

Mechatronika labor kialakítása a Gépgyártástechnológus oktatásban

Build mechatronics laboratory for education of mechanical engineering technologist

Horváth Tamás

Dunaújvárosi Egyetem

Cím: 2400 Dunaújváros, Táncsics M. út 1/A

E-mail: worfht@gmail.com

Összefoglaló

Mechatronika oktatása középiskolában többek között a gépgyártástechnológiai technikus képzésen is zajlik. Ennek a tantárgynak az oktatása a 2016/2017. tanévtől került bevezetésre szakgimnáziumi képzés kerettantervében. A tantárgy tartalmában kiemelt jelentőségű a gyakorlati ismeretek átadása, a gyakorlatorientált képzés megvalósítása. A tanulmányban ismertetésre kerülnek a mechatronika modul céljai, és az, hogy egyes gyakorlati képzést segítő eszközökkel, miként lehet megvalósítani a tantárgy tudás anyagának átadását.

Kulcsszavak: *mechatronika, gyakorlati oktatás, gépgyártástechnológia*

Mechatronics Laboratory in the Machine technologist education

Abstract

Mechatronics teaching in our high school includes engineering technician training. This course was introduced from 2016/2017 in the framework curriculum of professional secondary schools. The transfer of practical knowledge and the implementation of practice-oriented training are of the most importance in the content of the subject. The study describes the aims of the mechatronics module and the use of some practical training tools to deliver the practical knowledge of the module.

Keywords: *mechatronics, practical training, mechanical engineering technologist*

1. Bevezető

A mérnökök műszaki ismeretei egyre nagyobb területet ölelnek fel, manapság már az egyes mérnöki rendszerek egyre kevésbé üzemeltethetők villamos, mechanikai és informatikai ismeretek nélkül. A berendezések működésében ezek a rendszerek olyan mértékben egymásba fonódtak, hogy mind a tervezésük, mind pedig az üzemeltetésük mechatronikai megközelítés, ismeretek nélkül manapság már nem megvalósítható. Az oktatásban így a mechatronika megjelent mind az elméleti ismeretek, mind pedig a gyakorlati tudás oldalán, ahol a gyakorlati tudás konkrét feladatokban történő alkalmazása általános elvárás. Az oktatásnak ezen igényekhez igazodnia kell és meg kell teremteni az alkalmazott gyakorlati tudás átadásának a lehetőségét.

A tanulmány a Bajai Szakképzési Centrum Kalocsai Dózsa György Szakgimnáziuma, Szakközépiskolája és Kollégiumában folyó gépgyártástechnológus képzés mechatronikai ismeretek átadásához alkalmazott eszközeit mutatja be. Az intézmény egy régi ipari iskola volt, mely többszöri összevonások után érte el a jelenlegi formáját. Az iskola nem csak műszaki, hanem gazdasági, rendészeti és szépészeti képzéssel rendelkezik is.

Az iskolában folyó képzések (Bajai Szakképzési Centrum Dózsa György Gazdasági, Műszaki Szgi, Szki és Koll. Szakmai programja, 2013):

- Szakgimnázium:
 - o Gépészeti ágazat
 - o Informatika ágazat
 - o Közgazdasági ágazat
 - o Rendészeti ágazat
 - o Szépészeti ágazat
- Szakközépiskola:
 - o Asztalos
 - o Cukrász
 - o Épület- és szerkezetlakatos
 - o Gépi forgácsoló
 - o Hegesztő
 - o Ipari gépész
 - o Pék
- Érettségire épülő képzések:
 - o Informatikai rendszergazda

- o Cad-Cam informatikus
- o Gépgyártástechnológiai technikus
- o Pénzügyi-számviteli ügyintéző

A következőkben a Gépészeti ágazat és a Gépgyártástechnológiai technikus képzés kerül bemutatásra, majd a mechatronika alapozó követelménymodul és a modul oktatásához felhasználható, a gyakorlati tudás megszerzését segítő, és az oktatásban is jól alkalmazható eszközök.

2. Gépészeti ágazat: Gépgyártástechnológiai technikus képzés

Önállóan, vagy mérnöki irányítással részt vesz gépek, géprendszerek, mechanikus berendezések tervezésében, gyártásában, működtetésében, szerelésében, karbantartásában és javításában. A gépgyártástechnológiai technikus képes a gépek, mechanikai berendezések és alkatrészek gyártását, felhasználását, karbantartását és javítását műszakilag és minőségügyileg tervezni, irányítani és ellenőrizni az előírásoknak és szabályoknak megfelelő teljesítmény és működés biztosítása érdekében, a gépek, mechanikai berendezések gyártási és szerelési költségeit, anyag- és munkaerő-szükségletét előzetesen tervezni, a rendelkezésre álló berendezések elhelyezését és rendszerbe illesztését irányítani, az új berendezéseket üzembe helyezni, a gépek termék- vagy műszakváltást megelőzően beállítani, az üzemzavarok, minőségi problémáit megszüntetni és kivizsgálni, a zavartalan alapanyag-ellátást biztosítani, és a gyártási feltételeket folyamatosan fenntartani, az új termékek gyártását figyelemmel kísérni, és a kezdeti problémákat (típushibák, technológiai és dokumentációs hiányosságok stb.) jelezni, azokat kiküszöbölni, a gépek és mechanikai berendezések, létesítmények és alkatrészek kutatásával és fejlesztésével, illetve prototípusok tesztelésével kapcsolatos tevékenységeket végezni, az új és módosított mechanikai berendezéseket, alkatrészeket, szerszámgépeket és vezérlőrendszereket, valamint pneumatikus és hidraulikus meghajtó-rendszereket összeállítani és helyszínen szerelni, gondoskodni arról, hogy a gépészeti tervek és az elkészült munka megfeleljen a műszaki leírásnak, a szabályoknak és a szerződési feltételeknek.

A képzés alapadatai (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatala. Gépgyártástechnológiai technikus kerettanterve, 2016):

- A szakképesítés azonosító száma: 54 521 03
- Szakképesítés megnevezése: gépgyártástechnológiai technikus

- A szakmacsoport száma és megnevezése: 5. gépészet
- Ágazati besorolás száma és megnevezése: IX. gépészet
- Iskolai rendszerű szakképzésben a szakképzési évfolyamok száma: 2 év
- Elméleti képzési idő aránya: 50%
- Gyakorlati képzési idő aránya: 50%
- Az iskolai rendszerű képzésben az összefüggő szakmai gyakorlat időtartama:
 - 5 évfolyamos képzés esetén: a 10. évfolyamot követően 140 óra, a 11. évfolyamot követően 140 óra;
 - 2 évfolyamos képzés esetén: az első szakképzési évfolyamot követően 160 óra

A szakképzési kerettantervnek megfelelően a szakgimnáziumi képzésben a két évfolyamos képzés második évfolyamának (2/14.) szakmai tartalma, tantárgyi rendszere, órakerete megegyezik a 4+1 évfolyamos képzés érettségi utáni évfolyamának szakmai tartalmával, tantárgyi rendszerével, órakeretével. A két évfolyamos képzés első szakképzési évfolyamának (1/13.) ágazati szakgimnáziumi szakmai tartalma, tantárgyi rendszere, összes órakerete megegyezik a 4+1 évfolyamos képzés 9-12. középiskolai évfolyamokra jutó ágazati szakgimnáziumi szakmai tantárgyainak tartalmával, összes óraszámával (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatala. Gépgyártástechnológiai technikus kerettanterve, 2016).

3. Mechatronikai alapozó feladatok elnevezésű követelménymodul

A mechatronika alapozó feladatok modul ismeretanyagát három fő tantárgy fogja össze (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatala. Gépgyártástechnológiai technikus kerettanterve, 2016).

Követelménymodul száma: 11572-16

Ezen modul 3 fő tantárgyra bontható:

- Vezérléstechnikai alapismeretek
- Gépegységek szerelése és karbantartása
- Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat

A követelménymodul tantárgyanként fejlesztendő kompetenciái szerint

- feladatok

- szakmai ismeretek
- szakmai készségek
- személyes kompetenciák
- társas kompetenciák
- módszerkompetenciák

A modul elvégzésével megszerzendő kompetenciákat az alábbi táblázatok tartalmazzák (1-6 táblázatok) (Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatala. Gépgyártástechnológiai technikus kerettanterve, 2016).

1. táblázat Kompetenciák feladat szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikus szerelési gyakorlat
Tanulmányozza és értelmezi a munka tárgyára, céljára és a technológiára vonatkozó dokumentumokat	•	•	•
Kiválasztja, ellenőrzi és karbantartja az általános kézi és kisgépes fémalakító műveletekhez használatos gépeket, szerszámokat, mérőeszközöket, védőfelszereléseket		•	
Egyszerű gépészeti műszaki rajzokat készít, olvas, értelmez	•	•	
Előkészíti a munkafeladat végrehajtását, az ahhoz szükséges anyagokat, segédanyagokat, előre gyártott elemeket, gépeket, szerszámokat, mérőeszközöket, felfogó- és befogóeszközöket, védőfelszereléseket		•	•
Gépipari alpméréseket, alak-és helyzetpontossági méréseket végez		•	•
Hidraulika-pneumatika elemeket szerel, hidraulikus tápegységet, levegő előkészítőket beállít és ellenőríz			•
Adatmentést végez, informatikai biztonsági eszközöket használ	•	•	
Mérési jegyzőkönyvet és rajzdokumentációt készít	•	•	
Elektrotechnikai és elektronikai számításokat végez, egyszerű villamos kapcsolási rajzot készít és értelmez	•		•
Kapcsolási rajz alapján összeállítja a villamos áramkört, villamos méréseket végez	•	•	

2. táblázat Kompetenciák szakmai ismeretek szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat
Gépkönyv, kezelési, szerelési, karbantartási útmutatók használata	•		
Mértékegységek	•		
Ipari anyagok és tulajdonságaik	•	•	
Szabványos ipari vas ötvözettek, könnyűfém ötvözettek, színesfém ötvözettek	•	•	
Műszaki mérés eszközei, hosszmeretek, szögek, alak-és helyzetpontosság mérése és ellenőrzése	•	•	
Hidraulikai, pneumatikai, villamos és vezérléstechnikai alapok	•		•
Mechatronikai elemek, részegységek és rendszerek jellemzői		•	•
Elektromechanikus, elektronikus mérőműszerek	•	•	
Elektrotechnikai ismeretek	•		
Villamos mérések	•	•	
Villamos számítások, alapvető mérétevezések	•		

3. táblázat Kompetenciák szakmai készségek szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat
Gépészeti és mechatronikai alapismeretek, géprajz és mérések	•	•	
Gépelemek, hajtások kötések ismerete, szerelése	•	•	
Hidraulika és pneumatikai kapcsolások értelmezése, kapcsolások összeállítása	•		•
Informatikai alapismeretek, rendszerek ismerete	•		
Villamos alapismeretek, rajz olvasása, értelmezése, mérések, áramkörök szerelése	•		

4. táblázat Személyes kompetenciák szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat
Pontosság		•	•
Önállóság		•	•
Szervezőkészség	•	•	•

5. táblázat Társas kompetenciák szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat
Irányíthatóság		•	•
Határozottság	•	•	•
Prezentációs képesség	•	•	•

6. táblázat Módszerkompetenciák szerint

	Vezérléstechnikai alapismeretek	Gépegységek szerelése és karbantartása	Pneumatikus és hidraulikusszerelési gyakorlat
Gyakorlatias feladatértelmezés		•	•
Lényegfelismerés (lényeglátás)		•	•
Logikus gondolkodás	•	•	•

Vezérléstechnikai alapismeretek célja, a mechatronikában használatos elektronikus, pneumatikus és hidraulikus érzékelő és beavatkozó elemek működési elvének megismerése. Tipikus vezérlő- és szabályozókörök (kapcsolások) működésének megértése, alkalmazása. Az informatikai elemek vezérlésben való használatának megismerése. Emellett ezen ismeretkörök szorosabban kapcsolódnak közvetlen szakmacsoportos területekhez, mint elektronika-elektrotechnika vagy éppen a villamos ágazati csoporthoz is (Lükő-Molnár, 2015).

Témakörök

Ajánlott időkeret:

- Vezérléstechnikai alapok 5 óra
- Elektrotechnikai alapok 20 óra
- Fluidtechnikai alapismeretek 24 óra
- Villamos vezérléstechnikai alapismeretek 15 óra
- Műszaki informatikai alapismeretek 8 óra

Gépegységek szerelése és karbantartása tantárgy célja, a gyártósorok, gyártóegységek mechanikai elemeinek, a hajtások, munkadarab befogó, adagoló és továbbító szerkezetek, szerszámbefogók, alakító-szerszámok, vezetékek és lineáris hajtások szerelésének és beállításának begyakorlása.

Témakörök :	Ajánlott időkeret:
•Hajtástechnikai elemek szerelése	48óra
•Munkadarab befogó, adagoló, továbbító szerkezetek	12 óra
•Szerszámbefogó egységek szerelése	12 óra
•Szerszámok szerelése, beállítás	36 óra
•Lineáris hajtások szerelése és beállítása	36 óra

Pneumatikus és hidraulikus szerelési gyakorlat tantárgy célja, a mechatronikai szerkezetekben használatos pneumatikus, hidraulikus, hidropneumatikus és elektropneumatikus, vagy elektrohidraulikus elemek összekapcsolásának, működtetésének és alapvető karbantartásának elsajátítása, gyakorlása.

Témakörök:	Ajánlott időkeret:
•Pneumatikus kapcsolások	40 óra
•Hidraulikus kapcsolások	30 óra
•Hidropneumatikus berendezések szerelése	8 óra
•Elektropneumatika, elektrohidraulika	32 óra

4. A mechatronika modul gyakorlati oktatásához alkalmazható eszközök

A következőkben bemutatásra kerül néhány olyan, a gyakorlati ismeretek átadását segítő eszköz, mely az oktatásban is hatékonyan alkalmazható.

4.1. Lego NXT robot szett

A Lego NXT szett kiváló eszköz arra, hogy bevezesse a diákokat a robot programozás alapjaiba. Ez a szett elsősorban a vezérléstechnikai, érzékelők és beavatkozók témakörét érintő gyakorlati ismeretek elsajátítása szempontjából előnyösek. A NXT készlethez tartozik a Technic építő készleten kívül, egy központi egység, három szervomotor és négy különböző szenzor. NXT készletből három darabbal rendelkezik az iskolánk. Programozás és

irányítástechnika órán használják a diákjaink. Ezen kívül az iskolában működik lego szakkör, melybe a környékbeli általános iskolák diákjai is becsatlakozhatnak. Ezek mind az informális úton történő ismeretátadó és digitális készségfejlesztő tevékenységeket támogatják a tanulók körében (Molnár, 2016a; 2016b).

Főbb egységek (1-3 ábra) (Szabó, 2007):



1. ábra NXT egység; Szervomotor.

A négy önálló szenzortípus különböző érzékelési modalitásokban működik. Az érintés érzékelő az eszköz végén lévő gomb benyomódását, felengedését jelzi vissza. A fényérzékelő, a fény erősségéről tájékoztat. A hangérzékelő, különféle hangmintákat ismer fel. Az ultrahangos érzékelő, a tárgyakra visszaverődő ultrahang segítségével határozza meg a környezet elemeinek távolságát.



2. ábra ultrahangos érzékelő; fényérzékelő.



3. ábra érintésérzékelő; hangérzékelő.

Egyéb érzékelők:

- iránytű
- színérzékelő
- gyorsulásmérő

Használt programozási nyelvek:

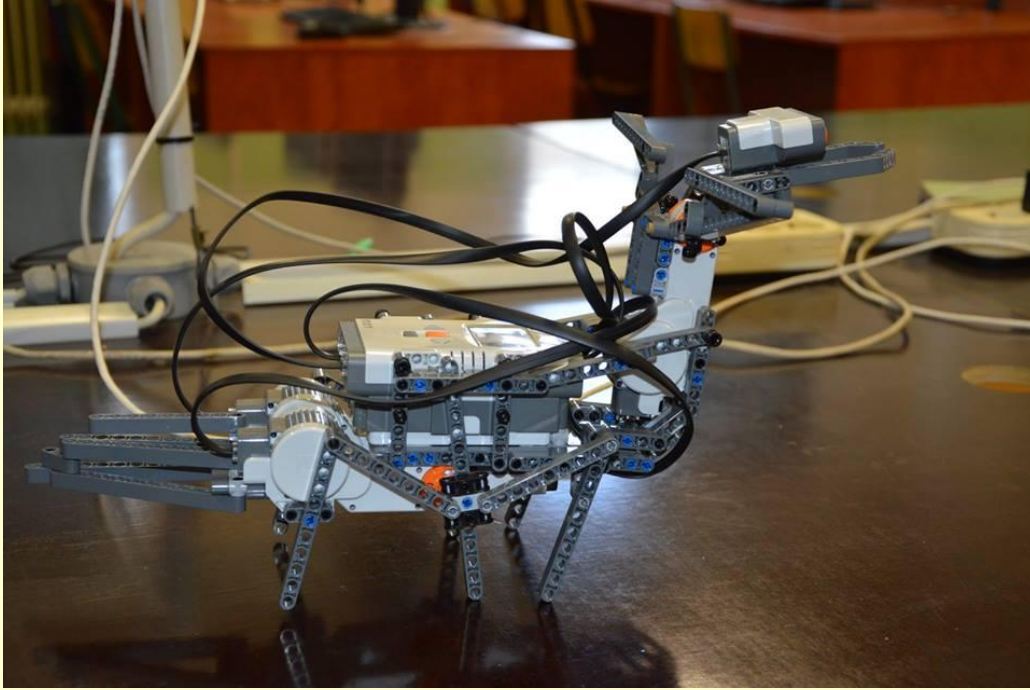
- Lego Mindstorm NXT software (legalapabb, legegyszerűbb programozási környezet)
- NBC/NXC programnyelv (hasonlít a c-nyelvre)
- RobotC (zárt csak próba verzió)

Nem csak mikrovezérlőjén futó előre leprogramozott és feltöltött kóddal lehet irányítani, hanem USB és Bluetooth-on keresztül is lehet számára parancsokat kiadni. A foglalkozásokon általában a diákok okostelefonjaik segítségével szokták vezérelni, az általuk összeállított robotot.

Néhány példa az iskolában épített robotokból (4-5 ábra).



4. ábra Lego épített robot 1.



5. ábra Lego épített robot 2.

A Lego robot jól használható az oktatásban, azonban bővíthetőség terén az egyedi építésű eszközökhöz képest, mint például (Ferde, Papp, Kővári, 2015) (Gelencser, Kutschi, Doszkocs, Kővári, 2015) (Katona, Kovari, 2016) (Kővári, 2016) kevesebb lehetőséget kínál. Legnagyobb előnye e módszernek a játékos elemek tanításba történő beültetése jelenti, mely az élménypedagógia alapvető dimenzióját jelenti (Molnár-Sik-Szűts, 2016).

4.2. Festo pneumatikai oktatási szett, és a folyamat automatizálási munkaállomás

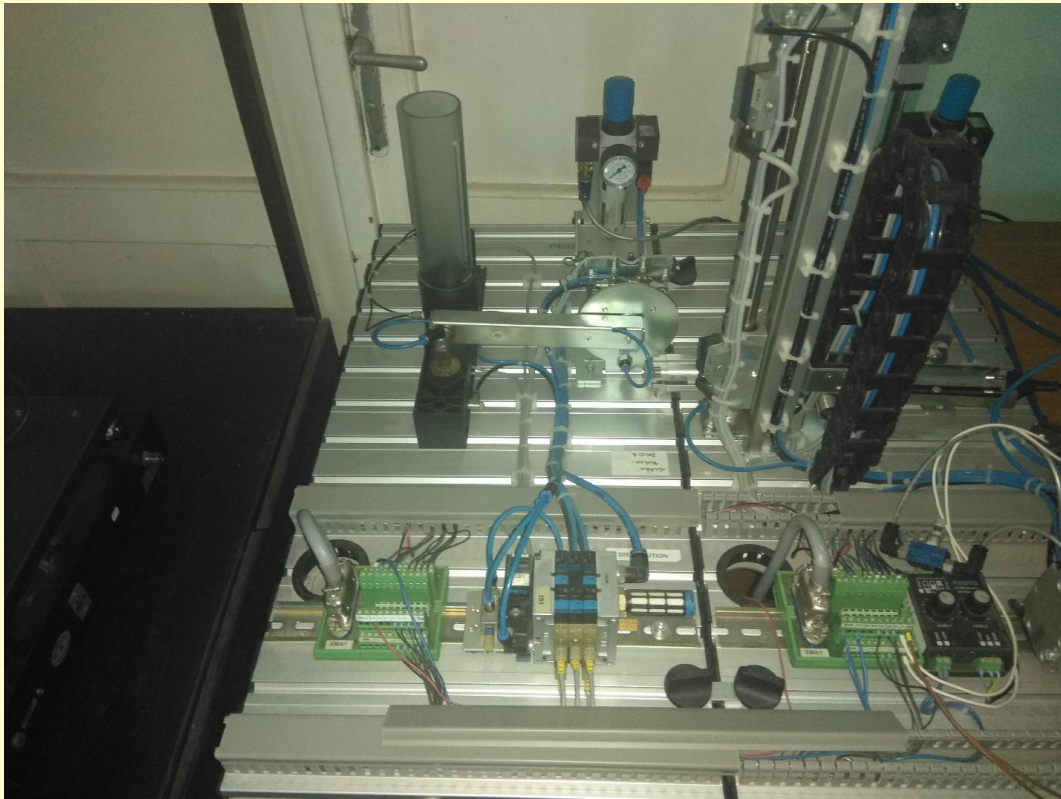
A pneumatikus szerelési gyakorlat tantárgy célja, a mechatronikai szerkezetekben használatos pneumatikus, hidraulikus, hidropneumatikus és elektropneumatikus, vagy elektrohidraulikus elemek összekapcsolásának, működtetésének és alapvető karbantartásának elsajátítása, gyakorlása. Ehhez nagyon jó alapot nyújthat a Festo által gyártott munkaállomások. A munkaállomások közül 3 db részegység kerül részletesebben bemutatásra.

Állomások:

- Adagoló állomás (6. ábra)
- Tesztelő állomás (7. ábra)

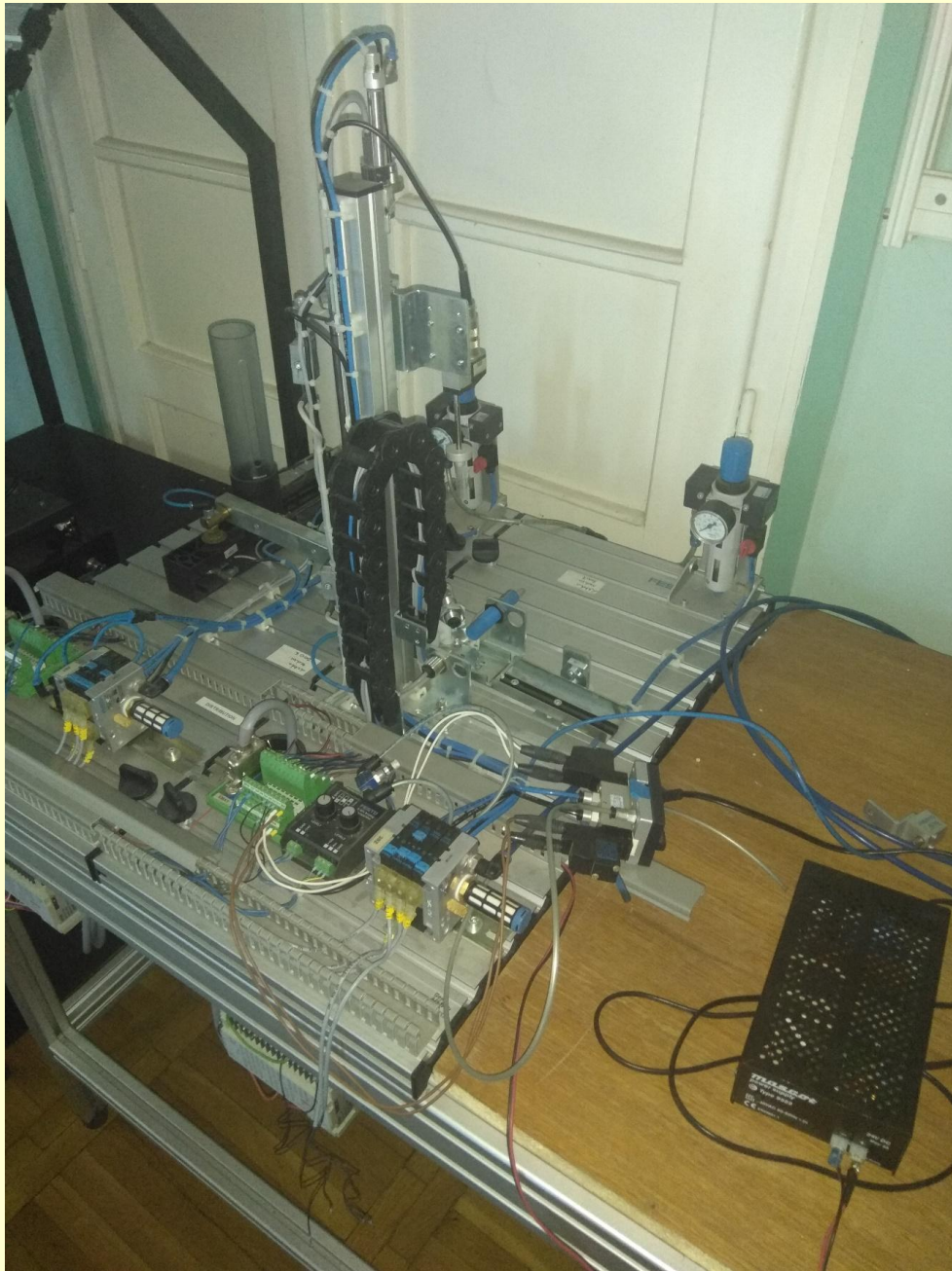
Az adagoló állomás a munkadarabokat egy ejtőtárból juttatja a következő állomásra. Az ejtőtár magazinjába legalább nyolc munkadarabnak kell beférnie. A darabokat egy

pneumatikus munkahenger egyesével tolja ki, majd egy forgatóhengerre szerelt vákuumos megfogó segítségével helyezi a következő felvevő helyre.



6. ábra Adagoló állomás.

A tesztelő állomás érzékeli a különböző tulajdonságú munkadarabok behelyezését. A darabokat egy-egy optikai, illetve kapacitív szenzor segítségével különbözteti meg egymástól. A biztonság miatt a munkatér szabad mivoltát, a munkaciklus megkezdése előtt, egy további szenzor felügyeli. A munkadarabok magasságát egy analóg szenzor méri. Az analóg jelet ablakkomparátor alakítja át bináris jellé. Egy függőleges helyzetű lineáris henger a megfelelő méretű munkadarabokat egy csúszkán át a következő állomásra juttatja. A selejt darabok egy alsó csúszkára kerülnek.



7. ábra Tesztelő állomás.

A laborban emelet rendelkezésre áll a festo TP 101 és TP 201 pneumatika és elektropneumatika készlet (8. és 9. ábra) (Festo, 2017). Ezen készletekkel egyszerű pneumatikus automatizálási feladatok szimulálhatók (pl.: fűrészgép adagolási rendszere, dobozolórendszer, présrendszer). A feladatokról a diákok jegyzőkönyvet készítenek.



8. ábra TP 101 készlet.

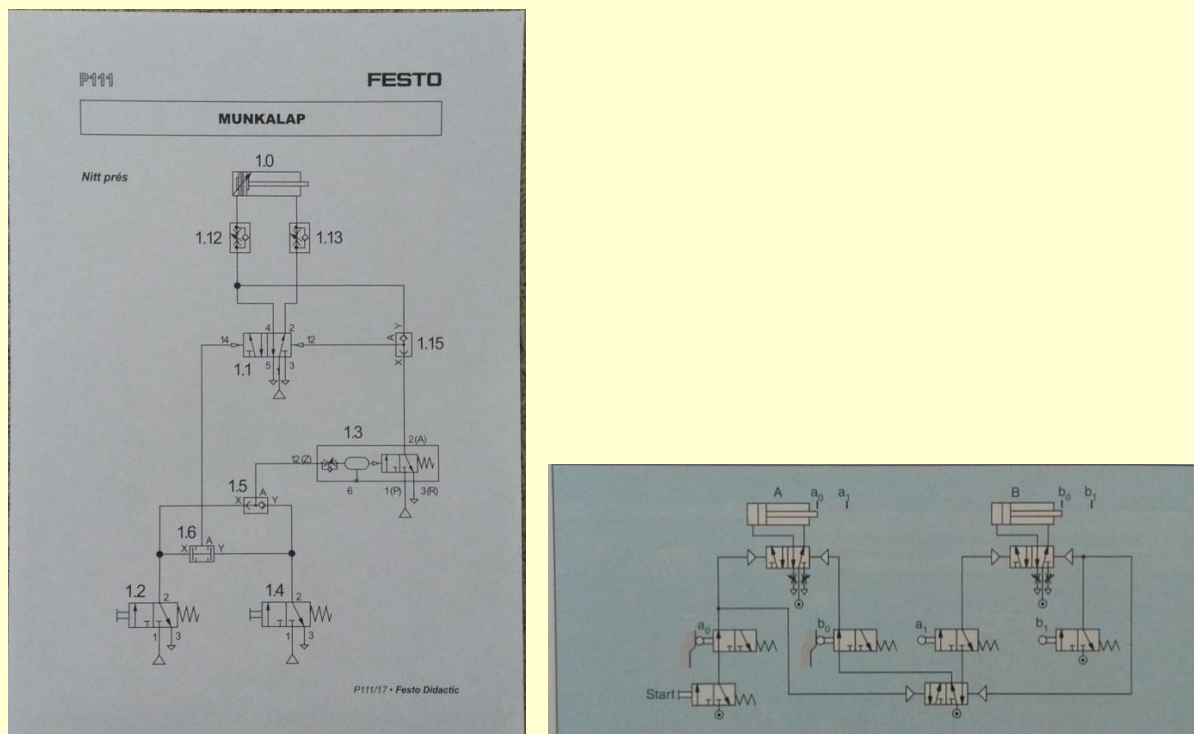


9. ábra Szerelő tábla állomás.

A szerelő tábla állomásokon a diákoknak a feladatokat a Festo: Bevezetés a pneumatikába P111 -es gyakorló példatár agy segítséget nyújt (10 és 11. ábra) (Festo, 2001). Tankönyvként például a Bosch Group Rexroth részlege által kiadott Pneumatika alapjai (Hasebrink, 1991) és dr. Szabó Miklós Automatika 1-2 című könyvei jól használhatók (Szabó, 1997).



10. ábra Pneumatika tankönyv Festo; Bosch Rexroth.



11. ábra Pneumatika példa kapcsolás „Nitt prés”; Fűrészgép „jelkikapcsolás memóriával”

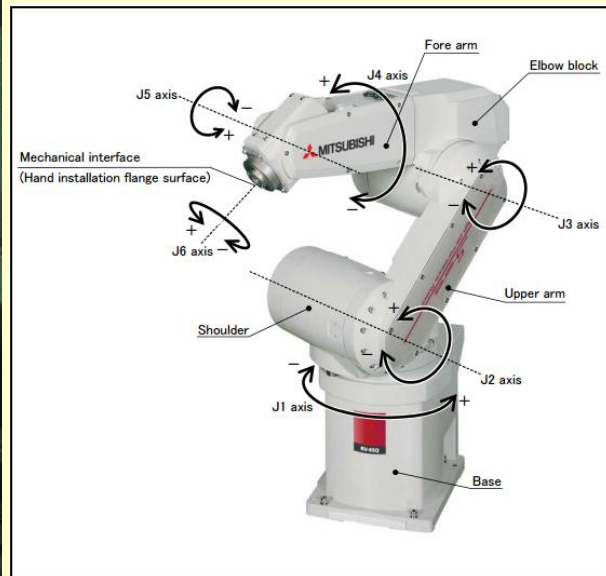
Sajnos a hidraulikus kapcsolások, hidropneumatikus berendezések szerelése és az elektrohidraulika gyakorlati oktatása iskolánkban csak korlátozottan megoldott, pedig számos alkalmazási területen fontos szerepet töltenek be (Kővári, 2009) (Kővári, 2010) Kővári, 2015)

4.3. Mitsubishi Melfa RV-6SD ipari robot

A Melfa RV-6SD egy az iparban is alkalmazott robot, ennek következtében programozásának elsajátítása a diákoknak tapasztalatot biztosít az ipari robotok programozás technikájában. A speciális fogófeje rakodó, rajzoló és precíz, finom megfogási feladatok végrehajtására ad lehetőséget. Felépítése a 12. ábrán, vezérlőegysége a 13. ábrán, kézi vezérlője, programozója a 14. ábrán látható.

Tulajdonságai (Mitsubishi, 2016):

- Indítási ideje 0,05 s
- Belső kábelezéssel rendelkezik, így kisebb az elakadás lehetősége
- AC szervomotorokkal rendelkezik, így kisebb a karbantartás szükségessége
- Akár 256 program tárolására is van lehetőség



12. ábra Melfa RV-6SD robotkar.



13. ábra Melfa RV-6SD robot vezérlő.



14. ábra Melfa RV-6SD robot kézi vezérlő, programozó (R56TB Teaching box)

A robotkar programozásánál lehetőség van PC-n a robotkar szoftvere segítségével végrehajtani, vagy a fenti képen látható kézi vezérlő segítségével a programot megírni vagy a tanítási feladatot rögzíteni. Az oktatás során a diákokkal a mozgástanítás elvén való programozást részesítjük előnyben lévén, hogy középfokú képzés és az idő is elég rövid a bonyolultabb programozási módok elsajátításához. R56TB Teaching box előnye, hogy használható a sorozat összes robotkarjának irányításához.

5. Összefoglalás

A tanulmányban bemutatásra kerültek a mechatronika alapozó feladatok gyakorlati oktatásához használható egyes eszközök. A mechatronika tantárgy oktatása az iskolánkban, ebben a tanévben indult. Intézményünk tervezi, hogy szakképzését mechatronikai gépésztechnikus képzéssel bővíti, mivel a jövő az automatizálásé. Ennek a megvalósításához szükséges a személyi és a tárgyi feltételek megteremtése, javítása. Elengedhetetlen, hogy a pedagógusaink megfelelő, naprakész szakmai tudással rendelkezzenek, szakmailag folyamatosan bővítsék tudásukat önképzéssel, továbbképzéssel, szakirányú végzettség megszerzésével.

Irodalom

Bajai Szaképzési Centrum Dózsa György Gazdasági, Műszaki Szgi, Szki és Koll. Szakmai programja (2013). <http://dozsakalocsa.hu/Dokumentumok/6mellSzakprog%20.pdf>

Dr. Szabó Miklós (1997). Automatika 1-2. Budapest, Skandi-Wald könyvkiadó Kft.

Ferde O., Papp D., Kővári A. (2015). Arduino vezérelt mozgásérzékelős galambriasztó fejlesztése. *Informatikai terek. DUF Press*, 52-61.

Festo didactic csoport (2001). Bevezetés a Pneumatikába. Budapest, Festo Automatika Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Festo Kft. Festo didactic. Oktatási eszközök (2017) <http://www.festo-didactic.com/hu-hu/oktatasi-eszkoezoek/?fbid=aHUuaHUuNTUzLjM0LjE5LjU3ODk>

Gelencser S., Kutschi Z., Doszkocs N., Kővári A. (2015). Olcsó távvezérelt riasztó kialakítása. *Informatikai terek. DUF Press*, 167-174.

<http://meltrade.hu/download.php?f=12084-melfa-robot-csalad-katalogus-149893-h-m-hun>

Ing.-Büro J.P. Hasebrink (1991). A pneumatika alapjai. Erbach, Boch Rexroth AG

J Katona, A Kovari (2016). Cost-effective WiFi controlled mobile robot. Proceedings of 11th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas. 28-31.

Kovari A. (2009). Hardwer-in-the-Loop Testing of an Electrohydraulic Servo System. *10th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics, CINTI 2009*. 631-642.

Kovari, A. (2009). Influence of cylinder leakage on dynamic behavior of electrohydraulic servo system. *2009 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*. 375-379. doi:10.1109/sisy.2009.5291129

Kovari, A. (2015). Effect of Leakage in Electrohydraulic Servo Systems Based on Complex Nonlinear Mathematical Model and Experimental Results. *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(03), 129-146. doi:10.12700/aph.12.3.2015.3.8

Kővári Attila (2016). Költséghatékony informatikai eszközökkel támogatott oktatás. Empirikus kutatások az oktatásban és a pedagógusképzésben: *VI. Trefort Ágoston Szakképzés-és Felsőoktatás-pedagógiai Konferencia tanulmánykötet*. 213-227.

Kővári, A. (2010). Real-Time Modeling of an Electro-hydraulic Servo System. *Computational Intelligence in Engineering*, 301-311. doi:10.1007/978-3-642-15220-7_24

Lükő István, Molnár György (2015). Szakmódszertani ismeretek villamos szakmacsoportos mérnökök számára, Budapest: BME Tanárképző Központ, 305 p.

Mitsubishi Meltrade Automatika kft. Melfa robotcsalád. (2016)

Molnár György (2016 a). IKT alapú módszertani megoldások alkalmazása a tanítási-tanulási gyakorlatban, In: Kraiciné Szokoly Mária (szerk.) *A felnőttképzésről három generáció nézőpontjából*. 254 p. Budapest: Magyar Pedagógiai Társaság, 2016. pp. 167-183.

Molnár György (2016 b). Közelítés vagy szakadék? Innovatív IKT-alapú tanítási módszerek a szakképzésben és felsőoktatásban, In: Josip Lipeš, Géza Czékus, Éva Borsos (szerk.) *A Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar 2016-os tudományos konferenciáinak tanulmánygyűjteménye: X. nemzetközi tudományos konferencia, V. módszertani konferencia, III. IKT az oktatásban konferencia*. 488 p. Szabadka: Újvidéki Egyetem Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, pp. 428-439.

Molnár György, Sik Dávid, Szűts Zoltán (2016). IKT alapú mobilkommunikációs eszközök és alkalmazások módszertani lehetőségei a tanítás-tanulás folyamatában, In: Mrázik Julianna (szerk.) *A tanulás új útjai*. 639 p. Budapest: Magyar Nevelés- és Oktatókutatók Egyesülete (HERA). pp. 285-297.

Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatala. Gépgyártástechnológiai technikus kerettanterve (2016).

https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Szakkepzesi_kerettantervek_2016/DL.php?f=Gepgyartastechnologiai_techikus_54_521_03.docx Szabó Richárd (2007).

Lego Mindstorm NXT. <http://www.jataka.hu/rics/lego/>