

Debreceni Egyetem

Műszaki Kar
Villamosmérnöki és
Mechatronikai Tanszék



A pneumobil dinamikai szabályozásának és telemetriai rendszerének kialakítása

Készítette: Tóth Xénia Erzsébet mechatronikai mérnök hallgató
Zilahy Krisztián László mechatronikai mérnök hallgató
Juhász Botond mechatronikai mérnök hallgató
Steiger Balázs gépészmérnök hallgató

Belső konzulens: Dr. Juhász György
Dr. Szemes Péter Tamás

Tanszékvezető: Dr. Husi Géza

Debrecen

2012.

Tartalom

Bevezetés	3
1. A pneumobilról és a pneumobil versenyről	4
2. A vezérlés szoftver és hardver elemeinek bemutatása	6
2.1. A pneumobil hajtásának bemutatása	6
2.2. A pneumobil vezérlése és fedélzeti diagnosztikája	9
2.3. A pneumobil hajtásának vezérlése	10
3. A jármű dinamikai vizsgálata.....	14
3.1. A jármű dinamikai modellje	14
3.2. A hajtás dinamikai vizsgálata	15
4. Telemetriás mérőrendszer bemutatása.....	18
4.1. Mérőrendszer	19
4.2. Nyomásmérés	20
4.3. A hengerdugattyú mozgás viszonyai	21
4.4. 3.6 A levegő fogyasztásának mérése:.....	21
4.5. A jármű sebességének meghatározása	22
4.6. A jármű sebesség szabályozásának megvalósítása.....	26
4.7. A gépjármű dinamikai adatainak gyűjtése (sebességi, gyorsulási és GPS adatok)	28
4.8. A mért eredmények helyességének ellenőrzése	28
4.9. Rendszeren belüli kommunikáció.....	31
4.10. 3. A mért adatok megjelenítése.....	34
5. Fejlesztési lehetőségek.....	38
6. Összegzés	39
7. Felhasznált irodalom	40
8. Ábrák jegyzéke	41
9. Táblázatok jegyzéke	42

Bevezetés

A környezettudatos gondolkodásmód része a meglévő rendszereink hatásfokának javítása, mellyel elérhetjük, hogy rendszerünk kevesebb energia felhasználásával ugyanazt a teljesítményt nyújtsa, vagy változatlan energia befektetésével nagyobb teljesítmény leadására legyen képes.

Az automatizálási rendszerekben az adott és megkívánt referenciamodellhez képest mindig merülnek fel gyártási eltérések (hibák), amiket megfelelő mérőrendszer kialakításával ki lehet küszöbölni. Ezen hibákat így nagyságuk és jellegük szerint meg lehet határozni, majd megfelelő beavatkozással értéküket minimálisra lehet csökkenteni, ezzel a rendszerünk hatásfokát maximálisra tudjuk növelni.

Célunk egy olyan teletmetriás mérőrendszer létrehozása, amellyel a már megépített (pl.: elektromos, pneumatikus vagy belsőégésű motoros meghajtású) járművek dinamikai tulajdonságait tudjuk mérni, majd a rögzített eredmények alapján optimalizálni. Megvalósításával fel tudjuk venni a tesztek és a különböző versenykörülmények közben a jármű menetdinamikai, és főbb részeinek dinamikai tulajdonságait, továbbá ezen adatok felhasználásával járművünk a versenyszámokra finomhangolható és hatékonysága is növelhető. Az így kapott jellemzők, és esetleges hibák kiértékelése pedig meghatározó a jármű továbbfejlesztésének szempontjából.

Ezen mérőrendszer a jármű típusának megfelelően specifikálható, a mi esetünkben például egy pneumobilra, és ezen a lehetséges alkalmazásmódon keresztül mutatjuk be a mérőrendszerben rejlő lehetőségeket.

1. A pneumobilról és a pneumobil versenyről

Ebben a fejezetben bemutatjuk a Debreceni Egyetem pneumobilját, magát a pneumobil versenyt, és az ott megvalósított műszaki megoldásokat (elképzeléseket), illetve ezekre vonatkozó statisztikai adatokat.

A pneumobil egy sűrített levegővel működő jármű, amely a sűrített közeg energiáját alkalmazva pneumatikus eszközök segítségével adja át a nyomatékot a hajtott kerékre, és egy pilótával a fedélzetén kell teljesítenie a versenyszámokat.

Az egri Bosch Rexroth Pneumatika Kft. 2008 óta minden évben megrendezi a Nemzetközi Rexroth Pneumobil Versenyt. A verseny célja az, hogy az általuk gyártott eszközök felhasználásával épített sűrített levegővel hajtott járművek több versenyszámban méretessék meg magukat: megtett legnagyobb távolság, az ügyességi és a gyorsulási kategóriákban.

A műszaki követelményeknek megfelelően a csapatoktól különböző műszaki megoldások születtek, például két henger egy sorban dolgozása, ami körülbelül 70 százalékkal növeli a nyomatékot, vagy az expandáló gőzgép elvének felhasználása, miszerint a felhasznált levegő leszellőzés helyett másik tartályba kerülve újból munkát végez.[1]

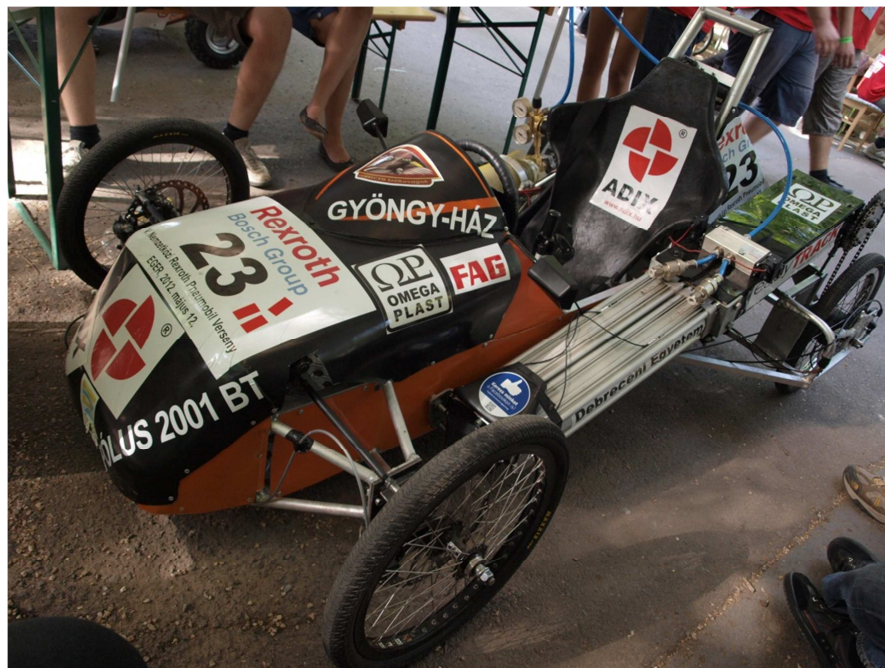
MOTORTÉRFOGAT (cm3)				
helyezés	távolsági futam	ügyességi futam	gyorsulási futam	átlag motor
1	4533	4533	3823	4296
2	2800	3823	4533	3719
3	7288	3550	7605	6148
4	1480	3823	3823	3042
5	3823	7605	3115	4848
6	4779	2236	2867	3294
7	2311	3115	1964	2463
8	7605	2914	2236	4252
9	3823	1480	3550	2951
10	1964	4438	598	2333
11	4867	1964	1762	2864
átlag motor (cm3)	4116	3589	3261	
alternáló motor (db)	10	7	5	
forgattyús motor (db)	1	4	6	

1. táblázat: A 2011-es versenyen induló járművek főbb műszaki paraméterei

A 2011-es versenyeredmények, és a rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján megállapítható, hogy általában a legeredményesebb pneumobilok PLC vezérlésűek, és motoruk alternáló felépítésű. Szerkezeti kialakítását tekintve két kormányzott kerékkel rendelkeznek, és hátsókerék meghajtásúak.

A futamokat tekintve az első három helyezetteket megvizsgálva a motortérfogat 2800 és 7600 cm³ között változik, átlagosan 4000 cm³ körüli értéknek választva.

(1. táblázat) [2]



1. ábra: A Debreceeni Egyetem pneumobilja

A Debreceeni Egyetem évek óta eredményesen szerepel az egri versenyeken, 2008 óta folyamatosan az élmezőnyben végezve, például a 2011-es évben két kategóriában első, és a gyorsulásiban második helyezést ért el. A jármű (1. ábra) építésénél fontos cél volt, hogy mind a három kategóriában egyaránt eredményesen helytálljon.

A tervezés megalapozásának szempontjából fontos a korábbi eredmények kiértékelése, és más lehetséges megoldások vizsgálata. Ennek érdekében a motor alternáló típusú, és 4533 cm³-re lett választva.

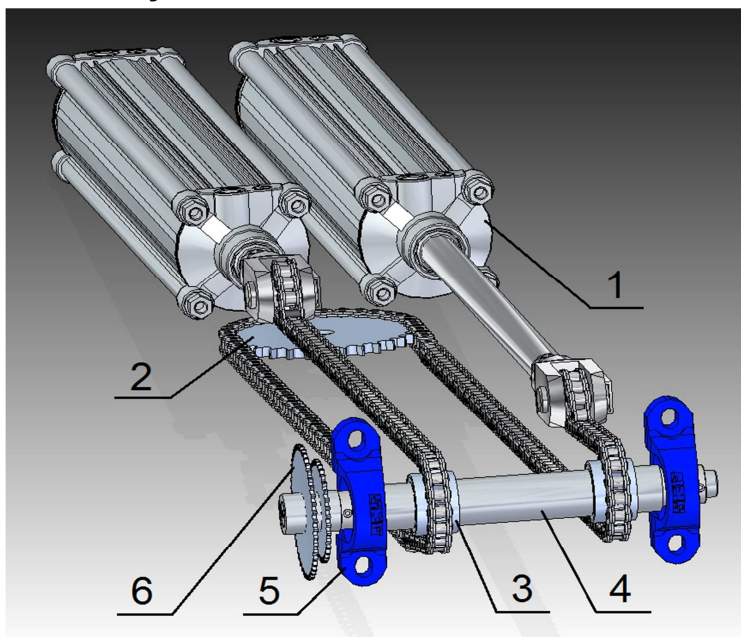
A kis tömeg és nagy szilárdság érdekében a váz alumíniumból készült, elől két kormányzott, továbbá hátul szintén két kerékkel rendelkezik, ebből egy hajtott.

A jármű újszerű fejlesztése, hogy a jármű és a hajtás szeparálható, és külön vizsgálható, így a hajtás és a jármű erőátviteli csatlakozásánál az áttétek a kétfajta versenykörülménynek (gyorsulási és távolsági) megfelelően hangolható.

A jármű eredményessége érdekében az optimális műszaki paraméterek meghatározása mellett, az autó megfelelő vezérlése is fontos, mivel a versenyszámokból adódó különböző követelményeknek az áttételek és a vezérlés változtatásával képes megfelelni.

2. A vezérlés szoftver és hardver elemeinek bemutatása

2.1. A pneumobil hajtásának bemutatása



2. ábra: A hajtás részegységei

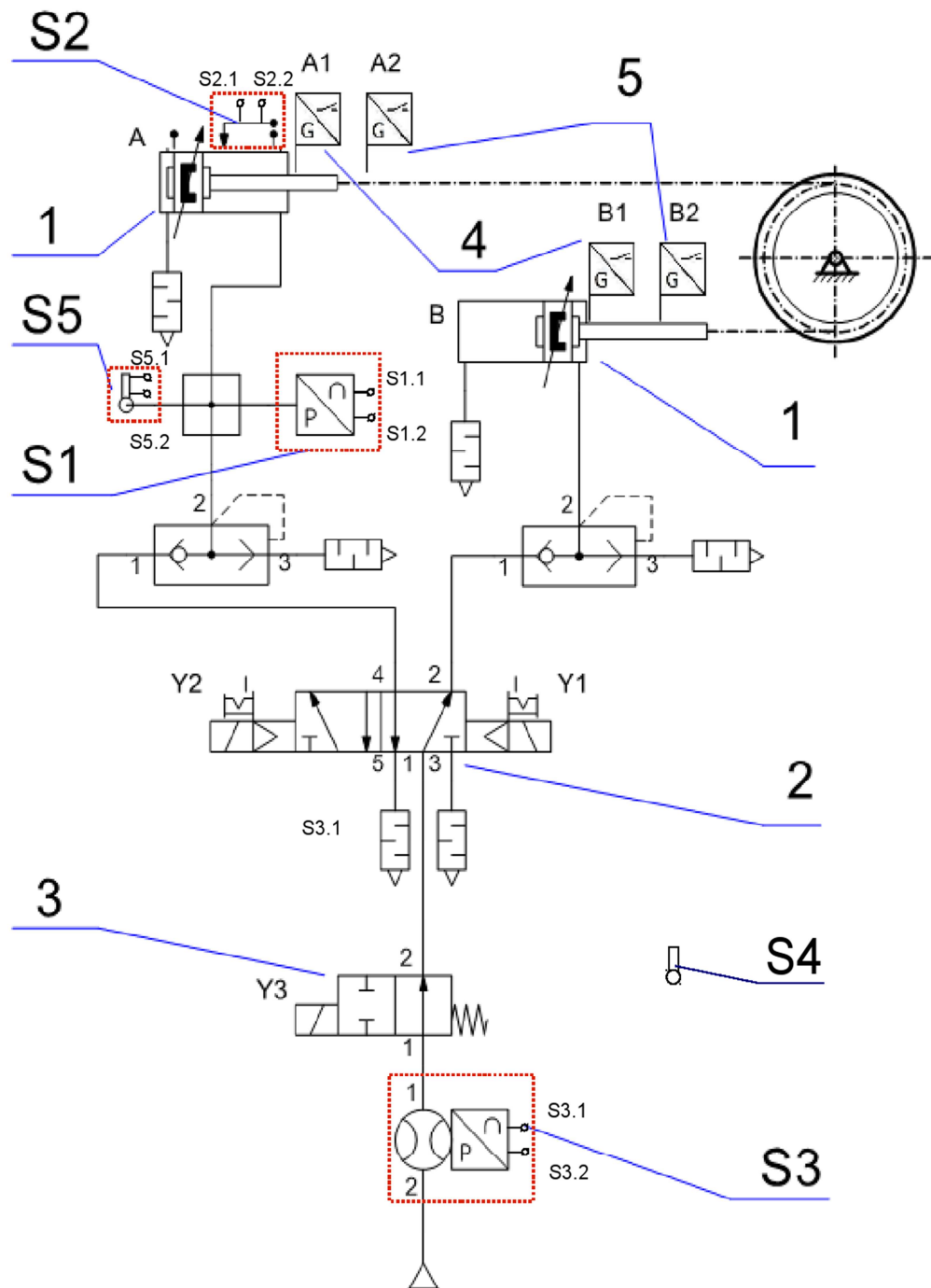
A hajtást (2. ábra) két PRA típusú 80 mm átmérőjű és 500 mm-es lökethosszú, egymással párhuzamosan elhelyezett pneumatikus kétoldali működtetésű munkahenger látja el (1), melyek egymással ellentétesen húzó munkafázisban

dolgoznak. A két végük egy láncos mechanizmuson keresztül (2) egy-egy szabadonfutóra épített lánckerékre csatlakoznak rá (3), melyek a hengerek által kifejtett húzóerő hatásából nyomatékot adnak át a főtengelyre (4). A főtengely két Y-csapágyegységgel (5) van a vázhoz fogatva. A főtengely végén van rögzítve a hajtó lánckerék (6), amely lánc segítségével adja át a keréknek a nyomatékot a hajtott lánckeréken keresztül. A kerékbe agyváltó van beépítve, amely lehetővé teszi a menet közbeni sebességváltást.

Ezen munkahengerek alapvetően a versenyszámokban teljes lökethosszon keresztül 10bar-os tápnyomással vannak táplálva, viszont a távolsági versenyszámban, úgynevezett expandáltató üzemmódban hajtanak. A pneumatikus kapcsolási rajz a 3. ábrán látszik. Ennek megvalósítása során, mindkét munkahengeren (1) meghatározott pozícióba egy-egy Reed-kapcsoló (A2, B2) felhelyezésével, egy elektropneumatikusan működtetett 2/2-es monostabil útszeleppel (3), valamint a PLC segítségével minimalizáljuk a felhasznált levegő mennyiségét.

A munkahengerek gyorsasági üzemmódban egy 5/2-es elektropneumatikus működtetésű bistabil útszelepen (2) keresztül kapják a működéshez szükséges tápnyomást, és az általa aktuálisan munkafázisban lévő munkahenger a véghelyzetét elérve a véghelyzet érzékelő (A1,B1) jelet ad, ennek hatására az 5/2-es főszelep átvált, így működésbe hozva a másik munkahengert.

Távolsági üzemmódban, amikor az adott expandáltatáshoz használt szenzor érzékel (A2, B2), akkor a 2/2-es útszelep elzárja a henger táplevegőjét, így a már benne lévő nyomás tolja ki a hengert véghelyzetig. Ennek alkalmazása teljesen csak a henger helyzetétől függ, más menetdinamikai paramétertől nem (például: lejtő, emelkedő, gördülési ellenállás, stb.) Erre megoldás lehet a lökethossz függő nyomásszabályozás, mivel mindig egy adott nyomás szükséges a henger véghelyzetig történő mozgásához. Többek között ezen feltevés hatékonyságát szeretnénk vizsgálni mért eredmények alapján. Ennek igazolásához teszt közbeni mérési adatokra lesz szükségünk, amelyek alapján vizsgálni fogjuk a fogyasztott levegőmennyiséget és a jármű sebességét különböző útviszonyok között.



3. ábra: Pneumatikus kapcsolási rajz

A 3. ábrán a pneumatikus kapcsolásban a piros szaggatott téglalapokkal jelölt szenzorokat a további fejezetekben tárgyaljuk (S1 – nyomásmérő, S2 – útadó szenzor, S3 – áramlásmérő, S4, S5 – hőmérő szenzorok).

2.2. A pneumobil vezérlése és fedélzeti diagnosztikája

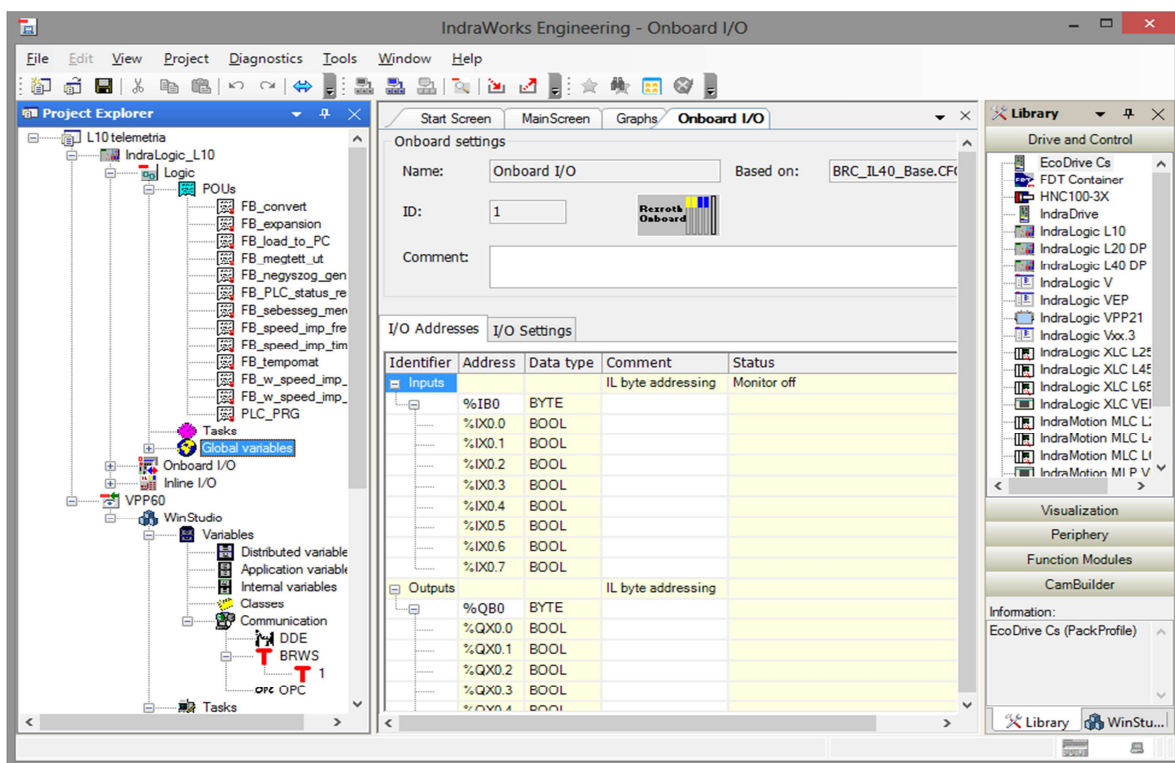


4. ábra: IndraControl L10 típusú PLC

A PCL-t (Programozható Logikai Vezérlő) az elektromos vezérlésű szelepek irányítását végzi. A program egy memóriakártyán van tárolva, mely a megvalósítandó feladatokhoz szabadon változtatható. Az IndraControl L10-es vezérlőegység (4. ábra,) az ún. Microvezérlők csoportjába tartozik. A PLC a tápszegmensén keresztül beköthető külső 24 VDC tápfeszültséget igényel.

A programozható logikai vezérlő fejlesztő környezete az IndraWorks Engineering program (5. ábra), amiben a PLC konfigurációját végezhetjük, azaz beállítjuk a különböző kommunikációs portokat, különböző bővítő modulokat, valamint egyéb kiegészítő funkciókat.

Ezen programon belül van lehetőségünk a PLC programozására, az IndraLogic segítségével, mely megfelel az IEC 61131-3 nemzetközi szabványnak. Ennek megfelelően lehetőségünk van 6 féle programnyelven való programozásra, amely magában foglalja az utasításlistás (IL), létra-diagrammos (LD), funkcióblokkos (FBD), sorrendi folyamatábrás (SFC), strukturált programnyelv (ST), és a CFC-t. Ezen belül a program lehetőséget ad egyéni funkcióblokk deklarálására is, melynek segítségével átláthatóvá és megfelelően tagolttá tehetjük a programot, továbbá lehetővé teszi ezen programnyelvek programon belüli vegyes használatát is.



5. ábra: Az IndraWorks Engineering kezelőfelülete

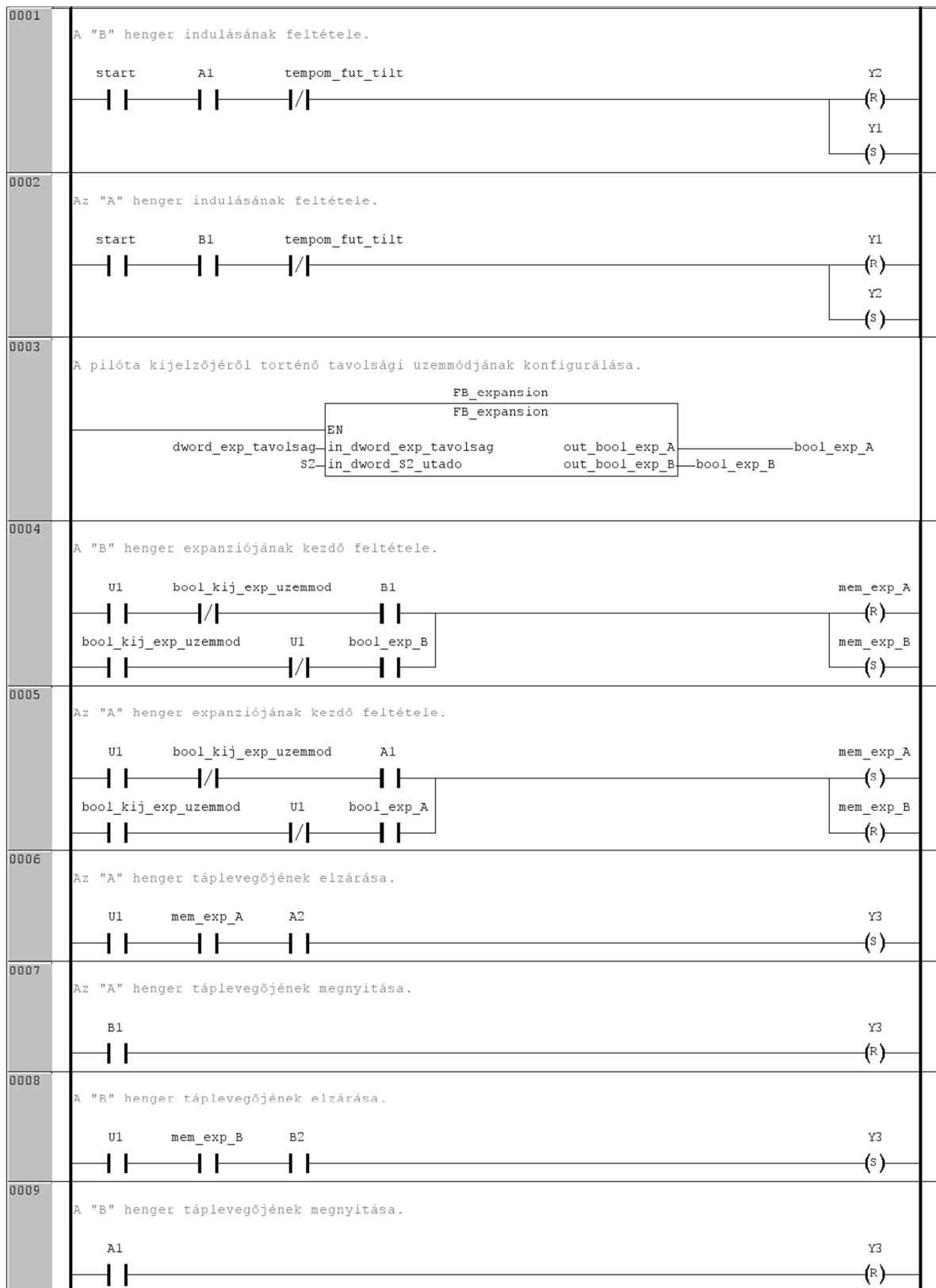
A programon belül létrehozhatunk még egyéni megjelenítő felületeket az ebbe integrált WinStudio szoftverrel, így az általunk elkészített kezelőfelületeket alkalmazásként tudjuk kezelni számítógépen, illetve kijelzőn, például érintőpaneles vezérlőegységen.

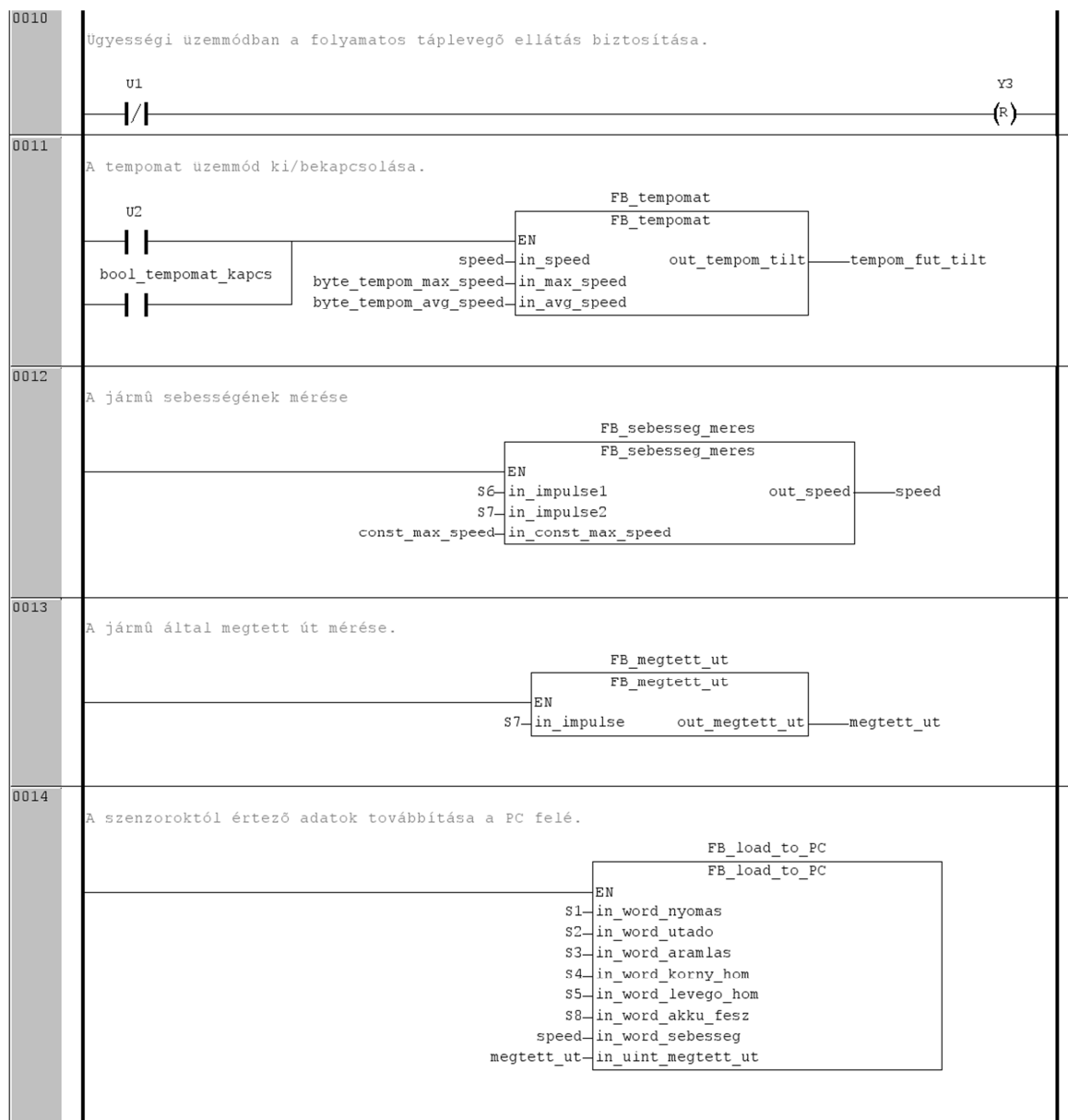
2.3. A pneumobil hajtásának vezérlése

A hajtás programozása a már fentebb említett IndraLogic program segítségével történt, létradiagramban. Először felvettük a programban használt változókat (6. ábra), és azokhoz szükség szerint hozzárendeltük a be- és kimeneteket. Követező lépésben a fent említett kritériumoknak megfelelően elkészítettük a hajtás vezérlésének programját (7. ábra). A motor be- és kikapcsolását, valamint az üzemmód kiválasztását a műszerfalon elhelyezett kapcsolókkal tudtuk beállítani.

0001	PROGRAM PLC_PRG	
0002	VAR	
0003		
0004	start AT %IX0.0: BOOL;	(* Motor ki/be kapcsoló *)
0005	U1 AT %IX0.1: BOOL;	(* Ha =1 -> távolsági, ha =0 -> ügyességi *)
0006	U2 AT %IX0.2: BOOL;	(* Tempomat üzemmód ki/be kapcsoló *)
0007		
0008	bool_tempomat_kapcs: BOOL;	(* A pilóta kijelzőjén a tempomat üzemmód kapcsolója *)
0009		
0010	A1 AT %IX0.3: BOOL;	(* A-henger bent *)
0011	A2 AT %IX0.5: BOOL;	(* A-henger exp. érz. *)
0012	B1 AT %IX0.4: BOOL;	(* B-henger bent *)
0013	B2 AT %IX0.6: BOOL;	(* B-henger exp. érz. *)
0014		
0015	S1 AT %IW2: DWORD;	(* Nyomásmérő szenzor *)
0016	S2 AT %IW6: DWORD;	(* Útadó szenzor *)
0017	S3 AT %IW10: DWORD;	(* Áramlásmérő szenzor *)
0018	S4 AT %IW14: DWORD;	(* A környezeti levegő hőmérsékletét mérő szenzor *)
0019	S5 AT %IW18: DWORD;	(* A sűrített levegő hőmérsékletét mérő szenzor *)
0020		
0021	S6 AT %IX0.7: BOOL;	(* Keréken elhelyezett jeladó impulzus
0022		számlálósos sebességméréshez*)
0023	S7 AT %IX0.1: BOOL;	(* Keréken elhelyezett jeladó sebességméréshez
0024		impulzusok közötti idő mérésével*)
0025		
0026	S8 AT %IW22: DWORD;	(* Az akkumulátor feszültsége feszültségosztóval mérve *)
0027		
0028	Y1 AT %QX0.0: BOOL;	(* Főszelep -> B-henger húz *)
0029	Y2 AT %QX0.1: BOOL;	(* Főszelep -> A-henger húz *)
0030	Y3 AT %QX0.2: BOOL;	(* Expandáltató monostabil szelep *)
0031		
0032	mem_exp_B: BOOL;	(* Memória a B-henger expandáltatásához *)
0033	mem_exp_A: BOOL;	(* Memória a A-henger expandáltatásához *)
0034		
0035	bool_kij_exp_uzemmod: BOOL;	(* A pilóta kijelzőjéről kapcsolható távolsági üzemmód
0036		kapcsolója *)
0037		
0038	dword_exp_tavolsag: DWORD;	(* A pilóta kijelzőjéről beérkező expanzió kezdetének
0039		távolsága *)
0040		
0041	bool_exp_A: BOOL;	(* A pilóta által beállított érték exp. memóriája
0042		az A hengerhez *)
0043	bool_exp_B: BOOL;	(* A pilóta által beállított érték exp. memóriája
0044		a B hengerhez *)
0045		
0046	tempom_fut_tilt: BOOL;	(* Ha az értéke 1, akkor a hajtás az utolsó munkafázisban
0047		rögzül *)
0048		
0049	speed: WORD;	(* A jármű sebessége km/h-ban *)
0050	megtett_ut: LREAL;	(* A jármű által megtett út méterben *)
0051		
0052	const_max_speed: BYTE :=50;	(* A jármű maximális sebessége km/h-ban*)
0053		
0054	byte_tempom_max_speed: BYTE :=19;	(* Tempomat sebesség szabályozásának
0055		maximális sebesség bemenete *)
0056	byte_tempom_avg_speed: BYTE :=15;	(* Tempomat sebesség szabályozásának
0057		minimális sebesség bemenete *)
0058		
0059	FB_sebesseg_meres: FB_sebesseg_meres;	
0060	FB_tempomat: FB_tempomat;	
0061	FB_megtett_ut: FB_megtett_ut;	
0062	FB_load_to_PC: FB_load_to_PC;	
0063	FB_expansion: FB_expansion;	
0064		
0065	END VAR	

6. ábra: A hajtás program változói





7. ábra: A hajtás programja

3. A jármű dinamikai vizsgálata

Az alábbi fejezetben a jármű, és annak hajtásának a dinamikai vizsgálatát végezzük el, majd ezen dinamikai paramétereknek megfelelően megválasztjuk a méréshez használt szenzorokat.

A járműnek adott versenykörülményeknek kell megfelelnie, melyhez terveztünk egy alapmodellt, melyet megfelelő dinamikai szempontok szerint méreteztünk. Az így kapott modell dinamikai paramétereit kell vizsgálnunk ahhoz, hogy a jármű menetdinamikáját javítani tudjuk, akár mechanikai paraméterek változtatásával, akár a jármű vezérlésének optimalizálásával.

Ehhez vizsgálnunk kell a légmotor tulajdonságait, ezen belül a motor karakterisztikáját, így a mért adatokból származtatjuk a nyomaték-idő függvényt; a levegő felhasználást, a jármű sebességét, a gyorsulását, az általa megtett utat, valamint a menet közbeni GPS koordinátákat.

3.1. A jármű dinamikai modellje

A jármű mozgását a következő kettő egyenlet írja le:

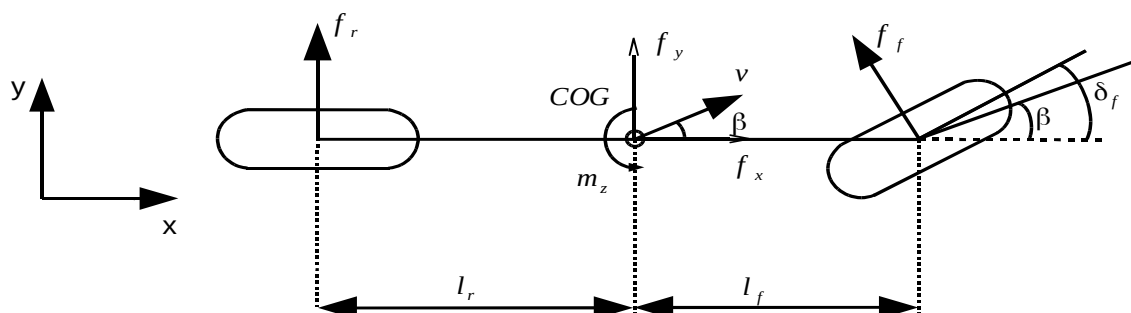
$$\begin{aligned}\dot{x} &= v \cos(\psi + \beta) \\ \dot{y} &= v \sin(\psi + \beta)\end{aligned}\quad (1)$$

Ahol:

ψ : a jármű iránya (az ábrán 0)

x , és y : a jármű tömegközéppontjának koordinátája

β : a jármű tömegközéppontjának oldalirányú szögeltérése



8. ábra: A járműhöz alkalmazott fél autó modell

A jármű dinamikai vizsgálatához az úgy nevezett „egy nyomvonalas jármű modelt” (single track dynamical model) használjuk, amelyik leírja a járműre ható vízszintes és függőleges kiegyensúlyozó erőket a következő alakban.

$$\begin{bmatrix} -mv(\dot{\beta} + r) \sin \beta + m\dot{v} \cos \beta \\ mv(\beta + r) \cos \beta + m\dot{v} \sin \beta \\ J\dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ m_z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ahol a változók:

v : a jármű tömegközéppontjának hosszirányú sebessége

f_x , és f_y : a tömegközéppontra ható erők x és y irányú komponensei

m_z a tömegközéppontra ható forgató nyomaték

A paraméterek:

m : a jármű tömege

J : a jármű tehetetlenségi nyomatéka

A gumi és a kerék dinamikája a következő egyenlettel közelíthető:

$$\begin{aligned} f_f &= c_f^* \mu (\delta_f - \beta_f) = c_f (\delta_f - \beta_f) \\ f_r &= -c_r^* \mu \beta_r = -c_r \beta_r \end{aligned} \quad (3)$$

Ahol c_r és c_f „radiális merevség”

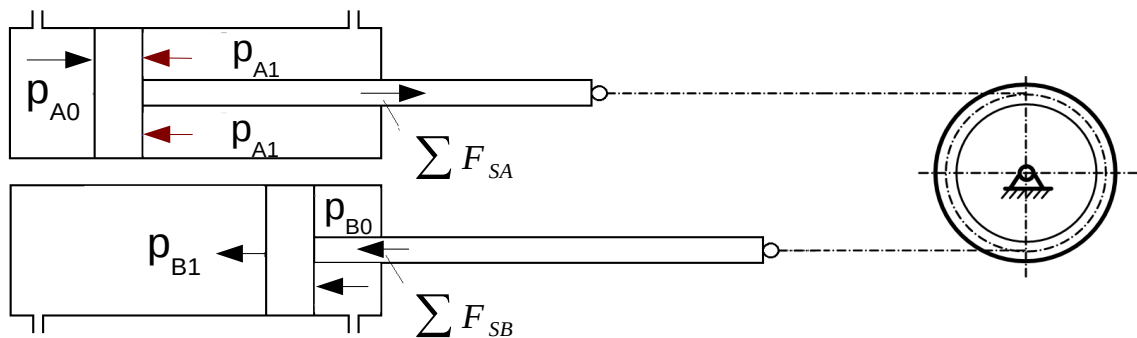
μ : tapadási együttható, amely függ az út burkolat típusától

β_f és β_r : az első és a hátsó kerék oldalirányú szögeltérése [4]

3.2. A hajtás dinamikai vizsgálata

A hajtáslánc optimalizálása érdekében szükségünk van az abban ténylegesen létrejövő dinamikai paraméterekre. Ezen paramétereket méréssel, illetve a mért adatokból való származtatással tudjuk megállapítani.

A dinamikai egyenlet felírásakor a gáz állapotváltozásaiból adódó hatásokat a $\sum F_{SA}$, $\sum F_{SB}$ tényezőkben vettük figyelembe.



9. ábra: A henger húzóerejének származtatása

A henger húzóerejének származtatása a 9. ábrán látható.

p_{A1} : 'A' munkahenger töltőnyomása

p_{A0} : 'A' munkahengerből kiáramló levegő nyomása

p_{B0} : 'B' húzott munkahengerből kiáramló levegő nyomása

p_{B1} : 'B' húzott munkahenger levegőt szívó oldali nyomása

A hengervejekre ható erő nagysága:

$$F_A(t) = p_{A1}(t) \cdot A_2 - p_{A0}(t) \cdot A_1 - \sum F_{SA}(T_k, t, v) \quad (4)$$

$$F_B(t) = p_{B1}(t) \cdot A_2 - p_{B0}(t) \cdot A_1 - \sum F_{SB}(T_k, t, v) \quad (5)$$

A hengerek által kifejtett húzóerő:

$$F_{húz}(t) = p_{A1}(t) \cdot A_2 - p_{A0}(t) \cdot A_1 + p_{B1}(t) \cdot A_2 - p_{B0}(t) \cdot A_1 - \sum F_{SA}(T_k, t, v) - \sum F_{SB}(T_k, t, v) \quad (6)$$

ahol:

$F_A(t)$: az A henger által kifejtett pillanatnyi húzóerő

$F_B(t)$: a B henger által kifejtett pillanatnyi húzóerő

A_1 : a hengerben lévő dugattyú felületének nagysága

A_2 : a dugattyú dugattyúrúd felőli felületének nagysága

$p_{A1}(t)$, $p_{A0}(t)$, $p_{B1}(t)$, $p_{B0}(t)$: a hengerek kamráiban lévő pillanatnyi nyomás

$\sum F_{SA}(T_k, t, v)$, $\sum F_{SB}(T_k, t, v)$: a hengerek egymásra hatásából, a gáz munkaközeg állapotváltozásából adódó hatások, továbbá a súrlódásokból fellépő pillanatnyi erők összessége

Az F_A , F_B erők, amelyek a járművet gyorsítják x, illetve y irányba a jármű pozíciójának függvényében.

A nem aktív kamrák gyors leürülése miatt az ahhoz tartozó nyomásértékeket zérusnak tekinthetjük. A hengerekben fellépő járulékos veszteségek az aktív kamrában fellépő erő nagyságához képest elhanyagolhatóak.

Ezen létrejövő húzóerőből ténylegesen csak a nyomás nagyságának mérésére van lehetőségünk.

Viszont így is jó közelítéssel meg tudjuk határozni méréssel a sűrített levegő nyomásából származó erő által kifejtett henger húzóerejét, az elhanyagolható méretű veszteségektől eltekintve (súrlódási viszonyok, és a munkafázisok során a henger kamráiban lévő levegő kipréseléséből, és beszívásából adódó erők).

A fent említett függvények meghatározásához mérnünk kell az alábbi mennyiséget (2. táblázat):

- A hengerben lévő munkaközeg (sűrített levegő) nyomását
- A henger dugattyújának helyzetét
- A rendszer által felhasznált levegő mennyiségét
- A jármű sebességét
- A jármű GPS koordinátáit

Szenzor rajzjele	Mért fizikai mennyiség és mérték egysége	Szenzor típusa	Fizikai mennyiség matematikai jelölése
S1	henger töltőnyomása [bar]	nyomásmérő	$p_{\text{töltő}}$
S2	henger dugattyújának helyzetét [mm]	útdósszenzor	$r_{\text{dugattyú}}$
S3	Fogyasztott levegő mennyiség [liter/perc]	áramlásszenzor	$q_{\text{levegő}}$
S4	a környezet hőmérséklete [°C]	hőmérő szenzor	$T_{\text{környezet}}$
S5	a sűrített levegő hőmérséklete [°C]	hőmérő szenzor	$T_{\text{levegő}}$
S6, S7	a jármű sebessége [km/h]	Reed-kapcsoló	$V_{\text{jármű}}$

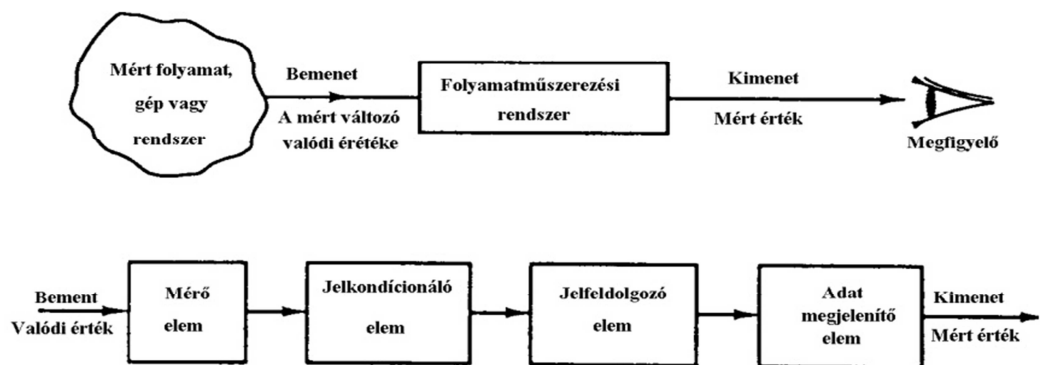
2. táblázat: A mért mennyiségek felsorolása

4. Telemetriás mérőrendszer bemutatása

Ebben a fejezetben szemléltetjük a szenzorok elhelyezkedését a járművön. Egyenként részletezzük azok tulajdonságait, az általuk mért mennyiségeket, illetve a hozzájuk tartozó PLC programrészeket, továbbá ismertetjük a telemetriás mérőrendszeren belüli kommunikációt. Ismertetjük az adatok feldolgozásához szükséges kezelőfelületeket. Leírjuk a mérésünk hitelessége érdekében a figyelembe vett mérési körülményeket.

A mérőrendszer egy olyan megfigyelő, amely numerikus értékeket állít elő úgy, hogy bemenetén a valós fizikai jel, kimenetén pedig a valódit lehető legjobban megközelítő mért érték áll elő.

Egy mérőrendszer általánosan négy fő elemet tartalmaz, mindez a 10. ábrán látható. Meghatározó eleme maga az érzékelő elem, amely megteremti a kapcsolatot a folyamattal, melyből információt nyerünk, továbbá kimenetén kapjuk a mérendő értéket. Ezt a kimenő jelet a jelkondicionáló konvertálja át egy jobban feldolgozható jelhordozóvá, amit a jelfeldolgozó elem alakít át egy jól szemléltethető és megjeleníthető formába. Végül azt az adatmegjelenítő elem hozza megfigyelhető és a megfigyelő számára könnyen felismerhető alakra [3]



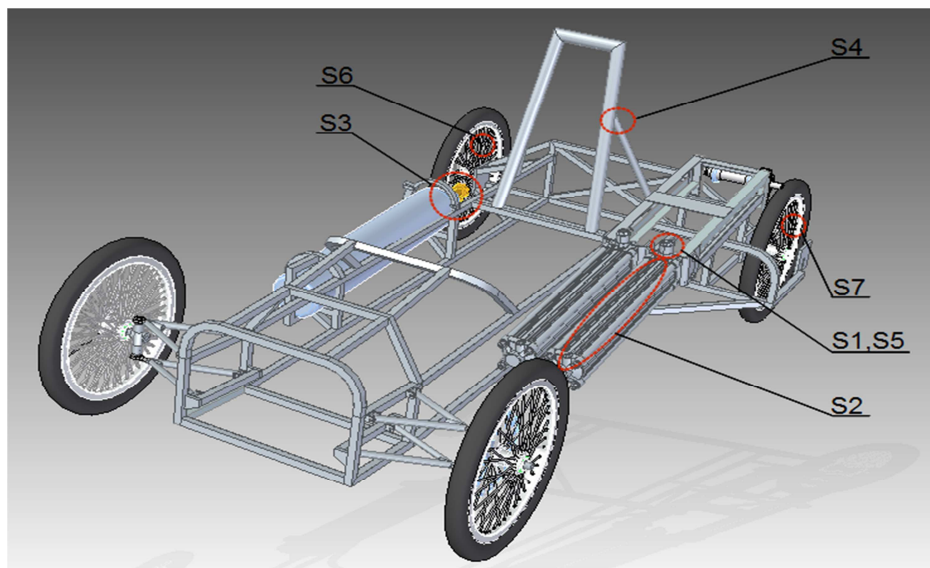
10. ábra: A mérőrendszer általános felépítése és az elemtípusok

4.1. Mérőrendszer

A mérőrendszer kialakításánál feltételezzük a pneumatikus hajtórendszer szimmetrikus működését, ezért csak az „A” jelű hengerre helyezünk el szenzorokat.

A méréshez felhasznált eszközök, melyek elhelyezése a 11. ábrán látható:

- Reed-kapcsoló: ST6 (S6, S7)
- Útadó szenzor: SM6 (S2)
- Nyomásszenzor: PE5 (S1)
- Áramlásszenzor: AF1 (S3)
- Kiegészítő bemeneti analóg modulok a PCL-hez:
 - o 8 csatornás analóg bemenet
 - o Tápszegmens az analóg modulhoz
- Rádiós adattovábbító eszközök
- Hőmérő szenzorok
 - o a környezet hőmérséklete (S4)
 - o a sűrített levegő hőmérséklete (S5)
- Gyorsulási és GPS (pályakoordináta és pillanatnyi sebesség) adatok gyűjtésére: gyorsulás mérővel és GPS-el ellátott Android operációs rendszerű mobiltelefon



11. ábra: A szenzorok elhelyezkedése a járművön

4.2. Nyomásmérés



12. ábra: PE5 nyomásmérő szenzor

A töltőnyomás méréséhez egy PE5 nyomásmérő szenzort (12. ábra) használunk, melynek mérési tartománya 0-10 bar-ig terjed. A szenzort 24V-os egyenfeszültségről tápláljuk, mely 0-10V-ig a mért nyomásnak megfelelő feszültséget ad kimenetén. A mérőszenzort egy gyorscsatlakozó segítségével a munkahengerhez csatlakoztatjuk egy T elosztótömb segítségével, aminek egyik ágára a nyomásszenzort, másikkra pedig a beáramló levegőt csatlakoztatjuk. Egy elektromos jelkábel segítségével a PLC-hez csatlakoztatható analóg modulra kötjük.

A sűrített levegő nyomásából származó húzóerőt ($F_p(t)$) a henger töltőnyomásából ($p_{henger}(t)$) származtathatjuk.

$$F_p(t) = p_{henger}(t) \cdot A \quad (7)$$

A : a dugattyú nyomott felületének nagysága

D : a dugattyú átmérője

d : a dugattyúrúd átmérője

$$A = (D - d) \cdot \pi. \quad (8)$$

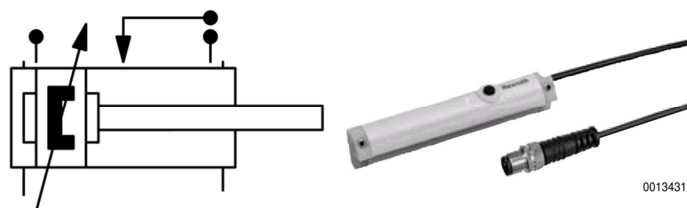
Ennek folyamatos mérésével megkapjuk a húzóerő idő szerinti függvényét.

Az erő- idő függvényből származtatni tudjuk a hengerek által leadott nyomaték-idő függvényét ($M(t)$), melynek meghatározása:

$$M(t) = F(t) \cdot \frac{d_{l\acute{a}ncker\acute{e}k}}{2} \quad (9)$$

ahol: $d_{l\acute{a}ncker\acute{e}k}$ a lánckerék átmérője.

4.3. A hengerdugattyú mozgás viszonyai



13. ábra: SM6-AL típusú útmérő szenzor

További paraméterek méréséhez és származtatásához, szükségünk van egy útmérő-szenzorra, a Bosch Rexroth által felajánlott SM6-AL típusú szenzort (13. ábra) a munkahengernek megfelelő 503 mm-es mérési tartományú méretben választjuk meg, melynek tápfeszültsége 24 V. Az érzékelőt a munkahengerre rögzítve tudjuk az aktuális dugattyú pozíciót mérni. Az aktuális pozíciónak megfelelően a szenzor 0-10V-ig analóg jelet ad ki, melyet a PLC analóg bemeneti modulján fogadunk. Így az alábbi paramétereket határozhatjuk meg:

- A dugattyú elmozdulás-idő függvényét
- A dugattyú sebesség-idő függvényét: $v(t) = \frac{ds}{dt}$ (10)

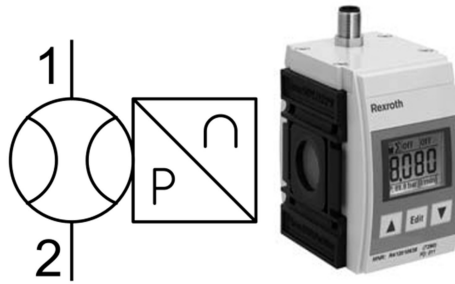
A fent használt nyomásmérő, valamint az útdadó segítségével meghatározhatjuk a munkahenger által leadott teljesítményt:

$$P_{henger}(t) = F(t) \cdot v(t) \quad (11)$$

A fentiekben származtatott $v(t)$ függvény úgy határozhatjuk meg, hogy a mintavételezések közötti elmozdulás és a mintavételezés periódus idejének a hányadosát vesszük.

4.4. A levegő fogyasztásának mérése:

A felhasznált levegő mennyiségének mérésére szükségünk van egy AS3 típusú áramlásmérőhöz (14. ábra), melynek mérési tartománya 150 - 5000 l/min. 0-10 V-os analóg jelet ad ki az aktuális térfogatáramnak megfelelően. Az érzékelőt a nyomáscsökkentő és a 2/2-es útszelep között helyezzük el.



14. ábra: AS3 típusú áramlásmérő

A felhasznált levegő mennyiségét a térfogatáram-idő függvényéből határozhatjuk meg:

$$\int q(t)dt = \sum \frac{q(ti)+q(ti+dt)}{2} \cdot dt \quad (12)$$

ahol: dt : a kiolvasás periódusideje.

A sűrített levegő teljesítményét az alábbi módon tudjuk kiszámolni:

$$P(t) = q(t) \cdot p(t) \quad (13)$$

4.5. A jármű sebességének meghatározása

A sebesség meghatározásánál mérhetünk szinkron sebességet, mellyel adott idő alatt egy ST6 típusú Reed-kapcsoló segítségével a kerékre egyenlő osztással felhelyezett mágnesek által adott impulzusok számolásával tudjuk meghatározni a jármű sebességét. Az impulzusszámlálással való sebességméréssel csak magasabb sebességtartományban tudunk pontosan mérni. Az alacsonyabb sebességi tartományban a sebességet pedig a kerékre felhelyezett mágnes impulzus jelei közötti idő mérésével tudjuk pontosan megadni. A pontos mérés érdekében mindkét mérési módot felhasználva a kapott sebesség értékeket adott sebességtartomány szerint súlyozva vesszük figyelembe.

$$v_{imp_freq} \cdot W_{imp_freq} + v_{imp_time} \cdot W_{imp_time} = v_{pill} \quad (14)$$

ahol: W_{imp_freq} : az impulzusszámlálással mért sebesség súlya

W_{imp_time} : az impulzusok között eltelt idővel mért sebesség súlya

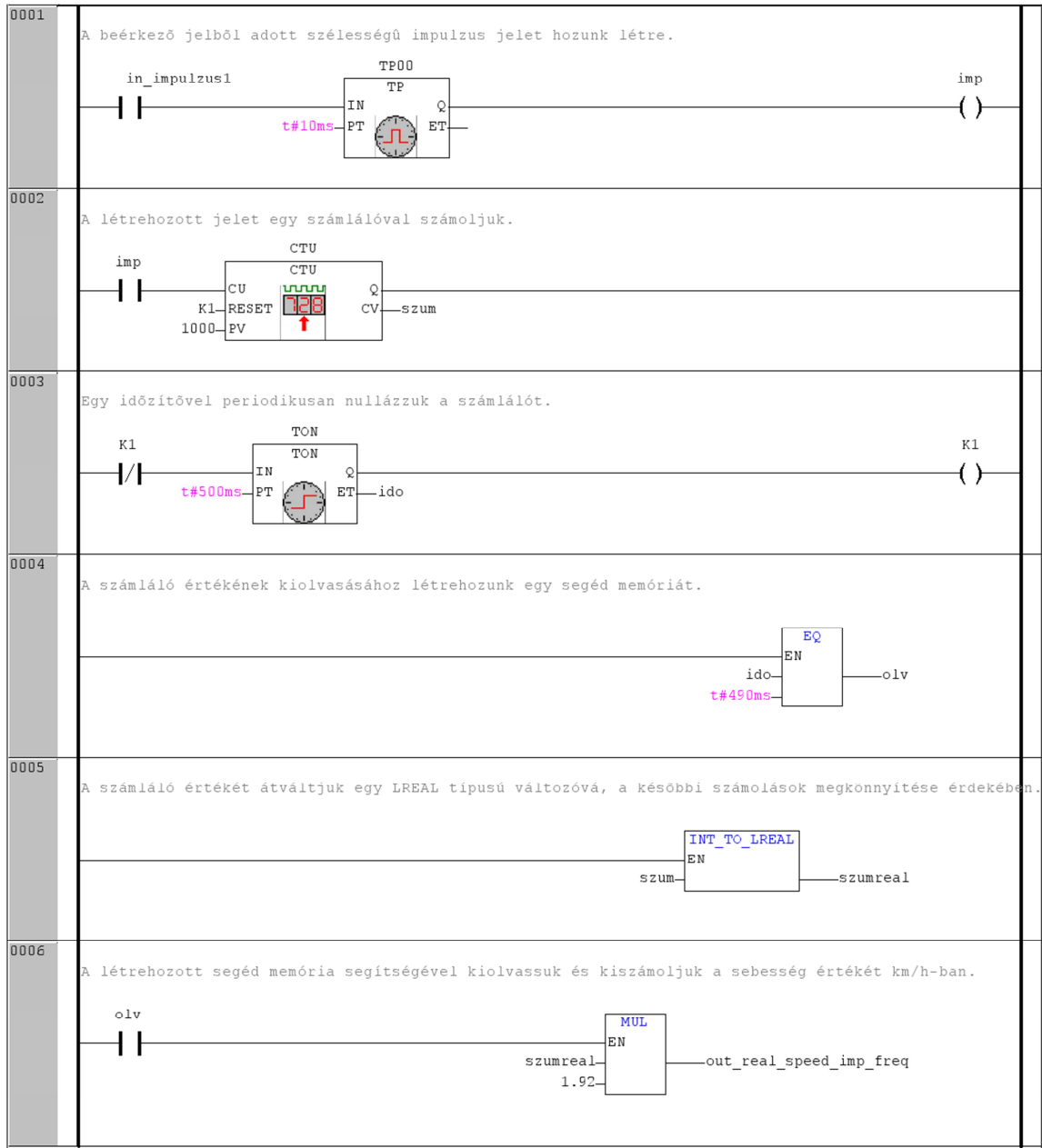
v_{imp_freq} : az impulzusszámlálással mért sebesség

v_{imp_time} : az impulzusok között eltelt idővel mért sebesség

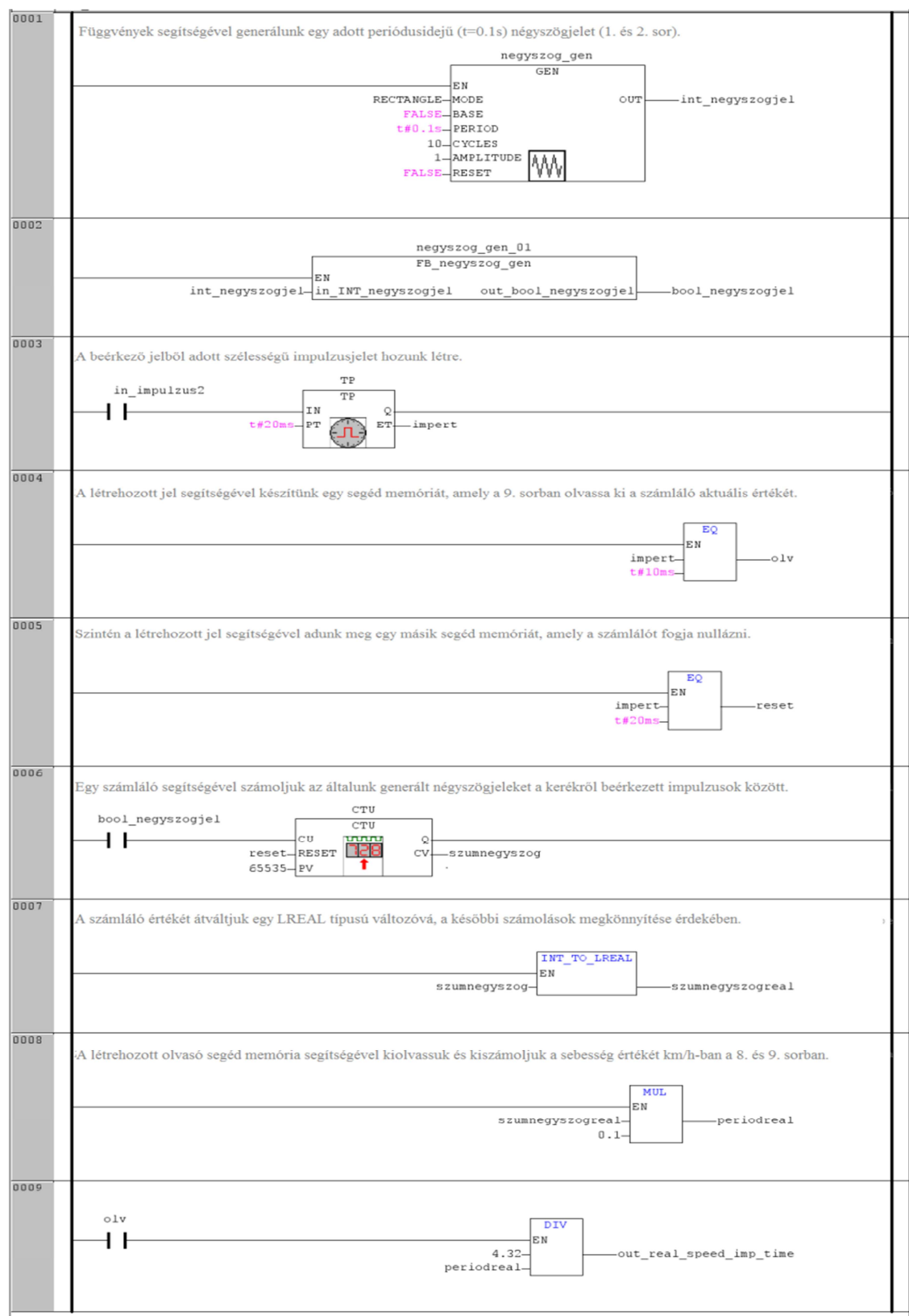
Ezt a súlyozást a sebességek függésében az alábbi módon írhatjuk fel:

$$v_{imp_freq} \cdot \left(\frac{v_{imp_freq}}{v_{max}} \right) + v_{it} \cdot \left(1 - \left(\frac{v_{imp_time}}{v_{max}} \right) \right) = v_{sulyozott} \quad (15)$$

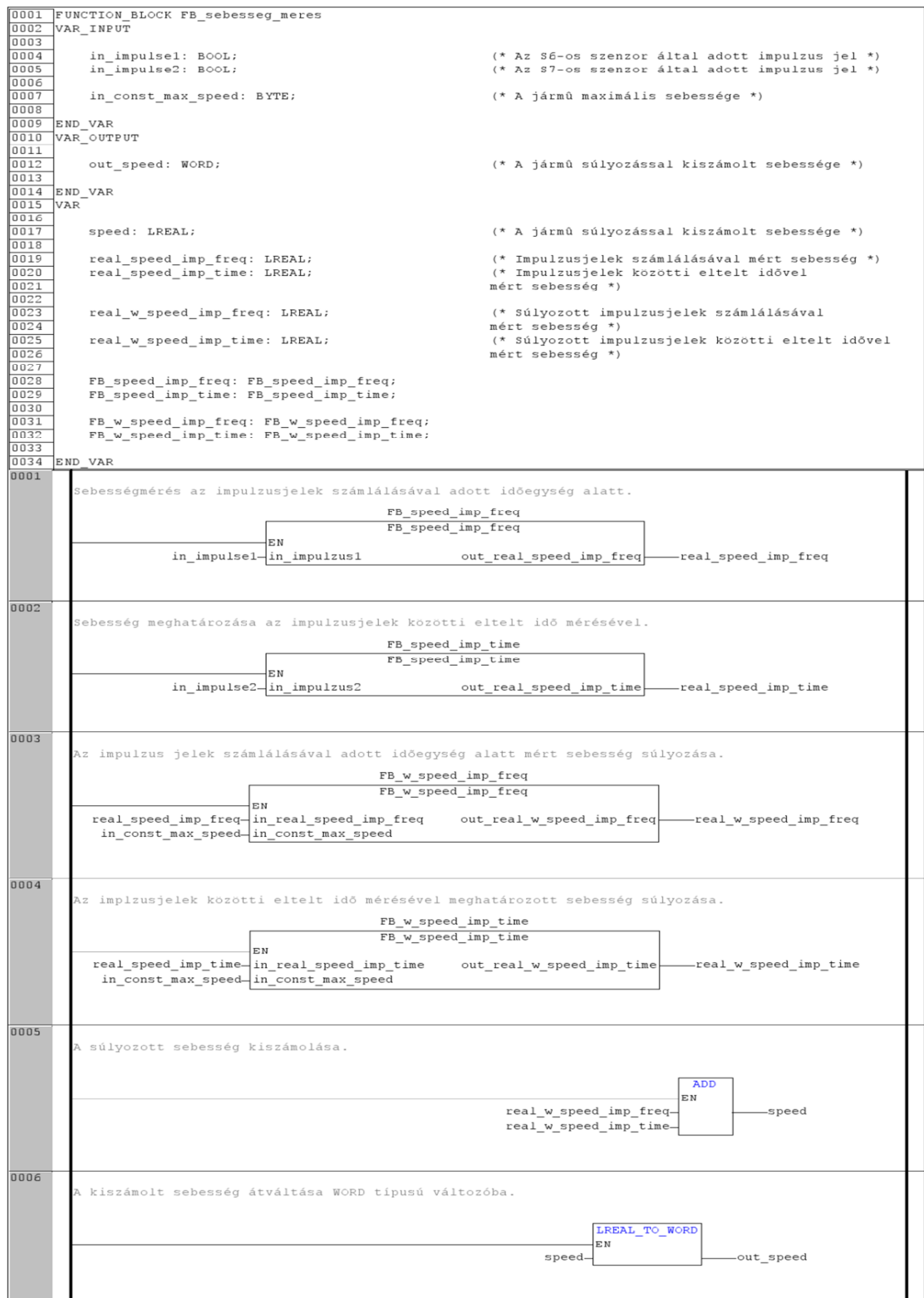
Az ehhez megírt PLC program (15.,16.,17. ábra):



15. ábra: Sebességmérés impulzusszámlálással

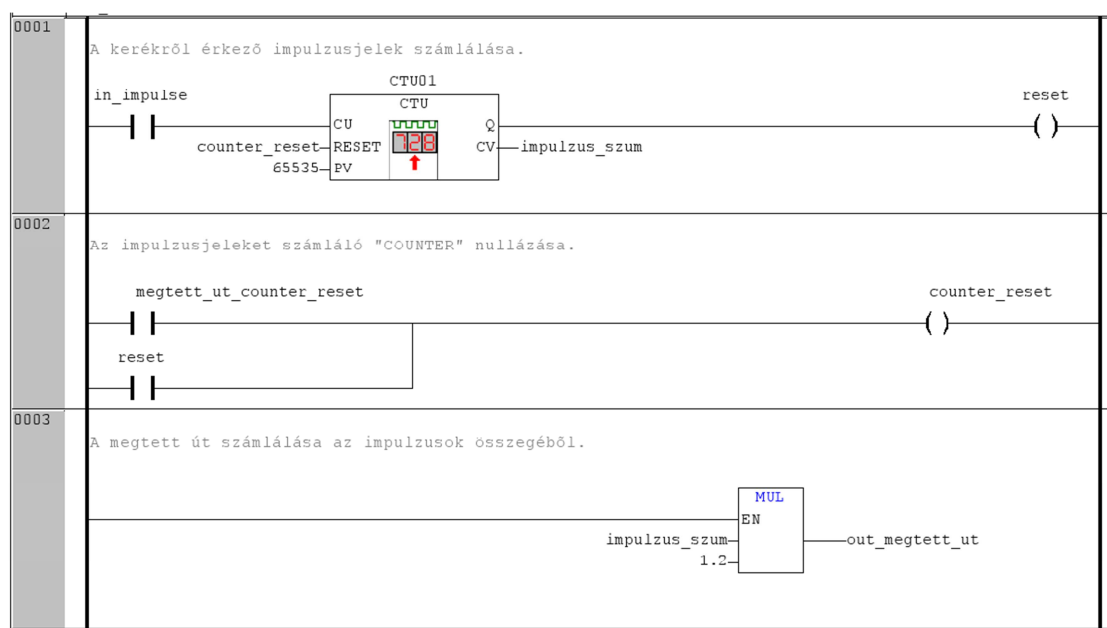


16. ábra: Sebesség mérése az impulzusok között eltelt idő mérésével



17. ábra: Sebességmérés

A megtett út méréséhez a keréken elhelyezett Reed-kapcsoló által beérkező impulzus jeleket számláló segítségével számoljuk. Az impulzus jelek számát egy változóban tároljuk (impulzus_szum). Ezen változó értékét megszorozva a kerék kerületével megkapjuk a járművünk által megtett utat (out_megtett_ut). A beérkező impulzusok számát nullázni tudjuk a sofőr számára elhelyezett fedélzeti megjelenítő egységen, valamint a WinStudióban létrehozott alkalmazáson keresztül is (18. ábra).



18. ábra: A megtett út mérése

4.6. A jármű sebesség szabályozásának megvalósítása

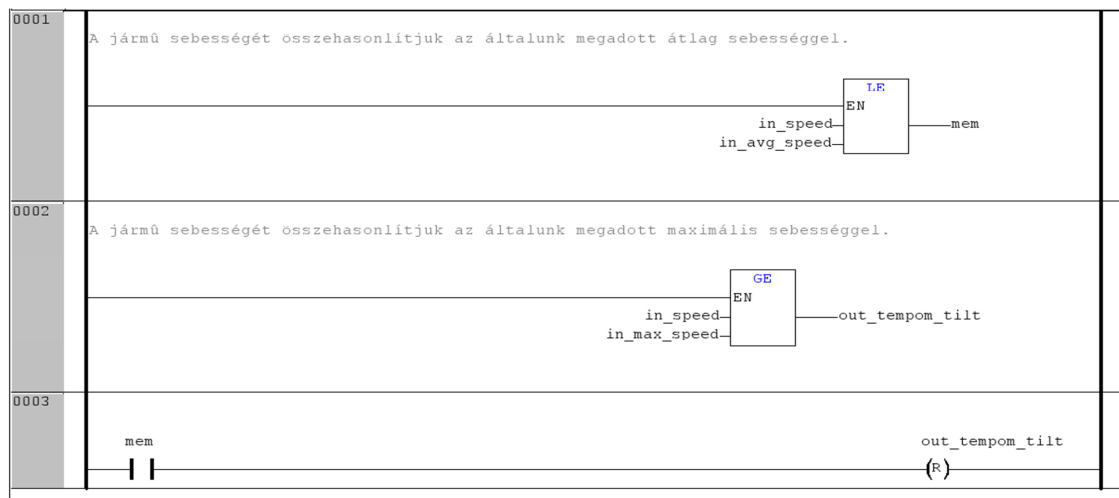
A távolsági futamnál a járműnek legalább 15 km/h (egy teljes körre vonatkozó) átlagsebességet kell tartania a járműnek, ennek eléréséhez a hajtómű megfelelő ki- és bekapcsolásával lehet közelíteni ezt az értéket. Ezt a kapcsolási folyamatot a PLC segítségével tudjuk szabályozni, ennek megvalósításához szükségünk van a jármű sebességére. A jármű hajtásában és tömegében megjelenő tehetetlenségek miatt állásos szabályozás megvalósítása is elegendő, (amely jóval kisebb számítási igénnyel megoldható, mint egy folytonos PID szabályozó).

Az állásos szabályozó a következőképpen működik:

A hajtás távolági üzemmódra optimalizált gyorsulási üzemmódban van egészen addig, amíg el nem ér egy maximális sebességet (függ a pálya hosszától és a jármű tömegétől). A maximális sebesség elérése esetén a szelep-vezérlőjel állapotváltozása ideiglenesen megszűnik ($\text{tempom_fut_tilt}=1$), ezáltal a hajtás az utolsó munkafázisában rögzül. Ekkor a jármű lassulni kezd a súrlódási ellenállásától függően. Amikor a jármű eléri a versenyszabályzatban előírt átlagsebességet, akkor a szelep-vezérlőjel tiltása ($\text{tempom_fut_tilt}=0$) megszűnik.

A maximális sebességet az adott pályára kell optimalizálni a telemetriával készített mérések segítségével. A mérések célja egy légfogyasztás-sebesség grafikon meghatározása, amely a jármű tömegétől, gördülési ellenállástól, és a hajtás súrlódási ellenállásától, környezeti viszonyoktól (pl.: léghőmérséklet) és a pálya kialakításától függ.

Ezt az alábbi programmal tudjuk megvalósítani (19. ábra):



19. ábra: : Tempomat programja

4.7. A gépjármű dinamikai adatainak gyűjtése (sebességi, gyorsulási és GPS adatok)

A jármű dinamikai tulajdonságaira vonatkozó adatok gyűjtése egy gyorsulásmérővel, valamint GPS-el ellátott Android operációs rendszerrel ellátott mobiltelefonnal történik, itt a telefon memóriájára tárolódnak a mért adatok, melyet csak utólag tudunk majd kiértékelni.

Az első feladat, hogy a GPS által az ún. WGS84 koordinátarendszerben rögzített szélességi, hosszúsági és magassági adatokat át kell konvertálni lokális koordinátarendszerbe, amely gyakorlatilag egy általunk választott ponthoz képzelt érintősíkban fekszik. Ezt „kelet, észak és felfelé” (ENU) koordinátarendszernek hívja a szakirodalom. [DSTO-TN-0432.pdf] Az ENU koordináta rendszerben meghatározott adatokból a pálya menti sebességek és gyorsulások meghatározhatók.

A számított dinamikai adatokból, valamint a jármű tömegéből meghatározzuk a jármű menetteljesítményét a levegőfogyasztás függvényében:

$$\sum F(t) = m \cdot a(t) \quad (16)$$

$$P_{menet}(t) = F(t) \cdot v(t) \quad (17)$$

A mérés célja az adott pneumatikai teljesítményhez tartozó legjobb mechanikai teljesítmény meghatározása, vagyis a legjobb hatásfok megkeresése.

4.8. A mért eredmények helyességének ellenőrzése

Az összegyűjtött adatok kiértékelésénél vizsgálnunk kell a mért adatok hitelességét, ebből adódóan a mérési körülményeket, hogy megfelelő környezeti hatások között zajlottak-e a mérések.

A vizsgált szempontok:

- A szenzorok a gyártó által megadott hőmérsékleti tartományban voltak-e?
Ennek bizonyítására a szenzorok környezetében lévő légköri hőmérsékletet, valamint a sűrített levegő hőmérsékletét kell mérnünk, melyet 2 darab HD 788TR1 típusú hőmérsékletmérővel valósítunk meg.

- A megadott mérési tartományon belül vannak-e mért adatok?
Vizsgálni kell, hogy a szenzorok által szolgáltatott értékek a gyártó által megadott mérési tartományon belül esnek-e, ami 0-100°C-ig terjed.
- A szenzorok bemenő felültségének értéke:
Csökkenő tápfeszültség esetén a szenzorok hibás értéket adnak, tehát ezen feszültség értéket mérnünk kell, ezt a feladatot a PLC-n lévő analóg modullal tudjuk mérni.
- A figyeljük a mintavételezés idejét, és a mérési adatokkal továbbítjuk a PLC-be épített függvény segítségével.
- A PLC állapota, nem volt-e esetleges kommunikációs hiba a PLC és az adatgyűjtő állomás között.

Az alábbi, előre definiált funkcióblokk segítségével követhetjük a PLC állapotát (20. ábra).

A szenzorok működési tartománya a műszaki paramétereik alapján:

3. táblázat Áramlásmérő működési tartománya

	Környezeti hőmérséklet		Közeghőmérséklet		Üzemi nyomás	DC üzemi feszültség min.-max.	Maximális áramfelvétel
Áramlásmérő	-10 °C	50 °C	-10 °C	+50 °C	0-16 bar	15 – 30 VDC	300 mA

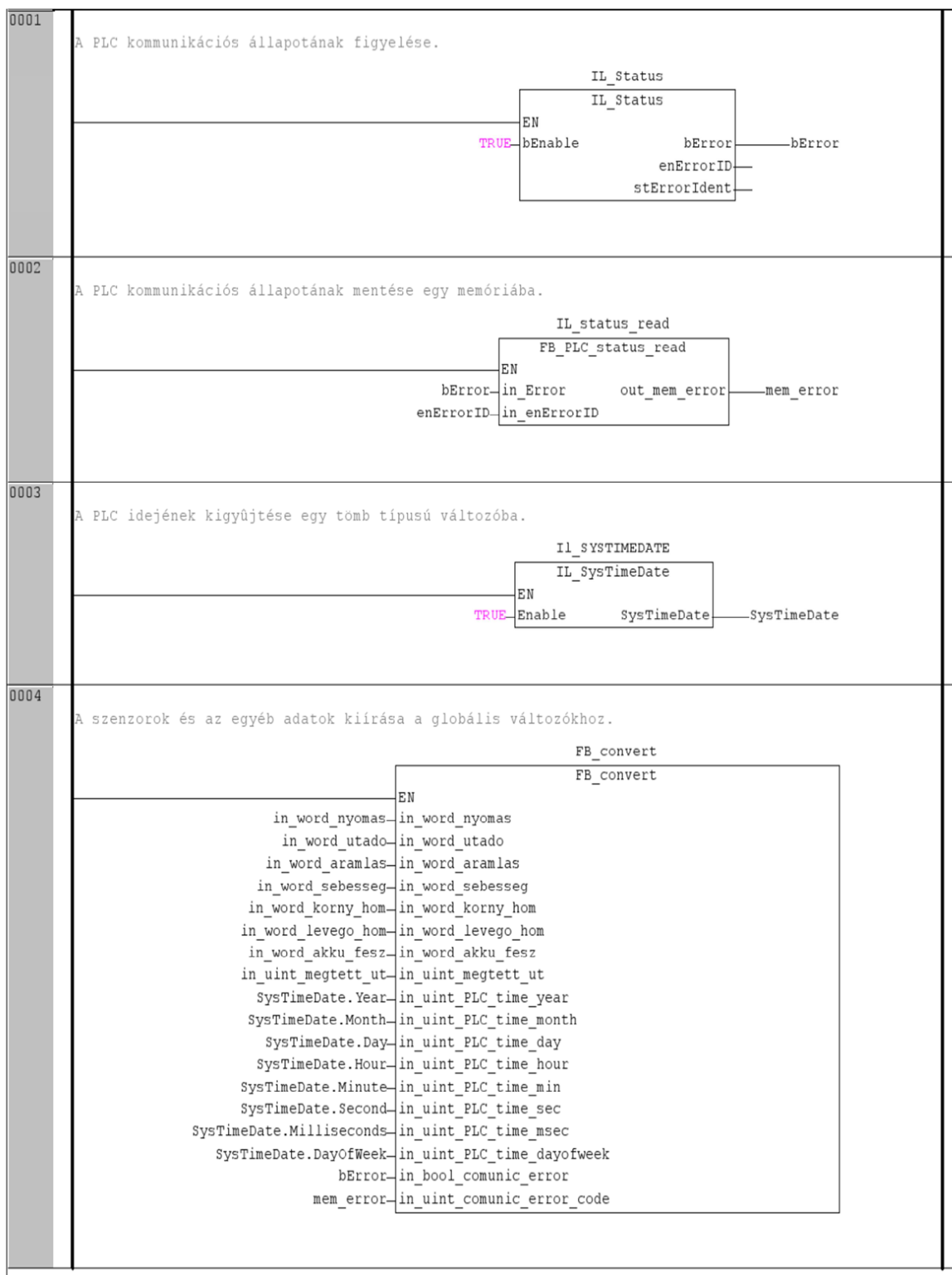
4. táblázat Nyomásmérő működési tartománya

	Kapcsolási nyomás		Környezeti hőmérséklet		Közeg hőmérséklete		DC üzemi feszültség min.-max.	Rezgésállóság
Nyomásmérő	-1 bar	10 bar	0 °C	60 °C	0 °C	60 °C	17 - 30 V	(10 - 150 Hz)

5. táblázat Útadó működési tartománya

	Környezeti hőmérséklet min./max.	Rezgésállóság (XYZ-irány)
Útadó	-20 °C / +70 °C	10 - 150 Hz

Ha a fenti feltételek teljesülnek, a mérésünk hiteles mért adatokat tartalmaz.

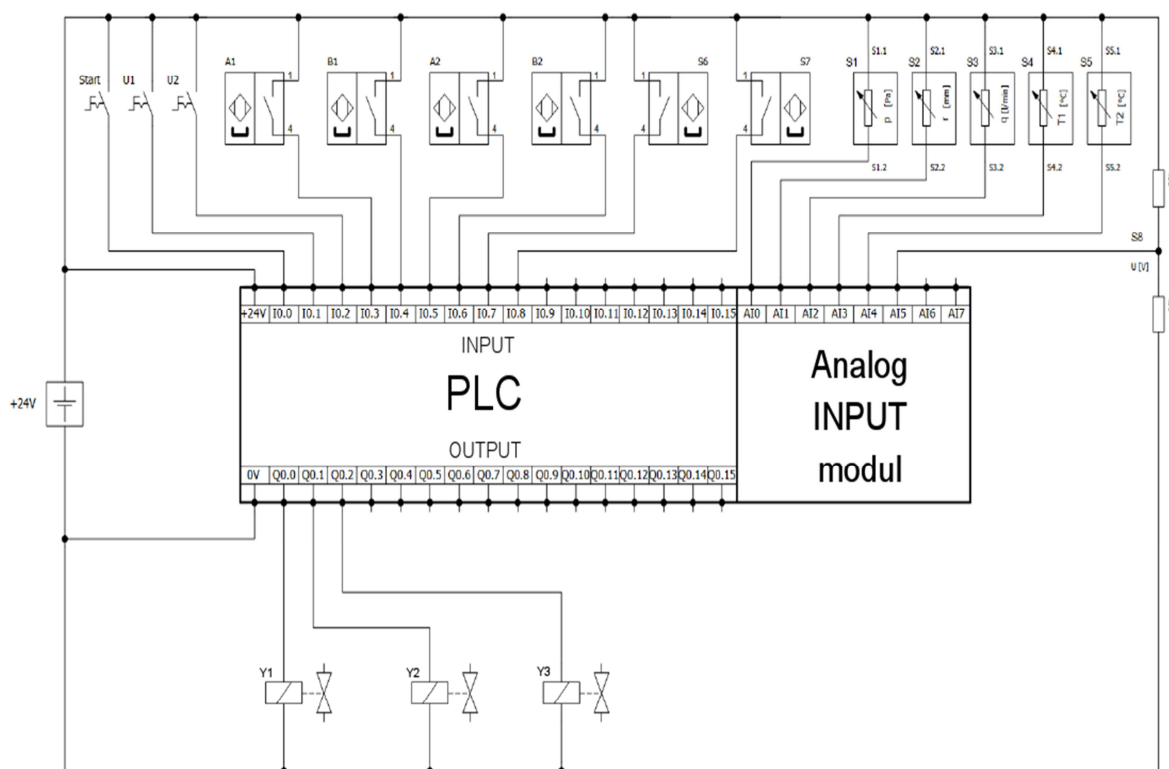


20. ábra: A PLC állapota és a globális változók értékeinek frissítése

4.9. Rendszeren belüli kommunikáció

A PLC az R-IB IL AI 8/SF analóg modulokon keresztül fogadja a szenzorok jeleit (21. ábra, 5. táblázat). A PLC a jelek egy részét, például a jármű sebességét és a megtett út számolását fel is dolgozza, majd a beérkező és a feldolgozott adatokra frissíti a globális változók értékét. Ezen változók értékét egy Phoenix Contact 2692791 FL WLAN EPA típusú adó-vevő segítségével továbbítjuk a PC oldali WLAN modulhoz (Phoenix Contact 2700718 FL WLAN 5100), ahol a PC-n lévő megjelenítő alkalmazás (WinStudio) feldolgozza és megjeleníti azokat.

A kommunikáció a két egység között EtherNet/IP protokollon keresztül történik (20. ábra). Az ábrán a 192.168.1.0/255 privát „C” osztályú IP címtartományt használtunk.

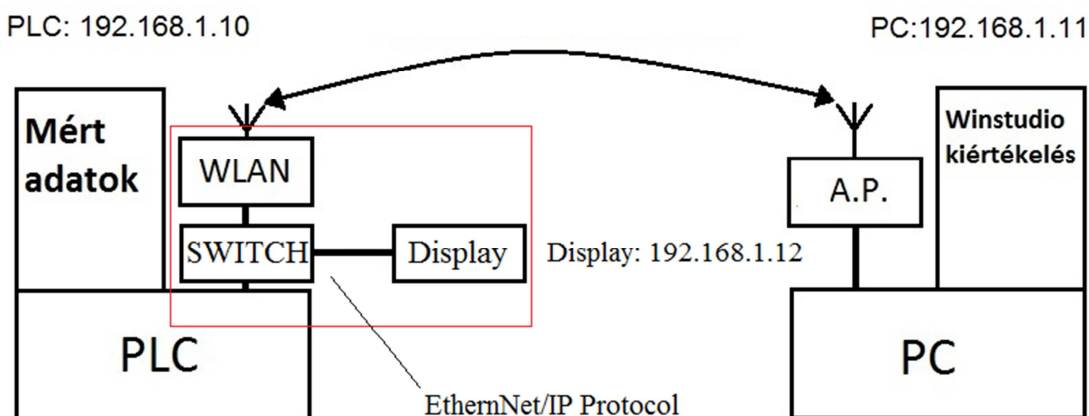


21. ábra: A járműn elhelyezett mérésadatgyűjtő és vezérlő kapcsolási rajza

Szenzorok jelölése	Szenzor leírása
Start	A pneumatikus motor ki/be kapcsoló gombja
U1	Távolsági/Ügyességi üzemmód váltó kapcsolója
U2	Tempomat üzemmód ki/be kapcsoló gombja
A1, B1	A pneumatikus munkahengerek végállás kapcsolói
A2, B2	Az expanzióhoz szükséges helyzetérzékelők
S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8	A járműre felhelyezett szenzorok (nyomásmérő, útdó, áramlásmérő hőmérő szenzorok, sebességmérő reed-relék, feszültségmérés)
Y1, Y2, Y3	Az elektropneumatikus útszelepek mágnes szelepei

6. táblázat A 21. ábrához tartozó jelmagyarázat

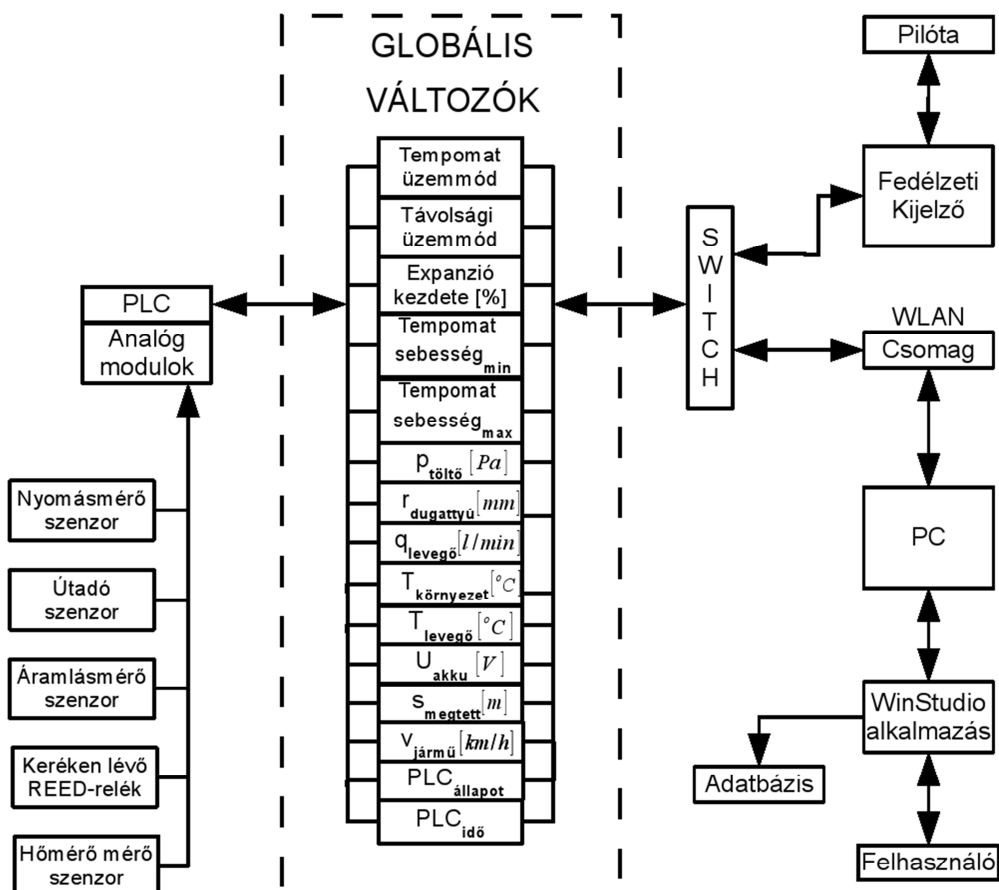
A kommunikáció beállításához a PLC-ben definiálnunk kell úgynevezett Globális Változókat, melyeket a PLC megoszt a kommunikációs hálózaton (20. ábra), így ezeket a változókat a pilóta kijelzője és a WinStudio alkalmazás írni/olvasni tudja. A szenzorok változói a PLC ciklus idejének megfelelően frissülnek, így a mért adatainkat, ennek az időnek megfelelően (kb. 10 ms) a WinStudio segítségével egy SQL adatbázisba rögzítjük.



22. ábra: Az egységek közötti kommunikáció elvi vázlata

A PLC az alábbi információkat küldi az adatgyűjtőnk (PC) felé (23. ábra):

- a hengerben lévő töltőnyomás értéke
- a henger dugattyújának pozíciója
- a jármű pillanatnyi levegő fogyasztása
- a jármű pillanatnyi sebessége
- a jármű által megtett út
- a környezet hőmérséklete
- a sűrített levegő hőmérséklete
- az akkumulátor feszültsége
- PLC kommunikációs állapota
- a kiolvasás időpontja



23. ábra: A mérőrendszer funkcióblokkos elvi vázlata

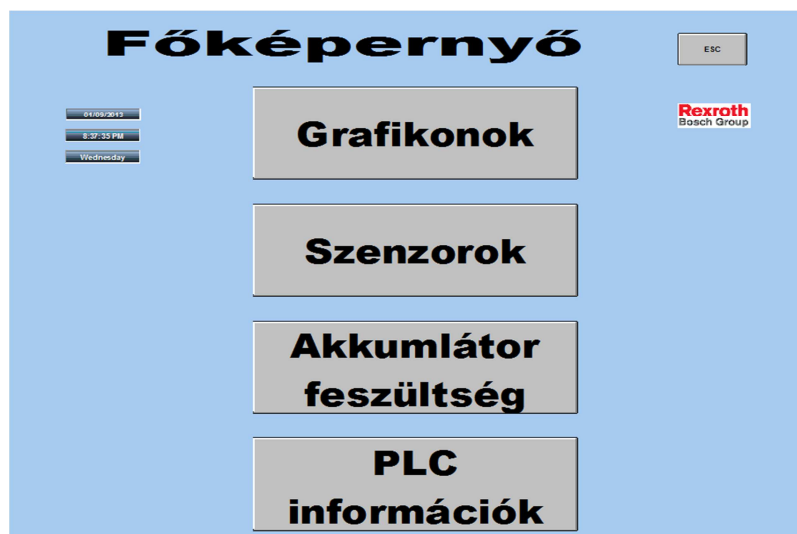
4.10. A mért adatok megjelenítése

A mérési adatok megjelenítését a Rexroth WinStudio programmal létrehozott alkalmazáson keresztül tudjuk megvalósítani. Ezen belül lehetőség van megjelenítő alkalmazások és ipari megjelenítő eszközökre való képernyőstruktúra létrehozására is.

A kommunikációs hálózatról el tudja érni a globális változókat, melyeket hozzá tudjuk rendelni a szoftverben használt változókhoz. Az általunk létrehozott képernyőkre meg tudunk jeleníteni különböző grafikus elemeket például kapcsolókat, ledet, változó értékeket (kijelzése, megadása), grafikonokat és táblázatokat.

A PLC felől érkező, PCL-ben létrehozott globális változókhoz hozzárendeltük a WinStudióban használt változókat, melyek közül a szenzorokból beérkező információkkal egy matematikai munkalapon a megfelelő számításokat és átváltásokat elvégezve a kívánt formában és mértékegységben kapjuk meg a keresett értékeket, amelyekkel így már el lehet végezni a már korábban leírt számításokat a származtatott mennyiségek meghatározására.

A mennyiségek megjelenítésére terveztünk egy PC-n a felhasználó számára megjelenő képernyőstruktúrát, melynél egy főmenüből (24. ábra) választhatóak ki a megjelenítendő grafikonok (25. ábra), valamint táblázatba foglalt mért adatok az idő függvényében szenzorok (mérések) szerint csoportosítva.



24. ábra: A WinStudióban készített alkalmazás főképernyője

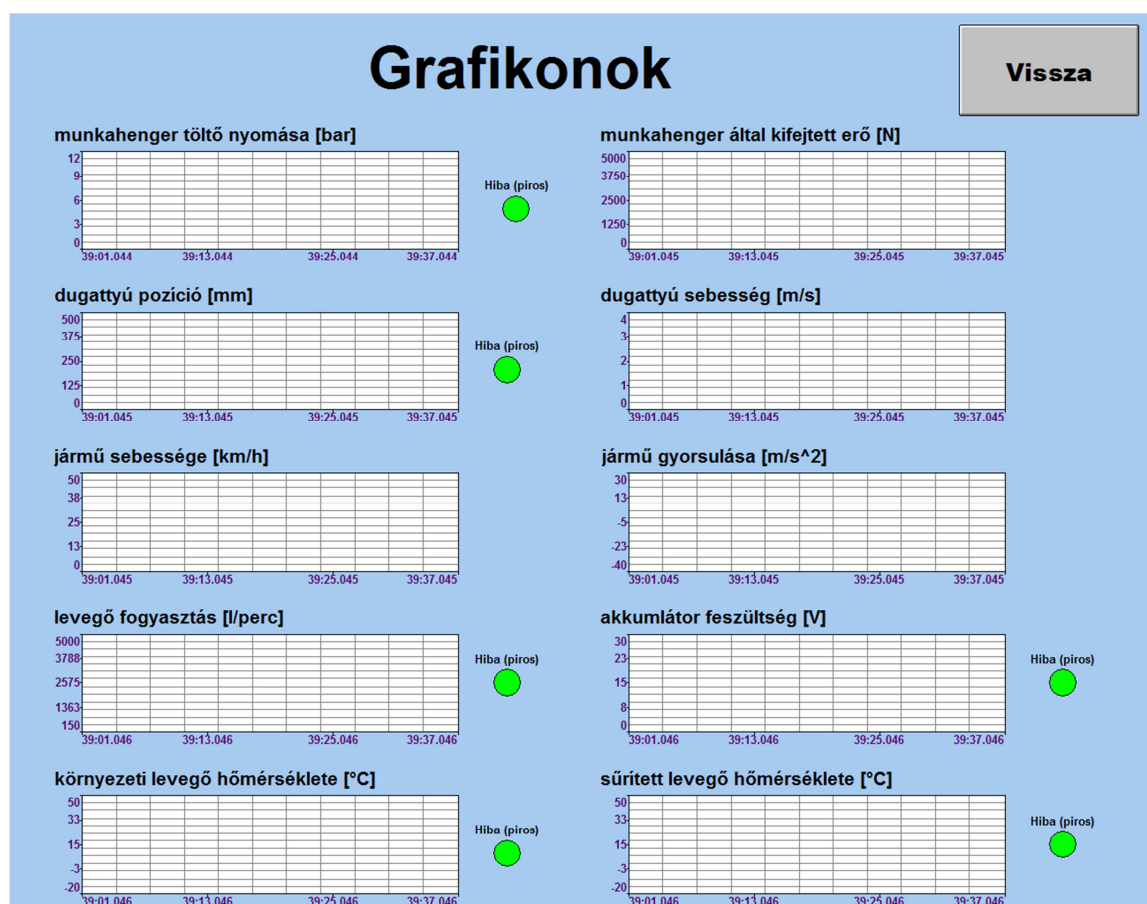
Így lehetőségünk van valós időben figyelemmel követni járművünk bizonyos paramétereit grafikus formában:

Mért fizikai paraméterek:

- munkahenger töltőnyomásának változása
- dugattyú pozíciója
- levegőfogyasztás
- a szenzorok és a PLC tápellátását szolgáló akkumulátor feszültsége
- környezeti, és a sűrített levegő hőmérséklete

Származtatott fizikai paraméterek

- munkahenger által kifejtett erő
- dugattyú sebessége
- jármű sebessége
- jármű gyorsulása



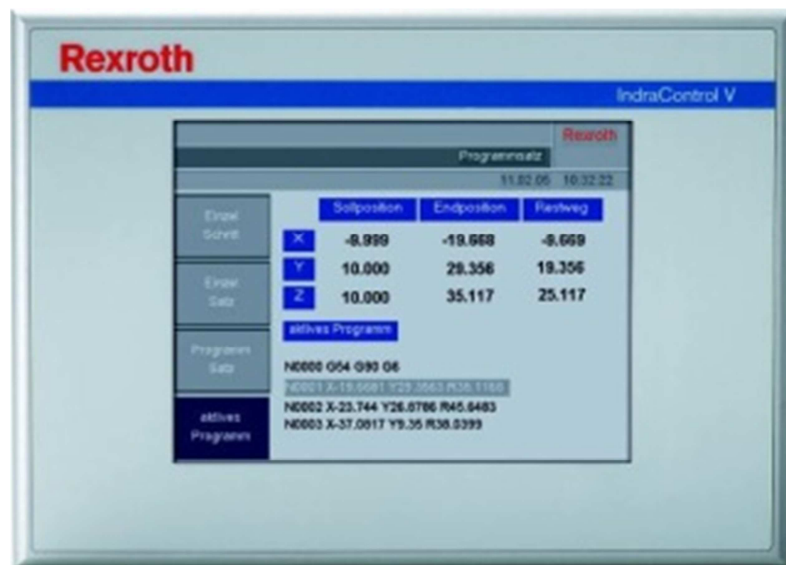
25. ábra: A grafikonokat megjelenítő kezelőfelület

Mindezek a fennmarandó értékekkel együtt táblázatos formában is megjelennek. Ezeket a táblázatos formátumú értékeket ODBC adatbázison keresztül a Microsoft Access programban létrehozott SQL adatbázisba exportáljuk, és tároljuk (26. ábra).



26. ábra: A mérésadatgyűjtő fedélzeti alkalmazás együttműködése az adatbázis átjáróval

A WinStudioval lehetőségünk van a pilóta számára elhelyezett nyomásra érzékeny (rezisztív) érintőpaneles vezérlőegység (IndraControl VCP 25) (27. ábra) képernyőjének létrehozására, melyen a pilóta figyelemmel kísérheti a fontosabb menet közbeni értékeket (28. ábra), valamint ennek segítségével aktiválhat különböző üzemmódokat, és megadhat azokhoz tartozó paramétereket. (7. ábra 3. és 11. sor)



27. ábra: IndraControl VCP 25 típusú kijelző

00.0 KM/H	ELFOGYASZTOTT LEVEGŐ: 00.0 LITER ÁTLAGSEBESSÉG: 00.0 KM/H MEGTETT ÚT: 00.0 MÉTER ELTELT IDŐ: 00 MIN 00 SEC
Minimális sebesség [km/h] - 15 + min: 0 max: 50	06:55:10
Maximális sebesség [km/h] - 20 + min: 0 max: 50	Expanzió kezdete [%] - 15 + min: 0 max: 100
TEMPOMAT ÜZEMMÓD	TÁVOLSÁGI ÜZEMMÓD

28. ábra: WinStudioval készített kijelző a pilótának

5. Fejlesztési lehetőségek

A fejlesztés folyamán különböző lehetőségeket vizsgáltunk meg, amelyeket a rendelkezésre álló időben nem volt lehetőségünk végig járni, de röviden szeretnénk összefoglalni ebben a fejezetben.

- A ModBus/TCP protokoll megvalósítása, hogy kommunikálni tudjunk más ipari eszközökkel is, például frekvenciaváltó.
- A jármű hajtásának dinamikai vizsgálatából meghatározhatjuk a részegységek hatásfokát és ebből adódóan az azokon fellépő veszteséget. Ezeket a veszteségeket ismerve a különböző mechanikai vagy vezérlési paraméterek változtatásával összehasonlító mérésekkel tudjuk járművünk megváltozott dinamikáját kiértékelni a mérési eredményekből, és mindezekből optimalizálni azt.
- A távolsági futamon felhasznált levegő mennyiség csökkentése érdekében a hengerek expandáltatásának hatásfokának növelését az azért felelős Reed-kapcsoló optimális pozíciójának meghatározásával tudjuk elérni. Méréseket végzünk a Reed-kapcsoló helyzetének változtatásával, azonos környezeti feltételek mellett. Az optimális helyzetet a legkisebb felhasznált levegő mennyisége mutatja.
- A lökethossztól függő nyomás szabályzás hatékonyságát úgy tudjuk mérni, hogy azonos nyomásértéken, vagy adott ideig tartó nyomáson történő expandáltatással, majd összehasonlítva a különböző útviszonyok között (például emelkedőn, lejtőn) mért értékeket.
- A hengerben fellépő súrlódási viszonyok értékének minimálisra csökkentése érdekében vizsgálhatjuk a különböző kenés- illetve tömítésválasztás esetén vizsgálhatjuk a jármű sebesség és gyorsulásértékeit a különböző esetekben.
- Továbbá mérőrendszerrel gyűjtött adatok alapján szimulálhatók a versenykörülmények egy tesztpad segítségével, így lehetőséget biztosítva a járművünk versenyre való optimalizálására szimulációval is.

6. Összegzés

A TDK dolgozat célja egy általános telemetriai rendszer kifejlesztése, amelyet először egy pneumatikus hajtású tanulmányautón teszteltünk. A megbízhatóság érdekében a Bosch Rexroth ipari automatizálási eszközeit használtuk fel.

A rendszer két fő elemből áll: (1) a járműre telepített IndraControl L10 típusú PLC, (2) PC alapú mérésadatgyűjtő alkalmazás, amelyet a Rexroth WinStudio fejlesztőkörnyezetében hoztunk létre.

A fejlesztés közben figyelembe vett főszempontjaink közé tartozott, a pneumobil versenykörülményeinek tanulmányozása, a Rexroth Pneumobil verseny kiírásának figyelembe vételével, továbbá a karon fejlesztett legújabb verziót, pneumobil műszaki adatait, mivel ezek lényegesek a telemetria műszaki specifikációja szempontjából.

A fejlesztés következő lépése a hajtás felépítésének vizsgálata mérési szempontok szerint. Azután a mért fizikai jellemzők jeleit vizsgáltuk programozási szempontból, továbbá elvégeztük a gépjármű és a hajtás dinamikai vizsgálatát méréstechnikai szempontból.

Megválasztottuk a műszaki specifikációt kielégítő méréstechnikát, a hozzá tartozó szenzorokat és mérőeszközöket, továbbá elvégeztük ezen eszközök jellemzését. Kifejlesztettük a mérési módszert megvalósító PLC programot.

A pneumobil mérőrendszerének működését röviden leírtuk kiegészítve blokkvázlatokkal, továbbá a mérésadatgyűjtő alkalmazással. Az alkalmazás egy PC-n futó webről is elérhető alkalmazás, amelyet a WinStudio alkalmazás fejlesztővel készítettünk el. A vezető valós idejű tájékoztatására elkészült egy megjelenítő alkalmazás az IndraControl VCP 25-re, Bosch Rexroth ipari megjelenítő termékére.

Végül bemutattuk a mérőrendszer fejlesztési irányait, a benne rejlő távlati lehetőségekkel, amelyek között első helyen áll a ModBus/TCP protokoll megvalósítása, hogy kommunikálni tudjunk más ipari eszközökkel is.

7. Felhasznált irodalom

- [1] Drive&Control Local Pneumobil különszám 2012
http://www.pneumobil.hu/pneumobil_2012/kulonszam
Letöltve: 2012. november 1.
- [2] http://www.pneumobil.hu/archivum/pneumobil_2011/tanari_konferencia_2011/pneumobil_2011_verseny_pneumotorjai Letöltve: 2012. november 1.
- [3] <http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/folyamatmuszerezes.pdf> Letöltve: 2012. november 15.
- [4] <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=758501> Letöltve: 2012. november 7.
- [5] Ajtonyi István: PLC és SCADA-HMI rendszerek: készült az MLR-RET projekt és a hazai PLC forgalmazók támogatásával Miskolc : AUT-INFO Kft., 2007, 978 963 06 3165 5
- [6] Pneumatika II. : szervíz és hibakeresés / [szerk. Bolla Gyula] ; [közread. a] Festo Kft., Budapest : Festo Kft., 2008, 978-963-88159-1-0

8. Ábrák jegyzéke

1. ábra: A Debreceni Egyetem pneumobilja.....	5
29. ábra: A hajtás részegységei	6
3. ábra: Pneumatikus kapcsolási rajz	8
4. ábra: IndraControl L10 típusú PLC	9
5. ábra: Az IndraWorks Engineering kezelőfelülete	10
6. ábra: A hajtás program változói	11
7. ábra: A hajtás programja	13
8. ábra: A járműhöz alkalmazott fél autó modell	14
9. ábra: A henger húzóerejének származtatása	16
10. ábra: A mérőrendszer általános felépítése és az elemtípusok	18
11. ábra: A szenzorok elhelyezkedése a járművön.....	19
12. ábra: PE5 nyomásmérő szenzor	20
13. ábra: SM6-AL típusú útmérő szenzor	21
14. ábra: AS3 típusú áramlásmérő	22
15. ábra: Sebességmérés impulzusszámlálással	23
16. ábra: Sebesség mérése az impulzusok között eltelt idő mérésével	24
17. ábra: Sebességmérés	25
18. ábra: A megtett út mérése	26
19. ábra: : Tempomat programja	27
20. ábra: A PLC állapota és a globális változók értékeinek frissítése	30
21. ábra: A járműn elhelyezett mérésadatgyűjtő és vezérlő kapcsolási rajza.....	31
22. ábra: Az egységek közötti kommunikáció elvi vázlata.....	32
23. ábra: A mérőrendszer funkcióblokkos elvi vázlata	33
24. ábra: A WinStudióban készített alkalmazás főképernyője.....	34
25. ábra: A grafikonokat megjelenítő kezelőfelület	35
26. ábra: A mérésadatgyűjtő fedélzeti alkalmazás együttműködése az adatbázis átjáróval	36
27. ábra: IndraControl VCP 25 típusú kijelző	36
28. ábra: WinStudioval készített kijelző a pilótának	37

9. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A 2011-es versenyen induló járművek főbb műszaki paraméterei	4
2. táblázat: A mért mennyiségek felsorolása	17
3. táblázat Áramlásmérő működési tartománya.....	29
4. táblázat Nyomásmérő működési tartománya.....	29
5. táblázat Útadó működési tartománya	29
6. táblázat A 21. ábrához tartozó jelmagyarázat	32