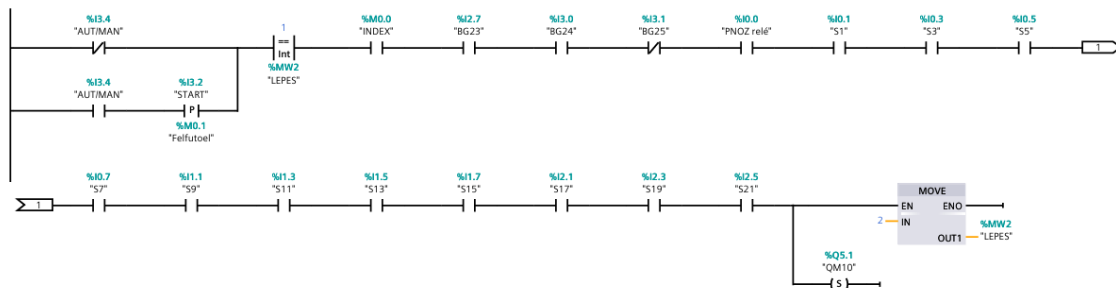
Network 2:



Network 3:

1. lépés indítása

Network 3:

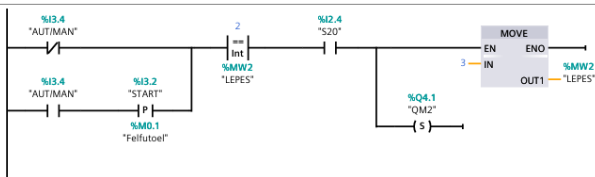


Network 4:

2. lépés

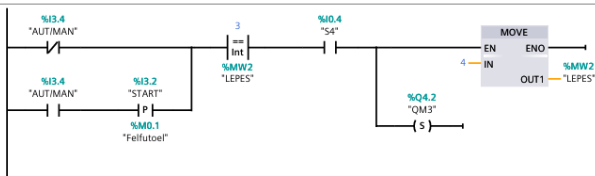
--	--	--

Totally Integrated
Automation Portal



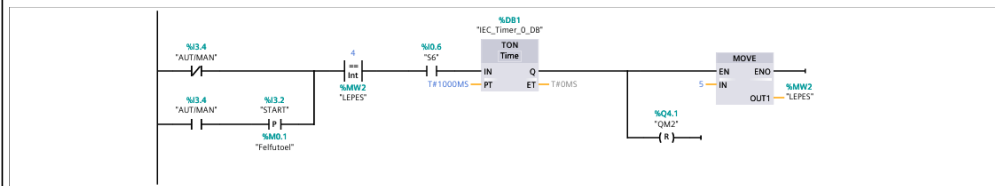
Network 5:

3. lépés



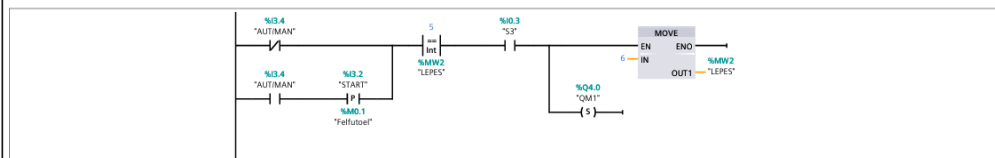
Network 6:

4. lepes



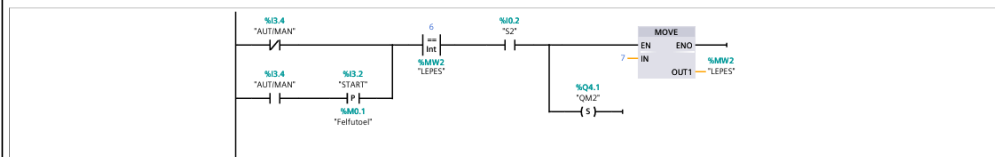
Network 7:

5. lepes



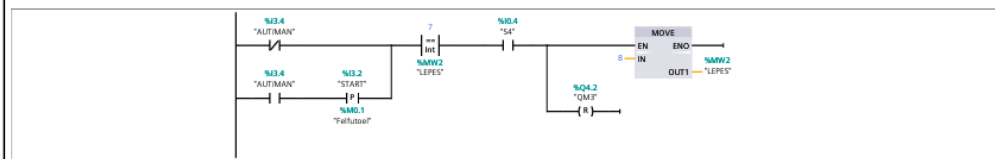
Network 8:

6. lepes



Network 9:

7. lepes

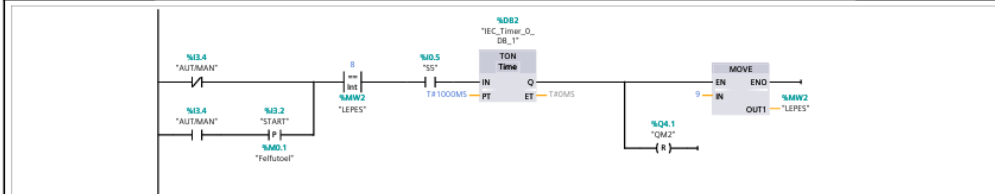


Network 10:

8. lepes

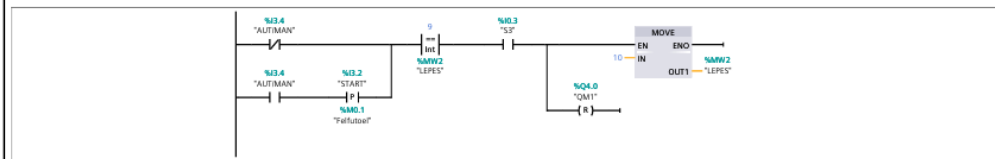


Totally Integrated Automation Portal



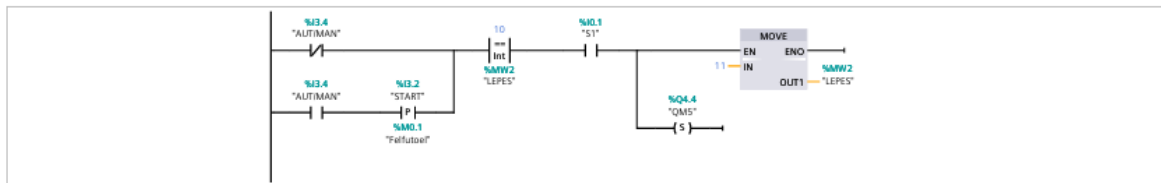
Network 11:

9. lepes



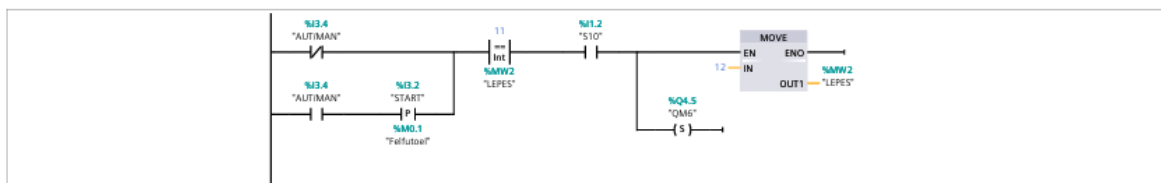
Network 12:

10. lépés



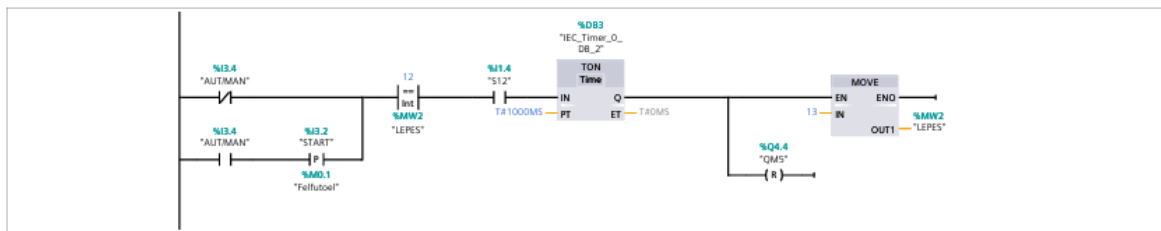
Network 13:

11. lépés



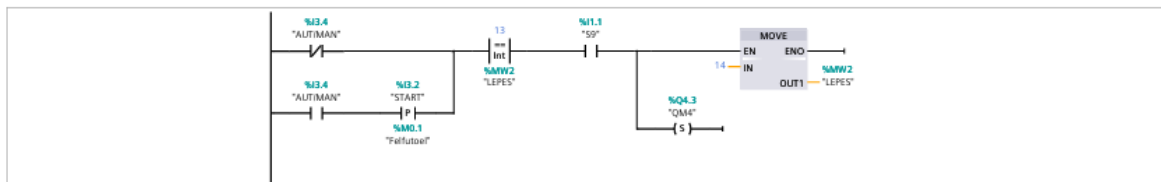
Network 14:

12. lépés



Network 15:

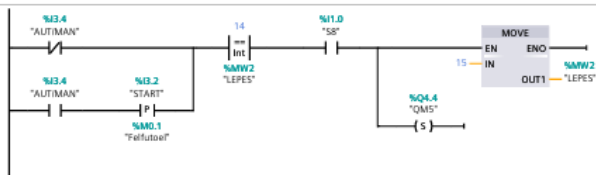
13. lépés



Network 16:

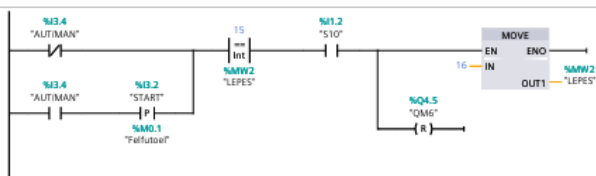
14. lépés

Totally Integrated
Automation Portal



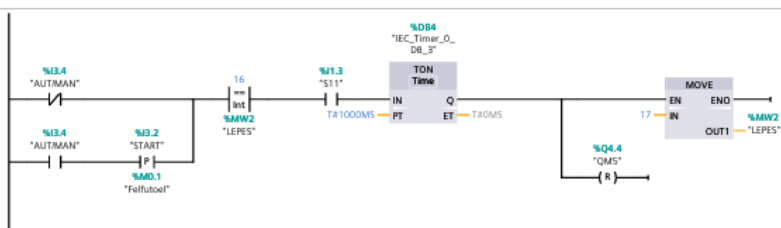
Network 17:

15. lépés



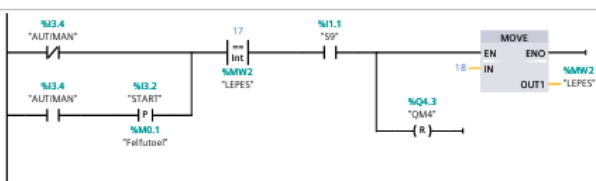
Network 18:

16. lépés



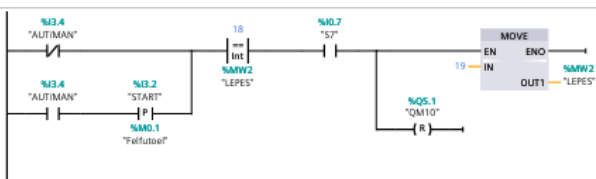
Network 19:

17. lépés



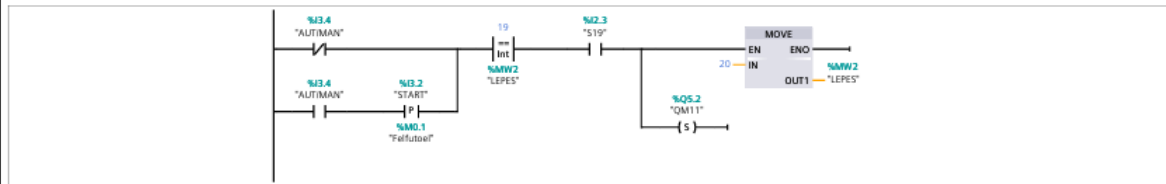
Network 20:

18. lépés



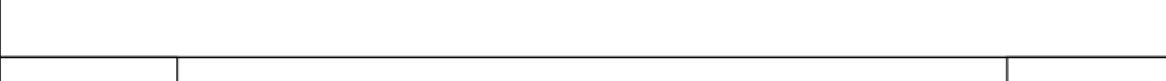
Network 21:

19. lépés

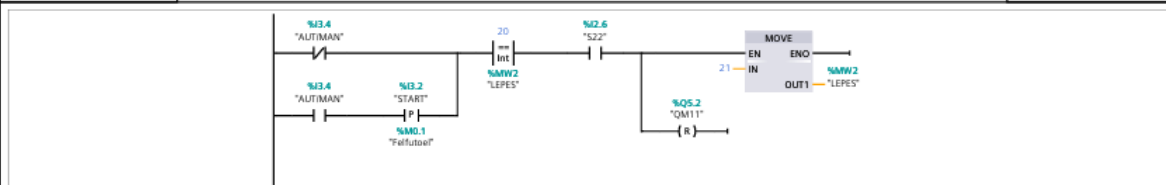


Network 22:

20. lépés

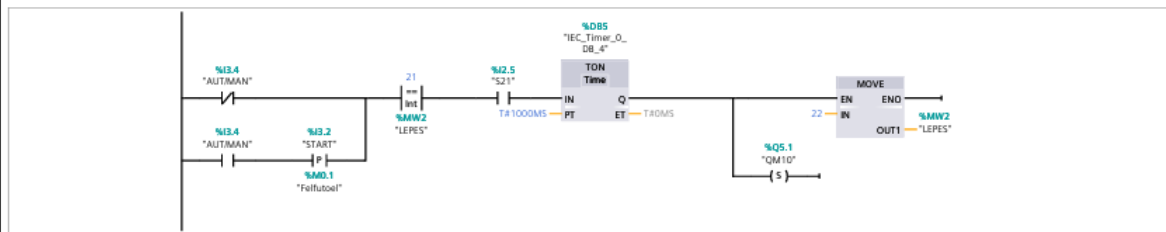


Totally Integrated
Automation Portal



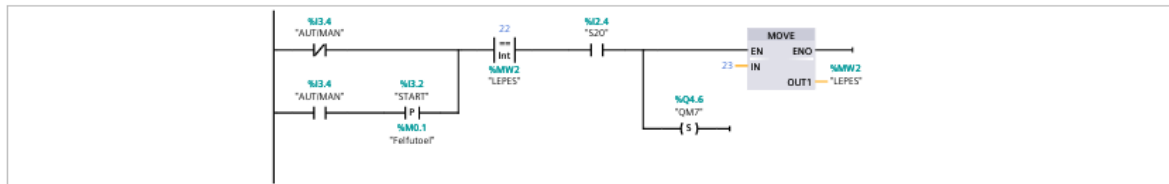
Network 23:

21. lépés



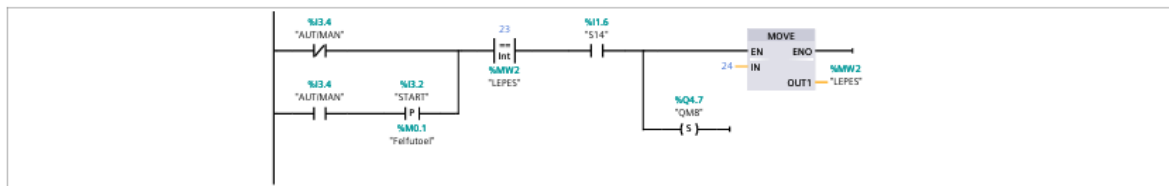
Network 24:

22. lépés



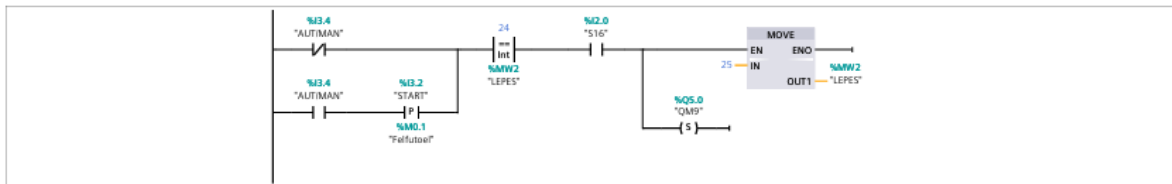
Network 25:

23. lépés



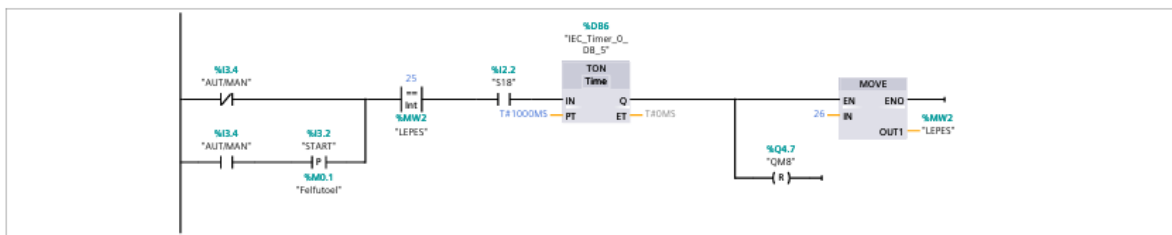
Network 26:

24. lépés



Network 27:

25. lépés

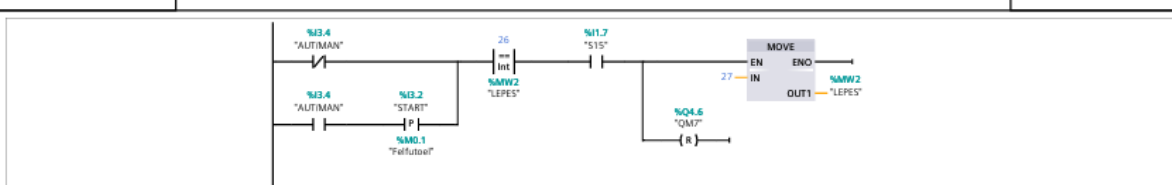


Network 28:

26. lépés

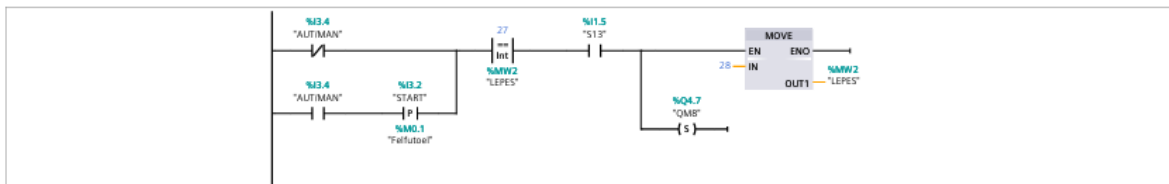


Totally Integrated
Automation Portal



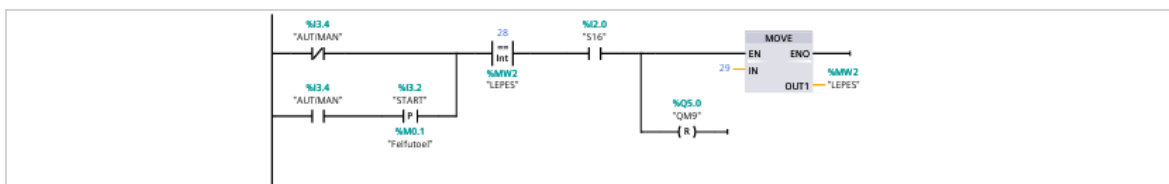
Network 29:

27. lépés



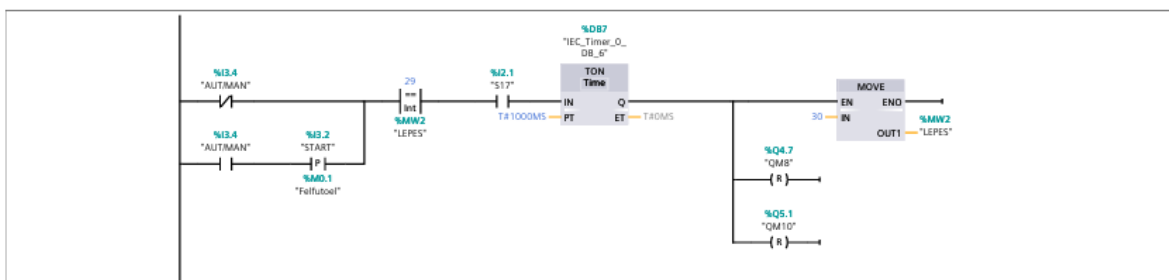
Network 30:

28. lépés



Network 31:

29. lépés



Network 32:

30. lépés előre ugrás

