

Ipari pneumatika és pneumatikus járművek

Bolyki Ferenc

Aventics Hungary Kft. Ipari mérnökség vezető,

3300 EgerBánki Donát u. 3. (e-mail: ferenc.bolyki@aventics.com).

Abstract: Az Aventics (és jogelődjei) közel 50 éve foglalkozik Magyarországon pneumatikus rendszerek fejlesztésével és gyártásával. Elsősorban az ipari automatizálás a termékek fő felhasználási területe, de már több évtizede beépült az ilyen elemek alkalmazása a közlekedési eszközökbe is (buszok, tehergépjárművek, hajózás). 2008-ban a Pneumobil versenyek elindításával talán egy új perspektívája nyílt meg a pneumatika alkalmazására. Ezen cikkben mindazon megoldások összefoglalását jelenítjük meg, amelyeket a versenyző hallgatók megvalósítottak, hogy a két köbméter sűrítettlevegőből kihozzák a maximumot. Ezt kiegészítve bemutatunk egy alternatívát, amely talán a fenntarthatóság útját is megmutatja.

1. BEVEZETÉS

A pneumatika első alkalmazásai a közlekedéshez köthetőek, hiszen George Westinghouse már az XIX. század közepén vasúti kocsik fékezésénél alkalmazta a sűrítettlevegő munkavégző képességét. Tehát a közlekedés tekinthető mindennemű pneumatikus alkalmazás táptalajának. Legfőképpen a közúti közlekedés esetében gyorsan háttérbe szorult a gőz alkalmazása és néhány kiegészítő funkció már sűrítettlevegővel működött. A XX. század 50-es éveitől a mechanikus automatizálást gyorsan háttérbe szorította a pneumatikus logika és az ipar számos területén munkahengerek hajtották végre a szelepek utasításait. Ezek az alkalmazások mára alkalmazkodtak a rohamosan fejlődő elektronikával való együttműködésre, így a mai alkalmazások főleg végrehajtó elemek. A járműipar hű maradt sűrítettlevegőhöz, a nehézgépjárművek számos fő és támogató funkciója működik továbbra is ezzel az energiával. Ezek az elemek ugyan funkciójukat tekintve nagyon hasonlítanak az ipari környezetben működőkhöz, de kialakításukat nézve más alkalmazkodtak a járművek formavilágához. A motorizált közúti közlekedés hajnalán több „hajtóanyaggal” kísérleteztek, de ezekből csak a benzin (és gázolaj) amely kiállta a próbát, most elsősorban környezetkárosító hatásuk miatt alternatívákat keres a világ.

Első megközelítésre talán képtelen ötletnek tűnik tisztán sűrítettlevegős meghajtással járművet építeni. Nekünk sem ez volt a célunk az első Pneumobil verseny meghirdetésekor, sokkal inkább egy innovatív feladaton keresztül bevezetni a hallgatókat a pneumatika rejtelmeibe. Mára a verseny nemzetközivé nőtte ki magát és fémjele lett az ipar és a felsőoktatás egy kapcsolati formájának.

„A feladat egy olyan „pneumatikus jármű” - **PNEUMOBIL** - tervezése és elkészítése, amely a sűrített levegő energiáját

alkalmazva, pneumatikus vezérlő és végrehajtó elemek felhasználásával viszi át a nyomatékot a hajtott kerekekre.”



1. ábra Pneumobil

A versenyszámokat tekintve értékelésre kerül az elkészített jármű innovációs tartalma és műszaki megoldásai, valamint három fizikai versenyszámban mérik össze tudásukat. A hosszútávú futamban két köbméter „üzemanyaggal” a lehető legnagyobb távolságot kell megtenni. Az ügyességi futamban egy feltöltött palackkal a leggyorsabban teljesíteni a technikásan kialakított pályaszakaszt. A gyorsulási futamban a megadott pályaszakaszt a legrövidebb idő alatt megtenni. A mindezen feladatok teljesítésére képes járművet a hallgatók standard ipari automatizálásban használatos pneumatika elemekkel valósítják meg.

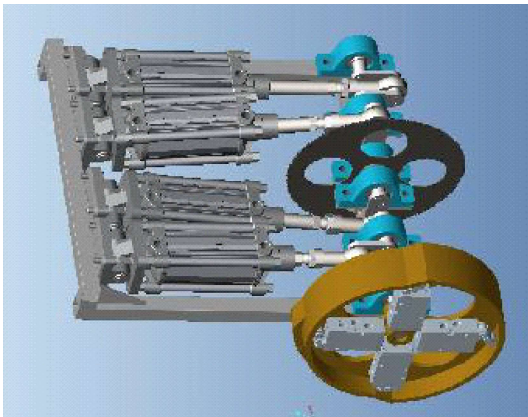
Egy ilyen jármű tervezése és építése széleskörű ismereteket igényel a hallgatóktól, hiszen a „motoron” kívül a vázszerkezet, a futómű, a fékek is szerves részei a feladatnak, de számunkra mégis az a részegység a legfontosabb, amely a nyomási energiát mechanikai munkává alakítja, így ebben a cikkben, a továbbiakban a jármű egyéb részeit figyelmen kívül hagyjuk.

2. MŰSZAKI MEGOLDÁSOK

A Pneumobil verseny szabályzata és a biztosított elemválaszték szerint csak ipari automatizálásban alkalmazott elemekből építhető fel a jármű motorja. Ebből adódóan a munkahengerek alternáló mozgásából folyamatos forgó mozgás előállítása a feladat súlypontja. Amennyiben összehasonlítást teszünk a pneumatikus erőforrás és a robbanómotorok között, szinte elég csak a dugattyúk sebességét vizsgálni és azonnal látható, hogy a sűrített levegő esetében egy viszonylag lassú (0,5 – 1 m/sec) relatív egyenletes mozgást tapasztalhatunk, míg a másik esetben a robbanások által egy dinamikus gyors mozgásra kényszerített a dugattyút. Tehát egy pneumobil motorjának fordulatszáma meg sem közelíti a hagyományos autókét. A forgatónyomaték tekintetében éppen ellenkező a helyzet. A maximálisan engedélyezett hengerátmérővel ($D=100$ mm) és rendszernomással ($p_{max}=10$ bar) kalkulálva, a forgatónyomaték létrehozásához rendelkezésre álló erő: 7,8 kN. Ehhez egy 100 mm-es erőkart rendelve 780 Nm-es forgatónyomatékot kapunk és természetesen, van olyan motorkialakítás, amikor ez az érték konstans a teljes körülfordulás alatt. A továbbiakban bemutatom mindazon megoldásokat, amelyeket a hallgatók optimális kialakításként megvalósítottak.

2.1 Motor típusok

A szabályok szerint maximálisan 4 db munkahenger építhető be az erőforrásba. Az egyik talán legkézenfekvőbb megoldás a forgattyús kialakítás, mégis a verseny eddigi története alatt ezek a motorok voltak kisebb arányban, a mezőnyben. A forgattyús hajtás szinuszos nyomatéka miatt 2 vagy több hengeres kivitelek használata a legelterjedtebb.

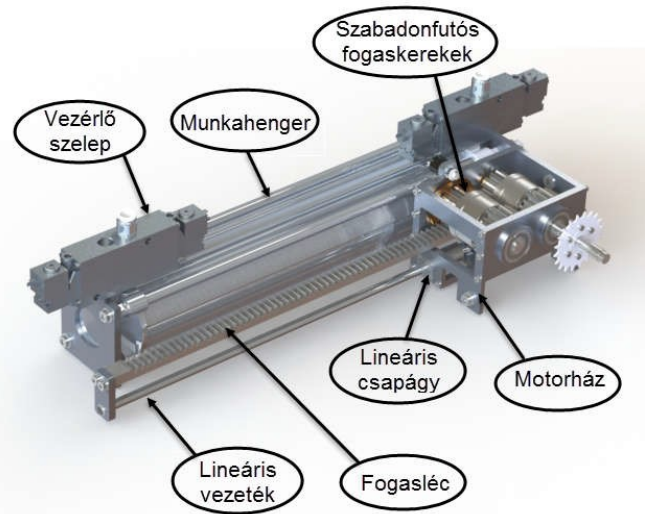


2. ábra Forgattyús kialakítású motor

A forgattyús hajtás szinte minden hengerelrendezésben előfordult a mezőnyben soros (2. ábra), „V”, csillag és boxer motoros járművek is részt vettek már.

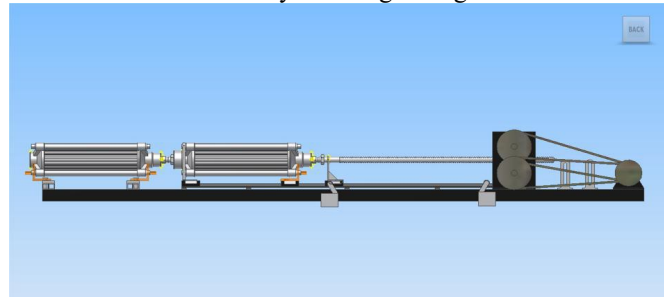
A konstans nyomaték előállítása egyre több érintő mentén legördülő kényszerkapcsolattal kialakított erőforrást hozott. Ezek a kényszerek elsősorban lánc vagy fogasléc

alkalmazásával valósultak meg. Bizonyos kialakításoknál viszont le kellett mondani a folyamatos forgó mozgásról. Az alternáló mozgásból adódó forgásirány váltások egyenirányítására, szabadonfutók vagy egyéb kilincsműves szerkezetek szolgálnak.



3. ábra Fogasléces erőforrás

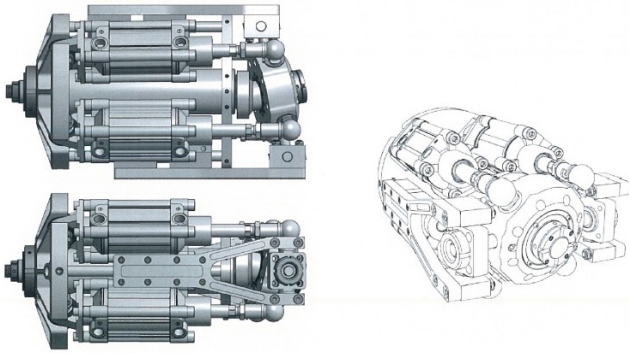
Jelenleg a fogasléces (3. ábra) kialakítású motorokkal érték el a legjobb eredményeket a verseny történetében, de ezek között is előfordult néhány különleges megvalósítás.



4. ábra Sorba kötött hengerek

A megoldás lényege, hogy a sorba hátul elhelyezett henger van rögzítve a vázszerkezethez, majd az utána következő mozgatja, amely pedig a fogaslécet. Amennyiben 250 mm-es löketeket alkalmazunk 500 mm-es összlökettel kalkulálhatunk. Milyen előnyökkel jár ez a megoldás azzal szemben, mint ha egy 500 mm-es hengert alkalmaznánk? A térfogat megegyezik, tehát a fogyasztásuk azonos. A dugattyúfelület duplázott, tehát az erő is nagyobb. A második henger mozgása miatt a fogasléc sebessége is jelentősen magasabb lehet.

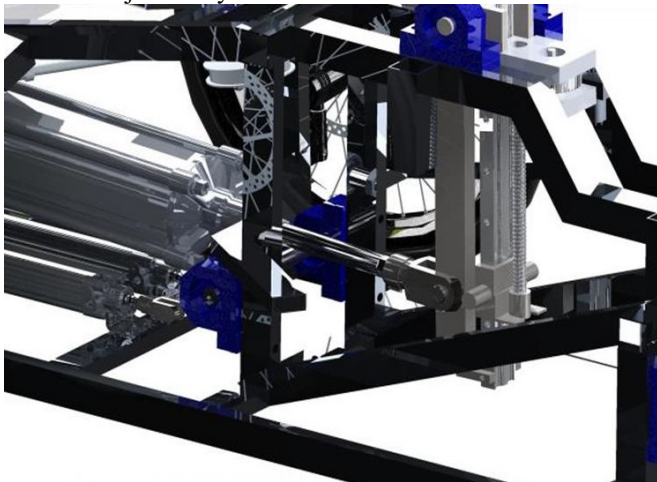
Az előző két leggyakoribb kialakítás mellett több, talán kicsit szokatlan megoldással is találkoztunk. Az egyik leglátványosabb az axiál-dugattyús motor elvét követte és kétszer fordult elő a verseny történetében.



5. ábra Axiál-dugattyús motor

Az axiális kialakítástól a motor főtengelyének magasabb fordulatszámát várták a hallgatók, ami terheletlen állapotban jól látható volt a teszteken, viszont a gyakorlatban a vezérlés hibája miatt nem volt módjuk bizonyítani.

A forgattyús elrendezés nyomoték szempontjából legkedvezőbb 90 fokát kihasználó megoldásokból is megvalósítottak néhány példát a versenyzők. A legtöbb esetben az erőkar hosszának változtatásával teremtettel kedvező teljesítményt.



6. ábra Himba elvén működő hajtás

Általánosan elmondható hogy nincs bevált recept arra, hogy mely motor kialakítás, henger elrendezés a legjobb, hiszen a jármű menetteljesítményét a vezérlés és a hajtáslánc is jelentősen befolyásolja.

2.2 Pneumobil vezérlés

Ezeknek a pneumotoroknak vezérlése általánosan három módon történhet:

- Pneumatikus vezérlés
- Elektromos vezérlés
- Elektronikus vezérlés

Bármely vezérlést is alkalmaznak, az egyes versenyszámok egymással ellentétes feltételeket kívánnak meg. Míg egy hosszútávú futamot takarékosan lehet megnyerni egy gyorsulást nagyon nagy dinamikával. A spórolás alapja

szinte minden vezérlés esetében ugyanaz, az expandálás. Vagyis a hengertér részleges feltöltése, a löket bizonyos százalékának elérésénél megszakítani a levegő utánpótlását és hagyni, hogy kitáguljon, majd a dugattyút végigtolja a maradék löketben. Ezt a módszert mindhárom esetben lehet alkalmazni viszont az első két esetben csak fix előre definiált dugattyú pozíciókban működtethető, elektronika alkalmazásával rugalmasan változtathatóak lesznek a kapcsolási pozíciók. Ezzel a módszerrel átlagosan 50%-al növelhető meg egy jármű hatótávolsága. A dinamikusabb versenyszámokban nem szempont a fogyasztás, sőt itt nagyon hamar légszomj gyötörheti a motorokat. Az energia rendelkezésre áll a palackban, de nyomáscsökkentő egység áteresztő képessége határozza, meg hogy milyen csomagokban lehet hozzáférni. A motorok között már az első alkalommal is volt olyan, amely többet tudott felhasználni, mint 600 l/min. A probléma kiküszöbölésére megjelentek a kisebb-nagyobb puffer tartályok a pneumatikus kapcsolásban. Ezeket előre feltöltve (a palackból) gyorsabban hozzáférhetővé vált egy energia löket. Amelyet szintén az elektronikus vezérléssel tudnak a leghatékonyabban felhasználni. Mivel az erőforrások forgatónyomatéka magas de fordulatszáma alacsony a nyomotékváltók használata is általánossá vált. Elektronikus vezérlés esetében mindig kézi működtetésről beszélünk, elektronikusnál automataváltó is megvalósult. A kapcsolás legnagyobb kihívása terheletlen állapotba hozni a váltót a motor megállítása nélkül. Amennyiben leszellőztetjük az aktív kamrát a váltás ideje alatt elpazaroljuk az energiát, amennyiben nem nehézkes lesz a váltás a fennálló terhelés miatt. Egy megoldás volt az automataváltónál, hogy a váltás előtt a feltöltő szelep előre meghatározott frekvenciával történő ki-be kapcsolásával, fent lehetett tartani a dugattyú mozgását, viszont a váltóműre ható terhelés annyira lecsökkent, hogy könnyedén megtörtént a fokozatváltás.

2. PNEUMATIKUS JÁRMŰVEK

A pneumobilok és a bennük alkalmazott részegységek nem hiszem, hogy gyorsan beépülnek a mindennapi közlekedési eszközeink közé. Az viszont vitathatatlan hogy nagyon dinamikus fejlődtek a járművek és az általuk elért eredmények. Jelenleg két köbméter levegővel közel 13 km-t lehet megtenni 15 km/h átlagsebesség mellett, ez minden tekintetben a duplája az első eredményeknek és már nem álom 50 km/h felett száguldani sem. Mindezt úgy, hogy a motor és a vezérlés alkatrészei az ipari automatizálás igényi szerint lettek fejlesztve, ezáltal számos hátrányos tulajdonsággal bírnak a járművekben.

A világban számos kezdeményezés létezik levegővel hajtott járműre, többségük hibrid megoldás és csak néhány tisztán pneumatikus motor. A próbálkozások közül a legkiforrottabb a francia Guy Negre által fejlesztett erőforrás (7. ábra), melynek teljesítménye 30-40 kW. Ez az erőforrás kellően kisméretű ahhoz, hogy járműbe lehessen építeni és megfelelő hatótávolság is elérhető vele egy elfogadható méretű üzemanyag tank beépítésével.



7. ábra Guy Negre féle erőforrás

Az ilyen motorral szerelt jármű hatótávolsága 100-120 km amihez, mintegy 10 köbméter levegőt kell tankolni. Mi lehet az előnye egy elektromos várművel összehasonlítva? A „tankolás” időtartama! Nem vesz több időt igénybe, mint a robbanómotoros járművek esetében.

Az hogy a járműnek önmagában nincs, káros anyag kibocsátása még nem jelenti azt, hogy sehol sem keletkezik ilyen az „üzemanyag” előállítás láncában. Ezért nem elég önmagában a járműveket a középpontba helyezni, hanem minden egyéb hozzá köthető folyamatot vizsgálni kell a fenntarthatóság érdekében.

4. PNEUMATIKUS HAJTÁS FENNTARTHATÓSÁGA

Napjainkban a jövő energia előállítását a megújuló erőforrások kiaknázásában keressük. Ezek új kihívásokat okoznak számunkra, hiszen hiába a szél erőmű, ha nem fúj a szél. Legtöbbször elektromos áramot állítunk elő ezekből az erőforrásokból amely, szállítása rendkívül jól megoldható, de a nagy mennyiségű tárolásra nincs megoldás. Amennyiben egy szélerőművel sűrített levegőt állítunk elő, kiválóan tudjuk tárolni, de a szállítás óriási veszteségekkel jár.

Az elektromos áram nyomási energiává alakítása lehetővé teszi számunkra az energia tárolását, ám eddig nem ált a rendelkezésünkre olyan eszköz, amely ezt kevés veszteséggel vissza tudta volna forgatni elektromos árammá. A Negre féle motor kellő teljesítményt tud kifejteni egy generátor meghajtásához ez által a nyomásként tárolt energia akkor és olyan mennyiségben alakítható vissza elektromos árammá, amikor szükségleteink megkívánják. Kisebb közösségek, de akár minden háztartás is képes lehet megoldani saját energia gazdálkodását és a közlekedéshez szükséges üzemanyag is rendelkezésre áll a pneumatikus alapú közlekedéshez.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A pneumatika még mindig fejlődő szakaszában van, és ahogy a közlekedési eszközök adták az ipari rendszerek alapjait, úgy

fordítva is össze lesznek kötve még hosszú ideig. Ipari alkalmazásokra tervezett eszközökből járművet építeni nem fogja a közlekedést forradalmasítani, de olyan innovációs tartalmat hordoz, amely mindkettő számára jelentős sikerekhez vezet. Az hogy a jövő energiagazdálkodásában milyen szerepe lesz a nyomási energiának még nem látható, de mi bízunk abban, hogy a sűrített levegő olyan jelképe lesz az egyén függetlenségének, mint ma az autó.