

Debreceni Műszaki Közlemények 2013/1 (HU ISSN 2060-6869)

ELEKTROMOS HAJTÁSÚ JÁRMŰ AKKUMULÁTOR ÁLLAPOT FELÜGYELETE LABVIEW GRAFIKUS PROGRAMMAL[⊗]

ELECTRIC-POWERED VEHICLE BATTERY CONTROL WITH LABVIEW GRAPHICAL PROGRAM

MENYHÁRT József

Folyamatfejlesztő mérnök
FAG Magyarország Ipari Kft.
jmenyhart@msn.com

Kivonat: Az elektromos járművekhez kapcsolódó kutatások, fejlesztések egyre több hajtás- és energia felhasználási problémákat hoznak előtérbe, ennek következménye, hogy egyre több speciális hibrid és teljes elektromos hajtású járműre alakított OBD rendszerek készülnek. A tanulmány a szerző elektromos hajtású jármű OBD kutatásait mutatja be és egy elektromos hajtású járművet. Részletes leírást tartalmaz a tanulmány az autó akkumulátorainak töltöttségére és az akkumulátorok töltéseinek vezérlésére írt szoftverről.

Kulcsszavak: OBD, Aszinkron motor, Széchenyi futam, FPGA, SUB VI

Abstract: The research related to electric powered vehicles focus on the drive and energy consumption problems. These problems result in an amount of special OBD systems for hybrid and electric vehicles. The study presents the author's research on an electric powered vehicle OBD system and an electric powered car. The study contains a detailed description about the batteries strength and about a software that controls the battery management system.

Kulcsszavak: OBD, Asynchronous motors, Széchenyi race, FPGA, SUB VI

1. BEVEZETÉS

A piaci igényekhez igazodva az autógyárak igyekeznek minél alacsonyabb fogyasztású és környezetkímélőbb járműveket gyártani. A fejlesztések több irányban zajlanak, az egyik a kis cm³-es turbós hagyományos fosszilis üzemanyaggal működő járművek, amelyek alacsonyabb fogyasztás mellett kisebb káros anyag kibocsátást tesznek lehetővé, mint a jelenleg forgalomban lévő járművek. A másik irány a hibrid és elektromos járművek fejlesztése.

A fosszilis energiahordozók mennyisége bolygónkon véges, így huzamosabb idegi nem lehetséges fenntartani a mostani közlekedési infrastruktúrát. Ebből kifolyólag egyre nagyobb hangsúly fektetnek az elektromos és hibrid járművek fejlesztésére. A tudomány mai állása szerint, ezen járművekkel kapcsolatos kutatások korlátokba ütköznek.

Az egyik ilyen a még nem kiépített infrastruktúra, amely magába foglalja a járművek töltését, szervizelését. A kutatási irányzatok fejlesztései a ma ismert akkumulátorok teljesítmény határainak kitolásán és töltésük sebességének maximalizálásán fáradozik. A töltésvezérlésre és az akkumulátor állapot figyelésre kidolgozott rendszerek hasonlóak a belső égésű motorokkal szerelt járműveknél használt OBD rendszerekkel. Ezen rendszerek lehetővé teszik, hogy a felhasználó gyors képet kapjon a jármű állapotáról és káros anyag kibocsátásáról.

[⊗] Szaklektorált cikk. Leadva: 2012. október 30., Elfogadva: 2013. január 21.

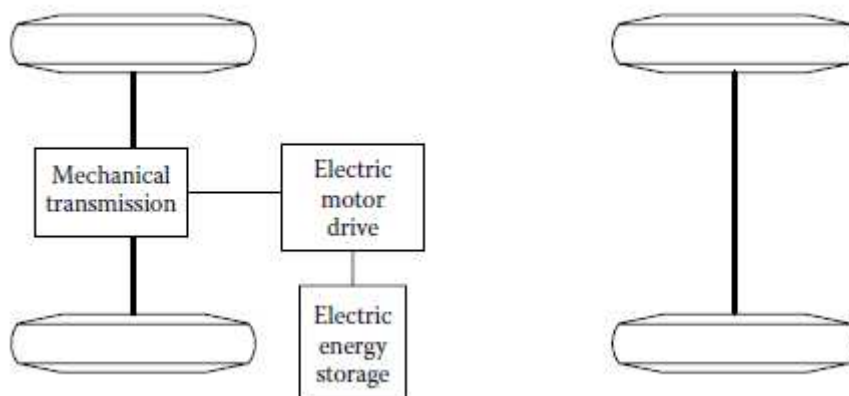
Reviewed paper. Submitted: 30. October 2012. Accepted: 21. January 2013.

Lektorálta: prof.dr. SZABOLCSI Róbert / Reviewed by prof.dr. Róbert SZABOLCSI

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Elektromos hajtású járművek fejlődése

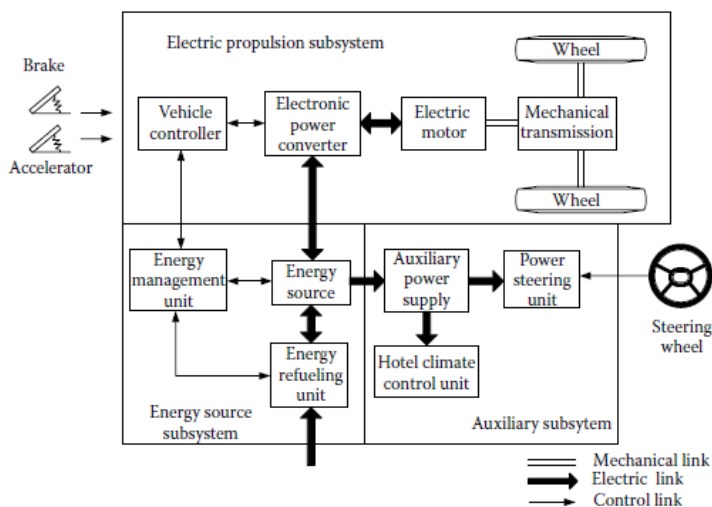
Az első elektromos járművek meglehetősen kezdetleges technológiával rendelkeztek (1. ábra).



1. ábra Kezdetleges elektromos hajtású járművek elvi vázlata [12]

Ezeknek a járműveknek nagy hátránya volt a nagy összsúly, rugalmatlanság és a kis teljesítmény. Ezek a hátrányok oda vezettek, hogy az elektromos járművek hajtási és energia felhasználási rendszerét új alapokra kell helyezni. [12] [16]

Egy modern elektromos jármű rendszereinek felépítését az 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Modern elektromos hajtású járművek felépítése [12]

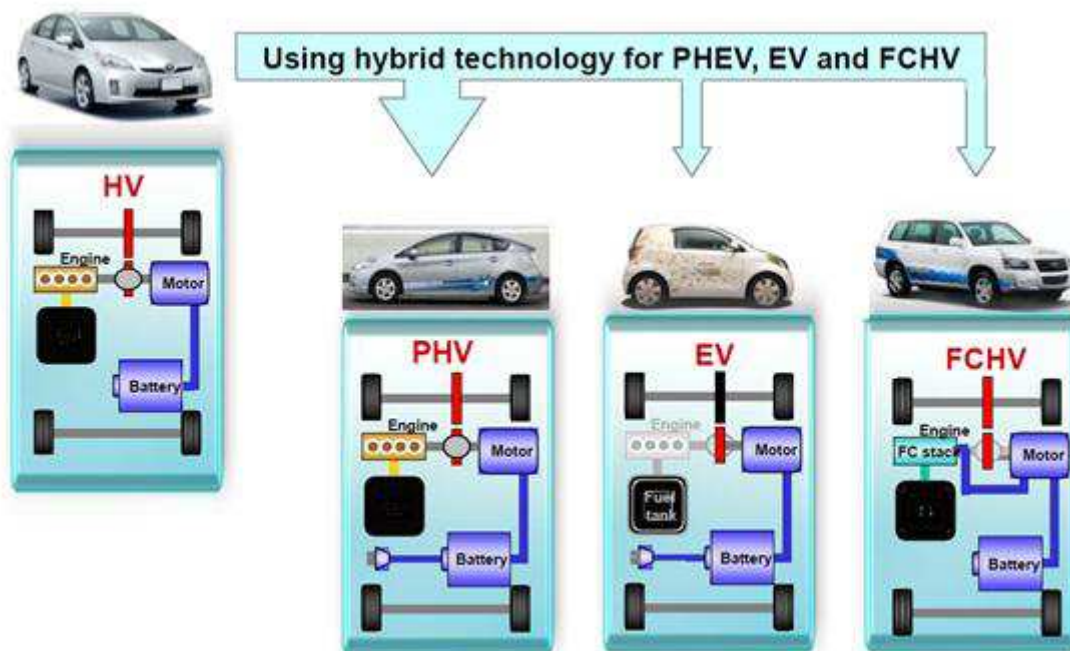
A hajtás lánc a következő 3 alrendszert tartalmazza: elektromos motorhajtás (Electric propulsion subsystem), energiaforrás (Energy source subsystem) és egy kiegészítő rendszert (Auxiliary subsystem). Az elektromos motorhajtási rendszer tartalmazza a járművezérlő egységeket, átalakítókat, villanymotorokat és sebességváltót. Az energiaforrás rendszer tartalmazza az üzem-menedzsment egységet, energiaforrást és az energia újratöltő egységet. A kiegészítő rendszer a kormánykerékből, tápegységből és hőmérsékletvezérlő egységből épül fel. [12]

Ezek a járművek a Gáz (Accelerator) és Fék (Breake) pedálok működtetésén alapulnak. Ezen pedálok működtetésével képes a rendszer energiát továbbítani a villanymotornak az akkumulátorokból. [12]

Az elektromos járművek fejlesztései főként a hibrid járművek irányába indultak el. Ezeknek a célja, hogy a jármű fékezésekor keletkezett, eldisszipált energiát valamilyen módon tárolni és

gyorsításkor vagy lassú üzemben felhasználni lehessen. Ezt az energiát egy üzemenedzsmen rendszer állandó jelleggel felügyeli. [12] [14] [16]

A 3. ábra a Toyota fejlődési irányait mutatja be, Hibrid jármű (HV), plug-in hibrid jármű (PHV), elektromos hajtású autók (EV) és üzemanyag cellás hibrid járművek (FCHV). [14]



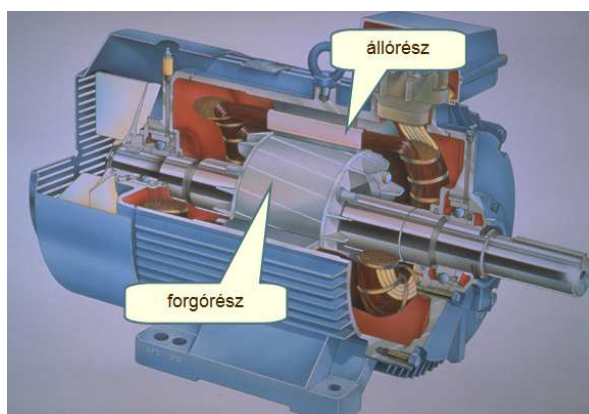
3. ábra A Toyota jellegetes fejlesztési irányai [14]

A hibrid hajtások mindegyike (és az elektromos autók is) elektromos hajtást tartalmaznak. Ez indokolja, hogy a fejlesztések leginkább az elektromos hajtásláncre és annak kiszolgáló egységeire fektetnek nagy hangsúlyt. [4] [14]

2.2 Aszinkron villamos motorok

A villamos hajtásoknak közel a 2/3-a aszinkron hajtás (4. ábra). Elterjedésének oka:

- közvetlenül csatlakoztathatóak 3 fázisú hálózathoz
- nem igényelnek külön tápforrást
- egyszerű felépítése miatt olcsó
- súlya és tehetetlenségi nyomatéka kicsi
- minimális a karbantartási igénye
- motorként és generátorként is használható [1] [11] [13] [18]



4. ábra Aszinkron motor [7]

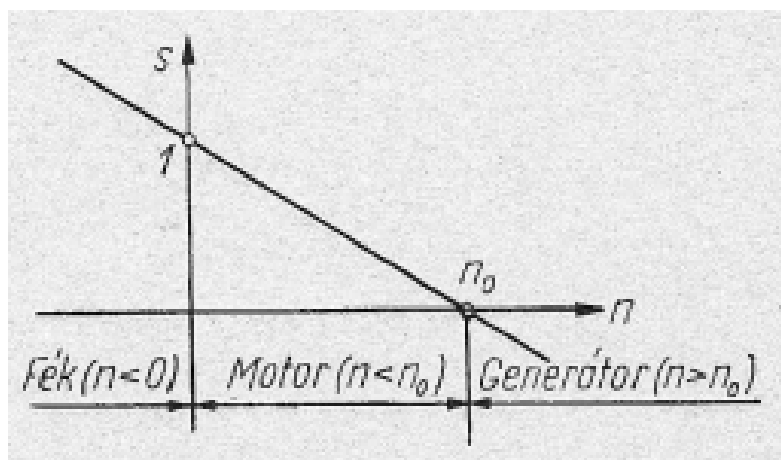
A motor állórészében többfázisú tekercs található, amely forgó mágnes mezőt hoz létre. Ennek a mágneses térnek az erővonalai metszik a forgórész tekercselését, így abban feszültség indukálódik. A tekercselés rövidre zárt áramkört hoz létre, az abban indukálódott feszültség hatására a körben áram folyik. Az így indukált feszültség által hajtott áram mágneses mezeje igyekszik megakadályozni az őt létrehozó indukciós folyamatot (Lenz törvénye). A forgórész soha nem érheti el az állórész forgó mágneses mezőjének értékét, ha elérné, akkor megszűnne az erővonalmetszés. Ezt a csúszást nevezik szlipnek. [1] [11] [13] [18]

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \tag{1}$$

ahol:

- s – a szlip értéke;
- n_0 – szinkron fordulatszám;
- n – aktuális fordulatszám.

Az aszinkron gépek működhetnek motorként és generátorként. Motorüzemben $n < n_0$, az állórész veszi fel a villamos energiát, és a gép tengelyén mechanikai energiát ad le. Generátorüzemben $n > n_0$, a villamos energia a gépből áramlik a hálózat felé. A forgórész gerjesztéséhez szükséges áramot a hálózat hozza létre, tehát önállóan generátorként nem működhet. Féküzemben is működhet, ebben az esetben a forgórész fluxusa és a motor forgórésze ellentétes irányban forog: $n < 0$. Az 5. ábra kiválóan szemlélteti a motor szlipjének és fordulatszámának a kapcsolatát.[1] [11]

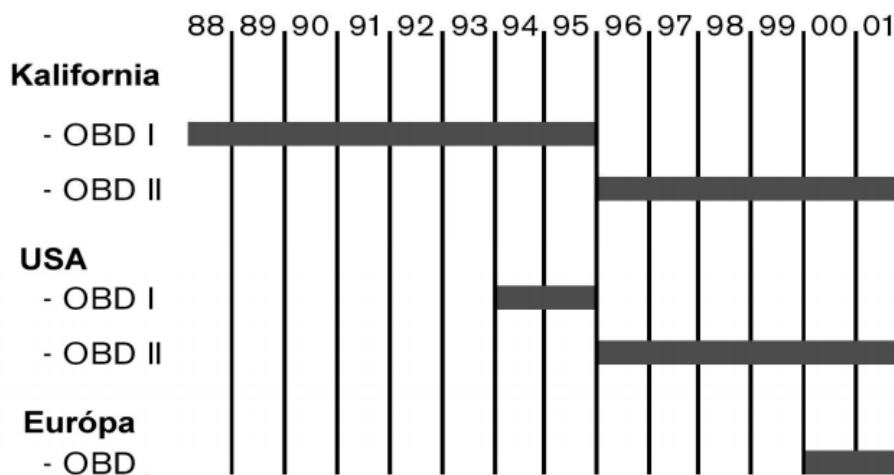


5. ábra Szlip és fordulatszám kapcsolata [11]

2.3 OBD – Belső égésű motorok, elektromos/hibrid járművek

Az OBD I. (On Board Diagnosis) fedélzeti diagnosztikai rendszer az 1988-as modellévtől kezdve kötelező az Egyesült Államok Kalifornia államában. Az OBD I. rendszer által felállított standardokat az 1994-es modellévtől felváltották az OBD II. előírások (6. ábra). [8] [10]

A rendszer szükségességét a sorozatos környezetvédelmi feltételek alakították ki, amelyeknek az autógyártóknak igyekezniük kellett megfelelni. Az előírásokat nem teljesítő gépjárműveket pedig motorüzemi, esetleg túlfogyasztási tünet utalhat. Az ilyen esetek elkerülésének érdekében vezették be a rendszerek folyamatos ellenőrzését. Ezek a rendszerek a hiba felismerése után jelez a vezetőnek, aki ezután köteles a túlzott emissziójú jármű hibáját elhárítani/elháríttatni. Az OBD I. és II. közötti különbség magyarázatára az 1. táblázat ad választ. [8] [10] [15]



6. ábra OBD rendszerek elterjedése [8]

OBD I.	OBD II.
Diagnosztikai csatlakozó nem szabványosított (járműspecifikus válaszcék)	Szabványosított protokoll a szabványos diagnosztikai aljzaton (DLC) keresztül az autó és a diagnosztikai eszköz között
A hibakódok gyártó-függőek, nem publikusak	Szabványosított emisszió-ellenőrző rendszer
A különböző motor- és emisszió ellenőrző endszerek nem szabványosítottak	Szabványos hibakódok (DTC)
A hibás működést visszajelző lámpa nem szabványos	Környezeti paraméterek (Freeze frame) automatikus tárolása hiba rögzítése esetén
A diagnosztikai háttér információi ugyanazon hibára is eltérő műszaki megközelítésű	Szabványos hibajelző lámpa (MIL) és annak szabványos jelzési funkciói
	Üzemállapot-készség (Readiness) meghatározása és felvétele

1. táblázat OBD I. és az OBD II. rendszerek közötti különbség [8]

A legtöbb elektromos/hibrid járművek akkumulátor energia menedzsment modulja (BECM – Battery Energy Control Module) nem más, mint egy önálló OBD II. modul, ami kompatibilis az összes J1979 eszközzel. [9]

3. SZÉCHENYI FUTAM

A Széchenyi futam egy alternatív hajtású járművek versenye, amely Magyarország határain túl és szakmai körökben is elismert megmérettetés a fiatal mérnököknek. A verseny célja olyan járművek kifejlesztése, amelyek meghajtását valamilyen alternatív energia biztosítja. A 2011-es verseny kategóriái: [13]

- I. kategória: motorkerékpár
- II. kategória: hobbi
- III. kategória: napenergia meghajtású járművek
- IV. kategória: tanulmány autó
- V. kategória: prototípus
- VI. kategória: versenyautó
- VII. kategória: szériaautó-átalakítás
- VIII. kategória: szériamotor
- IX. kategória: szériaautó
- X. kategória: elektro GO-KART

A járművek típusain belül a szervezők megkülönböztetnek súlykategóriákat is, ebből 3 db van:

1. Ultra könnyű osztály: 0-250kg-ig
2. Középsúlyú osztály: 250-500kg-ig
3. Nehézsúlyú osztály: 500kg felett [13]

4. FAG-R GERUNDIUM VERSENYAUTÓ FELÉPÍTÉSE

Az autó váza alumíniumból készült, amelynek oldalain összesen 400 db Lítium-polimer akkumulátor kapott helyet. (7. ábra) [13]



7. ábra A versenyautó váza és az akkumulátorok [13]

Az akkumulátorok energiájának felhasználásával 2 db 3kW-os aszinkronmotor kerül meghajtásra. A hajtás fordulatszám szabályzását két (motoronként 1-1) frekvenciaváltó valósítja meg. [13]

Az autó eddigi eredményei (2013.01.12-ig):

2011. VI. Széchenyi futam legjobb köridő, legnagyobb sebesség, legnagyobb átlagsebesség

2011. VI. Széchenyi futam bajnoka Versenyautó kategóriában

2011. Audi Spirit díj

2011. Leginnovatívabb jármű díj

2011. MVM Energia futam 2.0. ezüstérem

2011. MVM Energia futam 2.0 – MVM Csoport Innovációs díja

2012. VII. Széchenyi futam bajnoka Versenyautó kategóriában

2012. MVM Energia futam 2.1 Fairplay díj [2] [5] [17]

5. A PROGRAM FELÉPÍTÉSE

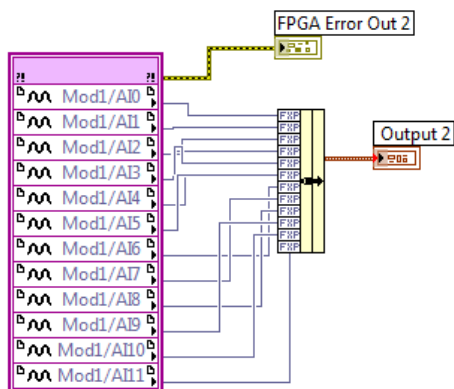
5.1 FPGA program

A rendszer működésének alapját az FPGA-n futó program adja. Ezen keresztül történik a feszültség mérés, a hőmérséklet mérés és a töltést vezérlő kapcsoló működtetése. [3]

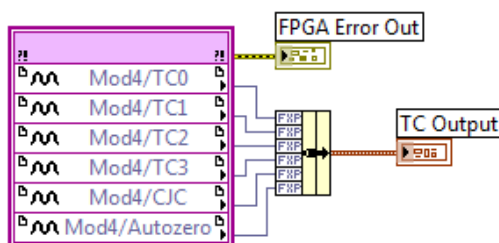
A feszültség mérés a megfelelő modul és annak bemenetének a megcímzésével történik.

A 8. ábrán látható a feszültség méréshez megcímzett modul. A modul neve mellett (Mod1) szerepel a bement típusa is (AI0 = Analog Input 0). Az adatok a könnyebb kezelhetőség miatt tömbösítve vannak egy „Output 2” nevű tömbbe.

Hőmérsékletmérés szintén modul megcímzéssel indul, majd az adatok tömbösítve vannak - TC Output . (9. ábra)

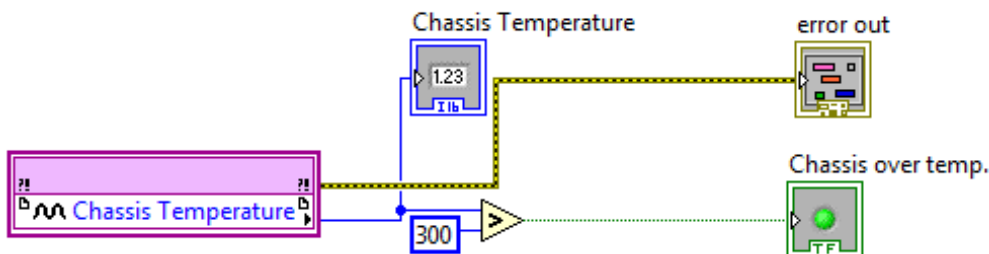


8. ábra: Feszültség mérés [13]



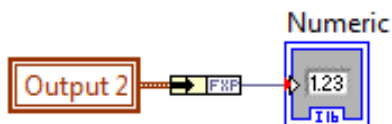
9. ábra Hőmérséklet mérés [13]

CompactRIO túlmelegedés ellenőrzésére lekérhető az FPGA hőmérséklete (10. ábra).



10. ábra FPGA hőmérséklet [13]

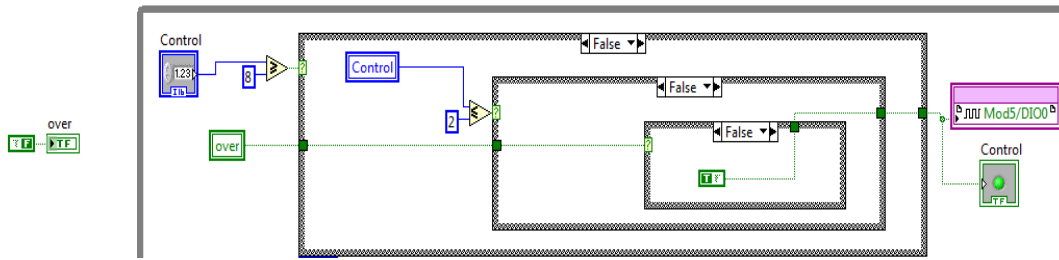
Az akkumulátorok töltéséért felelős kapcsoló vezérlését az FPGA-ra írt program végzi. Az akkumulátorok tömbösített feszültségértékei lokális változókkal lettek szétbontva a tömbből (11. ábra).



11. ábra Lokális változó alkalmazása (Output 2) [13]

A kapcsoló logikai változó mellé definiálásra került egy „over” elnevezésű változó. Ennek a változónak a segítségével lehet deklarálni, hogy a töltési függvény felszálló vagy leszálló ágban van.

A meghatározott limiteknél változtatja meg az értékét True-ra vagy False-ra, aszerint, hogy melyik értéket érte el (12. ábra).



12. ábra Kapcsoló vezérlés [13]

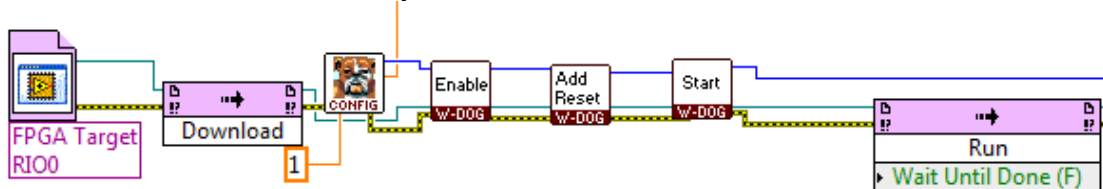
A vezérlés során az FPGA-n beolvasott feszültségértékek egy konstans értékkel lesznek összehasonlítva. Ha a feszültség érték a felső határértéket meghaladja, akkor a program megszünteti az 5V-os feszültség kiadását a kapcsolóhoz. A feszültség megszüntetése után mindaddig vár, amíg az alsó határértéket el nem éri a feszültségérték, ekkor a program ismét 5V kiadását kezdi meg a megadott modulon és annak a megfelelő csatlakozó lábán, mindaddig, amíg a felső határértéket el nem éri a töltés értéke. Ez a folyamat a While ciklusnak köszönhetően a végtelenségig ismétlődik, mindaddig, amíg a programot meg nem áll. [13]

Az 5V kiadásához meg kell címezni a vezérlést végző modult, valamint annak a megfelelő kimenetét (Mod5, DI0) (12. ábra).

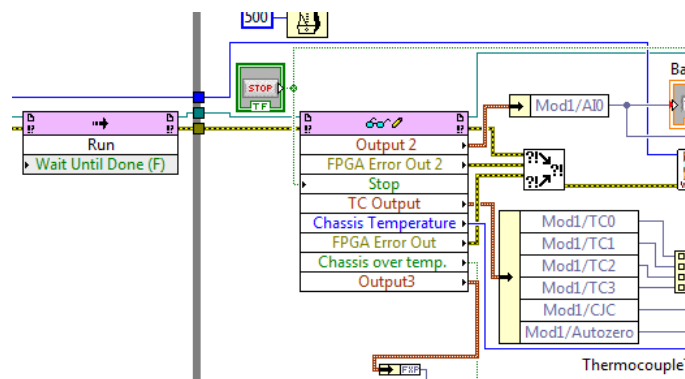
5.2 HOST program

A HOST program nem a CompactRIO eszközön fut, hanem egy számítógépen. Ennek következtében a program megírásakor először hivatkozni kell az eszközre (FPGA Target RIO0), amelynek az FPGA programján futó adatokat szeretnék lekérni (13. ábra).

A megfelelő hivatkozás után az adatok letöltése szükséges az FPGA programból a HOST programban. A HOST programban az elvégzendő műveletek egy WHILE ciklus keretein belül zajlanak a folyamatos adat követés érdekében. A ciklusban egy Read/Write Control használatával lehet az FPGA-ból érkező információkat kinyerni. (14. ábra)



13. ábra Hivatkozás a megfelelő eszközre [13]



14. ábra Read/Write control [13]

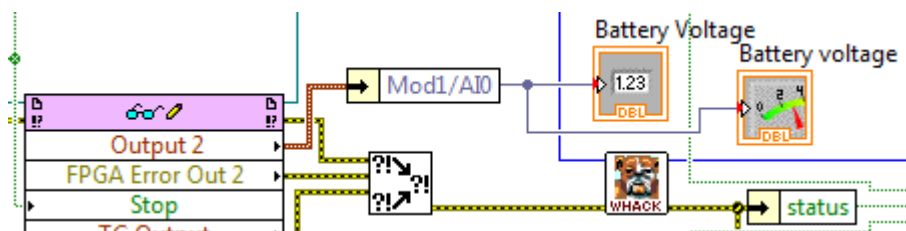
A programban lekért adatok a következők:

- **Output2:** Akkumulátor feszültség
- **FPGA Error Out 2:** Akkumulátor feszültség hiba jel
- **Stop:** Stop (Leállítja a program futását.)
- **TC Output:** 4 hőelem hőmérséklet adatai (konvertálásra szorulnak)
- **Chassis Temperature:** cRIO hőmérséklete (konvertálásra szorul)
- **FPGA Error out:** Hőmérséklet hiba jel
- **Chassis over temp.:** Figyelmeztetés az FPGA programból cRIO túlmelegedés esetén
- **Output 3:** Akkumulátor feszültség

Minden egyes elemnek más színek van a különböző adat típusok miatt. [13]

5.2.1. Feszültség mérés

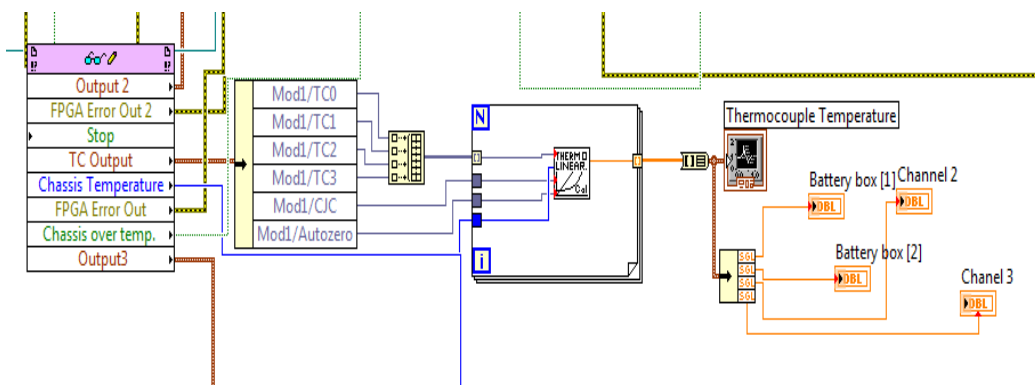
A mért feszültség értékek az FPGA programban tömbösítve lettek, így a HOST programban ebből a tömbből kell őket kiolvasni. Ha a tömbösítés nem történt volna meg, akkor a Read/Write Control átláthatatlanul hosszú lenne, valamint felesleges adathalmaz keletkezne az FPGA programban (15. ábra). A feszültség értékek kijelzésére nincs szükség semmilyen átalakításra, így azok az FPGA-ból való kiolvasás után azonnal kijelmezhetőek.



15. ábra Feszültség mérés [13]

5.2.2. Hőmérsékletmérés

A hőmérsékletméréshez szükséges adatokat szintén egy tömbből vannak lehívva, de ezeknél az adatoknál, már szükség van az adatok átalakításához. A tömbösítés megszüntetése után a lebegőpontos összefüggéseket úgynevezett „Build Array” parancs sorokba rendezi, így kevesebb bekötés kell az átalakítást végző programnak (16. ábra).

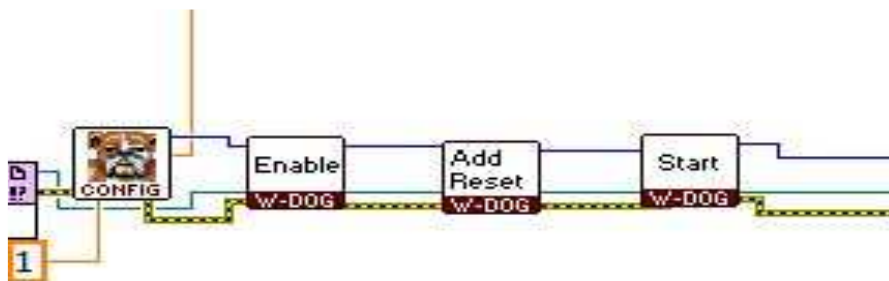


16. ábra Hőmérsékletmérés [13]

A sorba rendezett adatok ezután egy For cikluson belül egy Sub VI-ba futnak. Ez a For ciklusba ágyazott program a CJC feszültség értékeit átalakítja hőmérséklet értékekké. Második lépésben a CJC hőmérséklet értékeit alakítja feszültséggé egy fordított polinómális egyenlettel, a hőelem miatt (17. ábra). [13]

5.2.4 Watchdog

A valós idejű (Real Time) alkalmazásoknál, mint a CompactRIO, determinisztikus hibák sorozata jelentkezhet. A programba beépített Watchdog egy olyan felügyeleti programok összessége, amelyek felügyelik a rendszer egyes eseményeit és hibáit. A Watchdog-ban egy beépített számláló van (20. ábra), ami ha elég egy bizonyos határt, akkor kijavítja a kapcsolódási hibát.



20. ábra Watchdog [13]

6. JÖVŐBELI FEJLESZTÉSI POTENCIÁLOK

Jövőbeni fejlesztési potenciálnak megemlíthető az FPGA és a HOST programok közötti információ áramlás esetleges lassulásának kiküszöbölése, valamint a vezeték nélküli kommunikáció a versenyzőt támogató személyzettel.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A ma használt belső égésű motorral szerelt járműveket egyre inkább háttérbe szorítják a hibrid és elektromos hajtású járművek. Ezen két jármű típus fejlesztésében még számos fejlesztési lehetőség rejlik. Az egyik legfontosabb olyan akkumulátorok kifejlesztése, amelyek teljesítménye közel elegendő energiát biztosít, mint egy hasonló felépítésű jármű belső égésű motorral szerelve.

Az akkumulátorokhoz kapcsolódik azok újratöltésének vezérlés és felügyelete, mind menet közben vagy pedig parkoló helyzetben. Ezen problémákat fogják össze a ma is használatos OBD rendszerek. Ilyen OBD rendszerek folyamatos fejlesztése elsődleges feladat elektromos és hibrid járművek fejlesztése során, mivel az akkumulátorok sajátosságából a nem megfelelő kezelés miatt károsodás, baleset történhet.

A bemutatott problémához a szerző LabVIEW programnyelvet és CompactRIO ipari controllert és a hozzájuk kapcsolódó modulokat használat, megfelelő adaptálással már járművökön és gépeken használható. Az elkészült rendszer több mint 50 óra működés után is kifogástalanul és pontosan végzi a mérési és vezérlési feladatokat.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Budapesti Műszaki Egyetem Villamos energetika Tanszék Villamos Gépek és Hajtások Csoport - Villamos hajtások, Aszinkron motoros hajtások, 2008., 1-4., 6-7.
- [2] Debreceni Egyetem Műszaki Kar Villamosmérnöki és Mechatronika Tanszék - A Gerundium nyerte a VI. Széchenyi Futam versenyző kategóriáját (2011. április 29.)<http://www.mk.unideb.hu/userdir/vmt2/index.php/hu/de-high-voltage/77-vi-szechenyi-futam-2011.html>) 2012. október 14.
- [3] **DISZNÓS IMRE**, LabVIEW magyarul, 2006. március 22. (<http://cnx.org/content/m13511/latest/>)2012.november.08.
- [4] **DR. EMÓDI ISTVÁN, TÖLGYESI ZOLTÁN, ZÖLDY MÁTÉ** Alternatív járműhajtások - Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.

- [5] **DR. HUSI GÉZA** Pályázat a DE Innovációs Díja kitüntetés elnyerésére, pályamunka, Debrecen, 2012.
- [6] **DR. HUSI GÉZA, SZÁSZ CSABA, VIRGIL CHINDRIȘ**, Embryonic Systems Implementation with FPGA-based Artificial Cell Network Hardware Architectures – Asian Journal Control (en), John Wiley and Sons Asia Pte Ltd and Chinese Automatic Control Society, 2010/12 Issue2, 208-215
- [7] **DR. KODÁCSY JÁNOS, DR. PINTÉR JÓZSEF** – Szerszámgépek és gyártórendszerek, Széchenyi István Egyetem, 2011. (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_12-Szerszamgepek_es_gyartorendszerek/4_lecke_ipari_robotok_hajtsrendszerei.html) 2013.01.10.
- [8] **DR. LAKATOS ISTVÁN PHD** - OBD, EOBD (fedélzeti diagnosztika), 5. Kipufugógáz-technika és fedélzeti állapotfelügyelet, Széchenyi István Egyetem, 2007. október 29.
- [9] Ford Motor Company, 2010 MY OBD System Operation Summary for Hybrid Electric Vehicles, 2010. január 14., 3-35.
- [10] Gerec.hu – A motorok világa, Az OBD rendszerek (<http://www.gerec.hu/motormenedzsment-es-diagnosztika/az-obd-rendszerek/>) 2012. október 14.
- [11] Kecskeméti Főiskola Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar KSII Elektrotechnika és Kibernetika Szakcsoport – Aszinkron motorok, Háromfázisú aszinkron motorok, Egyfázisú aszinkron motorok, 2012. október 15., 1-2.
- [12] **MEHRDAD EHSANI, YIMIN GAO, ALI EMADI** Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles - CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 2010.
- [13] **MENYHÁRT JÓZSEF** Elektromos hajtású jármű üzem-menedzsmentje compact RIO-val, Szakdolgozat, Debrecen, 2011.
- [14] **MICHEL GARDEL**, Vice President Toyota Motor Europe, Hybrid & Electric Vehicles Forum, Prague, 2012.
- [15] OBD DIAG Kft. OBD2 Információk (<http://www.autodiagnosztika.com/obd2.html>) 2012. október 15.
- [16] **SETH LEITMAN, BOB BRANT** Build your own electric vehicle (ebook) – The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 2009.
- [17] Széchenyi futam, A VII. Széchenyi futam végeredménye (<http://www.szechenyifutam.hu/catview/index/id/11426/m/245>) 2012. október 17.
- [18] Wikipédia, Aszinkron gép, (http://hu.wikipedia.org/wiki/Aszinkron_g%C3%A9p) 2012. október 14.