



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Vezető nélküli és kézi üzemre egyaránt alkalmas vontatótargonca fejlesztése

TDK dolgozat

Szerzők:

Somogyi Barnabás, M3HLU2
Varga Alvaro Dávid, X14AWD

Konzulens:

Gáspár Dániel, tanársegéd

2013

Tartalom

1.	Bevezetés	1
2.	Vezetőnélküli targoncák	3
2.1.	Történeti áttekintés	5
2.2.	Fajták, típusok	8
2.2.1.	Szállítótargonca	8
2.2.2.	Vontatótargonca	9
2.2.3.	Emelőtargonca	10
2.2.4.	Szerelősori targonca	11
2.3.	Nyomkövetési technikák	11
2.3.1.	Virtuális vezetővonal	12
2.3.2.	Passzív vezetővonal	12
2.3.3.	Aktív vezetővonal	13
2.4.	Kerékelrendezés	14
2.5.	Biztonsági berendezések	15
3.	A fejlesztési folyamat	16
3.1.	A vontató működésének általános vizsgálata	16
3.1.1.	Kormányzás	18
3.1.2.	Sebességszabályozás	19
3.1.3.	Biztonsági elemek	20
3.2.	Az automatika fejlesztése	21
3.2.1.	Automatika-vezérlő	22
3.2.2.	Az automatika szenzorai	26
3.2.3.	Az automatika kapcsolódása a targonca rendszerére	30
3.2.4.	A kormányzás befolyásolása	30
3.2.5.	A sebesség befolyásolása	30
3.2.6.	A biztonsági elemek kezelése	32
3.3.	A fejlesztés során felmerült problémák	34
3.3.1.	Mágnesszenzor rögzítésének módjai	34
3.3.2.	Vezérlőparancsok meghatározása	39
3.3.3.	Hangjelzések	40

3.3.4.	Tűzzáró ajtó kezelése.....	40
3.4.	További fejlesztési lehetőségek.....	41
3.4.1.	Saját fejlesztésű mágnesszenzor	41
3.4.2.	RFID	41
3.4.3.	Vezetéknélküli kapcsolat	42
3.4.4.	Elágazások	42
3.4.5.	Automatikus anyagátadás	42
4.	Összefoglalás	44
5.	Hivatkozások, irodalomjegyzék.....	45

Ábrajegyzék

1. ábra: Az első vezetől nélküli targonca; Forrás:
<http://www.forkliftaction.com/upload/gallery/3707.jpg>
2. ábra: Az első nyomvonalkövetés vázlata; Forrás: saját szerkesztés
3. ábra: A Honvéd Kórház szállítótargoncái; Forrás:
http://index.hu/video/2012/09/22/a_korhaz_ahol_a_robotok_az_urak/
4. ábra: Egy motorblokkot szállító AGV; Forrás: <http://www.agvsystems.com/agc-automatic-guided-carts>
5. ábra: Creform vontatótargonca; Forrás:
<http://www.creform.de/service/multimedia/fts-katalog/>
6. ábra: Az átalakított vontatótargonca; Forrás: saját kép
7. ábra: Emelővillás AGV; Forrás: <http://news.thomasnet.com/companystory/E-and-K-to-Present-Compact-Lift-Truck-A-G-V-841096>
8. ábra: Szerelősort helyettesítő szállítótargonca; Forrás: Bohács Gábor: Járművek és mobilgépek II, tantárgyi segédlet
9. ábra: Mágnesezhető szalag; Forrás:
<http://www.magnets2buy.com/acatalog/magnetic-tape.jpg>
10. ábra: Aktív vezetővonalas nyomvezetési technika elvi vázlata; Forrás: Bohács Gábor: Járművek és mobilgépek II, tantárgyi segédlet
11. ábra: AGV-k tipikus kerékelrendezései; Forrás: Bohács Gábor: Járművek és mobilgépek II, tantárgyi segédlet
12. ábra: STILL CX-Z30 típusú targonca; Forrás: saját kép
13. ábra: A CX-Z30 típusú targonca kerékelrendezése; Forrás: saját szerkesztés
14. ábra: A feszültség változása a kormányzott kerék kitérésének függvényében; Forrás: saját szerkesztés
15. ábra: A sebességkódok bitjei; Forrás: saját szerkesztés
16. ábra: A már beépített PLC; Forrás: saját kép
17. ábra: A PLC kapcsolásának elvi vázlata; Forrás: saját szerkesztés
18. ábra: A LOGO! Soft Comfort programozó környezete; Forrás: saját kép
19. ábra: A Creform által fejlesztett – a felhasznált – mágnesérzékelő; Forrás: saját kép

20. ábra: A mágnesérzékelő és –szalag kapcsolatának elvi vázlata; Forrás: saját szerkesztés
21. ábra: A Creform AGV-k parancsjeleinek kiosztása; Forrás:
<http://www.creform.de/service/multimedia/fts-katalog/>
22. ábra: SICK S300 lézer scanner; Forrás:
<https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=22718&Culture=en-US>
23. ábra: A vezetónélküli targonca irányítógombjainak kiosztása; Forrás: saját kép
24. ábra: Sebességszabályozás átkapcsoló mechanizmusa; Forrás: saját szerkesztés
25. ábra: Automatikus sebességszabályozás blokkvázlata; Forrás: saját szerkesztés
26. ábra: SICK szenzor érzékelési tartományai; Forrás:
<https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=22718&Culture=en-US>
27. ábra: A kezdetleges fix szenzor működés közben; Forrás: saját kép
28. ábra: Creform vontatótargonca kerékelrendezése a mágnesszenzorral; Forrás: saját kép
29. ábra: A kerék és a szenzor a szélsőhelyzetekben és mozgásának íve; Forrás: saját szerkesztés
30. ábra: A kábelvisszahúzó szerkezet elvi vázlata; Forrás: saját szerkesztés
31. ábra: Balra kanyarodásnál a pályaelhagyás vázlata; Forrás: saját szerkesztés
32. ábra: Automatikus csatlakozókészülékek; Forrás:
<http://www.creform.de/service/multimedia/fts-katalog/>

1. Bevezetés

A logisztika rendszereken belüli és rendszerek közötti anyagáramlás – beleértve az információk, energiák, nyers-, félkész- és késztermékek, anyagok – irányításával, tervezésével, lebonyolításával és ellenőrzésével foglalkozik. Az utóbbi években ez az igény jelentős mértékben felértékelődött.

A logisztika célja az un. 6M elv:

- a megfelelő árut,
- a megfelelő időpontban,
- a megfelelő mennyiségben,
- a megfelelő minőségben,
- a megfelelő helyre eljuttatni,
- az igényekhez megfelelően optimalizált költségráfordítással.

A logisztika feladatába ugyanúgy beletartozik a kész termékek precíz eljuttatása a vevőkhöz, mint a félkész termékek gyártócellák közötti mozgatása. Mivel a push-típusú termelést felváltotta a pull-típusú gyártás, a gyári kiszolgálás egyre rugalmasabb gépeket követel a folyton módosuló igényekhez igazodóan. A push során a termelés kínálat orientált, azaz készletre gyártanak, ami költséges, mivel a raktározás plusz ráfordításokkal jár. A szívókeresletre gyártás alkalmazása biztosítja, hogy csak a valós igényeknek megfelelően történjen a gyártás.

Az ömlesztett- és darabárak szállítására folyamatos vagy szakaszos üzemű gépeket használnak. A folyamatos szállítógépek közé olyan vonóelemes vagy vonóelem nélküli gépek tartoznak, amik az anyagot folytonos anyagáramban, adagokra bontva vagy egymástól adott távolságban továbbítják oly módon, hogy a le- és feladás is a gép mozgása közben történik.

A szakaszos üzemű szállítógépek általában ismétlődően ide-oda, egyik irányban teherrel, a másik irányban teher nélkül működnek. E gépek lehetnek:

1. Sínpályához kötöttek, mint például a függő sínpályák, siklók, tolópadok, stb.
2. Sínpályához nem kötött szállítógépek, például: kotróláda, targonca, stb.

Targoncákkal látják el az ipari belső, üzemek vagy üzemszerek közötti anyagmozgatás döntő hányadát. Nagy variálhatóságuk miatt előszeretettel használják őket. Feladattól

függően beszélhetünk csak horizontálisan vagy horizontálisan és vertikálisan is alkalmazható targoncákról.

A vízszintes és függőleges irányban egyaránt szállítani tudó gépek közé tartoznak a rakodó-, a nagyemelésű-, a tolóoszlopos emelő-, az oldalvillás emelő- és a magasraktári felrakó targoncák. A kizárólag vízszintesen szállítani tudó gépek közé tartoznak a kisemelésű, gyalogvezetésű villástargoncák és az úgynevezett szállító-kocsik (rakfelülettel rendelkező szállító-targoncák). Továbbá a gépi villástargoncák, illetve a dolgozatunkban szereplő vontató-targonca („kisvasút”, „traktor”) is.

A termelés és a gyári kiszolgálás minden területén törekednek a folyamatos munkavégzésre, ami hosszú távon csak automatizált berendezésekkel valósítható meg. Ez az egyik indok, amiért az elmúlt 50 évben robbanásszerűen nőtt a kereslet az automatikus gépek, az automatikusan irányított járművek (Automatic Guided Vehicle – AGV) iránt.

AGV ugyanúgy lehet egy raktári felrakó targonca - ahol egy számítógépre kötött RFID érzékelő vagy kamera irányítja a járművet -, mint egy vontató-targonca. Vezetőnélküli, automatikus irányítású vontató-targoncákat olyan helyen érdemes üzemeltetni, ahol rendszeres az állandó, kiépített áruátvevő pontok közötti áruszállítás.

Speciálisan, kizárólag automatikusan működő szállító vagy vontató targoncára számos példa van (melyeket a későbbiekben részletesen be is mutatunk), de egy komplett rendszer kiépítése vagy csak egy-egy jármű beszerzése túlságosan költséges lehet. Azon kívül, hogy hosszú megtérülési idővel rendelkeznek, az automatika esetleges hibája esetén nem lehet őket kézi irányítással tovább működtetni. A speciálisan automatikus működésre tervezett járművek rugalmatlanok lehetnek, nem biztos, hogy az olyan üzemi környezetben, ahol targoncákat alkalmaznak, helyt állnának.

Az előbb felsorolt indokok egy piaci rés kiküszöböléséhez vezetnek: a már meglévő targoncák átalakításának lehetőségéhez

Az üzemekben használt és bevált targoncákat érdemes lehet átalakítani, így olyan rugalmas gépeket kapunk (egyaránt kézi és automatikus vezérlés), amiket az adott üzemi környezetre terveztek. Az így átalakított járművek nem csak megfelelőbbek lehetnek a munkára, de gazdasági szempontból nézve a megtérülési idejük is rövidebb.

2. Vezetőnélküli targoncák

Az automatizálás gépek használata előre meghatározott feladatokra. A gépesítést nevezhetjük az automatizálás fénykorának, hiszen ekkor kezdtek el az emberi vagy állati erővel végzett munkát gépekkel helyettesíteni. Ez után következett a mai értelemben vett automatizálás, azaz olyan önállóan, programozott módon működni tudó gépek használata bizonyos feladatokra, amiket korábban emberek végeztek, – közvetett vagy közvetlen módon - ember működtetett, vagy a körülmények nem tették lehetővé az emberi jelenlétet (pl.: magas hőmérséklet, nagy zaj).

A számítástechnika és a szenzorika fejlődésének köszönhetően ma már gyakorlatilag minden elképzelhető anyagmozgatási feladat automatizálható valamilyen módon mobil robotok alkalmazásával. Annak, hogy az ilyen rendszerek jó pár évtizedes múltjuk ellenére sem terjedtek el széles körben, a következő akadályozó okai lehetnek:

- Gazdasági okok:

Önmagában a járművek beszerzése is nagy tőkeigényű, ehhez jön még az infrastruktúra kiépítésének (pálya, kommunikációs-, irányító- és jelzőrendszer, biztonsági elemek, töltőállomások, szervizhátér), valamint adott esetben a gyártás vagy épp a raktározás teljes átszervezésének terhe és költsége is.

Ugyan a későbbiekben az automatikus rendszer kis költséggel üzemeltethető, ez bizonyos körülmények (különösen olcsó munkaerő, vagy épp különösen drága energia) esetén nem elegendő a megtérüléshez.

- Foglalkoztatáspolitikai okok:

Elmaradottabb régiókban (a már említett tőkehiány mellett) egyéb tényezők is akadályozhatják az automatizálás terjedését. Amennyiben magas a munkanélküliség, az ilyen irányú fejlesztések nagy társadalmi ellenállásba ütközhetnek. A magas munkanélküliségi rátával általában (normális adóterhek mellett) kis élőköltség jár, ami a beruházást gazdasági szempontból is értelmetlenné teheti.

Ezek alapján következtethető, hogy a fejlődő országokban, elmaradott régiókban nincs, és várhatóan jó ideig még nem is lesz igény a logisztikai folyamatok automatizálására.

- Technológiai okok

Bár mint azt az első pontban látszik, gyakorlatilag ma már tetszőleges (nem csak logisztikai) folyamat automatizálható, bizonyos esetekben a gyakorlati megvalósítás problémákba ütközhet. Előfordulhat olyan speciális művelet, amely az emberi munkaerő rugalmasságát igényli, és robottal nehezen megvalósítható, vagy éppen túlságosan drága készüléket, speciális, esetleg még nem kiforrott szenzorikát igényel. Előbbi akadályok a munkafolyamat, technológia átalakításával esetlegesen leküzdhetőek, az pedig hogy az utóbbi esetben mi számít már meg nem valósíthatónak a gazdasági lehetőségekkel széles intervallumban változhat.

Miután hosszan, szélsőséges példák felvetésével bemutattuk, miért is problémás bizonyos esetekben az automatizálás, nézzük, hogy mindezek ellenére a legtöbb esetben miért is helyes fejlesztési irány:

- Hosszú távon a bérköltség lecsökkenése miatt gazdaságosabban üzemeltethető, mint az élőmunkaerős alternatíva.
- Létrehozható a ténylegesen folyamatos üzem, ahol leállás csak rendszer- és egyéb (pl. akkumulátor lemerülés, akadály a pálya mentén, stb.) hiba esetén következik be, de a hibaelhárítás ideje is jelentősen csökkenthető hibajelző, intelligens diagnosztikai megoldások alkalmazásával, a részegységek redundanciájával, illetve megelőző karbantartási munkálatokkal.
- Elvégezhető olyan munka, művelet is, amely az ember számára veszélyes, netán el sem végezhető, vagy éppen túlságosan monoton, ezért komoly pszichológia megterhelésnek lennének kitéve.

Ezen előnyök közül az anyagmozgatás automatizálásának szempontjából az utóbbi bír igazán nagy jelentőséggel, bár a megfelelően kialakított automatizált rendszer az emberi hibafaktor kizárásával a munkabiztonságot is nagyban növelheti.

A gyártás és a gyártási logisztika egyidejű automatizálásával, majd megfelelő integrált folyamatirányítási rendszerrel történő felügyeletével hatékonyan működő, gyors, és viszonylag rugalmas üzemegység hozható létre, ahol a gyártás technológiai jellemzői, illetve az anyagáramlás folyamata egyszerűen és pontosan felügyelhető, kézben tartható.

2.1. Történeti áttekintés

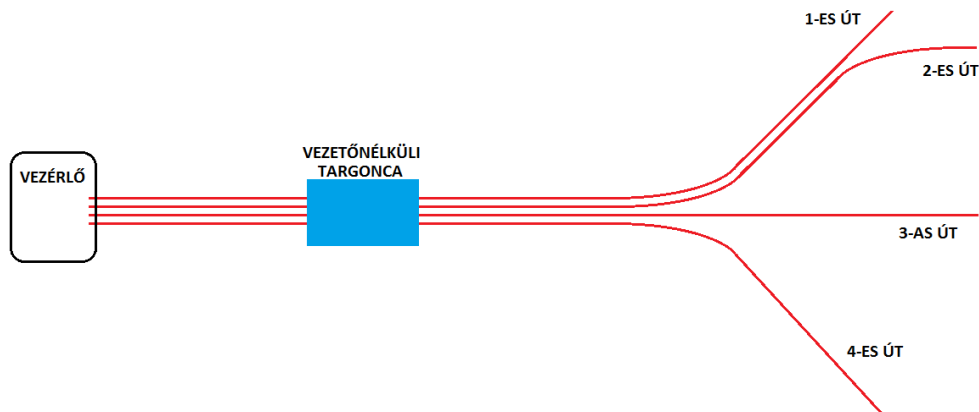


1. ábra
Az első vezetónélküli targonca

Az AGV-k az elmúlt 60 évben fontos szerepet töltek be az üzemi anyagáramlásban. Az első vezetónélküli targoncát az '50-es évek elején fejlesztették ki. Egy vontató targoncát alakított át a Barrett Electronics, hogy segítse a raktári üzemen belüli szállítást. Ez a jármű a mai technikákhoz képest igencsak kezdetleges volt: egy földbe épített vezetékbe áramot vezettek, amit az így generált

elektromágneses terét érzékelő műszer követni tudott.

Ennek kiépítési költségei viszonylag magasak voltak, mivel annyi vezetékkel kellett használni és lefektetni, ahány irányba a targoncának mennie kellett. Egy számítógép vezérelte, hogy éppen melyik vezetékben legyen áram, amit aztán követni tudott a jármű.



2. ábra
Az első nyomvonalkövetés vázlata

Az elkövetkezendő körülbelül 20 évben érdemi változás nem történt. Egyre több vontatásra képes vezetől nélküli targoncát kezdtek el használni, mire 1973-ban a Volvo egy svéd gyárában egy 280 AGV-ből álló számítógép által irányított rendszert fejlesztett ki. Ezzel próbáltak egy megfelelő alternatívát találni a hagyományos szállítoszalagos összeszerelésnek.

Az első nagy áttörés a '70-es évek közepén történt: bevezették az első rakfelülettel rendelkező szállítótargoncákat. Nagy népszerűsége tettek szert, amiért nem csak szállítani tudtak, hanem megfelelő kiegészítővel felszerelve munkaasztalként is remekül funkcionáltak. Az ilyen típusú AGV-eket széles körben alkalmazzák raktárakban, gyárakban, malmokban, kórházakban (például: Honvéd Kórház), stb.



3. ábra
A Honvéd Kórház automatikus szállítótargoncai

Az 1970-es évek nem csak az újfajta vezetónélküli targoncák bevezetéséről szólt, ebben az időszakban kezdődtek az elektronikai és számítógépes újdonságok rohamosan fejlődni, így a targoncák vezérlés szempontjából is egyre változatosabbak lettek.

A kezdetleges megoldások mellett, az elektrotechnika és a mikroprocesszorok fejlődése miatt, egyre „intelligensebb” járműveket voltak képesek kifejleszteni. Újfajta nyomkövetési módszereket kísérleteztek ki. Az targoncák képesek voltak elhagyni a pályát, azaz a vezetékét, hogy aztán egy bizonyos sugárban visszatérhessenek. Ez leegyszerűsítette a pálya kiépítését, mivel elágazásoknál nem kellett a targonca kanyarodási képességeinek megfelelő útvonalat kialakítani, hanem elég volt szimpla derékszögű vagy a haladási iránynak megfelelő kereszteződéseket létrehozni.

Eddig kétféle - az aktív és passzív vezetővonalas – nyomvezetési technikát használták. A '80-as évek végére kifejlesztették a legmodernebb, a virtuális nyomvonal követő technológiát. Az ilyen technológiával működő gépek a ma létező legrugalmasabb vezetónélküli járművek. Ennél az AGV lézerral vagy ultrahanggal pásztázza a környezetét, így szerevve információt a helyzetéről.

2.2. Fajták, típusok

A vezetől nélküli targoncákat kialakítás és feladataik, illetve nyomvezetési (navigáció) technikáik szerint érdemes csoportosítani.

2.2.1. Szállítótargonca

A szállítótargoncák vízszintes kommissiózásra használják. Saját rakfelülettel vagy emelővillával rendelkezhetnek. A teher mozgatásához a szállítófelülettel rendelkező járműveken sima görgők vagy hajtott görgők, hevederek, láncok találhatóak. Egyedileg mozgatható és kialakítású rakfelülettel ellátott szállítókra is vannak példák, ahol az összeszerelő sorokon alkalmazott szállítoszalagok és konvektor pályák alternatívájaként különleges vezetől nélküli targoncákat alkalmaznak.



4. ábra
Egy motorblokkot szállító AGV

Azokat a szállítótargoncákat, amik nem rendelkeznek a teher mozgatásához szükséges eszközökkel vagy kialakításukban nem biztosított ez a funkció, a szállított áru le- vagy felrakását egyszerűen lehet véghezvinni emelővillás targoncákkal vagy konvektor pályákkal.

Méretben és kialakításban nagyon változékonyak tudnak lenni. Vannak példák 20 vagy 40 lábás konténerek szállítására, de kisebb, 50-100 kg terhelésű AGV-k léteznek.

2.2.2. Vontatótargonca

A vontatótargoncák az egyik legelterjedtebb automatikus irányítású járművek közé tartozik. Egyszerű kezelhetősége, kivitelezhetősége és sokrétű használhatósága méltán népszerűvé tette. Ezek a legegyszerűbb típusú gépek, nem véletlen, hogy az első AGV is egy átalakított vontatótargonca volt. Egyéb elterjedt neve a kisvonat vagy traktor, hiszen egyetlen profilja a vízszintes kommissiózás.

Rakfelülettel nem rendelkeznek. Különleges megfogó szerkezettel, de általában egyszerűbb vonóhoroggal vagy vontató rudazattal ellátottak. Kapcsolhatnak hozzá műanyag vagy fém raktári szállítókoszkat, pótkoszkat, amikre raklapot, darab-, vagy -zárt falú kocsit esetén – ömlesztett árut, stb. rakhatnak.

Szállító kapacitásuk tág keretek között mozog. A pár száz kg-ot húzni képes kis gépektől kezdve az akár 30 tonna teherbírású járművekig minden fajta megtalálható.

Előnyük, hogy állandó, hosszabb távú anyagmozgatások során helyettesíteni tudja az ember által vezetett targoncákat, sőt, több kocsit is lehet sorban rákapcsolni, így jóval meghaladja a villástargoncák által maximálisan szállítható anyag mennyiségét és hatékonyságát. Szállítási határfoka kiszámítható és előre meghatározható, így akár a gyártósori kiszolgálás is sokkal tervezhetőbbé válik.



5. ábra
Creform vontatótargonca



6. ábra
Az átalakított vontatótargonca

Az automatikus teherátadó szerkezettel rendelkező vezetónélküli vontatótargoncák előnye, hogy az átvétel pontokon, vagy a le- és felrakódás helyén nincs szükség emberi jelenlétre így ez egy teljesen automatikus alrendszerként tud működni kizárva az emberi hibákat és a személyi szükségleti időt.

2.2.3. Emelőtargonca

A vezetónélküli emelőtargoncák képesek az ember által üzemeltetett kis- vagy magasemelésű villástargoncákat kiváltani. Kialakítástól függően képesek felvenni és leadni az árut különböző magasságokban.

Az AGV automatikus állítja be a villa pozícióját és szögét, attól függően, hogy mi a feladata: emelés, szállítás vagy teherfelvétel.

Ezek a ma használt egyik legdrágább vezetónélküli targoncák. Különleges szenzorjaik miatt a kiépítési költségük magas és megtérülési idejük és hosszú. Csak olyan helyen érdemes üzemelni, ahol a teljes automatizálás szükséges.



7. ábra
Emelővillás AGV

2.2.4. Szerelősori targonca

A szállítótargoncáknál már kitértünk ezekre a targoncákra, ami miatt viszont mégis külön fejezetbe szedjük őket az az, hogy manapság egyre több helyen használják.

Ez egy módosított szállítótargonca, ami a munkának megfelelően változtatható magasságú rakfelülettel rendelkezik. Előszeretettel használják sorozatgyártási folyamatoknál.

Az egymást követő összeszerelő részlegek között rugalmasan mozog. A merev szállítószalagokkal vagy konvejorpályákkal ellentétben rugalmassága miatt, ha az egyik szerelő egységnél valami miatt lelassul a folyamat, az előtte lévő folyamatokat még el tudják végezni, így nem áll le a teljes gyártási munka.

Egyszerűségük miatt viszonylag olcsóak, beleértve a kiépítési költséget és maga a gép fejlesztési költségeit.



8. ábra
Szerelősort helyettesítő szállítótargonca

2.3. Nyomkövetési technikák

A mobil robotok tájékozódásának számos módja alakult ki az idők folyamán. Ugyan a feladat műszaki specifikációja egyértelműen meghatározta számunkra az alkalmazandó nyomvezetési technológiát, röviden ismertetem az alkalmazható navigációs módszereket. A nyomvezetési technikákat 3 fő csoportra oszthatjuk.

2.3.1. Virtuális vezetővonal

Virtuális vezetővonal alkalmazása esetén a robot útvonalának padlózatára vagy az alá nincsen semmilyen folytonos nyom fektetve, amelyet a gép állandóan követhetne. A vezérlőegység a robot pozícióját egyéb információk alapján kalkulálja. Ilyenek lehetnek:

- GPS vagy ahhoz hasonló elvű helyi rendszer
- referenciapontok lézeres bemérése
- ismert pozíciójú padlóba épített referenciapont felett történő áthaladás
- megtett út mérése (kerékre szerelt forgójeladóval)
- IMU (Inertial measurement unit), több szenzor együttes alkalmazásával (pl.: gyorsulásmérő, giroszkóp, iránytű) mérni tudja a járművet érő kinematikai hatásokat, és ebből ki tudja számítani a gép sebességét, pozícióját, orientációját.
- Ultrahangos akadály felismerés
- Lézeres akadály felismerés
- Optikai tájékozódás (pl.: az útvonal közelében előforduló jellegzetes formák alapján)

Az ilyen vezetési módszerek előnye, hogy az útvonal rugalmasan változtatható, hátránya, hogy nagy számítási kapacitással rendelkező fedélzeti vezérlőegységet, esetenként különösen drága szenzortechnológiát, illetve összetett központi irányítási rendszert igényel, amely folyamatosan vezeték nélküli kapcsolatban van a géppel.

A fixen lehelyezett vezetővonal egyszerűbb nyomvezetést tesz lehetővé.

2.3.2. Passzív vezetővonal

Fém vezetősín

Ennél a megoldásnál a targonca mechanikai kapcsolatban van a pályával. Vagy egy padlóhoz rögzített fém vezetősíkhöz vagy –csőhöz van rögzítve, vagy a pálya mentén kialakított vágatba „lógat” bele egy vezetőszerkezetet, ami miatt így kényszerpályán mozog.

Előnye, hogy irányításához nem kellene különleges, nagy számítókapacitást igénylő berendezések, viszont a pálya építése költséges és rugalmatlan, ha esetleg módosítani kívánnák a bejárando útvonalat.

Optikai vezetősín

Optikai elvű működés esetén a padlózat színétől eltérő vezetőszalagot egy sor reflexiós optocsatolóból álló szenzorfej érzékeli a fény visszaverődését mérve, így képes a tárgoncát a szalag felett tartani.

Előnye, hogy a pályaépítés, vagy pályában bekövetkező rongálódás esetén a kiépítése egyszerű, olcsó és nem túlságosan időigényes.

Hátránya, hogy lehetnek olyan üzemek vagy csarnokok, ahol a padlózat is képes a fény visszaverésére, így a szenzor nem tud különbséget tenni a követendő csík és a padló között.

Mágnesezhető szalag

Ennél a működési elvén a padlózatra ragasztott, vagy abba beleépített szalagszerű állandómágnes körül kialakított mágneses teret érzékeli a jármű hall- vagy egyéb, mágneses elven működő szenzorokból álló érzékelője.

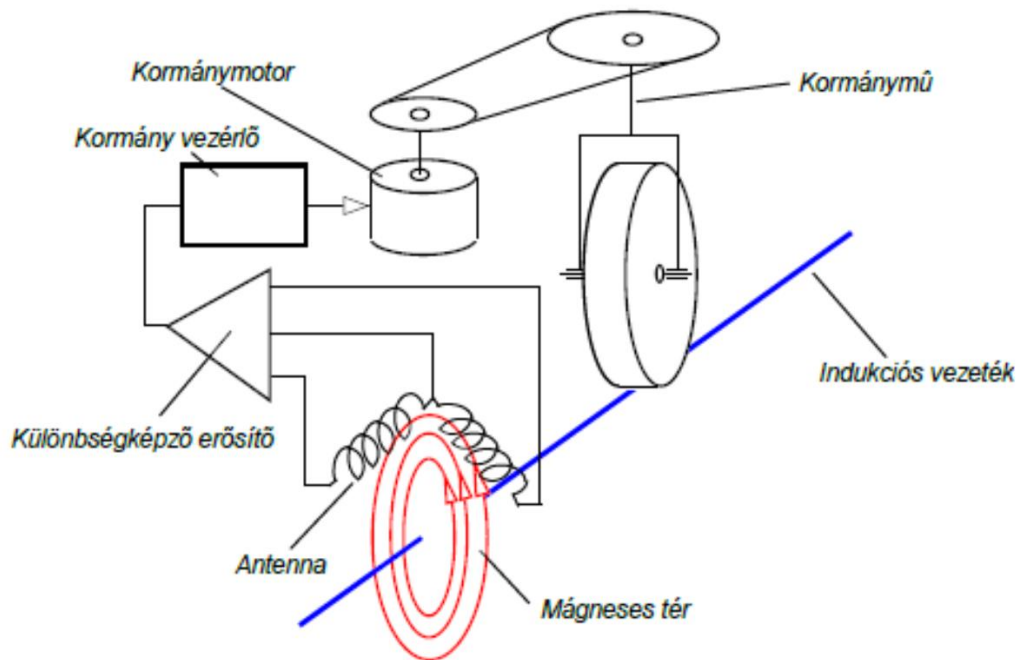


9. ábra
Mágnesezhető szalag

2.3.3. Aktív vezetővonal

Ezek a legelső nyomvezetési technikák. Induktív vezetővonal esetén a padlózatba süllyesztett vezető szál jelöli ki az útvonalat. A vezető szálban adott frekvenciájú váltóáram fut, amely körkörös mágneses teret hoz létre. Ezt a mágneses teret a jármű

megfelelő szenzora érzékeln tudja és a jármű kerekét mindig a vezetővonallal párhuzamosan kormányozva biztosítja a pontos pályakövetést.



10. ábra

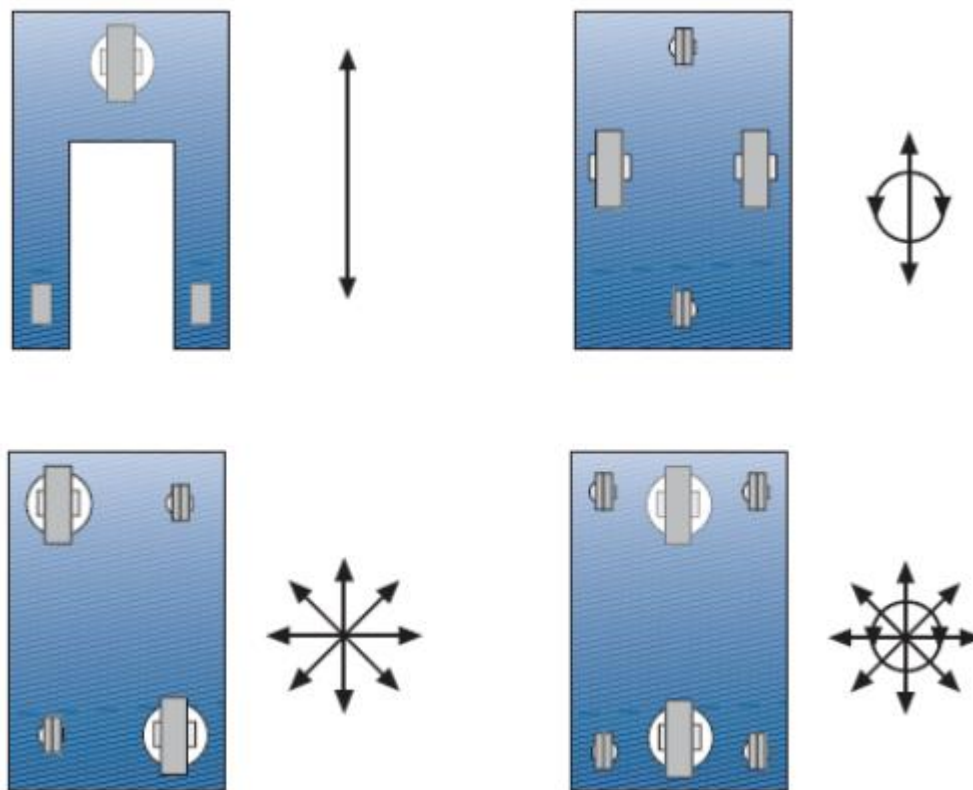
Aktív vezetővonalas nyomvezetési technika elvi vázlata

A módszer előnye, hogy a vezetékben futó áramot megfelelő módon modulálva azon információ közvetíthető a gép felé, továbbá akár a jármű energiaellátása is megoldható vezeték nélkül ilyen módon (a padlóban lévő vezeték, mint primer, továbbá egy a gépre szerelt másik tekercs szekunder tekercsként transzformátort alkot, és lehetővé teszi az energiaátvitelt).

Hátránya, hogy a vezetópálya működtetése folyamatos tápellátást igényel, annak hiányában, vagy esetleges vezetékszakadás esetén a nyomvezetés nem működik. Olyan létesítményekben, ahol rendszeres a gyártás, a gyártócellák áthelyezése, megváltoztatása, ott az állandó pálya kiépítése komoly költségekkel járhat.

2.4. Kerékelrendezés

A vezetőnélküli targoncák kerékelrendezése szinte kivétel nélkül szimmetrikus. Ennek oka, hogy így biztonságosabban, esetleg kisebb ívben képes a nyomvonalat követni, kanyarodni, ill. a típusától és feladatától függően más-más kerékelrendezés szükséges a hatékony munkájához.



11. ábra
AGV-k tipikus kerékelrendezései

2.5. Biztonsági berendezések

A vezetónélküli targoncák biztonsági előírásait az MSZ-EN-1525 szabvány tartalmazza. Két fontos berendezést használnak. Az egyik a menetirány oldalán található biztonsági ütköző, ami érintkezés esetén egy kapcsoló állását változtatja meg, így leállítva a targoncát.

A másik az úgynevezett biztonsági scanner. Ezek lehetnek lézeres vagy ultrahangos berendezések, amik távolságméréssel jelet tudnak küldeni a fedélzeti számítógépnek, hogy bizonyos távolságban észlelt akadály van.

3. A fejlesztési folyamat

3.1. A vontató működésének általános vizsgálata

Az átalakításra szánt gép egy STILL márkájú CX-30Z típusú vontatótargonca volt.

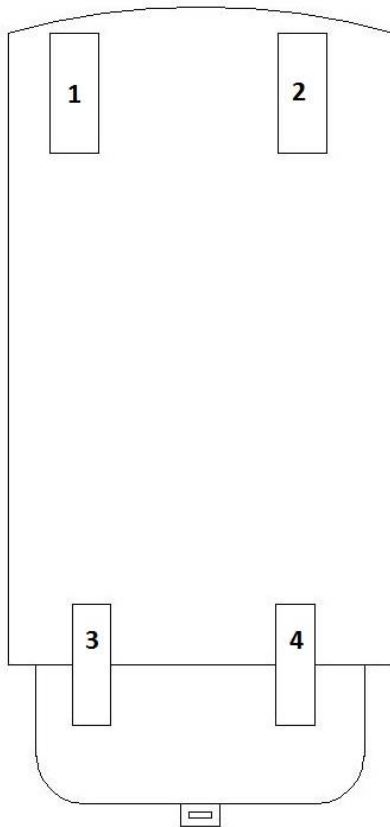


12. ábra
STILL CX-Z30 típusú targonca

Ez egy 10-15 éves konstrukció, de kisebb modifikációkkal ma is gyártják, és széles körben alkalmazzák. Az adott példányon csupán egy gázrugós vontatóelem található, de ugyanez a járműalap moduláris rendszerének köszönhetően a megfelelő kiegészítővel és kiegészítő berendezésekkel felszerelve képes más, pl. palettaemelési feladatok ellátására. Elektromos meghajtású, áramforrása egy 24V/380Ah kapacitású akkumulátortelep, mely cserélhető, akár daruval kiemelve, vagy akkumulátor alatt lévő görgők segítségével kitolva.

A jármű önsúlya méretéhez képest igen nagy, mintegy 1500kg, de ez által tapadása, így lehetséges vontatmány tömege is jelentős, 3000kg.

Kerékelrendezése az alábbi ábrán látható:



A Bal első kerék (1) hajtott és egyben kormányzott, mellette található egy támasztó bolygókerék (2) hátul pedig két rögzített állású, de szabadonfutó kerék segíti haladását és megfelelő stabilitását (3-4).

13. ábra

A CX-Z30 típusú targonca kerékelrendezése

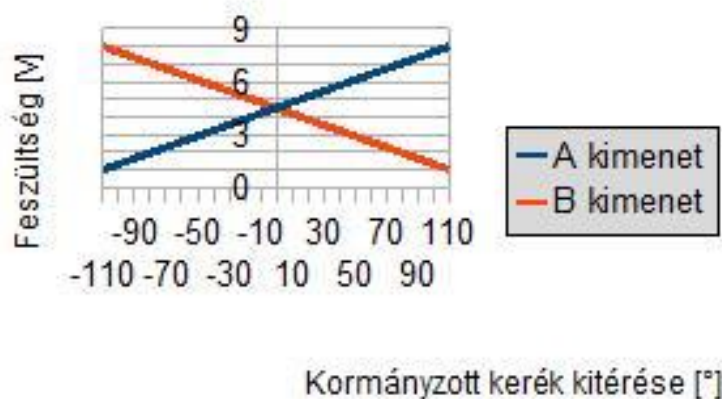
A jármű automatizálásához feltétlenül szükséges volt, hogy a belső rendszereket, részegységek funkcióit, a közöttük zajló kommunikációt feltérképezzük, így megállapítva az automatika lehetséges beavatkozási pontjait. E feladat elvégzése nagy kihívás elé állított bennünket, mivel részletes műszaki leírás híján mindent magunknak kellett különböző mérések, vizsgálatok, működés közbeni tesztek során "felfedeznünk". A vizsgálódások során nem nyerhettünk betekintést pl. a vezérlőegységek pontos működési módjaiba, vagy az azokat összekötő buszrendszeren zajló kommunikációba, de ez nem is volt probléma, hiszen az alapvető funkciókról, alkalmazott jelszintekről, a rendszer kritikus pontjairól átfogó képet sikerült alkotnunk,

amely már elegendő volt az automatika egységeinek fejlesztésére és sikeres beépítésére. Ezek az alapvető funkciók a következők:

- Kormányzás
- Hajtásvezérlés, sebességszabályzás
- Biztonsági elemek

3.1.1. Kormányzás

A STILL CX-Z30 vontató "Drive by wire" rendszerű kormányzást használ, tehát a kormány és a kormányzott kerék között nincs mechanikus kapcsolat. A kereket szervomotor mozgatja a kormány állása alapján kiadott elektromos jelnek megfelelően. Mind a kormány szerkezet mind a kormány szervo tengelyén egy-egy közös tokozású potenciométer-pár található. Ezen potenciométerek lineáris karakterisztikájúak, és ellenütemben vannak bekötve, tehát valamely irányban forgatva a két potenciométer feszültségváltozásának iránya ellentétes. Az alábbi diagram szemlélteti a kerékelfordulás-jeladó kimeneteinek feszültség szintjét. A kormányjeladó kimenetei ugyanilyen jelegűek.



14. ábra

A feszültség változása a kormányzott kerék kitérésének függvényében

A potenciométerek tápfeszültsége 9V, de mint látható a kimenő jelek ezt a tartományt nem használják ki teljesen. Egyértelműen meghibásodás-jelzési célból 0~1V, ill. 8~9V feszültségtartomány "tiltott", ha valamelyik kimeneten ilyen feszültség szint jelenik meg, az mindenképp a jeladó valamilyen meghibásodását jelenti (pl.: testzárlat, szakadás) a targonca vezérlőegysége érzékeli, és azonnal vész megállási parancsot ad ki.

A működés során a vezérlő folyamatosan figyeli a valós (a kormány szervóra szerelt jeladó által szolgáltatott) és a megkívánt (a kormánykar állása szerinti) kormányállást reprezentáló feszültségérték-párok közötti differenciát, és annak megfelelően ad ki parancsot a kormányállás módosítására. A kormányzott kerék mozgástere hozzávetőlegesen 200-240°, a kormánykaré ugyanakkor csak 140-160°. Ebből következik, hogy a vezérlő egyfajta szintillesztési, jelerősítési feladatot is végez.

Nyilvánvaló hogy a kormányzás egy jármű működésének különösen kritikus része, bárminemű meghibásodása (működésképtelensége, vagy adott helyzetben épp kontrollálatlan működésbe lépése) súlyos balesetekhez vezethet. Ezért is volt az anyagmozgató gépeknél az utóbbi évtizedekig, a közúti járműveknél pedig a mai napig is kizárólagos a mechanikus, esetenként a hidraulikus kormány szerkezet alkalmazása.

Esetünkben a mechanikai kapcsolat nélküli kormányzást a jármű kis sebessége, alacsony súlypontja, és a kormányvezérlés többszörös biztonsági megoldásai teszik megbízható és célszerű módszerré. A már említett, ún. élönnullás jelszintek által nyújtott hibabiztosítás mellett a vezérlő az engedélyezett tartományba eső jelszinteknél is vizsgálja, hogy a két jelcsatorna közötti differencia az előre megadott karakterisztikának megfelelő-e, és amennyiben nagyobb eltérés mutatkozik, szintén leállítja a gépet.

3.1.2. Sebességszabályozás

A jármű hajtásához szükséges nyomatékot egy 3kW teljesítményű aszinkron villanymotor biztosítja. Az üzemi fékezést szintén ez a motor látja el (generátor üzemben, energia-visszatáplálással), de vész- ill. rögzítőfékként a motortengelyre van építve egy elektromágneses működtetésű fékberendezés is. A nyomaték fogaskerék-hajtóművön keresztül jut a hajtott kerékre. A hajtó és a kormány motor működtetését egyaránt a motorvezérlő egységben található félvezetős (MOSFET technológiájú) teljesítményelektronika végzi.

A sebesség és a haladási irány szabályozása a kormányon lévő karral történik.

A sebességszabályzó kar egy optokapukból álló kódkapcsolót működtet, melynek 17 megkülönböztethető állása van (irányonként 8 fokozat, továbbá a középállás), s kimenetén egy 6 bites, pozícionként egyedi kódot ad ki, mely a következőként értelmezhető:

Funkció:	Hajtás be	Menetirány		Sebesség		
Bit:	5.	4.	3	2.	1.	0.

15. ábra
A sebességkódok bitjei

A sebességkódok úgy vannak meghatározva, hogy az egymás melletti kódok között csak egy bitben van különbség (a kódok közötti ún. Hamming-távolság =1), így kerültek kiküszöbölésre a két bit párhuzamos átkapcsolásánál jelentkező bizonytalanságok, házárdjelenségek. A 6 biten ábrázolt kód elvileg 64 különböző értéket vehetne fel, de ebből csak 19 van felhasználva, a több tiltott állapot, és érzékelésük esetén a vezérlő azonnal leállítja a gépet. Ugyanez történik, ha a kódok nem az elvárt sorrendben kapcsolódnak. Így a kormányzás szabályzóköréhez hasonlóan a sebességszabályzás is jelentős hibavédelemmel rendelkezik. A sebességkódok a kormányban található vezérlőegységbe kerülnek, onnan pedig a CANBUS rendszeren át jutnak el a központi-, végül pedig a hajtásvezérlőbe.

A sebességszabályzó kitérítésével nem egyenesen arányos a motor fordulatszáma, azt a központi vezérlés további adatok figyelembevételével határozza meg, pl. Kormányzott kerék kitérítésének mértékének, vezető által beállítható funkciók (a kormánypanelen választható lassú vagy gyors fokozat), illetve a vezérlő szervizmenüjében állítható paraméterek alapján.

3.1.3. Biztonsági elemek

A vontató eredeti állapotában a vonatkozó szabványokban megkövetelt biztonsági kapcsolókkal volt felszerelve, úgymint:

- A kormányon elhelyezett nagyméretű vészstop kapcsolóval, mely akár kézzel, akár ütközés esetén a vezető előrevágódó teste által működésbe hozható, és a jármű azonnali befékezéséhez, továbbá a hajtások feszültségmentesítését váltja ki. A vészstop hatása csak a rendszer újraindításával törölhető.
- A vezetőállás padlójába épített súlyérzékelős kapcsoló, mely a jármű véletlenül, vezető nélkül történő elindulását akadályozza meg. Amennyiben nincs aktiválva, a hajtómotor hajtása nem kapcsolható, de a targonca többi funkciója (a tárgyalt típus esetében gyakorlatilag csak a kormányzás, de más típus esetén pl. a tehermanipulációs

eszköz) továbbra is működik. Menet közben történő lelépés esetén azonnali fékezés történik, de visszalépve azonnal visszaáll a normális működés.

3.2. Az automatika fejlesztése

A targonca hagyományos (manuális) működése során a vezetőállásban álló személy szabályozza a jármű haladási irányát és sebességét a kormánykar és a sebességszabályzó kar segítségével. Az ezen kormánysszervek által közvetített irányítási parancsok a már ismertetett módokon és útvonalakon a központi vezérlőbe jutnak, amely a megfelelő körülmények és paraméterek figyelembevételével kiadja a parancsot a beavatkozó szerveknek, jelen esetben a kormánysszerelő- illetve hajtómotornak.

Milyen módon avatkozhatunk bele ebbe a kommunikációs láncba?

Az egyik lehetséges mód a targonca saját vezérlőrendszerének teljes kiiktatása lenne.

Az automatika programozásának szemszögéből nézve ez egy igen előnyös megoldás volna, hiszen közvetlen ráhatásunk lenne a hajtó és kormánymotorokra, ezáltal a gép mozgására. A közvetlen kapcsolat gyorsabb reakcióidőket, összességében a beavatkozó szervek sokkal szorosabb felügyeletét jelenthetné.

Azonban ez az irányítástechnikai szempontból tetszetős megoldás a gyakorlatban több problémát vethet fel, mint amennyit egyéb téren esetleg meg is oldana. A megvalósítás során a gép vezérlésének igen biztonságkritikus, erősáramú részeit kellene megbontanunk, továbbá az automatika részeként azokat újból kialakítanunk. Az erősáramú kapcsolási megoldások speciális vezérlőáramköröket, speciális szerelvényeket, hűtést igényelnek, amelyek megvalósítása igen bonyolult volna, ezért ez a megoldás elvetendő.

Egy másik elképzelés lehetne, hogy a gép vezérlőegységei között zajló kommunikációba avatkozunk be, és adunk ki különböző irányítási parancsokat. A feladat megoldása minimális számú plusz hardverelemet igényelne, hiszen csak egy kommunikációs illesztőeszközre van szükség az automatikavezérlő soros portja és a targonca belső CANBUS rendszere között. Bizonyos esetekben ez a megoldás lehet a legkedvezőbb, mivel például az anyagmozgató gépek legújabb generációinál a belső buszrendszer nemcsak a főbb vezérlők közötti összeköttetésért felelős, hanem az intelligens perifériákkal és beavatkozó szervekkel is az valósítja meg a kapcsolatot. Ilyen esetben a targonca működésébe (az elsőként tárgyalt, igen drasztikus beavatkozást

leszámítva) csak és kizárólag a CANBUS kommunikációt manipulálva lehet beavatkozni. A módszer ugyanakkor a CAN rendszer különösen mély, és típus-specifikus ismeretét feltételezi, amely tudás csak a gyártó közreműködésével vagy különösen hosszadalmas kutatómunkával, a belső kommunikáció "lehallgatásával" és dekódolásával szerezhető meg, erre pedig nekünk sajnos nem volt lehetőségünk.

A harmadik, és végeredményben megvalósított módszer az, hogy közvetlenül az emberi beavatkozásnál nyúlunk bele a kommunikációs láncba. Másképp fogalmazva gyakorlatilag elhitetjük a géppel, hogy egy ember áll rajta és vezeti, miközben valójában az automatikavezérlő végzi az irányítást emberi beavatkozás nélkül, a környezetről saját szenzoraival szerezve információt.

A jármű belső rendszerének megfelelő pontjaira átkapcsoló elemeket (reléket) téve a normál működés beavatkozó szerveinek helyére az automatika megfelelő jelformákat szolgáltató kimenetei kapcsolhatóak. (ábra a beavatkozási pontokról)

Vizsgáljuk meg részletesebben, milyen részegységekből is tevődik össze az automatikus működést vezérlő rendszer.

3.2.1. Automatika-vezérlő

Az automatikus vezetőrendszer "lelke" a központi vezérlő. Ez lehet egy gyári PLC egység, vagy egy mikrovezérlővel megvalósított egyedileg fejlesztett vezérlőegység (MCU). Mindegyik alternatívának megvannak a maguk előnyei és hátrányai, amelyek a következőképpen sorolhatóak be:

PLC	
Előnyök	Hátrányok
- Minden vonatkozó ipari szabványnak eleve megfelel	- Egyszerűbb automatizálási feladatokra aránytalanul drága lehet, főleg ha több speciális bővítőmodul szükséges.
- Moduláris rendszerének köszönhetően könnyen bővíthető	- Nagy helyigényű, ami mobil alkalmazásokban probléma lehet
- Grafikus fejlesztőkörnyezetben gyorsan és egyszerűen programozható, illetve hibamentesíthető	- Nem szabványos jelszintek kezelése problémás

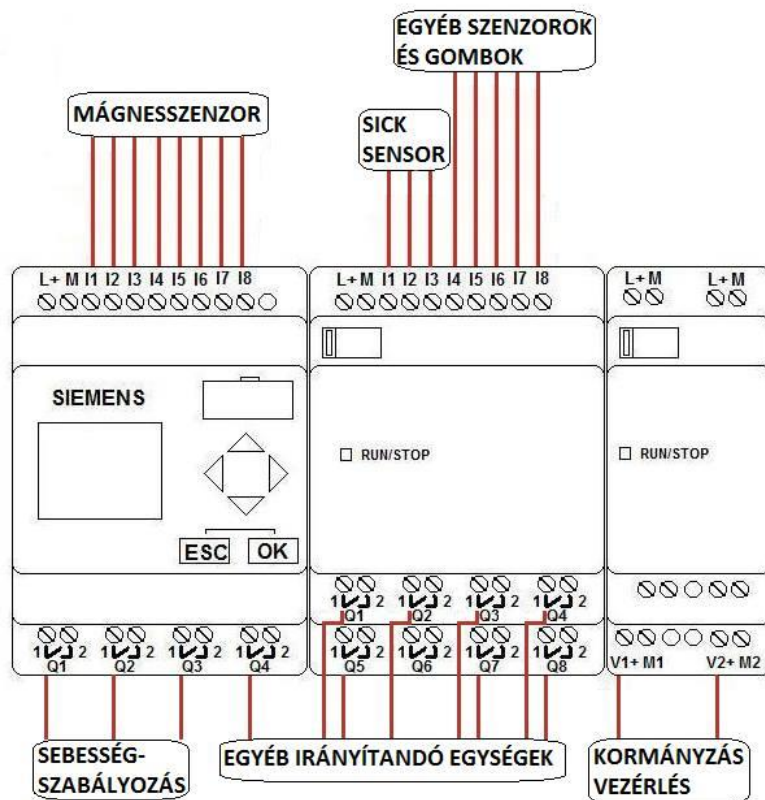
Mikrovezérlő	
Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> - A mikrovezérlő és az esetlegesen szükséges perifériák, kiegészítők egyaránt olcsók - Az egyedi fejlesztésnek köszönhetően bármilyen ki- vagy bemeneti jelszint kezelésére alkalmassá tehető - Nagyszámú analóg bemenet kezelhető, további perifériaszükséglet nélkül - Tetszőlegesen kicsi méretű, ill. elrendezésű, alakú vezérlőmodul készíthető (SMD technológia alkalmazásával) - A modern mikrovezérlők magas órajelfrekvencián futnak, a PLC-knél megszokottnál nagyságrendekkel gyorsabb műveletekre, reakcióra képesek 	<ul style="list-style-type: none"> - A szükséges nyomtatott áramköri lapok tervezése és gyártása kis széria esetén aránytalanul drága lehet - A vezérlőegységek megfelelőségét egyedileg kell megvizsgálni a vonatkozó szabványok, műszaki elvárások, biztonsági előírások tükrében. - A programfejlesztés lassú és időigényes, ennél fogva költséges lehet - Zajos ipari környezetben a stabil működés érdekében árnyékolásokra, vagy redundáns perifériákra lehet szükség

A felsorolt szempontok alapján megállapítható, hogy amennyiben egy automatizálási feladat *elméletileg* mind PLC, mind MCU alkalmazásával ésszerűen megoldható, akkor kis szériás gyártás esetén a PLC, nagy sorozatban történő gyártás esetén pedig az MCU-val készített vezérlőegység a kedvezőbb választás.

Ezen eszmefuttatás eredményeképpen mi a fejlesztés során (egyedi prototípusfejlesztésről lévén szó) PLC vezérlőt, név szerint a Siemens cég *LOGO!* OBA6 (a továbbiakban "LOGO!") típusú vezérlőjét használtuk fel.



16. ábra
A már beépített PLC



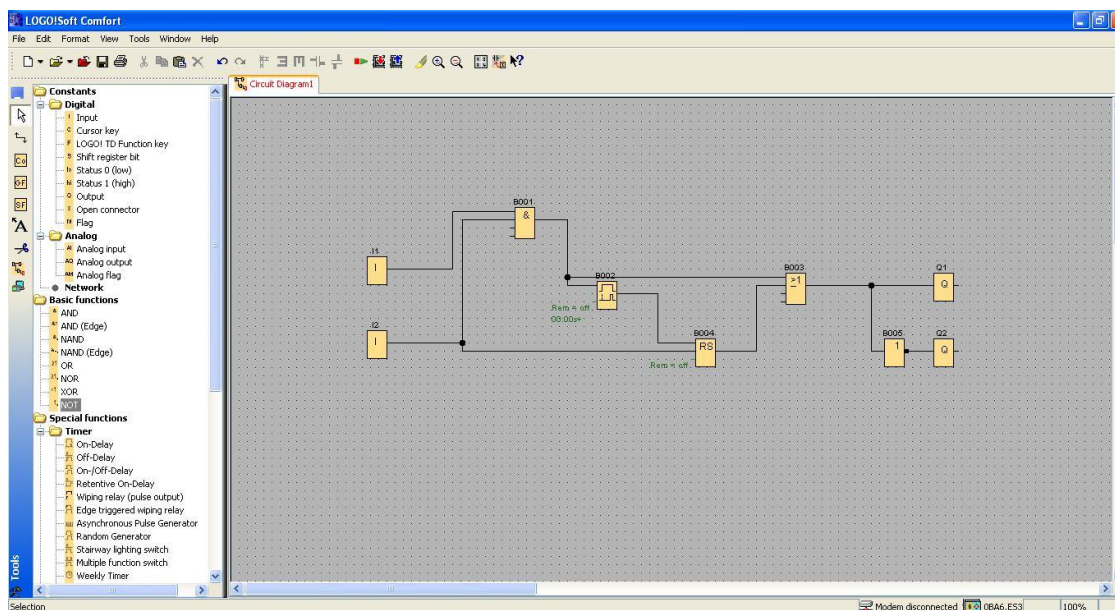
17. ábra
A PLC kapcsolásának elvi vázlatja

E típus korábbi változataira néhol "programozható reléként" is hivatkoznak, utalva ezzel arra, hogy a hagyományos értelemben vett PLC-vezérlőknél jóval szerényebb képességekkel rendelkezik. Az általunk alkalmazott példány azonban moduláris felépítésével, 10ms ciklusidejével, opcionálisan csatlakoztatható érintőképernyős HMI-moduljával egyértelműen teljes értékű PLC-nek tekinthető. A gyártó alapvetően oktatási eszköznek, továbbá egyszerű, adott esetben hobbi szinten megvalósított, háztartási vezérlési/szabályzási funkciók ellátására szánta, de adottságai lehetővé teszik, hogy ipari környezetben is használható legyen. Ára ugyanakkor egy hagyományos PLC árának töredéke.

Az eszköz alapmodulja 8 bemeneti és 4 kimeneti csatornával rendelkezik. A bemenetek alapvetően az iparban bevett 0-24Voltos jelszintekkel operálnak, de négy kijelölt bemenet emellett 0-10V közötti analóg feszültség vagy 0-20mA közötti analóg áramértékek mérésére is alkalmas. A kimenetek a vizsgált vezérlő esetén relés kapcsolásúak, így bizonyos teljesítménykorlátozások mellett 0-240V tartományba eső feszültségeket kapcsolhatnak. Bizonyos LOGO-típusok illetve egyes kiegészítő modulok félvezető (triakos kapcsolású) kimenetekkel rendelkeznek, ezek a gyors és hangtalan kapcsolás, illetve a hosszú élettartam előnyét nyújtják a lényegesen szűkebb (12-24V) feszültségtartományért cserébe.

Az alapmodulhoz kapcsolható perifériák között található digitális I/O bővítő, külön analóg ki- vagy analóg bemenettel rendelkező, illetve többféle kommunikációs modul is.

A LOGO-ra történő programfejlesztés a LOGO! Soft Comfort szoftverrel végezhető, amely grafikus környezetében mind a hagyományos létradiagramos, mind egy kapcsolásirajz-szerű blokkvázlatos programozási mód is használható.



18. ábra
A LOGO! Soft Comfort programozó környezete

A megírt program USB kapcsolaton keresztül tölthető le a vezérlőbe. Ez a kapcsolat alkalmas a program futásának működés közben történő megfigyelésére, debugolására.

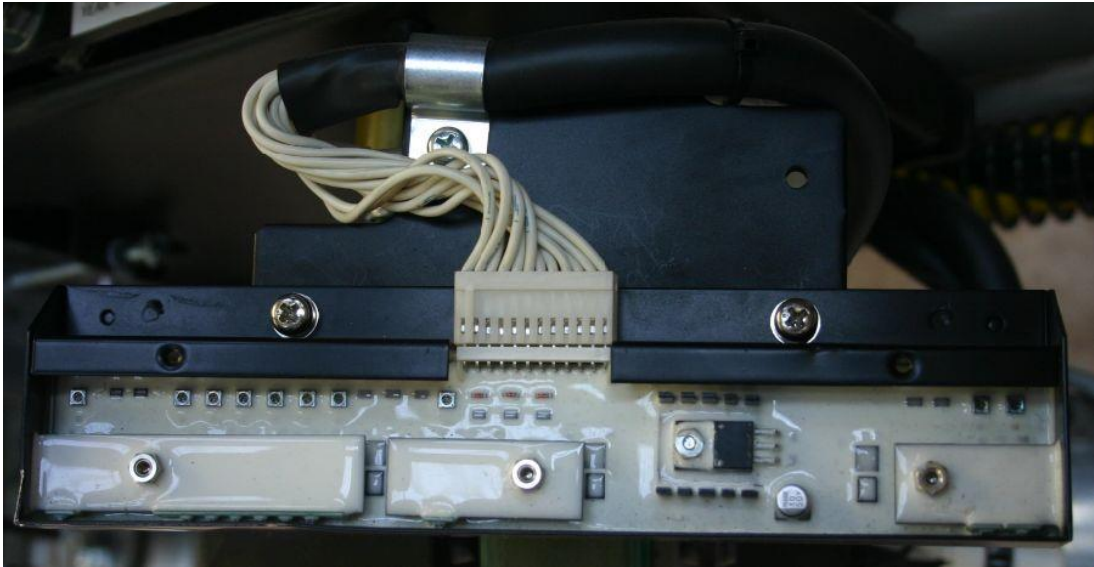
3.2.2. Az automatika szenzorai

A vezérlőrendszer önmagában alkalmatlan a külvilágból érkező, a jármű irányításához, tájékozódásához, biztonságos közlekedéséhez szükséges információk begyűjtésére, erre a célra egyrészt a kezelő parancsainak bevitelére szolgáló nyomógombok, illetve az automatikus működés közben használt különböző szenzorok szolgálnak.

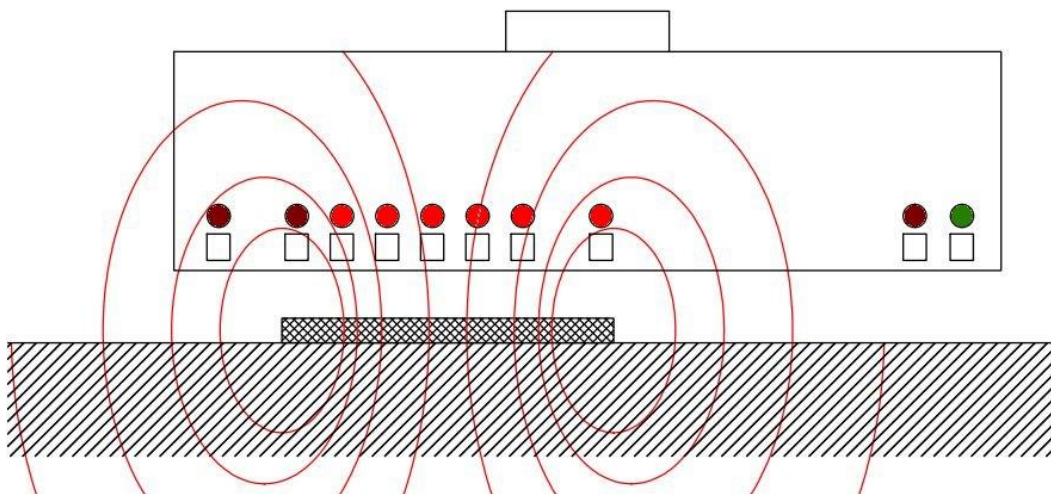
Az első és legfontosabb szerepet játszó szenzor az, amely a targonca térbeli tájékozódását és nyomvezetését valósítja meg. Esetünkben ez egy, a mágneses vezetőszalagot érzékelni tudó Creform gyártmányú szenzorfej. A Creform cég egyik működési területe a kisméretű, moduláris felépítésű szállító illetve vontató járművek fejlesztése és gyártása. Ezek a járművek legtöbbször mágneses nyomvezetést használnak, ezért a cég áru kínálatában megtalálható a nyomvezetéshez szükséges mágnesszalag és a direkt ehhez fejlesztett szenzor.

A Creform mágnesszenzor egy sor mágneses (feltehetőleg Hall) elven működő kis érzékelőből, illetve az azokhoz tartozó jelformáló-erősítő áramkörökből áll. Mindegyik kis szenzorelemhez tartozik egy digitális szenzorkimenet. Ez a kimenet akkor aktív, ha

az adott szenzorelem megfelelő irányú és erősségű mágneses teret érzékel. A szenzorelemek úgy vannak elhelyezve, hogy egymás mellett 8db valósítja meg a szalag helyzetének érzékelését, illetve 2db az ún. Mágneses parancsjel érzékelését.



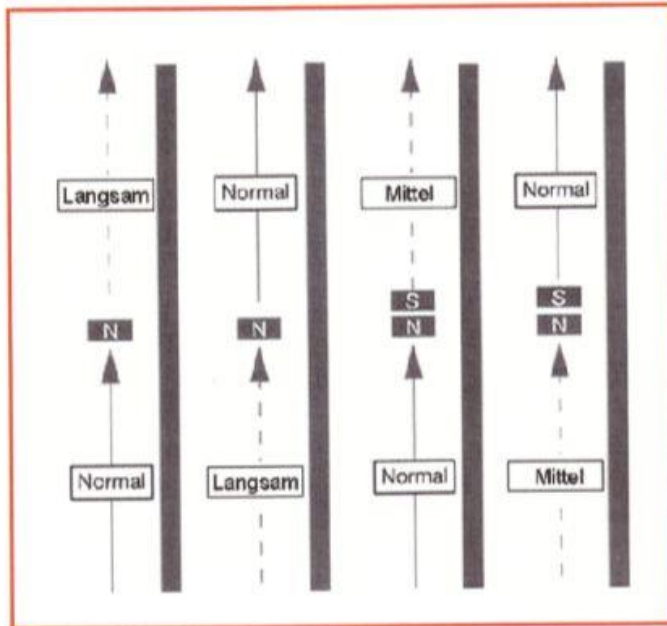
19. ábra
A Creform által fejlesztett – felhasznált - mágnesérzékelő



20. ábra
A mágnesérzékelő és –szalag kapcsolatának elvi vázlata

A mágnesszalag-útvonal mellett specifikus távolságra és pozícióban elhelyezett mágnesjeleket az áthaladó jármű szenzorának parancsjel-érzékelő elemei beolvassák, majd a vezérlő ez alapján módosíthatja a gép mozgását.

Geschwindigkeitsänderung



Stop



21. ábra

A Creform AGV-k parancsjeleinek kiosztása

A pályakövetést megvalósító szenzor segítségével a jármű már képes lenne a megfelelő nyomkövetésre, ezáltal a haladásra. Ugyanakkor nem képes egyéb, esetenként hirtelen feltűnő akadályt érzékelni, ami adott esetben balesethez vezethet. Ezért a gép kapott egy "szemet" is, egy Sick S300 lézeres akadályérzékelő képében.



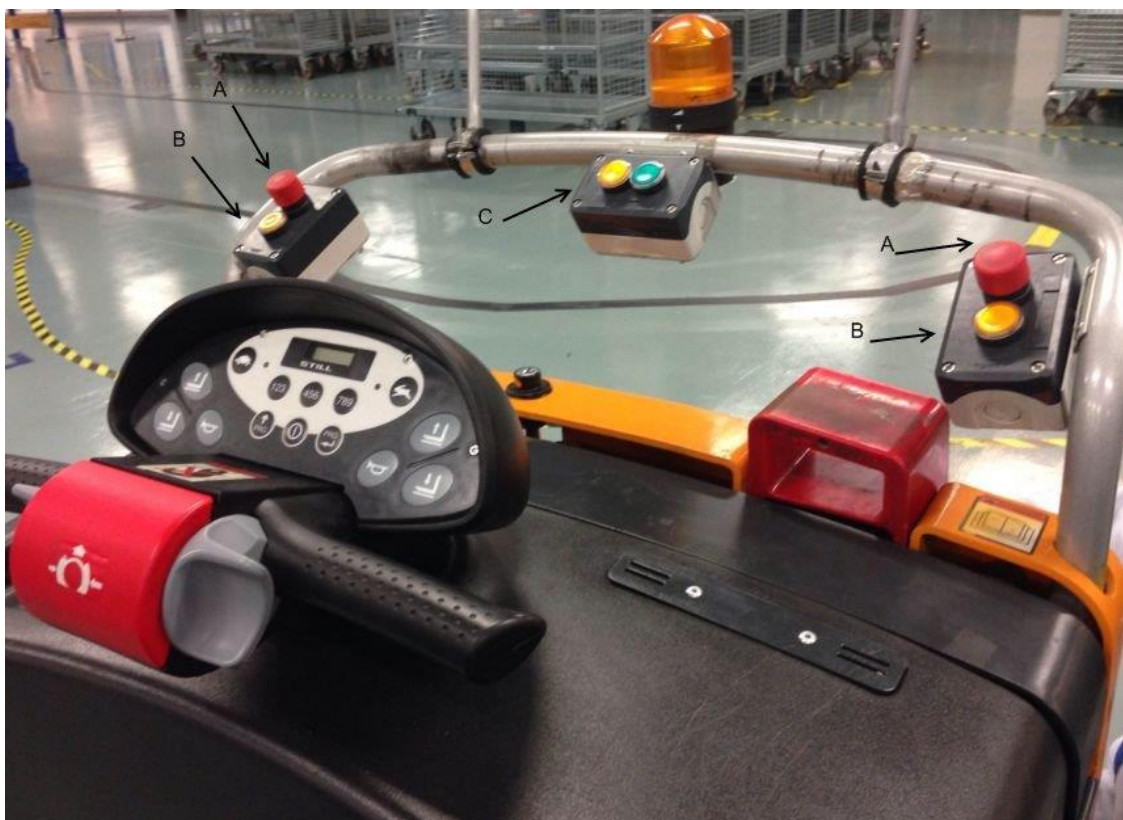
22. ábra

SICK S300 lézer scanner

A szenzor egy forgó prizma és egy lézer segítségével folyamatosan pásztázza az előtte lévő látóteret, és amennyiben a szoftveresen előre konfigurált távolságban vagy irányban akadályt érzékel, kimenetén megfelelő jelzést küld az automatika-vezérlőnek. Az érzékelési tartomány legnagyobb sugara 2 méter, szöge vízszintes síkban $\sim 270^\circ$. Ezen tartományon belül minden 50 milliméternél nagyobb látszó felületű tárgyat érzékel.

A szenzor olyan minősítéssel rendelkezik, amely lehetővé teszi, hogy életvédelmi biztonsági funkcióban működjön, így ez látja el a targonca ütközésvédelmét (a mechanikus ütközésvédelmet kiváltva) illetve emiatt az automatika biztonsági körének központi eleme is.

Az automatika harmadik információforrása maga az ember. A jármű kezelője a vezetőállásba szerelt nyomógombokon keresztül kapcsolhat a manuális illetve az automatikus működés között (az ábrán C-vel jelölve), indíthatja el az automatikus üzemmódban várakozó gépet (B gombok), vagy veszély esetén a felszerelt vészstop gombokat (A gombok) megnyomva a gépet biztonságosan megállíthatja.



23. ábra
A vezetónélküli targonca irányítógombjainak kiosztása

3.2.3. Az automatika kapcsolódása a targonca rendszerére

Az előbbieken megállapítottuk, hogy milyen módon is lehet leghatékonyabban a targonca működésébe beavatkozni. Ezek a kritikus beavatkozási pontok tehát a következők:

- Kormánykar és a vezérlő közötti analóg kapcsolat;
- A sebességszabályozó kar és a vezérlő közötti párhuzamos digitális kapcsolat;
- A lábkapcsoló vezetékai.

3.2.4. A kormányzás befolyásolása.

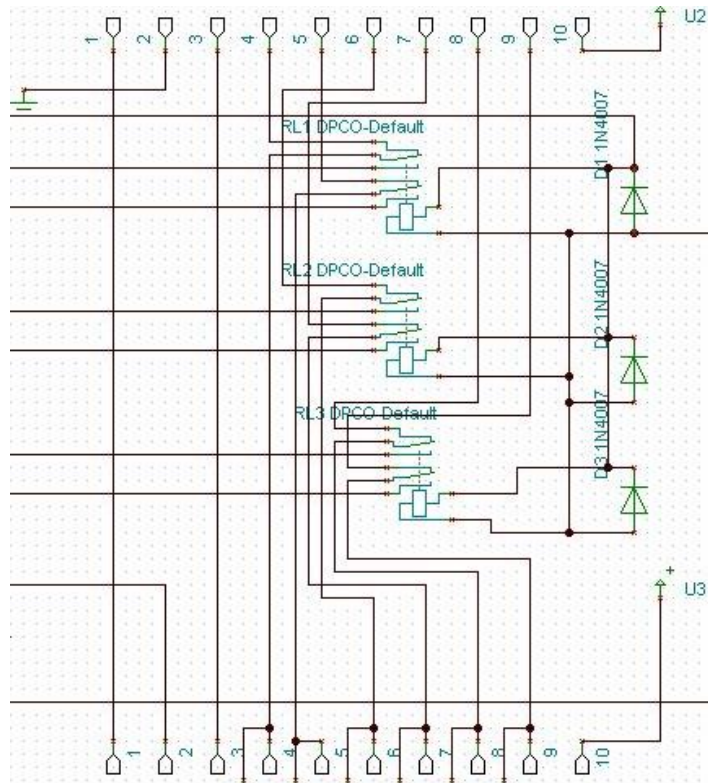
A kormánykar forgatásával változó analóg kormányjel-párost az automatika-vezérlő (a.k.a. LOGO) D/A modulján keresztül emulálhatjuk. A modul két csatornás, 0-10V közötti analóg feszültségjelet képes szolgáltatni, ami célunknak épp megfelel, hiszen a kormányzás szintén két analóg csatornán zajlik, amelyek jelszintje 0-9V. Arról hogy a kormányjel valós feszültségtartományának maximumát (9V) ne lépjük túl, illetve hogy a két feszültségjel lineárisan, pontosan ellenütemben változzon, az automatika programjában gondoskodunk. Ha ezt nem tennénk a tiltott jelszintek, ill. jeldifferencia-értékek jobb esetben a központi vezérlő azonnali hibajelét és a jármű megállását, rosszabb esetben valamelyik elektronikai áramkör károsodását okozhatják.

A manuális kormányzás, és az automatika kormányzása közötti átkapcsolás többcsatornás relé segítségével történik.

Amennyiben a kormány középállásban van, az automatika-vezérlő analóg kimenetei szintén, a jármű vezérlője nem veszi észre a csatornák átkapcsolását, és az automatikus kormányzás zavartalanul működhet.

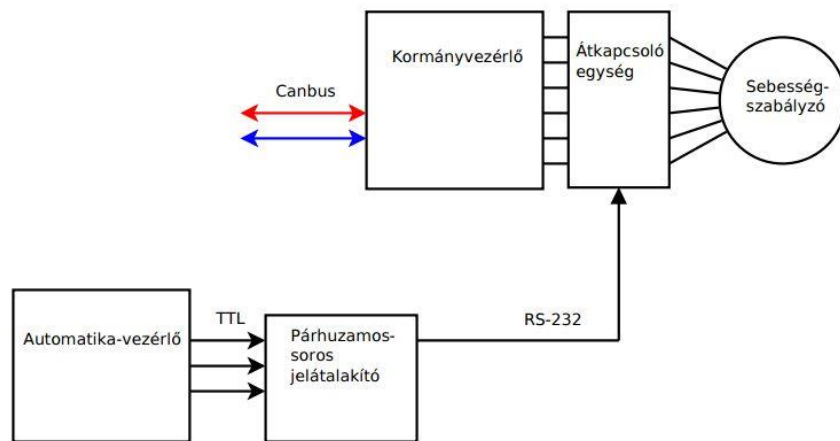
3.2.5. A sebesség befolyásolása

Mint arról már korábban szó esett, a jármű sebességét a sebességszabályzó karral mozgatott digitális forgó jeladó jele befolyásolja. E jelek forrásának átkapcsolásához szintén relés megoldást használtunk.



24. ábra
Sebességszabályozás átkapcsoló mechanizmusa

A megfelelő digitális kódok előállítása egyszerű feladat lenne a vezérlő számára, ám a közvetlen bekötésnek fizikai akadályja van. Az automatikavezérlő a jármű motorterében, a sebességkar és az annak jeleit feldolgozó kormányvezérlő viszont a kormányon található. A két hely között szűk helyen, mozgó alkatrészek között lehet csak vezetékes kapcsolatot teremteni, emiatt nem lehet közvetlenül levezetni a sebességszabályozás kábeleit. Emellett a sebességszabályzó logikája 0-5V TTL jelszinttel dolgozik, amely ekkora vezetékhozznál zavarjeleket is felvehet. A probléma megoldását egy mikrovezérlővel megvalósított párhuzamos-RS232-párhuzamos kommunikációs konverter készítése jelentette.



25. ábra
Automatikus sebességszabályozás blokkvázlata

Az automatika-vezérlő digitális kimenetein kiadott 3 bites sebességekód (amely 0 és 7 között kódolja az előrehaladás megkívánt sebességét) egy Microchip PIC mikrovezérlővel megvalósított konverter-modulba kerül, amely a sebességekódot 8 bites paritásbittel ellátott adatsomagba rendezi, majd hardveres UART moduljáról egy TTL-RS232 jelszint-konverteren keresztül egy vékony kéteres vezetéken át a kormánymodulba jut. Itt egy másik PIC (RS232-TTL átalakítás után) fogadja az adatsomagot, és annak megfelelő sebességekódot emulál a sebességszabályzó-kar helyett. Ez az adatkapcsolat egy irányú, az átvitel biztonságát az adatsomag paritásellenőrzése, illetve a küldés ciklikussága adja. A vevő oldali mikrovezérlő a paritásellenőrzésen hibásnak bizonyult kódot nem veszi figyelembe, néhány millisekundum múlva újabb kód érkezik, ami úgyis beállítja a megfelelő kimenetet. Amennyiben a kommunikáció tartósan megszakad a vezérlő nem ad ki sebességjelet, tehát kontrollálatlan elindulás miatt baleset nem fordulhat elő.

3.2.6. A biztonsági elemek kezelése

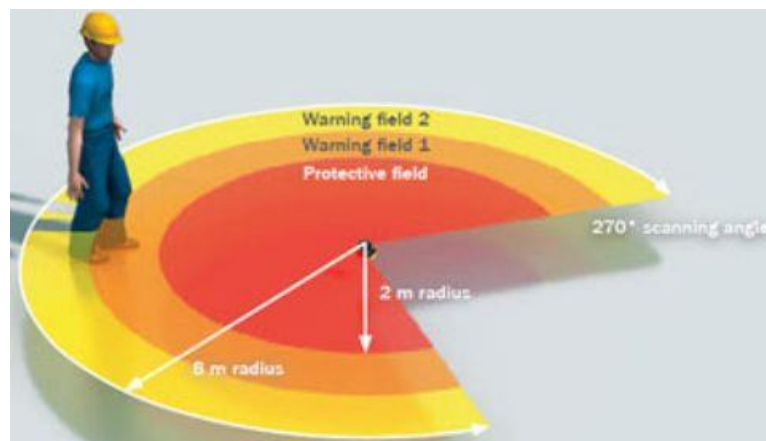
A jármű eredeti biztonsági körét érintetlenül hagytuk, a kormányon levő vészstop gomb a targonca automatikus üzemmódjában is azonnali leállást eredményez.

A gép másik biztonsági intézkedésének, a vezetőállás súlyérzékelőjének működését viszont az automatikus működéshez befolyásolni kell, hiszen ha nem áll vezető a vezetőállásban, a targonca mozgásképtelen. Másrészt viszont a vezetőnélküli

targoncák biztonságos működését szabályozó EN 1525 szabványban leírtak alapján a gép nem működhet automatikus üzemben, ha a vezetőállásban áll valaki. A két követelményből következően a lábkapcsoló körében olyan átkapcsoló mechanizmust valósítottunk meg, amely lehetővé teszi, hogy a vezérlő "rálépjen" a lábkapcsolóra, ugyanakkor, ha valaki tényleg rálép a lábkapcsolóra, azt az automatika érzékeli, és azonnal megállítja a gépet.

Bár a járműnek nem eredeti biztonsági eleme, a már tárgyalt SICK lézerszkennel is fontos szerepet játszik az átalakított gép mozgásának biztonságossá tételében.

Az automatikus mód elindításakor a szenzor pásztázni kezdi a kijelölt látóteret és az érzékelt akadályok helyzete alapján különböző jelzéseket továbbít a vezérlőnek, veszély esetén pedig a vezérlőt megkerülve kapcsolja le az automatikát, ezzel vészmegállásra készítve a járművet. A szenzor három különböző érzékelési tartományt képes megkülönböztetni, ezek megfelelő szoftverrel és adatkábellel állíthatóak be. Ezek a tartományok a következőképpen alakulnak:



26. ábra
SICK szenzor érzékelési tartományai

Az 1. számú "Warning 1" tartományban érzékelt akadály esetén a jármű lassúmenetbe kapcsol. Ez lehetővé teszi, hogy az akadály esetleg még időben elháruljon, ugyanakkor a lassítás segíti az esetleges későbbi megállást.

A 2. számú "Warning 2" tartományba kerülő akadály hatására a jármű normál fékezéssel megáll, kis idő eltelte után hangjelzést ad, hogy felhívja a figyelmet az akadályoztatására. Amennyiben az akadály elhárul, a jármű rövid várakozás után tovább indul. Amennyiben valamiért a fékezés nem elégséges hatású, vagy az akadály a

targoncával szemben mozog, megeshet, hogy a fékezés sikertelen, és ütközés történik. Ekkor a tárgy bejut a 3. „protective field” ütközésérzékelő zónába, amely megfelel egy mechanikus ütközésérzékelőnek. A lézerszkennerek hatására az automatika-vezérlőt megkerülve azonnal áramtalanítja az automatika-reléket, így a járművet visszatéríti manuális módba, és vészfékezést vált ki.

Az EN 1525 szabvány további biztonsági funkciókat is rögzít:

„5.9.3. Figyelmeztető rendszerek

Jól látható figyelmeztető berendezés, pl. villogó fény, lépjen működésbe, ha a targonca mozgásra kész, vagy ha mozog. Ez alól kivételek azok a targoncák, amelyeknek a menetsebessége nem haladja meg a 0,3 m/s-ot (1,08 km/h-t). ”

E kritériumok teljesítése céljából a jármű elején, jól látható magasságban, és minden irányból észlelhető módon sárga lámpa található. A lámpa a jármű mozgása közben folyamatosan villog, illetve hiba esetén egyéb figyelmeztető villogási mintát ad.

Ezen kívül a járművet felszereltük egy ún. Melodybox-szal amely hangos zenét játszva figyelmeztet a gép közeledtére.

3.3.A fejlesztés során felmerült problémák

A következő fejezetben néhány, a fejlesztés vagy a tesztelési fázis során felmerült problémát és azok megoldási lehetőségeit vizsgáljuk meg részletesebben.

3.3.1. Mágnesszenzor rögzítésének módjai

Az első tesztelés során a mágnesszenzort egyszerűen a gép homlokfelületére rögzítettük.



27. ábra
A kezdetleges fix szenzor működés közben

Ez a megoldás az egyenes haladást tökéletesen lehetővé tette, ugyanakkor a viszonylag kis sugarú szabványos kanyarívet a szenzor kis érzékelési szélessége miatt nem, vagy csak igen darabosan, a kormányállást sűrűn változtatva, ezáltal zajosan, lassan és nem utolsó sorban a kormány szerkezetet mechanikailag meglehetősen igénybevéve tudta bevenni.

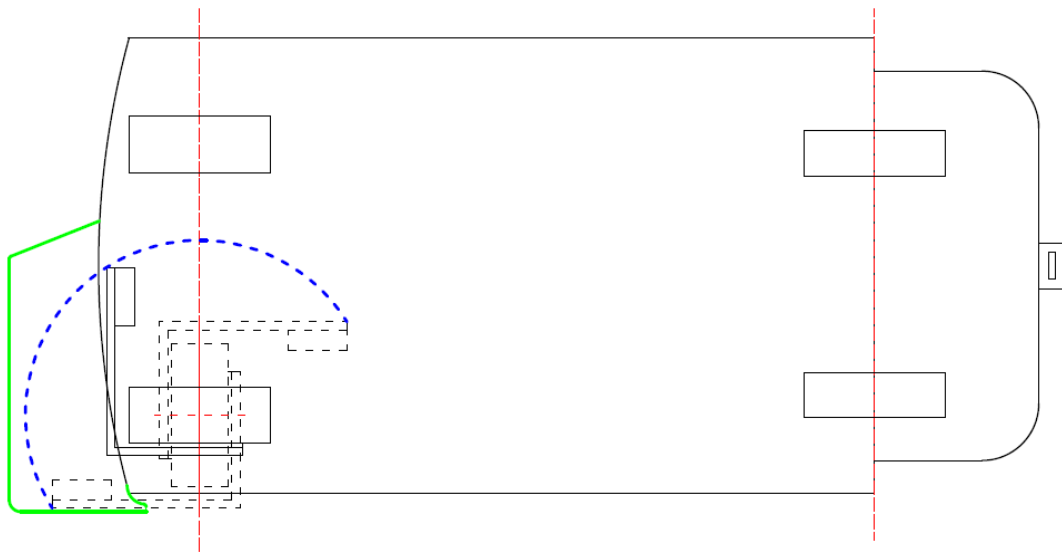
Az ily módon kivitelezett kanyarodási művelet a padlózatot is fokozottan koptatja, tehát több szempontból is szükségessé vált egy megfelelőbb megoldás keresése. Ez a megoldás - a szenzor kerékhez történő rögzítése, és azzal együtt való mozgatása - ugyanakkor szintén több problémát vetett fel. A konstrukció alapjául egy Creform gyártmányú kis teljesítményű automatikus vontatót vettünk.



28. ábra
Creform vontatótargonca kerékelrendezése a mágnessenzorral

Itt a szenzor a kormányzott és hajtott kerék vázához rögzítve, ahhoz igen közel, így jó követési pontosságot biztosítva van elhelyezve.

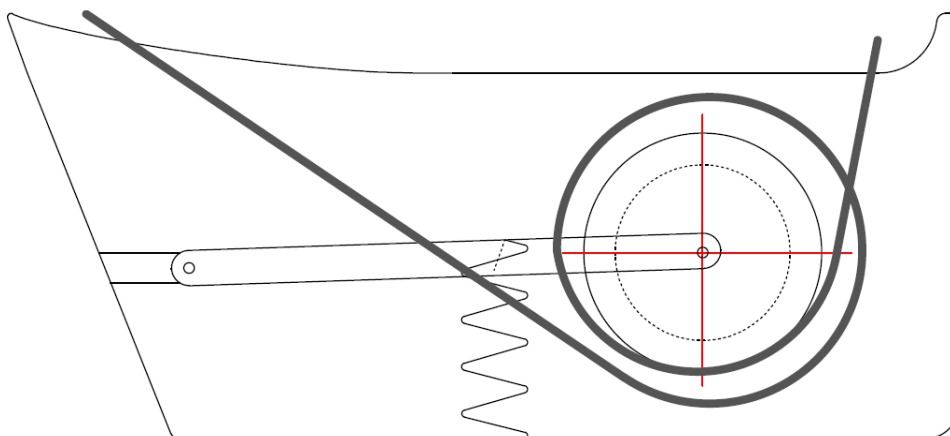
Esetünkben azonban ilyen elhelyezésre nem volt lehetőség, a jármű kis hasmagassága, a kerék és a hozzá kapcsolódó hajtómű robusztussága miatt. A szenzort egy hosszabb szárú alumínium konzol segítségével rögzítettük a kerékhez, amely úgy van méretezve, hogy a szenzor még véletlenül se akadjon el sem a támasztó bolygókerékben, sem a gép kilógó fenéklemezében. A megoldás ugyan lehetővé tette a szenzor kerékkel együtt történő mozgását, de a szerelési és elhelyezési nehézségek miatt igen messzire került attól, rontva ezzel a követés pontosságát.



29. ábra
A kerék és a szenzor a szélsőhelyzetekben és mozgásának íve

A tesztelések igazolták feltevésünket, a mozgó szenzor sokkal hatékonyabban, szebben végezte a kormányzást. A jármű végső változata ilyen szenzorrögzítési móddal került üzembe, ám e megoldásnak is vannak hiányosságai.

Az egyik, hogy az érzékelő vezetékét hogyan és hová tesszük úgy, hogy ne szakadjon el, ne akadjon be sehova ill. a kerék útjába és alá ne kerüljön. Emiatt készítenünk kellett egy kábelvisszahúzó szerkezetet. Az alábbi ábrán jól látszik az elvi rajza.



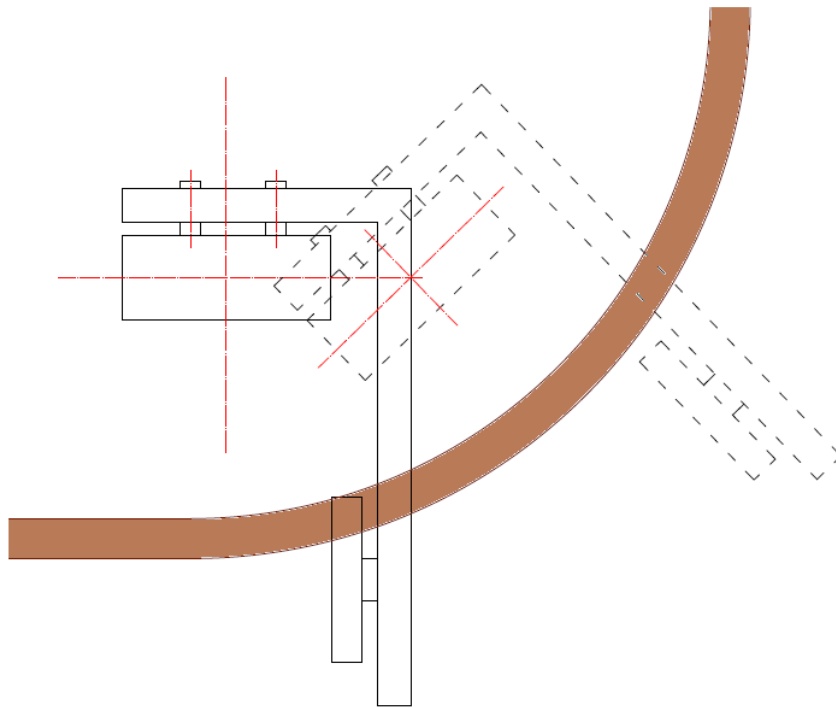
30. ábra
A kábelvisszahúzó szerkezet elvi vázlata

A kar egyik vége a védőburkolat belső falához van fogatva úgy, hogy szabadon tudjon forogni; a másik végéhez pedig egy kábeldobot rögzítettünk, amin egyszer átvettük a vezeték köteget. Körülbelül a kar közepénél egy rugó található, ami visszahúzza a kart. A rugó elhelyezésénél azért választottuk ezt a megoldást, mert így nem kell annyira megnyúlnia, de kellő erősséggel tudja visszahúzni, és az eredeti pozíciójába visszaállítani a vezetéket.

A másik, hogy a gép kerékelrendezésének, illetve a szenzor rögzítésének aszimmetrikus mivolta miatt a két irányba történő kanyarodás karakterisztikája igen különböző.

Ez a vezérlőprogram kormányzási értékeinek differenciálásával részben kiküszöbölhető, ugyanakkor adott esetben hibajelenségre adhat okot. Jobbra kanyarodás esetén probléma nem lép fel, hiszen a kanyar íve és a szenzor mozgási iránya épp ellentétes irányú, így a szenzor elfordulása esetén is a mágnescsík közvetlen közelében marad.

Balra kanyarodás esetén ugyanakkor fellép egy általunk „kaszálásként” elnevezett jelenség, amely során egy kedvezőtlenül vett kanyarban a kerék, így a szenzor balra fordulásával a szenzor kilendülhet a mágnescsík fölül elveszítve ezzel a jelet. Az eredeti működési specifikáció szerint, egy ilyen esetben (a mágnescsík-jel elvesztésekor) a járműnek azonnal meg kell állnia. Így viszont a vontató a pálya egyes kanyarjaiban rendszeresen megállt. A probléma kiküszöbölésére kompromisszumra volt szükség, a pályavesztés esetén történő vészfékezést szoftveresen néhány másodperccel késleltettük, így időt adva a szenzornak a csík újbóli megtalálására. A megoldás az üzem biztonságát nem veszélyezteti, hiszen az adott időintervallumban a gép maximális sebességgel haladva se tesz meg egy méternél többet, miközben a lézerszkenner továbbra is működik és veszély esetén kiváltja a vészmegállást. E megoldásnak, illetve egy pályavesztés esetén működésbe lépő keresőmozgás leprogramozásának köszönhetően a gép jelenleg üzembiztosan működik.



31. ábra
Balra kanyarodásnál a pályaelhagyás vázlata

3.3.2. Vezérlőparancsok meghatározása

A jármű számára sebességet megadó, illetve megállást kiváltó parancsok a pálya mentén leragasztott mágnesjelek által adhatóak.

Mivel a Creform járművein alkalmazott szenzort szereltük a vontatóra, ésszerűnek tűnt a cég parancsjel-metódusának átvétele is. A különböző irányban lehelyezett (északi „N” vagy déli „S”) mágnescsík darabok terét a szenzor parancsjel-érzékelője meg tudja különböztetni, így a két polaritást váltakozva alkalmazva több különböző értelmű parancs kiadható.

Esetünkben azonban rövid tesztelés után kiderült, hogy a szenzor megdöntött elhelyezése miatt másképp érzékeli a mágnesjelek terét, nem tisztán „N” vagy „S” parancsot vesz, hanem északi irányú jel esetén „SNS” déli irányú jel esetén pedig „NSN” jelsorozatot. A két polaritás megkülönböztetése ezért bonyolult számlálós megoldásokat igényel a programban. Ezért az alkalmazott parancsjeleket kizárólag az északi oldal felhasználásával, meghatározott távolságra lehelyezett csíkokkal valósítottuk meg. A vezérlőszoftver a bizonyos időn belül érzékelt „N” jeleket számolja,

és ez alapján adja ki a megfelelő sebességet. Az „S” jel egyetlen alkalmazási helye a targonca megállását kiváltó stopjel, de itt a vezetőszalag megszélesítésével külön jelezzük a vezérlő számára, hogy ilyen parancsra számítson.

3.3.3. Hangjelzések

Ugyan a vonatkozó szabvány csak bizonyos kritikus pontokon teszi kötelezővé a hangjelzést, a nagyobb biztonság elérése érdekében felszereltük a vontatót egy menet közben folyamatosan hangos zenét szolgáltató ún. Melodybox-szal.

Ennek köszönhetően a gép környezetében dolgozó alkalmazottak folyamatosan tájékozódhatnak a gép hollétéről, közeledtéről.

Ez a korlátozott változatosságú, gyakran ismétlődő jelzőhang azonban a tesztüzem során előre nem sejtett munkahely-ergonómiai problémákat vetett fel. A monoton, sűrűn ismétlődő primitív dallam ugyanis a közelben dolgozók számára könnyen idegesítővé, ezáltal az összpontosítást, sikeres munkavégzést akadályozó tényezővé válhat.

A probléma megoldása e dolgozat írása közben is folyamatban van, a cél egy valamilyen módon a felhasználó által változtatható zenét játszó, így a változatosság miatt kevésbé zavaró eszköz létrehozása. Erre pillanatnyilag két elképzelés van, egy rádió, avagy egy külső adathordozóról zenét beolvasni és lejátszani képes készülék (gyakorlatilag egy megfelelő végerősítővel ellátott mp3 lejátszó) beépítése történhet meg.

3.3.4. Tűzzáró ajtó kezelése

A targonca alkalmazási helyén a gyár két épülete között, egy összekötő folyosón keresztül végez szállítási feladatokat. Az összekötő folyosó egyik végén a vonatkozó tűzvédelmi előírásoknak megfelelően automatikus működésű tűzvédelmi ajtó van beépítve. Tűzriadó esetén az ajtó lezáródik megszakítva ezzel a jármű pályáját. Amennyiben a vontató a már lezáródott ajtóhoz ér, az akadályt lézerszkennerével érzékeli, és probléma nélkül megáll. Ugyanakkor, ha az épp a jármű áthaladása közben záródik le a tűzvédelmi ajtó, az a jármű, a vontatmány vagy az ajtó károsodásával egyaránt járhat, és adott esetben a tűz elleni védekezést is akadályozhatja.

E probléma megoldására a tűzvédelmi ajtó vezérlőkörébe egy rádiós jeladót, a vontató vezérlésébe pedig egy megfelelő vevőkészüléket építettünk. Tűzriadó esetén a gép a

rádiós kapcsolaton keresztül figyelmeztető jelet kap, aminek hatására azonnal megáll (tehát az épp záródó ajtó alá behajtani nem fog), kivéve, ha éppen az ajtó alatti térben tartózkodik, akkor ugyanis pont elegendő ideje van a veszélyes keresztmetszet elhagyására.

3.4. További fejlesztési lehetőségek

3.4.1. Saját fejlesztésű mágnesszenzor

Mint arról a korábbiakban szó volt, a gép egy Creform gyártmányú, kisméretű vontatókhoz fejlesztett mágnesszenzort használ. Habár különböző szoftveres védelmi megoldásokkal megbízható működést értünk el, a kis érzékelési tartományú szenzor nehezen egyeztethető össze a gép méreteivel, mozgáskarakteristikájával.

Fejlesztés alatt áll egy saját építésű (ezáltal a gép méreteihez igazított) mágnesérzékelő-sor, mely fix rögzítésű lenne (így kiküszöbölve a mozgó szenzornál fellépő anomáliákat) és a jelenleg alkalmazott szenzornál lényegesen szélesebb érzékelési sávval rendelkezne, így a pályakövetés nagyobb biztonságát biztosítja.

3.4.2. RFID

A jelenleg alkalmazott mágnesjeles (Creform-típusú) parancsadás meglehetősen korlátozott megoldás. Amellett hogy a használat során kopik, károsodik, és így egyre megbízhatatlanabbá válik az érzékelése, csak kevés parancstípus különböztethető meg. Erre a problémára megoldást jelenthetne az RFID technológia alkalmazása.

Padlózatba ágyazott, vagy csupán arra leragasztott kártya, vagy gomb formátumú ID tag felhasználásával kimeríthetetlen számú parancstípust vezethetünk be. Az azonosító felett áthaladó gépre szerelt RFID olvasó fej a most alkalmazott mágneses elvű megoldásnál nagyobb távolságból is képes az olvasásra, ezzel lehetővé téve, hogy a parancsjel-tag a pályától messzebb, így károsodásnak kevésbé kitett helyre kerüljön.

A bevezethető új parancsok lehetnek további sebességfokozatok, a hatékonyabb kanyarodást lehetővé tevő kanyar-figyelmeztetések, elágazások, feltételes megállások jelzői. A passzív RFID tagek helyett aktív adókészülékeket lehelyezve változtatható forgalomirányítási parancsokat adhatunk.

3.4.3. Vezetéknélküli kapcsolat

Egy központi irányítórendszer és a jármű valamilyen összeköttetése egy összetettebb, rugalmas útvonalakkal, vagy több géppel működő rendszer alapvető feltétele. Ez az összeköttetés legcélszerűbben vezeték nélkül WLAN-on vagy LPD433 rádiós kapcsolaton keresztül valósítható meg. Előbbi előnye a nagy adatátviteli sebesség és az informatikai rendszerekbe történő egyszerű integrálhatóság, utóbbi megoldás viszont (a lényegesen kisebb adatátviteli sebességért cserébe) zavarállóság, és nagyobb hatótávolság.

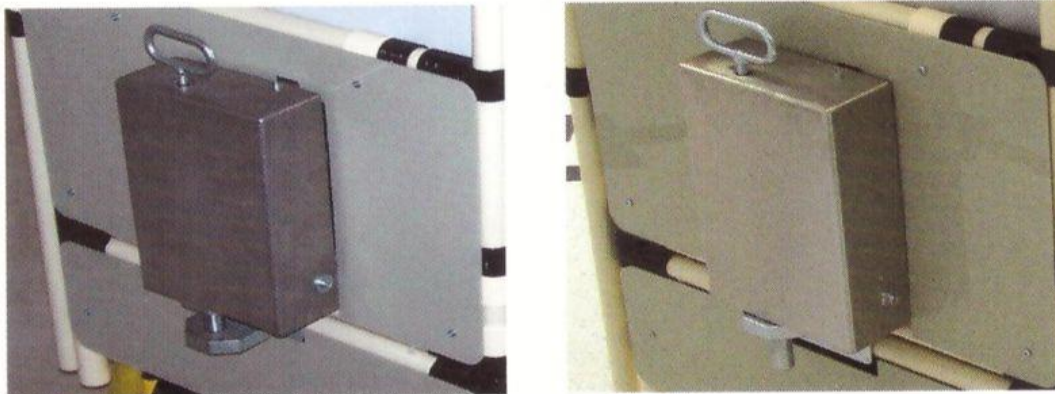
3.4.4. Elágazások

Jelenleg a gép egy fix körpályán, statikusan lehelyezett sebesség és stopjelekkel irányítva működik. Az előbbieken felvetett fejlesztési irányokból egyértelműen következhet egy összetett, elágazásokkal, fő- és mellékágakkal tarkított szállítási rendszer megvalósíthatósága. A járművekkel való folyamatos vezeték nélküli kapcsolat lehetővé teszi, hogy ne állandó útvonalakat használjunk, az összetett útvonalrendszerben közlekedve tetszőleges kezdő és végpont között szállítsunk.

A gép a vezeték nélküli kapcsolaton megkapott útvonal, vagy csupán célinformációk alapján, a pálya pontjain lehelyezett RFID azonosítók alapján tájékozódva végezheti az anyagmozgatást a pályarendszer bármely két pontja között. Megvalósítható például gyártócellákhoz történő egyenkénti, közvetlen anyagszállítás.

3.4.5. Automatikus anyagátadás

A teljes automatizálás utolsó mérföldköve, az anyagátadás, esetünkben a vontatmány fel- és lekapcsolásának emberi beavatkozás nélküli megvalósítása lenne.



I Automatische Abkupplungen

32. ábra

Automatikus csatlakozókészülékek

Erre már vannak példák a vezetónélküli vontatójárművek világában, de ezek a gépek általában könnyűsúlyú, kisméretű, ennél fogva könnyen kezelhető, irányítható vontatmánnyal, zárt pályán, szorosan felügyelt átadási pontokkal működnek.

Nyilvánvaló továbbá hogy általánosan használható kapcsolókészüléket bevezetni nehéz, minden vontatmány és vontatótípushoz külön kell azt fejleszteni.

Az általunk fejlesztett eszköz azonban ezeknél a kisméretű vontatóknál egy nagyságrenddel nagyobb méret és tömegtartományban operál, ráadásul egy viszonylag kontrollálatlan környezetben. Amellett hogy az emberi felügyelet nélkül mozgó nagy tömegű rakományok biztonsági problémákat is felvetnek, kissé ellent is mondana ez az irány elsődleges fejlesztési céljainknak, amely egy, a géppark és a közlekedési útvonalak minimális átalakításával (tehát minimális befektetési igénnyel) működő vezetónélküli, de adott esetben vezetővel ellátott üzemre is képes jármű volt.

4. Összefoglalás

A logisztikai folyamatok megkövetelik a rugalmasságot, mind a raktározás, gyártás, anyagáramlás, stb. területén.

Az üzemén kívüli és üzemén belüli szállítás hatékony lebonyolítását csak rugalmas és gazdaságos gépekkel érdemes megvalósítani.

Az üzemén belüli vagy üzemek közötti szállításra specializálódott gépek a targoncák.

Az automatizálás komoly gazdasági és egyéb előnyökkel jár, ezért próbálják az automatikus gépeket előnyben részesíteni. Az automatizálás a targoncákat sem kerülte el, így születtek meg az AGV-k.

A vezet nélküli targoncák az utóbbi 60 évben komoly fejlődésen mentek keresztül.

Az egyszerű, vontató targoncáktól kezdve az alacsonyemelésű targoncákon át, a magasraktári emelőoszlopos AGV-kig hosszú út vezetett.

A dolgozatunkban részletezett feladat egy hagyományos vontatótargonca átalakítása automatikusan, vezető nélkül működő géppé, úgy, hogy a manuális irányítás lehetősége is megmaradjon.

A feladatban megszabott technikai specifikációk teljesültek, a jármű a dolgozat írásának idején már több hónapja folyamatosan szállítási feladatokat lát el rendeltetési helyén. A működés nem hibamentes, de a felmerülő hibák folyamatos kijavításával, illetve a hosszú távra tervezett fejlesztésekkel, alkatrészcsereikkel, az előbbieken felsorolt fejlesztési lehetőségek megvalósításával rövid időn belül hibamentes és megbízható üzem biztosítható. Az átalakítás alapelvei, metódusai másik típusra, sőt más márkájú vontatóra is viszonylag könnyen átültethetőek, a rendszer rugalmasan alakítható, bővíthető.

Nem utolsó sorba pedig a fejlesztés során szerzett információkat és tapasztalatokat a további munkánk során is hasznosítani tudjuk.

5. Hivatkozások, irodalomjegyzék

- Greschik Gyula [1977]: Anyagmozgató gépek. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Balpataki A. – Bohács G. – Keisz I. – Kulcsár B. – Rác K. [2012]: Járművek és mobilgépek II. Typotex kiadó, Budapest
- Dr. Bohács Gábor [2013]: Járművek és mobilgépek II tantárgyi segédlet
- Dr. Kovács Péter [2010]: Üzemszervezés tantárgyi segédlet
- Dr. Prezenszki József [1984]: Raktározástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Prof. R. H. Hollier szerk. [1985]: Proceedings of the 2nd International Conference on Automated Materials Handling, Birmingham
- Prof. R. H. Hollier – Prof. L. F. Gelders szerk. [1988]: Proceedings of the 6th International Conference on Automated Guided Vehicle Systems, Brüsszel
- Creform katalógus [2013]
- Siemens LOGO dokumentáció
- SICK S300 dokumentáció
- MSZ EN 1525 szabvány